

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Autoreferát disertační práce v oboru kinantropologie

ENERGETICKÁ NÁROČNOST SKIALPINISMU

Autor: Mgr. Matouš Jindra
Školící pracoviště: UK FTVS, Biomedicínská laboratoř
Školitel: doc. MUDr. Jan Heller CSc.

Disertační práce byla vypracována v průběhu let 2009 - 2012.

Disertační práce představuje původní rukopis. S jejím úplným textem je možné se seznámit v Ústřední tělovýchovné knihovně, José Martího 31, 162 52 Praha 6 - Veleslavín.

Práce byla podpořena:

Studie vznikla s podporou VZ MŠMT ČR MSM 0021620864 a SVV.
Fond mobility UK 2012 – stipendium na studijní stáž v Řecku.

Úvod

Disertační práce se zabývá problematikou energetické náročnosti pohybu při skialpinismu, zejména vlivu sklonu svahu na změnu zatížení organismu v závislosti na rychlosti skialpinistické chůze při zachování konstantního převýšení a času.

Skialpinismus je fyzicky velice náročným sportem. Klade důraz na celé spektrum sportovních schopností a dovedností. Je známo, že největší nároky jsou na funkční parametry organismu. Často několikahodinové stoupaní do kopce vyžaduje přinejmenším dobrou fyzickou kondici. Soutěžní skialpinismus představuje střídavou zátěž na přelomu aerobního a anaerobního krytí. Při jízdě na lyžích lze stoupat i do velmi prudkých svahů a je předmětem zkoumání, jaký sklon svahu je vhodný pro vynaložení nejmenšího úsilí.

Mnoho sportovců se při soutěžích spoléhá na intuitivní zvolení sklonu svahu. Pořadatelé soutěží často pouze vytyčí přibližný směr závodu a je na soutěžících, jakou trasu zvolí. Správné zvolení trasy (sklonu svahu) dosud nebylo podloženo teoretickými fakty o vynaložení optimálního úsilí na lokomoci při různých sklonech svahu se skialpinistickým vybavením. Často je při soutěžích vidět situace, kdy závodník zvolí nejkratší možnou variantu postupu svahem až do doby, kdy začne vydávat velké množství energie na udržení adheze lyží se sněhem. Odklonem od spádnice svahu závodník opět zvýší adhezi lyží se sněhem, ale za předpokladu prodloužení trasy. Rozdíl ve spontánním zvolení sklonu svahu je možné vidět u rozdílné výkonnosti sportovců. Ti lepší obvykle volí strmější svah.

Z důvodu aplikace této studie do praxe, byly zvoleny základní sklony pásového ergometru tak, aby jejich rozložení pokrývalo spektrum převážně vyskytujících se svahů při soutěžích a skialpinistických túrách.

Při snaze o neustálé zvyšování výkonnosti sportovců je žádoucí hledat další možnosti zvyšování efektivity skialpinistického lyžování. Rychlost postupu svahem je podmíněna fyziologickými parametry organismu, trénovaností, psychickým stavem a dalšími okolnostmi. Současné technologie umožnily snížit hmotnost skialpinistického vybavení na minimum, a proto se hledají další možnosti, jak vylepšit skialpinistický výkon. S přihlédnutím na často extrémní náročnost skialpinistických soutěží se zvyšuje významnost ekonomizace pohybu, techniky pohybu a taktika postupu svahem, která při dlouho trávající zátěži může být významným činitelem při celkové únavě organismu způsobené nesprávným řešením postupu svahem.

Disertační práce má široký význam nejen pro soutěžní formy skialpinismu, kde se předpokládá vysoká úroveň znalostí a zkušeností postupu svahem, ale zároveň mění pohled většiny turistické skialpinistické populace na řešení situací při stoupaní svahem.

Cíle, hypotézy, úkoly

Cíle:

Cílem práce bylo porovnat různé varianty postupu svahem na změnu zatížení organismu v závislosti na rychlosti skialpinistické chůze a sklonu svahu při zachování konstantního převýšení.

Hypotézy:

1. Stoupání svahem přímo je energeticky méně náročné než stoupání s odchylkou směru od spádnice.
2. Energetický výdej klesá za předpokladu rostoucího sklonu svahu, konstantního převýšení a zkracující se vzdálenosti až do bodu, kde skialpinista ztrácí při odrazu adhezi s podkladem.

Úkoly:

1. Rešerše literatury.
2. Příprava protokolu pro postup svahem se změnou zatížení organismu v závislosti na rychlosti skialpinistické chůze a sklonu svahu při zachování konstantního převýšení.
3. Výroba speciálně upravených kolečkových lyží a holí.
4. Sběr antropometrických hodnot výzkumného souboru.
5. Realizace laboratorního měření.
6. Zpracování a vyhodnocení výsledků.

Metodika výzkumu

Tento projekt je empirickým výzkumem a skládá se z jednoduchého vnitroskupinového experimentu.

Soubor tvořilo 12 mužů (průměr \pm směrodatná odchylka) ve věku $30,2 \pm 7,7$ let, o tělesné výšce $181,1 \pm 5,8$ cm a tělesné hmotnosti $77,3 \pm 9,9$ kg (tuku $10,2 \pm 2,6$ %, aktivní tělesné hmoty $69,3 \pm 7,8$ kg) určeno metodou kaliperace podle Pařízkové (1962)). Jednalo se o studenty tělovýchovného směru na UK FTVS, členy Horské služby Orlických hor a Krkonoš, kteří aktivně sportují, a reprezentační skialpinisty. Všichni testovaní měli předchozí zkušenosti se soutěžním skialpinismem. Žádný ze subjektů neuvedl skutečnosti, které by mohly ovlivnit průběh měření. Během posledních dvou let žádný z probandů neutrpěl zranění nebo vážné onemocnění, které by ho omezovalo v testování. Žádný z testovaných nebyl kontraindikován pro aplikaci fyzické zátěže a spirometrické a spiroergometrické měření.

Výzkum byl schválen etickou komisí UK FTVS a testovaní byli informováni o průběhu testování a svým podpisem dali souhlas k měření. Souhlas etické komise a vzor informovaného souhlasu je součástí příloh.

Experimentální plán

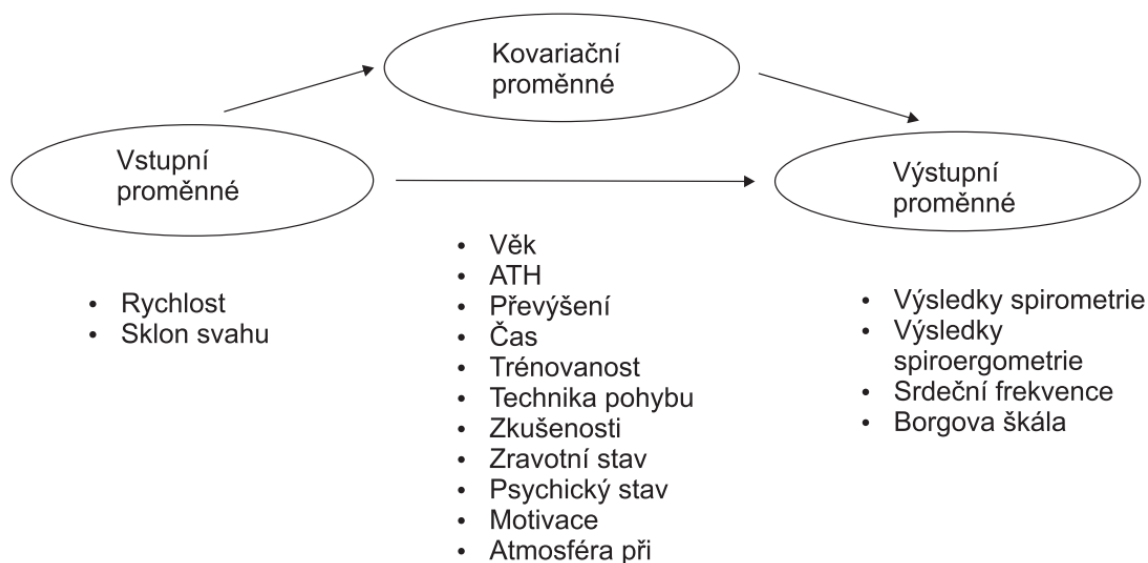
Randomizace probíhala rozdělením respondentů do 4 skupin po 3 lidech přiřazením hodnot pomocí tabulky náhodných čísel tak, aby každé číslo mělo stejnou pravděpodobnost přiřazení. Tato náhodná čísla dostanou v dalším kroku přiřazena pořadí, které odpovídají jejich velikosti. Z těchto pořadí pak vyplyne jednoduché pravidlo pro zařazení do skupin: respondenti s pořadím 1-3 jsou zařazeni do první skupiny, s pořadím 4-6 do druhé skupiny atd. viz následující tabulka.

Tabulka 1 - Randomizace do skupin

Respondenti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Náhodná č.	23	7	92	11	37	61	99	83	74	35	74	3
Pořadí	4	2	11	3	6	8	12	10	7	5	9	1
Skupiny	II	I	IV	I	II	III	IV	IV	III	II	III	I

Schéma 2 - Specifikace vstupních, výstupních proměnných a uvažované kovariační proměnné,

kteřé by mohly mít vliv na výsledky



Zpracování výsledků

Pro vyhodnocení výsledků byly použity metody základní popisné statistiky: míry centrální tendence - aritmetický průměr, míry variability – rozptyl, směrodatná odchylka.

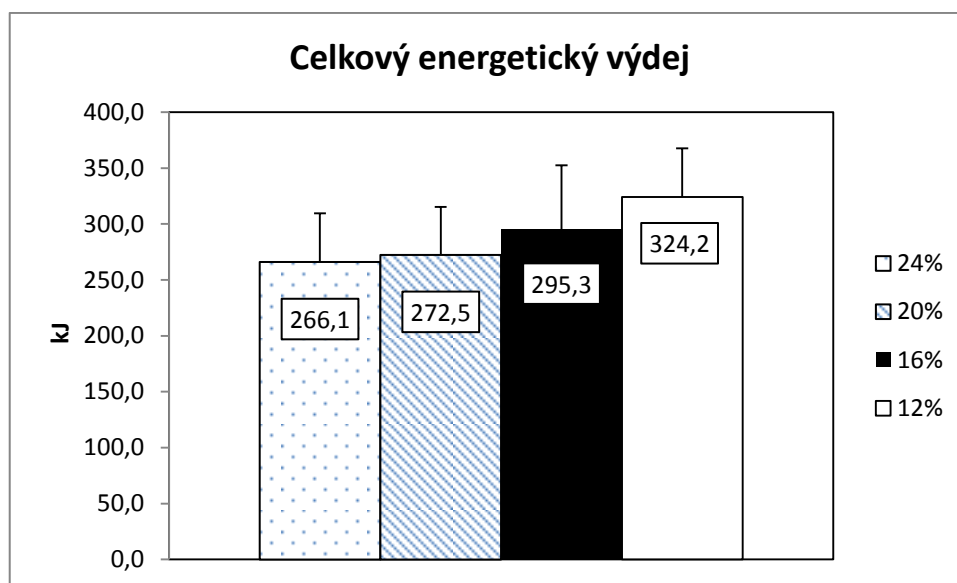
Významnost výsledků byla ověřena pro průběžný energetický výdej, SF, ventilaci, dechovou frekvenci a spotřebu kyslíku ve všech protokolech analýzou rozptylu s opakovaním měření. Předpoklady analýzy byly ověřeny Mauchlyho testem sféricity. Věcná významnost výsledků byla posuzována koeficientem η^2 , který vyjadřuje procento celkového rozptylu vysvětleného nezávisle proměnnou. Statistická významnost rozdílů byla stanovena na hladině $p \leq 0,05$. K vyhodnocení výsledků byl použit statistický program SPSS pro Windows verze 20.0.

Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky antropometrických ukazatelů, spirometrie, spiroergometrie a energetického výdeje uvádíme ve sloupcových grafech. Směrodatná odchylka měření je zahrnuta v grafu jako horní mez. Průběžný energetický výdej je z důvodů přehlednosti prezentován spojnicovým grafem. Procentuální rozdíly výstupních proměnných v jednotlivých zátěžích jsou prezentovány v tabulkách. V textu uvádíme pro každý naměřený parametr spiroergometrických ukazatelů analýzu rozptylu s F-statistikou a s posouzením věcné významnosti výsledků (η_p^2). Průměry maximální a průměrné SF byly hodnoceny pomocí sloupcových grafů v závislosti na druhu zotavení. Borgova škála byla hodnocena pomocí modusu z důvodu ordinálnosti dat.

Výsledky

Energetický výdej

Graf 1 - Celkový energetický výdej při různých sklonech svahu

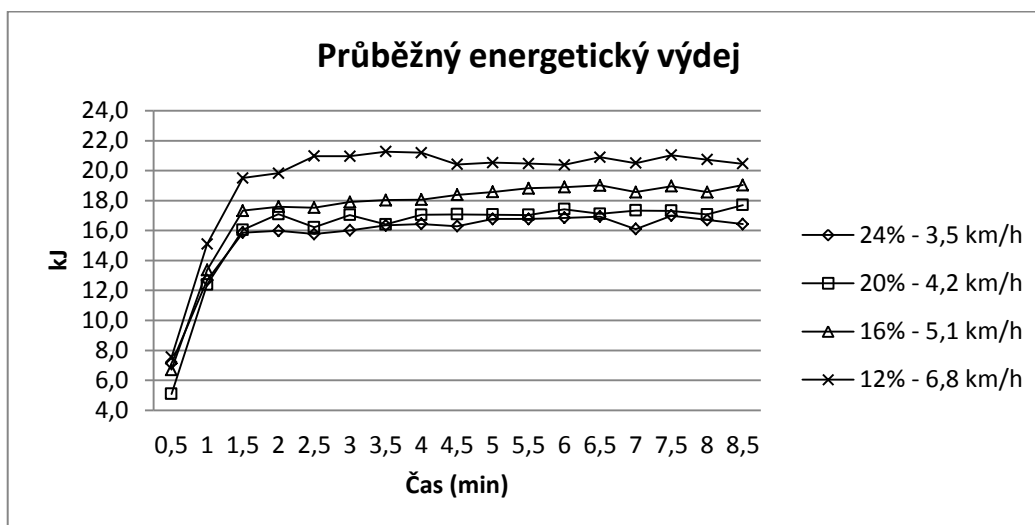


Celkový energetický výdej koresponduje s délkou a charakterem zátěže jednotlivých zátěžových protokolů.

Tabulka 3 - Procentuální změny (↓ poklesu a ↑ vzestupu) celkového energetického výdeje

Procentuální (%) změny celkového energetického výdeje							
	24%		20%		16%		12%
20%	↑2,4	24%	↓2,4	24%	↓11	24%	↓21,9
16%	↑11	16%	↑8,1	20%	↓8,1	20%	↓18,8
12%	↑21,9	12%	↑18,8	12%	↑9,9	16%	↓9,9

Graf 2 - Průběžný energetický výdej při různých sklonech svahu



Průběžný energetický výdej je pro přehlednost uváděn ve spojnicovém grafu s viditelným nástupem hodnot do setrvalého stavu nastavené zátěže.

Tabulka 4 - Procentuální změny (↓ poklesu a ↑ vzestupu) průběžného energetického výdeje

Procentuální (%) změny průběžného energetického výdeje							
	24%		20%		16%		12%
20%	↑1,9	24%	↓1,9	24%	↓10,8	24%	↓24,2
16%	↑10,8	16%	↑8,8	20%	↓8,8	20%	↓21,9
12%	↑24,2	12%	↑21,9	12%	↑12,1	16%	↓12,1

Změny sklonu svahu a rychlosti v zátěžových protokolech vyvolávají změny energetického výdeje se statisticky i věcně významnými rozdíly ($p=0,000$), $\eta_p^2=0,79$. Pro 20% vs 24%= 1,9 ($p=0,05$), $\eta_p^2=0,308$, pro 16% vs 20%= 8,8 ($p=0,01$), $\eta_p^2=0,68$, pro 12% vs 16%= 21,1 ($p=0,00$), $\eta_p^2=0,82$.

Diskuse

Cílem práce bylo porovnat různé varianty postupu svahem na změnu zatížení organismu v závislosti na rychlosti skialpinistické chůze a sklonu svahu, při zachování konstantního převýšení. Jednalo se o laboratorní studii, modelovanou na základě přenesených poznatků z terénních podmínek. Zátěžové protokoly byly voleny tak, aby pokryly nejpoužívanější spektrum sklonů při chůzi na skialpinistických lyžích (Ardigò et al., 2003).

Studie se zúčastnilo 12 sportovců s pravidelnou pohybovou aktivitou a zkušenostmi se soutěžním skialpinismem. Jedinci, kteří se podíleli na výzkumu, pravidelně provozovali širokou škálu pohybových aktivit minimálně třikrát týdně. Z důvodu zachování denního biorytmu bylo měření prováděno vždy dopoledne a u jednotlivých skupin byl zachován stejný čas měření. Všichni se účastnili celého měření. V průběhu měření neprodělali žádné onemocnění, které by vedlo ke změnám výsledků. Během posledních dvou let žádný z probandů neutrpěl zranění nebo onemocnění vážnějšího charakteru. Zkoumaný soubor byl randomizací náhodně rozřazen do 4 skupin. Z důvodů časové náročnosti měření nebylo možné provést testování celého souboru jako celku.

Náhodným rozřazením bylo dosaženo stejných podmínek testování pro jednotlivé probandy. Jednoduchý plán studie byl volen z důvodů zajištění kompaktnosti celého souboru. Někteří účastníci výzkumu na testování museli přijet z několika stovek kilometrů vzdálených míst České republiky a nebylo pro ně možné absolvovat složitější design studie. V testovaném souboru se nacházeli 3 reprezentanti České republiky ve skialpinismu, 6 členů Horské služby pravidelně se účastnících závodů Českého poháru a 3 probandi z řad skialpinistů startujících v soutěžích za kategorii open.

Jedinci byli motivováni hlasitým povzbuzováním a vizuálně pomocí aktuálních výsledků na monitoru. Nemohli jsme však ovlivnit aktuální dispoziční stav jedince. V laboratoři se nevyskytovaly jiné osoby, které by mohly jedince při zatěžování obtěžovat, nebo jinak na něj působit. Uvažujeme však také možný vliv vnitřního diskomfortu (laboratorních podmínek) nebo jiných vlivů psychologických jevů v průběhu měření. Psychologickou stránku, ani motivaci jedince tato studie neobsáhla.

Problematikou laboratorního testování skialpinismu je přenesení stejných pohybových vzorců a zvyklostí z terénních podmínek na široký pásový ergometr. Ovládání speciálně upravených kolečkových lyží je technicky náročné zejména pro probandy, kteří na těchto lyžích jedou poprvé. Někteří probandi absolvovali několik jiných testování a jízda na lyžích jim nedělala žádné problémy a z jejich subjektivních pocitů bylo dosaženo u maximálního testu maximální úrovně úsilí. Někteří jedinci, měli s technikou pohybu problémy, a maximální úrovně úsilí při maximálním testu nedosáhli (Jindra et al., 2012). V předložené studii měli někteří jedinci, s technikou pohybu problémy, což mohlo ovlivňovat analyzovaná data, viz RPE tabulka 8.

Dle Máčky & Vávry (1988) by měla být činnost využita pro testování maximálních hodnot jednoduchá a bez větších nároků na obratnost. Stejně tak Lamb (1978) poukazuje na to, že by test neměl být závislý na dovednostech sportovců.

Úskalím tohoto měření je zároveň nedostatečná adheze holí s běhacím pásem. Hole jsou osazeny speciálním gumovým chráničem tak, aby nedocházelo k poškození pásu. Tento gumový chránič při větším sklonu nevytváří dostatečnou adhezi s pásem a hole se začínají smekat. Je nutné přizpůsobit techniku pohybu holí předsunutím odpichu více vpřed, což může způsobovat problémy vzhledem k navyklému pohybovému stereotypu.

Pro získání vysoké externí validity s podmínkami terénního prostředí byl expertním odhadem analyzován odpor koleček na kolečkových lyžích s odporem stoupacích pásů. K dispozici byly 3 druhy koleček s různými odporovými vlastnostmi: soft – vysoký odpor, medium – střední odpor, hard – nízký odpor. Pro potřeby předložené studie byla používána kolečka typu medium. Odpor kolečkových lyží má významný vliv na náročnost prováděného pohybu (Millet et al., 1998; Henchoz et al., 2010).

Přesnost měření spiroergometrie byla ovlivněna dvěma zásadními faktory: technickou a biologickou chybou. Technická chyba používaných přístrojů je na standardní úrovni. Chyba plynového analyzátoru může být maximálně 3 %. Odchylka rychlosti běhacího pásu maximálně $0,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a odchylka kalibračního plynu 0,01 %. Biologická chyba může být vytvořena hyperventilací, kyslíkovým dluhem nebo jinými vlivy. Biologické chyby lze většinou nalézt analýzou dat.

Sklon pásového ergometru doposud používaný ve studiích skialpinismu se pohybuje do 24 %. Ve sklonu 21 % se jako nejvýhodnější rychlost pohybu ukazuje $3,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, při které byla nalezena nejnižší energetická spotřeba $10,6 \pm 0,2 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ (Tosi et al., 2010). Předložená studie pracuje současně s několika sklony najednou, největší je 24 %, při kterém byla v této studii nalezena nejnižší energetická spotřeba $11,9 \text{ kJ} \cdot 0,5 \text{ min}^{-1}$ rovněž při rychlosti $3,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. V nižších sklonech a stoupající rychlosti se hodnoty zvyšovaly. Otázkou zůstává, do jaké úrovně zachovat trend zvětšujícího se sklonu a snižování rychlosti za podmínek klesajícího energetického výdeje. Pásový ergometr použitý v této studii dosahuje maximálního sklonu plošiny 25 %, prudší svah zůstává v tomto ohledu neznámou.

Energetický výdej je pravděpodobně nejsledovanějším údajem ve studiích zabývajících se skialpinismem. Důvodem může být fakt, že skialpinismus se řadí mezi nejnáročnější zimní sporty a závodníci, provozující tento sport na vysoké úrovni, se mohou chlubit extrémně vysokým VO_2max jako např.: Španělský skialpinista Kilian Jornet Burgada (24 let) dosahuje hodnot VO_2max $92 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Hepnar, 2010).

Nálezem předložené studie je zvyšující se energetický výdej s klesajícím sklonem svahu a zvyšující se rychlostí. Pokud se opomene poslední podmínka (rychlost), je tento nález opačným tvrzením studie (Jindra, 2009). Získané výsledky z 12% protokolu se velmi přibližují uváděným hodnotám z dvoudenního závodu ve skialpinismu, kde jsou průměrné hodnoty energetického výdeje $54,06 \pm 2,9 \text{ kJ} \cdot \text{min}^{-1}$ (Bourrilhon et al., 2009). Tosi et al.

(2009) hledal souvislosti v energetickém výdeji v závislosti na hmotnosti skialpinistického vybavení. Měření prováděl na 21% svahu a dopěl k závěrům, že ideální rychlostí pro co nejmenší energetický výdej je $3,5 \text{ km h}^{-1}$.

Mnoho sportovců se při soutěžích spoléhá na intuitivní zvolení sklonu svahu. Správné zvolení trasy (sklonu svahu) dosud nebylo podloženo teoretickými fakty o vynaložení optimálního úsilí na lokomoci při různých sklonech svahu se skialpinistickým vybavením. Často je při soutěžích vidět situace, kdy závodník zvolí nejkratší možnou variantu postupu svahem až do doby, kdy začne vydávat velké množství energie na udržení adheze lyží se sněhem. Odklonem od spádnice svahu závodník opět zvýší adhezi lyží se sněhem, ale za předpokladu prodloužení trasy. Rozdíl ve spontánním zvolení sklonu svahu je možné vidět u rozdílné výkonnosti sportovců. Ti lepší obvykle volí strmější svah.

Při snaze o neustálé zvyšování výkonnosti sportovců je žádoucí hledat další možnosti zvyšování efektivity skialpinistického lyžování. Rychlost postupu svahem je podmíněna fyziologickými parametry organismu, trénovaností, psychickým stavem a dalšími okolnostmi. Současné technologie umožnily snížit hmotnost skialpinistického vybavení na minimum, a proto se hledají další možnosti, jak vylepšit skialpinistický výkon. S přihlédnutím na často extrémní náročnost skialpinistických soutěží se zvyšuje významnost ekonomizace pohybu, techniky pochybu a taktika postupu svahem, která při dlouhotrvající zátěži může být významným činitelem při celkové únavě organismu způsobené nesprávným řešením postupu svahem.

Pro minimalizaci vlivu vnějšího prostředí (rychlost a směr větru, povrch, kvalita sněhu, váha vybavení, počasí, tlak vzduchu, rušivé vlivy) jsme výzkum uskutečnili v laboratorních podmínkách za stálé teploty a tlaku. Připouštíme, že při opakování měření reálných podmínkách nemusí být dosaženo stejných výsledků.

Závěr

Po zpracování organismu na nastavenou zátěž se průměrné hodnoty EV nelineárně zvyšovaly s klesajícím sklonem svahu a stoupající rychlostí. Při sklonu 24 % a rychlosti $3,5 \text{ km h}^{-1}$ byl průměrný EV $15,7 \text{ kJ} \cdot 0,5 \text{ min}^{-1}$, celkově bylo v průměru spotřebováno $266,1 \pm 46,2 \text{ kJ}$. Při sklonu 20 % a rychlosti $4,2 \text{ km h}^{-1}$ byl průměrný EV $16,0 \text{ kJ} \cdot 0,5 \text{ min}^{-1}$, celkově bylo v průměru spotřebováno $272,5 \pm 42,9 \text{ kJ}$. Při sklonu 16 % a rychlosti $5,1 \text{ km h}^{-1}$ byl průměrný EV $17,4 \text{ kJ} \cdot 0,5 \text{ min}^{-1}$, celkově bylo v průměru spotřebováno $295,3 \pm 57,1 \text{ kJ}$. Při sklonu 12 % a rychlosti $6,8 \text{ km h}^{-1}$ byl průměrný EV $19,6 \text{ kJ} \cdot 0,5 \text{ min}^{-1}$, celkově bylo v průměru spotřebováno $324,2 \pm 43,4 \text{ kJ}$. Čas trvání všech testů byl 8 minut 30 vteřin. U sklonu 12 % a rychlosti $6,8 \text{ km h}^{-1}$ měli 3 sportovci problém s

dokončením testu z důvodů vysokých nároků na techniku pohybu při takto vysoké rychlosti.

Studie potvrzuje 1. hypotézu, že stoupání svahem přímo je energeticky méně náročné než stoupání s odchylkou směru od spádnice při zachování stejného převýšení a času překonávané vzdálenosti. Otázkou však zůstává, do jaké úrovně sklonu svahu je stoupání přímo svahem energeticky méně náročné.

Hypotézu č. 2 se v této studii nepodařilo potvrdit v celém rozsahu. Energetický výdej klesá za předpokladu rostoucího sklonu svahu, konstantního převýšení a zkracující se vzdálenosti, ale bod, ve kterém skialpinista ztrácí při odrazu adhezi s podkladem, se nám nepodařilo nalézt. Stoupání do vyšších sklonů v laboratorních podmínkách je obtížně proveditelné a je úkolem dalších studií provést měření EV ve vyšších sklonech svahu než je 24 %.

Podle našich dat podporujeme sportovce a trenéry k nácviku chůze a techniky chůze do prudkých svahů nad 20 %. Tréninkové metody by měly být vedeny s přihlédnutím na uváděné výsledky. Kombinací dostatečně prudkého svahu a zvládnuté techniky dosáhneme lepších časů. Tyto závěry je možné aplikovat na závodní formu skialpinismu, kde je klíčové zvolení správné taktiky postupu svahem a vyběhnutí do kopce co nejrychleji. V praxi turistického skialpinismu je ve většině případů uplatňován postup svahem s odchylkou směru od spádnice v rozsahu 12-20 % v závislosti na druhu terénu, což se aktuálně může ukazovat jako energeticky méně náročné, ale v celkovém součtu tento skialpinista spotřebuje s ohledem na tuto studii o 22 % víc energie, než kdyby postupoval přímo svahem. U turistické formy skialpinismu stojí za zvážení samotnými sportovci, zdali se jim při dlouhodobém stoupání do kopce vyplatí ušetřit síly stoupáním svahem přímo.

Pro interpretaci výsledků v širším kontextu byla provedena rozsáhlá analýza relevantní odborné literatury. Analyzovány byly především prameny z výzkumných ústavů, výsledky výzkumných projektů, sborníky z konferencí, studentské absolventské práce (bakalářské, diplomové, disertační) a vlastní analytické práce. Ukázalo se zejména, že ve stávající mně dostupné literatuře nebylo studované téma prozatím podloženo dostatkem odborných informací. Tato skutečnost podtrhuje význam právě tematického zaměření zde presentovaného. Je žádoucí nejen vyhledávat dosavadní poznatky, ale současně potřebné poznatky vytvářet, k čemuž je velmi důležité právě provedení vlastních výzkumů a jejich interpretace.

Vybrané bibliografické citace

- Ardigò, L. P., Saibene, F., & Minetti, A. E. (2003). The optimal locomotion on gradients: walking, running or cycling? *European journal of applied physiology*, 90, 377–386.
- Bourrilhon, C., et al. (2009). Energy Expenditure During an Ultraendurance Alpine Climbing Race. *Wilderness and Environmental Medicine*, 20, 225-233.
- Canals, J., Hernández, M., & Soulié, J. (2004). *Entrenamiento para deportes de Montana*, Estonia: Desnivel.
- Canclini, A., et al. (2009). *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.
- Diaz, E., et al. (2010). Cell damage, antioxidant status, and cortisol levels related to nutrition in ski mountaineering during a two-day race. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 338-346.
- Dieška, I., & Širl, V. (1989). *Horolezectví zblízka*. Praha: Olympia.
- Doppelmayr, M. (2010). *Effect of exercise dependence and sensation seeking on risk behavior in ski mountaineers*. Science and skiing: Ročník 5. Book of abstract (pp. 31). Austria: University of Salzburg.
- Faulhaber, M., Flatz, M., & Brutscher, M. (2007). Frequency of Cardiovascular diseases among Ski Mountaineers in the Austrian Alps. *International journal of sports Medicine*, 28(1), 1 – 90.
- Haudum, A., et al. (2010). *Physiological responses in ski tourers walking with support of elastic cords*. Science and skiing: Ročník 5. Book of abstract (pp. 76). Austria: University of Salzburg.
- Henchoz, Y., Crivelli, G., Borrani, F., & Millet, G. P. (2010). A new method to measure rolling resistance in treadmill cycling. *Journal of sport science*, 28(10), 1043-1046.
- Hepnar, J. (2010). *Vzestup srdeční frekvence ve skialpinismu*. Nепublikovaná bakalářská práce, Universita Karlova Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- Jindra, M., Vomáčko, Formánková, D., & Coufalová, K. (2012). Analýza zátěžových testů u skilpinistů. *Studia sportiva*, 6(1), xx-xx.
- Lamb, D. (1978). *Physiology of exercise, responses and adaptations*. New York: Macmillon Publishing Company.
- Larson, P., et al. (2002). Physiological predictors of performance in cross-country skiing from treadmill tests in male and female subjects. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12, 347-353.

- Lindinger, S. J., Göpfert, C., Stöggl, T., Müller, E., & Holmberg, H. Ch. (2009). Biomechanical pole and leg characteristics during uphill diagonal roller skiing. *Sports Biomechanics*, 8(4), 318–333.
- Máček, M., & Vávra, J. (1988). *Fyziologie a patofyziologie tělesné zátěže*. Praha: Avicem.
- Marino, G., et al. (1980). *A technique profile of the diagonal stride patterns of highly skilled female cross-country skiers*. In R. Nadeau (Ed), *Psychology of motor behavior and sport*, (pp. 615–624). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Millet, G. Y., et al. (1997). Effect of rolling resistance on poling forces and metabolic demands of roller skiing. *Medicine and science in sport and exercise*, 30(5), 755–762.
- Mognoni, P., Rossi, G., Gastaldelli, F., Canclini, A., & Cotelli, F. (2001). Heart rate profiles and energy cost of locomotion during cross-country skiing race. *European Journal of Applied Physiology*, 85, 62–67.
- Pohl, W., & Schellhammer, CH. (2005). *Skialpinismus a skitouring*. Vsetín: Snow press.
- Shenk, K., Faulhaber, M., Gatterer, H., Burtscher, M., & Ferrari, M. (2011). Ski mountaineering competition: fit for it?. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 21, 114–118.
- Sideris, V., Giorgos, K., Vasileios, V., & Giannis, G. (2010). *Spatiotemporal characteristics of a ski mountaineering race during steep uphill*. Science and skiing: Ročník 5. Book of abstract (pp. 162). Austria: University of Salzburg.
- Tosi, P., Leonardi, A., Zerbiny, L., Rosponi, A., & Schena, F. (2010). Energy cost and efficiency of ski mountaineering. *Journal of sport medicine and physical fitness*, 50(4), 400–406.
- Tosi, P., Leonardi, A., & Schena, L. (2009). The energy cost of ski mountaineering: effect of speed and ankle loading. *Journal of sport medicine and physical fitness*, 49, 25–29.
- Volken, M., Schell, S., & Wheeler, M. (2007). *Backcountry skiing: Skills for Ski Touring and Ski Mountaineering*. Seattle: The mountaineers books.
- Voutselas, V., Soulas, D, & Kritikos, A. (2005). Physiological Predictors of Performance in Mountaineering Ski. *Inquiries in Sport & Physical Education*, 3(3), 277 – 282.
- Winter, S. (2002). *Skialpinismus*, České Budějovice: Kopp.
- Zaccaria, M., Ermolaro, A, Englaro, G. R. S. P., Tego, G., & Varnier, M. (2002). Leptin reduction after endurance races differing in duration and energy expenditure. *European Journal of Applied Physiology*, 87, 108–111.