

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Energetická náročnost ve skialpinismu při růstu rychlosti

The energy performance at the growth rate in ski-mountaineering

Vedoucí diplomové práce:
Mgr. Ladislav Vomáčko, Ph.D.

Zpracoval:
Bc. Jan Hepnar

Praha 2013

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

.....

Jan Hepnar

Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

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

Abstrakt

Název

Energetická náročnost ve skialpinismu při růstu rychlosti

Cíl práce

Změřit skupinu skialpinistů různého věku a výkonnosti na skialpinistickém trenažéru při sklonu 21° a růstu rychlosti od 1,4 do 5,4 km/h se zvýšením o 0,4 km/h na konci každé minuty. Zjistit jejich energetický výdej v jednotlivých rychlostech při postupném zvyšování rychlosti a při neměnnosti sklonu svahu.

Metody

Laboratorní testování 7 skialpinistů různé úrovně na skialpinistickém trenažéru. Výpočet maximální spotřeby kyslíku a energetického výdeje.

Výsledky

Na konci 1. minuty byl průměrný energetický výdej probandů 8,18 kJ za minutu. Na konci 10. minuty dosahoval průměrný energetický výdej probandů 29,32 kJ za minutu. Průměrný energetický výdej probandů se každou minutu zvýšil průměrně o 2,35 kJ za minutu se směrodatnou odchylkou 0,69 kJ za minutu.

Klíčová slova

skialpinismus, srdeční frekvence, spotřeba kyslíku, energetický výdej, skialpinistický trenažér.

Abstract

Title

The energy performance at the growth rate in ski-mountaineering

Objectives

Measure group skialpinists of different ages and performance of the ski-mountaineering simulator with a gradient 21° and speed 1,4 km/h to 5,4 km/h with increasing 0,4 km/h in every minute. Determine their energy expenditure in different speeds as the speed increases and with constant slope.

Methods

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

Results

The probands attained average energy expenditure 8,18 kJ per minute at the end of the first minutes and they attained average energy expenditure 29,32 kJ per minute at the end of the 10th minutes. The average energy expenditure of probands increased by 2,35 kJ per minute an average with a standard deviation 0,69 kJ per minute.

Keywords

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

Obsah

1	ÚVOD	10
2	CHARAKTERISTIKA SKIALPINISMU	12
3	HISTORIE SKIALPINISMU	13
3.1	První závody	14
3.2	Závody v ČR.....	15
4	FORMY SKIALPINISMU	16
4.1	Skitouring.....	16
4.2	Závodní skialpinismus (ski-running)	16
4.2.1	Druhy závodů.....	17
5	REŠERŠE DOSAVADNÍCH INFORMACÍ	19
5.1	Absolventské práce.....	22
6	TEORETICKÁ VÝCHODISKA	25
6.1	Charakteristika výkonu	25
6.1.1	Anatomické hledisko	25
6.1.2	Fyziologické hledisko.....	26
6.1.3	Biomechanické hledisko	27
6.1.4	Pohybové schopnosti	32
6.2	Energetické krytí pohybové činnosti	32
6.2.1	Svaly.....	32
6.2.2	Spotřeba a uvolnění energie při sportu	34
6.2.3	Způsob hrazení energie.....	35
6.3	Ukazatele zatížení.....	39
6.3.1	Srdeční frekvence.....	39
6.3.2	Tepová frekvence	40
6.3.3	Vlivy působící na srdeční frekvenci	41
6.3.4	Spotřeba kyslíku.....	42
6.3.5	Laktát.....	45
6.4	Hypoxické prostředí ve skialpinismu	46
6.4.1	Variety tréninku v hypoxickém prostředí.....	47
6.4.2	Hypoxie v soutěžním skialpinismu.....	48
7	CÍLE, HYPOTÉZY A ÚKOLY PRÁCE	49
7.1	Cíle.....	49
7.2	Hypotézy.....	49
7.3	Úkoly.....	49
8	CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO SOUBORU	50
9	METODIKA PRÁCE	52
9.1	Funkční zátěžová diagnostika	52
9.2	Použité přístroje a pomůcky.....	53
9.3	Procedura testování.....	53
9.3.1	Antropometrické měření	53
9.3.2	Aplikace spirometrie	56
9.3.3	Měření srdeční frekvence.....	56
10	PROVEDENÉ TESTY	57
10.1	Laboratorní měření.....	57
10.1.1	Energetický výdej a zdatnost při skialpinismu.....	57
11	VÝSLEDKY	58
11.1	Průměrný energetický výdej.....	58
11.2	Porovnání energetického výdeje dle výšky probandů.....	60
11.3	Průměrná srdeční frekvence	61
11.4	Průměrný růst VO ₂	62

12	DISKUSE	64
13	ZÁVĚR.....	68
	POUŽITÉ ZDROJE.....	69

Seznam zkratek

CK – kreatinkináza

LD – laktát dehydrogenáza

AP – alkalická fosfatáza

CRP – C-reaktivní protein

GP – glutathion peroxidáza

CR – činnost reduktázy

SF – srdeční frekvence

SF_{max} – maximální srdeční frekvence

VO₂ – spotřeba kyslíku

VO_{2max} – maximální spotřeba kyslíku

PDG – Patrouille des Glaciers

ANP – anaerobní práh

FTVS – Fakulta tělesné výchovy a sportu

UK – Univerzita Karlova

LA – laktát (neboli kyselina mléčná)

ATP – adenosintrifosfát

ADP – adenosindifosfát

CP – kreatinfosfát

P – fosfát

C – kreatin

TF – tepová frekvence

ME – mistrovství Evropy

MS – mistrovství světa

CNS – centrální nervový systém

MT – mechanická triáda (substituuje těž segmenty těla)

I – informační systém

VP – vnitřní prostředí

O – okolí

1 Úvod

Pod jasnou noční oblohou obcházíme Matterhorn, který se tyčí jako nedobytná pevnost. Jsou 3 hodiny ráno a v závodním tempu jsme už celé dvě hodiny. Nádherná scenérie švýcarských Alp v měsíční záři dodává závodu Patrol des Glaciers jedinečnost. Pro účastníky tohoto nejdelšího závodu na světě, s délkou více jak 65 km a převýšením přes 4 km, je odměnou pocit svobody. Nejde pouze o jednoduchý přechod hor, ale také o zdolání skalnatých úseků s lyžemi na batohu, noční sjezd po ledovci mezi trhlinami, kdy je nutností navázání celého tříčlenného týmu na jedno lano. Na druhou stranu v poslední části závodu, kde není trať nijak záludná, povzbuzuje tisíce fanoušků a milovníků skialpinismu s kravskými zvony, lahví Coca-coly a tabulkou čokolády, kteří vás donutí vydat ze sebe ještě to málo, co ve vás zbylo.

Při zdolání posledního vrcholu přichází ten zasloužený pocit vítězství a hned po něm sjezd v hlubokém prašanu mezi skalami do údolí. Zastavím a náhle jsme zpět v realitě, zpět pod hřebenem Orlických hor. Takový je skialpinismus pro každého, kdo ho jednou okusí.

Skialpinismus je sport s velkým potenciálem a po celém světě zažívá veliký rozvoj. Každý rok se trh rozvíjí o nové vybavení, od závodního po freeridové. Objevují se nové studie o stylu a technice chůze, či sjezdu. Závody bývají více atraktivní pro diváky a přitahují nové zájemce. Karbonový materiál umožňuje vyrobit skialpinistickou botu kolem 600 g, lyži 500 g a vázání 60 g. Takto lehký materiál výrazně snižuje energetický výdej a tím zjednodušuje túry všem skialpinistům.

Stále více lyžařů zabývajících se freeridem využívá těžší skialpinistické vybavení, které se od freeridového téměř neliší. Sjíždějí díky tomu svah, na který se ostatní lyžaři nedostanou.

I když jsou české hory svou výškou a terénem vhodnější k běžeckému lyžování, zažívají také velký rozmach skialpinismu. Českých závodů se účastní stále více profesionálních i „hobby“ závodníků. Otevírají se oficiální skialpinistické trasy. Ve větších ski areálech jsou otevřeny půjčovny se skialpinistickým vybavením.

Skialpinismus, vzhledem ke svému rychlému vývoji, přímo vybízí k výzkumům, které mohou tento sport vylepšit, nebo naopak upozornit na chyby, kterých je třeba se vyvarovat. Dovolím si říct, že skialpinistická komunita na FTVS UK, které jsem také součástí, posunuje tento sport směrem kupředu, a to díky vědeckému vybavení, publikacím a vydaným článkům. A jinak tomu nebude ani v budoucnu.

2 Charakteristika skialpinismu

Podle Wintera (2002) je skialpinismus souhrnný pojem pro všechny horolezecké aktivity provozované s lyžemi v zimních horách a používá se pro označení výstupu s lyžemi a následného sjezdu ve volném neupraveném terénu.

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

Skialpinismus je pohyb ve volném horském a vysokohorském prostředí na lyžích velmi podobných lyžím sjezdovým, které díky vázání s možností uvolnění patky a pásům ze syntetických nebo mohérových vláken (dříve tzv. tulení pásy) připevněných na skluznici umožňují stoupání. Pro sjezdy, které se z převážné části uskutečňují ve strmém, neupraveném terénu, často např. ve skalních žlebech, jsou pásy bleskovým stržením odstraněny ze skluznice a vázání přepnuto do pevné polohy obdobně jako u běžných lyží sjezdových. Určité části trasy, zejména strmé ledové stěny, hřebeny či skalní výšvihy, mohou být překonávány i se stoupacími železy a cepínem, nebo jinou horolezeckou technikou s lyžemi připevněnými na batohu. Hlavní sezóna skitouringu probíhá od března do května, především z důvodu stabilizované sněhové pokrývky a často stálého slunečného počasí (Oršulová, 2010).

3 Historie skialpinismu

První zmínky o skialpinismu sahají neoficiálně do doby 2 500 př. n. l., kdy si lovci vyrobili první typy lyží pro zjednodušení pohyb po sněhu. Brzy však začali využívat kůži, buď na jedné, nebo na obou lyžích, proti prokluzování a možnosti výstupu do kopců (Winter, 2002).

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

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

Nicméně, za "otce" tohoto sportu je obecně považován němec Wilhelm von Arlt (1853–1944), který provedl první lyžařský výstup nad 3 000 m, když vylezl na Rauris Sonnblick (3 103 m) v roce 1894 (Winter, 2002).

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

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

V roce 1912 se uskutečnil první sjezd z Kilimandžára, které překonávali horští vůdci při přechodu ze severu na jih. Do konce 2. světové války byly na lyžích sjety všechny méně náročné vrcholy v Alpách. V roce 1939 B. Gippenreijter sjel jako první Elbrus. Podle Lienertha (2010) bylo v průběhu 60. let sjíždění strmých alpských kuloáru v plném proudu. Jednou z nejvýraznějších osobností byl S. Saudan, který jako první lyžoval na svazích se sklonem přes 50° a ukázal směr dalším. V 70. letech to byl H. Holzer, který si připsal takové prvosjezdy jako Ostruha Brenvy v masivu Mt. Blancu, nebo Alispitze severní stěnou. V roce 1970 následoval sjezd západní stěnou Eigeru a v roce 2000 sjel Davo Karnicar Mount Everest až do základního tábora. V roce 2009 na sjel český horolezec David Fojtík osmitisícovou horu Dhaulagiri z výšky 8 167 m n. m. do o tři a půl kilometru níže položeného základního tábora.

3.1 První závody

V roce 1933 se objevuje první snaha porovnat výkonnost skialpinistů a vzniká závod s doposud nejdelší tradicí „Trofeo Mezzalama“, který se koná na počest horského vůdce Otorina Mezzalamy, jež se šestkrát pokoušel o přechod Alp a roku 1931 tragicky zahynul v lavině. Tento závod se s menšími, či většími přestávkami a změnami pravidel koná dodnes. V současné době se závod koná jednou za 2 roky stále na stejné trati v Itálii. Tento závod se považuje za svátek skialpinismu a představuje kompromis mezi současným závodním skialpinismem a skitouringem. V závodě se dodržují stále stejná pravidla. Tříčlenná družstva zdolávají většinu trasy navázání na společném laně, z důvodu bezpečnosti. Každý závodník musí nést povinnou výbavu: cepín, oblečení, lékárnu, baterku, sondu, lavinový vyhledavač, pití, jídlo. Trať je vedena přes ledovec. Závod se stal tradičním místem setkávání skialpinistů a jeho 9. ročník v roce 1975 byl vyhlášen jako 1 oficiální Mistrovství světa ve skialpinismu. Prvními šampióny tohoto MS se stali Italové, ČSSR obsadila 8. místo (Duch, 2005).

Patrouille des Glaciers je další z legendárních závodů a je momentálně nejdelším jednodenním skialpinistickým závodem na světě. 1. ročník se konal roku 1943, kde tříčlenná družstva musela urazit 63 km s převýšením více jak 4 000 m.

V 60. letech se s přičiněním významného horolezce Riccarda Cassina oživila soutěž typu rally. Nejvýznamnější se staly závody o Velkou cenu Evropy. Závodníci za 3 dny nastoupali a sjeli kolem 12 000 výškových metrů. V každé z etap byl zařazen výstup na

jeden vrchol, za který měli závodníci kladné body, pokud jej ovšem stihli v časovém limitu (Korbelář, 2003).

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

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

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

3.2 Závody v ČR

O první závody na našem území se zasloužili členové Horské služby, kteří od roku 1978 měří síly v Krkonoších na mezinárodních závodech. Nejúspěšnějším závodníkem je Jan Fajt, který vynechal od počátku pouze 3 ročníky a doposud závodí. Od roku 1996 se pod záštitou ČHS konal 1. ročník Českého poháru ve skialpinismu. Nejúspěšnější závodník je Pavel Jirsa, který se momentálně stará o chod závodního skialpinismu (Duch, 2005).

4 Formy skialpinismu

Jako formy skialpinismu rozeznáváme skitouring a ski-running, původně závodní skialpinismus. Bližší informace k jednotlivým formám jsou v podkapitolách 4.1 a 4.2.

4.1 Skitouring

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

Podle Buličky (2010) provozují skitouring horští turisté a horolezci, kterým už nestačí chodit po horách jenom v létě.

Nejznámějším skialpinistickým přechodem je takzvaná „Haute Route“, která vede z Chamonix ve Francii do Saas-Fee ve Švýcarsku. Trasu, při níž se musí nastoupat přibližně 8 000 výškových metrů, sjet přes 10 000 výškových metrů a vystoupat na vrcholy přes 4 000 m. n. m., zdolávají skialpinisté během 7 dnů. Přechod vyžaduje velmi vysokou fyzickou kondici. Oproti letnímu turismu je vše ztíženo značným lavinovým nebezpečím a při zhoršení počasí dochází k problémům s orientací, neboť i při mírném větru se ztrácí stopa. Tím je skitouring výjimečný, navozuje tak pocit průchodu neobjevenou krajinou.

V posledním několikaletém vývoji se skitouring značně odlišil od závodního skialpinismu. Zatímco závodní skialpinismus klade nároky na, co nejnižší váhu vybavení, ke skitouringu se používají pohodlné boty a lyže s kompromisem mezi váhou a kvalitou. Důraz je kladen na chování lyží při sjezdech. Odměnou za náročný výstup je sjezd ve volném terénu.

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

4.2 Závodní skialpinismus (ski-running)

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

Podle Stuchlíka (2010) závodní skialpinismus většinou přitahuje soutěživé typy s masochistickými sklony. Jeho podstata tkví v jedno i vícedenních výpravách spojených s extrémními sjezdy za co nejkratší dobu.

Na základě studie Cancliniho, A., et al. (2009), ve které pomocí 3D kinematické analýzy srovnal pohyb vrcholových skialpinistů a vrcholových běžců na lyžích, se vrcholovému závodnímu skialpinismu říká také ski-running. Došlo k tomu díky velice podobným pohybům mezi těmito sporty. Dříve vzhledem k těžkému vybavení byl pohyb více podobný chůzi. Nyní však celkový materiál na jedné končetině váží něco přes 1 kg a umožňuje závodníkům v mírnějších pasážích v podstatě běžet.

4.2.1 Druhy závodů

1. Start-cíl

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

2. Rally

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

3. Štafety

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

4. Vertical race

Jedná se o zimní podobu klasického běhu do vrchu, kdy cíl je například o 1 200 výškových metrů výše než start. V tomto typu závodu se dá nejméně taktizovat. Závodníci běží stále do kopce bez možnosti odpočinku. Vítězem je fyzicky nejzdatnější závodník.

5. Sprint

Podle vzoru z běžeckého lyžování a pro zvýšení atraktivity se v roce 2010 objevil na MS závod typu Sprint. Má ukázat během velmi krátké doby (cca 3 minuty) vše, co musí každý skialpinista ovládat při ostatních typech závodů. Nejedná se pouze o rychlost, ale také o technické dovednosti. Trať má jasné předpisy a skládá se z několika částí. Okruh má celkové převýšení 80 m. První část je rovná a nejmírnější, poskytuje závodníkům možnost pro předbíhání. Následují cik-caky, vždy 2 stejně dlouhé tratě vedle sebe, které se křížují. Posléze musí závodník upevnit lyže na batoh a vyběhnout asi 40 m na botech. Opět se nasazují lyže a posledních pár metrů se dochází standardní chůzí. Na vrcholu se sundají pásy a závodníci jedou sjezd v obřím slalomu mezi brankami. Závod končí krátkým vybruslením do mírného kopce u startu. Každý závodník nejprve musí absolvovat kvalifikaci a 30 nejrychlejších je podle času rozděleno do pěti skupin po šesti členech. Ze skupin postupují 2 nejrychlejší a 2 s nejrychlejším časem za postupujícími.

6. Alpin Marathon štafety

Těchto typů závodů není mnoho a spadají do kategorie extrémních sportů. Závod, který vede na vrchol alpského kopce, musí zdolat ve třech úsecích tříčlenné družstvo ve složení cyklista – běžec - skialpinista. Každý závodník zdolává svůj úsek. Skialpinistovi náleží poslední část, kolem 6 km dlouhá trať.

7. Long distance

Nejoblíbenější typ závodu v oblasti rekreačních závodníků. Tyto typy závodů se snaží přiblížit ke skitouringu. Časová náročnost je minimálně 3 hodiny.

5 Rešerše dosavadních informací

Skialpinismus je sport rozvíjející se nejen populačně, ale i ve vědeckých kruzích. V posledních letech vzniklo nemalé množství vědeckých a absolventských prací.

Tosi Paolo, Leonardi Alessandro a Schena Federico (Univarsita di Trento, University of Verona, Rovereto) provedli v Itálii v roce 2009 nové měření, ve kterém zjišťovali konkrétní energetický výdej a zdatnost při skialpinismu. Bylo měřeno 10 mužů, profesionálních lyžařů. Měření bylo provedeno na běžeckém ergometru (šlapacím mlýně) se sklonem 21%. Pro tento účel byly připraveny kolečkové lyže se skialpinistickým vázáním a skiapinistické boty. Sledovanými faktory byly v první řadě spotřeba kyslíku a srdeční frekvence.

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

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

Tosi Paolo, Leonardi Alessandro a Schena Federico (Univarsita di Trento, University of Verona, Rovereto) provedli v roce 2005 v Itálii měření, při kterém zkoumali závislost energetickou náročnost při zvyšování závaží v oblasti kotníku. Měření provedlo 7 skialpinistů z National Alpine Rescue Corp. Všichni zúčastnění se skialpinismu aktivně věnovali. Průměrný věk byl 33,4 let, tělesná hmotnost 69,4 kg, tělesná výška 175 cm. Měření bylo provedeno ve výšce 1 600 m. n. m. na úseku 500 m se stoupáním 21%. Vzhledem k jarním podmínkám byl sníh těžší a pohyb byl tudíž náročnější. Váha vybavení od kotníků dolů se pohybovala okolo 7 kg. Rychlost chůze se pohybovala okolo 1,07 m/s. Energetický výdej byl v průměru 10,6 J/kg.m. Podobné měření bylo

provedeno po cestě se stejným sklonem, kde energetický výdej dosahoval hodnot 8,1 J/kg.m a v horském terénu, kde měl energetický výdej hodnotu 9,25 J/kg.m. Obě měření byla prováděna s materiálem podobné váhy.

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

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

Měření provedlo 11 osob v laboratorních podmínkách na běhacím páse se sklonem 20°. Každá osoba provedla měření bez holí a s holemi. Posuzovali se svaly v dolní části těla (soleus, gastrocnemius lateralis, vastus lateralis, biceps femoris, gluteus maximus) a v horní části (latissimus dorsi, biceps brachii, triceps brachii a anterior deltoid).

Pomocí holí se snížilo zatížení dolních končetin až o 15% a zvýšilo se zatížení horních končetin až o 95%. Avšak použití holí nevedlo ke zvýšení VO₂. U biceps brachii byl zaznamenán největší nárůst zatížení, a to o 55% (American College of Sports Medicine, 2008).

Schenk K, Faulhaber M, Gatterer H, Burtscher M, Ferrari M (2011) provedli měření na 9 skialpinistech jak v laboratorních podmínkách, tak při závodě. Měření chtěli zjistit fyziologické vlastnosti zkušených skialpinistů a určit fyzickou náročnost skialpinistické soutěže. Před měřením v soutěži bylo provedeno laboratorní šetření, kde bylo měřeno tělesné složení pomocí bioimpedance. Byl definován maximální výkon (na základě Bruce protokolu), určena maximální srdeční frekvence, maximální spotřeba kyslíku a definovány ventilační prahy pro definování individuálních zón intenzity cvičení. Při samotném závodě byla měřena srdeční frekvence, která byla porovnávána s naměřenými údaji z laboratoře. Mezinárodní skialpinistický závod měřil 20 400 m s převýšením 1869 m, který se konal v březnu 2009 v jihotyrolských Alpách v Itálii. Ventilační limity byly naměřeny v průměru 70,5% ± 5,0% v prvním testu a 90,9% ± 2,6% v druhém testu v jednom dni. VO_{2max} ve skupině bylo neměřeno 68,18 ± 6,11 ml · kg⁻¹ · minut⁻¹). Pět účastníků mělo v průběhu závodu dýchací potíže. Kašel byl nejčastějším symptomem, kvůli kterému bylo dýchání náročnější. Závodní skialpinismus byl na základě měření charakterizován, jako sport s vysokými požadavky na fyzickou zdatnost a kardiopulmonární systém.

Sideris et al. (2009) sepsal řeckou studii s názvem Časoprostorové charakteristiky skialpinisty při skialpinistickém závodu během stoupání do kopce. Studie se zabývala především kinematickou analýzou skialpinistické chůze a byla provedena na 18 sportovcích během chůze do kopce při sklonu 22 % v nadmořské výšce 1 820 m během řeckého vrcholového závodu. Z výsledků vyplynulo, že rychlost chůze do kopce vysoce korelovala s délkou cyklu a zároveň nebyla významná korelace mezi rychlostí skialpinistické chůze a rychlostí cyklu.

Diaz et al. (2010) vydal ve Španělsku článek obsáhlé studie zabývající se efektem výživy na poškození buněk, změny antioxidantních enzymů a kortizolu během dvoudenního závodu skialpinismu. Kreatinkináza (CK), laktát dehydrogenáza (LD), alkalická fosfatáza (AP), kortizol a C-reaktivní protein (CRP), glutathion peroxidáza (GP) a činnost reduktázy (CR), C-reaktivní protein (CRP), celkový antioxidantní stav a hladiny kortizolu v séru byly měřeny den před závodem a hned po závodě. Během soutěže byla také analyzována strava závodníků. Enzymy a hladina kortizolu se po soutěži výrazně zvýšily. CK, LD a kortizol byly v negativní korelaci k celkovému příjmu energie z bílkovin a tuku. Příjem vitaminů A, B1, B2, B6 a niacinu negativně koreloval s LD a AP. Negativní korelace byla také nalezena mezi činností CK a příjmu Na, Fe, Zn. V negativní korelaci byla naopak úroveň kortizolu s příjmem vitaminů C, B1 a B2 a niacinu. Pozitivní korelace byla mezi sérem GP a příjmem energie, sacharidů, bílkovin, a vitaminy skupiny B a kyseliny listové. Skialpinisté s nejnižším příjmem živin v průběhu soutěže vykazovali větší poškození buněk a nižší antioxidantní aktivitu enzymů a kortizolu, které mohou zhoršit výkon. Skialpinisté zejména měli mít vysoký příjem celkové energie během túry či závodu z makronutrientů, vitaminů A a B, Na, Zn, Fe tak, aby se co nejvíce snížil škodlivý účinek namáhavého cvičení.

Canclini et al. (2009) provedl srovnávací měření a studii, která pojednává o 3D analýze techniky pohybu vrcholových skialpinistů a vrcholových běžců na lyžích. Z výsledků vyplývá, že při kinematické analýze těchto dvou sportů je podobné uspořádání pohybového cyklu s menšími rozdíly pouze v úhlech postavení těla sportovce při pohybu. Analýza potvrdila, že ve všech vyšetřovaných případech a technikách je klíčová fáze polohy umístění hole a souvisí s tím i vyšší a nižší poloha končetin. Dochází k tomu hlavně z důvodu kratších skialpinistických holí, než-li je tomu u holí určených k běžeckému lyžování. Celková podobnost kinematických parametrů ramen, loktů, úhlu holí a úhlu těla je klíčová k možnému srovnávání skialpinismu a běžeckého

lyžování klasickou technikou. I na základě této studie, se vytvořilo další skialpinistické odvětví ski-running. Díky ultra lehkému závodnímu vybavení mohou závodníci do kopce v podstatě běžet.

5.1 Absolventské práce

Formánková (2009) napsala bakalářskou práci na téma Současný stav závodního skialpinismu. Jako dlouholetá závodnice shromáždila aktuální informace o závodním skialpinismu, fyziologických charakteristikách mapovaných skialpinistů a připravila si podklady pro diplomovou práci. Došlo k sepsání soutěží současného skialpinismu, které probíhají na úrovni MS, ME, Světových a Evropských pohárů a na úrovni Českého poháru, Středoevropského poháru a Mistrovství České republiky. Soutěží se v závodech typu „start-cíl“, vertical, dvojice, štafety a rally. Výzkum prokázal vysoké naměřené hodnoty, zejména VO_{2max} . Naopak procento tuku bylo velmi nízké a blíže k hodnotám pro sportující populaci. Výzkumem byla zjištěna vysoká trénovanost skialpinistů účastnících se závodů, kterou skialpinismus jako sport potřebuje.

Jindra (2009) sepsal diplomovou práci zabývající se energetickou náročností skialpinismu. Cílem bylo změřeni energetického výdeje v závislosti na sklonu svahu a konstantní rychlosti. Jindra provedl empiricko-asociační výzkum na 9 skialpinistech střední výkonnostní úrovně. Energetický výdej byl vypočítán z pracovního metabolismu a z tepové frekvence. Výsledky potvrdily vědecký předpoklad zvětšujícího se energetického výdeje při zvětšujícím se úhlu svahu a konstantní rychlosti. Druhá část výzkumu potvrdila několikanásobné zvětšení energetického výdeje při výstupu svahem oproti rovinatému terénu.

Hepnar (2010) v bakalářské práci zkoumal změny srdeční frekvence při rozdílných sklonech. Cílem práce bylo zjistit rozdíly růstu srdeční frekvence při třech různých sklonech 16°, 20° a 24° a při konstantním růstu rychlosti ze 3 km/h do 6 km/h. Měření proběhlo na speciálně upraveném běžeckém ergometru. Výsledek potvrdil u prvního měření konstantní vzestup s malou závislostí na sklonu. U druhého měření bylo dosaženo vyšších výsledků, než u jiných typů měření hodnoty VO_2 . Nebyla potvrzena hypotéza nejnižší spotřeby energie v rychlosti 4km/h při konstantním sklonu. U všech testovaných se jednalo o postupný nárůst srdeční frekvence a VO_2 , tedy i energetického výdeje. Průměrné rozdíly ve skupině testovaných mezi sklonem 16° a 20° a postupným

zvyšování rychlosti ze 3km/h do 6km/h dosáhly rozdílu 3,69%, mezi sklonem 20° a 24° dosáhli rozdílu 5,21% a mezi sklonem 16° a 24° dosáhli rozdílu 8,89%.

Směťáková (2010) v bakalářské práci pomocí dotazníků analyzovala typ, charakter a motivaci osob zabývajících se závodním skialpinismem v kategoriích Elite a Open. Pomocí škálování vyhodnotila výsledky a konkretizovala skupinu zabývajících se skialpinismem. Výsledky ukazují na typ sportovce, který nejvíce inklinuje k lezení, freeridu a neupřednostňuje pouze zvyšování fyzické kondice.

Formánková (2011) v diplomové práci srovnávala hodnoty maximálních testů na 3 typech ergometrů, a to pásovém, cyklistickém a pásovém, za použití speciálně upravených kolečkových lyží a trekových holí, tak aby byl pohyb co nejvíce podobný skialpinistickému.

Jindra (2012) ve své disertační práci zkoumal v laboratorních podmínkách velikost sklonu svahu, při kterém skialpinista dosáhne nejnižšího energetického výdeje při absolvování stejného převýšení za konstantní dobu. Měření se zúčastnilo 12 skialpinistů od 22 let do 38 let. Energetický výdej organismu byl zjišťován pomocí spiroergometrie na základě poměru nadechovaného O₂ a vydechovaného CO₂. Nejprve proběhlo změření antropometrických hodnot a ventilačních parametrů a posléze individuální rozcvičení. Měření bylo provedeno na speciálně upraveném pásovém ergometru, který svojí šířkou umožňuje chůzi na speciálně upravených kolečkových lyžích s upravenými trekovými holemi. Na začátku testování se změřily klidové hodnoty. Následně se každý skialpinista rozcházel 4 minuty při rychlosti 3,5 km/h a sklonu svahu 16%. Měření sestávalo ze 4 částí: 24% sklon a rychlost 3,5 km/h, 20% sklon a rychlost 4,2 km/h, 16% sklon a rychlost 5,1 km/h a 12% sklon a rychlost 6,8 km/h při zachování stejné délky testu 8 minut 30 vteřin tak, aby bylo dosaženo vždy stejného převýšení 200 m. Mezi jednotlivými měřeními byla pauza 20-25 minut.

Po zapracování organismu na nastavenou zátěž se průměrné hodnoty energetického výdeje nelineárně zvyšovaly s klesajícím sklonem svahu a stoupající rychlostí. Při sklonu 24% a rychlosti 3,5 km/h bylo v průměru spotřebováno 266,1 ± 46,2kJ. Při sklonu 20% a rychlosti 4,2 km/h bylo v průměru spotřebováno 272,5 ± 42,9 kJ. Při sklonu 16% a rychlosti 5,1 km/h bylo v průměru spotřebováno 295,3 ± 57,1 kJ. Při sklonu 12% a rychlosti 6,8 km/h bylo v průměru spotřebováno 324,2 ± 43,4 kJ. Čas trvání všech testů byl 8 minut 30 vteřin. U sklonu 12 % a rychlosti 6,8 km/h měli 3

sportovci problém s dokončením testu z důvodů vysokých nároků na techniku pohybu, při takto vysoké rychlosti.

Průměrné hodnoty tepové frekvence byly při sklonu 24% $144,9 \pm 17,7$ tepů·min⁻¹, při sklonu 20% $147,3 \pm 19,8$ tepů·min⁻¹, při sklonu 16% $152,3 \pm 21,9$ tepů·min⁻¹ a při sklonu 12% $167,8 \pm 15,3$ tepů·min⁻¹.

Z výzkumu vyplývá, že pro skialpinisty je obecně výhodnější stoupat do prudšího kopce nižší rychlostí, než stoupat do mírnějšího kopce, popřípadě pomocí cik-caků v menším sklonu vyšší rychlostí.

6 Teoretická východiska

6.1 Charakteristika výkonu

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

6.1.1 Anatomické hledisko

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

a) Svalstvo horních končetin

Existuje několik možností pohybu paží. Střídavé přesouvání holí zepředu dozadu, asynchronně k pohybu dolních končetin. Stále častěji se používá soupažný odpich holemi nebo soupažný odpich se zalomením, kdy dochází k odlehčení zádových a dýchacích svalů a tedy k lepšímu dýchání. Při stoupaní do prudkého svahu se pohyby provádějí v menším rozsahu než při pohybu na rovině.

Hlavní svalové skupiny zapojené do pohybu:

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

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

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

M. Triceps Brachii (trojhlavý sval pažní) - extenze předloktí (Grim, Druga, 2001).

b) Svalstvo dolních končetin

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

Hlavní svalové skupiny zapojené do pohybu:

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

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

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

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

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

6.1.2 Fyziologické hledisko

Skialpinismus je charakterizovaný opakovaným cyklickým pohybem. Představuje vytrvalostní zátěž s velkým výdejem energie, při níž se zapojují velké skupiny svalů. Náročnost a výdej energie je závislá na výkonu a čase, zvládnutí techniky, fyzické připravenosti jedince. Po stránce fyziologické je pro skialpinistický výkon rozhodující

aerobní kapacita, to znamená schopnost organismu pracovat úsporně, po co nejdelší dobu. Svalová síla je pro skialpinisty rovněž nezanedbatelná. Anaerobní kapacita nemá pro skialpinistu takový význam, není však úplně nepodstatná. Anaerobní krytí nastává například při rychlých startech, „časovkách“ nebo předcházení jiného závodníka na trati (Jindra, 2009).

V závodním skialpinismu se nejvíce uplatňuje kombinace vysoké hodnoty VO_{2max} a nízké tělesné hmotnosti.

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

6.1.3 Biomechanické hledisko

Pro výkonnost sportovců může být také důležitá biomechanická analýza pohybu skialpinisty. Velké rozdíly v pohybu můžeme sledovat mezi začínajícími skialpinisty a zkušenými závodníky, kteří na lyžích stojí téměř denně. Jako u každého sportu i u skialpinismu je daná technika chůze, která nejvíce šetří energii. Vzhledem k volnosti skialpinismu si každý jedinec postupně osvojuje a přizpůsobuje své poznatky a zkušenosti svému morfologickému základu a vypracovává si svůj vlastní styl, který je pro každého do určité míry specifický. Nesprávné vykonávání pohybových vzorců vede k obtížím. Snahou každého lyžaře je zdokonalit svou techniku do úrovně, která bude co nejekonomičtější. Přílišné zvedání lyží, nesprávné uchopení holí, nesprávný odraz i odpich vedou k velkým ztrátám energie. Správná biomechanika pohybu se osvojí až po dlouhodobějším tréninku. Zvládnutá technika pohybu je základem k úspěchu v mnoha sportech a jinak tomu není ani u skialpinismu (Canals et al., 2004).

Špatně provedená biomechanika pohybu přichází s přibývajícím únavou. Začínají se objevovat neefektivní a nekoordinované pohyby i u vrcholových sportovců. Často je vidět záměrná změna pohybu (širší stopa, odlišná práce horních končetin, zalomení horní části těla), což je možné si vysvětlit jako snahu ulevit více unaveným svalovým skupinám.

U vytrvalostních sportů, kde se předpokládá dlouhodobé opakování stejných pohybových vzorců, je provedení těchto pohybů velmi důležité. Základním

předpokladem zdárného výsledku je ekonomika pohybu a optimální využití energetických zdrojů.

Skialpinisté provádí pohyb na dvou základních úrovních - práce rukou a nohou. Tak jako u běžického lyžování je úloha dolních končetin majoritní, práce horních končetin však není zanedbatelná. Trup má zejména úlohu zpevnění segmentů těla. Při rychlém sjezdu je trup nejvíce namáhán, protože na tělo působí odstředivé síly.

Biomechanická analýza slouží k zlepšení poznávacího procesu, pochopení a možnosti aplikace základních principů jednotlivých pohybových činností u skialpinistického lyžování. Přináší rychlejší, přesnější, ekonomičtější a bezpečnější přenos poznatků do praktických činností skialpinisty a slouží i jako zpětnovazebný tok informací od praktických poznatků lyžařů směrem k trenérovi nebo odbornému pracovníkovi (Jindra, 2012).

a) Skialpinista jako řízený systém

Na skialpinistu je možné se podívat jako na velmi složitý komplex – systém tvořený celou řadou subsystémů. Pro naše potřeby můžeme z biomechanického hlediska charakterizovat člověka zjednodušeně jako komplex následujících subsystémů:

1. centrální podsystém – CNS – člen s analyticko-syntetickou funkcí (aferece) a funkcí řídicí (eference) pomocí inervací příslušných výkonných orgánů.

2. mechanická triáda – MT – zabezpečuje vlastní pohybovou činnost:

a) podsystém primárních mechanických efektorů – svalový systém,

b) podsystém sekundárních mechanických efektorů:

- kostra

- vazy, šlachy, chrupavky, resp. klouby.

3. podsystém informační – I – zabezpečuje pro CNS informace o vnějším i vnitřním prostředí člověka:

a) propriocepční citění – vnímavá čidla ve svalech, kloubech, šlachách,

b) exteroceptory – zrak, sluch, čich a čidla vnímající teplo, tlak, tah a bolest.

Z hlediska biomechaniky lyžování je uvedený systém CNS – MT – I systémem základních prvků, existuje mezi nimi vzájemné propojení s konkrétní funkcí (vztahem).

1. Vnitřní prostředí člověka – VP – např. koncentrace hormonů, O₂, zplodiny látkové přeměny v krvi atd.

2. Okolí člověka – O – reálné, relativně blízké okolí člověka, s nímž je systém člověk – skialpinista v interakci (Jelen, 2012).

Motorická činnost reprezentovaná subsystémem MT a příslušnými vazbami není možná bez senzitivní činnosti příslušných subsystémů a vazeb na CNS. Tuto komplexní dostředivě – odstředivou funkci vzhledem k CNS nazýváme činností senzomotorickou. Jedná se v podstatě o neustálý obousměrný tok informací mezi výkonnými a řídicími centry – zpětná vazba, bez které by prakticky nebylo možné provádět ani ty nejjednodušší pohybové činnosti, tím méně cílený, řízený pohyb jako např. technicko-taktický úkol projet slalomovou trať v co nejkratším čase. Odpovědi – reakce – jsou výsledkem činnosti CNS s využitím schopností a dovedností jedince, kterých je schopen v dané situaci použít (Jelen, 2012).

b) Tření ve skialpinismu

Velikost tření při jízdě z kopce závisí zejména na druhu sněhu, jeho kvalitě, teplotě vzduchu, počasí, na tvaru a délce lyží, na mechanických a funkčních vlastnostech lyží, jakosti a typu skluznice, kvalitě vosků a způsobu jejich nanášení, rychlosti jízdy. Při stoupaní ve skialpinismu závisí tření na kvalitě použitých stoupacích pásů, které ho mohou svými vlastnostmi významně ovlivňovat.

Pásy umožňují snadné stoupaní do kopce na lyžích, lepí se na skluznici lyže. Vrchní část pásu je pokryta speciálním lepidlem, které se dá obnovovat a nezanechává zbytky na skluznici, čímž nezvyšuje tření při jízdě z kopce. Při tření o sníh se vlákna chovají podobně jako srst zvířat, při jízdě vpřed jsou vlákna o sníh hlazena (kladou pouze malý odpor a kloužou po sněhu). Při pohybu vzad se vlákna vzpříčí, tím způsobí velký odpor a z lyže je možné se odrazit. Dobrá stoupavost a nízký odpor je pro příjemné používání rozhodující (Jindra, 2012).

Používané materiály

Pásy se vyrábějí z přírodních materiálů (mohér – chlupy horské kozy), nebo ze syntetických vláken (nylon) nebo kombinace předchozích. Pásy se oficiálně nazývají tulení pásy, jelikož se původně vyráběli ze srsti tulenů.

- Mohér – vyznačuje se nejlepšími vlastnostmi při různých typech sněhu i různých teplotách. Pro své kluzné a stoupací vlastnosti je používán hlavně v soutěžním skialpinismu. Pásky jsou o něco málo dražší než-li syntetické pásky.
- Nylon – umělé vlákno má lepší stoupavost než přírodní, má delší životnost a je také levnější. Nevýhodou je výrazně větší tření.
- Mix – směs mohérových a syntetických vláken je odolnější a při stoupání drží lépe než mohérové pásky. Nejčastější poměr je 60% mohér a 40% syntetika (Bulička, 2009).

Protože tlaková složka na sníh závisí na sklonu svahu, závisí na něm i velikost třecí síly. Přibližná závislost velikosti koeficientu tření na jakosti sněhu je v tabulce 1. Oproti obecnému pravidlu při nižších rychlostech naopak koeficient tření při velkých rychlostech jízdy na lyžích vzrůstá, neboť na skluznici se působením uvolněného tepla vytváří poměrně silná vrstvička vody a suché tření přechází ve tření smíšené (Jelen, 2012).

Tabulka 1 – Součinitel smykového tření v závislosti na jakosti sněhu (Jelen, 2012)

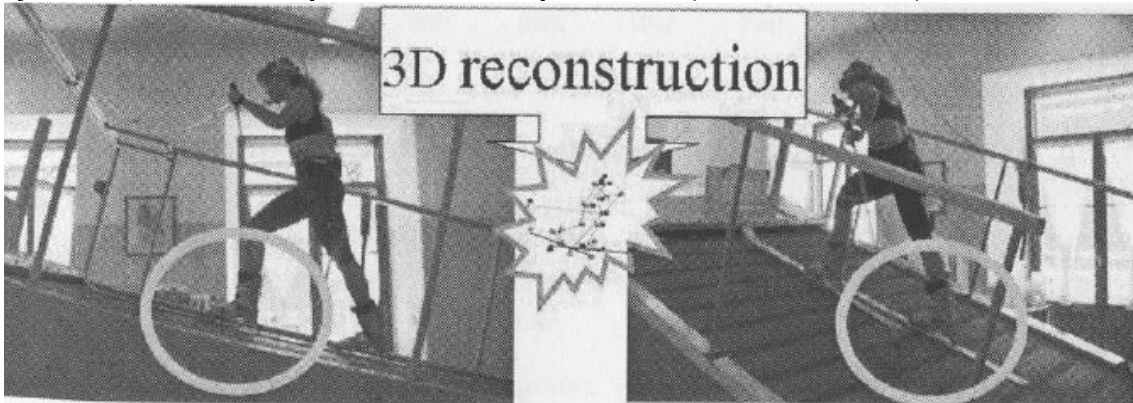
Jakost sněhu.	Charakter skluzu.	μ
Tvrký, přemrzlý pevný jarní firn.	Výborný, dobrý.	0,03 – 0,06
Uježděný sníh, krupičkový firn.	Uspokojivý.	0,06 – 0,20
Vlhký, sypký, hluboký, s krustou, která se boří.	Špatný.	0,10 – 0,20

Tající sníh pod skluznicí při nižší rychlosti jízdy vytvoří tenkou blánu vody, jejíž nejmenší tloušťka se pohybuje kolem $7 \cdot 10^{-5}$ m. Tato vrstva vody zmenšuje tření, které je ještě zmenšeno vlastnostmi vosku. Podstatou působení vosku je to, že vyloučí zvětšení odporu vlivem přilnavosti vody. Tento princip je nejúčinnější v rozmezí teplot sněhu od minus 5 °C do minus 16 °C. Při nižších teplotách nestačí vytvořené teplo náležitě roztát přemrzlý sníh a značné zvýšení nastává tření přímo mezi sněhem a skluznicí. Jeho účinek lze zmenšit speciálními hmotami skluznice (Jelen, 2012).

c) Kinematická analýza

Při kinematické analýze je pohyb posuzován bez ohledu na příčiny (síly), které jej způsobují. Primární posloupnost fyzikálních veličin vychází z určení závislosti dráhy na čase, ze které jsou dále odvozeny závislosti pro rychlost a zrychlení. Často je využívána také analogická triáda pro úhlové veličiny vzhledem k charakteru pohybu segmentů lidského těla, kdy je odvozena úhlová rychlost ze závislosti úhlu na čase a následně úhlové zrychlení. Z matematického hlediska se jedná o využití vícenásobné derivace. V současné době se kinematická analýza ve sportu využívá zejména pro diagnostiku různých pohybových dovedností s výhodou nulového negativního dopadu na měřený objekt. Kinematické analýzy jsou nedílnou součástí optimalizace sportovního výkonu a zdokonalování techniky pohybu (Jindra, 2012).

Obrázek 1 – Kinematická analýza – 3D analýza skialpinismu na širokém pásovém ergometru s vybavením, které se běžně používá v terénních podmínkách (Canclini et al. 2009)



d) Biomechanika končetin

U skialpinistů při pohybu do kopce se ruce a nohy pohybují v opozici proti sobě a produkují sílu zprostředkovanou přes hole a lyže. Při únavě většina skialpinistů přechází do pohybu soupaž, kdy spíše odlehčí tělo. Naopak při střídavém odpichu pomáhají horní končetiny zvětšit skluz. Výzkumy zaměřené na kinematiku podobných pohybů zjistily pozitivní vztah délky kroku a výkonu (Haberli, 1977) a významu fáze skluzu na lyžích (Marino et al., 1980).

Studie kinematiky lyžařského kroku ukázaly, že vrcholoví skialpinisté závodníci ve světových pohárech mají v rámci segmentů větší potenciální kinetickou energii mezi skluzem a odrazem ve srovnání s méně zdatnými lyžaři. Větším krokem a delším skluzem během jednoho cyklu bylo dosaženo lepšího využití gravitace jako doplňku svalové síly (Norman et al., 1989; Pierce et al., 1987).

6.1.4 Pohybové schopnosti

Při skialpinismu je nejdůležitější rozvoj střednědobé, dlouhodobé vytrvalosti a síly vytrvalostního charakteru. V širších souvislostech je u těchto schopností předpokladem zvýšený podíl pomalých (SO) svalových vláken, dále úroveň energetických rezerv ve svalu a jejich aktivace. Z funkčního hlediska mají určující význam dvě charakteristiky O₂ systému, který se zde dominantně uplatňuje: vysoký aerobní výkon a aerobní kapacita.

Silová vytrvalost je charakteristická déletrvající svalovou činností. Odpor není až příliš vysoký. Jedná se především o sílu koncentrickou a excentrickou. Stejně jako u ostatních silových schopností má úroveň i trénink síly absolutní velký význam, který vzrůstá s rostoucí velikostí překonávaného odporu (Dovalil et al, 2002).

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

6.2 Energetické krytí pohybové činnosti

Z biochemických a fyziologických poznatků vyplývá, že zdroje energie, jejich průběžná resyntéza a způsob uvolňování se odlišují dle stupně úsilí a zapojení svalových skupin při cvičení.

6.2.1 Svaly

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

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

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

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

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

1) *Pomalá červená vlákna (SO)*

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

2) *Rychlá červená vlákna (FOG)*

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

3) *Rychlá bílá vlákna (FG)*

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

4) *Přechodná vlákna*

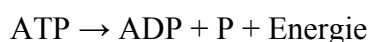
Představují vývojově nediferencovanou populaci vláken, která jsou zřejmě potencionálním zdrojem předchozích tří typů vláken.

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

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

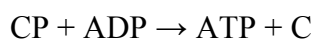
6.2.2 Spotřeba a uvolnění energie při sportu

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

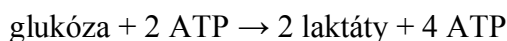


Při této reakci však vzniká energie umožňující kontrakci svalových vláken pouze do 15 sekund. Na realizaci déletrvajícího pohybu organismus mobilizuje vysoko energetické molekuly (glycidy, lipidy, proteiny).

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

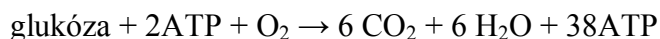


Resyntéza ATP je důležitá vždy při uvolnění svalu a spotřeby původní ATP. Zejména u výkonů maximálně a vysoce submaximálně intenzivních. K tomuto procesu také není zapotřebí kyslíku. Druhou reakcí poskytující ATP bez kyslíku, tedy anaerobně, je štěpení sacharidů. Reakci lze znázornit následujícím způsobem:



Více ekonomický mechanismus důležitý pro resyntézu ATP je chemický proces 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, než štěpení tuků. Proto při převaze štěpení tuků (např. u dlouhých skialpinistických závodů) klesá výkon a na občerstvovacích stanicích závodníci pojídají snadno vstřebatelné sacharidy (Trefný, 1993).

6.2.3 Způsob hrazení energie

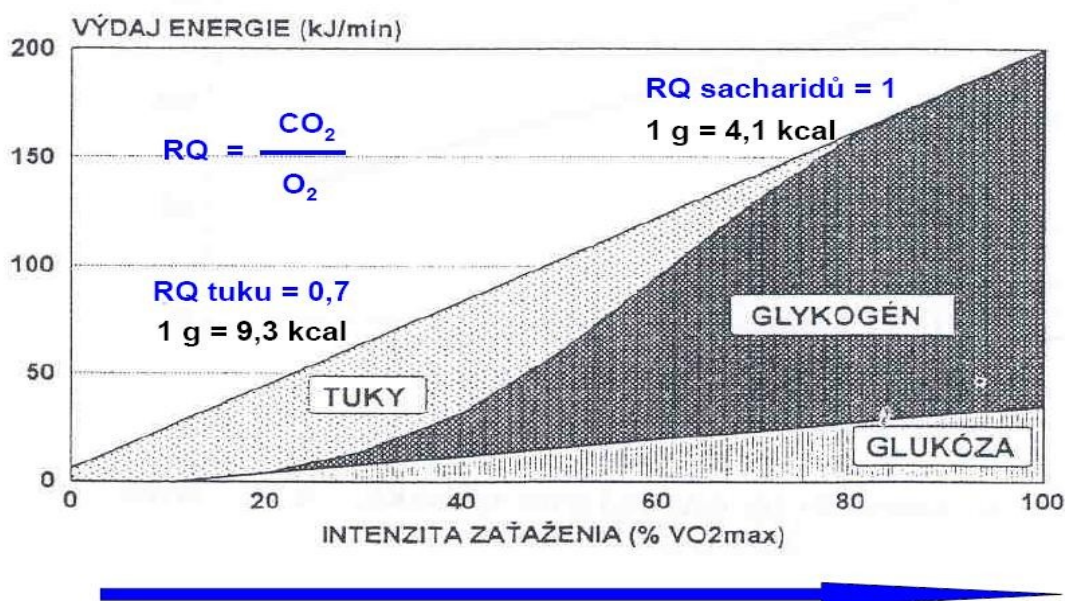
Podle Hamara a Lipkové (2001) hrazení energie rozdělujeme do čtyř zón:

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

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

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

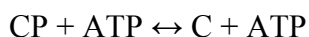
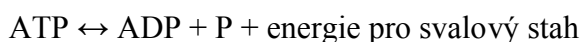
Obrázek 2 – Zdroje energetického krytí při zvyšující se intenzitě (Hamar a Lipková, 2001)



a) Anaerobní alaktátová zóna

Anaerobní (neoxidativní) alaktátová zóna metabolického energetického krytí – označovaná jako zóna ATP-CP (adenosin trifosfát - kreatinfosfát) (Havlíčková et al., 2008).

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



b) Anaerobní laktátová zóna

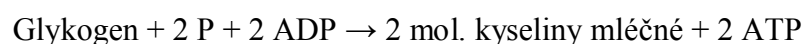
Podle Drábkové (2001) anaerobní (neoxidativní) laktátová zóna metabolického energetického krytí se nazývá podle do krve vyplavované kyseliny mléčné a jejích soli (laktátu) označována jako LA zóna.

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

Takovýto způsob získávání energie je velice nevýhodný. Celková energetická kapacita je asi 120–420 kJ, energetický zisk je malý a z hlediska intenzity pohybové činnosti je nevýhodné, že rychlost uplatnění ATP získaného anaerobní glykolýzou svalového glykogenu v laktátové zóně je 2x pomalejší než v zóně alaktátové. Důsledkem této menší rychlosti uplatnění ATP a dále hromadění kyseliny mléčné ve svalech a jejího následného vyplavování do krve je pokles intenzity pohybové činnosti.

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

Průběh reakce vypadá následovně:



c) Aerobní zóna

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

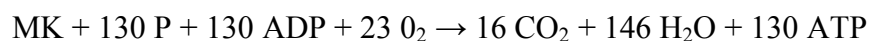
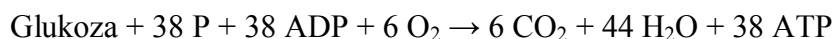
Aerobní (oxidativní) zóna metabolického energetického krytí je podle způsobu energetického krytí označována jako zóna kyslíková. Při pohybové činnosti střední či mírné intenzity s délkou činnosti nad 90 s a více můžeme hovořit o aerobním způsobu získávání energie. Ke zvýšení hladiny kyseliny mléčné v krvi nedochází jen v případě

jednoznačně aerobního hrazení energie. Účinnost aerobního krytí energie je 13-19x větší než u anaerobního laktátového, ale asi 2x pomalejší. Přibližně 4x pomalejší je rychlost získávání energie než anaerobním laktátovým způsobem. Současně však tento bioenergetický systém přeměnou cukrů a tuků v potřebné makroergní fosfáty umožňuje dlouhodobě udržet pohybovou činnost na určité optimální úrovni. Výrazem této nejvyšší možné dynamické rovnováhy je pohybové zatížení na úrovni anaerobního prahu, ale tento stav dynamické rovnováhy mezi potřebami a možnostmi v transportu kyslíku se může ustálit na různých úrovních.

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

Oxidativní způsob energetického krytí má rozhodující význam pro rychlé doplnění zásob ATP-CP na maximální výchozí úroveň nezbytnou pro intervalovou činnost objektivně maximální intenzity. Vyčerpání svalového glykogenu předpokládá až 48 hodin, ale někdy až 72 hodin trvající období regenerace. Ukazatelem aerobních schopností organismu je především VO_{2max} (Canals et al., 2004).

Průběh reakce vypadá následovně:



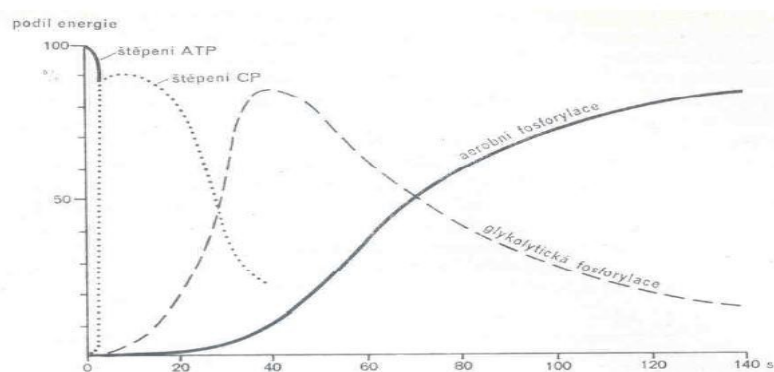
Tabulka 2 - Podíl energetických systémů na činnosti různé doby trvání a relativně maximální intenzity (podle uvedené intenzity co možná nejvyšší) (Mc. Dougal a kol., 1982)

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

d) Aerobně-anaerobní zóna

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

Obrázek 3 – Podíl energetického krytí v závislosti na trvání zátěže (Placheta et al., 2001)



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

6.3 Ukazatele zatížení

Mezi ukazatele zatížení patří například srdeční a tepová frekvence, spotřeba kyslíku nebo laktát.

6.3.1 Srdeční frekvence

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

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

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

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

6.3.2 Tepová frekvence

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

Hodnota tepové frekvence závisí na:

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

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

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

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

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

6.3.3 Vlivy působící na srdeční frekvenci

Nervové vlivy

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

Vlivy z vnitřního prostředí

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

Fyzikální vlivy

Tyto vlivy jsou další z hlavních faktorů ovlivňujících srdeční frekvenci. Teplu způsobuje vazodilataci, chlad vyvolává vazokonstrikci. Termoreceptory podávají informaci o změně teploty. Lidská kůže obsahuje více chladových než tepelných receptorů. Předměty shodné s teplotou kůže nejsou pocíťovány ani jako teplé ani jako studené (fyziologická nulová hodnota). Pokud se přiloží předmět o teplotě odlišné od

teploty kůže, bude kůži buď oteplovat, nebo bude z kůže teplotu získávat. Tato změna je právě příčinou aktivace termoreceptorů. Chladové receptory přitom reagují na teplotu v rozmezí 25 – 35 °C, tepelné receptory na rozsah 38 – 48 °C (Mysliviček, 2002).

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

6.3.4 Spotřeba kyslíku

Spotřeba kyslíku je měření kyslíku spotřebovaného v těle za minutu, vyjádřeno v litrech za minutu (l/min), relativní tělesná hmota (ml/kg/min) nebo relativní spotřeba k maximální spotřebě kyslíku (%VO_{2max}). Spotřeba kyslíku podává to nejpřesnější měření absolutní (l/min, ml/kg/min) nebo relativní (%VO₂) cvičební intenzity. Spotřeba kyslíku může být aplikovaná k odhadu cvičební intenzity a objemu výkonnosti. Maximální spotřeba kyslíku (VO_{2max}) je to nejvyšší VO₂, které člověk může dosáhnout. Lidé, kteří jsou fyzicky více výkonní mají vyšší VO_{2max} (Bunc, 1989).

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

a) VO_{2max} (maximální spotřeba kyslíku)

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

Diference v příjmu kyslíku jsou podmíněny nejen charakterem, intenzitou a délkou trvání tělesné aktivity, ale i funkcemi jednotlivých komponentů transportního systému a v neposlední řadě typem svalových vláken, jejich vzájemným poměrem a oxidativní kapacitou, které jsou do značné míry podmíněny geneticky. Celková aerobní kapacita

vyjádřená maximální spotřebou kyslíku (VO_{2max}) by měla být důležitým kritériem při výběru talentovaných jedinců do sportu dlouhodobě vytrvalostního charakteru (Wilmore, Costill, 2004).

Skialpinisté dosahují díky tréninku ve vysoké nadmořské výšce a pohybu podobnému běžeckému lyžování i vyšších hodnot VO_{2max} .

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

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

b) Anaerobní práh

Vytrvalostní sportovce nezajímají při zátěžových testech pouze hodnoty VO_{2max} , ale druhým důležitým parametrem je anaerobní práh. Hodnoty aerobního prahu jsou téměř přímo úměrné VO_{2max} (Canals et al., 2004).

Tabulka 3 – Orientační hodnoty VO_{2max} a přibližné aerobní a anaerobní prahy u různých skupin jednotlivců (Canals et al., 2004)

Výkonnostní úrovně jednotlivce			
Přípravenost	VO_{2max} ml O₂/kg .min	Aerobní práh	Anaerobní práh
Nízka úroveň	25 – 35	40 – 50 % VO_{2max}	45 – 65 % VO_{2max}
Střední	35 – 55	50 – 65 % VO_{2max}	60 – 80 % VO_{2max}
Vysoká	55 – 70	60 – 75 % VO_{2max}	75 – 90 % VO_{2max}
Velmi vysoká	70 - 90	70 – 85 % VO_{2max}	85 – 95 % VO_{2max}

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

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

Pro stanovení ANP je nejpřesnější využít laboratorní vyšetření se stupňovaným zatížením. Také lze využít terénních testů (podle změn tepové frekvence), ovšem zde značně klesá přesnost určení. U netréovaných 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 (Havlíčková et al, 2008).

c) Ventilační parametry

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

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

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

jeho práce je ovlivněná pouze vůlí, nebo jestli se vydal ze všech sil. Hodnota okolo $R=1,05$ vypovídá o tom, že sportovec „ještě může“, hodnota $R=1,20$ je už známkou akutního přepětí.

6.3.5 Laktát

Laktát 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 (Havlíčková et al., 2008).

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

O klidové hladině laktátu (LA) v krvi mluvíme při rozmezí 1,2 – 1,8 mmol/l krve a zvýšení této hladiny o 1 mmol/l představuje uvolnění 4 g kyseliny mléčné z kosterního svalu do krve u člověka (toto množství odpovídá 70ti kilovému muži). Při pohybové zátěži kritické intenzity vrcholí hromadění LA do 10 minut. Odbourávání LA po počátečním vzestupu značně závisí na trénovanosti jedince. Produkce je u trénovaných i netrénovaných podobná, ale trénovaný organismus se s LA dokáže lépe vypořádat. Definitivní odstranění kyseliny mléčné může trvat i několik hodin. LA tvoří v lidském těle energetickou zásobu, která je buď přeměněna na glykogen, nebo spálena. Podle kyseliny mléčné (LA) v krvi je možno objektivně určit:

1. druh, podíl a zastoupení svalových vláken
2. účinnost intenzity prováděné pohybové činnosti ve vztahu ke konkrétní kondiční výbavě vyšetřované osoby
3. vynaložené úsilí při testech pohybové výkonnosti (Soška, 2009)

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

6.4 Hypoxické prostředí ve skialpinismu

Sportovci, kteří opakovaně dosahují úspěchů v mezinárodních skialpinistických soutěžích, kladou důraz na přípravu ve vyšší nadmořské výšce. Na základě dlouhodobých zkušeností a vědeckých výzkumů panuje u odborníků obecná shoda, že nejen u vytrvalostních sportovců je hypoxická příprava nutnou součástí tréninku. U sportů, které svým charakterem předpokládají pohyb ve vyšších nadmořských výškách (např. běh na lyžích, biatlon, skialpinismus), se při tréninku ve vyšší nadmořské výšce přikládá stále větší pozornost.

Z dostupných zdrojů zatím není zřejmé, jakým způsobem zahraniční skialpinisté pracují v rámci tréninku s vyšší nadmořskou výškou a jaký je volen způsob přípravy. Ale většina vrcholových skialpinistů žije v horských oblastech a velice často se pohybují ve výškách nad 2 000 m n. m. Tyto hlediska jsou klíčová pro schopnost sportovců podat při soutěži očekávaný výkon. Poloha závodů světového poháru (dále jen SP) ve skialpinismu pro rok 2011, která výškou 1896 ± 372 metrů nad mořem (dále jen m n. m.) jasně potvrzuje, že příprava ve vyšší nadmořské výšce je pro sportovce s ambicemi na dobré umístění nedílnou součástí přípravy (Jindra, 2012).

O zatěžování organismu v hypoxickém prostředí bylo provedeno mnoho studií. Otázkou zůstává, jak přesně je možné tréninkové metody ve vyšší nadmořské výšce aplikovat na závodní skialpinismus, kde profil závodní tratě je prakticky jen do kopce a z kopce a závodníci během dvou hodin několikrát změni výrazně nadmořskou výšku. Při soutěžích typu vertical se na lyžích běží od startu až do cíle stále do kopce, což klade značné nároky na fyzickou kondici. V závodech skialpinismu jde o překonání tratě, nebo alespoň její části v co nejkratším čase. Většina závodů, kromě typu vertical, se skládá z různě dlouhých výstupů a sjezdů. V závodě nejde jenom o vzdálenost překonanou v kilometrech, ale především o převýšení, které je pro každý typ závodu dané pravidly. Před každým závodem je znázorněn profil trati, kde je vyznačeno stoupání, sjezdy a místa, kde je nutné stoupat na botách nebo mačkách. Z profilu je hned znatelné převýšení jednotlivých stoupání a sjezdů a zároveň délka trati celého závodu (Jindra, 2012).

V padesátých letech minulého století začal výzkum vlivu nadmořské výšky, kdy se poprvé ukázalo, že tzv. zdraví obyvatelé vysokohorských oblastí peruánských And mají zvláštní nálezy – určitý stupeň plicní hypertenze a také hypertrofie pravé komory srdeční. Toto tvrzení bylo později potvrzeno u stálých obyvatel Himalájí a vysokých hor v Severní Americe. U populací trvale žijících ve vysokých nadmořských výškách se pozoruje významně snížený výskyt infarktu myokardu (Jokl, 1968).

6.4.1 Varianty tréninku v hypoxickém prostředí

O zvýšení výkonnosti po pobytu v hypoxickém prostředí se diskutuje více jak 30 let.

Nejnovější studie stanovují 3 základní varianty:

1. Trénovat v nižších nadmořských výškách a odpočívat a žít ve vyšších nadmořských výškách – „living high – training low” – dále jen LHTL . Stačí v hypoxickém prostředí pouze žít, aby bylo dosaženo pozitivních změn. Tuto variantu využívají například skialpinisté na Slovensku, kteří pracují na některé z horských chat, za tréninkem potom sjíždějí do nížin.
2. Opačná varianta – trénovat v hypoxickém prostředí a žít v normální nadmořské výšce – „Living low – training high“ – dále jen LLTH. Tuto variantu využívá většina skialpinistů.
3. Poslední varianta upřednostňuje trénování ve výškách, i následný pobyt ve vyšší nadmořské výšce – „Living high – training high” – dále jen LHTH. Tvrdí, že dobře připravený organismus potřebuje oba impulzy pro kvalitní adaptační změny, které si od hypoxie slibuje. Od této varianty se stále více ustupuje, jelikož je organismus až moc přetěžován (Dívald, 2010).

Provedením metaanalýzy článků publikovaných k problematice tréninku ve vyšší nadmořské výšce v recenzovaných časopisech se ukázalo, že špičkoví sportovci při pobytu i tréninku v LHTH průměrně zlepšili svou výkonnost o 5,2 %. Varianta LHTL zlepšuje výkonnost o cca 4,3 %. Je důležité poukázat, že data byla získána z výzkumů realizovaných bez kontrolních skupin. Méně časté výzkumy za využití kontrolních skupin ukazují na skutečnost, že členové těchto skupin za předpokladu stejného tréninkového zatížení zlepšili výkon asi o 2,6 %. Zlepšení při uměle navozené výšce

LHTL jsou nižší. Tato skutečnost je obvykle způsobena tzv. placebo efektem, který lze v případě přírodní nadmořské výšky jen těžko eliminovat (Bonetti, Hopkins, 2009).

6.4.2 Hypoxie v soutěžním skialpinismu

Průměrná nadmořská výška závodů SP podle profilů tratí byla 1896 ± 372 m. n. m. Skialpinismus se tak řadí mezi několik málo sportovních odvětví, jejichž závody se převážně konají ve vyšší nadmořské výšce. Závodníci se musí s podmínkami nižšího parciálního tlaku během závodu rychle vyrovnat. Pro dosažení úspěchu je nezbytné, aby závodník byl na tyto podmínky předem připraven. Reprezentanti ve skialpinismu České republiky mají výškou českých hor značnou nevýhodu, protože musí vynakládat velké finanční prostředky na zajištění tréninku v takovýchto nadmořských výškách.

Ve světovém soutěžním skialpinismu se na špičce závodního pole objevují neustále stejné alpské země jako je Itálie, Francie, Španělsko Rakousko, Německo a Švýcarsko. Jedním z důvodů jejich úspěchů je jejich předpokládaný dlouhodobý pobyt ve výšce. Tyto země mají ideální podmínky pro zajištění podmínek tréninku ve vysoké nadmořské výšce. Porovnáním profilů závodů SP byl zjištěn pouze malý rozdíl v celkové průměrné výšce. Výsledky ukazují průměrnou výškovou hladinu 2 000 m. n. m. ± 200 m. V Českém poháru pro rok 2011 byla průměrná výšková hladina 1 208 m. Na základě značného rozdílu ve výškách obou pohárů doporučujeme sportovcům minimálně v přípravném období věnovat větší pozornost vysokohorskému tréninku (Jindra, 2012).

7 Cíle, hypotézy a úkoly práce

7.1 Cíle

Cílem práce je změřit skupinu skialpinistů různého věku a výkonnosti na skialpinistickém trenažéru. Zjistit jejich energetický výdej v jednotlivých rychlostech při postupném zvyšování rychlosti a při neměnnosti sklonu svahu.

7.2 Hypotézy

H1: Předpokládáme, že pro skialpinisty je pravděpodobně nejlepší stoupat rychlostí přibližně 4 km/h při konstantním sklonu svahu, při které by mělo docházet k nejnižšímu energetickému výdeji. Tato hypotéza vychází z výsledků měření Tosi Paola, Leonardi Alessandra a Schena Federica (Univarsita di Trento, University of Verona, Rovereto) z roku 2009.

H2: Předpokládáme, že při rychlostech od 1,4 do 6,2 km/h a sklonu 21° mají muži většího vzrůstu (více nebo rovno 180 cm) nižší energetický výdej než muži menšího vzrůstu (méně než 180 cm). Tato hypotéza vychází z výsledků měření Tosi Paola, Leonardi Alessandra a Schena Federica (Univarsita di Trento, University of Verona, Rovereto) z roku 2009.

7.3 Úkoly

1. Příprava protokolu pro měření energetického výdeje v jednotlivých rychlostech při postupném zvyšování rychlosti a při neměnnosti sklonu svahu.
2. Výběr skupiny pro měření s věkovými a výkonnostními rozdíly.
3. Výroba speciálně upravených kolečkových lyží a holí.
4. Sběr antropometrických hodnot výzkumného souboru.
5. Informovat se o provádění funkčních testů v laboratoři.
6. Realizace laboratorního měření.
7. Porovnat výsledky měření vlastního měření s jinými zdroji.

8 Charakteristika sledovaného souboru

Soubor tvořilo 7 mužů (průměr \pm směrodatná odchylka) ve věku $26,3 \pm 5,5$ let, o tělesné výšce $180 \pm 6,8$ cm a tělesné hmotnosti $74,7 \pm 8,9$ kg (tuku $10,2 \pm 2,6$ %, aktivní tělesné hmoty $69,3 \pm 7,8$ kg) určeno metodou kaliperace podle Pařízkové (1962). Jednalo se o studenty tělovýchovného směru na UK FTVS, zaměstnance na UK FTVS, členy Horské služby Orlických hor, kteří aktivně sportují a reprezentační skialpinisty. Všichni testovaní měli předchozí zkušenosti se soutěžním skialpinismem. Žádný ze subjektů neuvedl skutečnosti, které by mohly ovlivnit průběh měření. Žádný z probandů během posledních dvou let neutrpěl zranění nebo vážné onemocnění, které by ho omezovalo v testování. Žádný z probandů nebyl kontraindikován pro aplikaci fyzické zátěže a spirometrické a spiroergometrické měření.

Výběr probandů proběhl se souhlasem vedoucího diplomové práce a nebyl náhodný. Vybráni byli technicky zdatní jedinci pro důvěryhodnost měření, jelikož při technicky správné chůzi skialpinista vydává méně energie. Každý proband ze sledovaného souboru byl podrobně seznámen s průběhem měření a jeho náročností. Probandi se zúčastnili dobrovolně a dostatečně dopředu jim byl oznámen termín měření pro přípravu a odpočinek, nemohlo tedy dojít ke zhoršení výkonnosti vlivem oslabení. Nikdo nebyl kontraindikován pro aplikaci fyzické zátěže a spirometrické měření. Všichni se zúčastnili výzkumu dobrovolně.

Výzkum byl schválen lokální etickou komisí UK FTVS. Testovaní byli informováni o průběhu testování a svým podpisem dali souhlas k měření. Souhlas etické komise a vzor informovaného souhlasu lze nalézt v přílohách práce.

Početnost skupiny odpovídala požadavkům vedoucího diplomové práce. Provést měření s větším počtem účastníků nebylo možné z důvodu časové náročnosti a přesného data zapůjčení pásového ergometru.

Tabulka 4 – Antropometrická charakteristika sledovaného souboru

Proband	Věk (roky)	Výška (cm)	Váha (kg)
1	38,8	180	75,9
2	24,3	185	76,0
3	23,9	172	74,5
4	24,2	191	65,5
5	24,5	178	65,5
6	25,1	181	77,6
7	23,2	172	63,0
PRŮMĚR	26,3	180	74,1
S. O.	5,55	6,8	9,0

9 Metodika práce

9.1 Funkční zátěžová diagnostika

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

V současné době se častěji používají běhací pásy (pásové ergometry), jelikož dochází k zapojení většího množství svalových skupin a tedy přesnějším výsledkům tepové frekvence a VO_{2max} . Cyklistický ergometr je více dostupný a slouží hlavně pro trénování cyklistů. Nejvyšších hodnot dosahují sportovci na běžkařském ergometru (Hepnar, 2010).

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

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

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

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

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

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

9.2 Použité přístroje a pomůcky

Tělesná hmotnost byla měřena laboratorní lékařskou váhou a výška těla digitálním laboratorním měřidlem tělesné výšky. Srdeční frekvenci jsme měřili pomocí hodinek POLAR, které se skládají ze snímače a vysílače ve formě pásku, který se připevní na hrud', pomocí elektrod snímá srdeční aktivitu v intervalu každých 5 sekund. Interval snímání je možné nastavit podle potřeby v rozmezí 5 – 60 sekund. Je zřejmé, že pro naše potřeby jsme využili nejkratšího intervalu z důvodu, co nejpřesnějšího měření. Přijímač srdeční frekvence byl v podobě hodinek, které byly synchronizované s počítačem a s daty lze dále pracovat.

Studie byla provedena na pásovém ergometru typu SATURN od firmy HP cosmos, který svojí šířkou umožňuje chůzi na speciálně upravených kolečkových lyžích se skialpinistickým vázáním Dynafit TLT a s upravenými trojdílnými trekovými holemi TRAB s nastavitelnou velikostí do 160 cm. Každý proband využil skialpinistické boty dle svého výběru a pohodlí. Jednalo se o typy Scarpa Matrix a Scarpa F1. Pás umožňuje sklon až 24° a dostatečně přibližuje podmínky skialpinismu.

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

9.3 Procedura testování

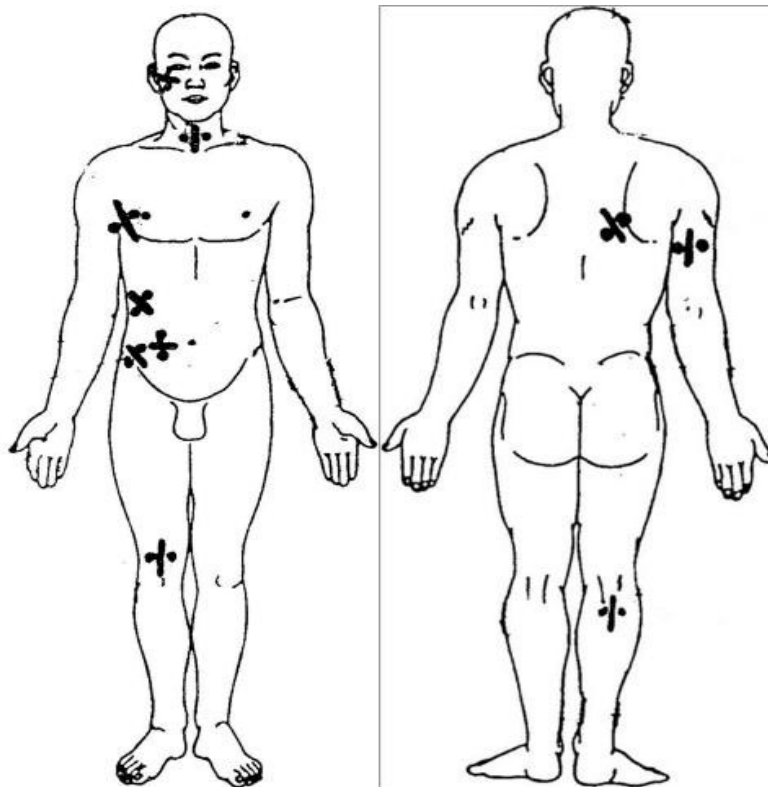
Vlastní měření začínalo sběrem antropometrických hodnot, klidových hodnot spirometrie a SF. Posléze následovalo individuální rozcvičení důležitých svalových skupin a rozcvičení řízené na pásovém ergometru se speciálně upravenými kolečkovými lyžemi se skialpinistickým vázáním a trekovými holemi. Po uklidnění organismu následoval protokol samotného měření.

9.3.1 Antropometrické měření

Hmotnost sledovaného souboru jsme měřili lékařskou decimální váhou s přesností na desetiny kilogramu (v charakteristice sledovaného souboru jsme zaokrouhlili na celé kg). Vážení proběhlo ve spodním prádle bez obuvi, aby naměřená váha nebyla zkreslena těmito elementy. Tělesnou výšku jsme měřili digitálním laboratorním měřidlem Seca s přesností na desetiny centimetru. Proband stál ve stoji spatném s hlavou v orientační poloze. Výška se měřila mezi vertikální vzdáleností podložky k vertexu a tělo bylo dorzální stranou opřeno o zed'. Podle Pařízkové (1962) jsme

zjišťovali procento podkožního tuku metodou kaliperace a následným přeportem na ATH (aktivní tělesná hmotnost). Místa měření byla definována stejně přesně, jako antropometrické body dané kostrovým podkladem, neboť tloušťka tukové vrstvy může značně kolísat i na poměrně malé ploše (Rietgerová et al., 2006).

Obrázek 4 – Místa snímání tloušťky kožních řas pro stanovení depotní tukové tkáně kaliperem (Pařízková, 1962)



a) Provedení kaliperace

Špičkami prstů palce a ukazováčku nedominantní ruky proti sobě zvedáme kožní řasu. Prohmátnutím a promnutím vytvoříme duplikaturu kůže spolu s podkožním vazivem a tukovou vrstvou. Kontaktní plochy kaliperu přikládáme asi 1 cm od prstů ve stejné výši s nimi, tj. ani ve špičce kožní řasy, kde nemáme kožní řasu v plném rozsahu, ani při její základně, kde se kožní řasa již rozbíhá. Osa probíhající kontaktními ploškami je kolmá na osu zvednuté kožní řasy. Překrytím rysek v nivelizačním okénku kaliperu dosáhneme standardizovaného snímacího tlaku 0,3 MPa. Tloušťku kožní řasy odečteme následně na měřítku kaliperu. Na dominantní straně těla měříme 10 řas (Jindra, 2012).

1. Tvář – Kožní řasa probíhá vodorovně bezprostředně před ušním boltcem ve výši odpovídající středu zevního zvukovodu.
2. Podbradek – Podélná osa řasy probíhá těsně nad jazylkou při mírně zakloněné hlavě a má svislý průběh.
3. Hrudník I – V místě přechodu přední řasy podpažní jamky na hrudníku vytvoříme řasu s podélnou osou, která probíhá rovnoběžně s přední řasou podpažní jamky.
4. Paže – Na zadní straně paže uprostřed (nad trojhlavým svalem pažním) volně visící horní končetiny vytvoříme podélnou řasu, která je rovnoběžná s osou horní končetiny.
5. Záda – Pod dolním úhlem lopatky měříme kožní řasu probíhající rovnoběžně s podélnou osou přiléhajícího žebra. Při vytváření řasy měřený mírně upaží a poté při zapažení přitiskne předloktí této končetiny na záda těsně pod lopatku.
6. Břicho – Na spojnici pupek – přední trn lopaty kosti kyčelní ve vzdálenosti $\frac{1}{4}$ spojnice od pupku vytvoříme podélnou kožní řasu probíhající vodorovně.
7. Hrudník II – V přední axilární čáře ve výši 10. žebra vytvoříme kožní řasu probíhající vodorovně.
8. Bok – Nad hřebenem kosti kyčelní v přední axilární čáře vytvoříme řasu, která je rovnoběžná s hranou kosti kyčelní.
9. Stehno – Bezprostředně nad čéškou vytvoříme řasu se svislým průběhem. Dolní končetina musí být mírně ohnuta v koleni a opřena o špičku chodidla.
10. Lýtka – Těsně pod podkolenní jamkou ve střední čáře vytvoříme vertikální řasu. Končetina je ve stejném postavení jako při předchozím měření (Jindra, 2012).

b) Vyhodnocení kaliperace

V milimetrech zapíšeme a sečteme údaje o tloušťkách všech kožních řas. Ze součtu tloušťky 10 kožních řas (x) z tabulek (podle věku a pohlaví) zjistíme odpovídající hodnotu procenta depotní tukové tkáně (mt). Hmotnost depotní tukové tkáně vypočteme ze vztahu: $mt = f_{mt} \cdot m \cdot 0,01$.

mt = hmotnost depotní tukové tkáně (kg)

f_{mt} = relativní hmotnost depotní tukové tkáně (%) m = tělesná hmotnost (kg)

Přepočtem naměřených hodnot na celkovou hmotnost tuku v těle a odečtením od celkové hmotnosti bylo vypočítáno ATH. Hmotnost tuku spočítáme tímto způsobem:

$$\text{Hmotnost tuku (kg)} = \% \text{ tuku} \times \text{hmotnost těla (kg)} : 100.$$

Při tomto způsobu měření může dojít k odchylce mezi 3–4 % (Havlíčková et al., 2008).

9.3.2 Aplikace spirometrie

Spirometrické ukazatele byly zjišťovány pomocí přístroje Cosmed Pony graphic 3.1. Nejprve byla do přístroje zadána charakterová data. Testování bylo provedeno ve stoje. Testované osobě se znemožnilo pomocí svíracího kolíčku dýchání nosem a byla požádána o provedení 3 usilovných výdechů, mezi kterými bylo prováděno normální dýchání v počtu 3–5 nádechů a výdechů. Byly zjišťovány hodnoty FVC – forced volume vital capacity – (usilovný výdech vitální kapacity), FEV1 – forced expiratory volume – (výdech na konci 1. sekundy usilovného výdechu), PEF – peak expiratory flow – (maximální rychlost výdechu). Zobrazené hodnoty byly aktuální, predikované a procentuální dosažení predikovaných hodnot (Jindra, 2012).

9.3.3 Měření srdeční frekvence

Pro měření srdeční frekvence na sobě měla testovaná osoba připevněný pás snímající srdeční frekvenci od firmy POLAR. Hodnoty byly přenášeny hodinek od stejné firmy, které byly s pásem spárovány, společně tvoří sportestrový set. Sporttesterový set byl synchronizován s počítačovou jednotkou a analyzátozem vydechovaných plynů a měřené hodnoty byly online přenášeny do počítače. V průběhu měření se výsledek zaznamenával každých 5 sekund.

10 Provedené testy

Samotnému měření předcházela příprava veškerého materiálu a pomůcek a několik zkoušek testování.

10.1 Laboratorní měření

Měření probíhalo v laboratořích FTVS UK pod dohledem Ing. Vodičky, který zajistil technickou úpravu pásového ergometru.

Studie byla provedena na pásovém ergometru typu SATURN od firmy HP cosmos, který svojí šířkou umožňuje chůzi na speciálně upravených kolečkových lyžích s upravenými holemi pro skialpinismus, viz přílohy. Kolečkové lyže byly jednotné pro všechny testované. Speciálně upravené hole bylo možné nastavovat podle výšky testované osoby. Lyžařská obuv byla individuálně zvolena podle možností probandů. Test byl zahájen měřením klidových hodnot v průběhu 1 minuty, kdy byly zjišťovány spirometrické ukazatele a SF. Připevněním skialpinistického vázání na kolečkové lyže jsme docílili hlavní změny v rozsahu a stylu chůze. Dostatečně dlouhý pás umožnil velký rozsah kroku a případné ukročení pro srovnání stability. Šířka pásu umožňovala pohodlné odpichování trekových holí s gumovými hroty.

10.1.1 Energetický výdej a zdatnost při skialpinismu

Rozcvičení

Rozcvičení bylo rozděleno na 2 části. První individuální část trvala přibližně 20 minut. Následovalo řízené rozcvičení, jehož hlavním úkolem bylo seznámení s přiděleným vybavením a seznámení se s modifikovaným skialpinistickým pohybem na pásovém ergometru. Řízené rozcvičení trvalo 10 minut při rychlosti 3,5 km/h a sklonu svahu 16°. Následoval 5 minut odpočinek vsedě.

Hlavní část

Měřeno bylo 7 skialpinistů, profesionálních lyžařů. Měření proběhlo na sklonu 21°. Sledovanými faktory byly v první řadě spotřeba kyslíku a srdeční frekvence. Testování probíhalo od 1,4 do 5,4 km/h. Na konci každé minuty se rychlost zvýšila o 0,4 km/h. Měření trvalo 10 minut.

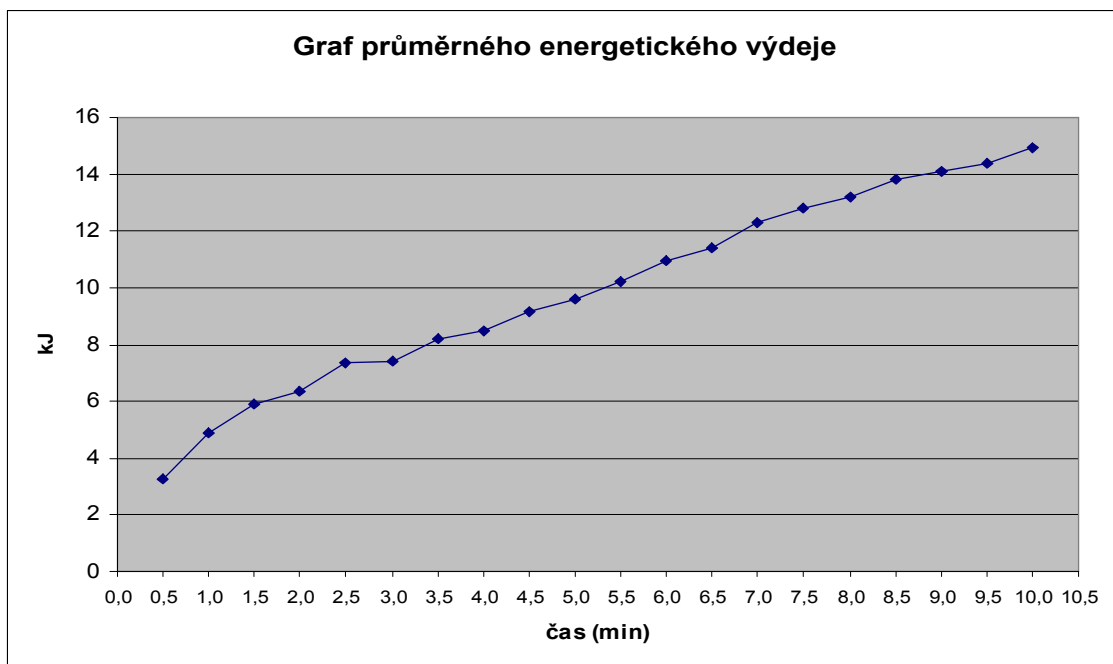
11 Výsledky

11.1 Průměrný energetický výdej

Z grafu je zřejmý růst energetického výdeje při skialpinistické chůzi ve sklonu 21°. Rychlost, začínající na 1,4 km/h, se na konci každé minuty zvýšila o 0,4 km/h. Test byl ukončen po 10 minutách při rychlosti 5,4 km/h.

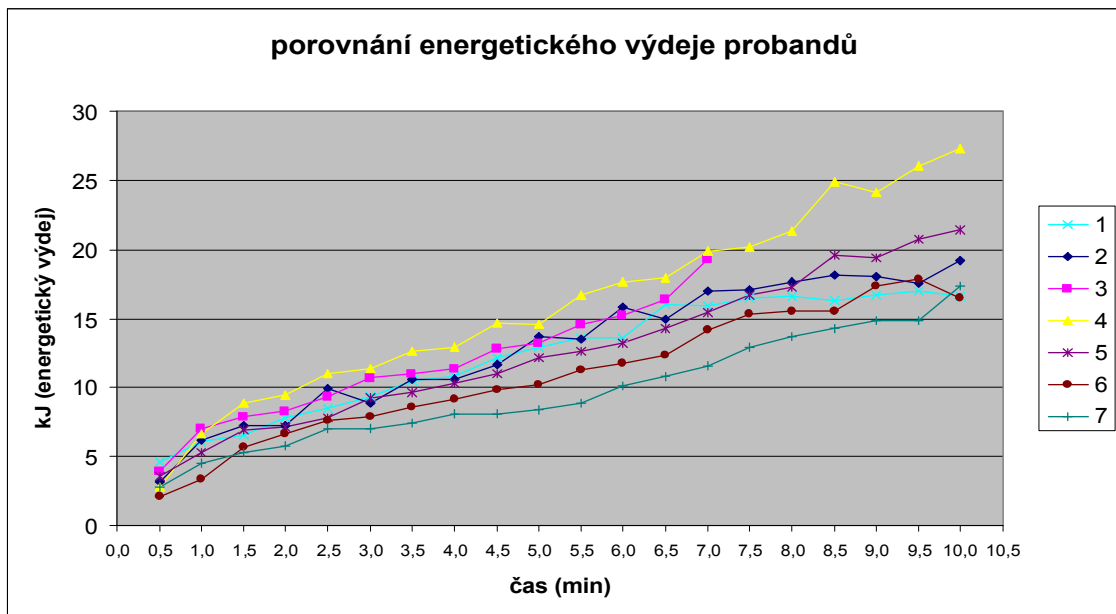
Na konci 1. minuty byl průměrný energetický výdej probandů 8,18 kJ za minutu. Na konci 10. minuty dosáhl průměrný energetický výdej probandů 29,32 kJ za minutu. Průměrný energetický výdej probandů se každou minutu zvýšil průměrně o 2,35 kJ za minutu se směrodatnou odchylkou 0,69 kJ za minutu.

Graf 1 – Průměrný energetický výdej



V Grafu 2 jsou znázorněny hodnoty energetického výdeje při skialpinistické chůzi ve sklonu 21° jednotlivých probandů. V druhé polovině 7. minuty došlo k přerušení testu z důvodu nezvládnutí techniky chůze jednoho z probandů (3).

Graf 2 – Porovnání energetického výdeje probandů



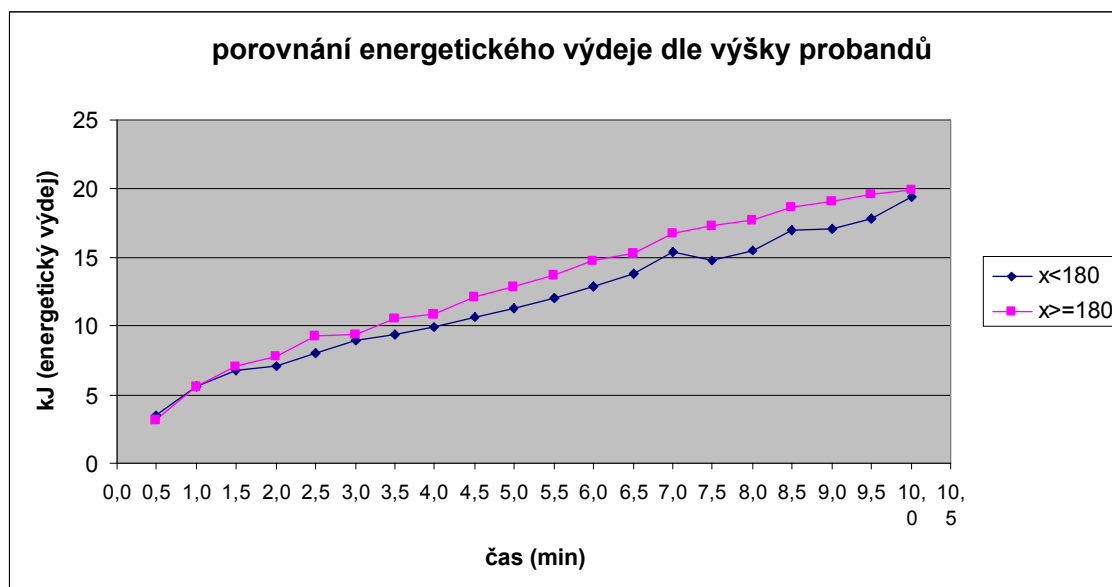
11.2 Porovnání energetického výdeje dle výšky probandů

U probandů tělesného vzrůstu méně než 180 cm byl průměrný energetický výdej na konci 1. minuty 9,07 kJ za minutu. Na konci 10. minuty dosahoval průměrný energetický výdej probandů 37,22 kJ za minutu. Průměrný energetický výdej probandů se každou minutu zvýšil průměrně o 3,13 kJ za minutu se směrodatnou odchylkou 1,06 kJ za minutu. V první polovině 7. minuty došlo ke snížení energetického výdeje z důvodu nezvládnutí techniky chůze a k předčasnému ukončení testu jednoho z probandů. Při testování jsme brali tuto možnost v potaz, neboť s vyšší rychlostí rostou i nároky na správnou techniku chůze.

U probandů rovno nebo vyšších než 180 cm byl průměrný energetický výdej na konci 1. minuty 8,73 kJ za minutu. Na konci 10. minuty dosahoval průměrný energetický výdej probandů 39,49 kJ za minutu. Průměrný energetický výdej probandů se každou minutu zvýšil průměrně o 3,42 kJ za minutu se směrodatnou odchylkou 1,12 kJ za minutu.

U vyšších probandů se průměrný energetický výdej každou minutu zvýšil průměrně o 0,29 kJ za minutu více než u probandů menšího tělesného vzrůstu.

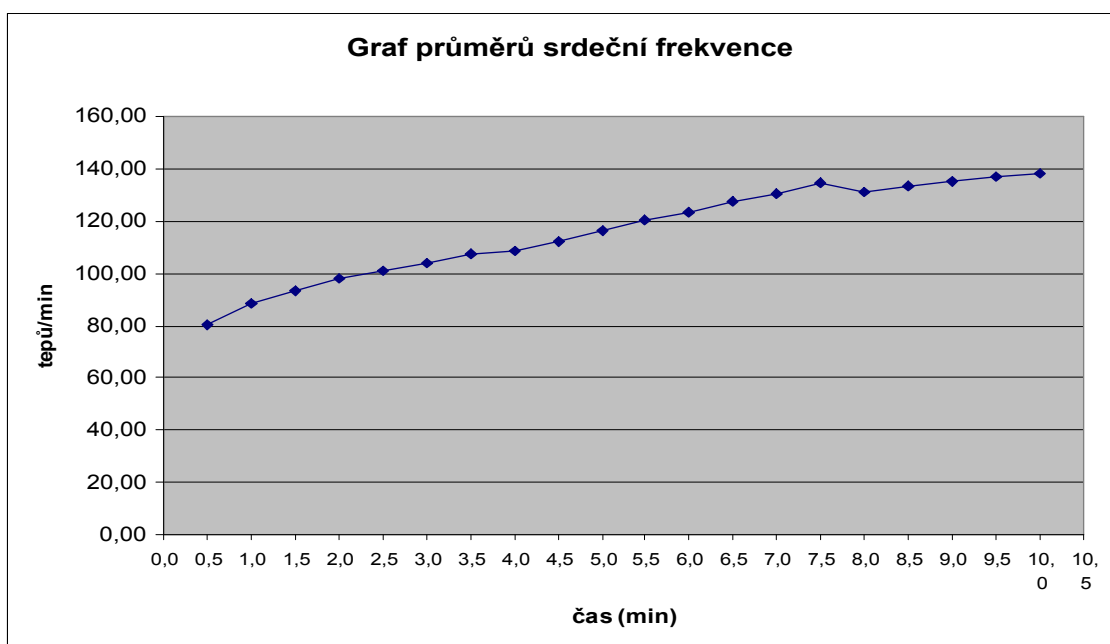
Graf 3 – Porovnání energetického výdeje dle výšky probandů



11.3 Průměrná srdeční frekvence

Na konci 1. minuty byla průměrná srdeční frekvence probandů 89 tepů za minutu. Na konci 10. minuty dosahovala průměrná srdeční frekvence probandů 138 tepů za minutu. Průměrná srdeční frekvence probandů se každou minutu zvýšila průměrně o 5,5 tepů za minutu se směrodatnou odchylkou 2,6 tepů za minutu. V druhé polovině 7. minuty došlo ke snížení srdeční frekvence z důvodu nezvládnutí techniky chůze a předčasnému ukončení testu jednoho z probandů. Při testování jsme brali tuto možnost v potaz, neboť s vyšší rychlostí rostou i nároky na správnou techniku chůze.

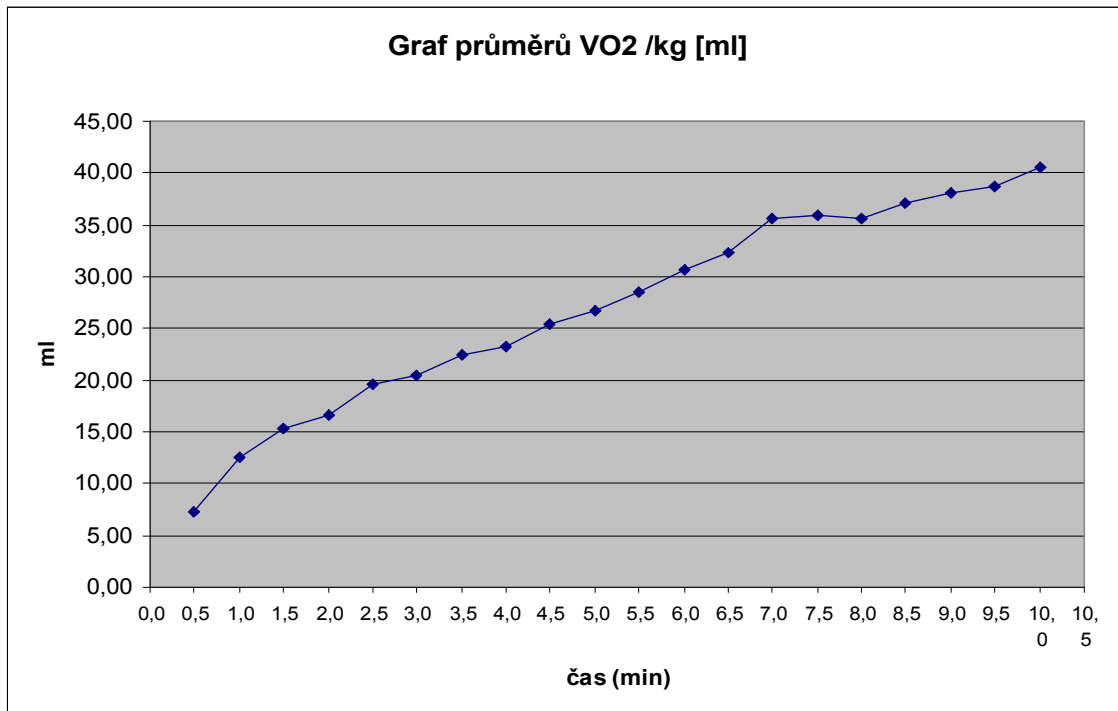
Graf 4 – Průměrná srdeční frekvence



11.4 Průměrný růst VO₂

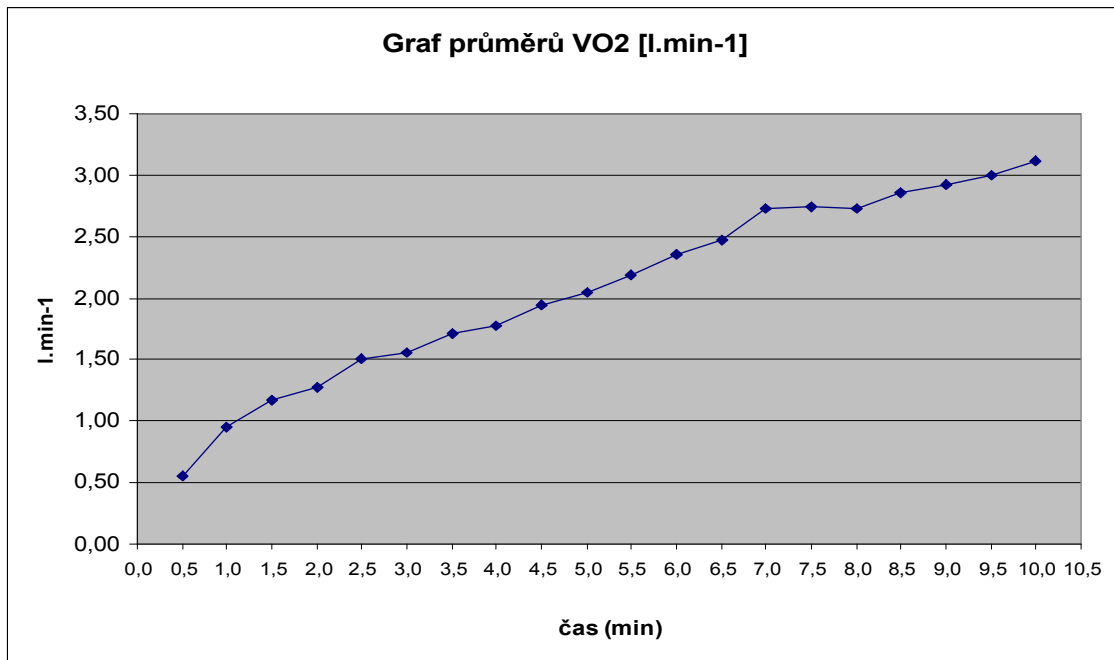
Na konci 1. minuty byla průměrná hodnota VO₂/kg probandů 12,56 ml. Na konci 10. minuty dosahovala průměrná hodnota VO₂/kg probandů 40,54 ml. Průměrná hodnota VO₂/kg probandů se každou minutu zvýšila průměrně o 3,11 ml se směrodatnou odchylkou 1,33 ml.

Graf 5 – Růst VO₂/kg



Na konci 1. minuty byla průměrná hodnota VO_2 probandů 0,96 l za minutu. Na konci 10. minuty dosahovala průměrná hodnota VO_2 probandů 3,11 l za minutu. Průměrná hodnota VO_2 probandů se každou minutu zvýšila průměrně o 0,24 l za minutu se směrodatnou odchylkou 0,10 l za minutu.

Graf 6 – Růst VO_2



12 Diskuse

Diplomovou práci jsme zrealizovali s pomocí vedoucího práce Mgr. Ladislava Vomáčka, Ph.D., který přišel s myšlenkou sestrojení skialpinistického ergometru. Je vědecky známé, že nejvyšších hodnot VO_2 dosahují průměrně běžci na lyžích, neboť zapojují více svalových skupin než například běžci nebo cyklisti. Při testování byl používán běžecký ergometr s kolečkovými lyžemi umožňujícími pouze chůzi vpřed, skialpinistickým vázáním a skialpinistickou obuví. V průběhu několika let využívání ergometru se speciálně upravenými kolečkovými lyžemi jsme eliminovali některé chyby a nepřesnosti v měření. Všichni testovaní jedinci spolupracovali i při jiných testech v minulosti a díky tomu byl jejich pohyb koordinovanější. Pohyb na ergometru se v co největší míře přiblížil skutečnému pohybu na skialpových lyžích v terénu, jak potvrdili všichni zúčastnění skialpinisté.

Měření se zúčastnilo 7 sportovců s pravidelnou pohybovou aktivitou a zkušenostmi se soutěžním skialpinismem. Jedinci, kteří se podíleli na výzkumu, pravidelně provozovali širokou škálu pohybových aktivit minimálně dvakrát týdně. U jednotlivých skupin byl zachován stejný čas měření. Všichni se účastnili celého měření. V průběhu měření neprodělali žádné onemocnění, které by ovlivnilo nebo vedlo ke změnám výsledků. Z důvodů časové náročnosti měření nebylo možné provést testování celého souboru jako celku.

Při samotném měření byl každý motivován hlasitým povzbuzováním a vizuálně pomocí aktuálních výsledků na monitoru. Je potřeba vzít v úvahu vliv diskomfortu zejména laboratorních podmínek, nebo jiných vlivů psychologických jevů v průběhu měření. Skialpinismus je zimní sport a trasy vedou často po hřebenech hor s častějším výskytem silnějšího proudění vzduchu. Na každého probanda proudil vzduch ze stojanového ventilátoru a v místnosti byla otevřená okna. Psychologickou stránku, ani motivaci jedince tato studie neobsáhla. Problematikou laboratorního testování skialpinismu je přenesení stejných pohybových dovedností a zvyklostí z terénních podmínek na široký pásový ergometr. Ovládání speciálně upravených kolečkových lyží je technicky náročné. Úskalím tohoto měření byla zároveň nedostatečná adheze holí s běhacím pásem. Hole obsahovaly speciální gumový chránič na trekové hole tak, aby nedocházelo k poškození pásu. Při vyšších rychlostech využívali probandi více odpichu holemi a působili na ně větší silou. Při menším úhlu odpichu nevytvářel gumový chránič

dostatečnou adhezi s pásem a hole se občas smekly. Tato situace však může nastat i terénu, například na ledovatém nebo tvrdém podkladu. Bylo nutné přizpůsobit techniku pohybu holí předsunutím odpichu více vpřed.

Po změření tuku, rozcvičení a rozejtí na ergometru probíhalo testování na sklonu 21° od 1,4 do 5,4 km/h. Na konci každé minuty se rychlost zvýšila o 0,4 km/h. Měření trvalo 10 minut. Sledovanými faktory byly v první řadě spotřeba kyslíku a srdeční frekvence. Na myšlenku realizace této studie nás přivedly výsledky měření Rosino et al. (2009), který z výsledků vyvodil závěr, že je pro skialpinisty pravděpodobně nejlepší stoupat rychlostí přibližně 4 km/h při konstantním sklonu svahu. Při této rychlosti by mělo docházet k nejnižšímu energetickému výdeji. Samotné testování probíhalo od 1,4 do 6,2 km/h. Na konci každé minuty se rychlost zvýšilo o 0,4 km/h. Nejnižší naměřené hodnoty energetického výdeje odpovídaly 10,6 J/kg.m a to v rozmezí rychlostí 2,7-3,7 km/h. A že se tak děje v závislosti na délce kroku, jelikož jsou při nižší rychlosti prováděny kratší kroky z důvodu lepší koordinace těla a naopak při vyšší rychlosti narůstá spotřeba energie standardně. Dále rozdělil skupinu probandů na 2 skupiny. Do jedné zařadil probandy vyšší než 180 cm a do druhé menšího tělesného vzrůstu než 180 cm. Z naměřených výsledků vyvodil závěr, že mají vyšší muži menší energetický výdej nežli muži menšího vzrůstu.

V první hypotéze (H1) naší studie jsme předpokládali, že je pro skialpinisty pravděpodobně nejlepší stoupat rychlostí přibližně 4 km/h při konstantním sklonu svahu, při které by mělo docházet k nejnižšímu energetickému výdeji. V druhé hypotéze jsme předpokládali, že skialpinisté vyššího vzrůstu (pro nás více nebo rovno 180 cm) budou mít menší energetický výdej než skialpinisté menšího tělesného vzrůstu.

Po sjednocení a zprůměrování výsledků byl na konci 1. minuty průměrný energetický výdej probandů 8,18 kJ za minutu. Na konci 10. minuty dosahoval průměrný energetický výdej probandů 29,32 kJ za minutu. Průměrný energetický výdej probandů se každou minutu zvýšil průměrně o 2,35 kJ za minutu se směrodatnou odchylkou 0,69 kJ za minutu. Jeden z probandů musel v sedmé minutě testování z důvodu nezvládnutí koordinace a fyzického vyčerpání testování předčasně ukončit. Z postupných výsledků se dá předpokládat, že při dalším zrychlení by se srdeční frekvence a energetický výdej u tohoto jedince nadále zvyšoval. V sedmé minutě není z toho důvodu růst energie tak plynulý jako v ostatních časových intervalech. Musíme brát tuto skutečnost v úvahu. Z našeho měření jasně vychází nejmenší energetický výdej při nejnižší rychlosti,

v našem případě při rychlosti 1,4 km/h. Při rychlosti 4 km/h v sedmé minutě měření dosahoval energetický výdej hodnoty 23,66 kJ za minutu a od předchozí rychlosti se zvýšil o 2,30 kJ za minutu, viditelně se nejedná o velké odchýlení od průměru. Čím pomaleji jdeme do kopce se sklonem přibližně 21°, tím menší máme energetický výdej. Hypotézu H1 jsme tedy nepotvrdily.

Po rozdělení výsledků probandů do již zmíněných skupin, byl u probandů menšího tělesného vzrůstu než 180 cm průměrný energetický výdej na konci 1. minuty 9,07 kJ za minutu. Na konci 10. minuty dosahoval průměrný energetický výdej probandů 37,22 kJ za minutu. Průměrný energetický výdej probandů se každou minutu zvýšil průměrně o 3,13 kJ za minutu se směrodatnou odchylkou 1,06 kJ za minutu. Opět musíme brát v úvahu předčasné ukončení testování jednoho z probandů v sedmé minutě. U probandů rovno nebo vyšších než 180 cm byl průměrný energetický výdej na konci 1. minuty 8,73 kJ za minutu. Na konci 10. minuty dosahoval průměrný energetický výdej probandů 39,49 kJ za minutu. Průměrný energetický výdej probandů se každou minutu zvýšil průměrně o 3,42 kJ za minutu se směrodatnou odchylkou 1,12 kJ za minutu. U vyšších probandů se průměrný energetický výdej každou minutu dosahoval průměrně o 0,29 kJ za minutu více než u probandů menšího tělesného vzrůstu a museli vynaložit více energie. Vzhledem k poměrně malým skupinám lze předpokládat určité výkyvy spotřeby energie jednotlivých skupin. Nicméně z našich výsledků jsme došli k závěru, že vyšší jedinci spotřebují méně energie z důvodu delšího kroku. Nepotvrdili jsme tedy ani druhou hypotézu H2.

Při zkoumání srdeční frekvence dosahovala po zprůměrnování výsledků na konci 1. minuty hodnota 89 tepů za minutu. Na konci 10. minuty dosahovala průměrná srdeční frekvence probandů 138 tepů za minutu. Průměrná srdeční frekvence probandů se každou minutu zvýšila průměrně o 5,5 tepů za minutu se směrodatnou odchylkou 2,6 tepů za minutu. V druhé polovině 7. minuty byla opět viditelná anomálie měřené z důvodu předčasného ukončení testu jednoho z probandů. Potvrdilo se nám pouze to, že se s růstem srdeční frekvence zvyšuje také energetický výdej. Při zkoumání hodnot VO_2/kg byla na konci 1. minuty průměrná hodnota VO_2/kg probandů 12,56 ml. Na konci 10. minuty dosahovala průměrná hodnota VO_2/kg probandů 40,54 ml. Průměrná hodnota VO_2/kg probandů se každou minutu zvýšila průměrně o 3,11 ml se směrodatnou odchylkou 1,33 ml. Při zkoumání hodnot VO_2 byla na konci 1. minuty průměrná hodnota VO_2 probandů 0,96 l za minutu. Na konci 10. minuty dosahovala

průměrná hodnota VO_2 probandů 3,11 l za minutu. Průměrná hodnota VO_2 probandů se každou minutu zvýšila průměrně o 0,24 l za minutu se směrodatnou odchylkou 0,10 l za minutu. Z výsledků vyplývá, že s vyšší rychlostí roste i hodnota VO_2 .

13 Závěr

Snahou naší studie bylo zjistit, zda skialpinisté dosahují nejmenší spotřeby energie kolem rychlosti 4 km/h. K této myšlence nás přivedla vědecká práce Tosiho et al.(2009), který z výsledků vyvodil tento závěr. Z výsledků našeho měření jasně vyplývá, že jsme se k výsledkům této vědecké práce ani nepřiblížili, ale došli jsme k diametrálně odlišným výsledkům. A to, že čím pomaleji jdeme do kopce se sklonem přibližně 21°, tím menší máme energetický výdej. U rychlosti 4 km/h nebyly zaznamenány žádné zvláštní výkyvy růstu energetického výdeje. Následně jsme porovnali výsledky průměrného energetického výdeje jedinců většího vzrůstu (více nebo rovno 180 cm) s jedinci menšího vzrůstu (méně než 180 cm). Toto srovnání provedli i ve výše uvedené vědecké práci a z výsledků vyplynula větší energetická náročnost pro jedince menšího vzrůstu s předpokladem, že vyšší jedinci mají delší krok a tím pádem jsou kladeny menší nároky na energetický výdej. I v tomto případě jsme při rozdělení do těchto skupin a porovnání výsledků došli k opačnému závěru. Z našeho měření tedy naopak vyplynulo, že jedinci menšího vzrůstu dosahují při tomto typu chůze menšího energetického výdeje.

Tato práce by se mohla stát vodítkem pro další výzkumy, které se budou zabývat energetickým výdejem při skialpinismu. Nabízejí se další možnosti měření a testování, které by mohly pomoci při sestavování tréninkových plánů pro závodní skialpinisty. Tím by se mohlo docílit lepších výsledků při skialpinistických závodech a posunutí hranic vrcholových výkonů zase o něco dále.

Použité zdroje

BONETTI, D. L., HOOPKINS, W. G. Meta-analysis of sea level performance following adaptation to hypoxia, 2009, *Sport Medicine*, 39, 107-127.

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

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

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

BUNC, V. *Výsledky výzkumu sportovního výkonu a tréninku III*, Praha: Univerzita Karlova, 2001. ISBN 80-246-0233-4.

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

CANCLINI, A., et al., 3D analysis of technique in elite ski-touring and cross-country skiers engaged in world cup races and on a treadmill, 2009, Aachen: Mayer & Mayer Sport Ltd.

DIAZ, E., et al., Cell damage, antioxidant status, and cortisol levels related to nutrition in ski mountaineering during a two-day race, 2010, *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 338-346.

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

DÍVALD, L. *Kontrolovaný trénink: športujeme s radistou*, Poprad: Donativo s.r.o., 2. vyd., 2010. ISBN 978-80-970358-1-5.

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

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

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

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

ELIŠKOVÁ, M., NAŇKA, O. *Přehled anatomie*. Praha: Karolinum, 1. vyd., 2006. ISBN 80-246-1216-X.

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

FORMÁNKOVÁ, D. *Současný stav závodního skialpinismu*, Praha, 2009. Bakalářská práce na UK FTVS. Vedoucí bakalářské práce Ladislav Vomáčko.

FORMÁNKOVÁ, D. *Porovnání obecných a specifických funkčních zátěžových testů u skialpinistů*, Praha, 2011. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí diplomové práce Ladislav Vomáčko.

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

HABERLI, R. Cross-country skiing: A film analysis of the diagonal stride duty elevation. Zurich: Laboratory of Biomechanics, Swiss Federal Institute of Technology. 1997.

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

HEPNAR, J. *Vzestup srdeční frekvence ve skialpinismu*. Praha, 2010. Bakalářská práce na UK FTVS. Vedoucí bakalářské práce Ladislav Vomáčko.

JELLEN, K. *Biomechanika sportu* [online], 2012, [cit. 20. 3. 2013]. Dostupné z <http://www.ftvs.cuni.cz/elstudovna/download.php?...Biomechanika>.

JINDRA, M. *Energetická náročnost skialpinismu*. Praha, 2009. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí diplomové práce Ladislav Vomáčko.

JINDRA, M. *Energetická náročnost skialpinismu*. Praha, 2012. Dizertační práce na UK FTVS. Vedoucí disertační práce Jan Heller.

JOKL, E. *Medicine and Sport: Exercise and altitude*, Basel: S. Karger AG, 1968.

KORBELÁŘ, P. *Analýza současného stavu skialpinismu v České republice*. Praha, 2003. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí diplomové práce Jan Neuman.

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

MARINO, G., et al. A technique profile of the diagonal stride patterns of highly skilled female cross-country skiers, In R. Nadeau (Ed), *Psychology of motor behavior and sport*, (pp. 615–624). Champaign, IL: Human Kinetics.1980.

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

NORMAN, R. et al. Mechanical power output and estimated metabolic rates of Nordic skiers during Olympic competition, *International Journal of Sport Biomechanics*, 1989. 5, 169–184.

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

PAŘÍZKOVÁ, J. *Rozvoj aktivní hmoty a tuku u dětí a mládeže*, Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1. vyd., 1962.

PIERCE, J., et al. *Force measurements in cross-country skiing*, 1987, International Journal of Sports Biomechanics, 3, 382–391.

RIETGEROVÁ, J., PŘIDALOVÁ, M., & ULBRICHTOVÁ, M. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)*, Olomouc: Hanex, 2006.

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

SCHENK, K., FAULHABER, M., GATTERER, H., BURTSCHER, M., FERRARI, M. *Ski mountaineering competition: fit for it?*, Clinical Journal of Sport Medicine, 2011, 21 114–118.

SIDERIS, V., GIORGOS, K., VASILEIOS, V., & GIANNIS, G., *Spatiotemporal characteristics of a ski mountaineering race during steep uphill*, 2010, Science and skiing: Ročník 5, Book of abstract (pp. 162), Austria: University of Salzburg.

SMĚTÁKOVÁ, M. *Motivace k závodnímu skialpinismu*. Praha, 2010. Bakalářská práce na UK FTVS. Vedoucí bakalářské práce Ladislav Vomáčko.

SOŠKA, V. *Poruchy metabolismu lipidů. Diagnostika a léčba*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2001. ISBN 80-247-0234-7.

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

TOSI, P. et al. *International Congress: Mountain and sport*, 2005.

TOSI, P., LEONARDI, A., SCHENA, L. The energy cost of ski mountaineering: efekt of speed and ankle loading. *Journal of sport medicine and physical fitness*, 2009. 49(1), 25–29.

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

WILMORE, H., J., COSTILL, L. D. *Training for sport and activity: the physiological basic of the conditioning process*. 3. vyd. Champaign: Human Kinetics, 1993. ISBN 0-87322-557-0.

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

Přílohy

Příloha č. 1 Souhlas etické komise FTVS UK

Příloha č. 2 Informovaný souhlas

Příloha č. 3 Ilustrační foto běhacího ergometru v laboratoři FTVS UK

Příloha č. 4 Ilustrační foto probanda č. 2 při skialpinistické chůzi na upraveném běhacím ergometru s kolečkovými lyžemi se skialpinistickým vázáním a trekovými holemi



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

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

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

Název: Energetická náročnost ve skialpinismu při růstu rychlosti

Forma projektu: diplomová práce

Autor (hlavní řešitel): Bc. Jan Hepnar

Školitel (v případě studentské práce): Mgr. Ladislav Vomáčko, Ph.D.

Popis projektu

Cílem práce je změřit skupinu skialpinistů různého věku a výkonnosti na skialpinistickém trenažéru. Zjistit jejich energetický výdej v jednotlivých rychlostech při postupném zvyšování rychlosti a při neměnnosti sklonu svahu.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:

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

Etické aspekty výzkumu

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

Informovaný souhlas (přiložen)

V Praze dne 20. 8. 2013

Podpis autora:

Vyjádření etické komise UK FTVS

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

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 0143/2013
dne: 26. 8. 2013

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

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

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

podpis předsedy EK

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

Název: Energetická náročnost ve skialpinismu při růstu rychlosti.

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

Měření budou prováděna za účelem sepsání diplomové práce. Bude se jednat o měření v laboratorních podmínkách funkčních parametrů při použití běhacího pásu a upravených kolečkových lyží.

Realizace měření:

Měření se zúčastní 7 skialpinistů, profesionálních lyžařů. Řízené rozcvičení bude trvat 10 minut při rychlosti 3,5 km/h a sklonu svahu 16°. Následuje 5 minut odpočinek vsedě. Měření proběhne na sklonu 21°. Sledovanými faktory jsou v první řadě spotřeba kyslíku a srdeční frekvence. Testování proběhne při rychlosti od 1,4 do 5,4 km/h. Na konci každé minuty se rychlost zvýší o 0,4 km/h. Doba měření je 10 minut.

Pan (i), níže podepsaný (á), narozen (á) po přečtení popisu měření souhlasí s účastí na testování pro diplomovou práci „Energetická náročnost ve skialpinismu při růstu rychlosti“ prováděnou v rámci FTVS UK. V jeho průběhu může kdykoli opustit tento projekt. Svým podpisem stvrzuji, že jsem byl(a) informován(a) o způsobu a postupu měření (viz výše), včetně možnosti následného anonymního použití dat.

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Ladislav Vomáčko, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Jan Hepnar

.....

Testovaný:

.....

V Praze dne:

Příloha č. 3 Ilustrační foto běhacího ergometru v laboratoři FTVS UK



Příloha č. 4 Ilustrační foto probanda č. 2 při skialpinistické chůzi na upraveném běhacím ergometru s kolečkovými lyžemi se skialpinistickým vázáním a trekovými holemi

