UNIVERSITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

POROVNÁNÍ OBECNÝCH A SPECIFICKÝCH FUNKČNÍCH ZÁTĚŽOVÝCH TESTŮ U SKIALPINISTŮ

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Mgr. Ladislav Vomáčko, Ph.D.

Konzultant:

Mgr. Matouš Jindra

Zpracovala:

Dita Formánková

Praha 2011

Abstrakt

Název:

Porovnání obecných a specifických funkčních zátěžových testů u skialpinistů.

Cíl práce:

Cílem práce je porovnat maximální funkční parametry skialpinistů naměřených při třech zátěžových laboratorních testech: běh na běhacím páse, jízda na bicyklovém ergometru a chůze na skialpinistickém trenažéru. A následně zhodnotit význam testování funkčních parametrů na skialpinistickém trenažéru.

Metoda:

Interindividuální a intraindividuální deskriptivní studie 10 skialpinistů střední a vysoké výkonnostní úrovně.

Výsledky:

Na skialpinistickém trenažéru respondenti dosáhli v průměru hodnoty VO_2max 63,3 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, na běhacím páse 67,5 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ a na bicyklovém ergometru 66,5 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Průměrná hodnota SF na skialpinistickém trenažéru byla 179 tepů/min, na běhacím páse 185 tepů/min a na bicyklovém ergometru 183 tepů/min. Průměrná hodnota RER činila na skialpinistickém trenažéru v průměru 1,09, na běhacím páse 1,18 a na bicyklovém ergometru 1,19. Nejvyšší dosažená hodnota VO_2max činila na běhacím páse 79,3 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, na bicyklovém ergometru 76,5 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
a na skialpinistickém trenažéru 76,5 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$.

Klíčová slova:

Funkční zátěžová diagnostika, skialpinismus, maximální spotřeba kyslíku (VO_2max), srdeční frekvence, respirační kvocient (R, RER).

Abstract

Title:

Comparison of universal and specific functional stress tests of ski-mountaineerers.

Objectives:

The aim of the thesis is to compare maximal functional parameters of ski-mountaineerers measured during three functional laboratory stress tests. The functional stress tests were set on a treadmill, bicycle ergometer, and on a ski-mountaineer trainer. Consecutively, there is evaluated the meaning of testing of the functional parameters on the ski-mountaineer trainer.

Methods:

Interindividual and intraindividual descriptive study of 10 ski-mountaineerers of middle and high level performance.

Results:

The respondents reached the average value of VO_2max 63,3 ml.kg^{-1}.min^{-1}on the ski-mountaineer trainer, 67,5 ml.kg^{-1}.min^{-1} on a treadmill and 66,5 ml.kg^{-1}.min^{-1} on a bicycle ergometer. The average measured HR on the ski-mountaineer trainer was 179 heartbeats/min, on the treadmill 185 heartbeats/min and on the bycicle ergometer 183 heartbeats/min. The average value of RER reached the value of 1,09 on the ski-mountaineer trainer, 1,18 on the treadmill and 1, 19 on the bycicle ergometer. The highest measured value of VO_2max reached on the treadmill was 79,3 ml.kg^{-1}.min^{-1}, the bycicle ergometer enabled to reach maximum 76,5 ml.kg^{-1}.min^{-1} and the highest value reached on the ski-mountaineer trainer was 76,5 ml.kg^{-1}.min^{-1}.

Keywords:

Functional stress diagnostics, ski-mountaineering, maximal oxygen consumption (VO_2max), heart rate, respiratory quotient (R, RER).

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila pouze uvedené literatury.

……..

Děkuji všem, kteří mi pomohli s realizací diplomové práce, zejména dobrovolníkům, kteří se zúčastnili měření. Děkuji Slávku Vomáčkovi za cenné informace a podnětné rady při zpracování práce. Dále děkuji Matouši Jindrovi, který realizoval veškerá měření v laboratoři a přispíval cennými radami a informacemi. V neposlední řadě patří díky vedení laboratoře, která měření dovolila realizovat.

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům.

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

Jméno a příjmení Datum vypůjčení

OBSAH

1 ÚVOD 10

2 HISTORIE 11

2.1 Historie skialpinismu 11

3 CHARAKTERISTIKA SPORTŮ 12

3.1 Charakteristika skialpinismu 12

3.2 Charakteristika běhu 12

3.3 Charakteristika jízdy na kole 13

4 POHYBOVÝ APARÁT 14

4.1 Anatomické hledisko a biomechanika pohybu 18

4.1.1 Skialpinismus 18

4.1.2 Jízda na kole 19

4.1.3 Běh 21

5 STRUKTURA SPORTOVNÍHO VÝKONU 22

5.1 Faktory sportovního výkonu 22

5.1.1 Faktory somatické 22

5.1.2 Faktory techniky 23

5.1.3 Faktory taktiky 26

5.1.4 Faktory psychiky 27

5.1.5 Faktory kondiční - pohybové schopnosti 28

5.1.6 Pohybové schopnosti při běhu a jízdě na kole 30

6 ENERGETICKÉ KRYTÍ POHYBU 31

6.1 Energetický metabolismus 31

6.2 Složky energetického metabolizmu 32

6.2.1 Bazální metabolizmus 32

6.2.2 Specificko-dynamický účinek potravy (SDÚP) 32
6.2.3 Termoregulace 32
6.3 Zabezpečení pohybu energií 33
7 VLIV NADMOŘSKÉ VÝŠKY NA ORGANISMUS 36
7.1 Závody ve skialpinismu 36
7.2 Fyziologické a zdravotní aspekty pohybové aktivity a sportu ve středních výškách 37
7.3 Význam tréninku ve výšce do 2500m 38
7.4 Trénink pro výkon ve výšce 38
8 ADAPTACE SYSTÉMU NA ZATÍŽENÍ 40
8.1 Kardiovaskulární systém 40
8.2 Dýchací systém 42
8.3 Pohybový systém 43
9 FUNKČNÍ ZÁTĚŽOVÁ DIAGNOSTIKA 45
9.1 Proč vůbec testovat? 45
9.2 Laboratorní a terénní testování 45
9.3 Druhy zátěžových testů 46
9.4 Submaximální a maximální zátěžové testy 48
9.5 Spiroergometrie 48
9.5.1 Indikace spiroergometrie 49
9.5.2 Spiroergometrické parametry (ukazatele zatížení) 49
9.6 Srdeční frekvence 58
9.7 Porovnávání funkčních parametrů při zátěžových testech 59
9.8 Antropometrie 64
10 CÍLE A ÚKOLY A HYPOTÉZY 66
10.1 Cíle diplomové práce 66
10.2 Úkoly diplomové práce 66

10.3 Hypotézy 66
11 METODOLOGIE 67
11.1 Charakteristika sledovaného souboru 67
11.2 Antropometrie 68
11.2.1 Výška a hmotnost 68
11.2.2 Kaliperace 68
11.3 Průběh testování 70
11.3.1 Použité přístroje 70
11.3.2 Test na kolečkových lyžích 71
11.3.3 Test na běhacím páse 71
11.3.4 Test na bicyklovém ergometru 71
12 VÝSLEDKY 72
13 DISKUZE 76
14 ZÁVĚR 84
15 PŘEHLED OBRÁZKŮ 86
16 POUŽITÉ ZDROJE 88
16.1 Internetové zdroje 91
17 PŘÍLOHY 92

1 ÚVOD

Skialpinismus a skitouring jsou krásné zimní aktivity uspokojující v dnešní době čím dál více sportovců. Součástí skialpinismu je výstup na lyžích pomocí stoupacích „tuleních“ pásů a následný sjezd, převážně volným terénem. Při skialpinismu je často využíváno dalších horolezeckých pomůcek, jakými jsou stoupací železa (mačky), lana apod.

Skialpinismus vyhledávají nejen extrémně zdatní sportovci, očekávající od pohybu velkou dřinu, ale také „hobíci“ a turisté, kteří využívají skialpinistických lyží jako prostředek k pohybu v horách, výletům a hezky stráveným dnům v horách.

Z toho tedy vyplývá, že v dnešní době provozují skialpinismus (skitouring) v podstatě dvě skupiny lidí, které se ovšem prolínají a nelze jednotlivce zařadit do jedné či druhé skupiny. Jednou skupinou jsou závodní skialpinisté, kteří měří své síly v náročných závodních podmínkách a bojují o cenné vteřiny. Další skupinou jsou již zmínění rekreační skialpinisté, kteří skialpinismus (skitouring) provozují pro zábavu, odpočinek od všedního života a především bez stopek a spěchu.

Nejen pro závodníky, ale také pro běžné skialpinisty je v dnešní době zajímavé znát své vlastní funkční parametry. Je to jeden ze způsobů, jak kontrolovat trénovanost a pravidelně sledovat aktuální výkonnost. K tomu slouží funkční zátěžové testy v laboratoři. Zátěžový test může být uskutečněn na běhacím páse nebo na bicyklovém ergometru. Pro vozíčkáře nebo sportovce, pro které je rozhodující využití horních končetin při daném sportu se pro testování využívá ruční rumpál. Plavci využívají pro testování zdatnosti tzv. „protiproud- the flume“.

Pro měření lze také využít dalších strojů a testovat sportovce v situacích, které jsou jejich sportu co nejvíce, z hlediska zapojení svalových skupin, podobné. V teoretické části diplomové práce aplikujeme poznatky na skialpinismus, okrajově se ovšem vždy zmíníme rovněž o běhu a cyklistice, které jsou nedílnou součástí testování.

Úkolem diplomové práce je porovnání skialpinistů při zátěžových testech na běhacím páse, bicyklovém ergometru a upraveném testu na běhacím páse s využitím speciálních kolečkových lyží.

2 HISTORIE

2.1 Historie skialpinismu

Už ke konci minulého století začali horolezci při zimních výstupech využívat lyže. Lyže jim usnadnily nejen výstupy nahoru, ale také rychlejší návraty, tedy sjezdy. Mezi průkopníky patří, Arthur Conan Doyle, který na lyžích překročil známé alpské sedlo Furka (1894 m n. m.). Dalšími průkopníky byli například Wilhelm von Artl nebo Wilhelm Paulckle, který prošel s partnery Bernskými Alpami. Na přelomu století byla již na lyžích překročena hranice 4000 m n. m. Jak už bylo výše zmíněno, velkým zlomem v dějinách skialpinismu byl v roce 1888 přechod Fridjofta Nansena na lyžích napříč Grónskem. Asi nejvýznamnějším mezníkem v historii vysokohorského lyžování byl první sjezd z Mt. Blanku, který uskutečnil Hugo Mylius v roce 1904 ještě se třemi horskými vůdci (Dieška, 1989).

První mimoalpské a mimoevropské zdolávání hor na lyžích uskutečnili rovněž alpští vůdcové, například sjezd z Kilimdžára při přechodu od severu na jih v roce 1916. Ve třicátých letech použili Němci lyže v Malé Asii na Araratu a Ulu Dagu, na Olympu a dalších oblastech. Do konce druhé světové války byly na lyžích sjety všechny méně náročné vrcholy v Alpách. Zimní přechody sedel vzbudily pozornost ve třicátých letech na Kavkazu, které dosahovaly až 4000 m n. m. Například první sjezd z Elbrusu se uskutečnil v roce 1939 B. Gippenrejterem.

Po druhé světové válce se stalo oblibou překonávání dlouhých hřebenových a kombinovaných přechodů na lyžích (Dieška, 1989).

Vývoj skialpinismu v ČR souvisí s vývojem tohoto druhu sportu v Československu, neboť v oblasti Tater je tento sport díky příznivějším podmínkám mnohem častější než na území českých hor. Důležitým mezníkem ve vývoji skialpinismu v Československu je rok 1969, kdy dostali tatranští horolezci pozvánku na skialpinistické závody do Lecca v Itálii. V České republice má o rozvoj závodního skialpinismu zásluhu především horská služba, která pořádá většinu závodu v ČR. Kromě horské služby se v pořádání závodů střídají skialpinistické oddíly jakým je například AKLVK Janské Lázně, který připravuje každoročně pro skialpinisty „Noc tuleních pásů“.

3 CHARAKTERISTIKA SPORTŮ

3.1 Charakteristika skialpinismu

Chůze na skialpinistických lyžích je lokomoční pohyb vytrvalostně silového charakteru. Střídání jednotlivých fází pohybu zajišťují posun lyží po sněhu a ten zajišťuje přemisťování. Jedná se především o pravidelné odrazy nohou, které připomínají klasickou chůzi a zajišťují klouzání lyží po sněhu a pravidelné pohyby paží, které se opírají o skialpinistické hole a napomáhají pohybu. Souhra těchto pohybů zatěžuje všechny svalové skupiny těla, jedná se tedy o velmi náročný sport, který klade velké nároky na nervosvalovou koordinaci a funkční kapacitu organismu (Jindra, 2009).

Další nedílnou částí skialpinismu je sjíždění a zatáčení. Sjíždění ve skialpinismu je náročnější, jelikož se skialpinisté často pohybují mimo sjezdovky ve volném a neupraveném terénu, kde je potřeba využít odlišné techniky sjíždění než na upravených sjezdovkách.

Při sjezdech ve volném terénu, tedy v hlubokém a neupraveném sněhu, patří mezi základní charakteristické znaky techniky zatáčení na lyžích souhlasná práce končetin v průběhu provádění napojovaných oblouků, způsob vedení lyží v oblouku po vnitřních hranách, odpovídající práce paží pro jednotlivé druhy napojovaných oblouků a koordinované a rovnovážné postavení celého těla vůči měnícím se podmínkám v průběhu oblouku. Pro sjíždění ve volném terénu se využívá zejména snožných oblouků (Česká škola lyžování, online).

Vedle charakteristických pohybových znaků existují základní pohybové dovednosti pro zatáčení na lyžích, které se prolínají od základního oblouku až ke složitější technice náročnějších oblouku a zároveň jízdě v náročnějším terénu ve všech možných variantách. Pro diferenciaci základních pohybových dovedností při tvoření oblouků je rozhodující technická úroveň lyžaře, úroveň jeho tělesné kondice a vybavení, obtížnost terénu a funkční, morfologické a psychické předpoklady jedince (Česká škola lyžování, online).

3.2 Charakteristika běhu

Běh je cyklický lokomoční pohyb, jehož jednotlivé fáze se pravidelně střídají. Na rozdíl od chůze chybí v běžeckém kroku fáze dvojí opory. Čím rychlejší je běh, tím je kontakt se zemí kratší. V první aktivní oporové fázi je běžec v kontaktu s podložkou a provádí

odraz do následujícího kroku. Po aktivní oporové fázi se běžec dostává mimo kontakt s podložkou a hovoříme tedy o letové fázi. S došlapem začíná poslední - pasivní oporová fáze. Běh je potom možné posoudit podle délky a frekvence kroku, pohybu těžiště a techniky došlapu (Tvrzník et al., 2004).

3.3 Charakteristika jízdy na kole

Jízda na kole umožňuje lokomoci, která je výrazně rychlejší než běh. Při stejném energetickém výdeji je pohyb cyklisty přibližně třikrát rychlejší než pohyb běžce (Měkota, Cuberek, 2007).

Šlapání na kole je pohyb, který není odvozen od přirozených lokomočních návyků, jakými je například chůze nebo běh. Jízda na kole je cyklický pohyb dolních končetin v polozavřeném pohybovém řetězci (Hrubíšek, 1982).

Ekonomické šlapání je podmíněno uvolněným pohybem nohou ve všech kloubech a jejich kontinuálním tlakem po obvodu. Další podmínkou ekonomického šlapání je především volba optimálního převodu (Ondrášček, Hřebíčková, 2007).

Pro správnou a ekonomickou jízdu na kole je nutné vhodné nastavení výšky a sklonu sedla, výšky řidítek, délky posedu a teprve se správnými parametry nastavenými dle výšky a možností jedince lze provádět cyklický pohyb při jízdě na kole. Nedílnou součástí ekonomické jízdy je zároveň držení těla, práce nohou, nejlépe lehké a uvolněné kulaté šlapání (Konopka, 2007).

4 POHYBOVÝ APARÁT

Pohyb neživého hmotného objektu vzniká působením určité síly. Pohyb člověka se liší od pohybu neživých hmotných objektů tím, že má vlastní vnitřní zdroj síly a také tím, že je řízen teologicky za účelem dosažení konkrétního zamýšleného cíle (Véle, 2006).

Svalová soustava, jejímž základem je smrštění schopná příčně pruhovaná svalovina, je funkčně spjata s pohyblivě spojeným skeletem - s pasivním pohybovým aparátem. Společně vytváří aktivní pohybový aparát, nervově řízený (Čihák, 2001).

Držení těla jak v klidové fázi, tak při pohybu závisí na funkční rovnováze svalů. Svaly můžeme obecně rozdělit na posturální a fázické. Posturální svaly (tonické) zajišťují především stabilitu těla, mají větší klidový tonus, jsou hyperaktivnější, a proto se daleko rychleji zapojují do pohybových programů. Fázické svaly jsou vykonavateli pohybu (Hošková, Matoušová, 2003).

Obě svalové skupiny se liší některými vlastnostmi. Jednou z hlavní funkční odlišností je, že fázické svaly mají tendenci ochabovat a posturální svaly mají tendenci ke zkracování. Obě svalové skupiny musí být v rovnováze, aby nedocházelo ke svalovým dysbalancím.

Posturální a lokomoční motorika musí být ve spolupráci. Lokomoční pohyb sice uskutečňují končetiny, ale značně se na něm podílí i osový orgán a společně tvoří systém hrubé motoriky. Posturální systém udržuje zaujatou polohu těla a brání její změně. Lokomoční systém naopak prosazuje změnu polohy těla proti jejímu udržování. Oba systémy spolu navzájem spolupracují a lze je přirovnat k brzdě a akcelerátoru u automobilu (Véle, 2006).

Svaly jsou rozloženy kolem kloubů a v důsledku toho jednotlivé svaly působí v různých směrech. Agonisté jsou svaly, které pro pohyb určitého směru působí jako iniciátoři a vykonavatelé pohybu. Antagonisté jsou potom svaly působící v protilehlém směru a proti předchozímu pohybu (Čihák, 2001).

Bez spolupráce těchto skupin by nebylo možné pohyb provést. Příkladem je flexe v kyčelním kloubu, kdy běžec aktivně zvedá koleno. V tomto okamžiku je aktivně zapojen hlavní sval - vykonavatel pohybu (agonista), který se zkracuje. V tomto případě se jedná o m. quadriceps femoris a m. iliopsoas. Jejich „protihráči“ (antagonisté), kteří

jsou v tomto okamžiku pasivně uvolnění a protahují se, jsou hýžďové svaly a svaly zadní strany stehna (hamstringy). Funkční zapojení jednotlivých svalů se v průběhu pohybového cyklu mění (Tvrzník et al., 2004).

Při svalové souhře je ovšem situace složitější a do činnosti vstupují další svaly a jejich funkce. Jsou to svaly hlavní, svaly pomocné, dále potom svaly fixační (stabilizační), které zpevní tu část těla, ze kterého pohyb vychází. Dále potom svaly neutralizační, které svojí činností ruší nežádoucí směry pohybů vykonávané hlavními a pomocnými svaly (Čihák, 2001).

Již koncem minulého století nalezl Ranvier u králíka svaly, které se lišily barvou, to znamená jevící je jako bílé a červené, které byly rovněž charakterizovány odlišnými fyziologickými vlastnostmi. Na základě různých experimentů byly rozlišeny tři typy svalových vláken, které odráží funkčně - metabolické vlastnosti motorických jednotek:

1. Unavitelné bíle vlákno, FG (rychlé glykolytické vlákno, Typ IIb).
2. Rezistentní k unavitelnosti červené vlákno, FOG (rychlé oxidativně-glykolytické vlákno, Typ IIa).
3. Rezistentní k unavitelnosti červené vlákno SO (pomalé oxidativní vlákno, Typ I).

(Melichna in Havlíčková, 2008).

Tabulka č. 1. *Typy svalových vláken kosterního svalu a jejich charakteristika* (Kohlíková, E. *Fyziologie člověka, Učební texty pro trenérskou školu FTVS UK v Praze*, 2004*).*

Ukazatelé	Typ svalových vláken		
	červené I SO	přechodné IIa FOG	bílé IIb FG
Zdroje energie	cukry, tuky	ATP, CP, cukry	ATP, CP
Metabolismus	štěpení za aerobních podmínek	štěpení cukrů za anaerobních podmínek	štěpení za anaerobních podmínek
Unavitelnost	malá	střední	vysoká
Lokalizace	posturální tonické svaly	fázické svaly	fázické svaly
Tendence k …	ochabování	zkracování	zkracování

Brown (2007) rozděluje svalová vlákna na dva hlavní typy. Typ I, pomalu stažitelná vlákna a Typ II, rychle stažitelná vlákna. Navíc každý z těchto typů mají různé podtypy. Vlákna Typu I mají vysokou oxidativní kapacitu (vysokou aerobní kapacitu) a jsou tvořeny pro vytrvalost. Vlákna Typu II mají na druhou stranu velkou glykolytickou kapacitu a jsou tvořeny pro sílu.

Pro každého jedince je procento zastoupení svalových vláken Typu I a Typu II variabilní. Toto procentuální zastoupení je především geneticky podmíněné a pouze v malém rozsahu je závislé na tréninkové adaptaci. Navíc různé svaly v těle mají odlišné procento svalových vláken Typu I a Typu II. Mezi muži a ženami nebyly pozorovány žádné rozdíly v typech svalových vláken, ačkoliv muži mají obecně početnější a větší svalová vlákna než ženy (Brown, 2007).

Kosterní svaly jsou tvořeny vlákny, která mají zřetelné morfologické a fyziologické vlastnosti. Tyto rozdíly vedly k několika odlišným systémům klasifikace, založených na rozmanitosti kritérií. Nejvíce známá je klasifikace vláken dle doby záškubu používající termínů „pomalu stažitelná“ a „rychle stažitelná vlákna“. Protože motorická jednotka je složená ze svalových vláken, která jsou všechna stejného typu, může být také označována stejným způsobem. Rychle stažitelná motorická jednotka je ta, která vyvíjí stah a také relaxaci rychle a má krátkou dobu stahu. Na rozdíl od toho pomalu

stažitelná motorická jednotka vyvíjí stah a relaxaci pomalu a má dlouhou dobu stahu (Baechle, Earle, 2008).

Pro klasifikace vláken bylo tradičně využíváno rozdělení na Typ I (SO vlákna), Typ IIa (FG vlákna) a Typ IIb (FOG smíšená vlákna). Novější typologie je rozmanitější. Vlákna typu II jsou rozdělena na vlákna Typu I a vlákna Typu IIa a IIX, přičemž svalová vlákna IIX v sobě zahrnují několik dalších podskupin vláken s odlišnými vlastnostmi (Baechle, Earle, 2008).

Základní stažitelnou strukturou svalového vlákna jsou aktinová a myozinová filamenta, díky jejichž práci může sval vykonávat svojí funkci, tedy schopnost stahu a následné relaxace. Právě na myozinových hlavách se nacházejí různé receptory, díky jimž jsou svalová vlákna zařazena do podskupin svalového vlákna TypuX (Baechle, Earle, 2008).

Rozdíly ve svalových vláknech jsou především dány genetickými predispozicemi sportovců. Přesto může trénink zapříčinit malou změnu ve složení svalových vláken, změny jsou hlavně z jedné podskupiny na jinou. Změna se projeví pouze v oblasti zvýšení oxidativní kapacity vláken. Vlivem vytrvalostního tréninku se mohou například vlákna TypuX (rychlá glykolitická vlákna) přeměnit na vlákna Typu IIA, rychle stažitelná oxidativní vlákna (Brown, 2007).

Je možné říci, že pomalu se kontrahující svalová vlákna jsou charakterizována vyšším obsahem myoglobinu, který ve svalech váže 0_2, vyšší aktivitou enzymů oxidativního metabolismu a vyšším objemem mitochondriální masy. Na druhou stranu vykazující třikrát nižší aktivitu myozinové ATPázy, která podmiňuje rychlost svalové kontrakce. Rychlá svalová vlákna mohou vyvíjet větší tenzi při stahu, což souvisí i s jejich větší příčnou plochou a větším obsahem kontraktilních myofibril (Melichna in Havlíčková, 2008).

Posturální svaly obsahují více pomalých svalových vláken neunavitelných, a to ve vztahu k tělesné hmotnosti živočišného druhu. Končetinové svaly kočky - „rychlého zabíječe“ - obsahují z převážné většiny rychlá svalová vlákna (v m. gastrocnemius asi 70%). Naopak svaly psa - „lovce vytrvalce“- obsahují až 55% vláken typu I, SO- pomalé oxidativní vlákno (Melichna in Havlíčková, 2008).

U člověka, asi vlivem různorodých vnějších faktorů i měnícího se způsobu života v průběhu evoluce, je homologický kosterní sval různých individuí z hlediska

monofunkčních vlastností velmi rozdílný. Na rozdíl od zvířat stejného druhu. To znamená, že můžeme objevit jedince s převahou rychlých (asi 80%), ale i pomalých svalových vláken (až 95%) v m. vastus lateralis. Tyto rozdíly jsou podmíněny vesměs geneticky. To potom podtrhuje významnou roli tohoto ukazatele při výběru sportovních talentů (Melichna in Havlíčková, 2008).

4.1 Anatomické hledisko a biomechanika pohybu

4.1.1 Skialpinismus

Základní krok při skialpinismu (přímý výstup)

Při stoupání do kopce probíhá pohyb na dvou úrovních: lyže a hole. Dolní končetiny jsou pro celkovou formu pohybu důležitější, ale úloha horních končetin nelze zanedbávat. Při stoupání do kopce je tedy do pohybu zapojeno mnoho svalů a svalových skupin celého trupu a končetin. Tak jako v mnoha jiných sportech, má svalstvo trupu (zádové, břišní a hrudní svaly) velký vliv na zpevnění segmentů a pracuje izometricky. Práce paží je pro pohyb skialpinisty neodmyslitelná, stejně jako práce paží při běžeckém lyžování, na rozdíl od jiných sportů, kde se horní končetiny tolik nezapojují, např. cyklistika (Canals et al., 2004).

Svalstvo horních končetin

Pohyb se skládá z neustálého přenosu hůlek zepředu dozadu. Pohyb je rozsáhlejší na rovinách a ve stoupáních naopak omezen (Canals et al., 2004).

M. pectoralis major (velký sval prsní) - hlavně spodní vlákna, nejvíce zapojena při stoupání prudším svahem, kdy skialpinista zvedá více ruce.

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

M. latissimus dorsi (velký sval zádový) - zapažení.

M. triceps brachii (trojhlavý sval pažní) - extenze předloktí.

(Grim et al., 2001).

Svalstvo dolních končetin

Základní pohyb se skládá z opakovaného posouvání a střídání dolních končetin dopředu.

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

M. biceps femoris (zadní svaly stehenní - flexe v kolenním kloubu a extenze v kyčelním kloubu.

M. guadriceps femoris (čtyřhlavý sval stehenní) - extenze v kolenním kloubu, flexe v kloubu kyčelním.

M. triceps surae (trojhlavý sval lýtkový) - plantární flexe nohy a flexe kolene

(Grim et al., 2001).

Tyto a jiné svaly jsou důležité pro zvládnutí správného kroku při skialpinismu. Vytrvalostní charakter tohoto sportu má za následek neustálé posilování těchto svalů. Správné posilování oddaluje počátky únavy svalových skupin, které se podílejí na zátěži. Je důležité si uvědomit, že svalové vyčerpání způsobuje rychlý výskyt špatných pohybových návyků a způsobuje nekoordinované pohyby (Canals et al., 2004).

Sjíždění při skialpinismu

Při sjíždění ve skialpinismu hraje velkou roli síla dolních končetin. Pohyb vychází z kyčelního kloubu a především kloubu kolenního. Hlavní roli v pohybu při sjezdu hraje m. quadriceps femoris a flexory kolenního kloubu (m. biceps femoris aj.). V podstatě ale všechny svaly na dolních končetinách se významně účastní pohybu při sjezdovém lyžování, pouze s výjimkou menší účasti svalů nohy, která je upevněná v lyžařské botě. Svaly horních končetin mají o něco málo významnější roli při sjezdu než při stoupání do kopce, přesto je nelze opomenou zejména z hlediska udržení celkové postury jedince při sjezdu. Významné je udržení postoje při sjíždění, hrají velkou roli svaly zad, trupu a břicha, jejichž působení musí být v rovnováze.

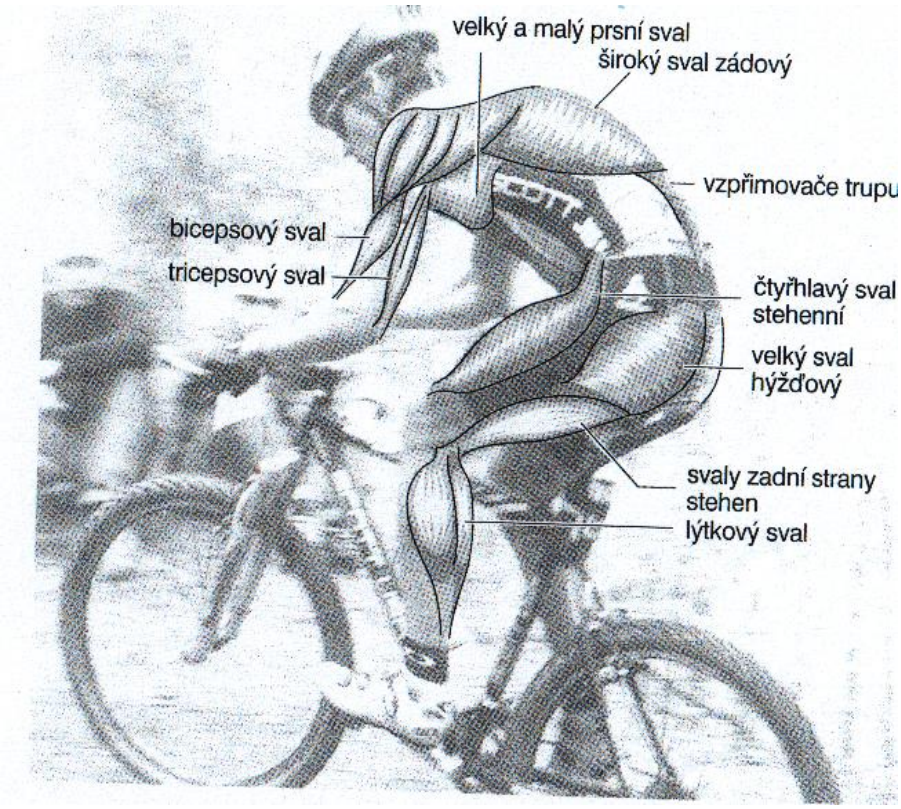
4.1.2 Jízda na kole

Zdrojem pohybu cyklisty je svalová síla dolních končetin, které působí silou na pedály. Šlapání je uskutečňování pohybu svalovými skupinami kyčelního, kolenního

a hlezenního kloubu. Svaly trupu a paží vykonávají především statickou práci. Zpevňují držení těla a pomáhají udržovat rovnováhu při jízdě na kole (Sýkora et al., 1986).

Díky pozici sedu jsou kromě znázorněných svalových skupin (viz obrázek č. 2) specifické pro cyklistiku, intenzivněji namáhány také svaly trupu, nadloktí a pletence ramenního. K nimž patří svaly stabilizující ramena a lopatky, podpůrné zádové svalstvo a šikmé břišní svalstvo (Gerig, Frischknecht, 2004).

Obrázek č. 1. *Hlavní svalové skupiny zapojované během jízdy na kole* (Gerig, U., Frischknecht, T. *Jezdíme na horském kole,* přeložila Lenka Česenková, 2004).



Šlapání je složitý pohyb, který se liší od přirozeného lokomočního pohybu, jakými je chůze nebo běh. Svaly kyčelního, kolenního a hlezenního kloubu vyvolávají kyvadlový pohyb. Snahou cyklisty je, aby složením sil těchto svalů vznikla výsledná síla působící ve směru tečny v každém bodě kružnice, kterou opisuje osa pedálu. Jen v tom případě působí síla na největším rameni a dává největší kroutivý moment (Sýkora et al., 1986).

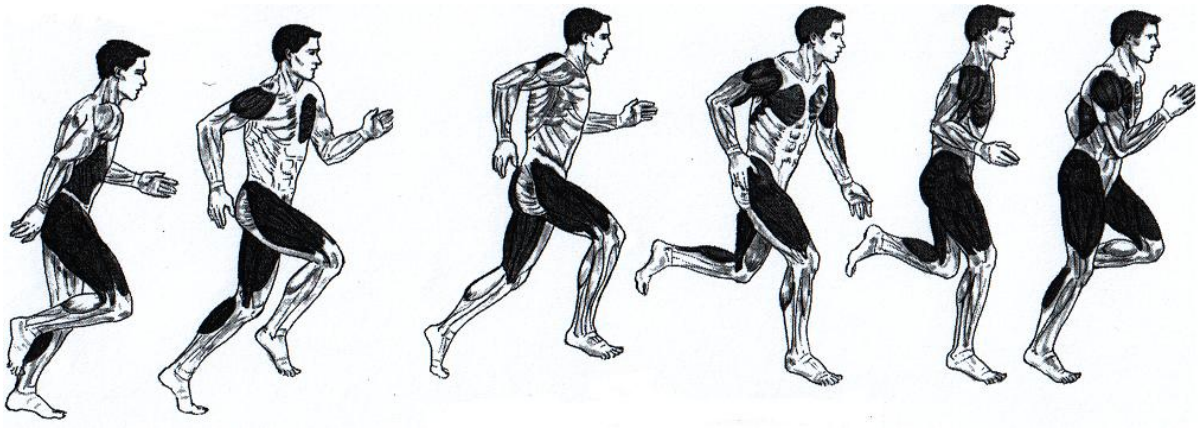
4.1.3 Běh

Při běhu se jedná rovněž o vzájemnou spolupráci a koordinační souhru celé řady svalových skupin. Na této souhře závisí do značné míry celková efektivita a uvolněnost běhu.

Při běhání hrají hlavní roli především svaly dolních končetin. Oproti cyklistice jsou však velmi intenzivněji do pohybu zapojeny svaly trupu a horních končetin. Kromě jiného mají tyto svaly podpůrnou funkci, bez které bychom nebyli schopni udržet správnou polohu těla a optimální pohybový rytmus (Tvrzník et al., 2004).

Zapojení svalových skupin vidíme velmi zjednodušeně na obrázku č. 3. Jedná se především o mohutný m. quadriceps femoris, dále m. iliopsoas, m. sartorius, m. gluteus maximus, m. biceps, femoris, m. gastrocnemius a m. soleus. Na souhře pohybů a stabilitě a rovnováze těla se podílí mnohem více svalů, bez kterých by běh nebyl realizovatelný.

Obrázek č. 2. *Zapojení svalových skupin při běhu* (Tvrzník, A. et al. *Běhání, 2004).*



5 STRUKTURA SPORTOVNÍHO VÝKONU

Každé sportovní odvětví klade na sportovce rozdílné nároky pro dosažení výsledného sportovního výkonu. V této souvislosti se mluví o struktuře výkonu. Požadavky na strukturu výkonu se neustále mění, k čemuž dochází díky zkracování nebo prodlužování závodních tratí. Z pohledu sportovní metodiky a fyziologie je rozhodující především délka zatížení (Neuman et al., 2005).

5.1 Faktory sportovního výkonu

Faktory somatické - výška, hmotnost, složení těla.

Faktory techniky - biomechanické základy pohybu, koordinace.

Faktory taktiky - řešení pohybových úkolů, účelné využívání techniky.

Faktory psychiky - procesy (poznávací, emoční atd.) a osobnost (struktura, zaměření, vlastnosti).

Faktory kondiční - pohybové schopnosti: silové, vytrvalostní, rychlostní, obratnostní.

(Dovalil et al., 2002).

5.1.1 Faktory somatické

Dle Dovalila et al. (2002) jsou somatické faktory relativně stálé, ve značné míře geneticky podmíněné a ve sportu hrají významnou roli. Týkají se podpůrného systému, to znamená kostry, svalstva, vazů, šlach a vytvářejí z velké části biomechanické podmínky konkrétních sportovních činností. K hlavním somatickým faktorům patří výška a hmotnost těla, délkové rozměry a poměry, složení těla a tělesný typ.

Somatické faktory ve skialpinismu

Většina skialpinistů pohybujících se v elitní světové špičce má klasický tělesný somatotyp vytrvalce, tedy ektomorfní typ jedinců. Špičkoví závodníci a závodnice jsou vesměs velmi štíhlé postavy s malou svalovou masou. To, že štíhlá postava závodníků je téměř pravidlem, výška už tolik jednoznačná není. Mezi závodníky se najdou jedinci s velkou tělesnou výškou, kteří mají v tomto ohledu výhodu v délce skialpinistického kroku. Ani menší závodníci však nejsou v elitním závodním poli výjimkou.

5.1.2 Faktory techniky

Technikou je myšleno účelný způsob řešení pohybového úkolu, který je v souladu s možnostmi jedince, s biomechanickými zákonitostmi pohybu a je prováděn na základě neurofyziologických mechanismů řízení pohybu (Dovalil et al., 2002).

Pokud bereme v potaz celkový výkon jedince, je nutné při jeho hodnocení počítat i se stupněm hospodárnosti svalové kontrakce. Svaly se musí aktivovat koordinovaně, ekonomicky, aby nedocházelo k plýtvání energie tím, že se budou zapojovat do aktivity svaly, které pro daný pohyb nejsou nutně potřebné. Je to možné vidět na příkladu učně a mistra, kdy k provedení stejné práce spotřebuje mistr daleko méně energie než učeň. Učeň je brzy unaven, i když může mít i větší sílu než mistr, ale neumí vydanou energii hospodárně používat (Véle, 2006).

Faktory techniky ve skialpinismu

Výstup

Zdá se, že skialpinismus je pouze o posouvání lyží rovně vpřed a pravidelným cyklickým střídání horních a dolních končetin. Naštěstí tento sport není vůbec tak monotónní a jednoduchý na technickou stránku pohybu, jak by se mohlo zdát. Při výstupu do kopce po sjezdovkách, stačí skialpinistovi opravdu pouze stoupat rovně vpřed, a pokud člověk umí chodit normálním způsobem po zemském povrchu, měl by i tuto základní činnost zvládnout. Je samozřejmé, že se jedná o laické nezávodní pojetí skialpinismu, jelikož závodník i při chůzi na sjezdovce musí zvládat určitou techniku, která bude šetřit jeho energií a nebude ho příliš vyčerpávat.

Jiná situace nastává při chůzi ve volném terénu. Speciální techniku otáčení takzvané „cik-caky“ (viz níže: „obratnost, koordinace“) musí zvládnout skialpinista, který se skialpinismu věnuje rekreačně, tak především závodní skialpinista.

Další dovedností, kterou musí skialpinista výborně zvládat je chůze na stoupacích železech (mačkách). O přípravě a manipulaci s mačkami více níže. Chůze pomocí maček klade velké nároky na koordinaci a pohybové dovednosti sportovce. Aby výstup mohl být co nejrychlejší a nejekonomičtější, musí být tato dovednost plně automatizovaná.

U stoupání na mačkách jsou velmi zatíženy lýtkové svaly, jelikož stoupání a opora o mačky je především na předních částech chodidla a špičkách. Proto je pro skialpinistu ekonomicky nejvýhodnější absolvovat úsek co nejrychleji a za současné práce horních končetin, aby nedocházelo k předčasné únavě nebo případným křečím na dolních končetinách.

Nedílnou součástí skialpinismu jsou horolezecké techniky. Každý závodní skialpinista v ČR (absolvující hlavní trať „A“) musí být členem Českého horolezeckého svazu, pod který také skialpinismus spadá. To, že skialpinista vlastní kartu ČHS by mělo svědčit o tom, že je schopný a dokáže provádět manipulaci s horolezeckým vybavením, jakým je například sedací úvazek, lano, slaňovací pomůcky apod., a především toto vybavení prakticky využít. Do některých závodů bývá například zařazováno slaňování. To znamená absolvovat strmý nebo skalnatý úsek závodní trati připevněný na laně a zajištěný sedacím úvazkem. Proto je povinností každého skialpinisty zvládat základní dovednosti spojené s horolezectvím, jako je ustrojení se do sedacího úvazku, připravit si bezpečně slaňovací pomůcky na lano, uvázat „prusík“ a bezpečně slanit úsek trati.

Sjezd

Další nedílnou součástí skialpinismu je sjíždění, většinou ve volném terénu. Čím je terén náročnější, tím jsou na skialpinistu kladeny větší nároky na techniku. Ta je poněkud odlišná při jízdě na sjezdovkách a při sjíždění volného neupraveného terénu. Skialpinista by měl být schopen čelit všem sklonům sjezdu, terénům a typům sněhu, aby byl sjezd co nejrychlejší a nejekonomičtější. Vteřiny, které se dají ztratit (nebo naopak nahnat) při sjezdech jsou velmi těžko vyrovnávány při stoupání do kopce. Jednou z dalších negativních důsledku sjezdů, především těch ve volném neupraveném terénu, je velká únava a bolest stehenních svalů, která je potom omezující při dalším stoupání. Skialpinista tedy při sjezdech neodpočívá, jak by se mohlo laikovy zdát. Spíše naopak, musí čelit terénním nerovnostem a být velmi ostražitý.

Na rozdíl od jízdy na upravených sjezdovkách se lyže do hlubokého sněhu boří a tedy i hůře vedou. Cílem je buď nenechat lyže hluboko zabořit, nebo je alespoň na krátkou dobu dostat na povrch, aby bylo možné zatočit s menším odporem. Neexistuje jedna jediná technika jízdy hlubokým sněhem. Je nutné ovládat celou škálu pohybů, aby skialpinista uměl správně reagovat na danou situaci: různý sníh, různou strmost

terénu a další. Lyže by měly tvořit pokud možno co největší rovnoměrně zatíženou plochu. Lehčeji je možno tohoto dosáhnout úzkým vedením lyží (nohy u sebe), jelikož obě nohy tvoří jeden blok a pracují synchronně. Jsou-li lyže vedeny více zeširoka, dá se jednotný blok vytvořit obtížněji (Wagner, 2010).

Vedle rozložení příčného zatížení lyží má při jízdě hlubokým sněhem takřka rozhodující úlohu zatížení v podélném směru. Přílišným tlakem ve směru ke špičce se lyže potápí, poloha s přílišným záklonem stojí mnoho sil, zejména potom pokud skialpinista nese těžší batoh, a ztěžuje řízenou jízdu v obloucích. Proto platí, že tělo je nutné držet neustále ve střední poloze (bříška prstů a paty jsou zatíženy přibližně stejně), zejména se skialpinistickými botami, které nemají tolik tvrdý a vysoký komín jako klasické lyžařské boty na sjezdové lyžování (Wagner, 2010).

Klíčovou roli také hraje odlehčení lyží a práce v kolenou. Jízda v hlubokém sněhu je ale pouze jednou z variant, které mohou skialpinistu při túře, tréninku nebo závodech potkat. Skialpinista musí být schopný sjet prudký svah nejen v hlubokém „prašanu“, ale také na zledovatělém sněhu, prolamující se krustě nebo v hlubokém a mokrém sněhu. Právě tyto sjezdy berou skialpinistovi mnoho sil a kladou vysoké nároky jak na technickou připravenost skialpinisty, tak také na jeho kondici a odolnost prosti únavě především na dolních končetinách (Wagner, 2010).

Manipulace s výbavou

Mezi další technickou složku ve skialpinismu bychom mohli zařadit výměnu stoupacích pásů (sundávání po výstupech a nandávání po sjezdech) a celkově manipulaci s vybavením jako je připevňování stoupacích želez na boty, připevňování lyží na batoh před absolvováním úseku na stoupacích železech či na botách apod.

Každý skialpinista má vlastní způsob manipulace se stoupacími pásy. Doba, za kterou je skialpinista schopný sundat a nandat pásy je velmi důležitá, zejména pokud mluvíme o závodní formě skialpinismu. Opět zde platí, že vteřiny a minuty, které je možné na tzv. „check-pointech“ získat nebo ztratit jsou jen těžko vyrovnávány ve stoupáních.

Proto by mělo být nedílnou součástí přípravy závodního skialpinisty trénovat velmi precizně, v nejlepším případě vždy stejným způsobem, výměnu pásů. A to ne pouze v relativně klidném stavu, ale po určité zátěži, kdy se například můžou klepat ruce, je zvýšená únava, tepová frekvence. To znamená co nejvíce simulovat atmosféru závodu.

Například závodník může být nejlepší ve své kategorii a všem utíkat do stoupání i ujíždět při sjezdech, ale pokud bude jeho manipulace s vybavením pomalá a neohrabaná, svůj náskok před ostatními lehce ztratí.

5.1.3 Faktory taktiky

Taktikou je chápán způsob řešení širších a dílčích úkolů, které jsou realizované s pravidly daného sportu. Jde o výběr optimálního řešení strategických a taktických úkolů. To však bezpodmínečně souvisí s technickými aspekty, to znamená, že realizace taktických záměrů je možná jedině prostřednictvím techniky (Dovalil et al., 2002).

Faktory taktiky ve skialpinismu

Ve skialpinismu, v převážné většině individuálním sportu, faktor taktiky není tak významný jako v kolektivních a jiných sportech, ale nelze ho určitě pominout. Nejde však taktiku úplně opominout. Při jakékoliv manipulaci s vybavením je potřeba myslet nejen na techniku provedení, ale určitým způsobem i taktiku. Skialpinista si musí dopředu promyslet, v jakém místě bude sundávat a nandávat stoupací pásy, aby mu například lyže neujížděly z kopce dolů a byl schopný co nejrychleji a bez komplikací opustit „check-point“ (to znamená místo, které je pořadateli většinou určené a skialpinisté si v těchto vyznačených místech sundávají a nandávají pásy nebo připravují lezecký materiál, dávají lyže na batoh apod.). Z toho vyplývá, jak je již zmíněno výše, že taktické promyšlení situace a samotné provedení úzce souvisí s technikou.

Dalším místem, kdy skialpinista využije taktiku, je při předcházení soupeře. Pokud je stopa vyšlapaná ve volném terénu a nejde se například po sjezdovce, kde je dostatek místa, je velmi náročné, dostat se před soupeře. Proto musí skialpinista zvolit takový okamžik, kdy předejít soupeře v těchto ztížených podmínkách, aby ho to především stálo co nejméně sil. To je velmi náročné a při každém „boji“ se soupeřen ve stopě se aktivuje anaerobní systém úhrady kyslíku a závodník se potom náročně vrací s dechovou i srdeční frekvencí na původní hodnoty, ve kterých absolvoval předešlé úseky závodu.

Taktické dovednosti se uplatní ve velké míře také při sjíždění, kdy musí skialpinista zvolit co nejrychlejší trasu a zároveň trasu, kde bude muset vynaložit co nejméně sil. Opět je velmi úzká souvislost mezi technikou a taktikou sjíždění (viz technické faktory).

K taktické složce výkonu bychom mohli také přiřadit přípravu skialpinisty na závod, především přípravu povinného vybavení, materiálu, doplňků stravy apod. Před závodem je vždy určena povinná výbava, kterou musí nést závodník v batohu (např. lékárnička, oblečení, brýle, stoupací železa, lavinový set apod.). Většinu věcí z povinné výbavy nese závodník po celou dobu v batohu pouze pro případ nouze nebo zranění. Stoupací železa však závodník často potřebuje, proto si je musí připravit, tak aby byla co nejlépe dostupná a bylo možné s nimi co nejrychleji manipulovat. Manipulace a nasazování stoupacích želez se opět prolínají s technickou složkou pohybu. Je na taktice skialpinisty, kam si stoupací železa před závodem přesně uloží a jak rychle bude schopný zvládnout s nimi manipulovat.

Na taktice závodníka záleží příprava výživových doplňků stravy. Jak už bylo zmíněno, skialpinistické závody trvají relativně dlouhou dobu (jednu, dvě, tři i více hodin). Během této doby je nutné doplňovat nejen tekutiny, ale také energii v podobě různých energetických tyčinek, gelů a dalších energetických doplňků. Každý sportovec má individuální způsoby dodávání energie během závodu. Je na skialpinistovi, aby si rozvrhnul jednak množství jídla a místo, kam si doplňky připraví (většinou za závodní kombinézu, jelikož vytahování z batohu by ho stálo zbytečně mnoho času) a také čas, kdy bude doplňky během závodu jíst. Je velmi důležité, kdy jaký druh sbalené energie sníst, jelikož každý energetický doplněk má individuální vlastnosti a individuální čas pro konzumaci.

5.1.4 Faktory psychiky

Přestože struktura sportovního výkonu vychází ze specializace, která zahrnuje faktory kondiční, technické a taktické, mají u všech typů výkonů zásadní význam faktory psychické. Vyplývá to z mimořádné náročnosti soutěžních situací na psychiku každého sportovce. Často se ovšem vztahují přímo i zprostředkovaně k tréninku. V užším psychologickém pohledu se výkon považuje závislý na schopnostech a na motivaci. Schopnosti bývají obvykle děleny na senzorické, pohybové a intelektuální. Motivace bývá vysvětlována jako podněcující příčina chování. Rozhoduje o vzniku, směru a intenzitě jednání sportovce, má tedy význam energizující a rozhoduje o dynamice a chování člověka. S motivací úzce souvisí emoce a vůle sportovce, jež jsou pro daný výkon nezbytné (Dovalil et al., 2002).

Faktory psychiky ve skialpinismu

Tím, že závod ve skialpinismu trvá v průměru dvě hodiny, ale také i mnohem více, je velmi náročné poradit si s psychikou. S psychickým stavem jedince souvisí především motivace a to jak v tréninku, tak potom samozřejmě v závodě. Kromě fyzické náročnosti a dlouhé doby trvání závodů se závodník potýká s nejrůznějšími nepříznivými vlivy prostředí, jako je velký mráz, sněžení, mlha apod., což velmi výrazně ovlivňuje psychiku jedince. Je tedy důležité, aby se skialpinista s těmito podmínkami setkával i při tréninku a následně byl schopen podat odpovídající výkon v závodě.

5.1.5 Faktory kondiční - pohybové schopnosti

Obecně rozděluje pohybové schopnosti na vytrvalostní, rychlostní, silové a obratnostní.

Ve všech námi sledovaných sportech (běh, skialpinismu a cyklistika) se jedná o převážně vytrvalostní charakter zátěže. Přesto je v pohybu zahrnuta i silová a rychlostní složka, na které by se nemělo zapomínat a které jsou pro daný pohyb nezbytné. Ani vliv koordinačních schopností nelze v žádném z našich sportů opomenout.

Kondiční schopnosti

Vytrvalostní schopnosti - vytrvalostní schopnosti se vymezují prováděním déletrvající tělesné činnosti na určité úrovni, aniž by se snížila efektivita této činnosti (Choutka, Dovalil, 1991).

Silové schopnosti - silové schopnosti můžeme vymezit jako překonávání či udržení vnějšího odporu svalovým úsilím (Choutka, Dovalil, 1991).

Rychlostní schopnosti - provádění příslušné pohybové činnosti ve stanovených podmínkách v minimálním čase (Choutka, Dovalil, 1991).

Koordinační schopnosti

Oproti dříve hodně používanému termínu obratnost (obratnostní schopnosti) se v současnosti tento komplex schopností zařazuje pod název koordinační schopnosti. Jejich ovlivňování má ve sportu dvojí význam. Jejich vyšší úroveň je už sama o sobě výhodou, jelikož obratný jedinec dokáže lépe reagovat na potřebu změny pohybu, je

schopný provést složitější pohybovou činnost. Dále jejich rozvoj podmiňuje kvalitu technické přípravy, jedinec s dobrými koordinačními schopnostmi je schopný si rychleji a kvalitněji osvojit sportovní dovednosti (Dovalil et al., 2002).

Pohybové schopnosti ve skialpinismu

Vytrvalost

Vytrvalost je pro skialpinismu základní pohybovou schopností, díky níž je schopný absolvovat dlouhé závody. Závody trvají od jedné až k několika hodinám (průměrný závod trvá přibližně mezi dvěma až třemi hodinami). Proto je vytrvalost a především vytrvalostní trénink nejdůležitější složkou tréninku skialpinisty.

Rychlost

V dnešní době, kdy se na mezinárodních skialpinistických podnicích typu mistrovství světa nebo mistrovství Evropy, začínají čím dál více uskutečňovat kratší závody typu štafetový závod, „vertical race“ a dokonce sprinty, začíná mít pro skialpinistu nemalý význam rychlost a trénink rychlostních schopností.

Přesto jsou několikahodinové původní závody stále na prvním místě a u skialpinistů zůstává především důležitá složka vytrvalostního tréninku.

Síla

Přesto, že skialpinismus není počítán k silovým sportům, silová složka ve výkonu má pro skialpinistu nezbytný význam.

Silové schopnosti jsou pro skialpinistu velmi důležité. Dobré posilování oddaluje počátky únavy svalových skupin, které se podílejí na zátěži. Je nutné si uvědomit, že svalové vyčerpání způsobuje rychlý výskyt špatných pohybových návyků a základních technických nedostatků - špatné používání hůlek, zbytečné pohyby horní části trupu, nedostatečný skluz apod. (Canals et al., 2004).

Dále nesmíme zapomínat, že součástí skialpinismu je i sjezdování a to především ve volném terénu. Právě při tomto typu zatížení jsou kladeny velké nároky na svalovou sílu především dolních končetin. Pokud by neměl skialpinista dobře trénované svalstvo dolních končetin, nejen do kopce, ale také z kopce by brzy nastoupila únava a bolest

svalů, která by snížila aktuální výkonnost skialpinisty během závodu (viz výše „Technika sjíždění ve volném terénu“).

Obratnost, koordinace

Pro skialpinistu má obratnost a koordinace rovněž velký význam. Pokud probíhá trénink nebo závod skialpinisty ve volném terénu, trať bývá vedena takzvanými „cik - caky“. To znamená, že v neupraveném a hlubokém sněhu je vyšlapaná jedna, maximálně dvě stopy, které určitým způsobem traverzují svah. Na každém konci traverzu musí skialpinista provést obrat téměř o 180° a pokračovat v o něco výše položeném traverzu. „Otočka“ téměř na místě pouze v jedné stopě, kdy je okolo hluboký sníh, je velmi koordinačně náročná. Skialpinista v určitém momentu pohybu stojí pouze na jedné noze a stabilitu mu pomáhají zajišťovat hole. Provedení „cik - caku“ musím být rychlé a přesné a skialpinista nesmí ztratit ani čas ani zbytečně síly, které by mu v následující části závodu nebo tréninku mohly chybět. Proto je nedílnou součástí tréninku skialpinisty, věnovat dostatek času tréninku koordinace a obratnosti v „cik - cakách“ a ne pouze chodit přímým krokem nahoru například po upravené sjezdovce.

5.1.6 Pohybové schopnosti při běhu a jízdě na kole

Všechny výše zmíněné pohybové schopnosti jsou samozřejmě nedílnou součástí výkonu při běhu i cyklistice. V těchto sportech však hraje velmi významnou roli zaměření jednotlivé aktivity a s tím potom související nároky na jednotlivé pohybové schopnosti. Například při sprintu a maratonu budou mimo jiné velmi rozdílné nároky na rychlostní a silovou složku tréninku a na vytrvalostní složku tréninku. Rovněž u cyklistiky velmi záleží na typu absolvované trasy a typu závodu a tréninku. Běh jako takový je velmi rozmanitý a na určité vzdálenosti musí být sportovec vybaven různými pohybovými schopnostmi. Přesto, že je například sprinter orientován především na rychlost a sílu, vytrvalost a koordinace se z jeho přípravy v určitém tréninkovém období nemůže vytěsňovat. Stejně tak je tomu v cyklistice, kdy se mluví především o silově vytrvalostním sportu, přesto podíl rychlosti a koordinace nesmí u kvalitního cyklisty chybět.

6 ENERGETICKÉ KRYTÍ POHYBU

6.1 Energetický metabolismus

V souvislosti s pohybovou činností zejména vyšší intenzity i objemu se zvyšuje aktivita metabolických dějů s následným ovlivněním metabolismu. Specifický charakter tréninkových zátěží sportovce se podílí značnou měrou na rozdílné metabolické a funkční adaptaci organismu na pohybovou zátěž (Havlíčková et al., 2008).

Metabolismus je možné definovat jako neustále probíhající přeměnu látek a energií v živém organismu. Jde o děje *katabolické* - z látek složitých se vytvářejí látky jednodušší a uvolňuje se energie potřebná pro fungování organismu, nebo *anabolické* - z jednodušších látek se vytvářejí látky složité a energie je spotřebovávána. Oba děje probíhají současně (Vránová in Havlíčková, 2008).

Při katabolických reakcích se uvolňuje energie, která je nezbytná pro udržení důležitých životních dějů, stálosti teploty (tepelná energie), při sportu je to především energie nutná pro svalovou práci.

Při katabolických reakcích se uvolňuje energie, která je nezbytná pro udržení důležitých životních dějů, stálosti teploty (tepelná energie), při sportu je to především energie nutná pro svalovou práci.

Obrázek č. 3. *Energetická rovnováha* (Canals, J. et al. *Entrenamiento para deportes de montana*, překlad *Tréning pre horské športy, 2004*).

Zdroje energie

1. Makroergní fosfáty: ATP, ADP, CP
   ATP- adenosin tri fosfát
   ADP- adenosin di fosfát
   CP- kreatin
2. Makroergní substráty
   - Cukry, tuky, bílkoviny

(Bartůňková, 2007)

6.2 Složky energetického metabolizmu

6.2.1 Bazální metabolizmus

Dle Vilikuse et al. (2004) je bazální metabolizmus (BM) definován jako minimální produkce energie, která slouží k udržení homeostázy. BM je měřen za tepelného komfortu a v naprostém svalovém klidu. Měření se provádí ráno v prvních třiceti minutách po probuzení. Bazální metabolizmus závisí zejména na tělesné hmotnosti, tělesné výšce, věku a pohlaví. Vztahujeme- li BM na 1 kilogram tělesné hmotnosti, pak kojenec má výdej 5kcal (21kJ) na 1kg hmotnosti, prepubertální chlapec asi 2,5kcal (10kJ) a dospělý zdravý muž necelou 1kcal (4kJ) na 1kg za hodinu.

6.2.2 Specificko-dynamický účinek potravy (SDÚP)

Tato složka je nezbytná na trávení potravy. Nejvíce energie je potřeba na trávení bílkovin, méně energie na trávení tuků, nejméně potom ke strávení glycidů. SDÚP činí asi 5-10% celkového energetického metabolizmu a závisí především na převažujících živinách v potravě (Vilikus et al., 2004).

6.2.3 Termoregulace

Tuto složku metabolizmu potřebuje organismus k vyrovnávání tepelných rozdílů proti prostředí. Termoregulace tvoří pouze do 10% celkového energetického metabolizmu, jelikož člověk se proti nedostatku tepla chrání oblečením a v zimě topením. Při nadbytečném teplu je nadbytečné teplo odváděno z organismu odpařováním potu z kůže (evaporací). Již při běžném pocení vydá organismus energii zhruba 350-450kcal. Při velmi náročné práci, jakou je například maraton, dojde k evaporačním

ztrátám až 2000kcal, přičemž stejná ztráta nastává i vedením a sáláním (Vilikus et al., 2004).

6.2.4 Práce kosterního svalstva

Dle Vilikuse et al. (2004) je práce kosterního svalstva hlavní složkou, která ovlivňuje energetický výdej člověka. Energetický výdej je při určité svalové činnosti ovlivňován mnoho faktory: především rychlostí pohybu, sklonem svahu, hmotností neseného břemene.

Jindra (2009) se v diplomové práci zabýval energetickým výdejem ve skialpinismu a jeho závislostí na sklonu svahu. Při testování vlivu sklonu svahu na srdeční frekvenci při chůzi na skialpinistických lyžích se, až na dvě výjimky, potvrdilo, že dojde k několikanásobnému zvětšení energetické výdeje oproti chůzi po rovině. Při sklonu svahu 15° bylo průměrně dosaženo o 18,5% většího energetického výdeje než při sklonu 5°. U sklonu 24° bylo dosaženo v průměru o 11,8% většího energetického výdeje.

6.3 Zabezpečení pohybu energií

Hlavními energetickými zdroji pro výkon jsou makroergní fosfáty, tj. zejména *adenosintrifosfát (ATP), kreatinfosfát (CP) a* makroergní substráty, tj. živiny - cukry, tuky a bílkoviny (Vránová in Havlíčková, 2008).

Z hlediska energetického krytí zaujímají primární postavení makroergní substráty - glycidy, lipidy a proteiny. Tyto substráty se různými chemickými ději štěpí a přeměňují pro zisk energie pro fungování našeho organismus a pohybovou činnost. Základním regulátorem zisku energie je poměr ATP/ADP (adenosintrifosfát/ adenosindifosfát), s menší klidovou spotřebou ATP a menší produkcí ATP. Nadbytek ATP a zároveň nedostatek ADP brzdí další uvolňování energie (Vránová in Havlíčková, 2008).

Podle Dovalila et al. (2002) se zdroje energie pro svalovou činnost využívají podle intenzity a doby zatížení cestou aerobních a anaerobních biochemických reakcí.

Aerobní procesy - jsou metabolické reakce, při nichž je energie uvolňována za přítomnosti kyslíku. Čím má být intenzita zatížení větší, tím více potřebují svaly kyslíku. Dochází tak ke zvětšení dechové frekvence a srdečního rytmu.

Anaerobní procesy - jsou to reakce, které se začínají aktivovat v případě, je-li intenzita zatížení tak velká, že organismus nestačí dodat svalu potřebné množství kyslíku. Energie je potom dodávána procesy ATP-CP a anaerobní glykolýzou.

Uvolňování energie se uskutečňuje třemi rozdílnými způsoby, ve sportovním tréninku se zjednodušeně označují jako ATP-CP systém, LA systém a O_2 systém (Dovalil et al., 2002).

ATP-CP systém - představuje anaerobní proces získávání energie. Energie vzniká z molekul bohatých na fosfáty (ATP a CP). Jedná se o aktivitu velké intenzity (skoky, sprinty), ale krátkodobého trvání (5-15 sekund). Po vyčerpání trvá obnovení těchto látek 90 sekund. Kreatin- fosfát mění ADP na ATP, které se v hojnosti vyskytují v kosterním svalstvu.

$$kreatin\text{-}fosfát + ADP \rightarrow kreatin + ATP$$

LA systém - jedná se také o anaerobní způsob energetického krytí. Energie vzniká z glukózy a glykogenu a jako odpad produkuje kyselinu mléčnou. Jedná se o zatížení velké intenzity, ale delšího trvání než u ATP-CP systému (90-120 sekund). Produkce kyseliny mléčné vytváří limitující faktor tohoto procesu tím, že organismus nesnese její vysokou koncentraci. Maximální hladina laktátu je individuální a tréninkem se dá zvýšit (větší odolnost na kyselinu mléčnou). Obnovení tohoto systému po úplném vyčerpání jsou asi 3 minuty. Jedná se o zatížení jako je běh na 400m, rychlé překonání velmi strmého a exponovaného úseku (Canals et al., 2004).

O_2 systém - tento systém funguje při štěpení cukrů, tuků a bílkovin za přítomnosti kyslíku. Konečnými produktem těchto reakcí jsou oxid uhličitý a voda. Obou látek se tělo lehce zbaví a vyloučí je. Při souvislé aktivitě delší než dvě minuty se tento systém stává hlavním dodavatelem. Zdrojem energie je svalový glykogen, triglyceridy kosterního svalu, glukóza obsažená v krvi a doplňována z jaterního glykogenu, volné mastné kyseliny z tukové tkáně a extrémně i bílkoviny. Systém je velmi ekonomický, může poskytnout velké množství energie. Intenzita pohybové činnosti je nižší, ale může trvat delší čas (Canals et al., 2004).

Žádný z těchto systémů nepracuje izolovaně. V závislosti na době trvání pohybové aktivity, která současně určuje její intenzitu, tj. dosažení možného energetického výdeje za jednotku času, se průběžně aktivuje více jeden, druhý, či třetí systém. Všechny

vlákna kosterních svalů jsou biochemicky i morfologicky schopny využívat všechny způsoby uvolňování energie (Dovalil et al., 2002).

Z fyziologického hlediska rozhodují o výkonu ve vytrvalostních sportech dva základní faktory. Je to schopnost dlouhodobě produkovat v pracujících svalech co nejvyšší množství energie a schopnost co nejefektivnějšího přeměňování této energie na výsledný pohyb. Vzhledem k době trvání při závodech vytrvalostního typu je organismus odkázaný především na aerobní způsob uvolnění energie. V menší míře, podle doby trvání zatížení, profilu tratě a taktických variant se uplatňují i anaerobní schopnosti. Mohou se například uplatnit při potřebě krátkodobého zrychlení například při soutěžením se soupeřem nebo při finiši a tím v konečném důsledku rozhodovat o výsledku. Ani výborné anaerobní schopnosti však nestačí účinně kompenzovat nedostatky aerobních schopností (Formánek, Hořčic, 2003).

6.3.1 Limitující faktory anaerobní a aerobní kapacity

Anaerobní kapacita - laktátová může být limitována množstvím fosfátu a jeho obratu (stanovení pomocí svalové biopsie nebo pomocí magnetické resonance). Laktátová kapacita může být limitována množstvím glykogenu rozštěpitelného na LA - stanovuje se pomocí LA max, glykolytickými enzymy - stanoví se svalovou biopsií a tolerancí k acidóze - stanoví se hodnotami alkalické rezervy (Bartůňková, 2007).

Anaerobní kapacita může být limitována na několika úrovních. Může jít o ventilaci - sníženým obsahem kyslíku ve vdechovaném vzduchu či obstrukčním onemocněním, plicní difúzí (poruchou přenosu kyslíku), krevní kapacitou (snížením množství hemoglobinu - anémií), tkáňovou difúzí (poruchami prokrvení) a dále transportem kyslíku krevním oběhem (nízkou oběhovou zdatnost) a oxidativními buněčnými ději - nízkou aktivitou, kapacitou mitochondriálních enzymů (Bartůňková, 2007).

7 VLIV NADMOŘSKÉ VÝŠKY NA ORGANISMUS

7.1 Závody ve skialpinismu

Závody ve skialpinismu probíhají velmi často ve vyšších nadmořských výškách (1500 – 3000 m n. m.). Některé závody (viz níže Troffeo Mezzalama) však dosahují vrcholu i ve vysokých nadmořských výškách (nad 3000 m n. m.). Co se týče nadmořské výšky, závody v České republice zdaleka nedosahují parametrů mezinárodních závodů. Vždyť naše nejvyšší hora Sněžka měří 1602 m n. m.

Při klasifikaci nadmořské výšky v posledních deseti letech došlo ke konsenzu škálování nadmořské výšky z pohledu sportovního tréninku (Suchý, Dovalil, Perič, 2009):

- od hladiny moře do 800 m n. m. „nízká“ nadmořská výška
- do 1500 m n. m. „střední“ nadmořská výška
- v rozmezí 1500-3000 m n. m. „vyšší“ nadmořská výška
- pro výšky nad 3000 m n. m. „vysoká“ nadmořská výška
- nad výšky 5800 m n. m. „extrémní“ nadmořská výška

Závody, které probíhají v Alpských zemích nebo například i ve Slovenských Tatrách se pyšní tratěmi, které dosahují vrcholů ve středních a dokonce i velkých nadmořských výškách (až okolo 2500 m n. m.). Proto je skialpinista nucen těmto výškám se alespoň částečně přizpůsobit, aby byl schopen absolvovat závody. Zejména pro naše skialpinisty v České republice je tato situace náročná, když nežijí a ani v blízkém okolí se nevyskytují vysoké vrcholy hor.

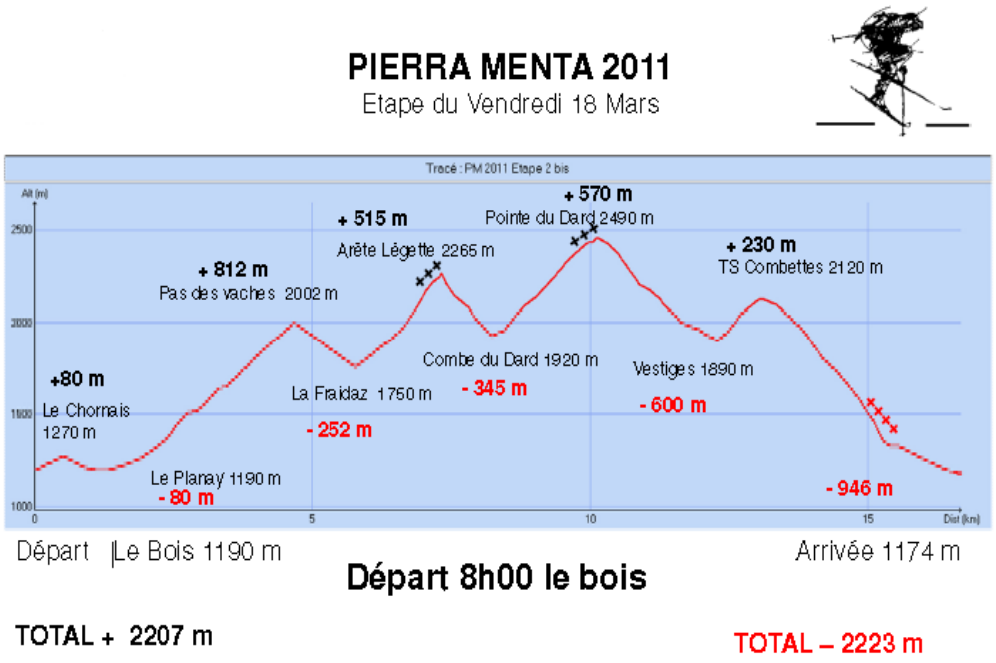
Při závodech ve skialpinismu musí závodníci překonávat nadmořskou výšku jako takovou, tím mám na mysli, že se musí určitým způsobem alespoň částečně přizpůsobit na nadmořskou výšku místa, kde se závody odehrávají, k tomu musí čelit převýšení v jednotlivém závodu.

Pro představu, například při letošní Mistrovství světa ve skialpinismu (Itálie- 2011) startoval závod jednotlivců ve výšce 950 m n. m., nejvyšší vrchol dosahoval 1850 m n. m. a cíl závodu byl ve výšce 640 m n. m.

K nejnáročnějším závodům ve skialpinismu se řadí vícedenní etapové závody Pierra Menta ve Francii a Trofeo Mezzalama v Itálii. Tyto závody jsou náročné jednak tím, že

trvají více dní, konají se ve vyšších až vysokých nadmořských výškách a převýšení v jednotlivých etapách přesahují 2000 m n. m. Například jedna z etap letošní Pierra Menty startovala ve výšce 1270 m n. m., nejvyšší vrchol byl v nadmořské výšce 2490 m n. m. a cíl etapy byl 1174 m n. m. (profil trati této etapy viz obrázek č. 5). Závod Troffeo Mezzalama je ještě extrémnější, co se týče nadmořské výšky. Pro ukázku, start jedné z etap letošního Troffeo Mezzalami byl ve výšce 2000 m n. m., nejvyšší vrchol závodu v 4150 metrech nad mořem a konečně cíl byl v nadmořské výšce 1637 m n. m.

Obrázek č. 4. *Profil jedné z etap závodu Pierra Menta* (Dle propozic závodu Pierra Menta, online).



7.2 Fyziologické a zdravotní aspekty pohybové aktivity a sportu ve středních výškách

Hlavní efekt většinou krátkodobého pobytu se však u člověka může paradoxně projevit poklesem tělesné a psychické výkonnosti a poruchami spánku. V této střední výšce se sice neobjevuje významnější pokles dodávky kyslíku tkáním, ale u přibližně 15% příchozích se mohou projevit některé mírnější příznaky akutní horské nemoci (Máčková in Máček, 1988).

Dle Máčkové in Máček (1988) zřejmě pokles výkonnosti souvisí se snížením hodnoty VO_2max, která klesá lineárně s přibýváním výšky: udává se 10% na 1000m. Ve výšce 2500 m n. m. byl pokles u trénovaných jedinců v průměru o 14%, u netrénovaných o

9% výchozí individuální hodnoty. Snížení VO_2max je vysvětlováno snížením PO_2 v mitochondriích. Vliv na velikost VO_2max mají jednak genetické faktory a potom nastávající hypoxie.

7.3 Význam tréninku ve výšce do 2500m

Při tréninkovém pobytu v této úrovni bývá nejvíce postižena vytrvalostní výkonnost, jelikož hypobarické podmínky limitují oxidativní produkci energie. V průběhu 4-6 týdnů chronické hypoxie se mohou objevit změny ve složení svalů, poklesne počet svalových vláken o 11-25% a objeví se snížení enzymatické aktivity zbylých vláken ve stejném rozsahu. Současně se zvýší hustota kapilár sítě. Pokles výdeje energie se projeví zejména v oxidativním hrazení dlouhodobých výkonů (Máčková in Máček, 1988).

Dle Neumanna et al. (2005) pokud nemá sportovec před zahájením vysokohorské přípravy stabilní aerobní výkonnost, nebo byl krátce před odjezdem nemocen, zvyšuje se u něj při tréninku ve vyšších nadmořských výškách riziko přetížení s následným poklesem výkonnosti. Výkonnostní sportovec by proto měl disponovat základní úrovní výkonnosti, kterou je možné určit prostřednictvím maximální spotřeby kyslíku. VO_2max by mělo u mužů dosahovat nejméně 60 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ a u žen 50 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$.

Olympijské hry v Mexiku, které se odehrávaly ve výšce 2240 m n. m., byly jedinečným experimentem pro sledování aklimatizace a sportovní výkonnosti ve vztahu k vyšší nadmořské výšce. U krátkodobých výkonů bylo dosaženo mnoho rekordů, zejména lepší byly výsledky v běžích na krátké tratě (snížený odpor v řidším vzduchu). Naopak středotraťařské a vytrvalostní výkony měli o 6-8% horší časy a to o to více, čím byla trať delší (Bartůňková in Havlíčková, 2008).

7.4 Trénink pro výkon ve výšce

Sportovec, který trénuje na úrovni mořské hladiny, má dvě možnosti, jakým způsob může kvalitně a bez větších komplikací způsobených výškou, absolvovat závod ve vyšší nadmořské výšce. Jednou z možností je absolvovat závod do 24 hodin po příjezdu do vyšší nadmořské výšky. Za tak krátkou dobu nevzniknou žádné negativní odezvy v organismu. Po 24 hodinách strávených ve vyšší nadmořské výšce se však začnou projevovat negativní odezvy, jakými jsou dehydratace, poruchy spánku, únava apod. Další možností je trénovat v místě závodu nebo v místě s podobnou nadmořskou výškou

přibližně dva týdny. Často se ale stává, že ani dva týdny nejsou dostačujícími k úplné aklimatizaci. Ta se pravidelně dostavuje až po 4-6 týdnech pobytu (Máčková in Máček, 1988).

Dle Dívala se v posledních 20 letech diskutuje o tom, jaká nadmořská výška je nejvhodnější na trénování a jaká pro odpočinek. Definuje tři základní varianty. První variantou je trénovat v nižších nadmořských výškách a odpočívat a žít ve vyšších nadmořských výškách – „living high - training low“. Dle Dívala zastánci této teorie tvrdili, že trénovat v hypoxii je zbytečně náročné a ztrácí se rychlost. Stačí v hypoxii pouze žít, aby se uskutečnily pozitivní změny, zejména zmnožení červených krvinek.

Druhá varianta je dle Dívala opačná, tj. trénink v hypoxii a žít v normální nadmořské výšce. Zastánci této teorie tvrdili, že po tréninkové jednotce v hypoxickém prostředí je následně lepší regenerace. Třetí varianta prosazuje kontinuální pobyt ve vyšší nadmořské výšce v době tréninku, v době odpočinku i běžného tréninku. Zastánci této teorie tvrdí, že dobře připravený organismus potřebuje oba impulzy pro kvalitní adaptační změny.

8 ADAPTACE SYSTÉMU NA ZATÍŽENÍ

.Vytrvalostní trénink výrazně a ve většině případů pozitivně ovlivňuje fungování našeho organismu.

Dle Kučery a Trusky (2000) se působení vytrvalostního tréninku na oběh a dýchání projevuje jednak úspornějším režimem obou systémů, dále potom zvýšením funkčních možností. K nejznámějším známkám úspornosti patří pokles klidové i zátěžové tepové frekvence společně se zvětšením systolického srdečního objemu, což dává dohromady zvětšené možnosti centrálního oběhu.

8.1 Kardiovaskulární systém

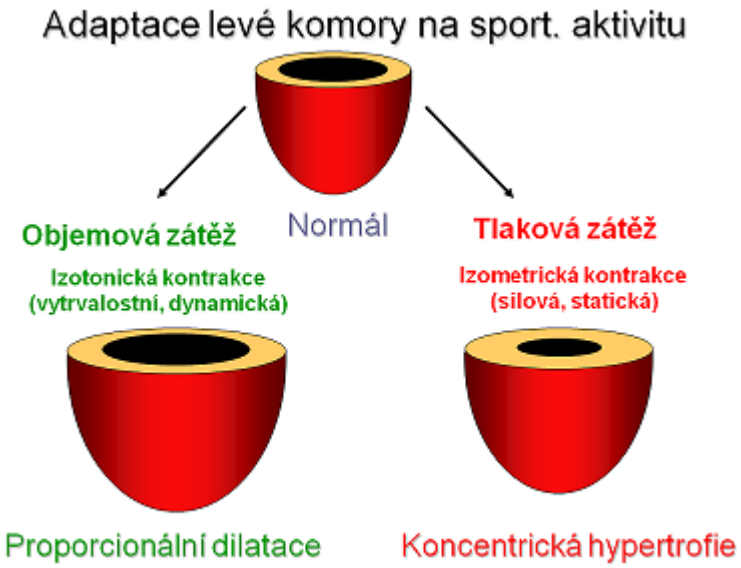
Dle Bartůňkové (2007) dochází při zátěži v kardiovaskulárním systému k redistribuci krve do svalů a zvýšení ukazatelů oběhových funkcí odpovídající intenzitě zatížení.

Dle Radvanského (2011) schopnost odběru kyslíku z krve do svalového vlákna závisí i na uvolnitelnosti kyslíku z vazby na hemoglobin, na difuzních možnostech a na kapacitě mitochondriálních oxidačních enzymů.

Účelná distribuce krve do pracujících svalů se opírá o svalovou mikrocirkulaci, má však na ni vliv kromě počtu svalových kapilár také existence arteriolovenulózních zkratů, jakož i regulace nekapilárních sfinkterů, které určují nasměrování krve do kapilár nebo A-V zkratů. Na vazokonstrikci těchto sfinkterů může mít vliv teplota prostředí, některé hormony a farmaka, ale mohou také působit vlivy nervové a psychické. Z toho plyne, že předpokladem vysoké aerobní výkonnosti svalových vláken musí být i účinná regulace svalové mikrocirkulace (Radvanský, 2011).

Dle Bartůňkové (2007) dochází k adaptačním změnám strukturálním a funkčním. Do strukturálních změn patří hypertrofie srdce, která je možná dvěma způsoby, buď jako hypertrofie koncentrická (u vzpěračů) a hypertrofie excentrická (u vytrvalců). K funkčním změnám se řadí lepší ekonomika trénovaného člověka (nižší srdeční frekvence, vyšší systolický objem), vyšší maximální funkční hodnoty a lepší utilizace (využití) kyslíku myokardem.

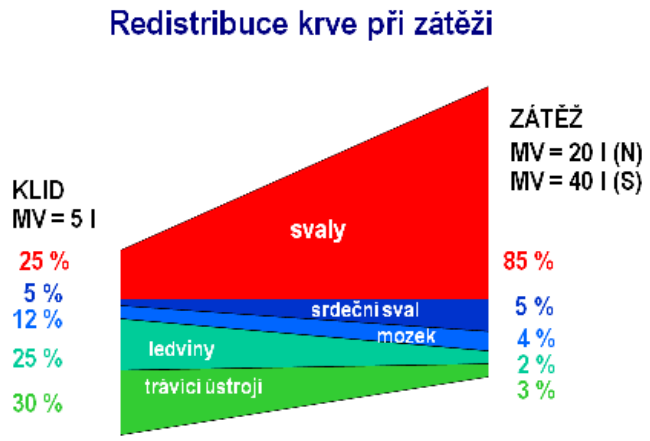
Obrázek č. 5. *Adaptace srdečního svalu na sportovní aktivitu* (dle výukové prezentace Mudr. Vilikuse).



Výsledkem je vyšší výkonnost srdečního svalu při maximálním vytrvalostním zatížení a na druhé straně současně optimalizace, ekonomizace funkce srdce v klidu a v průběhu submaximální zátěže. Dobří vytrvalci dosahují velikosti srdečního svalu o objemu 1.100-1.200 ml u mužů a 800- 900 ml u žen a váhy srdce 440- 530 g u mužů a 330- 360 g u žen. Na základě těchto morfologických změn se začíná postupně přizpůsobovat i tepový objem. To je množství krve, které srdce vypudí do oběhu jedním stahem (tepem). Při vyšších intenzitách může tepový objem dosáhnout až 180- 200 ml. Zároveň se zvyšuje minutový srdeční objem, což je množství krve, které se dostane do oběhu za minutu a může potom dosáhnout hodnot 36 - 40 litrů za minutu. Při závodu na 10 km může tedy srdce vytlačit do oběhu až 1200 litrů krve (Formánek, Hořčic, 2003).

Dle Kučery a Trusky (2000) se adaptuje i periferní oběh a to nejen po funkční stránce, ale také po stránce morfologické. U trénovaných jedinců lze pozorovat větší množství kapilár na svalové vlákno, tím se snižuje odpor při průtoku krve svalem, ale také možnost předávání kyslíku a živin svalové buňce a odvod zplodin z buňky. Vytrvalostní trénink vede ke zvýšení parciálního tlaku kyslíku kosterního svalu, což vysvětluje úspornější funkci periferního oběhu při stejné spotřebě kyslíku.

Obrázek č. 6. *Redistribuce krve při zátěži* (Dle výukové prezentace Mudr. Vilikuse).



8.2 Dýchací systém

Dle Bartůňkové (2007) je rozdíl mezi trénovaným a netrénovaným jedincem. U trénovaného jedince můžeme zaznamenat lepší ekonomiku dechových funkcí, jakými jsou: nižší frekvence dýchání - vyšší dechový objem, lepší mechanika dýchání, lepší distribuce vzduchu a difúze dýchacích plynů, lepší utilizace (využití) kyslíku atd. Dále potom u trénovaných jedinců můžeme pozorovat vyšší výkonnost, tj. vyšší maximální (stopové) hodnoty, jakými jsou: anaerobní práh (ANP) při vyšším zatížení, vyšší vitální kapacita, vyšší maximální minutová ventilace, vyšší maximální spotřeba kyslíku (u vytrvalostně trénovaných jedinců) a větší kyslíkový dluh (vzrůstá především po anaerobním tréninku).

Možnost zvýšení VO_2max (maximální spotřeby kyslíku - viz níže) tréninkem je všeobecně uznávaný fakt. Závisí na výchozí úrovni sportovce a použitých tréninkových prostředcích. Čím vyšší je hodnota VO_2max na počátku sportovního tréninku, tím méně je možné ji zvýšit. Všechny studie na toto téma jsou ovšem diskutabilní, jelikož jde jen velmi těžko oddělit skutečně vrozené vytrvalostní schopnosti od těch získaných v raném věku aktivním způsobem života a později dalším tréninkem. Poslední výzkumy ukazují, že enzymatické vybavení buňky se pod vlivem vytrvalostního tréninku mění a přizpůsobuje zátěži (Kučera, Truska, 2000).

Dle Formánka a Hořčice (2003) je typickým efektem vytrvalostního tréninku, že při stejné rychlosti pohybu (např. rychlosti běhu) spotřeba kyslíku klesá. To znamená,

že při stejné spotřebě kyslíku může sportovec podávat vyšší výkon, například běžet rychleji a navíc většinou i po delší dobu.

Plíce jsou místem, kde dochází k okysličení krve kyslíkem ze vzduchu, který se dostane po nádechu do plic. Při výdechu odstraňují plíce přebytek CO_2, který vzniká jako zbytkový produkt při přeměně energie ve svalu. Maximální vitální kapacita plic se vlivem vytrvalostního tréninku posouvá ze 4 l až na 6 - 7 litrů. Při maximálním zatížení je možné nadýchat místo 100 litrů až 150 litrů za minutu (maximální minutová ventilace). Dále dochází k ekonomizaci dýchání, dech se prodlužuje a dechová frekvence se snižuje. Tím dochází ke značnému snížení nároků dýchacích svalů na kyslík, který pak může být využit svaly zajišťujícími pohyb vpřed (Formánek, Hořčic, 2003).

Dle Kučery a Trusky (2000) mají vytrvalci celkově větší oběh plazmy i plazmy v plicích, což vede ke zlepšení cirkulace v plicích. Ve zlepšené plicní ventilaci a difúzní kapacitě plic lze nejspíše také hledat příčinu lepšího využití kyslíku z ventilovaného vzduchu, tedy že pro stejné množství spotřebovaného kyslíku je třeba menší objem ventilovaného vzduchu.

Dle Kučery a Trusky (2000) ze vztahu maximální spotřeby kyslíku a běžecké vytrvalosti vyplývá, že čím vyšší je VO_2max, tím větší je rychlost běhu, kterou je běžec dlouhodobě schopen při aerobní práci vyvinout. Pro běžce na všech tratích je důležitý anaerobní práh, definovaný jako doba, kdy dochází k rychlému nárůstu poměru anaerobních mechanismů na hrazení energetického výdaje. ANP se s tréninkem zvyšuje velmi výrazně, jelikož mobilizace anaerobních mechanismů u trénovaných osob nastupuje až na úrovni 70% VO_2max, zatímco u netrénovaných osob již na úrovni 50%. Jelikož i úroveň VO_2max bude podstatně vyšší, je tedy u vytrvalostně trénovaných jedinců zřejmé, že rychlost běhu na úrovni ANP bude vyšší. Podněty okolo této intenzity jsou nejsilnějším stimulem rozvoje vytrvalostních schopností., Zlepšuje se tím hlavně využitelnost VO_2max, tzn. aerobní kapacita.

8.3 Pohybový systém

Podstatnou částí, která nám umožňuje pohyb, je soustava svalů, kloubů a šlach. Svaly jsou strukturálně tvořeny svalovými vlákny, která se podle typu dělí na vlákna červená, přechodná a bílá. Vlivem vytrvalostního tréninku dochází ve svalu k výrazným změnám. Především v červených a přechodných svalových vláknech se zvyšuje počet

kapilár, svaly jsou více prokrvované a mohou získávat rychleji a ve větším množství kyslík a energetické zdroje potřebné pro svalovou kontrakci. Vytrvalostně trénované svaly jsou potom schopny zvládnout zátěž vysoké intenzity po delší dobu. Významně se také stimulují mechanismy, které se podílejí na průběžném odstraňování krevního laktátu. Při takovémto tréninku se především zlepšuje schopnost svalů využívat při dlouhotrvajícím zatížení co největší podíl maximální spotřeby kyslíku (Formánek, Hořčic, 2003).

9 FUNKČNÍ ZÁTĚŽOVÁ DIAGNOSTIKA

9.1 Proč vůbec testovat?

To, co člověka odlišuje od strojů je jeho vlastní individualita. Každý jedinec je individuální unikát se všemi jeho vlastnostmi, tedy také s jeho vnitřními látkovými procesy (fyziologií). Každý jedinec je určitým způsobem odlišný od jiného a zároveň i jeho stavy, parametry a hodnoty jsou od sebe odlišné v časovém odstupu. To znamená, že se jedná o dynamický charakter, kdy se v určitém časovém úseku měsíce, roku, ale i celého života mění kondice v závislosti na stavu jedince, jeho aktuální trénovanosti a připravenosti organismu (Kuhn et al., 2005).

A právě proto, že každý člověk funguje jinak a má také své individuální sportovní zkušenosti, by bylo nevhodné, nechat všechny trénovat jednotně a podle stejných pravidel. Pro někoho by byl trénink příliš snadný a tím pádem neefektivní a nedocházelo by k žádným adaptačním změnám. Na druhou stranu pro jiného sportovce by bylo zatížení až příliš náročné, tím pádem by mohlo dojít k přetrénování, úrazům, zklamáním a samozřejmě neefektivitě takového tréninku. Proto je důležité zabývat se sportovcem jako individualitou a brát v potaz jeho individuální předpoklady a funkční parametry. A právě k jejich zjištění docházíme pomocí funkčních zátěžových testů. (Kuhn et al., 2005).

9.2 Laboratorní a terénní testování

Obecně lze zátěžovou diagnostiku dělit podle místa provedení na diagnostiku v laboratoři nebo v terénu. Každý z těchto postupů má své výhody a nevýhody (Bunc in Suchý, 2008).

K výhodám laboratorního testování patří standardní podmínky, možnost snímá biologických signálů, možnost určení fyzikálního výkonu a často i vyšší přesnost těchto metod. K nevýhodám patří vyšší cena, omezená kapacita a jednou z největších nevýhod je problém s přenosem získaných informací do tréninkového procesu, tedy přímé využití těchto výsledků při řízení tréninku (Bunc in Suchý, 2008).

K výhodám terénního testování patří především přímá využitelnost výsledků v tréninku, většinou nižší cena, větší dostupnost a možnost realizace u velkých skupin jedinců a v neposlední řadě i to, že nějaké tréninkové prostředky mohou být přímo použity jako

diagnostické. Velkou nevýhodou terénní diagnostiky je značná závislost na povětrnostních podmínkách a často i nižší přesnost výsledků (Bunc in Suchý, 2008).

Ukazuje se, že například hodnoty maximální srdeční frekvence mohou být v terénu až o 10 tepů/min vyšší než hodnoty laboratorní. Proto je příhodné ověřit si v terénních podmínkách, zda jsou hodnoty maximální SF podobné jako v laboratoři. Jako nejvhodnější zatížení se ukazuje zatížení v délce trvání okolo 3 min., které je absolvované s maximální intenzitou a na konci je měřena SF. Je-li rozdíl mezi laboratoří a terénem 3 tepy/min, není potřeba provádět korekce laboratorních hodnot při použití v tréninku. Nejvýhodnějším řešením je kombinace obou způsobu hodnocení aktuální kondice (Bunc in Suchý, 2008).

Dle Vilikuse et al. (2004) miniaturizace dospěla v současné době tak daleko, že přístroje k analýze vydechovaných plynů je možné používat přímo při tréninku. Přístroje váží okolo 500 gramů a jsou napájeny malým akumulátorem. Vydechovaný vzduch se odvádí do analyzátoru vydechovaných plynů. Analyzátor nemá místní nádobu, ale je velmi rychlý, takže změří koncentraci O_2 a CO_2 při každém dechu. Ventilace se měří vrtulkovým otáčkoměrem kalibrovaným na jednotkovou ventilaci. Korekci plicní ventilace podle atmosférického tlaku a teploty provádí přístroje automaticky. Vyhodnocení se provede na počítači po skončení sledované sportovní činnosti. Vzhledem k vysoké ceně jsou tyto přístroje zatím u nás používány velmi zřídka.

9.3 Druhy zátěžových testů

Běžné testování maximální spotřeby kyslíku je prováděno především na běhacím páse, bicyklovém ergometru nebo výstupy na lavičku (step můstek). Každá z těchto metod má jisté výhody. Například „step test“ není drahý a je přenosný, bicyklový ergometr může být využíván pro velmi přesné měření množství výkonu a zároveň při jízdě na kole je horní část těla relativně nehybná, tím pádem je možné lépe zaznamenávat EKG, krevní tlak a ostatní fyziologické hodnoty. Při testech na běhacím pásu je dosahováno vyšších hodnot maximální spotřeby. Jedním z největších problémů, je neodmyslitelně při používání step testu, kdy při velkém pracovním zatížení je výška stupátka a rychlost výstupů náročná na rovnováhu a adekvátnost výstupů. Step test a bicyklový ergometr jsou limitovány únavou dolních končetin, kdy je test skončen pro bolest v dolních končetinách ještě, než je dosáhnuto maximální spotřeby kyslíku (Lamb, 1978).

Kromě bicyklového ergometru jsou pro některé speciální či výzkumné účely vyvinuty i další způsoby laboratorní zátěže, např. veslařská lavice, pohyblivý svislý žebřík (ladder mill), průtočný bazén (water mill).

V naší diplomové práci ještě navíc pracujeme se speciálním testem na kolečkových lyžích, který je uskutečňován na běhacím páse (viz metodologie práce).

Dle Máčky a Vávry (1988) jsou výhodou měření na bicyklovém ergometru dobré podmínky pro sledování potřebných fyziologických veličin při poměrně malých pohybech hlavy, trupu i horních končetin. Další výhodou bicyklové ergometrie je relativně nízké riziko úrazu. Současně udávají stejně jako Lamb (1978) nevýhodu bicyklového ergometru v lokální únavě a předčasné bolesti dolních končetin.

Dle Máčky a Vávry (1988) je zdánlivě nejbližší přirozené pohybové aktivitě chůze nebo běh na běhacím páse. Přesto je však nácvik techniky a přirozeného pohybu na běhacím páse otázkou času přizpůsobit se na daný pohyb. Předností běhacího pásu je hlavně zapojení vysokého procenta svalové hmoty těla do činnosti bez přetížení izolované svalové skupiny. Nevýhodou běhacího pásu je špatné snímání některých funkčních ukazatelů.

Dle Formánka a Horčice (2003) se při jednorázovém testování v laboratorní praxi používá volba mezi zátěží na bicyklovém ergometru či na běhacím páse, které dostatečně informují o úrovni vytrvalostních schopností potřebných pro vytrvalostní výkon. Při dlouhodobějším systému sledování je vhodné kombinovat obě tyto metodiky a sledovat nejen dosažené maximální hodnoty, ale i jejich vzájemné vztahy. Hodnoty VO_2max získané na bicyklovém ergometru bývají obvykle o 5-10% nižší než na běhacím páse.

Autoři Åstrand et al. (2003) mají dobré zkušenosti s testováním na bicyklovém ergometru pro submaximální testy, ale pro testování maximálních hodnot preferují běhací pás. Běh by měl být prováděn se sklonem běhacího pásu 3 a více stupňů. Na bicyklovém ergometru musí jedinec sedět rovně nad pedály. Pracovní rychlost by měla být zvolená, aby jedinec mohl pokračovat nejméně 3 minuty. Opakovaně to bylo zdůrazněno, že objektivní kritéria k dosažení maximální spotřeby kyslíku je stav dosažení rovnováhy spotřeby kyslíku („leveling off“), přestože stoupá rychlost cvičení. Ale v mnoho případech je velmi náročné dosáhnout toto kritérium.

Dle Radvanského (2011) u vysoce trénovaných jedinců, např. běžců, cyklistů, plavců a chodců je obvykle možné naměřit maximální příjem kyslíku při jejich specifické zátěži, kdy zřejmě hraje úlohu i tréninkem podmíněné optimální zapojení svalstva v souladu s ostatními funkčními systémy.

9.4 Submaximální a maximální zátěžové testy

Zátěžovou diagnostiku lze realizovat pomocí submaximálního nebo maximálního zatížení.

Submaximánlí zatížení mají výhodu ve větší citlivosti na použité tréninkové zatížení, tedy jsou schopny lépe charakterizovat realizovaný tréninkový proces a lze je provádět i v období těsně před vlastním závodním výkonem. Nevýhodou je, že neposkytují informace o stavu jedince v extrémní situaci maximálního výkonu. Ty lze získat pomocí maximálního zatížení. Nevýhodou je ale samotné maximální zatížení, které klade zvýšené nároky na motivaci jedince (Bunc in Suchý, 2008).

Nejčastěji používaným submaximálním parametrem je takzvaný anaerobní práh, který je definován jako nejvyšší intenzita konstantního zatížení, kdy je možné ještě dosáhnout setrvalého stavu, tedy kdy většina sledovaných parametrů se prakticky nemění v průběhu tohoto zatížení. V časové definici anaerobního stavu se jedná o zatížení, které je jedinec schopný provádět v době trvání 20 - 30 minut. V tréninkové praxi je tato intenzita nejvýhodnější pro ovlivňování vytrvalostních složek kondice (Bunc in Suchý, 2008).

9.5 Spiroergometrie

Jedná se o metodu stanovení aerobní kardiorespirační zdatnosti analýzou vydechovaného vzduchu při maximálním fyzickém zatížení organismu. Spiroergometrie je nejkomplexnější formou vyšetření transportního systému pro kyslík (Vilikus et al., 2004).

Spiroergometrie je velmi výhodnou metodou pro zjišťování funkce transportního systému kyslíku. Z toho důvodu je velmi důležitým vyšetřením pro vytrvalostní sporty, při kterých je rozhodujícím faktorem pro úspěch, co nejrychlejší transport kyslíku tkáněmi.

9.5.1 Indikace spiroergometrie

Základní indikací spiroergometrie u zdravých sportovců je zjišťování vlivu tréninku na fyzickou zdatnost. Změna tréninku, prostředí, výživy, nemoc, výpadek z tréninku kvůli zranění, psychický stav a podobně mají na kardiorespirační zdatnost vliv. (Vilikus et al., 2004)

Proto je pro každého sportovce a především jeho trenéra důležité, aby absolvoval pravidelné zátěžové testy, na kterých by byla znatelná změna výkonnosti, jak v pozitivním či negativním smyslu. Výsledek podložený určitými daty vypovídá o efektivitě aplikovaného tréninku. Z toho plyne, že díky spiroergometrii může trenér a sportovec přehodnotit určité tréninkové metody a buď v nich pokračovat, nebo naopak změnit způsob tréninku (intenzitou, dávkami, časováním apod.).

Dále je spiroergometrie neméně důležitá při volbě vhodné sportovní disciplíny u mladých začínajících sportovců. Maximální aerobní kapacita je rozhodujícím předpokladem pro dosažení dobrých vytrvalostních výkonů. Dispozice pro aerobní fyzickou zdatnost se do značné míry dědí. Většina autorů se shoduje, že genetická vrozená složka činí 30%, získaná složka aerobní zdatnosti (tréninkem ovlivnitelná) je asi 70% (Vilikus et al., 2004).

Dle Vilikuse (2004) je spiroergometrie dále vhodným vyšetřením jako prevence zdravotních komplikací, preskripci pohybové aktivity, diferenciální diagnostika bolestí na hrudi, hodnocení efektu léčby či odhalení skrytých onemocnění, které nemusí být vždy při klidovém vyšetření znatelné.

9.5.2 Spiroergometrické parametry (ukazatele zatížení)

Maximální spotřeba kyslíku na kilogram hmotnosti za minutu (ml.kg^{-1}.min^{-1}).

Výkony dlouhé a střednědobé vytrvalosti jsou zajišťovány především aerobními energetickými procesy, z čehož vyplývá, že vysoká úroveň schopnosti dodávat kyslík a využít ho ve svalech k přeměně energie patří mezi limitující faktory výkonnosti. Právě tuto schopnost udává maximální spotřeba kyslíku - VO_2max (udávaná v ml na kilogram hmotnosti za minutu). Ta se u špičkových vytrvalců pohybuje okolo 80 ml.kg^{-1}.min^{-1} u mužů a 70 ml.kg^{-1}.min^{-1} u žen. Hodnoty VO_2max jsou však pouze předpokladem, ne zárukou vysoké výkonnosti ve vytrvalostních sportech. Důležité je i procento využití VO_2max při jednotlivých vytrvalostních a tempových úrovních, to znamená využití

aerobního systému. Vysoce trénovaní běžci jsou schopni využívat vysoké procento VO_2max, aniž by došlo ke změnám vnitřního prostředí, například ke změnám koncentrace laktátu (Kučera, Truska, 2000).

Maximální spotřeba kyslíku je individuální hodnotou, která může být částečně geneticky podmíněna. Tento podíl se odhaduje zhruba na 25-40%, někteří autoři udávají, až 60%, přitom stupeň dědičnosti u maximální srdeční frekvence se odhaduje na zhruba 50% (Radvanský, 2011).

Spotřeba kyslíku zajišťuje přesně měření aerobní zdatnosti a vysoce souvisí se srdeční výkonností. Přestože hodnoty jedince kolísají vlivem různých okolností (po dlouhé inaktivitě, po tréninku, atd.), pokud je VO_2max měřena dle standardizovaných podmínek, je nejvíce reprodukovatelnou hodnotou individuální aerobní zdatnosti (Åstrand et al., 2003).

Dle Drapera a Hodgsona (2008) je VO_2max považováno za jeden ze zásadních ukazatelů pro hodnocení aerobní zdatnosti organismu. Pro změnu absolutní na relativní hodnotu se znásobí tisícem (pro změnu z litrů na mililitry) a vydělí se hmotností. Například VO_2max 4,2 $l.min^{-1}$ pro sedmdesáti kilového muže může znamenat relativní VO_2max 60 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (4,2x1000/70). Po porovnávání je více využitelná relativní hodnoty než absolutní. Pro příklad, ženy inklinují k tomu, mít nižší absolutní VO_2max, ale když přeměníme hodnotu na relativní, mužské a ženské VO_2max, hodnoty se potom blíží.

Spotřeba kyslíku je vypočítána z množství ventilovaného vzduchu a z procenta kyslíku (množství kyslíku, který jedinec využívá z ventilovaného vzduchu), násobeno příslušným koeficientem, který charakterizuje standardní podmínky (Bunc in Suchý, 2008).

Dle Novotné a Novotného (2007) závisí maximální spotřeba kyslíku na ventilaci - množství vzduchu v litrech, které je jedinec schopný prodýchat za minutu. Tento faktor není u zdravého jedince limitujícím faktorem z hlediska dosažení nejvyšších hodnot. Dále potom na alveolokapilární difuzi kyslíku, minutovém objemu srdce jako míra jeho činnosti, na množství hemoglobinu a erytrocytů, arteriovenózní diferenciaci kyslíku (rozdíl mezi množstvím kyslíku v arteriální a venózní krvi, vyjadřuje extrakci kyslíku tkáněmi). Dále potom maximální spotřeba kyslíku závisí na buněčné úrovni, tedy na

množství mitochondrií, ve kterých probíhají oxidační reakce a na množství a aktivitě oxidačních enzymů.

Dle Radvanského (2011) stále trvá diskuse o limitujících faktorech VO_2max. Přenos kyslíku z atmosférického vzduchu do cílového orgánu je výsledkem koordinované funkce řady etap. Je to zejména ventilace, která je schopna transportovat dostatečné množství vzduchu k výměně dýchacích plynů v plicních alveolech. Je následována difuzí alveolokapilární membránou, což je pasivní proces, který závisí kromě na difuzních vlastnostech membrány i na velikosti styčné plochy. Cirkulace představuje schopnost přenést kyslík do cílových orgánů, závisející jednak na přečerpávací funkci srdce, jednak na distribuci krve v periferii, kde vstupuje kyslík do metabolismu mitochondrií cílové buňky.

U průměrného, zdravého a netrénovaného jedince nebývá ventilace limitujícím faktorem kyslíkové transportní kapacity organismu (Radvanský, 2011).

Dle Radvanského (2011) mají červená pomalá vlákna vysokou mitochondriální oxidační kapacitu. Vzhledem ke geneticky determinovanému poměru mezi červenými a bílými svalovými vlákna je nejpravděpodobněji rozhodujícím limitujícím faktorem VO_2max geneticky daná struktura enzymatické výbavy svalových vláken. To ale určuje spíše jenom optimální dosažitelnou možnost nejvyššího příjmu kyslíku, jejíž využití však může být individuálně omezeno nejrůznějšími faktory transportního (dýchacího a oběhového) systému.

Dle Åstranda et al. (2003) vysoká maximální spotřeba kyslíku nezaručuje dosažení nejlepšího výkonu. Je zajímavé, proč nejlepší výkony vyžadující vysokou aerobní zdatnost, obvykle dosahují sportovci ve věku 20-30 let, když nejvyšší maximální spotřeba kyslíku je obvykle dosahována před dvacátým rokem života. Existují však ostatní faktory, které je nutné zvážit.

Obecně řečeno, fyzická aktivita je více pravidelná a aktivní pro ty, kteří navštěvují povinnou školní výuku tělesné výchovy než pro starší jedince dvaceti let, kteří už tuto povinnou výuku nemají. To by potom mohlo předcházející tvrzení vysvětlovat. Na druhou stranu, pokud trénink pokračuje, maximální aerobní výkon určitě může být udržován nebo dokonce dále zvyšován v dalších deseti letech. Nakonec výkon může záviset také na technice, taktice, motivaci a ostatních faktorech, jakými je intenzivní

trénink a zkušenosti po několik let a to vede k postupnému zvyšování výkonnosti (Åstrand et al., 2003).

Fyzický výkon souvisí s maximální spotřebou kyslíku ve sportech, při kterých jsou zapojovány velké svalové skupiny, které pracují po delší dobu. Nikdo nemůže dosáhnout nejlepších výsledků bez vysoké aerobní zdatnosti. Na druhou stranu vysoká aerobní zdatnost nezaručuje dobrý výkon, jelikož na něj má pozitivní nebo negativní vliv technika, stav tréninku a psychické faktory (Åstrand et al., 2003).

Dle Canalse et al. (2003) při pohybech, které vyžadují práci více svalových skupin, jsou hodnoty VO_2max vyšší, takže na přístrojích stimulujících běh na lyžích jsou naměřené hodnoty jednotlivce vyšší než na běhacím páse a na běhacím páse jsou hodnoty vyšší než na bicyklovém ergometru. Takto je popsaná zátěžová zkouška na přístroji stimulující lyžování, kdy hodnoty tepové frekvence, laktátu a spotřeby kyslíku byly jednoznačně vyšší než při zátěži bez práce horních končetin. Rozdíl v hodnotách VO_2max mezi běžeckým pásem a bicyklovým ergometrem je zpravidla 5-10%.

Velmi vysoké hodnoty VO_2max byly například naměřeny u legendárního cyklisty Lance Armstronga (až 85 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Český reprezentant na lyžích Lukáš Bauer dosahuje v období nejvyšší výkonnosti hodnot 82 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Dosud nejvyšší naměřená hodnota VO_2max byla u Bjorna Daehlieho - norského běžce na lyžích, která dosáhla 92 - 94 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (Hepnar, 2010).

Dle Hepnara (2010) skialpinisté dosahují díky tréninku ve vysoké nadmořské výšce a celkově náročnému pohybu relativně vysokých hodnot VO_2max. Španělský mladý a velmi nadějný závodník Kilian Jornet Burgada dosahuje hodnot až 92 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Mezi českými skialpinisty dosahoval dosud nejvyšších hodnot Radek Groh – 80 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$.

Přímé použití maximální spotřeby kyslíku při řízení tréninkového procesu je docela omezené. Tyto hodnoty nám charakterizují především dosažený stav trénovanosti, charakterizují dosaženou úroveň kondice. Vlastní a v tréninku použitelné hodnoty, jsou pak udávány v procentech maximální spotřeby kyslíku a k nim příslušných hodnot intenzity tréninku (Bunc in Suchý, 2008).

Dle Formánka a Horčice (2003) hodnoty VO_2max a dalších ukazatelů oběhového a dýchacího systému lze hodnotit ve vztahu k dosaženému výkonu (na bicyklovém

ergometru či běhacím páse). Příkladem hodnocení může být následující schéma: „Vysoké VO_2max, vysoký výkon - rovná se - dobrá trénovanost. Nízké VO_2max, vysoký výkon - rovná se - závodník pracuje ekonomicky, má dobrou techniku pohybu, prodá, co může, ale v jeho přípravě jsou ještě rezervy. Vysoké VO_2max, nízký výkon – rovná se - nízká ekonomika, malý zisk s velkými náklady. Nízké VO_2max, nízký výkon – rovná se - chybná příprava.“ Dosažené výsledky jsou hodnoceny dle věku, pohlaví a trénovanosti.

Dle Lamba (1978) maximální spotřeba kyslíku vyjadřuje maximální funkci kapacity kardiovaskulárního systému a maximální funkce kardiovaskulárního systému je většinou nejvíce důležitou determinantou výkonu ve fyzické aktivitě aerobního charakteru, ale není pravdou, že člověk s velkou maximální spotřebou kyslíku je nutně vynikajícím vytrvalcem. Mnoho dalších faktorů jakými je motivace a technika daného sportu hrají roli ve vytrvalostním výkonu. Takže vynikající vytrvalostní sportovec musí mít relativně vysokou maximální spotřebu kyslíku, ale není to vždy pravidlem, že nejlepší závodník ze skupiny vynikajících sportovců má největší maximální spotřebu kyslíku.

Trenéři mohou vybrat sportovce, kteří mají vysokou maximální spotřebu kyslíku, a tedy mají předpoklady k dobrým vytrvalostním výkonům, nemůžou však jistě říci, že z právě těchto sportovců budou šampioni, jelikož musí být zváženy další faktory, jakými je psychická a technická vybavenost jedince a také jeho motivace (Lamb, 1978).

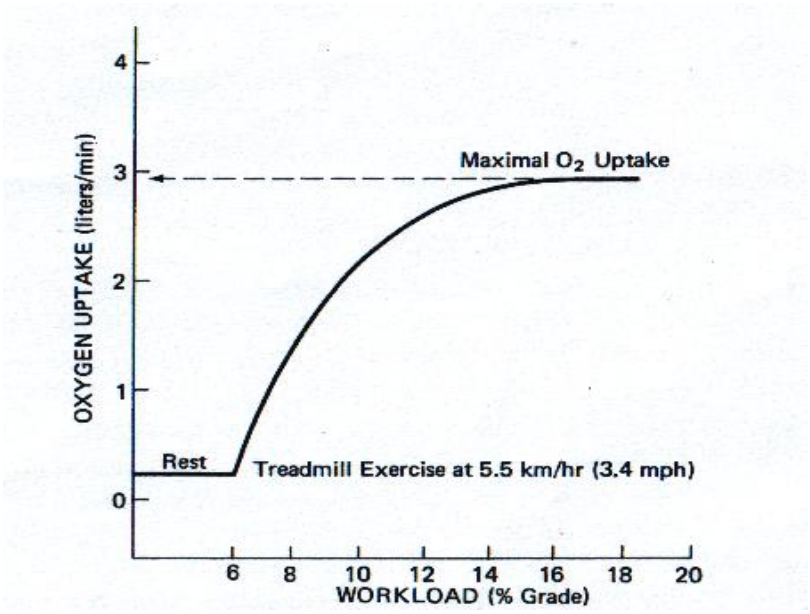
Dle Åstranda et al. (2003) je otázkou, kterým typem pohybu bude dosaženo individuální nejvyšší spotřeby kyslíku. Hodnoty dosažené při běhu na rovném běhacím páse jsou přibližně stejné jako hodnoty naměřené na kole při jízdě ve stoje. Zatímco při běhu na běhacím páse se sklonem 3° a více je dosaženo od 5 do 11% vyšších hodnot. Toto jsou staré výzkumy, které jsou ale stále pravdivé.

Nicméně určení maximálního aerobního výkonu na běhacím páse do určitého sklonu může být stále neadekvátní, když jsou testováni specificky trénovaní sportovci obzvláště ti, jejichž výkon je závislý na svalových skupinách horních končetin (jako při běžecké lyžování a veslování). Také ve sportovních odvětvích, kde je výkon založen především na svalech dolních končetin, může být nábor svalových vláken a metabolické požadavky odlišné, jako například při závodní cyklistice, rychlobruslení a běhání (Åstrand et al., 2003).

Kritéria pro zjištění maximální spotřeby kyslíku

Dle Lamba (1978) je pravděpodobně nejvíce důležitým kritériem určujícím dosažení maximální spotřeby kyslíku dosažení „plató“ (rovnovážného stavu - plateau) a mírný pokles se zvyšující se zátěží. Je známo, že spotřeba kyslíku stoupá lineárně se zvyšujícím se pracovním zatížením do maximální hodnoty spotřeby kyslíku a rovnovážný stav spotřeby kyslíku je se stoupajícím pracovním zatížením znamením, že jedinec dosáhnul svého maxima. Jestliže se nedostaví takovýto rovnovážný stav ve spotřebě kyslíku, nemůže být bráno, že jedinec dosáhnul ve spotřebě kyslíku svého maxima.

Obrázek č. 7. *Dosažení Rovnovážného stavu spotřeby kyslíku* (Lamb, D. *Physiology of excercise, responses and adaptations,* 1978).



Dle Radvanského (2011) je stejně jako dle Lamba (1978) podmínkou platnosti testu maximální spotřeby kyslíku tzv. „leveling up“, to znamená stav, kdy spotřeba kyslíku již dále nestoupá a objevuje se krátce trvající plateau. Intenzita, která je vyjádřená ve wattech může ještě poněkud stoupat, ale VO_2max se již nemění a může i klesnout.

Další důkaz, který může přinést úsudek o dosažení vrcholu spotřeby kyslíku je hodnota krevního laktátu (okolo 70-80 mg/100ml krve) a dosažení maximální srdeční frekvence.

Oba tyto faktory jsou obvykle sledované v době dosažení maximální spotřeby kyslíku (Lamb, 1978).

Dle Lamba (1978) jsou dalšími faktory, které je potřeba zvážit při dosažení maximální spotřeby kyslíku, je pozice a držení těla při měření, svalová hmota používaná při cvičení, intenzita zátěže, doba trvání zátěže, efektivita testu a motivace sportovce. Postoj musí být vyrovnaný, nejvyšší spotřeby kyslíku je pozorováno ve vertikální pozici těla, zatímco naměřené hodnoty během šlapání na bicyklovém ergometru nebo během plavání jsou téměř vždy o 5-29% menší než nejvyšší hodnoty stejného sportovce na běhacím páse.

Nejlepší světoví plavci jsou schopni srovnat jejich hodnoty maximální spotřeby kyslíku na bicyklovém ergometru s plaveckými hodnotami, ale jejich plavecké hodnoty jsou stále o 6-7% nižší než hodnoty na běhacím páse asi proto, že plavání si vyžaduje zapojení méně svalové hmoty než běhání (Lamb, 1978).

Protože stupňující se aktivita kosterního svalstva vypovídá pro největší zvýšení spotřeby kyslíku během cvičení, je zřejmé, že musí být během testování využívány velké svalové skupiny, aby bylo možné dosáhnout maximální spotřeby kyslíku. Jinými slovy, nemůžeme čekat velkou spotřebu kyslíku při práci horních končetin stejně jako z práce dolních končetin a při použití horních i dolních končetin společně můžeme dosáhnout poněkud vyšší spotřeby kyslíku, než když budou dolní a horní končetiny pracovat jednotlivě. Musí být zapojeno okolo 50% veškeré svalové hmoty, aby bylo možné dosáhnout maximální spotřeby kyslíku (Lamb, 1978).

Dle Radvanského (2011) platí VO_2max také za určitých podmínek. Především je nutné stejně jako dle tvrzení Lamba zapojení co největšího rozsahu svalové hmoty do dynamické činnosti.

Jestliže má být dosažena maximální spotřeby kyslíku, obojí - zátěžová intenzita a doba trvání, musí být dostatečně velké, aby mohlo být dosaženo blízkosti maximální možné odezvy kardiovaskulárního systému. Minimálně požadovaný čas zatížení je okolo 3 nebo 4 minut běhu na běhacím páse k dosažení maximální spotřeby kyslíku, zatímco chůze na běhacím pásu s postupně se zvyšujícím sklonem si vyžaduje dobu zatížení 20 minut a více pro získání maximální spotřeby kyslíku. Při testech maximální spotřeby

kyslíku intenzita zatížení stoupá postupně, takže konečné intenzita musí dosahovat dostatečnou úroveň přinášející maximální odpověď (Lamb, 1978).

Stejně tak Radvanský (2011) popisuje, že doba trvání zátěže je nezbytnou podmínkou pro dosažení maximální hodnoty VO_2max. Ta musí trvat řádově několik minut, aby zjištěná hodnota spotřeby kyslíku byla skutečně maximální. Během této doby hodnoty různých parametrů transportního systému prudce vzrůstají. Hodnoty naměřené v posledních okamžicích před vyčerpáním je možné považovat za maximální, tedy kromě maximálního příjmu kyslíku.

Dle Máčka a Vávry (1988) musí být pohybová činnost jednoduchá, bez větších nároků na obratnost, co možná nejbližší přirozené pohybové aktivitě, resp. u sportovců stimulující jejich sportovní odvětví (chůze, běh, jízda na kole atd.).

Dle Lamba (1978) nesmí dobrý test maximální spotřeby kyslíku záviset na dovednostech nebo motivační úrovni sportovců. Je nesmyslné vybírat dovednostně náročné disciplíny pro měření maximální spotřeby kyslíku. Dokonce v jednoduchém úkolu, jako je šlapání na bicyklovém ergometru, mohou rozdíly v účinnosti mezi jednotlivci být asi šest procent. Chůze je známá pro všechny a jsou pouze nepatrné rozdíly mezi jednotlivci. Některých úkolů, jako je například rychlý běh na běhacím páse, se mohou někteří jedinci bát a nemusí je zvládnout. Jak pro účinnost a z motivačních důvodů je chůze na běhacím páse s postupně se zvyšujícím sklonem běžně používaný test pro zjišťování maximální spotřeby kyslíku.

U některých lidí může být spotřeba kyslíku téměř o deset procent vyšší při kratším progresivním běhu na běhacím páse, než delší chůze na běhacím páse, snad proto, že průtok krve do kůže se zvyšuje při dlouhodobém cvičení a to může snížit přísun krve a kyslíku do pracujících svalů (Lamb, 1978).

Dle Radvanského (2011) přináší měření VO_2max v klinické praxi určitá omezení. Často se stane, že nelze dosáhnout typického plateau, vyšetřovaná osoba nemůže pokračovat, ať již pro bolesti svalů dolních končetin, nebo například pro dušnost apod. V tomto případě představuje dosažená hodnota maximální výkon, ale nejde hovořit o skutečném VO_2max, jde o VO_2peak.

Respirační kvocient (R, RER max)

Respirační kvocient je poměr výměny dýchacích plynů. Respirační kvocient je poměr vyloučeného CO_2 a spotřebovaného O_2.

$$\mathbf{R=VCO_2/\ VO_2.}$$

V klidu závisí hodnota R na složení stravy, zejména na trojpoměru živin. Pokud by se naše strava skládala pouze ze sacharidů, hodnota R by byla 1, pokud pouze z tuků, hodnota R by byla 0,7 a pokud by naše strava obsahovala pouze bílkoviny, hodnota R by byla 0,8. Většina lidí konzumuje stravu smíšenou, nikdy ne pouze nějakou z uvedených živin, hodnota R se v průměru pohybuje v rozmezí 0,8 - 0,85 - smíšená strava (Vilikus et al., 2004).

Při zátěži- čím více se zátěž stupňuje, tím méně už hodnota R závisí na složení stravy a tím více se R mění v závislosti na rostoucí koncentraci kyseliny mléčné v krvi. Kyselina mléčná je pufrovaná hlavním extracelulárním nárazníkovým systémem - bikarbonátovým, za vzniku nestálé kyseliny uhličité, která se rozkládá na vodu a oxid uhličitý. Oxid uhličitý potom člověk vydechuje ve vyšší koncentraci a tím pádem stoupá hodnota R (RER). Při zátěži už není úplně správné mluvit o termínu respirační kvocient, ale vystižnějším termínem je: aktuální poměr výměny dýchacích plynů, RER - z anglického Respiratory Exchange Ratio (Vilikus et al., 2004).

Dle Plachety et al. (1999) respirační kvocient- RQ platí pro výměnu v buňce, kde je O_2 spotřebováván a CO_2 produkován. Může informovat o metabolickém podílu energetických substrátů pouze při déletrvajícím rovnovážném stavu a nikdy nepřekročí hodnotu 1.

Poměr respirační výměny – R (RER - respiratoty exchange ratio) platí pro výměnu plynů v plicích. Respirační kvocient (RQ) a poměr respirační výměny (R) se rovná pouze v rovnovážném stavu. R (RER) je správným označením pro dynamiku změn V_{CO2}/V_{O2} při stupňovaném fyzickém zatížení do maxima. Překračuje hodnotu 1,0 při dosažení maxima a zvyšuje se ještě dále ve fázi zotavení. V zátěžové diagnostice má význam jako kritérium dosažení maximální metabolické úrovně, hodnota pro určení energetických ekvivalentů a jako jeden z parametrů pro neinvazivní určení ANP (Placheta et al., 1999).

Dle Vilikuse et al. (2004) je poměr dýchacích plynů (RER) velmi spolehlivým ukazatelem metabolického vytížení testované osoby při spiroergometrickém testu. Je to důležitá hodnota pro validitu testu. Jestliže bylo při testu dosaženo hodnoty RER 1,00 a méně, pak není možné považovat naměřené hodnoty funkčních parametrů za maximální. Bylo by to potom stejné, jako kdybychom chtěli měřit tělesnou teplotu ještě dříve, než se sloupec rtuti ustálí, v tom případě bychom nemohli určit přesnou tělesnou teplotu. Hodnota RER 1,00 odpovídá přibližně anaerobnímu prahu.

Dle Radvanského (2011) za maximální test je považována zátěž, kdy byla testovaná osoba jasně nad anaerobním prahem, a dosáhla tedy v okamžiku nejvyšší spotřeby kyslíku poměru vydaného CO_2 a přijatého O_2, to znamená hodnotu RER, nad 1,06. Je to určitý kompromis, jelikož z dobře motivovaného a zdravého jedince je tento poměr vždy 1,10 - 1,25. Extrémně motivovaný sportovec dosáhne RER v maximu 1,2 – 1,25.

Při našem testování má hodnota RER v každém jednotlivém testu velký význam. Díky této hodnotě může porovnat vytížení sportovců během zátěžových testů: na bicyklovém ergometru, běhacím páse a speciálním testu na kolečkových lyžích. A nakonec rozhodnout, při kterém z testů byli sportovci nejvytíženější a kde byli schopni podat nejvyšší a nejlepší výkon.

9.6 Srdeční frekvence

Srdeční frekvence (SF)

Dle Bunce in Suchý (2008) je srdeční frekvence jednou z nejsnáze měřitelných hodnot. Hodnoty srdeční frekvence, především pak ty maximální nejsou v přímém vztahu s úrovní kondice sportovce. Poněkud jiná situace je u submaximálních zatížení, kdy může tento parametr charakterizovat stav přizpůsobení jedince na zatížení a lze jej využít k hodnocení kondiční připravenosti.

Dle Bunce in Suchý (2008) neexistuje „obecná“ maximální srdeční frekvence, tedy jsou rozdíly mezi maximální srdeční frekvencí například při běhu a jízdě na kole, nebo při posilování apod. Pro praxi to znamená, že je žádoucí znát maximální SF u rozhodujících tréninkových prostředků.

Pro charakterizování tréninkových intenzit lze použít procenta maximální srdeční frekvence. Intenzita zatížení na úrovni anaerobního prahu odpovídá 88 - 92% maximální srdeční frekvence. Intenzita aerobního pásma je na úrovni 89% srdeční

frekvence na úrovni anaerobního prahu a intenzita zatížení na úrovni anaerobního pásma odpovídá 106% SF na úrovni anaerobního prahu (Bunc in Suchý, 2008).

Pro většinu sportovců je to orientační hodnota tréninkových zón, ve kterých se v průběhu tréninku pohybují. Díky zónám, které se vypočítají z maximální srdeční frekvence a sportovec si je individuálně nastaví do sportesteru a následně může sportovec absolvovat trénink přesně v takovém zatížení, které zvolí trenér jako optimální pro dosažení potřebného výsledku tréninku.

Díky přenosu záznamu ze sportesteru do počítače je vyhodnocení zatížení sportovce během tréninku velmi přesné a graficky i číselně podává informace o tom, v jakých tepových zónách se sportovec v určitém čase pohyboval. Proto je vyhodnocení tepové frekvence pro sportovce i trenéra velmi dobrou zpětnou vazbou o účinnosti absolvovaného tréninku.

9.7 Porovnávání funkčních parametrů při zátěžových testech

Při interpretaci výsledků ze zátěžových testů je vždy nutné přihlížet ke způsobu zatěžování a je třeba respektovat i zatěžovací prostředek, hlavně pak jeho specifičnost, vzhledem k pohybovému stereotypu, který tvoří podstatnou část závodního zatížení. V případě testování na šlapacím ergometru je třeba počítat s nižšími hodnotami hlavně spotřeby kyslíku, jako důsledku menšího množství svalové hmoty, která je nezbytná pro zajištění pohybového výkonu. Hodnoty maximální spotřeby kyslíku zjištěné na běhacím pásu jsou zhruba o 10% vyšší, než jsou hodnoty na šlapacím ergometru (Bunc in Suchý, 2008).

V článku od německých autorů Schneidera a Pollacka (1991) se porovnávají hodnoty anaerobního prahu (zjištěného z ventilace) a maximální spotřeby kyslíku během cyklistiky a běhání u triatlonistek.

Na běhacím páse a bicyklovém ergometru byly měřeny hodnoty maximální spotřeby kyslíku (VO_2max) a anaerobní práh ve skupince deseti velmi trénovaných triatlonistek.

Triatlonistky dosáhly výrazně vyšší průměrné relativní VO_2max při testu na běhacím pásu (63.6 +/- 1.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) než při jízdě na bicyklovém ergometru (59.9 +/- 1.3 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Při měření byla spotřeba kyslíku na anaerobním prahu vyjádřena procentem VO_2max, průměrná hodnota pro běhací pás (74.0 +/- 2.0% z VO_2max) byla významně větší než hodnota na bicyklovém ergometru (62.7 +/- 2.1% z VO_2max).

Triatlonistky měly průměrné hodnoty VO_2max při běhu a jízdě na kole srovnatelné s hodnotami maximální spotřeby kyslíku u elitních běžkyň a cyklistek.

Ale při běhání a jízdě na kole byl anaerobní práh nižší než u sportovkyň zaměřených na jednotlivou disciplínu (běh nebo cyklistiku). Fyzická různorodost mezi triatlonistkami je záměrná a individuální sportovci se odlišují ve specificitě jejich tréninku. Bylo uzavřeno, že tyto triatlonistky byly dobře trénované jak v cyklistice, tak i v běhu, ale ne se stejnými rozměry jako sportovkyně, které trénují a závodí pouze v běhu nebo na kole.

V dalším článku se zabývají němečtí autoři Schneider, Pollack et al. (1990) rovněž triatlonisty, ale v tomto případě muži. Srovnávají anaerobní práh (zjištěný z ventilace) a maximální spotřebu kyslíku na běhacím páse a bicyklovém ergometru a zároveň výsledky porovnávají se sportovci zaměřenými pouze na cyklistiku nebo vytrvalostní běh.

Hodnoty maximální spotřeby kyslíku a anaerobního prahu byly měřeny během bicyklové ergometrie a na běhacím páse ve skupině deseti vysoce trénovaných triatlonistů. Triatlonisté dosáhli výrazně vyšší průměrné relativní VO_2max na běhacím páse (75.4 +/- 7.3 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) než na bicyklovém ergometru (70.3 +/- 6.0 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Hodnoty z bicyklového ergometru dosahovaly 93,2% hodnot na běhacím páse. Průměrné hodnoty VO_2max na běhacím páse a bicyklovém ergometru byly porovnány s hodnotami elitních sportovců zabývajících se pouze jednou disciplínou a byly větší než hodnoty naměřené u triatlonistů.

Anaerobní práh nastal v 66.8 +/- 3.7% z VO_2max při testu na bicyklovém ergometru a 71.9 +/- 6.6% z VO_2max při testu na běhacím páse. Průměrný anaerobní práh na bicyklovém ergometru (jako %VO_2max) bylo blízko shodné s anaerobním prahem uváděným v literatuře pro závodní cyklisty, zatímco hodnoty anaerobního prahu na běhacím páse byly nižší než hodnoty elitních maratonců. Spekuluje se, že triatlonový trénink z hlediska obecné adaptace způsobuje zvýšenou spotřebu kyslíku, zatímco adaptace na anaerobní zatížení nastává zejména ve specifických svalových skupinách využívaných v tréninku.

Cílem recenze Milleta (2009) bylo zjistit rozdíly v literatuře týkající se fyziologických rozdílů mezi běháním a cyklistikou. Zajímal se o srovnávání fyziologických parametrů,

jakými jsou například VO_2max, anaerobní práh (zjištěný z ventilace), srdeční frekvence atd. Tento výzkum měl za cíl rozpoznat efekt způsobu cvičení na podkladě adaptace ventilačních odpovědí, průtoku krve, svalové kapacity, periferní inervace a nervosvalové únavy. Většina výzkumů ukázalo, že běžci dosahují vyšších hodnot VO_2max na běhacím páse, zatímco cyklisté mohou dosáhnout rovnocennou hodnotu VO_2max jak na bicyklovém ergometru, tak na běhacím páse. Proto je hodnota VO_2max specifická pro dané cvičení. U triatlonistů není obecně rozdíl mezi VO_2max naměřeném na bicyklovém ergometru a běhacím páse. Aktuální naměřené hodnoty většinou odpovídají současnému typu a zaměření tréninku.

Další testování se zabývalo maximálním aerobním výkonem a souvisejícími proměnnými během submaximální práce. Měření probíhalo u devíti vytrvalců a devíti kontrolních osob na bicyklovém ergometru a na běžeckém páse. Během submaximální práce, srdeční frekvence a plicní ventilace byly stejné v obou testech v každé skupině, ale běžci měli nižší hodnoty než kontrolní osoby. Během maximálního testu spotřeba kyslíku a ventilace dosahovaly vyšších hodnot na běhacím páse než na bicyklovém ergometru. Rozdíl ve VO_2max nebyl u kontrolních subjektů významný (4,4%), ale více zřetelné a více významné byly rozdíly u běžců (12,8%). Mezi skupinové rozdíly pro VO_2max mezi běžci a kontrolními subjekty bylo více výrazné během běhu na běhacím pásu (17,3%) než na bicyklovém ergometru (8,5%). Na závěr tedy, rozdíly mezi hodnotami VO_2max na bicyklovém ergometru a běhacím páse jsou ovlivněny způsobem tréninkového zatížení (Pannier et al., 1980).

Další srovnáváním hodnot maximální spotřeby kyslíku během jízdy na kole a běhu se zabýval italský autor Bolognesi (2007). Testoval elitní duatlonisty a srovnával jejich hodnoty s triatlonisty a elitními sportovci, kteří se specializovali pouze na běh nebo cyklistiku. Závěrem jeho studie bylo, že celkově dosahují duatlonisté nižších hodnot maximální spotřeby kyslíku než triatlonisté. Dále potom, že hodnoty anaerobního prahu byly u duatlonistů nižší, než hodnoty běžců - specialistů, ale srovnatelné s hodnotami elitních cyklistů. Tato data mohou být vysvětlena odlišnými tréninkovými metodami duatlonistů. A lepší hodnoty jedinců zaměřených na jeden sport (běh nebo cyklistika) mohou souviset se zapojováním specifických svalů pro daný sport během tréninku.

Ve skupině 37 sportovců a sportovkyň - běžkařů, veslařů a cyklistů, byly porovnávány dosažené hodnoty maximální spotřeby kyslíku během běhu do kopce na běhacím páse a během maximálního výkonu v průběhu jejich specifické aktivity. Téměř všichni testovaní jedinci dosáhli vyššího stupně spotřeby kyslíku, když byli testování během jejich specifické aktivity. Rozdíly ve spotřebě kyslíku byly pro lyžaře mezi během do kopce a lyžováním 2,9% pro muže a 3,1% pro ženy. Veslaři byli testováni na jezeře v „single“ lodi, dvoj - lodi nebo 3 a 4 členné lodi, zatímco cyklisté byli testování během jízdy na kole do kopce na běhacím páse. Veslaři a cyklisté dosáhli rozdílu 4,2% a 5.6% (Åstrand et al., 2003).

Také lyžařská chůze na běhacím páse se sklonem 12° v rychlosti mezi 60 a 160 m/min (jedinci šli s lehce ohnutými koleny a využívali lyžařské hole jako při běžeckém lyžování) byla prokázána výrazně vyšší maximální spotřeba kyslíku než při běhu na běhacím pásu. Tato data zdůrazňují, že pro hodnocení maximální spotřeby kyslíku u sportovců, je nutné vybírat pracovní zatížení, které vyhovuje optimálnímu využití specifických svalových vláken. To znamená, že pohyb by měl být při testech stejný jako pohyb při vlastním sportu, pod domněnkou toho, že je během výkonu zapojeno větší množství svalové hmoty (Åstrand et al., 2003).

Další ze studií se zabývala porovnáváním metabolických a kardiorespiračních rozdílů při běhu na běhacím páse, jízdou na bicyklovém ergometru a bruslením na kolečkových bruslích u elitních in-line bruslařů. Jedinci absolvovali různé stupňované testy do vyčerpání. Maximální spotřeba kyslíku, maximální srdeční frekvence a čas, při kterém přišlo vyčerpání, byli vyšší během běhu než během jízdy na kole. Krevní laktát během submaximálního a maximálního běhu byl významně nižší než během jízdy na kole nebo jízdě na kolečkových bruslích. V žádné měřené proměnné nebyly zjištěny rozdíly během jízdy na kole a bruslení na kolečkových bruslích. Tyto výsledky naznačují, že ve srovnání s během, maximální spotřeba kyslíku během jízdy na kole je více limitovaná lokální svalovou únavou než kardiálními faktory. Podobná odezva organismu byla nalezena během jízdy na kolečkových bruslích a jízdy na kole přinášející myšlenku, že testování na bicyklovém ergometru je jednoduše platným laboratorním testem pro testování fyzické zdatnosti u elitních bruslařů na kolečkových bruslích (Martinez et al., 1993).

U nás se tímto tématem částečně zabýval ve své bakalářské práci Jan Hepnar (2010). Ve svých hypotézách předpokládal, že na speciálním skialpinistickém trenažéru bude dosaženo vyšších hodnot VO_2max z důvodu zapojení více svalových skupin než při testech na běhacím páse nebo bicyklovém ergometru. Jeho hypotéza se ve většině případů potvrdila, to znamená, že u měřených skialpinistů bylo dosaženo vyšších hodnot VO_2max na skialpinistickém trenažéru než na jiných ergometrech.

Tabulka č. 2. *Orientační srovnání dosažených výsledků ve studiích zabývajících se měřením a hodnocením především VO_2max.* (Šipky znázorňují, na jakém z ergometrů byly naměřeny vyšší hodnoty a zároveň je poznamenáno u jakých sportovců byl test proveden).

AUTOR	BICYKLOVÝ ERGOMETR	BĚHACÍ PÁS	SPEC. AKTIVITA	SKIALP. TRENAŽÉR
Bunc in Suchý (2008)	obecně- ↓	obecně- ↑ (o 10%)		
Schneider et al. (1991)	triatlonisty- ↓ (VO_2max: 59.9 +/- 1.3 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	triatlonisty- ↑ (VO_2max: 63.6 +/- 1.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$)		
Schneider et al. (1990)	triatlonisté- ↓ (VO_2max: 70.3 +/- 6.0 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	tratlonisté- ↑ (VO_2max: 75.4 +/- 7.3 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$)		
Millet (2009)	cyklisté- ↑	běžci- ↑		
Pannier (1980)	vytrvalci- ↓	vytrvalci- ↑		
Åstrand (2003)	cyklisté- ↑		lyžaři- ↑, veslaři- ↑	
Martinez (1993)	In-line bruslaři- ↓	In-line bruslaři- ↑		
Hepnar (2010)	skialpinisté- ↓	skialpinsité- ↓		skialpinisté- ↑

Závěrem je možné shrnout, že dle studií je obecně dosahováno vyšších hodnot VO_2max na běhacím páse než na bicyklovém ergometru.

Není to však pravidlem, jelikož cyklisté jsou vlivem zatěžování specifických svalových skupin schopni dosáhnout maximálních hodnot VO_2max na bicyklovém ergometru.

Dále potom triatlonisté, kteří se mohou lišit v dosažených výsledcích na bicyklovém ergometru a běhacím pásu dle aktuálního tréninku, ale zároveň, dle studie Milleta (2009) se hodnoty triatlonistů nemusí ani na jednom z ergometrů lišit.

Na druhou stranu pro bruslaře vyšly maximální hodnoty na běhacím páse, ale hodnota krevního laktátu se bruslení podobala na bicyklovém ergometru, proto je pro bruslaře na kolečkových bruslích výhodné testování na bicyklovém ergometru než na běhacím páse i přes vyšší hodnotu VO_2max naměřenou na běhacím páse.

Ukazuje se tedy, že pro vybraný sport je především důležitá podobnost testu danému sportovnímu odvětví, kterému se jedinec věnuje. To znamená, zapojení podobných, v nejlepším případě stejných svalových skupin při testování maximální zdatnosti, jako při provádění vlastního sportovního odvětví.

9.8 Antropometrie

Hodnocení tělesného složení by mělo být součástí každého funkčního vyšetření. V tomto případě platí, zvláště než u jiných laboratorních metod, že je závislé na použité metodě. Problémem jsou predikční rovnice, které z naměřené veličiny (např. součet kožních řas) určují požadované parametry. Metody, které jsou nejčastěji používány, je tloušťka kožních řas dle Pařízkové (součet deseti kožních řas) a bioimpedanční metoda. Při měření kaliperem jsou výsledky vesměs menší, než je realita. Nezbytné je, vždy zjišťovat hodnoty tělesného tuku jednou metodou. Při dlouhodobém sledování je nutné používat jednu metodu, která i přes absolutní chybu měření poskytne údaje o změnách vyvolaných intervencí (Bunc in Suchý, 2008).

Dle Bunce in Suchý (2008) jsou hodnoty % tělesného tuku, které se ukazují jako vyhovující, v rozmezí 8-12%, při použití kaliperu 5-9%. U žen jsou hodnoty o 3-5% vyšší.

Součástí antropometrie je i stanovení relativní hmotnosti depotní tukové tkáně, která tvoří v organismu všechen mobilizovatelný tuk. Nezahrnuje nemobilizovatelný tuk, to je strukturní součást buněk, jako jsou myelinové pochvy neuritů, buněčné a jiné membrány a podobně. Jednotlivé části depotní tukové tkáně, i když jsou lokalizovány na různých částech těla, jako celek podléhají totožným dynamickým změnám

v souvislosti i s extrémními výkyvy rovnováhy energetického příjmu - výdeje. Toho se využívá při nejběžnějším nepřímém způsobu zjišťování relativní hmotnosti depotní tukové tkáně prostřednictvím měření tlouštěk kožních řas na deseti standardních místech pomocí kaliperu (Kohlíková, 2009).

Dle Kohlíkové (2009) se jedná o dvakrát nepřímý způsob stanovení nepotního tuku, to je převod součtu řas na denzitu a převod denzity na tělesné složení, resp. procento depotního tuku. Metodika měření deseti kožních řas dle Pařízkové se značně liší od jiných metodik a to také kalibračních, používaných v zahraničí.

Stanovení hmotnosti depotní tukové tkáně umožňuje výpočet „tukuprosté“, nebo-li aktivní tělesné hmoty (ATH). Tato hodnota zahrnuje kromě hmotnosti skeletu především hmotnost kosterního svalstva a parenchymatózních orgánů (játra, ledviny, slezina) s intenzivní látkovou přeměnou a vztahem k zabezpečování pohybové činnosti (Kohlíková, 2009).

10 CÍLE A ÚKOLY A HYPOTÉZY

10.1 Cíle diplomové práce

1. Analýza funkčních parametrů skialpinistů při zátěžových testech.
2. Porovnat naměřené hodnoty v jednotlivých typech testů u jednotlivce.
    a) Maximální srdeční frekvenci.
    b) Maximální spotřebu kyslíku (VO_2max).
    c) RERmax (Respiratory Exchange Ratio).
3. Porovnat naměřené hodnoty v jednotlivých testech mezi skialpinisty.
4. Zhodnotit význam specifického testování ve skialpinismu.

10.2 Úkoly diplomové práce

1. Popsat dosud provedené studie zabývající se porovnáváním funkčních parametrů na různých ergometrech.
2. Provést funkční zátěžové testy na běhacím páse, bicyklovém ergometru a běhacím páse s využitím speciálních kolečkových lyží.
3. Porovnat naměřené hodnoty u jednotlivců a celé skupiny.

10.3 Hypotézy

H1 U skialpinistů předpokládáme dosažení vyšších maximálních hodnot (VO_2max, SF) na skialpinistickém trenažéru než na běhacím páse a bicyklovém ergometru.

H2 U skialpinistů předpokládáme dosažení vyšších maximálních hodnot (VO_2max, SF) na běhacím páse než na bicyklovém ergometru.

H3 Předpokládáme, že hodnoty RER budou nejvyšší u dosažených nejvyšších hodnot SF a VO_2max na různých trenažérech.

11 METODOLOGIE

Měření sledovaného souboru probíhalo v laboratoři sportovní motoriky FTVS UK. Všechno vybavení nutné pro testování bylo zapůjčeno rovněž z laboratoře sportovní motoriky. Respondenti byli předem informování o jednotlivých zátěžových testech a celkově o průběhu testování. Všichni respondenti podepsali informovaný souhlas a byli seznámeni s tím, že naměřené údaje budou použity pro diplomovou práci na FTVS UK.

11.1 Charakteristika sledovaného souboru

Pro testování bylo vybráno 10 mužů, kteří byli záměrně vybráni z řad skialpinistů. Někteří skialpinisté z vybraného souboru se pohybují v elitní skupině českých závodníků. Další jedinci se věnují skialpinismu na různých úrovních závodního skialpinismu.

Tabulka č. 3. *Antropometrické parametry sledovaného souboru.*

respondent	věk [r]	hmotnost [kg]	výška [cm]	%tuku [%]	ATH [kg]
R1	22,3	65,5	177,0	8,2	60,1
R2	23,2	64,7	182,0	5,4	61,2
R3	25,2	77,6	181,0	10,6	69,3
R4	24,4	65,5	177,8	7,0	60,8
R5	24,2	90,0	191,0	7,9	82,9
R6	23,9	74,5	172,0	11,2	66,1
R7	24,5	78,4	186,0	10,6	70,1
R8	38,1	76,0	180,0	13,2	66,0
R9	22,0	68,0	181,0	7,7	62,8
R10	22,0	65,5	174,0	5,2	70,0
Průměr	**24,98**	**72,57**	**180,18**	**8,72**	**66,93**
Max	**38,10**	**90,00**	**191,00**	**13,20**	**82,90**
Min	**22,00**	**64,70**	**172,00**	**5,20**	**60,10**

11.2 Antropometrie

11.2.1 Výška a hmotnost

Výška byla měřena digitálním laboratorním měřidlem značky Seca a tělesná váha byla změřena pomocí laboratorní lékařské váhy.

11.2.2 Kaliperace

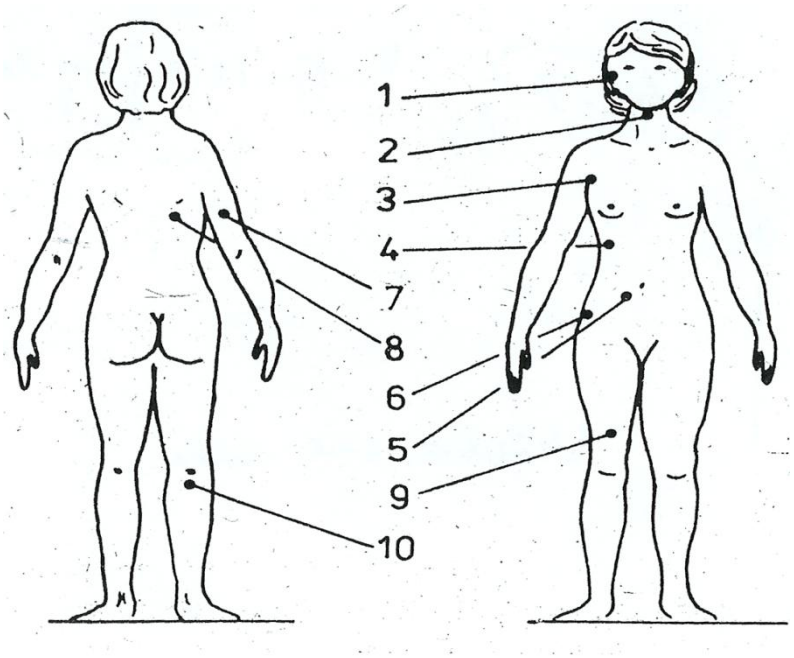
Kaliperace byla prováděna dle Pařízkové kovovým kalibrem s dotykovou kruhovou plochou o průměru 3mm se standartizovaným snímacím tlakem 0,3MP dosaženým při krytí rysek v nivelizačním okénku kaliperu.

Standardní místa měření tloušťky kožních řas

1. Tvář, bezprostředně před ušním boltcem, ve výši odpovídající středu zevního zvukovodu, podélná osa řasy má vodorovný průběh.
2. Podbradek, přímo nad jazylkou, podélná osa řasy má svislý průběh.
3. Hrudník I, v místě přechod přední řasy podpaží jamky na hrudník, podélná osa řasy je stejná s podélnou osou přední řasy podpažní jamky.
4. Paže I, na dorsální straně paže, nad m. triceps brachii, v polovině délky paže, horní končetina volně visící, podélná osa řasy je rovnoběžná s osou paže.
5. Záda, pod dolním úhlem lopatky, podélná osa řasy je rovnoběžná s podélnou osou přiléhajícího žebra.
6. Břicho, na spojnici pupku a předního trnu lopaty kosti kyčelní, ve vzdálenosti ¼ spojnice od pupku, podélná osa řasy probíhá vodorovně.
7. Hrudník II, v přední axilární čáře (tj. v sagitální rovině protínající přední řasu podpažní jamky), ve výši 10. žebra, podélná osa řasy probíhá vodorovně.
8. Bok, v přední axilární čáře, nad hřebenem kosti kyčelní, podélná osa řasy jde rovnoběžně s hranou kosti kyčelní.
9. Stehno, těsně nad patelou, ve střední čáře, s dolní končetinou lehce ohnutou v kolenním kloubu a opřenou o špičku nohy, podélná osa řasy má svislý průběh.
10. Lýtko, těsně pod podkolenní jamkou, ve střední čáře, s dolní končetinou mírně ohnutou v kolenním kloubu a opřenou o špičku, podélná osa řasy má svislý průběh.

(Semiginovský et al., 1990).

Obrázek č. 8. *Body pro měření kožních řas kaliperem* (Vilikus,Z. et al., *Tělovýchovné lékařství, 2004).*



Vyhodnocení údajů

Údaje o tloušťkách všech řas v milimetrech byly sečteny. Ze součtu tloušťky deseti kožních řas (x) jsem v tabulkách (podle věku a pohlaví) vyhledali odpovídající hodnotu procenta depotní tukové tkáně ($^{r}m_t$).

Hmotnost depotní tukové tkáně byla vypočtena ze vztahu:

$$\mathbf{m_t = {}^{r}m_t \,.\, m \,.\, 0{,}01}$$

m_t = hmotnost depotní tukové tkáně (kg)

$^{r}m_t$ = relativní hmotnost depotní tukové tkáně (%)

m = tělesná hmotnost (kg)

11.3 Průběh testování

11.3.1 Použité přístroje

Na testování byly využity dva ergometry - bicyklový ergometr a běhací pás značky Saturn, na kterém se odehrávalo dvojí měření. Jednak běh a také chůze (jízda) na kolečkových lyžích.

Pro test na kolečkových lyžích, který měl stimulovat chůzi na skialpinistických lyžích, byly speciálně upraveny kolečkové lyže, které využívají běžci na lyžích a biatlonisté na letní přípravu. Jedná se o kolečkové lyže na klasickou techniku běhu, to znamená, že není možné zpětné otáčení zadních koleček, tudíž se z nich může sportovec dokonale odrazit a nepodjedou mu nohy. Na kolečkové lyže bylo připevněno skialpinistické vázání a jedinci absolvovali test ve skialpinistických skeletech s využitím lyžařských holí. Ve všech třech testech byl požadavek pro jedince, aby vydrželi do úplného možného maxima.

Vydechované plyny byly zaznamenány analyzátorem Servomex 1440. Ventilace byla zajištěna pomocí ventilometru Tranducer K520. Spirometrie byla provedena na přenosném spirometru značky Cosmed.

Na měření srdeční frekvence jsme využili sportesteru firmy POLAR. Ten se skládá z hrudního pásu a hodinek, do kterých se zaznamenávají pomocí elektrod hodnoty srdeční frekvence. Hodinky se většinou využívají v terénu a při trénincích, kdy je následně možné hodnoty srdeční frekvence přenést pomocí infraportu do počítače a vyhodnotit terénní test nebo absolvovaný trénink. Pro naše potřeby byly hodinky pouze kontrolou, jelikož srdeční frekvence byla snímána pomocí snímače rovnou do počítače.

Před každým testem se respondent důkladně individuálně zahřál a rozcvičil, abychom předešli zraněním. Před samotným maximálním testem proběhla na jednotlivých trenažérech rozcvička. Na skialpinistickém trenažéru probíhala rozcvička při rychlostech 1,5 a 2,5 km/h. Na bicyklovém ergometru měla rozcvička dvě části, jedna byla při zátěži 1,5 W/kg druhá při zátěži 2,5 W/kg a celkově trvala 6 minut (každá zátěž tři minuty). Na běhacím páse probíhala rozcvička při rychlosti 3,5 km/h s 16% sklonem a trvala 4 minuty.

11.3.2 Test na kolečkových lyžích

Test na kolečkových lyžích probíhal s využitím speciálních pomůcek (viz výše) na běhacím páse. Sklon během testu byl stálý a to 20%. Rychlost chůze byla na začátku měření 3,5 km/h, po každé minutě docházelo k nelineárnímu zrychlení o 0,5 km/ h.

11.3.3 Test na běhacím páse

Sklon při testu na běhacím pásu byl stále stejný a to 5%. Jedinci začínali dle uvážení testujícího na 10 km/h, 11 km/h nebo 12 km/h (dle odhadnuté zdatnosti jedince). Rychlost běhu se zvyšovala lineárně o 1 km/h v průběhu 60s.

11.3.4 Test na bicyklovém ergometru

Počáteční výkon byl opět pro každého jedince individuální dle uvážení testující osoby, dle odhadnuté výkonnosti testovaného jedince. Hodnoty počínajícího výkonu se pohybovaly od 260W do 290W. Zátěž narůstala lineárně po minutě a to o 20W.

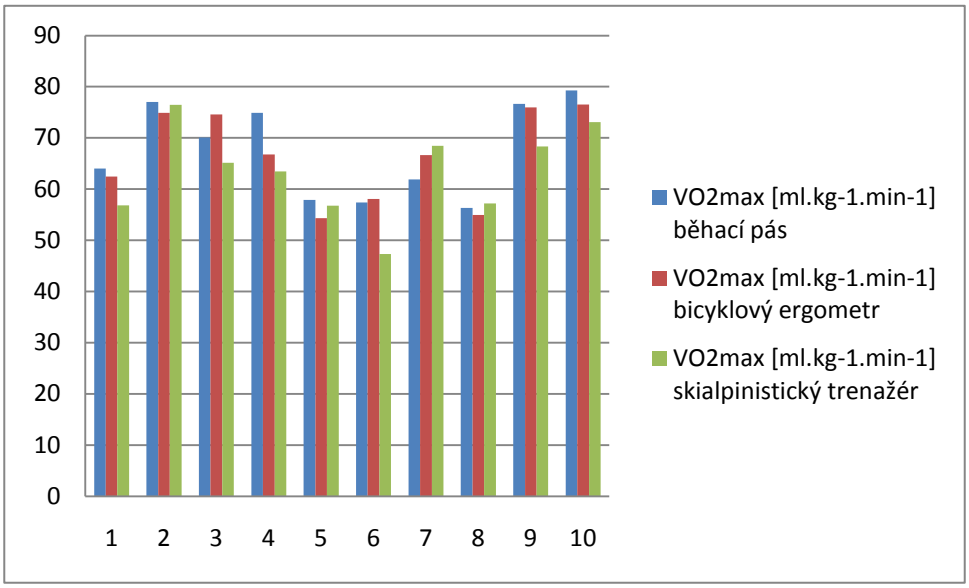
12 VÝSLEDKY

Tabulka č. 4. *Naměřené maximální hodnoty VO_2max, SF a RER na běhacím páse, bicyklovém ergometru a lyžařském trenažéru u jednotlivých respondentů.*

	VO_2max [ml.kg^{-1}.min^{-1}]			**SF [min^{-1}]**			**RER**		
	běhací pás	**Bicykl. Erg.**	**Skialp. trenažér**	**běhací pás**	**Bicykl. Erg.**	**Skialp. trenažér**	**běhací pás**	**Bicykl. erg.**	**Skalp. trenažér**
R1	64	62,5	56,8	192	191	184	1,28	1,29	1,15
R2	77	74,9	76,5	185	177	180	1,18	1,3	1,11
R3	70,1	74,6	65,2	179	183	189	1,13	1,08	1,13
R4	74,9	66,8	63,5	188	188	188	1,16	1,2	1,15
R5	57,9	54,4	56,8	193	183	181	1,24	1,15	1,06
R6	57,4	58,1	47,3	190	190	177	1,3	1,3	1,03
R7	61,9	66,6	68,4	180	179	178	1,16	1,22	1,11
R8	56,3	54,9	57,2	190	183	187	1,07	1,15	1,11
R9	76,7	76	68,3	184	185	170	1,11	1,05	1,05
R10	79,3	76,5	73,1	171	167	156	1,12	1,11	1,03
VR	56,32 - 79,27	54,35 -76,54	47,34 - 76,48	171 - 193	167 - 191	156 - 189	1,07 - 1,30	1,05 - 1,30	1,03 - 1,15
μ	67,5	66,5	63,3	185	183	179	1,18	1,19	1,09
S	9,05	8,8	8,83	6,91	7,06	9,94	0,08	0,09	0,05

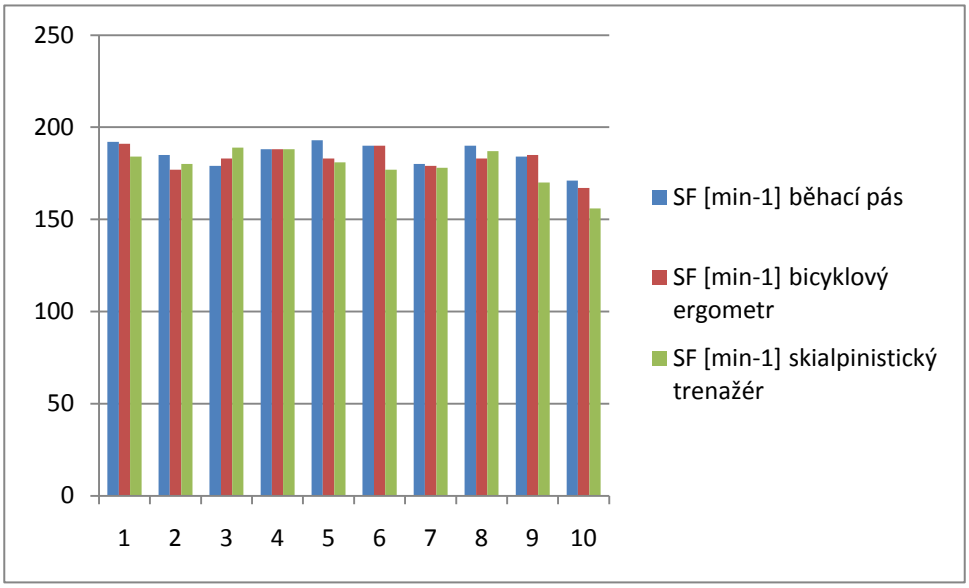
VR – variační rozpětí, μ – aritmetický průměr, S – směrodatná odchylka

Graf č. 1. *Celkové porovnání VO_2max [ml.kg^{-1}.min^{-1}] u respondentů na jednotlivých typech trenažéru.*



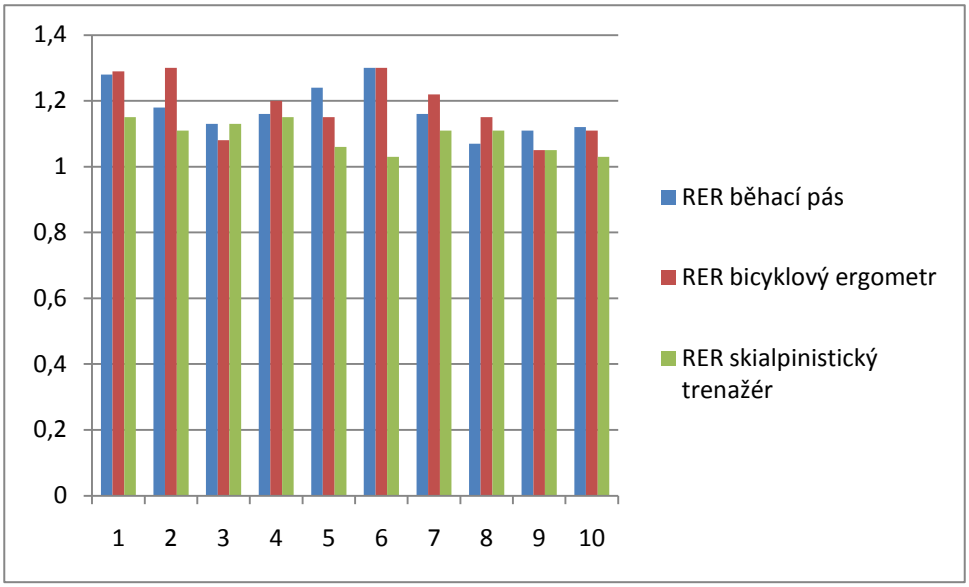
Maximálních hodnot VO_2max na skialpinistickém trenažéru dosáhli dva respondenti z deseti. Na běhacím páse dosáhlo nejvyšších hodnot VO_2 max šest respondentů z deseti. Dva respondenti z deseti dosáhli maximálních hodnot VO_2max na bicyklovém ergometru.

Graf č. 2. *Celkové porovnání SF [min^{-1}] u respondentů na jednotlivých typech trenažérů.*



Maximálních hodnot srdeční frekvence dosáhlo na běhacím páse šest respondentů z deseti. Jeden respondent dosáhl stejné maximální srdeční frekvence na běhacím páse a bicyklovém ergometru a jeden respondent dosáhl stejné maximální srdeční frekvence na všech třech typech trenažérů. Jeden z deseti respondentů dosáhl maximální srdeční frekvence na bicyklovém ergometru a jeden z respondentů dosáhl hodnoty maximální srdeční frekvence na skialpinistickém trenažéru.

Graf č. 3. *Celkové porovnání RER u respondentů na jednotlivých typech trenažérů.*



Maximální hodnou RER dosáhli tři respondenti z deseti na běhacím páse. Jeden respondent dosáhl stejné maximální hodnoty RER na běhacím páse a skialpinistickém trenažéru. Pět respondentů z deseti dosáhlo maximální hodnoty RER na bicyklovém ergometru. A jeden respondent z deseti dosáhl maximální hodnotu RER stejnou na běhacím páse a bicyklovém ergometru.

13 DISKUZE

Našeho testování se zúčastnilo deset respondentů - závodních skialpinistů. Bohužel nebylo možné pro testování využít mnoho elitních českých závodníků kvůli jejich pracovnímu vytížení a časové náročnosti našeho měření (tři testy provedené minimálně s jednodenním odstupem a maximálně s dvoutýdenním odstupem). Přesto považujeme za úspěch, že se našeho testování zúčastnili tři elitní čeští skialpinisté, kteří se pravidelně umísťují na předních příčkách českého poháru a jsou členy českého reprezentačního týmu ve skialpinismu.

Naše testování bylo provedeno v laboratorních podmínkách. Na jednu stranu bylo výhodou to, že měření byla provedena ve standardizovaných podmínkách. To znamená, že výsledky a hodnoty nemohly být ovlivněny změnou počasí, povětrnostních podmínek nebo například typem a kvalitou sněhu, což by během terénního testování na skialpinistických lyžích nebylo možné zajistit. Jedinou možností, jak dosáhnout standardizovaných podmínek na sněhu, by bylo možné při testování v lyžařské hale. Provedení takového testování je nad rámec naší studie, ale je to jedna z možností dalších studií.

Technické provedení a měření chůze na speciálních lyžích na běhacím páse nebylo možné vzhledem k dostupnému vybavení provést dle našich představ. Vzhledem k použití kolečkových lyží na klasickou techniku běhu, se podařilo dokonale zajistit to, že probandi při chůzi na běhacím páse nesjížděli zpět dozadu. Na druhou stranu tím, že kolečkové lyže jsou těsně nad zemí, tedy nekloužou po povrchu tak jako normální lyže díky svojí skluznici a „tulením pásům“, bylo velmi náročné udržet na běhacím páse rovnováhu.

Za normálních okolností v terénu zajistí rovnováhu na kolečkových lyžích hůlky, o které se sportovec může opřít. Stejně tak jako v terénu probandi využívali holí. Do určité rychlosti sloužily hole bez problému. Až se zvyšující se rychlostí, se hole stávaly nedokonalým opěrným bodem. Je otázkou budoucnosti vylepšit použití holí na skialpinistickém trenažéru.

Velká většina testovaných probandů po skončení testu na „skialpinistickém trenažéru“ uvedlo, že fyzicky by ještě byli chvíli schopni pokračovat, ale nebylo již reálné udržet rovnováhu a rychlost na běžeckém pásu.

Hepnar (2010) uvádí, že při jejich testování skialpinistů byli měření jedinci schopni se s připravenou záchranou přiblížit téměř k maximu. Naměřené hodnoty VO_2max na skialpinistickém trenažéru dosahovaly vyšších hodnot než na ostatních ergometrech.

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

Bohužel nemáme k dispozici úzký pás, na kterém už provádějí studie například Italové, který je uzpůsobený, aby se vedle něho dali zapichovat hole s ostrými hroty. Ty zajišťují skialpinistovi dokonalou oporu a nemá při testování problém s rovnováhou a koordinací. Dále není náš běhací pás přizpůsobený na to, aby se na něm testující jedinci pohybovaly přímo na skialpinistických lyžích s nalepenými tuleními pásy, tak jak je možné vidět u italských kolegů.

Dalším důležitým faktorem je typ tréninkového zatížení v průběhu mimosezónní skialpinsitické přípravy. Jelikož v našich klimatických podmínkách stráví skialpinisté na sněhu maximálně pět měsíců a to pouze v případě, že jsou dobré sněhové podmínky, většinu roční přípravy a sportovního vyžití tráví skialpinisté „suchou“ přípravou. Testování závodníci se během letní sezóny věnují běhu, jízdě na kole a horolezectví. Každý skialpinista má během letní přípravy individuální zastoupení jednotlivých sportů.

Dle Milleta (2009) většina výzkumů ukázalo, že běžci dosahují vyšších hodnot VO_2max na běhacím páse, zatímco cyklisté mohou dosáhnout rovnocennou hodnotu na bicyklovém ergometru i běhacím pásu. Například u triatlonistů není obecně rozdíl mezi VO_2max naměřené na bicyklovém ergometru a běhacím páse. Millet je zastáncem názoru, že aktuální naměřené hodnoty většinou odpovídají současnému typu a zaměření tréninku.

Dva z našich deseti respondentů (R9 a R10) se během letní přípravy věnují závodně atletice, tedy vytrvalostnímu běhu na 3 a 5 km. Jeden z respondentů (R2) se v průběhu letní přípravy vzhledem ke zdravotním problémům věnuje výhradně cyklistice. Zbylý respondenti v letní sezóně střídají běh a jízdu na kole relativně pravidelně a obohacují svojí mimosezónní přípravu o další aktivity, jakými je například lezení na skalách popřípadě umělých stěnách.

Výše uvedení R2, R9 a R10 patří mezi elitní české skialpinisty, kteří se pravidelně umísťují na předních příčkách českého poháru ve skialpinismu a jsou členy české skialpinistické reprezentace. Právě hodnoty těchto respondentů bychom rádi vyzdvihli.

R10 dosáhl maximální hodnoty VO_2max na běhacím páse a jeho hodnota (79,27 ml.kg^{-1}.min^{-1}) byla největší naměřenou hodnotou VO_2max při našem testování. Je však zajímavé, že ačkoliv se v průběhu roku téměř nevěnuje cyklistice, jeho hodnota VO_2max na bicyklovém ergometru byla jen o 2,73 ml.kg^{-1}.min^{-1} (76,54 ml.kg^{-1}.min^{-1}) nižší než hodnota na běhacím páse.

U R10 byla hodnota VO_2max na skialpinistickém trenažéru (73,07 ml.kg^{-1}.min^{-1}) nejmenší hodnotou ze tří naměřených. U respondenta odpovídají i hodnoty maximální srdeční frekvence, které dosáhl nejvyšší na běhacím páse (171 tepů/min), dále na bicyklovém ergometru (167 tepů/min a nakonec na skialpinistickém trenažéru (156 tepů/min). Hodnota RER u respondenta 10 rovněž odpovídala maximálním dosaženým hodnotám VO_2max a SF.

To znamená, že v tomto případě se potvrdila hypotéza 3, tedy maximální hodnota RER bude u maximálně dosažených hodnot na jednotlivých trenažérech. V tomto případě tedy maximální RER na běhacím páse (1,12) na bicyklovém ergometru (1,11) a na skialpinistickém trenažéru (1,03). U respondenta 10 se tedy ve všech směrem potvrdila hypotéza 2 a hypotéza 3. Hypotéza 1 se u probanda 10 nepotvrdila.

R9 dosáhl maximální hodnoty VO_2max na běhacím páse (76,65 ml.kg^{-1}.min^{-1}) a jeho maximální hodnota byla třetí nejvyšší (po respondentovi 10 a 2) při našem měření. Opět jako u respondenta 10 je zajímavé, že respondent 9 se v průběhu roku vůbec nevěnuje jízdě na kole, přesto jeho druhá maximální hodnota VO_2max byla dosažena na bicyklovém ergometru (75,96 ml.kg^{-1}.min^{-1}).

Hodnota VO_2max na skialpinistickém trenažéru (68,33 ml/kg^{-1}) byla u toho probanda velmi nízká oproti ostatním hodnotám. Bylo to zapříčiněno technickými problémy a předčasným ukončením testu. Hodnoty SF už přesně neodpovídají maximálním hodnotám VO_2max jako u předešlého respondenta, ale jedná se pouze o jeden „tep“, o který dosáhl proband maximální srdeční frekvenci větší na bicyklovém ergometru (185 tepů/min) než na běžeckém páse (184 tepů/min), je opět možné podotknout, že hodnoty VO_2max a SF u tohoto respondenta odpovídají. Srdeční frekvence dosažená

u respondenta 9 na skialpinistickém páse byla pochopitelně také nejnižší ze třech možných, tedy 170 tepů/min. Hodnota RER u respondenta 9 ukazuje na nejvyšší vytížení na běhacím páse a pokud vezmeme v potaz pouze jediný rozdílný tep na běhacím páse a bicyklovém ergometru, opět můžeme tvrdit, že hodnota maximální hodnota RER (1,11) na běhacím páse odpovídá maximálním hodnotám srdeční frekvence a VO_2max R9. U respondenta 9 je zajímavá hodnota RER při testu na skialpinistickém trenažéru, která dosáhla stejné hodnoty (1,05) na bicyklovém ergometru a skialpinistickém trenažéru přesto, že ostatním hodnoty (VO_2max a SF) byly nesrovnatelně vyšší na bicyklovém ergometru než na skialpinistickém trenažéru.

U R9 se potvrdila hypotéza 2 (až na maximální hodnotu srdeční frekvence o 1 tep). Hypotéza 3 je vzhledem dosažení stejného vytížení na bicyklovém ergometru a skialpinistickém trenažéru (hodnota RER v obou případech 1,05) dost nepravděpodobná. Hypotéza 1 se u R9 nepotvrdila.

R2, který se v letní přípravě věnuje zejména cyklistice, dosáhl maximální hodnoty VO_2max na běhacím páse (77,02 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) i přesto, že již téměř dva roky po úraze neběhá.

Druhá nejvyšší hodnota VO_2max tohoto respondenta byla dosažena na skialpinistickém trenažéru (76,48 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Hodnota VO_2max R2 svědčí o jeho výborném zvládnutí techniky na skialpinistickém trenažéru. Tomu odpovídá i fakt, že tento respondent se již několikrát účastnil testování tohoto typu a byl tedy schopný výborně technicky zvládnout maximální zatížení na tomto typu trenažéru.

Třetí hodnota VO_2max na bicyklovém ergometru (74,92 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) byla u R2 pouze o 2,1 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ menší než jeho maximální hodnota na běhacím páse. Hodnoty VO_2max u R2 svědčí o jeho fyzické i technické vyrovnanosti.

Hodnoty srdeční frekvence u R2 zcela odpovídají pořadí maximálních hodnot VO_2max. To znamená, že nejvyšší hodnotu srdeční frekvence dosáhl R2 na běhacím páse (185 tepů/min), dále potom na skialpinistickém trenažéru (180 tepů/min) a nakonec na bicyklovém ergometru (177 tepů/min). V tomto případě ale hodnota RER vůbec neodpovídá maximálním hodnotám VO_2max a SF, jelikož R2 dosáhl maximální hodnoty RER na bicyklovém ergometru (1,30), dále potom na běhacím páse (1,18) a nakonec na skialpinistickém trenažéru (1,11).

V tomto případě se tedy potvrdila hypotéza 2, tedy dosažení vyšších hodnot srdeční frekvence a VO_2max na běhacím páse než na bicyklovém ergometru. Hypotéze 3 se však v tomto případě nepotvrdila. Hypotéza 1 se u probanda nepotvrdila, přesto je nutné přihlédnout k tomu, že hodnota VO_2max na skialpinistickém trenažéru se pouze o 0,54 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ lišila od naměřené hodnoty na běhacím páse a z celkového pohledu byla tato hodnota pátou nejvyšší naměřenou hodnotou VO_2max při našem testování.

R1 dosáhl nejvyšší hodnoty VO_2max na běhacím páse (64 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Druhá nejvyšší hodnota R1 byla dosažena na bicyklovém ergometru (62,5 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Tedy rozdíl mezi běhacím pásem a bicyklovým ergometrem byl velmi malý (1,5 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Hodnota získaná na skialpinistickém trenažéru byla znatelně nižší než předešlé hodnoty (56,8 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$).

Hodnotám VO_2max u R1 odpovídaly i hodnoty maximální tepové frekvence. Na běhacím páse dosáhl maxima na 192 tepech, na bicyklovém ergometru na 191 tepech a na skialpinistickém trenažéru na 184 tepech.

Hodnoty RER u R1 se na běhacím páse a bicyklovém ergometru lišily pouze o 0,01. To znamená, že na běhacím páse dosáhl R1 hodnotu RER 1,28, na bicyklovém ergometru hodnotu 1,29 a na skialpinistickém trenažéru 1,15.

U R1 se potvrdila hypotéza 2, tedy dosažení vyšších hodnot VO_2max a SF na běhacím páse než na bicyklovém ergometru. Hypotéza 1 se nepotvrdila, jelikož nebylo dosaženo vyšších hodnot VO_2max a SF na skialpinistickém trenažéru než na běhacím páse a bicyklovém ergometru. Hypotéza 3 se nepotvrdila pouze o hodnotu RER 0,01 na běhacím páse a bicyklovém ergometru. Jinak hodnota RER na skialpinistickém trenažéru odpovídala nejnižším hodnotám VO_2max a SF.

R3 dosáhl nejvyšší hodnoty VO_2max na bicyklovém ergometru (74,6 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Na bicyklovém ergometru ale respondent dosáhl nižší SF (183 tepů/min) a hodnoty RER (1,08) než na ostatních dvou trenažérech.

Na běhacím páse dosáhl R3 VO_2max 70,1 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Tepová frekvence dosáhla maxima na 179 tepech/min a RER byla shodná s hodnotou na skialpinistickém trenažéru 1,13. Na skialpinistickém trenažéru dosáhl respondent 3 hodnotu VO_2max nejnižší ze všech tří měření a to 65,2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Respondent 3 dosáhl na

skialpinistickém trenažéru nejvyšší hodnoty SF (189 tepů/min) ze všech tří měření. Hodnota RER byla stejná jako u běhacího pásu, tedy 1,13.

U R3 se nepotvrdila ani jedna z hypotéz. Přesto, že dosáhl maximální tepové frekvence a maximální hodnoty RER na skialpinistickém trenažéru, při stejném měření bylo ale dosaženo nejnižší hodnoty VO_2max.

R4 dosáhl nejvyšší hodnoty VO_2max na běhacím páse (74,9 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Na bicyklovém ergometru ale dosáhl výrazně nižší hodnoty VO_2max (66,8 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Nejnižší hodnoty VO_2max dosáhl respondent 4 na skialpinistickém trenažéru (63,5 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$).

R4 dosáhl při všech třech zátěžových testech stejné maximální tepové frekvence (188 tepů/min). Nejvyšší hodnoty RER dosáhl respondent 4 na bicyklovém ergometru (1,20), dále na běhacím páse (1,16) a nakonec na skialpinistickém trenažéru (1,15).

U R4 se částečně potvrdila hypotéza 1, tedy dosáhl vyšší maximální hodnoty VO_2max na běhacím páse než na bicyklovém ergometru, ale maximální dosažené SF se v obou testech rovnaly. Hypotéza 2 se naopak částečně nepotvrdila, jelikož i přes shodnost maximálních SF, byla hodnota VO_2max na bicyklovém ergometru nižší na skialpinistickém trenažéru než na běhacím páse a bicyklovém ergometru. Hypotéza 3 u respondenta 4 nepotvrdila, jelikož hodnoty RER neodpovídaly maximálním dosaženým hodnotám VO_2max a SF.

Maximální hodnota VO_2max byla u respondenta 5 naměřena na běhacím páse (57,9 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Tomu odpovídala i nejvyšší hodnota SF (193 tepů/min) a hodnota RER 1,24. Na bicyklovém ergometru dosáhl respondent 5 VO_2max 54,4 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ a tomu opět odpovídala maximální SF (183 tepů/min) a hodnota RER 1,15. Na skialpinistickém trenažéru dosáhl respondent 5 hodnotu VO_2max 56,8 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ a opět odpovídající SF (181 tepů/min) a hodnotu RER 1,06.

U R5 se potvrdila hypotéza 1, tedy dosažení vyšších hodnot VO_2max a SF na běhacím páse než na bicyklovém ergometru. Hypotéza 2 se nepotvrdila, tedy respondent 5 nedosáhl vyšších hodnot VO_2max a SF na skialpinistickém trenažéru než na běhacím páse a bicyklovém ergometru. Hypotéza 3 se potvrdila, jelikož jednotlivé maximální hodnoty VO2max a SF odpovídaly naměřené hodnotě RER.

R6 dosáhl nejvyšší hodnoty VO_2max na bicyklovém ergometru (58,1 ml.kg^{-1}.min^{-1}). Zároveň byly naměřeny na bicyklovém ergometru stejné hodnoty maximální srdeční frekvence (190 tepů/min) a hodnoty RER (1,30) jako na běhacím páse. Hodnota VO_2max na běhacím páse byla jen nepatrně nižší 57,4 ml/kg-1. Na skialpinistickém trenažéru respondent 6 dosáhl nejnižších hodnot- VO_2max (47,3 ml/kg^{-1}), SF (177 tepů/min) a hodnotu RER (1,03).

U R6 se u hodnoty VO_2max pouze o 0,5 ml.kg^{-1}.min^{-1} nepotvrdila hypotéza 1 (dosažení vyšších hodnot na běhacím páse než na bicyklovém ergometru), jelikož hodnoty SF se rovnaly. Hypotéza 2 se nepotvrdila, tedy hodnoty naměřené na skialpinistickém trenažéru nebyly vyšší než na běhacím páse a bicyklovém ergometru. Hypotéza 3 se v tomto téměř potvrdila, s tím, že hodnoty RER odpovídaly maximálním hodnotám SF a VO_2max (pouze s malou odchylkou, kdy byla naměřena stejná hodnota RER na běhacím páse a bicyklovém ergometru).

R7 dosáhl nejvyšší maximální hodnoty VO_2max na skialpinistickém trenažéru (68,4 ml.kg^{-1}.min^{-1}), přesto ale nejvyšší maximální hodnoty SF dosáhl na běhacím páse (180 tepů/min). Na skialpinistickém trenažéru ale respondent 7 dosáhl pouze o dva tepy nižší hodnotu SF (178 tepů/min) než na běhacím pásu. Maximální hodnota VO_2max na běhacím páse byla u respondenta 7 – 61,9 ml.kg^{-1}.min^{-1}. Na bicyklovém ergometru dosáhl respondent 7 hodnotu VO_2max 66,6 ml.kg^{-1}.min^{-1} a jeho maximální srdečná frekvence na bicyklovém ergometru dosáhla hodnoty 179 tepů/min.

U R7 se nepotvrdila hypotéza 1, SF sice byla na běhacím páse vyšší než na bicyklovém ergometru, ale hodnota VO_2max byla na naopak na bicyklovém ergometru vyšší než na běhacím páse. U respondenta 7 se kvůli rozdílu jednoho tepu, nepotvrdila hypotéza 2 i přesto, že VO_2max bylo dosáhlo nejvyšší hodnoty na skialpinistickém trenažéru. Hypotéza 3 se u respondenta 7 nepotvrdila, jelikož hodnoty RER neodpovídají maximálním hodnotám VO_2max a SF.

Respondent 8 dosáhl maximální hodnoty VO_2max na skialpinistickém trenažéru (57,2 ml.kg^{-1}.min^{-1}). Nejvyšší hodnoty SF ale respondent 8 dosáhl na běhacím páse (190 tepů/min). Na běhacím páse byla hodnota VO_2max 56,3 ml.kg^{-1}.min^{-1} a na bicyklovém ergometru 54,9 ml.kg^{-1}.min^{-1}. Srdeční frekvence dosáhla u respondenta 8 na bicyklovém ergometru 183 tepů/min a na skialpinistickém trenažéru 187 tepů/min. Hodnota RER byla nejvyšší na skialpinistickém trenažéru.

U respondenta 8 se potvrdila hypotéza 1, tedy že na běhacím páse bylo dosaženo vyšších hodnot VO_2max a SF než na bicyklovém ergometru. Hypotéza 2 se kvůli nižší hodnotě SF na skialpinistickém trenažéru než na běhacím páse i přes nejvyšší hodnotu VO_2max na skialpinistickém trenažéru nepotvrdila. Hypotéza 3 se u respondenta 8 nepotvrdila, jelikož hodnoty RER neodpovídají maximálním hodnotám VO_2max a SF.

14 ZÁVĚR

Cílem naší práce bylo porovnat maximální funkční parametry skialpinistů naměřených při třech laboratorních testech: běhu na běhacím páse, jízdě na bicyklovém ergometru a chůzi na skialpinistickém trenažéru. A následně zhodnotit, zda má pro skialpinisty význam, testovat jejich zdatnost pomocí specifického testu nejvíce se blížícímu pohybu na skialpinistických lyžích.

Na skialpinistickém trenažéru dosáhli maximální hodnoty VO_2max pouze dva respondenti. Maximální hodnotu SF dosáhl na skialpinistickém trenažéru jeden respondent a jeden respondent měl maximální srdeční frekvenci stejnou na všech třech trenažérech. Maximální hodnoty RER na skialpinistickém trenažéru dosáhl jeden respondent a jeden respondent dosáhl stejné maximální hodnoty RER na skialpinistickém trenažéru jako na běhacím páse.

Hypotéza 1, tedy předpoklad, že skialpinisté dosáhnou vyšších maximálních hodnot (VO_2max, SF) na skialpinistickém trenažéru než na běhacím páse a bicyklovém ergometru se při našem testování potvrdila u třech respondentů.

Hypotéza 2, tedy předpoklad, že skialpinisté dosáhnou vyšších maximálních hodnot (VO_2max, SF) na běhacím páse než na bicyklovém ergometru, se potvrdila u čtyř respondentů.

Hypotéza 3, tedy předpoklad, že hodnoty RER budou nejvyšší u dosažených nejvyšších hodnot VO_2max a SF se potvrdila rovněž jako hypotéza 1 u třech respondentů z deseti.

Dle našeho názoru mělo testování skialpinistů velký význam. Testování bylo přínosné pro naše potřeby a další prováděné výzkumy v budoucnosti. Dále mělo přínos i pro samotné sportovce, kteří si ověřili své maximální funkční hodnoty na třech různých trenažérech a dále mohli se zjištěnými výsledky pracovat ve svém následném tréninku.

Při našem testování bylo dosaženo několika výborných individuálních výsledků. Z našeho testování je nutné vyzdvihnout především výkony respondenta 2, respondenta 9 a respondenta 10, jejichž maximální hodnoty (především VO_2max) dosahují rozměrů elitních vytrvalců a jsou srovnatelné s nejlepšími světovými skialpinisty (viz současný nejlepší skialpinista světa, španělský závodník Kilian Journet Bourgada a další).

Je tedy věcí budoucnosti zajistit pro skialpinisty i v našich podmínkách takový způsob testování, aby pohyb co nejvíce simuloval skutečný pohyb na skialpinistických lyžích a testování nebylo omezeno technickým vybavením. Tím například myslíme ve světě již vymyšlený způsob testování, tedy chůze na běhacím páse přímo na skialpinistických lyžích a „tuleních“ pásech a zároveň dokonalá opora o hole s ostrými hroty díky úzkému běžeckému pásu a okolním prostoru pro zapichování holí.

Na závěr tedy musíme hodnotit výzkum celkovým pohledem. Pokud bychom neprovedli ostatní maximální testy na běhacím páse a bicyklovém ergometru, nikdy bychom nepřišli na nedostatky při testování na skialpinistickém trenažéru a test by tedy ani do budoucnosti nemohl být objektivním pro zjišťování funkčních hodnot skialpinistů. Proto tedy závěrem hodnotíme výzkum jako vydařený a velmi přínosný pro další práci se skialpinistickými závodníky při testování v laboratorních podmínkách.

15 PŘEHLED OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1. *Hlavní svalové skupiny zapojované během jízdy na kole* (Gerig, U., Frischknecht, T. *Jezdíme na horském kole,* přeložila Lenka Česenková, 2004).

Obrázek č. 2. *Zapojení svalových skupin při běhu* (Tvrzník, A. et al. *Běhání, 2004).*

Obrázek č. 3. *Energetická rovnováha* (Canals, J., Hermandéz, M., Soulié, J., *Entrenamiento para deportes de montana,* překlad *Tréning pre horské športy, 2004*).

Obrázek č. 4. *Profil jedné z etap závodu Pierra Menta* (Dle propozic závodu Pierra Menta, online).

Obrázek č. 5. *Adaptace srdečního svalu na sportovní aktivitu* (dle výukové prezentace Mudr. Vilikuse).

Obrázek č. 6. *Redistribuce krve při zátěži* (Dle výukové prezentace Mudr. Vilikuse).

Obrázek č. 7. *Dosažení Rovnovážného stavu spotřeby kyslíku* (Lamb, D. *Physiology of excercise, responses and adaptations,* 1978).

Obrázek č. 8. *Body pro měření kožních řas kalibrem* (Vilikus,Z. et al. *Tělovýchovné lékařství, 2004).*

Tabulka č. 1. *Typy svalových vláken kosterního svalu a jejich charakteristika* (Kohlíková, E., *Fyziologie člověka, Učební texty pro trenérskou školu FTVS UK v Praze*, 2004*).*

Tabulka č. 2. *Orientační srovnání dosažených výsledků ve studiích zabývajících se měřením a hodnocením především VO_2max.* (Šipky znázorňují, na jakém z ergometrů byly naměřeny vyšší hodnoty a zároveň je poznamenáno u jakých sportovců byl test proveden).

Tabulka č. 3. *Antropometrické parametry sledovaného souboru.*

Tabulka č. 4. *Naměřené maximální hodnoty VO_2max, SF a RER na běhacím páse, bicyklovém ergometru a lyžařském trenažéru u jednotlivých respondentů.*

Graf č. 1. *Celkové porovnání VO_2max [$ml.kg^{-1}.min^{-1}$] u respondentů na jednotlivých typech trenažéru.*

Graf č. 2. *Celkové porovnání SF [min^{-1}] u respondentů na jednotlivých typech trenažérů.*

Graf č. 3. *Celkové porovnání RER u respondentů na jednotlivých typech trenažérů.*

16 POUŽITÉ ZDROJE

ÅSTRAND, P., ROADAHL, K., DAHL, H., STRØMME, S. *Physiological Based of Excercise, Texbook of work Physiology.* Leeds: Human Kinetics, 2003, ISBN 0-7360-0140-9.

BAECHLE, T. R., EARLE, R. W. *Essential of strength training and conditioning*. 3th ed. Champain: Human Kinetics, 2008, ISBN 7360-5803-6.

BARTŮŇKOVÁ, S. *Fyziologie člověka tělesných cvičení.* Praha: Karolinum, 2007, ISBN 978-80-246-1171-6.

BOLOGNESI, M. Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in duathletes, *Medicina dello Sport,* Italy: 2007.

BROWN, L. E. *Strength training.* Champaign: Human Kinetics, 2007, ISBN 0-7360-6059-6.

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

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

ČIHÁK, R. *Anatomie.* Praha: Grada publishing, 2001, ISBN 80-7169-970-5.

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

DÍVAL, L. *Kontrolovaný trénink.* Poprad: Slza.

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

FORMÁNEK, J., HORČIC, J. *Triatlon*. Praha: Olympia, 2003, ISBN 80-7033-567-X.

FORMÁNKOVÁ, D. *Současný stav závodního skialpinismu.* Praha: 2009, Diplomová práce na UK FTVS.

GERIG, U., FRISCHKNECHT, T. *Jezdíme na horském kole.* Přeložila Lenka Česenková, České Budějovice: Protisk s.r.o., 2004, ISBN 80-7232-227-3.

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

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

HEPNAR, J. *Vzestup srdeční frekvence ve skialpinismu*. Praha: 2010, Bakalářská práce na UK FTVS.

HOŠKOVÁ, B., MATOUŠOVÁ, M. *Kapitoly z didaktiky zdravotní tělesné výchovy pro studující FTVS UK.* Praha: Karolinum, 2003, ISBN 80-7184-621-X.

HRUBÍŠEK, I. *Na kole za zdravím.* Praha: Olympia, 1982.

CHOUTKA, M., DOVALIL, J. *Sportovní trénink.* Praha: Olympia, 1991, 333 s., 2. vyd. ISBN 80-7033-099-6.

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

KOHLÍKOVÁ, E. *Vybraná témata praktických cvičení z fyziologie člověka.* Praha: Karolinum, 2009, ISBN 978-80-246-0073-4.

KOHLÍKOVÁ, E. *Fyziologie člověka, Učební texty pro trenérskou školu FTVS UK v Praze*. Praha: FTVS UK, 2004, ISBN 80-86317-31-5.

KONOPKA, P. *Cyklistika.* Přeložila Hájková, J., Liberec: ReproArt, 2007, ISBN 978-80-254-0258-0.

KUČERA, V., TRUSKA, Z. *Běhy na střední a dlouhé tratě.* Praha: Olympia, 2000, ISBN 80-7033-324-3.

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

LAMB, D. *Physiology of excercise, responses and adaptations.* New York: Macmillon Publishing Co., 1978, ISBN 0-02-367200-5.

MÁČEK, M., VÁVRA, J. *Fyziologie a patofyziologie tělesné zátěže.* Praha: Avicenum, 1988.

MARTINEK, K., SOULEK, I., *Cyklistika,* Praha: Grada, 2000, ISBN 807169-951-9

MARTINEZ, M. et al. Physiological comparison of roller skating, treadmill running and ergometer cycling, *International Journal of Sports Medicine,* Germany: 1993

MĚKOTA, K., CUBEREK, R. *Pohybové dovednosti, činnosti, výkony.* Olomouc: Univerzita Palackého, 2007, ISBN 978-80-244-1728-8.

MILLET, G. Physiological differences between cycling and running. *Revue Medicale Suisse,* 2009.

NEUMAN, G., PFUTZNER, A., HOTTENROTT, K. *Trénink pod kontrolou.* Přeložil Tvrzník, A., Praha: Garada Publishing, 2005, ISBN 80-247.0947-3.

NOVOTNÁ, M., NOVOTNÝ, J. *Fyziologická podstata rychlostního a vytrvalostního běžeckého výkonu.* Brno: Masarykova univerzita- FTK, 2007, ISBN 978-80-210-4506-4.

ONDRÁČEK, J., HŘEBÍČKOVÁ, S. *Cykloturistika.* Brno: Masarykova univerzita, 2007, ISBN 978-80-210-4443-2.

PANNIER, J., VRIJENS, J., VAN CAUTER, C. Cardiorespiratory response to treadmill and bicycle exercise in runners. *European journal of applied physiology and occupational fysiology,* 1980.

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

SCHNEIDER, D., POLLACK, J. Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in female triathletes. *International Journal of Sports Medicine,* 1991.

SCHNEIDER, D., POLLACK, J. Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in triathletes. *International Journal of Sports Medicine,* 1990.

SEMIGINOVSKÝ, B. et al. *Praktická cvičení ze základní fyziologie člověka.* Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990, ISBN 80-7066-180-1.

SUCHÝ, J., BUNC, V. *Skripta pro trenéry triatlonu III. Třídy.* Praha: UK FTVS, Český svaz triatlonu, 2008, ISBN 978-80-86317-60-1.

SUCHÝ, J., DOVALIL, J., PERIČ, T. Současné trendy tréninku ve vyšší nadmořské výšce. *Česká kinantropologie*, vol. 13, č. 2, Praha: 2009, s. 38 – 53, ISSN 1211-9261.

TVRZNÍK, A., SOUMAR, L. *Běhání, od joggingu po maraton.* Praha: Grada publishing, 1999, ISBN 80-7169-858-X.

TVRZNÍK, A. et al. *Běhání,* Praha: Grada Publishing, 2004, ISBN 80-247-0715-2.

TVRZNÍK, A. et al. *Běhání- od joggingu po maratón.* Praha: Grada Publishing, 2006, ISBN 80-247-1220-2.

SÝKORA, B. et al. *Turistika a sporty v přírodě.* Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1986.

VÉLE, F. *Kineziologie- Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy.* Praha: Triton, 2006, ISBN 80-7254-837-9.

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

WAGNER, W. Ať žije lyžování! I na problematickém sněhu. *Info Hudy,* 2010, č. 13, s. 9-11.

16.1 Internetové zdroje

Pierra Menta [online]. c2011. [cit. 30.5.2011]. Dostupné z <http://wwwpierramenta.com >

Česká škola lyžování [online]. c2010. [cit. 21.5.2011]. Dostupné z <http:// ceskaskolalyzovani.cz/cs/biomechanika-31>

17 PŘÍLOHY

Příloha č. 1 - Souhlas etické komise.

Příloha č. 2 – Anonymní informovaný souhlas.