

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vliv skialpinistického vybavení na energetickou náročnost chůze
po sněhu

Effect of ski-mountaineering equipment on energy expenditure of skiing

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

Zpracovala:
Bc. Martina Smětáková

Praha 2013

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

V Praze, dne

.....

.....

Martina Smětáková

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:

Touto cestou bych chtěla poděkovat dobrovolníkům, kteří se zúčastnili tohoto výzkumu. Děkuji Svému vedoucímu práce Mgr. Jiřímu Balášovi, Ph.D. a Mgr. Barboře Strejcové, Ph.D. za cenné informace a podnětné rady při zpracování práce, dále za pomoc při realizaci terénního měření s přenosným analyzátozem. Zvláštní poděkování patří mé rodině a partnerovi Bc. Janu Hepnarovi za ochotu, podporu a zajištění skialpinistického vybavení pro měření.

Abstrakt

Název práce

Vliv skialpinistického vybavení na energetickou náročnost chůze po sněhu.

Cíl práce

Cílem studie bylo zjistit vliv hmotnosti skialpinistického vybavení na energetickou náročnost při chůzi po sněhu.

Metody

Studie se zúčastnilo 6 skialpinistů v průměrném věku $30 \pm 5,5$ let. Energetická náročnost byla zjišťována na základě nadechovaného kyslíku (VO_2) a vydechovaného (VCO_2). K měření byly využity 3 typy skialpinistického vybavení (lehké – 3160 g x středně těžké – 7754 g x těžké – 9600 g). Každý testovaný nejprve absolvoval úsek v časové délce 6 minut na rovinatém terénu (0°), poté okamžitě začal stoupat po vytyčené 360 m dlouhé trase ve sklonu (20°). Tyto 2 úseky (0° a 20°) absolvoval v náhodném pořadí s každým typem vybavení a při konstantní rychlosti $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Výsledky

Výsledky ukazují, že energetická náročnost výrazně klesá při využití ultralehkého skialpinistického vybavení. Zjistili jsme, že při stoupání ve sklonu 20° činí rozdíl ve spotřebě kyslíku (VO_2) mezi středně těžkým vybavením a lehkým 9,6%, mezi těžkým a lehkým vybavením 17,7% a u těžkého a středně těžkého vybavení 7,4%. Průměrná VO_2 testovaných s lehkým vybavením činila $44,4 \pm 3,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, se středně těžkým vybavením $48,7 \pm 5,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ a s těžkým vybavením $52,2 \pm 4,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Při sklonu 0° a využití středně těžkého vybavení bylo zaznamenáno navýšení oproti hodnotám při využití lehkého vybavení o 11,8%. U těžkého pak navýšení o 32,9% oproti hodnotám při využití lehkého vybavení a u těžkého vybavení došlo k navýšení o 18,9% oproti hodnotám při využití středně těžkého vybavení. VO_2 s lehkým vybavením činila $17,2 \pm 4,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. U středně těžkého vybavení $19,0 \pm 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ a u těžkého vybavení $22,6 \pm 8,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

Závěr

Shledali jsme významný vliv hmotnosti vybavení na energetickou náročnost chůze na skialpinistických lyžích.

Klíčová slova

Skialpinismus, bioenergetika, technické vybavení.

Abstract

Title of master thesis

Effect of ski-mountaineering equipment on energy expenditure of skiing.

Work objectives

The aim of this study was to determine the effect of weight ski equipment energy performance when walking on snow.

Methods

The study included 6 skialpinists a mean age of 30 ± 5.5 years. Energy intensity was measured on the basis of breathe oxygen (VO_2) and exhaled (VCO_2). The measurements were used 3 types of ski-hiking equipment (light - medium x 3160 g – 7754 g x heavy – 9600 g). Each test first completed section in a time of 6 minutes flat terrain (0°), after which he immediately set out to climb the 360 m long route at an angle (20°). These two sections (0° and 20°) graduated in random order for each type of equipment and at a constant speed of $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Results

The results show that energy intensity decreases significantly when using ultralight ski equipment. We found that the climb at an angle of 20° is the difference in oxygen consumption (VO_2) between moderate and light equipment 9.6% between heavy and light equipment 17.7% and medium-heavy and heavy equipment 7,4%. The average VO_2 test with light equipment was $44.4 \pm 3.7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, with moderate equipment $48.7 \pm 5.6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ and heavy equipment $52.2 \pm 4.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. At 0° inclination and moderate use of heavy equipment were recorded increase compared to those using light equipment by 11.8%. For heavy then an increase of 32.9% compared to those using light equipment and heavy equipment was increased by 18.9% compared to those using medium heavy equipment. VO_2 with lightweight equipment amounted to $17.2 \pm 4.4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. For medium heavy equipment $19.0 \pm 3.5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ and heavy equipment $22.6 \pm 8.3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

Conclusion

We found a significant effect of weight equipment performance requirements walking on alpine skis.

Key words

Ski – mountaineering, bioenergetics, technical equipment.

Obsah

1 Úvod	12
2 Charakteristika skialpinismu	14
2.1 Shrnutí definic	15
2.2 Skitouring	15
2.3 Freeride	15
2.4 Závodní skialpinismus	16
2.4.1 Typy závodů	17
2.4.2 Kategorie	21
2.4.3 Povinná výbava pro soutěže	22
3 Charakteristika vybavení	23
3.1 Základní výzbroj	23
3.2 Bezpečnostní vybavení	25
4 Fyziologické aspekty skialpinismu	27
4.1 Charakteristika sportovního výkonu ve skialpinismu	28
4.2 Fyziologická východiska skialpinistického pohybu	29
4.3 Energetické systémy	30
4.4 Měření energetické náročnosti	32
4.5 Ukazatele zatížení	34
4.6 Ventilační parametry	38
4.7 Energetický výdej při zatížení	39
5 Závěry teoretické části	41
6 Cíle práce, hypotézy, úkoly	42
6.1 Cíle	42
6.2 Hypotézy	42
6.3 Úkoly	42
7 Metodika	43
7.1 Charakteristika souboru	43
7.2 Realizace terénního měření	43
7.2.1 Použité skialpinistické vybavení	44
7.2.2 Použité přístroje	45
7.2.3 Vyhodnocování výsledků	46

8 Výsledky	47
8.1 Vliv hmotnosti skialpinistického vybavení na srdeční frekvenci	47
8.2 Vliv hmotnosti skialpinistického vybavení na spotřebu kyslíku	49
8.3 Vliv hmotnosti skialpinistického vybavení na poměr výměny dechových plynů	50
8.4 Vliv hmotnosti skialpinistického vybavení na minutovou ventilaci	51
9 Diskuse	52
10 Závěr	55
Použité zdroje	56
Seznam obrázků	62
Seznam tabulek	62
Seznam grafů	62
Přílohy	63

Seznam zkratek

ANP – anaerobní práh

AP – aerobní práh

ČP – Český pohár

FTVS UK – Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy

GPS – global positioning system

La – laktát

LV – lehké vybavení

m. n. m. – metrů nad mořem

ME – Mistrovství Evropy

MS – Mistrovství světa

O₂ - příjem kyslíku

RER – poměr výměny dechových plynů

RQ - respirační kvocient

SF – srdeční frekvence

STV – středně těžké vybavení

TV – těžké vybavení

VC – vitální kapacita plic

VCO₂ – spotřeba (produkce) oxidu uhličitého

V_E – minutová ventilace

VEO₂ - ventilační ekvivalent kyslíku

VO₂ – spotřeba kyslíku

VO_{2max} – maximální spotřeba kyslíku

V_t – dechový objem

W - výkon

1 Úvod

Skialpinismus je sport, který stále prochází rozvojem a začíná se díky medializaci a závodům dostávat do povědomí široké veřejnosti. S přibývajícím zájmem o tento sport, rozšiřující se skialpinistickou základnou a používáním rozdílného vybavení, prošel skialpinismus mnoha změnami. Díky novým technologiím došlo k velkému odlehčení materiálů. Stoupání svahem se tak stalo méně fyzicky náročné. Nyní se v závodním skialpinismu nejvíce používá materiál karbon, ze kterého se vyrábí lyže, boty i hole. Karbon je vyroben z uhlíkových vláken a jeho velkou předností je nízká hmotnost, vysoká pevnost, trvanlivost, tlumení vibrací a nárazů. Materiál totiž vrací zpět jen část vložené energie. Jeho nevýhodou je „háklivost“ na mechanické poškození a nárazy, které přijdou z jiného směru než, na jaké je vybavení konstruováno. V tomto případě může dojít k jeho poškození či zničení. Vybavení může díky odlehčeným materiálům velmi výrazně snížit svoji hmotnost, a to při celém dni stráveném chůzí a jízdou na lyžích ušetří spoustu energie.

V posledních letech došlo k radikálnímu rozdělení turistického skialpinismu (skitouringu), freeridu (s použitím skialpinistického vybavení) a soutěžního skialpinismu. Vyznavači skialpinismu, kteří se mu věnují z důvodu jízdy z kopce ve volném terénu a v prachovém sněhu, preferují lyže úplně jiného charakteru než závodníci. Hmotnost vybavení pro ně není hlavním kritériem, protože k jízdě hlubokým sněhem jsou potřeba dlouhé, široké lyže s dostatečně pevným vázáním a tuhé lyžařské boty. Vyznavači závodního skialpinismu při stoupání do kopců usilují o dosažení, co nejlepšího výkonu, a tudíž je hmotnost hlavním kritériem výběru vybavení. Dále je důležitá vysoká pohyblivost v hlezenním kloubu, tedy menší tuhost bot.

Výběr vhodného vybavení je otázkou názoru a záleží na každém, pro jaký typ se rozhodne. Já se skialpinismu věnuji již 5 let a zpočátku jsem chodila na skitouringovém vybavení. Vyzkoušela jsem si několik závodů v kategorii Open („hobby“) a zjistila, že je vyhrávají pouze lidé s lehkým vybavením. Nevěřila jsem, že může být tak velký rozdíl v hmotnosti mezi mým a závodním vybavením. Loni jsem dostala nové závodní lyže Sporten Guru (750 g) a rozhodla se koupit i závodní vázání a boty. Zvolila jsem vázání Ski Trab Race a skialpové boty Scarpa Alien (nekarbonové). Rozdíl se projevil hned při první vycházce, a to především ve váze celého setu a v rozsahu pohybu, který

poskytovaly boty. Jelikož jsem vyzkoušela několikero vybavení, mohu říct, že v dnešní době se závody nedají vyhrát na jiném než závodním. Zátěž na nohy je při závodním skialpinismu (a nejen při něm) opravdu vysoká, a proto je nutné jim, co nejvíce ulevit a odlehčit je. Samozřejmě záleží na tom k jakému účelu je vybavení využíváno. Já už bych určitě neměnila, protože jsem našla vybavení, které naprosto vyhovuje mým potřebám a účelu, pro který ho využívám. A z kopce se svezu perfektně a freeridy si užívám tak, jako bych měla lyže na ně určené. S tím rozdílem, že jsem na vrcholu svěží a plná energie. O to je pak prožitek z jízdy dolů větší.

Téma diplomové práce jsem si zvolila především proto, že již byla provedena řada laboratorních studií a výzkumů, ale málo terénních. Dále mne k tomu vedla skutečnost, že se skialpinismus – závodní i skitouring stále rozvíjí, a to i v oblasti vybavení. Výrobci vymýšlejí různé inovace a snaží se stále snižovat hmotnost, avšak nesmí to být na úkor funkčnosti a trvalosti vybavení. Tímto výzkumem energetické náročnosti při využití různých typů vybavení bych do tohoto sportovního odvětví chtěla přinést další informace a přispět k rozvoji tohoto krásného, byť náročného sportu.

2 Charakteristika skialpinismu

Pojem skialpinismus je v každé odborné publikaci definován s malými rozdíly. Všeobecně můžeme skialpinismus definovat jako pobyt v horách spojený s lyžováním (především ve volném terénu), turistikou a horolezectvím. Jedná se tedy o spojení výstupů na lyžích proložených výstupy horolezeckými technikami a následnými extrémními sjezdy ve volném terénu.

Dieška (1989) charakterizuje skialpinismus podle definice horolezectví, jako pohyb převážně v horském terénu. Přestože se při něm neobejdeme bez pomoci rukou, působí rušivě, že jeho podstatou není lezení. Smysl sportovního klasického i extrémního skialpinismu se z horolezeckého pohledu naplňuje sjezdem dolů, nebo přechody hřebenu či pasáží o jistém stupni horolezecké obtížnosti. Nejpodstatnější je ovšem fakt, že se horolezci hlásí ke skialpinismu a skialpinisté se cítí být horolezci.

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

Korbelář (2003) a Hiebelerův lexikon Alp označuje skialpinismus jako souhrnný název pro všechny vysokohorské túry s lyžemi mimo upravené sjezdařské terény. Tato definice vystihuje pouze klasickou formu skialpinismu.

Podle Procházky (1990) tvoří jednu stránku skialpinismu přechody horských skupin a sjíždění zasněžených hor, často s velmi strmým sklonem a druhou stránkou jsou závody na rychlost, při nichž závodníci překonávají horská sedla i vrcholy, ze kterých sjíždějí na lyžích.

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

Branigan a Jenns (2006) označují za skialpinistu někoho, kdo používá své lyže k tomu, aby vystoupal na vrchol hory a následně si vychutnal sjezd po upravených tratích či ve volném terénu. Skialpinismus může vyžadovat horolezecké či jiné dovednosti.

2.1 Shrnutí definic

Dle výše uvedených definic je jako skialpinismus označován pohyb na lyžích v zimním horském terénu, při kterém mohou být vyžadovány horolezecké nebo jiné dovednosti a vybavení. Jedná se o chůzi do svahu a následný sjezd volným terénem, nebo po upravených tratích. Může být provozován formou jednodenních výletů či několikadenních túr, nebo jako sport soutěžního charakteru.

2.2 Skitouring

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

Tento druh skialpinismu provozují zpravidla lidé, kteří dokáží ocenit krásu přírody a vychutnat si pohledy do divoké a drsné krajiny vysokých hor. Procházet se člověkem nepoznanými zasněženými planinami, poskytuje diametrálně rozdílné pocity než lyžování na přeplněných sjezdovkách v lyžařských centrech. Prudké sjezdy v mnohdy neporušené souvislé vrstvě sněhu, umocňují zážitky ze skitouringu. Právě tyto sjezdy jsou pro většinu skialpinistů velkým vodítkem k provozování tohoto sportu.

2.3 Freeride

Tato forma skialpinismu je velmi populární, především z důvodu odstranění fyzicky náročného výstupu. Lyžování je realizováno v oblastech zajištěných sítí lanovek a sjezd je veden volným terénem v jejich okolí. Nejvyhledávanější oblasti v Alpách nalezneme např. v La Grave, Chamonix, nebo Arlbergu. Zejména v USA a Kanadě je populární tzv. „heliskiing“, kdy na začátek sjezdu dopraví lyžaře vrtulník. Freeride má jedno výrazné negativum. Jelikož je sjezd zahajován z vrcholu bez předchozího výstupu, nemá lyžař zmapovaný terén plánovaného sjezdu. U freeridera je kladen důraz na orientaci v terénu a schopnost posuzovat lavinové nebezpečí (Lienert, 2007).

2.4 Závodní skialpinismus

Závodní skialpinismus je v České republice vymezen soutěžním řádem, který schválila Koordinační rada skialpinismu Českého horolezeckého svazu dne 9. 12. 1998. Tato pravidla jsou závazná pro všechny závody pořádané na území ČR, vstoupila v platnost 16. 10. 2004 a platí do odvolání (Duch, 2013).

Skialpinistické závody se uskutečňují v horách, většinou s lyžemi, v kombinaci s horolezeckými technikami. V Českém poháru se uskutečňují závody nejčastěji typu „start – cíl“ (gare) a méně zastoupený typ „Rally“. Závod dvojic se již v Českém poháru nechodí. Kromě závodů Českého poháru se uskutečňují závody Středoevropského a Světového poháru.

Stavem závodního skialpinismu se zabývala ve své bakalářské práci Formánková (2009). K sepsání práce ji motivoval fakt, že v České republice neexistovala publikace, která by se závodním skialpinismem zabývala. V teoretické části práce shromáždila aktuální informace o závodním skialpinismu a fyziologických charakteristikách mapovaných skialpinistů. Sepsala úroveň soutěží současného skialpinismu, a to na světové úrovni - Mistrovství světa, Mistrovství Evropy, Světový a Evropský pohár a na úrovni Českého a Středoevropského poháru. Dále popsala typy závodů, které se uskutečňují. Výzkum skialpinistů prokázal vysoké naměřené hodnoty, zejména $VO_2\max$. U skialpinistů účastnících se závodů, byla zjištěna vysoká trénovanost, která je pro vykonávání tohoto sportu nezbytná.

Na práci Formánkové o závodním skialpinismu, která uvedla, že je pro skialpinistu při závodě mimo jiné důležitá i psychika, navázala v bakalářské práci Smětáková (2010), která se zabývala motivací k závodnímu skialpinismu. Ve studii analyzovala pomocí dotazníků typ, charakter a motivaci osob zabývajících se závodním skialpinismem v kategoriích Elite a Open. Pomocí škál vyhodnotila výsledky a konkretizovala skupinu zabývajících se skialpinismem. Zjistila, že se skialpinismu pro jeho fyzickou a psychickou náročnost věnuje více mužů než žen. Motivem k závodnímu skialpinismu v kategorii Elite byla radost, v kategorii Open to byl pobyt v přírodě. Některé dosažené výsledky porovnávala s výsledky Loukové (2007), která se v diplomové práci zaměřila na motivaci k lezecké a horolezecké činnosti. Z obou prací vyplynulo, že k sobě mají skialpinisté a lezci velmi blízko a že se těmito sporty zabývá podobný typ lidí. Dále výsledky poukazují na určitou shodu mezi lezci a skialpinisty a potvrzují výsledek Hannsmanna

(2010), který došel k závěru, že mezi jedinci provozujícími outdoorové sporty nejsou výrazné rozdíly v motivačních kategoriích.

2.4.1 Typy závodů

Závod start- cíl (gare)

Tento typ závodu začíná hromadným startem, přičemž závodník od začátku do konce absolvuje trať ve svém maximálním tempu (na rozdíl od závodu typu rally). Závod probíhá tradičním způsobem, tedy závodník jde od startu do cíle naplno. Kdo absolvuje danou trasu nejrychleji, tedy je v cíli první, vyhrál. Nejen závod start- cíl, ale i všechny ostatní, jsou oproti jiným sportům specifické tím, že ženy chodí stejně dlouhé tratě, jako muži. Závod je většinou proložen strmým úsekem na botách, případně na mačkách. Občas jsou úseky tak exponované a vedou přes skalnatá místa, kde je zapotřebí použití fixních lan.

Závod rally

Tento typ závodu se již na mezinárodních závodech nechodí, avšak v České republice je stále pořádán. Před startem závodu je dán časový limit, do kterého musí všichni závodníci absolvovat trať a dojít do cíle. Je v podstatě jedno v jakém pořadí, pouze musí stihnout daný časový limit. Kdyby se stalo, že závodník dojde po časovém limitu, dostane trestné body a vteřiny navíc, které se promítnou v celkovém bodování a tedy i v celkovém pořadí.

Během závodu musí závodníci absolvovat dva specifické měřené úseky, od kterých se potom odvíjí celkový výsledek závodu. Jedním je takzvaná „časovka“. Jedná se o vymezený, cca 1,5 km dlouhý úsek na mírně nakloněném svahu. V této části usiluje závodník o dosažení nejlepšího času, protože každá vteřina může rozhodnout. Na základě času, jsou mu přiděleny body. Další důležitou součástí závodu je obří slalom. Závodníci musí projet slalomovými branami od startu do cíle, v co nejrychlejší čas. Podle výsledného času jsou mu opět přiděleny body a následně sečteny s body z časovky. V některých případech (např. v Rokytnici nad Jizerou) musí skialpinisté mimo předešlých disciplín absolvovat slánění ze skály.

Závod dvojic

Závod dvojic se už v dnešní době v Českém poháru nevypisuje. Ve světě je, ale považován za velmi prestižní. Vychází z původního pohybu v horách. Z toho, že by

člověk neměl nikdy chodit sám. Měl by mít alespoň jednoho společníka, se kterým by překonával všechny překážky a nástrahy přírody a navzájem si pomáhal. Závod dvojic má velkou tradici na MS a ME a v závodě „Pierra Menta“. Závodníci absolvují v podstatě trať start-cíl. Pohybují se, ale spolu, tzn., že by se od sebe neměli příliš vzdálit. Navzájem si pomáhají a podporují se. Závod dvojic je specifický tím, že bývá hodně náročný. Převýšení a délka trati bývají větší a delší než u běžného závodu start-cíl.

Závod vertical

Závod typu vertical je pořádán jako jeden ze závodů každoročního MS a ME. Poprvé se Vertical race objevil na světových, nebo Evropských šampionátech v roce 2004. Tento typ závodu se většinou chodí jenom na ME nebo MS.

Pro rok 2010 by do Českého poháru (ČP) zařazen nový závod z Pece pod Sněžkou na Luční boudy. Novinkou v ČP byl i typ závodu Vertical race, který se do této doby v České republice nechodil. Trasa vedla většinou do kopce se závěrečným kratším sjezdem do cíle. Převýšení trati z Pece pod Sněžkou po cestě přes Richterovy boudy, Výrovku a Památník obětem hory bylo 724 m pro všechny kategorie kromě kadetů, ty čekalo „pouze“ 470 m. Vertical je mnohými skialpinisty odsuzován, protože je celá trať závodu vedena „pouze“ nahoru do kopce. Jedná se tedy o jeden kopec s následným sjezdem. Jenomže kopec bývá extrémně dlouhý s velkým převýšením, tím pádem se i z tohoto časově relativně krátkého závodu stává velmi náročný závod a to nejen po fyzické stránce.

Štafetový závod

Štafetový závod je k vidění pouze na MS nebo ME. Mužské štafetové družstvo tvoří čtyři závodníci, ženské se skládá ze třech závodnic. V kategorii juniorů a kadetů se závodí rovněž ve tříčlenném družstvu jako u žen (jedna kadetka nebo juniorka, jeden kadet a jeden junior). Trať bývá oproti jiným závodům velmi krátká, ale přesto hodně náročná. Jako v ostatních sportech platí, čím kratší závod, tím intenzivnější a náročnější. Každý úsek trati se skládá z výstupu (někdy ne jednoho), náročných sjezdů a výstupů na botách. Každý závodník absolvuje stejný okruh a poté předá štafetu. Důležité je v tomto závodě také zvládnutí techniky, tedy rychlé složení pásů, zapínání bot a vázání, rychlé nasazování pásů, nandávání lyží na batoh při absolvování úseku na botách apod. Protože jsou úseky oproti ostatním tratím relativně krátké, bojuje se o každou vteřinu.

Každá i sebemenší chyba může závodníka připravit o dobrou pozici a konečný dobrý výsledek.

Sprint

Tento závod vznikl po vzoru z běžeckého lyžování a v roce 2010 se poprvé objevil na MS. Sprint je velmi krátkým závodem a tím se zvyšuje i jeho atraktivnost. Jeho úkolem je ukázat divákům během cca 3 minut vše, co musí ovládat každý skialpinista při ostatních typech závodů. V této disciplíně nejde pouze o rychlost, ale také o jisté technické dovednosti.

Trat' se skládá z několika částí a má jasné předpisy. Celkové převýšení okruhu je 80 m. Pro předbíhání je vhodná úvodní část, která je rovná a má nejmírnější sklon. Poté následují tzv. „cik-caky“. Po zdolání této části musí závodník upevnit lyže na batoh a vyběhnout asi 40 m na botech. Následuje opětovné nasazení lyží pro dojití posledních metrů. Na vrcholu závodníci sundají pásy a sjíždí v obřím slalomu mezi brankami. Závod končí vybruslením do mírného kopce u startu. Každý závodník nejprve absolvuje kvalifikaci, ze které postupuje 30 nejrychlejších. Ti jsou podle času rozděleni do pěti skupin po šesti závodnících. Z každé skupiny postupují vždy 2 nejrychlejší závodníci a s nimi dále 2 s nejrychlejším časem.

Alpin Marathon štafety

Tento typ závodu jistě stojí za zmínku, a to i přesto, že jich není mnoho. Spadají do kategorie extrémních sportů. Jedná se o závod, který je veden na vrchol alpského kopce. Musí být zdolán ve třech úsecích. Tříčlenné družstvo ve složení: cyklista, běžec a skialpinista, kterému patří poslední úsek závodu, cca 6 km.

Long distance

Patří k nejoblíbenějšímu typu závodu v oblasti rekreačních („hobby“) závodníků. Snaží se přiblížit ke skitouringu. Časová náročnost se pohybuje minimálně kolem 3 hodin.

Nejznámější závody

Trofeo Mezzalama

Závod označovaný jako „bílý maraton“ je vysokohorský skialpinistický závod, který probíhá v regionu italské Cervinie. Patří do "velké trojky skialpinistických závodů" spolu se závody Pierra Menta a Patrouille des Glaciers. Závodí se ve tříčlenných týmech

a při pohybu po ledovcích musí být celý tým navázaný na laně, a to jak při výstupech, tak při sjezdech. V závodě s délkou 45 km je nutné zdolat 4 000 výškových metrů. Specifikem tohoto závodu je jeho konání v nadmořské výšce přes 4 000 m. n. m. V této nadmořské výšce stráví závodníci více jak 60% závodu. Vzácností nejsou feratové výstupy s lyžemi na batohu. Závod se koná v Itálii jednou za 2 roky (Majcen, 2005).

Graf 1 – Výškový profil závodu Trofeo Mezzalama (Majcen, 2005)



Pierra Menta

Tento extrémní závod se koná ve francouzských Rhonských Alpách v Arêches-Beaufort v regionu Beaufort, Savoie od roku 1985. Jde o nejnámější etapový závod, při kterém je nutné překonat ve 4 dnech převýšení okolo 10 000 výškových metrů. Byl založen Francouzi po vzoru slavného cyklistického závodu Tour de France. Závod vždy přiláká spoustu fanoušků. Jen v roce 2012 bylo každý den podél trati více jak 20 000 diváků. Závod probíhá ve dvojicích, a tak je povinná výbava vypsána pro celou dvojici, nikoli pro každého závodníka zvlášť. Během etapy si mohou závodníci pomáhat, např. táhnutím se na laně, nesením batohu, sundáváním pásů, atp. V prostoru cíle má každý významný výrobce skialpinistického vybavení svůj stánek, kde předvádí novinky pro následující roky. Pierra Menta je i přehlídkou skialpinistického vybavení.

Patrouille des Glaciers (PDG)

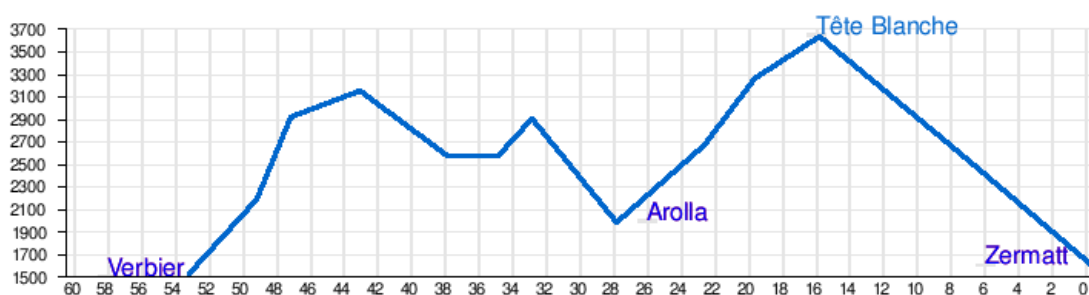
Pravděpodobně se jedná o nejnáročnější závod na světě. Probíhá každé 2 roky a je střídán se závodem Trofeo Mezzalama. Pořádá ho švýcarská armáda na konci dubna, v jižní části oblasti Calais ve Wallijských Alpách. Soutěží zde vojenské a civilní týmy. Tento závod mohou absolvovat i turisté, kteří chtějí posunout své hranice. Tým se skládá ze 3 členů, přičemž každý z nich musí být členem nějaké z horolezeckých organizací a musí se prokázat účastí na jiných závodech. Tým musí projít danými

checkpointy v určených časových limitech. Při nesplnění jsou zastaveni a závod pro ně končí.

Existují 2 různé trasy – delší a kratší. Delší trasa Arolla – Verbier - Zermatt měří 53 km s převýšením 3 994 m a -4 090 m (to je ekvivalentní k 110 km bez převýšení). Startuje se ve vlnách každou hodinu od 22. do 3. hodin z důvodu zvládnutí limitu v určitých částech trati. Prvních 8 km běží závodníci s lyžemi na batohu na hranici sněhu. Při pohybu po ledovci musí být navázáni. Kratší trasa vede z Arolla do Verbieru. Její délka je 27 km s převýšením 1 881 m a -2 341 m (to je ekvivalentní k 53 km bez převýšení).

„Velkou trojku závodů“ dokončili pouze dva čeští závodníci, a to Josef Hepnar a Jan Jiráček.

Graf 2 - Výškový profil trati závodu Patrouille des Glaciers (Wagner, 2012)



Bokami Západných Tater

„Bokami Západných Tater“ je třídní etapový maratonský závod dvojic, jež se inspiroval závodem Pierra Menta. Probíhá pod záštitou Slovenského horolezeckého spolku JAMES. Závodníci absolvují každý den trať s převýšením okolo 2 200 m. Stoupá se především na skialpinistických lyžích s pásy, ale také pěšky na botách a s mačkami. Objevují se i výšlapy s prvky lezení na skále či krátké slánění. Sjezdy jsou vedeny náročným terénem, často ve žlabech se sklonem okolo 40°. Dvojice soutěží v každé etapě formou start-cíl. Vítězem se stává družstvo s nejnižším součtem časů ze všech 3 dnů (Uhrín, 2013).

2.4.2 Kategorie

V ČP se závodí v kategoriích kadeti (kadetky), junioři (juniorčky), muži, ženy, veteráni. Kadetské kategorie jsou ve věku 15-18 let, juniorské 19-20 let, muži nad 20 let, veteráni nad 40 let a ženy nad 20 let. Kadeti a junioři absolvují při závodech kratší upravenou

trat' (trat'- B). Ženy, muži a veteráni zdolávají hlavní trat' (trat'- A). V České republice se rozlišují dvě základní kategorie, a to kategorie A (hlavní kategorie), která spadá do Českého poháru a kategorie B („open“), která je otevřena pro všechny ženy, muže a veterány, kteří absolvují stejně jako mládežnické kategorie trat'- B. Tato kategorie však není započítávána do hodnocení ČP (Duch, 2013).

2.4.3 Povinná výbava pro soutěže

Všechny závody ve skialpinismu musí závodník absolvovat s povinnou výbavou, kterou určuje organizátor závodu. Závodníci ji naleznou před každým závodem v propozicích závodu. Mezi základní vybavení ve všech typech závodů patří: lyže, které musí splňovat pravidly dané parametry. Musí to být lyže s ocelovými hranami, pro muže minimálně 160 cm dlouhé a pro ženy minimálně 150 cm dlouhé. Délka lyže může být i kratší, nesmí však být pod 90% výšky závodníka. Vázání musí umožňovat pohyb paty při stoupání a naopak upevnění boty při sjezdu. Může (ale nemusí) být vybaveno bezpečnostními řemínky na závodníkovo vlastní nebezpečí. Boty musí být tak vysoké, aby chránily kotníky. Musí mít podrážku „Vibram“ minimálně na 80% plochy podrážky a musí na ně jít upevnit stoupací železa („mačky“). Další nezbytnou součástí výzbroje jsou hole (skialpinistické, teleskopické, nebo běžecké) s maximálním průměrem 25 mm a nekovovými kroužky. Dále pár stoupacích pásů. Mezi další povinné vybavení, které může pořadatel závodu požadovat, patří například: batoh, tekutiny, předepsané vrstvy oblečení, přilba, lavinový vyhledávač, lopatka, sonda, rukavice, čepice, alufólie, lékárnička atd. V případě, že je závod nějakým způsobem atypický, například, že se koná v noci, nebo ve večerních hodinách, je nezbytná čelovka s dobrou svítivostí. Pokud v závodě hrozí nějaké větší nebezpečí pádu, je v povinné výbavě sedací úvazek, feratový set, nebo například stoupací železa („mačky“).

Organizátor soutěže si vyhrazuje právo určit, jaký materiál se bude v závodě používat a zároveň si vyhrazuje právo zamítnout, nebo požadovat výměnu vadné výstroje závodníka. Každý závodník je zodpovědný za svoji výzbroj a také za to, že odpovídá pravidlům. Použití materiálu v průběhu závodu musí být uveřejněno v propozicích (Duch, 2013).

3 Charakteristika vybavení

3.1 Základní výzbroj

Základní výzbroj tvoří spolu s bezpečnostní výbavou nezbytnou součást vybavení. Dohromady představují základní vybavení pro skialpinismus.

Lyže

Dle Wintera (2002) jsou *lyže* prostředkem, který skialpinistovi umožňuje pohyb vpřed. V uplynulých letech došlo k řadě konstrukčních změn, které optimalizovaly jízdní vlastnosti lyží a rozdělení lyží do několika skupin.

Klasické skialpinistické lyže můžeme označit jako lyže univerzální (model „allround“). Jsou vhodné pro skialpinismus, vysokohorské túry, ale i pro dlouhé přejezdy na lyžích, a to díky své nízké hmotnosti, širší konstrukci a spíše mírnému vykrojení po stranách lyží při jejich větší šířce a měkkosti. Šířka lyže pod vázáním se pohybuje v rozmezí 70 – 85 mm. Tento typ lyže není určen pro vysoké rychlosti.

Freeridové lyže se vyznačují lepšími jízdními vlastnostmi v hlubokém sněhu. Díky široké, robustní konstrukci (obvykle 85 mm + pod vázáním) a mírnému vykrojení jsou vhodné pro ty, kteří upřednostňují rychlé táhlé oblouky. Tyto modely mají však vyšší hmotnost než klasické skialpinistické lyže. Jejich slabinou jsou prudké svahy, led a při výstupu musíme počítat s větší zátěží.

Závodní skialpinistické lyže se výrazně liší od předchozích dvou modelů, a to především svou hmotností, ale i konstrukcí. Lyže jsou určeny především pro závodníky, ale i pro ty, kteří kladou důraz na rychlý výstup. Díky novým druhům materiálů jsou dnes výrobci schopni snížit hmotnost lyží až na 600 g na jednu lyži, což dokáže při stoupání do kopce ušetřit mnoho času a především sil. Závodníci upřednostňují kratší délky lyží. Šířka lyže pod vázáním se pohybuje okolo 70 mm. Nevýhody těchto lyží představuje jejich měkkost, která způsobuje horší vedení lyží v obtížných sněhových podmínkách (Volken et al., 2007).

Skialpinistické vázání

Skialpinistické vázání stále prochází velkým vývojem. Výrobci přicházejí každý rok s inovacemi, jak po technické stránce, tak i po stránce hmotnosti vázání. Princip však zůstává nezměněn. Vázání umožňuje skialpinistům stoupaní do kopce s volnou patou, přičemž si mohou pomocí hůlky nastavit stoupací podložku tak, aby dosáhli optimálního nastavení polohy při stoupaní. Existuje celá řada vázání od různých výrobců. Jiné vázání používají závodníci a jiné skitouristé. Závodní vázání se liší nejen svou konstrukcí, ale i hmotností. Jeho hlavní nevýhodou představuje špička vázání, která neobsahuje bezpečnostní vypínání, tzn. že při pádu špička nevypne. Většinou dojde k vytržení špičky, vzhledem k materiálu, ze kterého je lyže vyrobená. Také nastavování stoupací podložky není možné, protože závodní vázání má pouze jednu polohu. Skitouringové („nezávodní“) vázání je pevnější, zároveň má však vyšší hmotnost. Špička i pata obsahuje bezpečnostní vypínání.

Skialpinistické boty

Skialpinistické boty jsou speciálně konstruovány pro výstup a sjezd v neupravených horských terénech. Při výstupu dochází k ohýbání boty v kloubu a uvolnění komínu. To umožní poměrně velký rozsah pohybu dopředu i dozadu. Díky gumové (vibramové) podrážce drží bota pevně i na skále. Před sjezdem provede skialpinista zablokování ohýbacího mechanismu a dotažení přezek bot. I u skialpinistických bot existují velké rozdíly v konstrukci i hmotnosti. Závodní boty jsou dnes vyráběné z karbonu, kterým výrobci dosahují hmotnosti kolem 700 g na botu.

Stoupací pásy

Stoupací pásy se původně vyráběly z tulení kůže, která umožňovala pohyb vpřed a zabraňovala proklouznutí vzad. Dnes jsou pásy vyráběny z mohérových či syntetických vláken. Poměr mezi mohérovými a syntetickými vlákny určuje jejich stoupavost a skluz. Dříve byl k upínání používán řemínek, dnes je po celé délce pásu lepicí vrstva a pro uchycení se používá kotvících systémů na špičce a patce současně, u závodních pásů pouze na špičce. Správné funkce je docíleno pravidelnou výměnou lepicí vrstvy, impregnační pásu. Pás by měl pokrývat, co největší plochu lyže a po stranách by měl mít volnou plochu k hranám, cca 2-5 mm. Závodníci mají pásy různě upravované a zkrácené. Pro carvingové lyže je vhodné používat pásy, které jsou přímo upravené na konkrétní typ lyží (Lienerth, 2007).

Používané materiály skialpinistických pásů

Skialpinistické pásy se vyrábějí z přírodních materiálů (mohér – chlupy horské kozy), nebo ze syntetických vláken (nylon) nebo kombinací obou materiálů v různém poměru.

- Mohér – svými výbornými vlastnostmi je vhodný při různých typech sněhu i různých teplotách. Používá se především v závodním skialpinismu, protože má výborné kluzné a stoupací vlastnosti. Pořizovací cena je však vyšší než u pásů ze syntetických vláken.
- Nylon – tyto pásy mají delší životnost, stoupavost než přírodní a jsou levnější.
- Mix – jedná se o směs mohérových a syntetických vláken. Pásy jsou odolnější a při stoupaní drží lépe než přírodní (Bulička, 2009).

3.2 Bezpečnostní vybavení

Před tím než se skialpinista vydá na túru, a to nejen do oblastí s výskytem lavin, měl by mít zkontrolované základní vybavení pro případ neočekávaných událostí. Ve vybavení nesmí chybět lavinový set, který se skládá z několika nepostradatelných částí.

Lavinový vyhledávací přístroj („pípák“) slouží k vyhledání a k lokalizaci osoby zasypané lavinou. Pracuje ve dvou režimech, buď jako vysílač signálu (nutné zkontrolovat funkčnost na začátku túry) a jako přijímač signálu v případě hledání zasypané osoby. Existuje celá řada lavinových vyhledávačů, od jednoduchých, které ale vyžadují pro dohledání zasypaného poměrně dlouhý trénink, až po nejlepší modely, s kterými je vyhledávání poměrně snadné a intuitivní. Moderní vyhledávače pracují na frekvenci 457 kHz, je však třeba rozlišovat, zda se jedná o analogový přístroj, který je založený na akustickém principu pátrání nebo digitální vyhledávač, který značně urychluje určení místa osoby pomocí snadno čitelného displeje.

Lavinová sonda je dalším prvkem, který je při vyhledávání osoby zasypané lavinou nezbytný. Nejpoužívanější sondy se vyrábí z duralu, v délce nejčastěji okolo 3 m. Zajišťují potřebnou pevnost a zároveň lehkost. Jejich velkou výhodou je možnost složení na malé části. Sonda potom zabírá nepatrné místo v batohu skialpinisty.

Lavinová lopata umožňuje efektivní vyhrabání zasypaného díky své speciální konstrukci. Lopaty jsou lehké, skladné, ale zároveň robustní, aby byla zajištěna potřebná odolnost materiálu.

Nezbytnou součástí představuje také *balíček první pomoci*, který patří do svrchní kapsy každého batohu. Pokud má odpovídající obsah (obvaz, náplast, obinadlo atd.) můžeme pomocí rychlého ošetření poraněného, předejít vážnějším následkům zranění (Jindra, 2009).

4 Fyziologické aspekty skialpinismu

Fyziologickými aspekty skialpinismu se ve svých studiích zabývala řada autorů, jako Tosi et al. (2005), který zkoumal závislost energetické náročnosti při zvyšování závaží v oblasti kotníků.

Tosi et al. (2009) zjišťoval energetický výdej a zdatnost při skialpinismu. Pro tento účel byly speciálně upraveny kolečkové lyže. Autoři použili skialpinistické vázání a boty. Obě studie probíhaly při sklonu stoupání 21%. Nejnižší naměřené hodnoty energetického výdeje odpovídaly průměrným hodnotám (10,6 J/kg.m) Tosiho výše uvedeného měření. Zjistil, že při nižší rychlosti skialpinisté provádějí kratší kroky z důvodu lepší koordinace těla, naopak při vyšší rychlosti narůstá spotřeba energie standardně. Z výsledků vyplynulo, že při tomto sklonu mají vyšší muži menší energetický výdej než muži menšího vzrůstu. Tosi stanovil pro skialpinisty nejvýhodnější rychlost stoupání svahem, přibližně 4 km/h. K nejnižšímu energetickému výdeji by tudíž mělo docházet při konstantním sklonu svahu.

Tento výsledek však nepotvrdil hypotézu Hepnara (2010), který v bakalářské práci zkoumal změny srdeční frekvence při 3 rozdílných sklonech při skialpinismu. Výsledky neprokázaly předpoklad nejnižší energetické spotřeby při stoupání rychlostí 4 km/h. Průměrné rozdíly ve skupině testovaných mezi sklonem 16° a 20° a postupném zvyšování rychlosti ze 3 km/h až na 6 km/h, dosáhly rozdílu 3,69%. Mezi sklonem 20° a 24° dosáhli rozdílu 5,21% a mezi sklonem 16° a 24° dosáhli rozdílu 8,89%.

Stejně jako Jindra (2009), který se zabýval energetickou náročností skialpinismu, použil Hepnar pro výzkum speciálně upravený běžecký ergometr v laboratorních podmínkách a využil kolečkové lyže, skialpinistické vázání a boty. Jindrové výsledky potvrdily vědecký předpoklad zvyšujícího se energetického výdeje při zvětšujícím se úhlu svahu a konstantní rychlosti. Druhá část výzkumu potvrdila několikanásobné zvýšení energetického výdeje při výstupu svahem oproti rovinatému terénu.

Jindra (2012) v disertační práci navázal na práci diplomovou a zkoumal velikost sklonu svahu, při kterém skialpinista dosáhne nejnižšího energetického výdeje při absolvování stejného převýšení za konstantní dobu. Vyplynulo, že je pro skialpinisty obecně výhodnější stoupat do prudšího kopce nižší rychlostí, než stoupat do mírnějšího kopce pomocí „cik-caků“ v menším sklonu vyšší rychlostí.

Formánková (2011) v diplomové práci porovnávala obecné a specifické funkční zátěžové testy u skialpinistů. Srovnala hodnoty maximálních testů na 3 typech ergometrů (pásový, cyklistický a pásový). Nejvyšší hodnota $VO_2\max$ byla dosažena na bicyklovém ergometru, nejnižší na skialpinistickém trenažéru.

Sideris et al. (2010) provedl studii přímo při závodě a zabýval se časoprostorovými charakteristikami skialpinisty při skialpinistickém závodě během stoupání do kopce, a to především kinematickou analýzou skialpinistické chůze. Testovaní absolvovali závod chůzí do kopce při sklonu 22%. Rychlost chůze do kopce vysoce korelovala s délkou cyklu, ale zároveň nebyla zjištěna významná korelace mezi rychlostí skialpinistické chůze a rychlostí cyklu.

Při kinematické analýze chůze vrcholových skialpinistů a běžců na lyžích bylo prokázáno, že dochází k podobnému uspořádání pohybového cyklu. Menší rozdíly byly zaznamenány pouze v úhlech postavení těla sportovce při pohybu. Analýza potvrdila, že je ve všech technikách klíčovou fází poloha umístění hole a souvisí s tím i vyšší a nižší poloha končetin (Canclini et al., 2009).

Závodní skialpinismus byl na základě měření charakterizován jako sport s vysokými požadavky na fyzickou zdatnost a kardiopulmonální systém (Schenk et al., 2011).

U skialpinistů s nízkým příjmem živin v průběhu soutěže dochází k většímu poškození buněk a nižší antioxidantní aktivitě enzymů a kortizolu, díky kterým může dojít ke zhoršení výkonu. Skialpinisté by měli mít během túry či závodu zejména vysoký příjem celkové energie složené z makronutrientů, vitaminů A a B, minerálních látek Na, Zn, Fe tak, aby se co nejvíce snížil škodlivý účinek namáhavého cvičení (Diaz et al., 2010).

Studie, která se zabývala účinností trekových holí na výdej energie při výstupu do kopce a zapojení nových svalových skupin prokázala, že při chůzi s holemi dochází ke snížení zatížení dolních končetin až o 15% a zvýšení zatížení horních končetin až o 95%. Použití trekových holí nevede ke zvýšení VO_2 . Největší nárůst zatížení byl zaznamenán u biceps brachii, a to o 55% (Foissac et al., 2008).

4.1 Charakteristika sportovního výkonu ve skialpinismu

U chůze na skialpinistických lyžích se jedná o lokomoční pohyb silově vytrvalostního charakteru, který je pro člověka přirozený a podobá se klasické chůzi (Winter, 2002).

Pro zajištění pohybu po sněhu dochází k neustálému opakování stejného pohybového vzorce, a to především ke střídání odrazů nohou a odpichů paží pomocí

skialpinistických holí. Díky sledu a souhře těchto jednotlivých pohybů podobně jako při běhu na lyžích, skialpinista zatěžuje prakticky celé svalstvo těla.

Z důvodu současného zapojení velkého množství svalových skupin jsou kladeny zvýšené nároky především na nervosvalovou koordinaci a funkční kapacitu organismu. Proto je skialpinismus považován za velmi náročný sport (Jindra, 2009).

Pohyb při skialpinismu probíhá ve dvou úrovních, a to lyže, hůlky. Hnací silou celého pohybu jsou dolní končetiny, avšak úloha horních končetin není zanedbatelná. Při pohybu do kopce a následných sjezdech dochází k zapojování řady dalších svalových skupin trupu a končetin. Svalstvo trupu tvořené svaly břišními, zádočnými a hrudními, má podíl na zpevnění těla a pracuje izometricky. Práci paží nelze zanedbávat, protože je pro pohyb skialpinisty neodmyslitelná a při správném využití může velmi šetřit energii a odlehčit dolním končetinám (Canals et al., 2004).

Pohyb paží se skládá z opakovaného přesouvání zepředu dozadu asynchronně k pohybu dolních končetin. Soupažný odpich holemi se používá jen zřídka. Při chůzi po rovině se provádějí pohyby ve větším rozsahu než při stoupání do prudkého svahu.

4.2 Fyziologická východiska skialpinistického pohybu

Skialpinismus je charakteristický opakujícími se pohybovými cykly, které se výrazněji neodlišují svou pohybovou strukturou, tempem, nebo funkční a metabolickou odezvou. Představuje zátěž vytrvalostního charakteru s vysokým výdejem energie z důvodu zapojení velkého množství svalových skupin do pohybu. Spotřeba energie je závislá na délce, profilu a charakteru tratě, dále na zvládnutí techniky a rychlosti chůze na skialpinistických lyžích, na fyzické kondici a v neposlední řadě na vybavení, které skialpinista využívá – hmotnost, materiál apod.

Po fyziologické stránce je pro výkon rozhodující aerobní kapacita, tzn. schopnost organismu pracovat úsporně, co nejdéle. Naopak menší význam se přikládá anaerobní kapacitě, protože v tomto sportu prakticky není potřeba. Anaerobní kapacita je o něco potřebnější v závodech typu „sprint“, nebo „vertical“, při kterých je důležitý start a vyšší tempo za účelem dostižení či udržení se soupeře.

Vytrvalostní svalová síla hraje při váze skialpinistického vybavení velkou roli. Silová vytrvalost je charakteristická déletrvající svalovou činností, kde není příliš velký odpor. Ve skialpinismu se jedná především o sílu koncentrickou a excentrickou (Jindra, 2012).

Faulhaber et al. (2007) charakterizuje skialpinismus jako pohybovou činnost se dvěma fázemi zátěže s různými fyziologickými reakcemi. Během výstupu je zapotřebí koncentrická kontrakce svalu, která způsobuje submaximální odezvu srdce, dýchacího systému a metabolismu. Naopak sjíždění svahu je charakteristické excentrickými pracovními zátěžemi.

4.3 Energetické systémy

Z hlediska energetického krytí zaujímají glycidy, lipidy a proteiny (makroergní substráty) primární postavení. Pro získání energie se tyto substráty štěpí, nebo transformují v produkty intermediárního metabolismu. Zejména oxidoredukce glycidů a lipidů má pro získání energie v organismu cvičícího své nezastupitelné postavení (Havličková et al., 1997).

Dle Havličkové et al. (1997) rychlostní zatížení s dobou trvání výkonu do 15 s využívá jako hlavní zdroj energie systém makroergních fosfátů ATP a CP s malou tvorbou laktátu (anaerobní laktátová zóna), rychlostně – vytrvalostní zatížení od 15 do 50 s využívá ATP – CP a anaerobní glykolýzu s vysokou tvorbou laktátu (anaerobní laktátová zóna), vytrvalostní zatížení střední od 2 do 11 min převážně využívá glycidy se střední tvorbou laktátu (aerobně-anaerobní zóna) a velmi dlouhé vytrvalostní zatížení nad 60 min využívá jako energetický zdroj převážně lipidy a glycidy, s netvořením laktátu (aerobní zóna).

Anaerobní alaktátová zóna

Anaerobní (neoxidativní) alaktátová zóna metabolického energetického krytí je označována jako zóna ATP-CP - adenosintrifosfát - kreatinfosfát (Havličková et al., 1997).

Podle Havličkové et al. (2004) se jedná o svalovou činnost, která trvá 10 – 20 sekund a dochází k uvolňování energie z pohotových zásob makroergních fosfátů ve svalové tkáni ATP, CP (zpětné doplnění zásoby ATP, CP se předpokládá za 2 – 3 minuty). Celkové množství energie v této zásobě je pouze mezi 21 – 33 kJ. V alaktátové zóně je podkladem pohybové činnosti aktivita tzv. rychlých glykolytických vláken (IIx) kosterního svalu, kterých mají převahu např. sprinteři. Tato vlákna zabezpečují vysokou intenzitu stahu, ale zároveň rychlou únavu.

Anaerobní laktátová zóna

Tento energetický systém se uplatňuje při pohybových činnostech submaximální intenzity s trváním 45 – 90 sekund, případně u delších činností s nedostatečnou dodávkou kyslíku. Dle Havlíčkové et al. (2004) charakterizuje anaerobní systém hrazení energie vzestup kyseliny mléčné a jejích solí (laktátu – La) v krvi, jako důsledek anaerobní glykolýzy, neoxidativního odbourávání svalového glykogenu eventuelně glukózy. Energetický zisk je malý, přibližně 120 -140 kJ. Z pohledu intenzity pohybové činnosti je nevýhodné, že rychlost uplatnění ATP, které bylo získáno odbouráním svalového glykogenu, je v přímém energetickém zabezpečení svalového stahu v laktátové zóně metabolického krytí dvakrát pomalejší, než v zóně alaktátové. Důsledek je snížení intenzity pohybové činnosti v souvislosti s vyplavením La. Celková kapacita využití laktátové zóny je omezena subjektivní schopností tolerovat nepřímé důsledky zátěžové metabolické acidózy. Podkladem pohybové činnosti jsou zde rychlá glykolytická vlákna, která zabezpečují intenzivní svalový stah s rychle nastupující únavou. Za reprezentativní ukazatel laktátové anaerobní kapacity organismu se považuje hladina La v krvi.

Aerobní zóna

Podle Wilmora a Costilla (1993) se tento systém využívá u dlouhodobě trvajících zátěží s nižší intenzitou, např. při klasickém lyžování, dlouhých běžeckých tratích, cyklistice ale i skialpinismu. Energie se uvolňuje z postupného hroucení glukózy a jiných molekul. Část této energie je využita k výrobě ATP. Ke kompletnímu spalování glukózy je potřebná přítomnost kyslíku. Z glukózy je vyprodukováno 38 molekul ATP.

Kapacitu aerobní zóny metabolického krytí chápeme jako celkový objem energie, kterou lze oxidativně (aerobně) uvolnit. Tento způsob hrazení energie se uplatňuje při pohybových činnostech mírné až střední intenzity s trváním činnosti nad 90 sekund.

Krytím energie, kterou kosterní sval potřebuje, dochází k doplňování energie úplným štěpením cukrů a tuků. Při výlučně aerobním energetickém krytí nedochází ke zvýšení hladiny La v krvi.

Oxidativní způsob metabolického krytí je velmi efektivní v zásobování svalové tkáně ATP a CP na maximální výchozí úroveň. Využitelnost svalového glykogenu je 13 až 19krát vyšší než při jeho využití v laktátové zóně krytí energetických potřeb, avšak po jeho vyčerpání je doba regenerace 48-72 hodin. V době regenerace tvoří cukry

nepostradatelnou složku potravy. Podkladem této pohybové činnosti je aktivita hlavně pomalých svalových vláken (I) kosterního svalu (Pešlová, 1995).

Aerobně-anaerobní zóna

Předěl mezi oxidativním a smíšeným krytím při pohybové činnosti aerobně anaerobního charakteru, ve kterém prudce narůstá podíl neoxidativní úhrady energetických potřeb, se označuje jako anaerobní práh. Hodnota anaerobního prahu vyjadřuje okamžik, kdy dojde k nelineárnímu nárůstu kumulování kyseliny mléčné v krvi v závislosti na intenzitě zatížení. Hodnota kyseliny mléčné je přibližně kolem $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ v krvi. U vytrvalců se pohybuje práh v oblasti koncentrace La 2–3 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, podobně jako u starších a oslabených osob.

4.4 Měření energetické náročnosti

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

Další metodou získávání informací o zatěžovaném organismu je spiroergometrie.

Spiroergometrií se získávají údaje o aerobní a kardiorespirační zdatnosti jedince, analýzou nadechovaného O_2 a vydechovaného CO_2 při fyzickém zatížení organismu. Tato metoda se používá primárně v laboratořích na různých typech ergometrů. Testování při specifických pohybech jednotlivých sportů umožňují moderní přenosné analyzátoři. Nejčastěji používaným ergometrem je pásový (běhací pás), nebo bicyklový. Mimo tyto dva nejpoužívanější jsou často v laboratořích k dispozici ergometry uzpůsobené pro specifické potřeby některých sportovců, například rumpál, kde jsou do pohybu zapojeny především ruce. Je určen k testování handicapovaných pacientů (např. po amputaci dolních končetin). Nevýhodou rumpálu je skutečnost, že nedochází k celkovému zatížení organismu, protože je zatěžováno pouze malé procento svalů těla. Podobnému problému čelí i bicyklový ergometr, kde jsou maximální dosažené hodnoty o 5 – 8 % nižší než u ergometru pásového (Vilikus et al., 2004).

Veslovací ergometr je určen zejména pro vodní sporty, kde se do pohybu nejvíce zapojuje horní část těla. To ovšem neplatí pro plavce, kteří mají své vlastní technologie a plavou proti uměle vytvořenému proudu. Mnoho sportovních odvětví má své laboratorní přístroje, které umožňují vykonávat stejné pohybové vzorce jako v přirozených podmínkách. Sporty, u kterých je nutné specifické vybavení (loď, lyže,

pádlu), se v laboratorních podmínkách napodobují hůře, ale i tyto sporty lze na moderních přístrojích spolehlivě napodobit.

Laboratorní testování skialpinistů lze provést v jeho relativně přirozených podmínkách, a to s využitím širokého pásového ergometru. Měřená osoba napodobuje lokomoční vzorec skialpinismu pomocí kolečkových lyží určených pro běžecské lyžování klasickou technikou, s upraveným vázáním pro skialpinistické boty a holemi s gumovou koncovkou tak, aby nebyl poškozen běhací pás.

Spiroergometrie

Jedná se o velmi vhodnou metodu pro určování funkčnosti transportního systému kyslíku. Pro vytrvalostní sporty je hojně využívaným vyšetřením, při kterém je rozhodujícím faktorem pro úspěch, co nejrychlejší transport kyslíku tkáněmi. U zdravých sportovců je primárním úkolem spiroergometrie zjišťování reakcí organismu na fyzickou zátěž. Určení, kdy se zapojuje který energetický systém, stanovení anaerobního prahu a jiné důležité ukazatele jako maximální TF, VO_{2max} atd.

Jistý vliv na výkonnost organismu mají: změna tréninkových metod, změna prostředí, stravy, výpadek z tréninku atd.

Spiroergometrie neslouží pouze k určování výkonnosti organismu, ale může se stát ukazatelem pro mladé sportovce, jakému sportu by se měli v budoucnosti věnovat, nebo který sport je pro ně vhodný. Somatické a fyziologické předpoklady má každý sportovec různé. Jelikož jsou některé fyziologické parametry geneticky podmíněné, je nutné provést zátěžové vyšetření, protože bez něj se mohou hodnoty pouze odhadovat. Např. maximální aerobní kapacita je zásadním předpokladem pro dosahování dobrých vytrvalostních výkonů. Pro aerobní fyzickou zdatnost se dispozice do značné míry dědí. Většina autorů se shoduje v tom, že genetická vrozená složka tvoří 30%, zatímco získaná „tréninkem ovlivnitelná“ složka aerobní zdatnosti činí přibližně 70% (Vilikus et al., 2004).

Spiroergometrie v lékařské praxi slouží jako vyšetření vhodné pro prevenci zdravotních komplikací, odhalení skrytých kardiorespiračních onemocnění, která nemusí být při klidovém vyšetření znatelná. Dále je vhodná pro preskripci pohybové aktivity, hodnocení efektů léčby, nebo diferenciální diagnostiku bolestí na hrudi. Pro stanovení změn organismu po určité časové periodě je velmi důležité pravidelné vyšetření. Zátěžové testy, které se zakládají na principu analýzy nadechovaných a vydechovaných plynů, jsou z výzkumného hlediska těžko nahraditelnou metodou. Prostřednictvím

přenosných analyzátorů je možné snadným způsobem monitorovat téměř jakýkoliv pohyb a analyzovat vliv fyzické zátěže na organismus.

4.5 Ukazatele zatížení

Srdeční frekvence

Podle Matouškové (2007) se jedná o hodnotu, která vyjadřuje všechny stahy (tepy) srdce za minutu a přesně odpovídá aktuálnímu zatížení organismu. Je jedním z nejsnadněji měřitelných a relativně objektivních stavových veličin.

V posledních letech prudce stoupá zájem o mnohostranné praktické využití SF pro potřeby řízení, kontroly a zjišťování efektů pohybového zatěžování na různých výkonnostních úrovních. Je hlavní a nejčastěji používanou kontrolou nejen tréninkového efektu a zatížení (Bunc, 2001).

Stah srdce zajišťuje krevní oběh, který rozvádí kyslík a živiny do celého organismu. Srdeční frekvence roste, nebo klesá v závislosti na potřebě kyslíku nebo živin v celém těle. Mezi nejrozšířenější a nejdostupnější pomůcky při měření tepové frekvence patří snímače srdeční činnosti tzv. sport testery.

Nevýhodou při monitorování SF je fakt, že řízení podléhá vegetativnímu nervovému systému přes stresové hormony (adrenalin), stává se tedy velmi ovlivnitelným ukazatelem. Velmi citlivě reaguje na všechny změny organismu např. pohybovou činnost, rozrušení, únavu, psychický stres nebo nemoc. Trénovaná osoba má vždy při zatížení nižší SF. Jedním stahem dopraví trénované srdce do krevního oběhu větší množství krve, a proto se při zatížení nemusí jeho frekvence tolik zvýšit. Záleží zejména na úrovni trénovanosti a na převaze tonu parasympatiku a sympatiku.

Klidová SF se u běžné populace pohybuje kolem $70 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$. Hodnota klidové SF se však mění a je ovlivnitelná mnoha faktory. Trénovaní jedinci mohou mít klidovou SF hluboko pod $60 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$.

Maximální SF s věkem klesá a je velmi individuální. Mourek (2005) označuje maximální SF jako kritickou SF, při které je zkrácení diastoly tak velké, že se komory nestačí dostatečně naplnit krví a srdce selhává. Při maximální a submaximální intenzitě se zvyšuje tepová frekvence až na hodnoty mezi 180 až $205 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$.

Spotřeba kyslíku

Pro pohybovou zátěž je nezbytné zajistit metabolické potřeby. Děje, díky kterým se při tělesné práci uvolňuje potřebná energie, jsou přímo závislé na dodávce kyslíku (aerobní děje – oxidativní fosforylace), dále děje probíhající bez dostatečného přísunu kyslíku (anaerobní děje – glykolytická fosforylace), nebo také na účet kyslíkového dluhu, který musí být v zotavení vyrovnán. Sledování dynamiky spotřeby kyslíku při zatížení a zotavení má základní a rozhodující význam. Většina fyzických zatížení je absolvována v pásmu submaximální intenzity zatížení, kde platí lineární vztah mezi rychlostí pohybu a spotřebou kyslíku. Tuto stavovou veličinu jako jednu ze základních můžeme použít při hodnocení trénovanosti organismu (Bunc, 1989).

Při zátěžových testech jsou pro vytrvalostní sportovce klíčové dva parametry, a to VO_{2max} a anaerobní práh. Nejlepší běžci na lyžích mají hodnoty VO_{2max} velice vysoké, více než $80 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Absolutní hodnota ($l \cdot O_2 \cdot \text{min}^{-1}$) má výhodu, protože hodnotí vliv tréninku na aerobní kapacitu, aniž by do ní zasahovaly faktory, jako je nárůst nebo ztráta tělesné hmotnosti. V závislosti na tělesné hmotnosti určuje relativní výkon. U skialpinismu komplikuje určení váha vybavení, jelikož přidává na hmotnosti a celková váha potom neodpovídá tělesné hmotnosti (Canals et al., 2004).

Aerobní práh

Aerobní práh je stav, ve kterém přechází metabolismus z tuků jako převažujícího zdroje energie na režim smíšený, využívající tuk i sacharidy a mírně také recyklaci laktátu. Okolo aerobního prahu se nachází oblast s nejvyšším dlouhodobě využitelným výkonem (hodiny). Jedná se o nejvyšší míru intenzity zatížení, kdy je organismus schopen využít energii z tuků až z 80% (u špičkových sportovců).

AP je jedním ze dvou základních bodů laktátové křivky. Její stanovení je z "geometrie" křivky (první mírný zlom) nebo z hodnoty laktátu (obvykle $2,0 \text{ mmol/l}$). Jeho určení je většinou orientační a obtížnější než u anaerobního prahu (Sportvital, 2013).

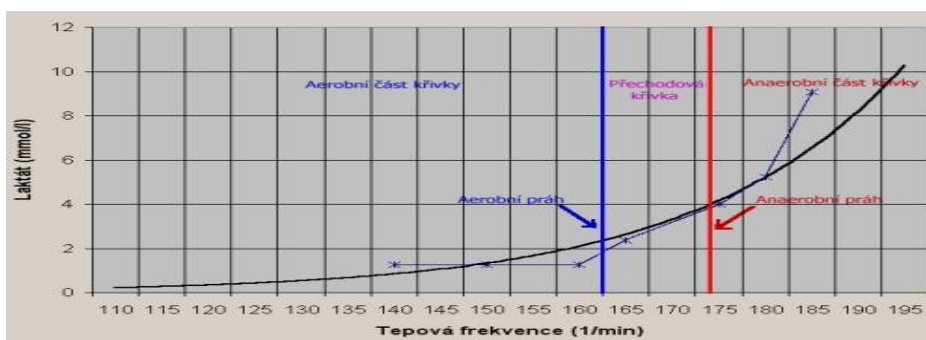
Anaerobní práh

Podle tzv. anaerobního prahu lze posoudit stupeň trénovanosti organismu. Při bicyklové ergometrii se plynule zvyšuje fyzická zátěž a v pravidelných intervalech se sleduje hladina krevního laktátu, která roste zprvu jen mírně. Anaerobní práh představuje hodnotu zátěže, při které dojde ke zlomu a koncentrace laktátu začne prudce narůstat (Navrátil, 2008).

Dle Navrátila (2008) může mít složení svalových vláken vliv na hodnotu anaerobního prahu.

Protože je zvýšená hladina laktátu spojena s větší koncentrací CO₂, zvyšuje se s intenzitou cvičení i objem vzduchu vdechovaný plicemi (ventilace). Ventilace se tedy začne v oblasti anaerobního prahu rovněž nelineárně zvyšovat - odtud ventilační práh (Benson a Connolly, 2012).

Graf 3 – Průběh laktátové křivky – AP a ANP (Sportvital, 2013)



Tab 1 - Orientační hodnoty VO₂max a přibližné aerobní a anaerobní prahu u různých skupin jednotlivců (Canals et al., 2004)

<i>Výkonnostní úroveň jednotlivce</i>			
<i>Připravenost</i>	<i>VO₂ max ml O₂/kg .min</i>	<i>Aerobní práh</i>	<i>Anaerobní práh</i>
<i>Nízka úroveň</i>	25 – 35	40 – 50 % VO ₂ max	45 – 65 % VO ₂ max
<i>Střední</i>	35 – 55	50 – 65 % VO ₂ max	60 – 80 % VO ₂ max
<i>Vysoká</i>	55 – 70	60 – 75 % VO ₂ max	75 – 90 % VO ₂ max
<i>Velmi vysoká</i>	70 - 90	70 – 85 % VO ₂ max	85 – 95 % VO ₂ max

Spotřeba kyslíku určuje efektivitu celého systému produkce energie jednotlivce (dýchacího, objemového a svalového). Při vysokých výkonech se sportovec často dostává do tzv. kyslíkového dluhu, který vzniká při nadspotřebě kyslíku organismem. Vyjadřuje nadspotřebu kyslíku po ukončení cvičení převážně anaerobního charakteru, neoxidativním způsobem metabolismu. Tato veličina úzce souvisí s pojmem „kyslíkový deficit“, který vzniká při anaerobním zatížení a vyjadřuje nepoměr mezi potřebou a aktuální dodávkou kyslíku tělesným tkáním. Hodnoty kyslíkového dluhu mohou u trénovaných jedinců dosahovat 15 – 18 litrů, u netrénovaných kolem 5 – 6 litrů. Výše kyslíkového deficitu a kyslíkového dluhu by se měly přibližně rovnat. V době zotavení dochází k vyrovnání kyslíkového dluhu (vyšší tepová frekvence, dechová frekvence i

minutová plicní ventilace) a k postupnému návratu výchozí rovnováhy. Dochází tak k obnově zejména energetických rezerv organismu - resyntéze ATP, CP, glykogenu aj. (Dovalil, 2005).

Celková spotřeba kyslíku je množství kyslíku extrahovaného z vdechovaného vzduchu, zatímco myokardiální spotřeba je množství kyslíku spotřebovaného svalem (Štejfa et al., 2007).

Krevní laktát

Podle Bartůňkové (2007) kyselina mléčná vzniká ve svalové tkáni při pohybové činnosti neoxidativním využíváním cukrů (především glykogen svalu, méně glukóza krve) pro zabezpečení energetických potřeb činného kosterního svalu. Během tělesného zatížení mnohonásobně stoupá metabolismus svalové tkáně. Pokud zvyšujeme intenzitu zatížení, zvyšuje se průběžná spotřeba kyslíku až do maximální úrovně a současně tak dochází v určitém momentu k postupné aktivaci anaerobních procesů, o čemž svědčí při modelovém vyšetření laktátová křivka.

Při vzniku velkého množství laktátu ve svalu dochází k jeho vysrážení v podobě mikrokystalů, které vyvolávají pocit svalové bolesti. Bolest představuje obranný systém, protože brání další fyzické činnosti a tím další produkci laktátu (Soška, 2001).

Klidová hladina laktátu v krvi se pohybuje kolem 1,2 – 1,8 mmol/l krve. Při pohybové zátěži kritické intenzity kulminuje hromadění La do 10 minut. Po počátečním vzestupu závisí odbourávání La na trénovanosti jedince. Produkce La je u trénovaných i netrénovaných podobná, avšak trénovaný organismus se s La dokáže lépe vypořádat. Jeho úplné odstranění může trvat i několik hodin. Energetická zásoba, kterou v lidském těle vytváří La je buď přeměněna na glykogen, nebo spálena. Podle La v krvi je možné objektivně určit:

1. účinnost intenzity prováděné pohybové činnosti ve vztahu ke konkrétní kondiční výbavě vyšetřované osoby
2. vynaložené úsilí při testech pohybové výkonnosti (Soška, 2001).

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

Pfitzinger a Freedson (1998) pro kontrolu trénovanosti podporují odběr laktátu. Uvádějí, že vyšší korelace vzniká mezi hladinou laktátu na úrovni ANP a vytrvalostním výkonem než mezi VO_{2max} a vytrvalostním výkonem.

4.6 Ventilační parametry

V této kapitole jsou uvedeny jen vybrané parametry, které mají vztah k zátěžovému vyšetření dechových funkcí, které proběhlo.

Úkolem respirace v organismu je výměna O_2 a CO_2 , a to mezi zevním a vnitřním prostředím organismu. Při fyzické zátěži dochází ke zvýšení minutové plicní ventilace, která je v pásmu submaximálních intenzit úměrná intenzitě zatížení (Bunc, 1989).

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

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

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

Ventilační ekvivalent kyslíku (VE_{O_2}) se vypočítá z podílu V_E a minutové spotřeby kyslíku. Jedná se o množství vzduchu potřebného pro spotřebu 1 l O_2 . Podle Havlíčkové (2004) činí ventilační ekvivalent kyslíku u maximálního zatížení 28 litrů u mužů ve věku 25 let a 33 l vzduchu na 1 l O_2 u žen. Čím je hodnota VE_{O_2} nižší, tím je stupeň využití kyslíku vyšší.

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

Příjem kyslíku (O_2) představuje množství vstřebaného kyslíku z vdechnutého vzduchu za časový interval, zpravidla 1 minutu. Díky tomuto ekvivalentu zajistíme potřebnou validitu a reprodukovatelnost měření (testu).

Respirační kvocient (RQ) a poměr respirační výměny V_{CO_2}/V_{O_2} je okamžitým vyjádřením ventilačních vztahů CO_2 a O_2 . V klidu zůstává tento vztah konstantní, naopak při stupňované fyzické zátěži se mění. Při nižší intenzitě zátěže lehce klesá, po překročení úrovně ANP jeho hodnota s nastupující metabolickou acidózou prudce stoupá (Brooks, 1984).

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

4.7 Energetický výdej při zatížení

Za klidových podmínek je energetický výdej výrazně nižší než při pohybové činnosti, protože organismus podle intenzity a doby trvání této činnosti spotřebovává energii odpovídajícím způsobem. Ke zjišťování energetického výdeje slouží několik metod, které se liší svou náročností měření a přesností postupů. Pro orientační hodnoty nám slouží tabulky a nomogramy s uvedenými údaji energetického zatížení při různých sportech za daný čas. Výsledky však lze upřesnit pomocí některých fyziologických ukazatelů, jako jsou: srdeční frekvence, plicní ventilace s využitím závislosti mezi uvedenými ukazateli a spotřebou kyslíku. Z výkonu W , nebo z VO_2 umožňují nomogramy odhad energetického výdeje. Oba tyto postupy spojují méně přesné výsledky, jsou však nenáročné na technické vybavení a hodí se především pro rutinní činnost a v terénní praxi (Placheta et al., 1999).

Ze spotřeby kyslíku lze energetický výdej spočítat tak, že využijeme energetický ekvivalent pro kyslík. Z 1 litru kyslíku se uvolní energie, odpovídající za klidových podmínek zhruba 20,3 kJ. Přesnější hodnoty energetického výdeje organismu získáme přímým měřením spotřeby kyslíku. Tato metoda se nazývá nepřímá kalorimetrie.

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

5 Závěry teoretické části

V současné době patří skialpinismus k nejvíce se rozmáhajícím sportům, a to nejen v alpských zemích. U nás se díky medializaci dostává do povědomí stále většího množství lidí. Neustále prochází rozvojem, a to především v oblasti vybavení a používaných materiálů.

Úspěch při zdolávání skialpinistických túr nespočívá pouze ve fyzických předpokladech, jakými jsou síla a vytrvalost, ale také v technice stoupání svahem a následným sjížděním, psychice a v neposlední řadě i v použitém vybavení. Při skialpinismu zahrnuje pohyb několik druhů lokomoce. Pohyb při stoupání svahem se nejvíce podobá běhu na lyžích klasickou technikou. Pohyb ze svahu dolů je totožný s pohybem při sjezdovém lyžování. Každá forma skialpinismu (závodní, skitouring, freeride) se vyznačuje svými specifiky a využívá jiný typ vybavení. Vybavení se liší především použitým materiálem, parametry a hmotností.

Pro testování energetické náročnosti skialpinismu se využívá zátěžové diagnostiky, kterou lze rozdělit na laboratorní a terénní. K laboratornímu měření se využívá „běhátko“, dechový analyzátor a speciálně upraveného skialpinistického vybavení. Při terénním měření je používán přenosný analyzátor a skialpinistické vybavení testované osoby. Z pohledu energetické náročnosti se skialpinismus řadí k nejvíce energeticky náročným sportům.

Byla zkoumána závislost energetické náročnosti při zvyšování závaží v oblasti kotníků. Hmotnost závaží se pohybovala okolo 7 kg a z výsledků měření vyplynulo, že pohyb na sněhu je o 25% náročnější, než chůze do kopce. Naší snahou bude ověřit a zjistit jaký bude mít vliv hmotnost vybavení na energetickou náročnost skialpinismu při stoupání svahem a při chůzi po rovině. Samozřejmě zde hrají svou roli i jiné faktory, které ovlivňují energetickou náročnost, a to fyzická připravenost, technika, náročnost výstupu, zkušenost jedince a styl chůze.

6 Cíle práce, hypotézy, úkoly

6.1 Cíle

1. Zjistit vliv hmotnosti skialpinistického vybavení na energetickou náročnost při chůzi po sněhu.

6.2 Hypotézy

1. Energetická náročnost významně klesá při využití ultralehkého skialpinistického vybavení.

6.3 Úkoly

1. Výběr terénu pro realizaci měření.
2. Výběr skialpinistického vybavení.
3. Realizace terénního měření.
4. Zpracování a vyhodnocení výsledků.

7 Metodika

7.1 Charakteristika souboru

Soubor tvořilo 6 mužů (skialpinistů) ve věku $30,0 \pm 5,5$ let, o tělesné hmotnosti $67,8 \pm 4,2$ kg a tělesné výšce 174 ± 6 cm. Jednalo se o člena katedry studijního směru Aktivita v přírodě na FTVS UK, dále studenta tělovýchovného směru na FTVS UK a členy Horské služby Orlických hor, kteří aktivně sportují a zabývají se závodním skialpinismem. Všichni testovaní měli předchozí zkušenost se soutěžním skialpinismem. Žádný z testovaných nevedl skutečnosti, které by mohly ovlivnit průběh měření. Nikdo nebyl kontraindikován pro aplikaci fyzické zátěže a spirometrického měření. Všichni se zúčastnili výzkumu dobrovolně.

Výzkum byl schválen lokální etickou komisí FTVS UK. 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.

7.2 Realizace terénního měření

Měření probíhalo v lyžařském středisku v Deštném v Orlických horách, kolem 700 m. n. m. Okolní teplota se pohybovala v rozmezí $2,2 - 3,2$ °C a teplota sněhu od $-3,5$ do $-2,3$ °C. Na červené sjezdovce se sklonem 20° (variací od 18° do 20°) byla pomocí barevných kloboučků vytyčena 360 m dlouhá trasa. Kloboučky byly rozmístěny po 30 m. Účastníci výzkumu museli úsek třiceti metrů projít během 30 s, tedy rychlostí $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Každý testovaný měl u sebe GPS (Garmin eTrex 20, USA) ke kontrole rychlosti.

K měření byly využity 3 typy skialpinistického vybavení (lehké x středně těžké x těžké). Testovaný nejprve absolvoval 6 minut po rovinatém terénu, poté začal okamžitě stoupat po vytyčené 360 m dlouhé trase ve sklonu. Nahoře sundal pásy a sjel dolů, kde měl 5 minut na výměnu vybavení. Tyto 2 úseky absolvoval s každým vybavením.

Obrázek 1 – Skialpinistické testování



7.2.1 Použité skialpinistické vybavení

Byly použity 3 sady skialpinistického vybavení o různé hmotnosti. U všech typů vybavení byly použity stejné pásky – přírodní 100% mohér (Contour, Itálie) v délce 150 cm a lyžařské hole (Gipron), které byly nastaveny individuálně tak, aby měl každý testovaný při postavení holí rovnoběžně s tělem 90° v loketním kloubu. Ilustrační fotografie použitého vybavení lze nalézt v přílohách práce.

1. Závodní (ultralehké) vybavení

Tab 2 – Přehled použitého závodního vybavení

	Boty	Vázání	Lyže
Značka a název	Scarpa Alien 1.0 (carbon)	Montura Haereo	Sporten Guru
Země původu	Itálie	Itálie	Česká republika
Hmotnost	680 g	120 g	780 g
Hmotnost/pár	1360 g	240 g	1560 g
Velikost/délka	42	-	163 cm

Celková hmotnost vybavení činila **3160 g**.

2. Středně těžké (skitouringové) vybavení

Tab 3 – Přehled použitého středně těžkého vybavení

	Boty	Vázání	Lyže
Značka a název	Scarpa F1 race	Silvretta Pure	K2 Superlight RLS
Země původu	Itálie	Německo	USA
Hmotnost	1100 g	1327 g	1450 g
Hmotnost/pár	2200 g	2654 g	2900 g
Velikost/délka	42	-	153 cm

Celková hmotnost vybavení činila **7754 g**.

3. Těžké (freeridové) vybavení

Tab 4 – Přehled použitého těžkého vybavení

	Boty	Vázání	Lyže
Značka a název	Scarpa Rush	Marker Duke	K2 Side Stash
Země původu	Itálie	USA	USA
Hmotnost	1430 g	1300 g	2070 g
Hmotnost/pár	2860 g	2600 g	4140 g
Velikost/délka	42	-	188 cm

Celková hmotnost vybavení činila **9600 g**.

7.2.2 Použité přístroje

Během celého testování byla měřena minutová ventilace (V_E), spotřeba kyslíku (VO_2) a produkce oxidu uhličitého (VCO_2) pomocí přenosného analyzátoru (MetaMax®, Cortex Biophysic, Germany), který pracuje systémem „dech za dechem“ (nepřímá kalorimetrie).

Přístroj MetaMax® je mobilní, síťově nezávislý testovací systém pro sport, vědecké výzkumy i lékařství. Díky obousměrnému bezdrátovému přenosu, provozu na baterie a nízké hmotnosti (570 g včetně baterie) je možné přístroj používat jak pro laboratorní, tak pro terénní výzkumy. Bezdrátový dosah je až do vzdálenosti 1 km (MetaMax®, 2013).

Obrázek 2 – Přenosný analyzátor MetaMax®
(MetaMax®, 2013)



Přístroj MetaMax® byl upevněn na hrudi testovaného pomocí postroje. Před měřením byl zkalibrován směsí plynu (15% O_2 a 5% CO_2). Navíc proběhla před každým úsekem autokalibrace okolního ovzduší dle pokynů výrobce.

Srdeční frekvence byla po celou dobu testování měřena prostřednictvím MetaMax® pomocí sporttesteru Polar (Polar Electro OY, Finsko).

7.2.3 Vyhodnocování výsledků

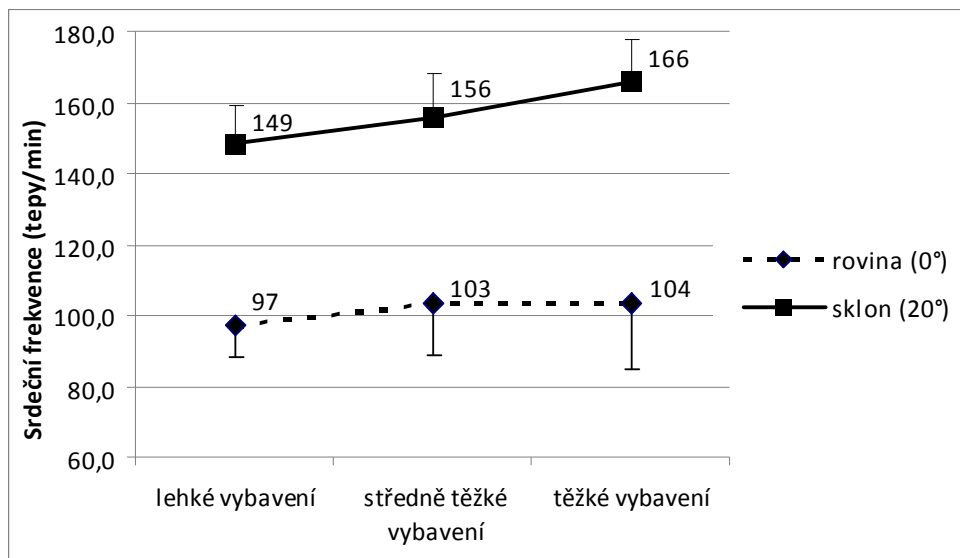
Pro charakterizaci fyziologické odezvy organismu během testování na skialpinistických lyžích byla použita deskriptivní statistika (průměr, směrodatná odchylka).

Za významné byly považovány rozdíly v hodnotách mezi jednotlivými typy vybavení, které u VO_2 překročily $2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

8 Výsledky

8.1 Vliv hmotnosti skialpinistického vybavení na srdeční frekvenci

Graf 4 – Srdeční frekvence (SF) při chůzi na skialpinistických lyžích po rovině (0°) a ve sklonu (20°) s využitím lehkého, středně těžkého a těžkého vybavení



Při sklonu 0° a využití lehkého vybavení (LV) byly u testovaných naměřeny průměrné hodnoty srdeční frekvence 97 ± 9 tepů za minutu. U středně těžkého vybavení (STV) byly naměřeny průměrné hodnoty SF probandů 103 ± 14 tepů za minutu a u těžkého vybavení (TV) 106 ± 17 tepů za minutu.

U STV bylo zaznamenáno navýšení o 6% oproti hodnotám při využití LV. U TV bylo zaznamenáno navýšení o 9% oproti hodnotám při využití LV a u TV došlo k navýšení o 3% oproti hodnotám při využití STV.

Při sklonu 20° a využití LV činila průměrná srdeční frekvence testovaných 149 ± 11 tepů za minutu. Při měření s STV byly naměřeny průměrné hodnoty SF probandů 156 ± 12 tepů za minutu a u TV byly naměřeny průměrné hodnoty SF probandů 166 ± 11 tepů za minutu.

U STV došlo k navýšení o 4,7% oproti hodnotám při využití LV. U TV bylo zaznamenáno navýšení o 11,4% oproti hodnotám při využití LV a u TV bylo navýšení o 6,4% oproti hodnotám při využití STV.

Tab 5 – Porovnání srdeční frekvence s využitím skialpinistického vybavení o různé hmotnosti při sklonu 0° a 20°

Sklon	Vybavení	SF	LV→STV	STV→TV	LV→TV
0°	LV	97 ± 9	↑ 6%	 	↑ 9%
	STV	103 ± 14		↑ 3%	
	TV	106 ± 17	 		
20°	LV	149 ± 11	↑ 4,7%	 	↑ 11,4%
	STV	156 ± 12		↑ 6,4%	
	TV	166 ± 11	 		

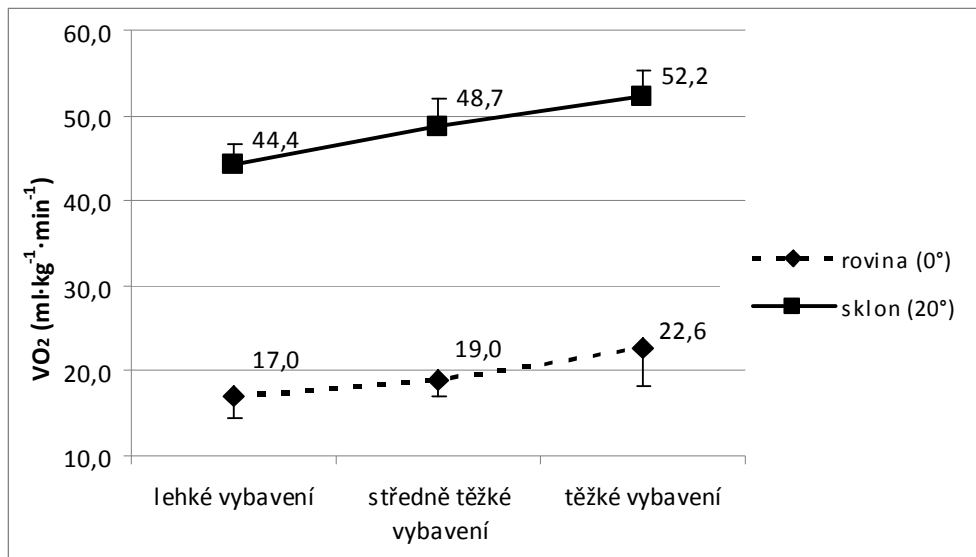
Při porovnání sklonu 0° se sklonem 20° bylo zaznamenáno snížení SF o 1,3% u STV oproti LV. Navýšení SF o 2,4% u TV oproti LV a navýšení SF o 3,4% u TV oproti STV.

Tab 6 – Porovnání sklonů svahů 0° a 20°

Porovnání sklonů svahů – 0° → 20°	
STV oproti LV	↓ 1,3%
TV oproti STV	↑ 3,4%
TV oproti LV	↑ 2,4%

8.2 Vliv hmotnosti skialpinistického vybavení na spotřebu kyslíku ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)

Graf 5 – Spotřeba kyslíku (VO_2) při chůzi na skialpinistických lyžích po rovině (0°) a ve sklonu (20°) s využitím lehkého, středně těžkého a těžkého vybavení



Při sklonu 0° činila průměrná VO_2 testovaných s LV $17,0 \pm 4,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, s STV $19,0 \pm 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ a s TV $22,6 \pm 8,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

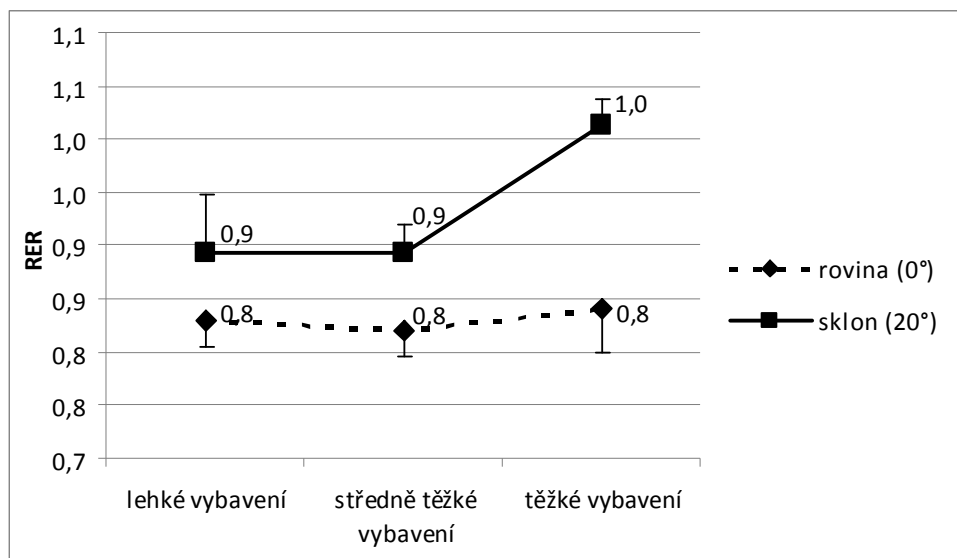
U STV bylo zaznamenáno navýšení o 11,8% oproti hodnotám při využití LV. U TV bylo zaznamenáno navýšení o 32,9% oproti hodnotám při využití LV a u TV došlo k navýšení o 18,9% oproti hodnotám při využití STV.

Při sklonu 20° a využití LV činila průměrná VO_2 testovaných $44,4 \pm 3,7$. U STV byly naměřeny hodnoty $48,7 \pm 5,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ a u TV $52,2 \pm 4,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

U STV došlo k navýšení o 9,6% oproti hodnotám při využití LV. U TV bylo zaznamenáno navýšení o 17,7% oproti hodnotám při využití LV a u TV bylo navýšení o 7,4% oproti hodnotám při využití STV.

8.3 Vliv hmotnosti skialpinistického vybavení na poměr výměny dechových plynů

Graf 6 – Poměr výměny dechových plynů (RER) při chůzi na skialpinistických lyžích po rovině (0°) a ve sklonu (20°) s využitím lehkého, středně těžkého a těžkého vybavení



Při sklonu 0° a využití LV byly u probandů naměřeny průměrné hodnoty RER $0,8 \pm 0,0$.

U STV byly naměřeny průměrné hodnoty $0,8 \pm 0,0$ a u TV hodnoty $0,8 \pm 0,0$.

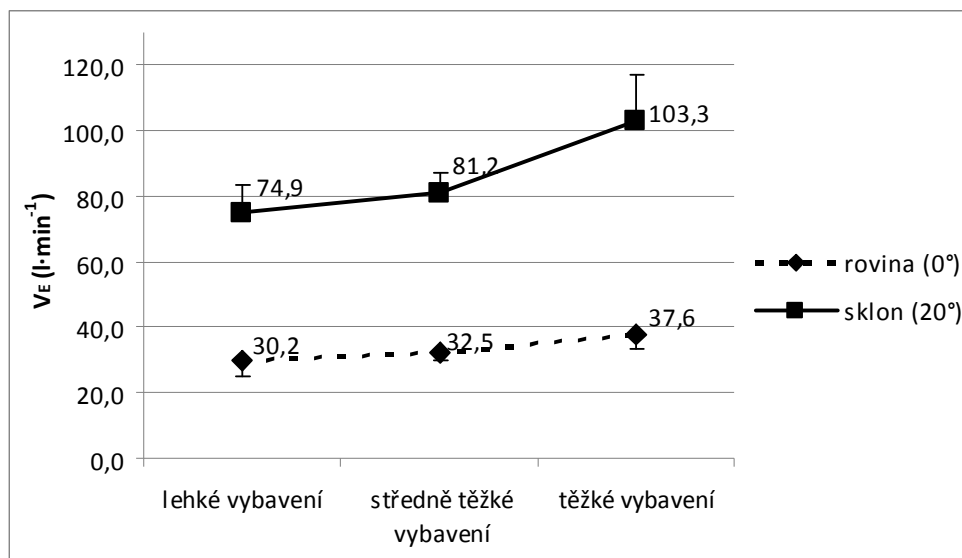
U STV bylo zaznamenáno navýšení o 1,0% oproti hodnotám při využití LV. U TV bylo zaznamenáno navýšení o 1,2% oproti hodnotám při využití LV a u TV došlo k navýšení o 2,4% oproti hodnotám při využití STV.

Při sklonu 20° činila průměrná RER testovaných s LV $0,9 \pm 0,1$, při měření s STV $0,9 \pm 0,0$ a s TV $1,0 \pm 0,0$.

U STV došlo k navýšení o 0% oproti hodnotám při využití LV. U TV bylo zaznamenáno navýšení o 13,5% oproti hodnotám při využití LV a u TV bylo navýšení o 13,5% oproti hodnotám při využití STV.

8.4 Vliv hmotnosti skialpinistického vybavení na minutovou ventilaci

Graf 7 – Minutová ventilace (V_E) při chůzi na skialpinistických lyžích po rovině (0°) a ve sklonu (20°) s využitím lehkého, středně těžkého a těžkého vybavení



Při sklonu 0° a využití LV byly u testovaných naměřeny průměrné hodnoty V_E $30,2 \pm 5,0$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$), u STV byly naměřeny průměrné hodnoty $32,5 \pm 2,8$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$) a u TV $37,6 \pm 3,8$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$).

U STV bylo zaznamenáno navýšení o 7,6% oproti hodnotám při využití LV. U TV bylo zaznamenáno navýšení o 24,5% oproti hodnotám při využití LV a u TV došlo k navýšení o 15,7% oproti hodnotám při využití STV.

Při sklonu 20° činila průměrná V_E testovaných s LV $74,9 \pm 9,0$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$). Při měření s STV $81,2 \pm 6,2$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$) a s TV $103,3 \pm 13,9$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$).

U STV došlo k navýšení o 8,4% oproti hodnotám při využití LV. U TV bylo zaznamenáno navýšení o 37,9% oproti hodnotám při využití LV a u TV bylo navýšení o 27,2% oproti hodnotám při využití STV.

9 Diskuse

Hlavní cílem našeho testování bylo zjistit vliv hmotnosti skialpinistického vybavení na energetickou náročnost při chůzi po sněhu.

K testování byly využity 3 typy skialpinistického vybavení, a to ultralehké – závodní, u kterého je kladen důraz na, co nejnižší hmotnost, středně těžké vybavení – skitouringové, zaměřující se jak na pohodlné stoupání, tak i klesání a těžké vybavení – freeridové, které se vyznačuje svou stabilitou, důležitou při sjezdu volným terénem.

Vzorek probandů obsahoval 6 skialpinistů, kteří měli předchozí zkušenost se závodním skialpinismem. Testování byli ve věku 22 – 36 let. Sklon svahu současné studie byl vyšší než u podobných studií zabývajících se pohybem s holemi na lyžích, nebo bez nich (Hansen, Smith, 2009; Tosi et al., 2009). Hlavní myšlenkou testování bylo simulovat reálné podmínky, kde se lyžaři snaží překonat trasu nejkratší cestou, která je z energetického hlediska nejvýhodnější.

Naše studie ukázala významný vliv hmotnosti vybavení na energetickou náročnost skialpinistického pohybu. Při sklonu 20° a využití LV činila průměrná VO_2 testovaných $44,4 \pm 3,7$. U STV byly naměřeny hodnoty $48,7 \pm 5,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ a u TV $52,2 \pm 4,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Při využití STV došlo k navýšení o 9,6% oproti hodnotám při využití LV. U TV bylo zaznamenáno navýšení o 17,7% oproti hodnotám při využití LV a u TV bylo navýšení o 7,4% oproti hodnotám STV.

Při sklonu 0° činila průměrná VO_2 testovaných s LV $17,0 \pm 4,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, s STV $19,0 \pm 3,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ a s TV $22,6 \pm 8,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Lokomoce na lyžích je více energeticky náročná než pěší turistika či výlet na sněžnicích v podobných podmínkách (Tosi et al., 2009). Figard-Fabre et al. (2009) zjistil průměrnou VO_2 $14,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ při chůzi s holemi mírně vyšší rychlostí než v našem testování, a to ($1,17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Vyšší příjem kyslíku ve skialpinismu lze částečně vysvětlit větší hmotností skialpinistického vybavení. Miller a Stamford (1987) ukazují, že větší hmotnost působící při chůzi na kotník, zvyšuje VO_2 o 0,8% ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100\text{g}^{-1}$). V našem případě ultralehké závodní vybavení vážilo 3160 g, což znamená 25% ($3,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) nárůst v porovnání s VO_2 při chůzi a 77% ($9,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) nárůst při použití těžkého vybavení s hmotností 9600 g. V důsledku toho je chůze na skialpinistických lyžích po rovině, bez započítávání nákladů na vynaloženou energii způsobenou hmotností vybavení, podobně energeticky náročná jako chůze s holemi.

U lehkého vybavení byly naměřeny průměrné hodnoty srdeční frekvence při sklonu 0° 97 ± 9 tepů za minutu. U středně těžkého vybavení 103 ± 14 tepů za minutu a u těžkého vybavení 106 ± 17 tepů za minutu.

Při sklonu 20° a využití lehkého činila průměrná srdeční frekvence testovaných 149 ± 11 tepů za minutu. U středně těžkého vybavení 156 ± 12 tepů za minutu a u těžkého vybavení byly naměřeny průměrné hodnoty SF probandů 166 ± 11 tepů za minutu. Po porovnání sklonů svahů 0° a 20° jsme zjistili, že při použití středně těžkého vybavení oproti lehkému vybavení, dojde ke zvýšení srdeční frekvence o 1,3%, při využití těžkého vybavení oproti středně těžkému vybavení, dojde ke zvýšení srdeční frekvence o 3,4% a při chůzi na těžkém vybavení oproti lehkému vybavení, dojde k nárůstu srdeční frekvence o 2,4%. Srdeční frekvence stoupá, nebo klesá v závislosti na sklonu svahu a použitém vybavení.

Poměr výměny dechových plynů – RER při chůzi po rovině 0° zaznamenal u středně těžkého vybavení nárůst o 1,0% oproti hodnotám při využití lehkého vybavení. U těžkého vybavení došlo k navýšení o 1,2% oproti hodnotám při využití lehkého vybavení a u těžkého vybavení došlo k navýšení o 2,4% oproti hodnotám při využití středně těžkého vybavení.

U chůze do svahu 20° došlo u středně těžkého vybavení k navýšení RER o 0% oproti hodnotám při využití lehkého vybavení. Při využití těžkého vybavení byl nárůst o 13,5% oproti hodnotám při využití lehkého vybavení a u těžkého vybavení bylo navýšení o 13,5% oproti hodnotám při využití středně těžkého vybavení.

U minutové ventilace V_E ($l \cdot \text{min}^{-1}$) při sklonu 0° a využití středně těžkého vybavení bylo zaznamenáno navýšení o 7,6% oproti hodnotám při využití lehkého vybavení. U těžkého vybavení došlo k navýšení o 24,5% oproti hodnotám při využití lehkého vybavení a u těžkého vybavení došlo k navýšení o 15,7% oproti hodnotám při využití středně těžkého vybavení.

Při sklonu 20° došlo u středně těžkého vybavení k nárůstu o 8,4% oproti hodnotám při využití lehkého vybavení. U těžkého vybavení bylo zaznamenáno navýšení o 37,9% oproti hodnotám při využití lehkého vybavení a u těžkého vybavení bylo navýšení o 27,2% oproti hodnotám při využití středně těžkého vybavení.

Na základě naměřených hodnot lze říct, že se naše hypotéza potvrdila. Při stoupaní svahem 20° činil rozdíl VO_2 při použití těžkého vybavení vůči lehkému 17,9%. SF vystoupala o 11,4% při použití těchto dvou typů vybavení. RER stoupl o 13,5% a V_E stoupla dokonce o 37,9%.

Hlavní síla a zároveň i omezení tohoto výzkumu je měření na přírodním sněhu v terénních podmínkách. Na energetickou náročnost pohybu po sněhu má značný vliv kvalita sněhu. Jelikož měření proběhlo v průběhu jednoho dne, měli jednotliví probandi srovnatelné podmínky. Tření při chůzi na skialpinistických lyžích je způsobeno pásy, které jsou nalepeny na skluznici lyží a jeho velikost se liší šířkou pásu, jeho délkou, materiálem, ze kterého je vyroben, přírodními podmínkami i technikou chůze. Na pásech jsou umístěny chlupy směrem dozadu, což způsobuje „nesmekavost“.

V této studii není vliv tření na energetickou náročnost chůze po sněhu měřen, avšak do dalších studií by ho bylo žádoucí zahrnout, z důvodu lepšího pochopení biomechanických a fyziologických aspektů lokomoce po sněhu.

10 Závěr

Našli jsme významný vliv hmotnosti vybavení na energetickou náročnost chůze na skialpinistických lyžích. Námi vybrané parametry (SF, VO_2 , RER a V_E) považujeme za adekvátní k posouzení energetické náročnosti chůze na sněhu s využitím skialpinistického vybavení o různé hmotnosti. Prostřednictvím výše uvedených parametrů a výsledků jsme potvrdili hypotézu, že energetická náročnost významně klesá při využití ultralehkého vybavení. Za významné považujeme rozdíly v hodnotách mezi jednotlivými typy vybavení, které u VO_2 překročily $2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

Při sklonu 0° a využití lehkého vybavení jsme naměřili průměrné hodnoty VO_2 $17,0 \pm 4,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, u středně těžkého vybavení, pak hodnoty $19,0 \pm 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, což představuje navýšení o 11,8% oproti lehkému vybavení a u těžkého vybavení $22,6 \pm 8,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, tedy nárůst o 32,9% oproti lehkému vybavení. Při sklonu 20° a využití lehkého vybavení činila průměrná VO_2 $44,4 \pm 3,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, u středně těžkého vybavení $48,7 \pm 5,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, došlo k nárůstu oproti lehkému vybavení o 9,6% a u těžkého vybavení $52,2 \pm 4,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, což odpovídalo navýšení o 17,7% oproti lehkému vybavení.

Na základě výsledků lze říct, že skialpinismus patří mezi energeticky velmi náročné sporty. I proto je důležité vybrat správný typ vybavení dle účelu využívání.

Publikace a práce zaměřující se na skialpinismus se v ČR stále rozrůstají, a proto věříme, že naše výsledky pomohou případným zájemcům o tento sport a danou problematiku k realizaci jejich studie.

Použité zdroje

BARTUŠKOVÁ, S. *Fyziologie člověka tělesných cvičení*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2007. ISBN 80-246-1171-6.

BENSON, R., CONNOLLY, D. *Trénink podle srdeční frekvence*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-4036-2.

BRANIGAN, H., JENNS K. *A complete guide to ski touring and ski mountaineering*. Author House, 2006. ISBN 978-1-4269-7024-6(e).

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

BROOKS, G. *Anaerobic treshold. Rewiv of the koncept*, Med. Sci. Sport Exerc., 17, 1984.

BULIČKA, M., *Info@hudy: Základy skialpinismu II*, Bynovec: Hudysport a.s., Leden 2009, 2. vyd.

BUNC, V. *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. 1. vyd. 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., HERNANDEZ, M., SOULIE, J. *Entrenamiento para deportes de Montana*, Estonia: Desnivel, 2004, 3. vyd., 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*. Aachen: Mayer & Mayer Sport Ltd., 2009.

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

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

DOVALIL, J. *Výkon a trénink ve sportu*, 2. vyd. Praha: Olympia, 2005. ISBN 80-7033-760-5.

DUCH, M. *ski-mountaineering* [online]. c2013, *poslední revise* 14. 12. 2012 [cit. 2. 2. 2013]. Dostupné z <<http://www.ski-mountaineering.cz>>.

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.

FIGARD-FABRE, H., FABRE, N., LEONARDI, A., & SCHENA, F. Physiological and perceptual responses to Nordic walking in obese middle-aged women in comparison with the normal walk. *European Journal of Applied Physiology*, 2009, 108(6), 1141-1151.

FOISSAC, M.J., BERTHOLLET, R., SEUS, J., BELLI, A., & MILLET, G.Y. Effects of hiking pole inertia on energy and muscular costs during uphill walking. *Medicine and science in sports and exercise*, 2008. 40(6), 1117-1125.

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.

HANSEN, E. A., SMITH, G. Energy Expenditure and Comfort During Nordic Walking with Different Pole Lengths. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2009, 23(4), 1187-1194.

HANNSMANN, L. *Motivace k vybraným sportům v přírodě*. Praha, 2010. Diplomová práce. Vedoucí diplomové práce Ladislav Vomáčko.

HAVLÍČKOVÁ, L. et al. *Fyziologie tělesné zátěže I.: Obecná část*. 2. dopl. vyd. Praha: Karolinum, 1997. ISBN 80-7184-354-7.

HAVLÍČKOVÁ, L. et al. *Fyziologie tělesné zátěže I.: Obecná část*. Praha: Karolinum, 2004. 80-7184-875-1.

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

JANDA, V. *Funkční svalový test*, 1. vyd. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-7169-208-5.

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.

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

KUHN, K. , NUSSER, S. , PLATEN, P. , VAFA, R. *Vytrvalostní trénink*, přeložil Vobr, R. , České Budějovice: Kopp, 2005. ISBN 80-7232-252-4.

LIENERTH, R. *Skialpinismus*. [online]. c 2007, *poslední revise* 2.12. 2012 [cit. 1.1. 2013]. Dostupné z <<http://www.climbingschool.cz>>.

LOUKOVÁ, T. *Motivace k lezecké a horolezecké činnosti*, Praha 2007. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí diplomové práce Ladislav Vomáčko.

MAJCEN, R. *Bergauf - Abenteuer Ausdauersport*, Schall Verlag (November 1), 2005. ISBN 978-3-900533-39-7.

MATOUŠKOVÁ, L. *Sledování dynamiky srdeční frekvence v Aerobic dynamik kickboxu a Aero-kickboxingu*. Praha, 2007. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí diplomové práce Jan Venzara.

MetaMax® [online]. c2013, *poslední revise* 7. 1. 2013 [cit. 20.3. 2013]. Dostupné z <<http://www.cortex-medical.de>>.

MILLER, J.F., STAMFORD, B. A. Intensity and enenergy cost of weighted walking vs running for men and women. [Article]. *Journal of Applied Physiology*, 1987. 62(4), 1197-1501.

MOUREK, J. *Fyziologie: Učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 1. vyd. Praha: Grada Publishig, 2005. ISBN 80-247-1190-7.

NAVRÁTIL, L. et al. *Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2319-8.

PEŠLOVÁ, M. *Kinetika krevního laktátu a krevní glukózy při různých zátěžových testech*. Praha, 1995. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí diplomové práce Jan Heller.

PFITZINGER, P., FREEDSON, P. The reliability of lactate measurements dutiny exercise. *International journal of sports Medicine*, 1998. 19(3), 345- 357.

PLACHETA, Z. et al. *Zátěžová diagnostika v ambulantní a klinické praxi*, 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999. ISBN 80-7169-271-9.

PROCHÁZKA, V., *Horolezectví*. 1. vyd. Praha: Olympia, 1990. ISBN 80-7033-037-6.

SHENK, 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*. Science and skiing: Ročník 5. Book of abstract (pp. 162). Austria: University of Salzburg, 2010.

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.

Sportvital [online]. c2013, *poslední revise* 25. 5. 2013 [cit. 16.7. 2013]. Dostupné z <<http://www.sportvital.cz>>.

ŠTEJFA, M. et al. *Kardiologie*. 3. přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1385-4.

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.

UHRÍN, P. „*Bokami*“ *Západných Tatier* [online]. c2013, [cit. 20. 5. 2013]. Dostupné z <<http://www.bokami.skialpfest.sk>>.

VILIKUS, Z., BRANDEJSKÝ, P., NOVOTNÝ, V. *Tělovýchovné lékařství*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0821-9.

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

WAGNER, P. *History of Patrouille des Glaciers* [online]. c2013, [cit. 4. 4. 2013]. Dostupné z <<http://www.he.admin.ch>>.

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 Dvořáčková, V., České Budějovice: Kopp, 2002. ISBN 80-7232-187-0.

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Skialpinistické testování.....	43
Obrázek 2 – Přenosný analyzátor MetaMax® (MetaMax®, 2013).....	45

Seznam tabulek

Tab 1 - Orientační hodnoty VO_{2max} a přibližné aerobní a anaerobní prahy u různých skupin jednotlivců (Canals et. al, 2004).....	36
Tab 2 – Přehled použitého závodního vybavení.....	44
Tab 3 – Přehled použitého středně těžkého vybavení.....	44
Tab 4 – Přehled použitého těžkého vybavení.....	45
Tab 5 – Porovnání srdeční frekvence s využitím skialpinistického vybavení o různé hmotnosti při sklonu 0° a 20°	48
Tab 6 – Porovnání sklonů svahů 0° a 20°	48

Seznam grafů

Graf 1 – Výškový profil závodu Trofeo Mezzalama (Majcen, 2005).....	20
Graf 2 - Výškový profil trati závodu Patrouille des Glaciers (Wagner, 2012).....	21
Graf 3 – Průběh laktátové křivky – AP a ANP (Sportvital, 2013).....	36
Graf 4 – Srdeční frekvence (SF) při chůzi na skialpinistických lyžích po rovině (0°) a ve sklonu (20°) s využitím lehkého, středně těžkého a těžkého vybavení.....	47
Graf 5 – Spotřeba kyslíku (VO_2) při chůzi na skialpinistických lyžích po rovině (0°) a ve sklonu (20°) s využitím lehkého, středně těžkého a těžkého vybavení.....	49
Graf 6 – Poměr výměny dechových plynů (RER) při chůzi na skialpinistických lyžích po rovině (0°) a ve sklonu (20°) s využitím lehkého, středně těžkého a těžkého vybavení.....	50
Graf 7 - Minutová ventilace (V_E) při chůzi na skialpinistických lyžích po rovině (0°) a ve sklonu (20°) s využitím lehkého, středně těžkého a těžkého vybavení.....	51

Přílohy

Příloha č. 1 Souhlas etické komise FTVS UK

Příloha č. 2 Informovaný souhlas

Příloha č. 3 Ilustrační foto ultralehkého skialpinistického vybavení

Příloha č. 4 Ilustrační foto těžkého skialpinistického vybavení (v záběru i lehké a středně těžké vybavení)

Příloha č. 5 Ilustrační foto chůze do svahu



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešslavín
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: Vliv skialpinistického vybavení na energetickou náročnost chůze po sněhu

Forma projektu: diplomová práce

Autor (hlavní řešitel): Bc. Martina Směťáková

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

Popis projektu

Cílem studie je zjistit jak velký vliv na energetickou náročnost chůze do kopce má hmotnost skialpinistického vybavení. Ke studii bude využit přenosný analyzátor. Testování se uskuteční na sjezdovce v Deštném v Orlických horách.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:

Při provádění testů bude 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

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: 0134/2012

dne: 20. 6. 2012

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

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

razítko školy
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: Vliv skialpinistického vybavení na energetickou náročnost chůze po sněhu.

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 terénní měření funkčních parametrů při použití 3 různých skialpinistických vybavení.

Realizace měření:

Testování bude probíhat na červené sjezdovce se sklonem 20°.

Proband vždy absolvuje s každým typem vybavení nejprve 5 minut chůze po rovině a poté plynule naváže 5 minutami chůze do kopce po sjezdovce. Celý test bude probíhat v konstantní rychlosti 3,5 km/h. Po absolvování obou úseků bude následovat výměna vybavení s intervalem 10 minut před dalším úsekem. Použito bude ultralehké (závodní), klasické skitoutringové a freeridové vybavení.

Pan (í), níže podepsaný (á), narozen (á) po přečtení popisu měření souhlasí s účastí na testování pro diplomovou práci „Vliv skialpinistického vybavení na energetickou náročnost chůze po sněhu“ prováděnou v rámci FTVS UK. V jeho průběhu může kdykoli opustit tento projekt.

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

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

Autor diplomové práce: Bc. Martina Směťáková

.....

Testovaný:

.....

V Praze dne:

Příloha č. 3 Ilustrační foto ultralehkého skialpinistického vybavení



Příloha č. 4 Ilustrační foto těžkého skialpinistického vybavení (v záběru i lehké a středně těžké vybavení)



Příloha č. 5 Ilustrační foto chůze do svahu

