

Vliv VO_2 max na rychlost zotavení v průběhu lezení

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Jiří Baláš, Ph.D.

Autorka:

Adéla Kučerová

Praha

2010

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Vliv VO_2max na rychlost zotavení v průběhu lezení* vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Jiřího Baláše, Ph.D. a uvedla v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Praze dne2010

.....

podpis autorky

Poděkování

Dovoluji si na tomto místě poděkovat vedoucímu diplomové práce Mgr. Jiřímu Balášovi, Ph.D. za jeho odborné rady a cenné připomínky a též za trpělivost a přívětivé jednání, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce.

Adéla Kučerová

Souhlasím s vypůjčováním diplomové práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena evidence výpůjček a vypůjčovatelé byli upozorněni, že mají pramen převzatých informací řádně citovat.

Jméno a příjmení

Datum výpůjčky

ABSTRAKT

Název práce

Vliv $VO_2\text{max}$ na rychlost zotavení v průběhu lezení

Název v angličtině

Influence of $VO_2\text{max}$ on recovery during sport climbing

Cíle práce

Posouzení vlivu aerobních schopností ($VO_2\text{max}$) na zotavení během lezení. Vliv lezeckého výkonu RP na zotavení během lezení. Popis fyziologické odezvy lezce na lezení s odpočinkem a bez odpočinku.

Metoda

Měření se zúčastnilo celkem 11 lezců (mužů) s úrovní RP alespoň 7 UIAA. Testování se skládalo ze dvou částí: zátěžový test na běhátku se stanovením maximální plicní ventilace, maximální srdeční frekvence, $VO_2\text{max}$ a měření na lezecké stěně. Na lezecké stěně se lezly dva testy. Test 1 bylo lezení kolečka s 40s vyklepáváním na odpočinkovém chytu, test 2 lezení koleček bez odpočinku. Obojí do subjektivního vyčerpání nebo do maximálního počtu kol - 14.

Pro vyhodnocení jsme si lezce rozdělili do tří skupin podle úrovně RP.

Výsledky jsme vyhodnotili pomocí korelace Pearsonovým koeficientem, dále základní deskriptivní statistikou. Významnost vlivu skupiny na proměnné byla posuzována analýzou rozptylu jak ze statistického hlediska ($p < 0,05$) tak z věcného hlediska (η^2).

Výsledky

Hypotézu, že lezci s vyšší hodnotou $VO_2\text{max}$ se v průběhu lezení rychleji zotaví (větší pokles SF), jsme nemohli posoudit.

Nejvýznamnější vztah úrovně výkonu RP je s počtem lezeckých kroků při testu 1 i testu 2. Dále je výkon RP ve významné korelaci s počtem kroků, o kolik lezci našli v testu 1 více kroků než v testu 2 a také s relativní ventilací a relativní SF v testu 2. Další vztahy RP s proměnnou jsou nevýznamné.

Významnější vztah maximálního i průměrného poklesu SF s proměnnou jsme nenašli.

Ze statistického hlediska je nejvýznamnější vliv skupiny na relativní ventilaci u testu 2. Věcně významná, ale ze statistického hlediska nevýznamná, je relativní SF u testu 2 a subjektivní zatížení u testu 2.

Klíčová slova

Sportovní lezení, $VO_2\text{max}$, SF, vytrvalost, výkon RP

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| SEZNAM ZKRATEK | 4 |
| 1 ÚVOD | 6 |
| 2 TEORETICKÉ ZDŮVODNĚNÍ | 7 |
| 2.1 Pohybové schopnosti | 7 |
| 2.1.1 Rozvoj pohybových schopností v ontogenezi člověka | 7 |
| 2.2 Vytrvalostní schopnosti | 8 |
| 2.2.1 Dělení | 8 |
| 2.2.2 Fyziologická podmíněnost | 10 |
| 2.2.3 Kosterní sval a jeho adaptace na vytrvalostní zátěž | 11 |
| 2.2.4 Ukazatelé vytrvalosti | 13 |
| 2.3 Vztah sf a o₂ u sportovního lezení | 15 |
| 2.3.1 Shmutí lezení | 22 |
| 2.4 Únava a zotavení | 22 |
| 2.4.1 Druhy únavy | 23 |
| 2.4.1.1 Pomalu vznikající únava | 23 |
| 2.4.1.2 Rychle vznikající únava | 23 |
| 2.4.2 Zotavení | 24 |
| 2.4.2.1 Pasivní zotavení | 24 |
| 2.4.2.2 Aktivní zotavení | 24 |
| 2.4.2.3 Zotavení z aerobního typu únavy | 25 |
| 2.4.2.4 Zotavení z anaerobního typu únavy | 25 |
| 2.4.3 Shmutí části únava a zotavení | 27 |
| 3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE | 28 |
| 3.1 Cíle práce | 28 |
| 3.2 Hypotézy | 28 |
| 3.3 Úkoly práce | 28 |
| 4 METODIKA DIPLOMOVÉ PRÁCE | 28 |
| 4.1 výzkumný soubor | 28 |
| 4.2 Popis měření | 28 |
| 4.3 vyhodnocení | 30 |
| 5 VÝSLEDKY | 32 |
| 6 DISKUSE | 35 |
| 7 ZÁVĚR | 40 |
| POUŽITÁ LITERATURA | 42 |

SEZNAM ZKRATEK

- AO** - skupina s aktivním odpočinkem
ANP - anaerobní práh
ATP - makroergní fosfát (tj. sloučenina energeticky bohatá) adenosin trifosfát
CNS - centrální nervová soustava
CP - makroergní fosfát- kreatin fosfát
EE - energetický výdej, obvykle v $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.
HDL - vysokodenzitní lipoprotein
kroky přírůstek - o kolik více kroků našli lezci v testu 1 než v testu 2
kroky test1/test2 - kolikrát více kroků našli lezci v testu 1 než v testu 2
LA - kyselina mléčná
LDL - nízkodenzitní lipoprotein **O₂**- kyslík
OR - převislá cesta
OT - převislý travers
pCO₂ - tlak CO₂ uvádí se v kPa
pH – koncentrace vodíkových iontů
PO - skupina s pasivním odpočinkem
pO₂ - tlak O₂ uvádí se v kPa
RER - respirační kvocient
RP - angl. Red point, lezec si může cestu nacvičit, zná klíčová místa, zapíná postupové jištění, vyleze cestu bez pádů a bez odpočívání v jištění
R1 - cesta komplexní z informativního aspektu
R2 - cest obtížnější z fyzického aspektu
SF - srdeční frekvence
SFmax - maximální srdeční frekvence
SO - směrodatná odchylka
SO vlákna - slow oxidative, pomalá oxidační „červená“ vlákna s vysokým obsahem myoglobinu, velkou oxidační kapacitou a pomalou unavitelností, uplatňují se především při vytrvalostních zátěžích nižší intenzity
s. zatížení - subjektivní zatížení lezce
test 1 - lezení kolečka s 40s odpočinkem na chytu
test 2 - lezení kolečka bez odpočinku
UIAA, stupnice UIAA - z francouzského Union Internationale des Associations d'Alpinisme, česky přibližně *Mezinárodní svaz horolezeckých asociací*), stupnice obtížnosti horolezeckých výstupů
V - minutová ventilace, obvykle v $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$.
Vmax - maximální minutová ventilace
VCO₂ - produkce CO₂, uvedeno v $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.
VO₂ - spotřeba kyslíku
VO₂max - maximální spotřeba kyslíku - většinou se uvádí v $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. jako relativní hodnotitel

VR - vertikální cesta

VT - vertikální travers

W_{ae} - aerobní krytí

W_{an} - anaerobní krytí

W_{an/la} - anaerobně laktátové krytí

YDS - Yosemiteký decimální systém, stupnice obtížnosti horolezeckých výstupů

1 ÚVOD

Sportovní lezení a boulderink se v poslední době těší veliké oblibě a dále se neustále rozvíjejí. Tento sport se dostává do povědomí daleko více lidí z různých společenských skupin a často se stává jejich novou zálibou, koníčkem. Sportovní lezení může být provozováno jak na umělých stěnách, tak na skalách. Vzhledem k tomu, že umělé lezecké stěny najdeme již v téměř každém větším městě, je možné trénovat večer po práci, po škole. Podle Wintera (2007) se díky tomu sportovní lezení etablovalo jako sport pro širokou veřejnost, provozovaný i jako fitness- trénink. V tomto sportu je obvyklé, že si ho společně užívají mladí i staří, začátečníci i pokročilí. A možná i v tom je jeho kouzlo.

Problémem začátečníků lezců, ale nejen jich, je přílišná specializace na sport – lezení. Se snahou se rychle zlepšit, organismus jednostranně zatěžují pouze tréninkem lezení. V žádném jiném sportu nejsou tak zatěžovány paže a ruce jako při lezení. Tělo je přetěžováno a dochází k chronickým zraněním (69 % všech zranění) nebo k akutním zraněním (31 %) Hochholzer (2003).

Všeobecná zdatnost sportovce by měla těmto zraněním předcházet. Naší snahou je zjistit, zda má všeobecná zdatnost pozitivní vliv na lezecký výkon a na zotavení lezců v průběhu lezení, zda ovlivní pozitivně lezecký výkon.

2 TEORETICKÉ ZDŮVODNĚNÍ

2.1 POHYBOVÉ SCHOPNOSTI

Sportovní výkonnost se formuje postupně a dlouhodobě a je výsledkem přirozeného růstu a vývoje jedince, vlivů prostředí a vlastního sportovního tréninku. Vývoj člověka z části určují vrozené dispozice, předpoklad pro sportovní výkon. Celkově je jejich podíl v tomto směru různý u různého zaměření sportu.

Vrozené dispozice se podle Dovalila (2009) člení na morfologické (tělesná výška, hmotnost, složení a stavba těla), fyziologické (typu transportní kapacita pro kyslík) a psychologické (osobnostní charakteristiky, temperament, intelektové schopnosti aj.). Projevují se v psychice a motorice člověka a představují jejich dědičný základ.

Pohybové schopnosti jsou souborem vnitřních předpokladů k fyzickému výkonu určitého charakteru. Na základě pohybových schopností se utvářejí pohybové dovednosti.

Z hlediska dominujícího charakteru sportu máme cvičení silové, vytrvalostní, rychlostní, obratnostní.

2.1.1 ROZVOJ POHYBOVÝCH SCHOPNOSTÍ V ONTOGENEZI ČLOVĚKA

Abychom mohli zvyšovat funkční kapacity, musí být splněna základní podmínka - zralost nejvíce zatěžovaných systémů.

Obratnostní schopnosti se začínají rozvíjet v předškolním věku a vrcholu dosahují ve starším školním věku. Rychlostní schopnosti se začínají rozvíjet v mladším školním věku, vrcholí v prvních létech dospělosti. U silových schopností se nejprve začíná rozvíjet dynamická síla, a to ve starším školním věku, následuje statická síla v adolescenci. Celkově vrcholí silové schopnosti v dospělosti. Nás nejvíce zajímají **vytrvalostní schopnosti**. Ty se začnou rozvíjet na začátku přechodu z mladšího do staršího školního věku. Vrcholu dosahují u trénovaného jedince daleko v dospělosti (20 - 30 let).

Vytrvalost je podle Havlíčkové (2008) geneticky ovlivněna ze 70 %, je to dáno počtem SO vláken (slow oxidative), což jsou pomalá oxidační „červená“ vlákna s vysokým obsahem myoglobinu, velkou oxidační kapacitou a pomalou unavitelností. Uplatňují se především při vytrvalostních zátěžích nižší intenzity. Oproti tomu

rychlostní ovlivnění, je geneticky dáno zhruba ze 65 – 80 % (Havličková 2008). Sprintérem se člověk rodí, vytrvalcem se stává.

Dobrá úroveň vytrvalosti je jedním z předpokladů obecné tělesné zdatnosti.

2.2 VYTRVALOSTNÍ SCHOPNOSTI

„Celkem obecně se pod pojmem vytrvalost rozumí schopnost organismu provádět pohybovou činnost po delší úsek bez zjevného snížení intenzity.“ (Kuhn, 2005, str.9)

2.2.1 DĚLENÍ

Jedno z dělení vytrvalosti je podle závislosti na energetickém krytí. Podle toho dělíme vytrvalost na aerobní a anaerobní. „Aerob“ je slovo řeckého původu a znamená „za pomoci přístupu kyslíku“, zatímco pojem „anaerob“ poukazuje na to, že pro získávání energie není využíván kyslík.

Vytrvalost je v zásadě dělena podle energetického krytí, tedy i časové dělení vytrvalostního výkonu je přímo závislé na druhu energetických procesů, které v jednotlivých fázích převládají. Rozlišujeme, zda jsou při spotřebovávání energie více využívány tuky a sacharidy (aerobní krytí) nebo výhradně sacharidy spolu s energeticky bohatým kreatinfosfátovým systémem (anaerobní krytí).

Vytrvalost dělíme podle Kuhna (2005) do tří kategorií: krátkodobá vytrvalostní schopnost, střednědobá vytrvalostní schopnost a dlouhodobá vytrvalostní schopnost. Krátkodobá vytrvalostní schopnost zahrnuje zatížení od zhruba 35 sekund do 2 minut, tedy během krátké doby je spotřebováno hodně energie, takže nutně převažují anaerobní energetické procesy. Střednědobá vytrvalost trvá od 3 minut do zhruba 10 minut. Při těchto časech převažují submaximální výkony. Jsou zde ve srovnání s krátkodobou vytrvalostí relativně nižší energetické nároky. Ve vyšší míře se zde uplatňují aerobní procesy, také celková energie je získávána vyváženou bilancí aerobního a anaerobního krytí. Dlouhodobá vytrvalostní schopnost zahrnuje výkony od 10 minut do více než 6 hodin. Dlouhodobá vytrvalost zahrnuje sportovní disciplíny, které označujeme jako vytrvalostní sporty. Převažuje zde aerobní krytí. Vytrvalost se skládá z velkého počtu sportovních faktorů. Projevují se zde další pohybové schopnosti jako je např. síla či rychlost.

Další z možných dělení vytrvalosti je podle Kuhna (2005) rozdělení na lokální a globální vytrvalost. Lokální vytrvalost je vytrvalost, při které je zapojeno méně než 1/7 až 1/6 (což je cca 14 – 15 %) svalů z celkové svalové hmoty kosterního svalstva.

Oproti tomu se při globální vytrvalosti zapojuje více než 1/7 až 1/6 svalové hmoty. Určit podíl zapojovaného svalstva je relativně snadné zjistit. Každý segment lidského těla má stálý podíl svalové hmoty. Každý segment můžeme vyjádřit v podobě procentuální hodnoty celkové hmotnosti svalové hmoty. Například svalstvo trupu činí cca 43 %, svalstvo dolní končetiny cca 20 % a svalstvo ruky cca 5 % celkové svalové hmoty.

Dělit vytrvalost můžeme podle Kuhna (2005) i podle druhu svalové kontrakce zapojených svalů a to na vytrvalost dynamickou a statickou. Při dynamické práci se střídá svalová kontrakce s uvolněním (např. běh). Statická práce je prováděna bez vnějších projevů svalového zkrácení (např. držení činek v upažení).

Základem sportovně specifické vytrvalosti je tak zvaná **obecná vytrvalost**. Vysoká obecná vytrvalost umožňuje vykonávat pohybovou činnost co nejdéle. A to jak ve specifickém zatížení podle typu sportovního odvětví, tak i v nespecifickém zatížení. Obecnou vytrvalost tedy může např. atlet běžec rozvíjet jak během (specificky), tak jízdou na kole (nespecificky) (Kuhn et.al., 2005). Dostatečně rozvinutá obecná vytrvalost je předpokladem růstu sportovní výkonnosti v téměř všech sportovních odvětvích. Umožňuje zvýšení celkové motorické výkonnosti a zlepšení procesů zotavení po sportovní zátěži. Díky posílení imunitního systému a zvýšení trénovanosti srdečně-cévního systému selepší celkový zdravotní stav (Kuhn, 2005). Obecná vytrvalost je zpravidla využívána k rozvoji aerobní vytrvalosti.

Silová vytrvalost je důležitá pro ta sportovní odvětví respektive zátěže, kde jsou kladeny vysoké silové nároky. Silová vytrvalost je komplexní forma vytrvalosti, která v sobě zahrnuje statickou vytrvalost, dynamickou vytrvalost a také maximální a rychlou sílu v cyklických sportovních disciplínách (cyklistika) i v acyklických disciplínách (sportovní lezení) (Kuhn et.al., 2005).

Podle Kuhna et al. (2005) existují čtyři základní metody vytrvalostního tréninku: souvislá metoda, intervalová metoda, metoda opakovaných zatížení, sportovně specifické metody.

Rotmann in Heller (1996) uvádí, že lezení klade požadavky na vytrvalost a její maximální využívání, na sílu, na maximální sílu, na obratnost, smysl pro rovnováhu a prostorovou orientaci, na flexibilitu (zejména kyčelních kloubů, páteře, ramenních kloubů) a v neposlední řadě na psychiku. Dále zdůrazňuje využití komplexně

zrakových, pohybových, hmatových a polohových podnětů, které mají vliv na utváření představ o pohybu, vědomou kontrolu nad pohybem.

2.2.2 FYZIOLOGICKÁ PODMÍNĚNOST

Vytrvalost je podle Bartůňkové (2006) podmíněna morfologicky, buněčně a biochemicky.

a) morfologicky

- **systemově**

- sportovec má vytrvalecký somatotyp, nižší výšku, nižší hmotnost a nižší procento tuku
- hypertrofie srdeční excentrického typu, zejména u levé komory srdeční s regulativní dilatací = sportovní srdce, velká kapilarizace svalstva

- **buněčně**

- vyšší množství SO vláken
- vyšší počet mitochondrií

b) funkčně

- práce kardiorepiračního systému ekonomizace činnosti - vagotonie, velká funkční kapacita, vysoké stropní hodnoty [$VO_2\max$, maximálního dechového objemu, minutového objemu srdečního, ...], vyšší transportní kapacita pro kyslík]
- práce nervosvalového komplexu (vyváženost excitačních a inhibičních dějů v centrální nervové soustavě, koordinace antagonistických svalových skupin, ekonomický dynamický pohybový stereotyp)

c) biochemicky

- vyšší množství substrátů - glykogenu, tuku
- vyšší kapacita oxidativních enzymů s vyšší schopností rychlé mobilizace oxidativního metabolismu, vysokou aerobní kapacitou - vysokými hodnotami $VO_2\max$ (maximální spotřeba kyslíku - v $l \cdot \min^{-1}$, nebo v $ml \cdot kg^{-1} \cdot \min^{-1}$)
- vyšší množství myoglobinu
- vyšší utilizace tuků

Vytrvalost má významné pozitivní zdravotní dopady. S rozvojem vytrvalosti rozvíjíme i svůj kardiovaskulární systém. Rozvoj vytrvalosti vede k ekonomizaci

srdeční práce, zlepšení zásobení srdečního svalu kyslíkem. Tedy k adaptaci na zátěž. Působí preventivně v riziku arteriosklerózy a srdečního infarktu. Mezi rizika arteriosklerózy patří kouření, vysoký krevní tlak, poruchy metabolismu jako je například vysoká hladina cholesterolu, cukrovka, obezita.

Trénink vytrvalosti těmto rizikům předchází. Vytrvalost snižuje krevní tlak, snižuje hladinu krevního cukru, ovlivňuje skladbu krevních tuků: podíl „dobrého“ HDL (vysokodenzitní lipoprotein) cholesterolu zvyšuje, podíl „špatného“ LDL (nízkodenzitní lipoprotein) cholesterolu snižuje. Samozřejmě se vytrvalost podílí i v předcházení obezitě, neboť během fyzické zátěže spálí cvičící velké množství kalorií. Dále má vliv na imunitní systém a eliminuje stresový dopad na organismus (Kuhn, 2005).

Dobrá vytrvalost hraje důležitou roli ve sportovním výkonu u aerobních disciplín. Její úroveň je limitujícím faktorem sportovních výkonů.

Trénovaný organismus má větší zásobu jaterního i svalového glykogenu než netrénovaný organismus a zároveň s ním dokáže úsporněji hospodařit.

2.2.3 KOSTERNÍ SVAL A JEHO ADAPTACE NA VYTRVALOSTNÍ ZÁTĚŽ

Kosterní sval je nositelem pohybu a jeho základními vlastnostmi jsou schopnost kontrakce nebo udržovat tonus (napětí).

Předpokládá se, že vlastnosti kosterních svalů jsou jedněmi z limitujících faktorů sportovní výkonnosti závodníka v dané disciplíně.

Pohybová aktivita je přímo úměrně podmíněna svalovou činností, tj. střídáním procesu kontrakce a relaxace kosterního svalu. Růst trénovanosti organismu je podmíněn hlavně procesy jeho fyziologické adaptace.

Změny faktorů vnějšího prostředí působí jako stresory nebo-li adaptační činitelé. Zároveň je potřeba, aby podnět byl nadprahové intenzity a působil dostatečně dlouhou dobu.

„Individuální adaptace se uskutečňují v rámci daného genetického vybavení buňky, která využívá jen část genomu, přičemž adaptační proces rozšiřuje využití genetické výbavy.“ (Melichna, 1990, str. 13). Adaptace může nastat na různých stupních složitosti organismu, tj. na úrovni organismu jako celku, orgánu, buněk i na úrovni metabolické.

Trénovanost a její růst (důsledek sportovního tréninku), je posloupností stupňovaného přizpůsobování organismu jedince. Na každé narušení homeostázy reaguje jedinec snahou o přizpůsobení se novým podmínkám - změnami orgánové

funkce. Například fyzické zatížení sportovce, které vede k odbourávání glykogenu ve svalu, způsobí, že se ve fázi zotavení zásoba glykogenu v buňkách vytvoří větší (zákon superkompensace).

Bylo zjištěno, že charakter adaptační odpovědi úzce souvisí s typem zatěžování organismu v průběhu tréninkového procesu. Melichna (1990) uvádí, že převažuje-li v zatěžování jedince rychlostní typ zatěžování, tj. krátkodobá, intenzivní a opakující se činnost, rozvíjí se z hlediska kosterního svalu především jeho anaerobní metabolický potenciál. Převažuje-li naopak vytrvalostní charakter zatěžování jedince, tj. opakované, dlouhodobé, středně intenzivní zatěžování jedince, dochází hlavně k rozvoji aerobního metabolismu v kosterním svalu. Zvyšuje se utilizace kyslíku a aktivita mitochondriálních enzymů a pokud jde o transportní kapacitu O₂ (kyslík), dochází také k rozsáhlým adaptačním změnám v kardiorepiračním systému (hypertrofie srdce apod.).

Z hlediska kosterního svalu byla prokázána pozitivní korelace mezi jeho morfofunkčními a biochemickými vlastnostmi jako je vysoká enzymatická aktivita, velikost a množství mitochondrií a funkčními ukazateli kapacity jako je VO₂max nebo hodnota ANP (anaerobní práh - taková nejvyšší intenzita konstantního zatížení, při níž k úhradě energetického požadavku nestačí pouze aerobní procesy, avšak celý systém látkové výměny zůstává ještě v dynamické rovnováze tvorby a utilizace laktátu) (Seliger, 1974; Melichna, 1990).

Je velmi dobře známo, že vytrvalostní trénink zvyšuje aerobní výkon jedince, a to jak na systémové úrovni, tak na úrovni buněčné (např. ve svalových vláknech vede vytrvalostní trénink k zvýšení počtu mitochondrií) nebo molekulární (zvýšení aktivit enzymů limitujících oxidativní způsob tvorby ATP (adenosintrifosfát) ve svalové tkáni apod.). Tyto všechny adaptační změny vedou k posunutí anaerobního prahu (ANP) doprava, tzn. k setrvání vyššího podílu oxidativního způsobu úhrady energie i při vyšších intenzitách zatížení organismu.

Rozvoj vytrvalostních schopností je spojen s lepším zásobením kosterních svalů kyslíkem. Pomalá svalová vlákna mají nejmenší příčný průřez a jsou velice hustě obklopena krevními kapilárami. Ve srovnání s ostatními svalovými vlákny jich mají kolem sebe nejvíce, což je velice výhodné pro difúzní kapacitu O₂. Zároveň mají tato vlákna procentuálně nejvyšší počet mitochondrií a nejvyšší hodnotu oxidativních enzymů, což je základní podmínkou oxidativní činnosti svalu a jeho funkční kapacity.

Tedy větší kapilarizaci kosterních svalů pozorujeme u jedinců trénovaných na vytrvalost.

Podle Melichny (1990) je pozitivní korelace mezi hodnotami $VO_2\max$, počtem kapilár na jedno svalové vlákno a denzitou mitochondrií. Vzhledem k tomu, že mitochondrie hrají velice důležitou roli v oxidativní fosforylaci a v tvorbě ATP jako zdroje energie, existuje také pozitivní vztah mezi aktivitou enzymů především cyklu kyseliny citronové a mitochondriální masou. Tj. mezi nejdůležitějšími faktory, které podmiňují oxidativní způsob tvorby energie ve svalové tkáni.

Vytrvalostním tréninkem je také zvyšován obsah mitochondrií, též dochází i k jejich změně z hlediska ultrastruktury, tj. zvětšení povrchu jejich membrán (Melichna, 1990).

Zároveň víme, že dobře rozvinutý aerobní způsob krytí má velký význam pro rychlejší regeneraci (Melichna, 1990).

2.2.4 UKAZATELÉ VYTRVALOSTI

Projevy vytrvalostních schopností jsou: vysoká ekonomizace nervosvalového systému, dlouhodobá činnost, zatížení kardiopulmonálního systému, dynamická pohybová činnost bez podstatných známek únavy. Dochází k uvolňování menšího množství energie v časové jednotce.

Schopnost organismu zužitkovat co možná nejvyšší množství kyslíku a zajistit tak vysoký stupeň oxidativních pochodů (tím i vytrvalostní výkon) je dána ukazatelem maximálního jednorázového aerobního výkonu a aerobní kapacity.

Aerobní výkon a aerobní kapacita jsou základní měřitelné veličiny vytrvalosti.

Aerobní výkon je udáván jako maximální individuální spotřeba kyslíku ($VO_2\max$), nebo jako zatížení ve Watech, pomocí rychlosti, ...

Aerobní kapacita se spojuje s maximální spotřebou kyslíku po delší dobu, tedy v podstatě co nejdéle. Funkčně to znamená co nejdéle pracovat v nejvyšší úrovni v tzv. setrvalém stavu, tedy v aerobním režimu bez výraznějšího zapojení anaerobních energetických procesů.

Způsob měření vytrvalostních schopností:

- a) fyzikálně: vzdálenost za čas s predikcí $VO_2\max$ (Cooperův test, Legerův test)
- b) fyziologicky: nepřímý - zátěžové testy na stanovení $VO_2\max$

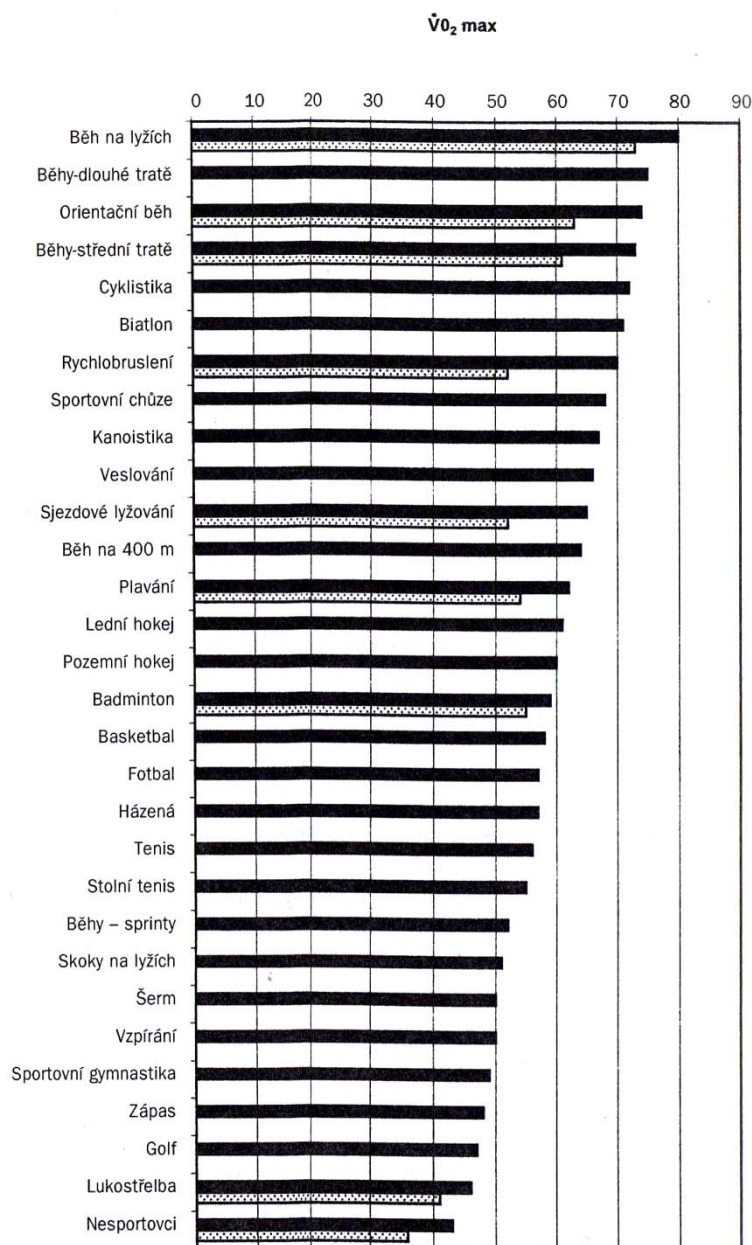
Maximální aerobní výkon, tj. maximální spotřeba kyslíku ($VO_2\max$), činí podle Havlíčkové (2008) u 25letých netrénovaných mužů $3,24 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, u 25letých

netrénovaných žen $2,15 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Aerobní výkon je dosažitelný při práci velkých svalových skupin. Naměřené hodnoty se vyjadřují absolutně v litrech nebo relativně v mililitrech na kilogram hmotnosti za minutu.

Graf č. 1 Maximální spotřeba kyslíku ($\dot{V}O_2\text{max}$, $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) u výkonných sportovců různých specializací (údaje různých autorů)

(upraveno podle Dovalila, 2009)

(černě - muži, tečkovaně - ženy)



Aerobní výkon je měřitelné kritérium aerobních procesů. Odráží dýchání, činnost srdce a oběhu i výměnu látkovou ve svalové buňce. Měření aerobního výkonu

má v praxi vysoký informační význam, neboť k němu lze vztáhnout průběžnou hodnotu spotřeby kyslíku při konkrétním cvičení. Díky tomu můžeme získat představu o nárocích příslušného zatížení na O₂ systém (vysoká aktuální spotřeba nám značí vysoké nároky a naopak).

VO₂max se měří použitím různých testů, kde se zapojují velké svalové skupiny. Obvyklé cvičení zahrnuje běhátko (běh nebo chůze na běhacím trenažeru), step test, bicyklový ergometr. Jiné formy testování se snaží více napodobit sportovně specifické zatížení. Tedy testovat cyklistiku na běhacím koberci není úplně vhodné, protože při běhání je tělo vystaveno úplně jinému druhu zátěže, čímž se snižuje vypovídací hodnota naměřených dat. Samozřejmě tomu nelze úplně zabránit, protože neexistují vhodné podmínky měření pro všechny sporty. Můžeme například pro měření využít veslovací trenažér, lezecký rotující trenažér, test na inline bruslích. Čímž testy vytvářejí přirozené prostředí sportu pro naměření hodnot VO₂max.

Pokud využijeme testování v terénu, musíme počítat s tím, že sice zkoumáme sportovce v blízkých podmínkách praxi, ale test není možné zopakovat v úplně stejných podmínkách znovu. Testování ovlivňuje teplota, vítr, vlhkost, ...atd.

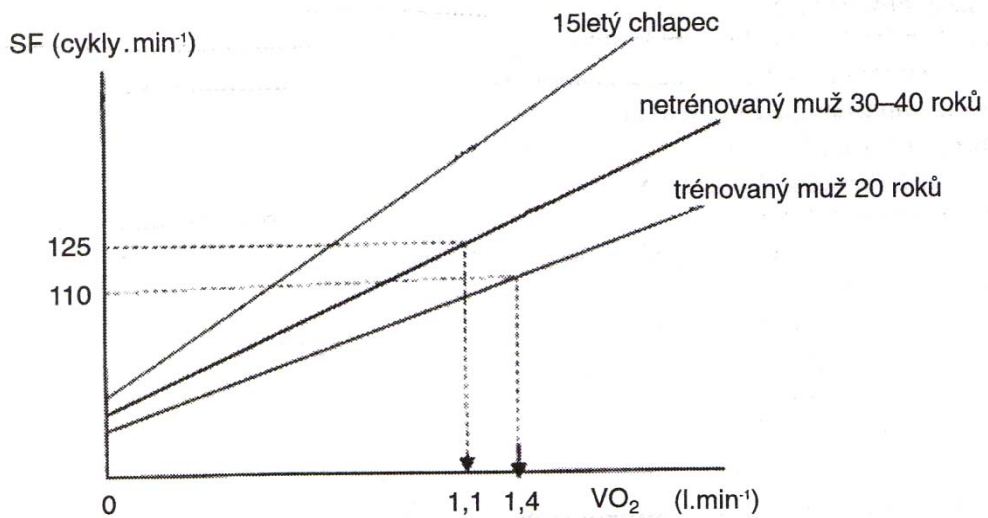
VO₂max test si žádá 3-5min submaximálního úsilí. V mnoha případech se test obvykle sestává z progresivního zvyšování úsilí až do bodu, kdy subjekt odmítne pokračovat ve cvičení. Užívá se pojmu subjektivní vyčerpání.

2.3 VZTAH SF A O₂ U SPORTOVNÍHO LEZENÍ

U cyklického aerobního cvičení je SF (srdeční frekvence) a spotřeba O₂ v lineární závislosti až do ANP. Pokud zvyšujeme intenzitu zatížení, zvyšuje se i průběžná spotřeba kyslíku až do anaerobního prahu.

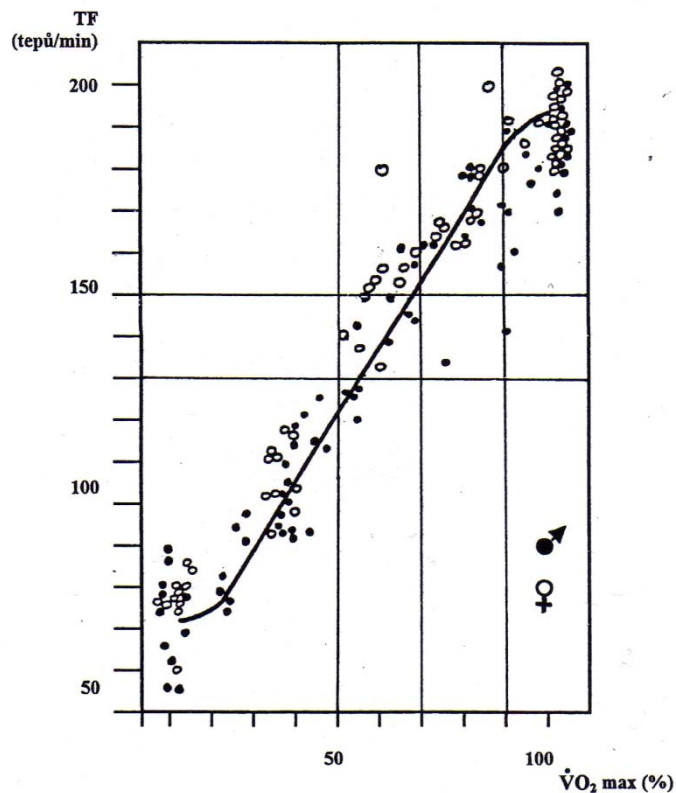
Graf č. 2 Závislost srdeční frekvence (SF) na spotřebě kyslíku (VO_2)

(upraveno podle Bartůňkové, 2006)



Graf č. 3 Vztah tepové frekvence (TF) a spotřeby kyslíku (v % VO_2max)

(upraveno podle Dovalila, 2009)



Z tohoto vztahu můžeme podle SF odhadnout spotřebu kyslíku v průběhu cvičení, což může být velice užitečné, pokud nemáme možnost spotřebu kyslíku změřit.

Musíme si ale uvědomit, že ve skutečnosti sportovce ovlivňuje např. teplota, emoce, poloha těla, přísun jídla před výkonem...

Mermierová et al. (1999) se zabývala fyziologickou odezvou lezců na umělých stěnách.

Výzkumu se zúčastnilo 14 lezců (9 mužů a 5 žen). Každý z nich lezl tři cesty se zvyšující se obtížností: a) lehká vertikální cesta (90°), b) středně obtížná cesta (106°), c) obtížná cesta v převisu (151°), stěna byla vysoká 6,35 m. Obtížnost se zvyšovala s úhlem cesty a s velikostí stupů a chytů. Vydechovaný vzduch byl shromažďován v Douglasově vaku, SF byla měřena v průběhu lezení. Laktát byl zjišťován z krve od ušního lalůčku před lezením a 1 - 2 min po výkonu.

Všechny tři cesty se lezly v jeden den. Mezi cestami byl odpočinek 15 – 20 min. Cesty byly hodnoceny podle Yosemitekého decimálního systému a) 5.6. b) 5.9. c) 5.11.+.

Kdo během cesty spadnul, mohl opět pokračovat, ale bez odpočinku. Dvě ženy nebyly schopny dokončit třetí cestu a jejich data nebyla využita.

Tabulka č. 1 Srovnání fyziologických proměnných pro snadnou, středně obtížnou a obtížnou lezeckou cestu (n = 14). Data jsou uvedena jako průměr (SO).

(upraveno podle Mermierové, 1999)

SF = srdeční frekvence, VO₂ = spotřeba kyslíku, RER = respirační kvocient, EE = energetický výdej, VCO₂ = produkce CO₂, V = minutová ventilace, SO = směrodatná odchylka

| Proměnná | Snadná c. (5.6) | Střední c. (5.9) | Obtížná c. (5.11+) |
|--|-----------------|------------------|--------------------|
| SF (tepů/min) | 142 (19) | 155 (15) | 163 (15) |
| VO ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 20.7 (8.1) | 21.9 (5.3) | 24.9 (4.9) |
| RER (CO ₂ /O ₂) | 0.81 (0.06) | 0.84 (0.09) | 0.86 (0.11) |
| EE (kJ.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 0.622 (0.393) | 0.665 (0.318) | 0.844 (0.309) |
| V (l.min ⁻¹) | 32.6 (16.4) | 39.8 (14.5) | 44.3 (14.5) |
| VCO ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 17.4 (6.2) | 19.2 (4.8) | 22.3 (4.2) |
| Laktát (mmol.l ⁻¹) | 1.64 (0.63) | 2.40 (0.68) | 3.20 (0.97) |

Analýza hodnot SF a VO₂ ukazuje, že sportovní lezení nemá charakteristickou lineární závislost SF a VO₂ tak jako cyklické aktivity jako např. běh, cyklistika. Ačkoliv SF progresivně stoupala v závislosti s obtížností cest, hodnoty obdržené pro VO₂ se výrazně neměnily během všech tří cest. Tedy tradičního lineárního SF - VO₂ vztahu pro určení intenzity zátěže nelze u sportovního lezení využít.

SF stoupala během lezení tří cest na 142, 155, 163 tepů za minutu pro lehkou, středně obtížnou a obtížnou cestu. Výsledky odpovídaly předpovídaným 74 – 85 % SFmax (220- věk).

Studie tedy ukazuje relativně vysoké hodnoty pro SF vzhledem k ventilaci. Tyto hodnoty mohou být vysvětleny isometrickou kontrakcí v průběhu lezení, která zaujímá více než jednu třetinu celkového lezeckého času (37 %). Jiný faktor, který může být zajímavý k pochopení vyšších hodnot SF je to, že v průběhu lezení jsou paže po většinu času nad úrovní srdce. Např. Åstrand et al (1968) píše o rostoucí hodnotě laktátu, SF a krevního tlaku u tesaře přibíjejícího hřebíky, kdy paže jsou nad úrovní hrudníku. Samozřejmě paže u lezců mohou být v jakékoli úrovni, ale většinu času je má lezec nad úrovní srdce. Nesmíme také zapomenout vzít v úvahu psychický stres a strach z lezené cesty.

Na vztah SF a VO_2 narazila ve svém výzkumu i Billatová (1995). Účelem této studie bylo porovnat fyziologickou odpověď na dvě stejně obtížné lezecké cesty s různou úrovní technické náročnosti.

První cesta R1 byla více komplexní z informativního aspektu, chyty byly menší a na pohled byla obtížnější než druhá cesta. R2 byla těžší z fyzického hlediska, chyty byly větší, ale sklon cesty byl též větší. Obtížnost lezeckých cest závisela na velikosti chytů, sklonu obtížných pasáží, byla hodnocena na numerické škále 5 až 9 UIAA.

Vstupní hodnoty VO_{2max} a SF byly stanoveny z testu na běhátku a při zvedání zátěže horními končetinami přes kladku. Naměřené hodnoty se pak porovnávaly s hodnotami naměřenými při lezení. Pro vydechované plyny byl použit Douglasův vak.

Doba lezení se pohybovala kolem 3 – 5 min. Cesty si lezci týden před testem mohli vyzkoušet (5 hodin tréninku) - šlo o minimalizaci emocí a o informativní aspekt.

Výsledky jsou znázorněny v tabulce č. 2 a 3.

Tabulka č. 2 Aerobní kapacita u sportovních lezců (průměr ± SO)

(upraveno podle Billatové a kol., 1995)

R = Running- běh, P = Pulling- zvedání zátěže přes kladku, SF = srdeční frekvence, Lact = laktát v krvi, SO = směrodatná odchylka

| Subjekt | R. VO_{2max} $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ | P. VO_{2max} $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ | R. SF bpm | P. SF bpm | R. Lact $mmol.l^{-1}$. | P. Lact $mmol.l^{-1}$. |
|---------------|---|---|--------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 61 | 26 | 204 | 194 | 9,2 | 7,3 |
| 2 | 48 | 21,5 | 204 | 180 | 11,2 | 6,5 |
| 3 | 58 | 18,6 | 192 | 182 | 10 | 18 |
| 4 | 52 | 23,1 | 221 | 204 | 13 | 10 |
| Průměr | 54,8 | 22,3 | 205 | 190 | 10,9 | 10,4 |
| ±SO | 5 | 2,6 | 10,3 | 9,7 | 1,4 | 4,5 |

Tabulka č. 3 Funkční metabolická odezva na lezeckou cestu informačně náročnou a na fyzicky náročnou

(upraveno podle Billatové a spol, 1995)

SO = směrodatná odchylka, SF = srdeční frekvence, VO₂ = spotřeba kyslíku, LA = kyselina mléčná, R = maximum stanovené na běhacím koberci, P = maximum stanovené při ergometrii horních končetin

| Výstup | Informačně náročný | | Fyzicky náročný | |
|---|--------------------|------|-----------------|------|
| | průměr | SO | průměr | SO |
| Celkový čas (min:s) | 3:46 | 0:48 | 3:44 | 0:20 |
| Podíl dynamické činnosti (%) | 63,7 | 9,5 | 43,4 | 4,4 |
| SF (tepů/min) | 176 | 14 | 159 | 15 |
| % SFmax (R) | 85,5 | 3,2 | 77,2 | 4,8 |
| % SFmax (P) | 92,7 | 5,5 | 83,8 | 7,7 |
| VO₂ (ml.kg⁻¹.min⁻¹) | 24,9 | 1,2 | 20,6 | 0,9 |
| % VO₂max (R) | 46 | 4,9 | 37,5 | 5,4 |
| % VO₂max (P) | 113 | 12,6 | 95,6 | 6,2 |
| LA (mmol.l⁻¹) | 5,8 | 1 | 4,3 | 0,8 |
| % LAmax (R) | 53,8 | 13,1 | 40,5 | 9,3 |
| % LAmax (P) | 67,5 | 36,7 | 51,2 | 25,3 |

Výsledky ukazují, že byla naměřena vyšší SF pro relativně nízké hodnoty VO₂. SF byla v cestě R1 vyšší, stejně tak jako VO₂ bylo u R1 větší než u R2. Videoanalýza ukázala, že efektivní čas pro vylezení cesty a doba statických fází je 63 ±9,4 % a 36,3 ±9 % celkového času lezení. Tedy izometrická kontrakce reprezentuje více než třetinu celkového času. Statická a dynamická část se v cestách mění. Výsledky ukazují vztah mezi strategií lezce a typem cesty. V cestě s větším sklonem lezou lezci rychleji a pak vyklepávají ve statické poloze na lehčích místech cesty, naopak v kolmé cestě lezou lezci lehčí části pomaleji. Proto je dynamická část v R1 delší a statická část je delší v R2.

Celková doba lezení cesty byla kratší u cesty informačně náročnější (R1), neboť cesta v převisu (R2) umožňovala odpočívání na větších chytech.

Bas de Geus et al. (2006) se zabýval stylem lezení v cestách stejné obtížnosti, ale různého profilu. Cílem této studie bylo ohodnotit 1) kyslíkový příjem a SF 2) SF v průběhu čtyř lezeckých cest stejné obtížnosti, ale rozdílných kroků a umístění stupňů, chytů.

Tento test podstoupilo 15 elitních lezců, kteří byli schopni lézt cestu on sight, obtížnosti 7b-8a. Lezci měli zvládnout 4 cesty, dvě v jednom dni. Cesty byly stejné obtížnosti (7c), ale rozdílných kroků a umístění stupů, chytů: OR- převislá stěna, VR - vertikální stěna, OT - převislý travers, VT - travers. Mezi každým pokusem byla 30 minut přestávka.

SF byla výrazně nižší v průběhu VT než v průběhu OR, VR. Žádné významné rozdíly nebyly mezi čtyřmi cestami v VO_2 . Lezci strávili výrazně více času na cestě VR ve srovnání s cestami OR, VT a lezli výrazně rychleji v cestě OR a OT ve srovnání s cestami VR a VT. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4 Průměrné hodnoty SF, VO_2 a RER ve čtyřech lezeckých cestách

(upraveno podle Bas de Geus et al., 2006)

OR = převislá stěna, VR = vertikální stěna, OT = převislý travers, VT = travers, SF průměr = průměrná srdeční frekvence, VO_2 průměr = průměrná spotřeba kyslíku ($l \cdot min^{-1}$), $VO_2 \text{ kg}^{-1}$ průměr = průměrná spotřeba kyslíku v mililitrech na kilogram za minutu, RER průměr = průměrný respirační kvocient

| Cesta | SF průměr (tepy za min) | VO_2 průměr ($l \cdot min^{-1}$) | $VO_2 \text{ kg}^{-1}$ průměr ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) | RER průměr |
|--------|-------------------------|--------------------------------------|---|-------------|
| OR | 168,7 ± 8,0 | 2,24 ± 0,38 | 35,9 ± 3,2 | 1,11 ± 0,12 |
| VR | 167,5 ± 9,5 | 2,19 ± 0,40 | 35,9 ± 3,6 | 1,05 ± 0,10 |
| OT | 160,3 ± 8,8 | 2,18 ± 0,35 | 34,9 ± 3,1 | 1,02 ± 0,08 |
| VT | 161,8 ± 8,4 | 1,98 ± 0,28 | 32,0 ± 3,8 | 1,00 ± 0,07 |
| průměr | 164,6 ± 8,7 | 2,14 ± 0,36 | 34,7 ± 3,4 | 1,04 ± 0,10 |

Výsledky ukazují, že SF byla výrazně vyšší v cestě s vertikálním umístěním OR, VR ve srovnání s cestami v traversu OT, VT.

Bertuzzi et al. (2007) prezentoval průřezovou studii, kde vyšetřoval vliv tréninku, obtížnosti lezecké cesty, anaerobního a aerobního výkonu horní části těla na energetický systém lezení. Výzkumu se zúčastnilo šest elitních lezců a sedm rekreačních lezců, kteří podstoupili laboratorní test: antropometrii, aerobní síla horní části těla, Wingate test na rumpále.

Elitní lezci lezli snadnou, středně obtížnou a obtížnou lezeckou cestu, rekreační lezci pouze snadnou cestu. Podíl aerobního W_{ae} , anaerobního laktátového W_{an} a anaerobního laktátového $W_{an/la}$ krytí byl počítán na základě spotřeby kyslíku, kolísání laktátu v krvi.

Ve snadné cestě byly metabolické náklady u elitních lezců výrazně nižší (40.3 (6.5) kJ) než u rekreačních lezců (60.1 (8.8) kJ).

Podíl jednotlivého energetického krytí:

1) snadná cesta (5.10a YDS):

W_{ae} 41.5 %, W_{an} 41.1 %, $W_{an/la}$ 17.4 %

2) středně obtížná cesta (5.11b YDS):

W_{ae} 45.8 %, W_{an} 34.6 %, $W_{an/la}$ 21.9 %

3) obtížná cesta (5.12b YDS):

W_{ae} 41.9 %, W_{an} 35.8 %, $W_{an/la}$ 22.3 %

4) snadná cesta (rekreační lezci):

W_{ae} 39.7 %, W_{an} 34.0 %, $W_{an/la}$ 26.3 %

Výsledky ukazují, že největší podíl energetického krytí během lezení na umělých stěnách zaujímá aerobní a anaerobní laktátový systém.

Fyziologické odpovědi organismu při sportovním lezení shrnul do tabulky Baláš (2009).

Tabulka č. 5 Fyziologické odpovědi organismu při sportovním lezení, výsledky jsou uvedeny jako průměrný výsledek \pm směrodatná odchylka

(upraveno podle Baláše, 2009)

SF = srdeční frekvence, VO_2 = spotřeba kyslíku

| Autor/ počet sledovaných | Obtížnost UIAA | SF (tepy za min) | VO_2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | Krevní laktát (mmol.l ⁻¹ .) |
|--|----------------------------------|------------------|--|--|
| (Geus, O'driscoll et al., 2006) n = 15 | 9 převislá cesta | 175 \pm 12 | 41,6 \pm 4,2 | 6,19 \pm 1,61 |
| (Geus, O'driscoll et al., 2006) n = 15 | 9 kolmá cesta | 174 \pm 9 | 44,1 \pm 5,8 | 5,95 \pm 1,80 |
| (Geus, O'driscoll et al., 2006) n = 15 | 9 převislý traverz | 167 \pm 10 | 40,5 \pm 4,4 | 5,55 \pm 1,66 |
| (Geus, O'driscoll et al., 2006) n = 15 | 9 kolmý traverz | 164 \pm 11 | 39,1 \pm 5,4 | 4,84 \pm 1,30 |
| (Mermier, Robergs et al., 1997) n = 14 | 8+ (151°) | 163 \pm 15 | 24,9 \pm 4,9 | 3,20 \pm 0,97 |
| (Billat, Palleja et al., 1995) n = 4 | 8+ (informačně náročnější cesta) | 176 \pm 14 | 25,9 \pm 1,2 | 5,75 \pm 1,00 |
| (Billat, Palleja et al., 1995) n = 4 | 8+ (informačně jednodušší c.) | 159 \pm 15 | 20,6 \pm 0,9 | 4,30 \pm 0,80 |
| (Mermier, Robergs et al., 1997) n = 14 | 6+/7- (106°) | 155 \pm 15 | 21,9 \pm 5,3 | 2,40 \pm 0,68 |
| (Booth, Marino et al., 1999) n = 7 | 6+/7- (cesta na skalách) | 157 \pm 8 | 32,8 \pm 2,0 | 4,51 \pm 0,50 |
| (Mermier, Robergs et al., 1997) n = 14 | 5+ (90°) | 142 \pm 19 | 20,7 \pm 8,1 | 1,64 \pm 0,63 |

2.3.1 SHRNU TÍ LEZENÍ

Sportovní lezení je činnost aerobně-anaerobní a patří k činnostem středně energeticky náročným. Čas lezení cesty se pohybuje v rozmezí 3 - 7 minut. Lezci stráví výrazně více času ve vertikální cestě ve srovnání s traversováním či cestami převislými stejné obtížnosti. V převislých cestách lezou testovaní výrazně rychleji než v kolmých stejné obtížnosti.

Náročnost ovlivňuje profil lezecké cesty (sklon), informační charakter cesty, velikost chytů a stupů a jejich rozmístění.

Průměrná spotřeba kyslíku osciluje zhruba kolem 20 - 30 ml.kg⁻¹.min⁻¹ a maximální spotřeba kyslíku kolem 30 - 44 ml.kg⁻¹.min⁻¹.

Srdeční frekvence se pohybuje zhruba v hodnotách mezi 140 - 170 tepy za minutu. Vyšší SF lezci dosahují v informačně náročnější cestě než v cestě fyzicky náročné stejné obtížnosti.

Srdeční frekvence roste se zvyšující se obtížností cesty.

Krevní laktát stoupá s obtížností lezecké cesty a jeho hodnoty jsou až 7 mmol.l⁻¹.

Ve sportovním lezení je vztah SF a VO₂ nelineární oproti cyklickým aktivitám, kde je typický lineární SF-VO₂ vztah. SF má vyšší hodnoty pro relativně nízké hodnoty VO₂, což je dáno především větším podílem času statické výdrže oproti času dynamického pohybu (statická výdrž zabírá cca třetinu celkového času výstupu, což je cca 37 %), dále pozicí paží většinu času lezení nad úroveň srdce, a také psychickou stránkou lezení a to strachem z pádu.

2.4 ÚNAVA A ZOTAVENÍ

Únavu můžeme z hlediska fyziologického charakterizovat komplexem dějů, při kterém nastává snížená odpověď různých tkání buď na podněty stejné intenzity, či je třeba vyšší intenzity podnětu k získání stejné odpovědi. Při zátěži se únava projeví poklesem fyzického výkonu.

Obecně můžeme únavu podle Havlíčkové (2008) rozdělit na fyzickou a psychickou, místní a celkovou, akutní a chronickou, fyziologickou a patologickou.

Příčinou únavy je hlavně snížení možnosti resyntézy ATP. Dochází k porušování homeostázy organismu. Mezi základní metabolické příčiny únavy řadíme: 1) kritický pokles energetických hodnot, 2) nahromadění kyselých metabolitů. Tyto děje vyvolávají změny fyzikální povahy, jako jsou pokles PH (posun na kyselou stranu), zvyšování

teploty, zvyšování osmotického tlaku a viskozity, stoupaní $p\text{CO}_2$ (tlak CO_2 – v kPa) a pokles $p\text{O}_2$ (tlak O_2). Fyzikálně chemické změny pak mají za následek poruchy funkce regulačních tělesných soustav. Nedostatek kyslíku ovlivní hlavně funkci nervového systému. Nastane nerovnováha excitačních a inhibičních dějů v centrální nervové soustavě (CNS). Dojde k poruchám svalové koordinace, později se dostávají záškuby až křeče. Může docházet až ke změnám strukturálním jako je např. bobtnání mitochondrií.

2.4.1 DRUHY ÚNAVY

Rozlišujeme únavu anaerobní rychle nastupující a aerobní pomalu nastupující.

Únava „rychlá“ je vyvolána zatížením submaximální až maximální intenzity, únava „pomalá“ se vyvíjí při zatížení střední až mírné intenzity a hlavním rysem je pokles energetických rezerv organismu.“ (Havlíčková, 2008, str. 114).

2.4.1.1 POMALU VZNIKAJÍCÍ ÚNAVA

Pomalou vznikající únava se vyvíjí za aerobních podmínek, tedy při dostatečném zásobení svalů kyslíkem. Výkon je limitován poklesem zásobního cukru glykogenu. Začne se rozvíjet únava. Oxidační způsob tvorby ATP už nestačí pokrýt pouze štěpením tuků, je potřeba zároveň začít štěpit i cukry, i když malou měrou. Pokud organismus nestíhá vyhovět požadavkům na dodávku kyslíku, přechází organismus na neoxidativní (anaerobní) způsob získávání energie - anaerobní glykolýza. Ta ovšem způsobuje zvýšenou produkci laktátu, který inhibuje mobilizaci tukových rezerv. Dochází k zakyselení svalů. Tím začne klesat oxidace mastných kyselin, a proto se musí více zapojit glykogen jako zdroj energie. Dochází k zvýšení podílu anaerobní práce.

„Zdatnost a vysoká výkonnost cirkulace umožňuje větší zásobení tkání kyslíkem, a tím oddálení nástupu únavy v případě doplňování glycidových zdrojů během zatížení. Proto trénovaný organismus odolává únavě déle než organismus netrénovaný.“ (Havlíčková, 2008, str. 114).

2.4.1.2 RYCHLE VZNIKAJÍCÍ ÚNAVA

Rychle vznikající únava je následkem anaerobního způsobu práce. Zvýšená produkce LA způsobuje acidózu - pokles PH. Toto vede k inhibici klíčového glykolytického enzymu PFK (fosfofruktokinázy). Následuje pokles resyntézy ATP a CP (kreatinfosfát). Dále jsou způsobeny změny elektrochemické. Při přerušovaném zatížení, kdy jsou kyselé metabolity odváděny krví z organismu, nedochází k útlumu glykolýzy a proto hrozí kritický pokles glykogenových zásob. Hrozící zátěžovou hypoglykémii lze ještě

zneutralizovat štěpením jaterního glykogenu. Pokud dojde k výraznému úbytku glykogenu i v játrech, nelze již glykémii udržet nad kritickou hodnotou. Vzniká útlum, rozvíjí se únava centrální, celková, patologická.

2.4.2 ZOTAVENÍ

„Zotavení (regenerace) je biologický proces obnovy přechodného poklesu funkčních schopností organismu. Často se termínu regenerace užívá ve smyslu urychlení zotavných procesů.“ (Havlíčková, 2008, str. 117). Zotavení může být pasivní nebo aktivní.

2.4.2.1 PASIVNÍ ZOTAVENÍ

Pasivní zotavení probíhá s vyloučením fyzické aktivity. Doba pasivního odpočinku musí být tím delší, čím byla vyšší námaha a čím je hlubší únava organismu. Nejčastější formou pasivního zotavení je pasivní relaxace, spánek. Doba spánku u dětí je 10 a více hodin, v dospělosti asi 8 hodin. U sportovců se délka spánku řídí podle námahy a stupně únavy. Obvykle má být asi 9 až 10 hodin. Dále sem řadíme masáže, koupele, slunění, saunování, působení tepla a jiných fyzikálních prostředků (ionizovaný vzduch, impulsivní magnetické pole, atd.).

2.4.2.2 AKTIVNÍ ZOTAVENÍ

Pokud nevyužijeme pasivního zotavení, můžeme se zotavit tzv. aktivně. Aktivní odpočinek je změna pohybové činnosti, která má za úkol odstranit únavu a urychlit fázi zotavení. Podle Seligera (1974) má aktivní odpočinek především povzbudit obnovovací pochody v těch oblastech centrálního nervstva, které jsou dlouhou prací unaveny. Pokud tedy vyžijeme k urychlení zotavení pohybové aktivity, jedná se o aktivní odpočinek. Podstata aktivního odpočinku spočívá v udržení průtoku krve v předtím zatěžovaných oblastech na hodnotách vyšších než klidových, což způsobuje rychlejší odstraňování zátěžových metabolitů a tím i únavy. Tuto formu zotavení můžeme použít jen tehdy, pokud nedosáhneme kritického poklesu energetického potenciálu. Seliger (1974) uvádí, že je zároveň výhodný činný stav svalových skupin, které se dříve na práci neúčastnily. Vhodný vliv na zlepšení vzájemných vztahů mezi nervovými centry má negativní indukce. Ta prohlubuje proces útlumu, a tím urychluje zotavení v nervových buňkách, jejichž výkonnost byla předcházející prací snížena.

Nejčastěji využíváme aktivního zotavení k odstraňování místní únavy či únavy rychle vznikající. K často užívaným formám patří kompenzační cvičení, provozování

doplňkových sportů, aktivní relaxace a cvičení ve vodě. Dále se využívá cvičení, která mají regenerační prostředky reflexní jako je akupresura a akupunktura, reflexní masáž. Jako regeneračních prostředků můžeme též využít různých léků. „Aktivní odpočinek má příznivý vliv na rozvoj svalové síly a vytrvalosti, na adaptaci vegetativních funkcí a především na činnost oběhové a dýchací soustavy, na rychlost motorické odpovědi.“ (Seliger, 1974, str. 189)

2.4.2.3 ZOTAVENÍ Z AEROBNÍHO TYPU ÚNAVY

Zotavení z aerobního typu únavy trvá déle než z anaerobního typu únavy. Zotavení zahrnuje resyntézu vysoce energetických fosfátů, znovunasycení krve kyslíkem a trochu energie stojí zvýšení cirkulace a ventilace. Vzhledem k těmto okolnostem urychluje proces zotavení pasivní odpočinek, protože jakákoliv přidaná aktivita postačí k zvýšení totálního metabolismu, a tím se prodlouží doba zotavení.

Resyntéza svalového glykogenu je pomalejší než u aktivního odpočinku, může trvat až dva dny, jaterní glykogen se může obnovovat až tři dny. Během této doby je výhodné doplňovat cukry, jedná se takzvaně o vysoce glycidovou dietu.

Glykogenová superkompenzace trvá déle a její nástup je pomalejší než u anaerobní únavy, naopak fosfogenová superkompenzace je kratší. (Havličková, 2008; Katch, 2007)

2.4.2.4 ZOTAVENÍ Z ANAEROBNÍHO TYPU ÚNAVY

Zotavení z anaerobního typu rychle vznikající únavy je rychlejší. Zvýšená produkce laktátu způsobuje pokles pH- acidózu. Resyntéza svalového glykogenu je rychlejší, a též superkompenzace nastupuje rychleji. Jaterní glykogen je syntetizován do dvou dnů bez zvýšených glycidových nároků. Hlavním zdrojem resyntézy je LA. Během zotavení z anaerobního typu únavy by měl převládat aktivní typ odpočinku, který způsobuje rychlejší odstranění LA z organismu (Havličková, 2008). Podle Katche (2007) by optimální zátěž při zotavování měla být mezi 30 až 45 % VO_2max na bicyklu a 55 až 60 % VO_2max na běžeckém trenažeru.

„Aerobní zdatnost a vysoká výkonnost cirkulace umožňuje větší zásobení tkání kyslíkem, a tím oddálení nástupu únavy v případě doplňování glycidových zdrojů během zatížení. Proto trénovaný organismus odolává únavě déle než organismus netrénovaný. Za dostatečného přísunu kyslíku a při průběžné dodávce cukrů může jedinec konat práci bez známek únavy, tj. bez poklesu výkonu, teoreticky nekonečně

dlouho, protože tukové zásoby jsou jednorázově nevyčerpatelné.“ (Havlíčková, 2008, str. 114 - 115) Limitace výkonu je v „oběhové“ únavě a v poškození hybného systému.

Schöffl et al. (2005) se zabývá anaerobní silovou vytrvalostí flexorů předloktí. Anaerobní silová vytrvalost flexorů předloktí je limitujícím faktorem v moderním sportovním lezení. Tohoto výzkumu se zúčastnilo 28 lezců s RP (red-point) kolem 10-UIAA (stupnice obtížnosti horolezeckých výstupů). Byli rozděleni do třech skupin podle toho, zda měli či neměli nespecifický aerobní vytrvalostní trénink. Pět z nich mělo detailní a periodický tréninkový plán, šest dalších mělo nespecifický aerobní vytrvalostní trénink (běh, kolo, horské kolo více než 3 hodiny týdně). Test byl proveden na rotující lezecké stěně „Rock´n Roll“. Po 70 s se stěna jednou otočila, což odpovídalo 6,5 m respektive 18 lezeckým krokům. Následovala 30 s přestávka, kdy se lezci drželi dvou velkých chytů a vyklepávali. Tento cyklus (jedno otočení stěny + přestávka) se nazývá v následujícím textu „krok“. Na začátku a na konci přestávky byla lezcům naměřena SF a hodnota krevního laktátu. Všechny chyty použité v této cestě byly dělány tak, aby lezci zapojovali distální články prstů - důležitá byla tedy vytrvalost Mm. flexor digitorum profundii. Cesta měla jednu konstantní obtížnost, lezci byli vystaveni neustálému tlaku na předloktí. Lezlo se konstantní rychlostí do subjektivního vyčerpání.

Byly obdrženy výsledky s pozitivním vztahem mezi počtem kroků a silovou vytrvalostí lezců.

Vyšší hladina laktátu v krvi byla naměřena sportovcům bez tréninku silové vytrvalosti.

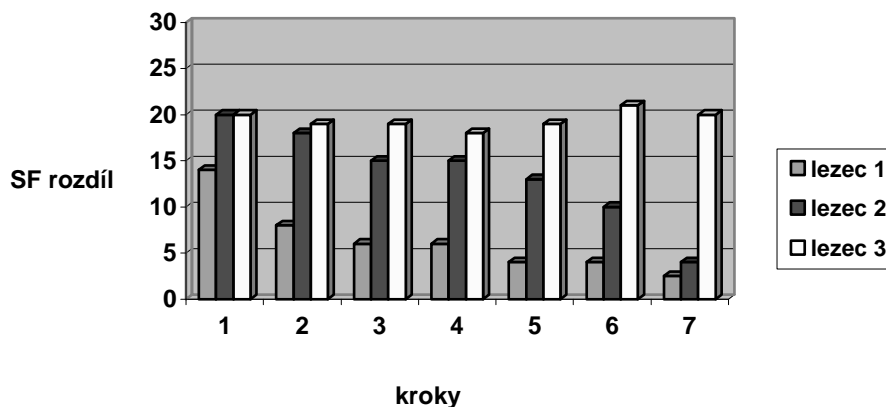
Lezci s pravidelným tréninkem aerobní lezecké vytrvalosti vykazovali během přestávky pokles SF o 20 tepů, který byl konstantní během celého testu. Lezci bez tréninku aerobní lezecké vytrvalosti vykazovali pokles po prvním kroku o cca 14 tepů, po sedmém kroku již jen o 2 tepe. Výsledky jsou znázorněny v grafu č. 4.

Můžeme tedy říci, že vyšší úroveň aerobní zdatnosti má významnou roli během zotavování v průběhu lezení.

Graf č. 4 Diference SF během 30 s přestávky po každém kroku

(upraveno podle Schöffl V. R., 2005)

Lezec 1 = žádný nespecifický aerobní vytrvalostní trénink, lezec 2 = nepravidelný nespecifický aerobní vytrvalostní trénink, lezec 3 = intenzivní nespecifický aerobní vytrvalostní trénink, SF rozdíl = SF (konec cvičení) – SF (konec odpočinku)



Watts et al. (2000) se zabývali vlivem aktivního a pasivního odpočinku po zátěži - vylezení cesty. Výzkumu se zúčastnilo patnáct elitních lezců. Testovaní byli rozděleni na dvě skupiny: jedna podstoupila po vylezení cesty aktivní odpočinek (AO) - odpočinková jízda na kole o zátěži 25 W, druhá pasivní odpočinek (PO).

Lezli 20m dlouhou cestu obtížnosti 5.12b, Yosemitekého decimálního systému. Výrazný rozdíl průběhu zotavení byl naměřen u hladiny laktátu v krvi, který zůstal zvýšený u PO skupiny i po 30 minutách, zatímco u skupiny AO se hladina laktátu dostala po 20 minutách na výchozí (předzátěžovou) hodnotu.

2.4.3 SHRNU TÍ ČÁSTI ÚNAVA A ZOTAVENÍ

Krevní laktát stoupá s obtížností lezecké cesty a jeho hodnoty jsou až 7 mmol/l.

Nejvíce namáhané svaly během sportovního lezení jsou flexory předloktí. Vzhledem k tomu je anaerobní silová vytrvalost flexorů předloktí limitujícím faktorem v moderním sportovním lezení.

Aktivní odpočinek po vylezení cesty je výhodnější, výchozích hodnot laktátu v krvi je dosahováno výrazně dříve než při pasivním odpočinku.

Lezci s aerobním nespecifickým lezeckým tréninkem mají výrazně lepší schopnost regenerace v průběhu lezení.

3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE

3.1 CÍLE PRÁCE

- 1) Posouzení vlivu aerobních schopností ($VO_2\max$) na zotavení
- 2) Vliv úrovně lezeckých schopností (RP) na zotavení během lezení (pokles SF)
- 3) Popis fyziologické odezvy lezce na lezení s odpočinkem a bez odpočinku

3.2 HYPOTÉZY

- 1) Lezci s vyšší hodnotou $VO_2\max$ budou mít na odpočinkovém chytu větší pokles srdeční frekvence.
- 2) Lezci s vyšší úrovní RP budou mít během zotavení v průběhu lezení větší pokles srdeční frekvence.

3.3 ÚKOLY PRÁCE

Vybrat vhodné sportovní lezce stejné výkonnosti, ale různého $VO_2\max$.

Provést zátěžové testy na běhátku.

Postavit vhodnou lezeckou cestu.

Realizovat lezecký test.

Zpracovat, vyhodnotit výsledky měření.

4 METODIKA DIPLOMOVÉ PRÁCE

4.1 VÝZKUMNÝ SOUBOR

Většina testovaných byla vybrána z Lezecké a skialpové školy Namche, která má své zázemí ve Sportovním centru Palmovka. Soubor čítal 11 lezců - mužů, kteří lezou stabilně cesty obtížnosti 7 UIAA a více.

Lezce jsme rozdělili na tři skupiny podle úrovně lezeckých schopností (RP). Skupina číslo jedna obsahovala čtyři lezce, dva měli RP 7 UIAA, dva 7+ UIAA. Skupina číslo dva obsahovala také čtyři lezce, dva s RP 8 UIAA a dva s 8+ UIAA. Poslední skupina číslo tři sestávala ze tří členů, všichni s RP 9 UIAA.

4.2 POPIS MĚŘENÍ

K dispozici jsem měla 11 lezců. Testování byli vybíráni podle jejich lezecké výkonnosti, měli být schopni lézt cesty o obtížnosti 7 UIAA a více.

Měření se skládalo ze dvou částí: zátěžový test na běhátku, tak abychom pro každého lezce měli hodnotu jeho $VO_2\max$, maximální ventilace, maximální srdeční frekvenci a měření na lezecké stěně.

Zátěžový test na běhátku byl proveden v laboratoři sportovní motoriky na FTVS UK. Každý testovaný absolvoval zahřátí a rozběhání 2x 4 min se zátěží 8 km/h a 10 km/h s nulovým sklonem běhátka. Následovalo vlastní měření s postupně rostoucí zátěží po každé minutě s 5% sklonem běhátka. Zátěž začínala na 10 km/h a pak se vždy po minutě o 1 km/h zvyšovala až do subjektivního vyčerpání testovaného. Sklon běhátka zůstal stále stejný 5 %. Mezi testováním na běhátku a na stěně byly alespoň dva dny volna.

Na lezecké stěně byla pro lezce připravena cesta o obtížnosti 7+ UIAA o 19 krocích se sklonem 120°. Cesta byla postavena do kruhu s jedním velkým chytem, na kterém se kolo začínalo i končilo.

Test 1 byl test s odpočinkovým sklepáváním na velkém chytu. Lezci po dolezení každého kolečka setrvali 40 s na odpočinkovém chytu a sklepávali. Po dolezení na odpočinkový chyt byla lezcům odečtena SF a na konci 40 s pauzy také. Důležitý byl pokles SF během 40 s vyklepávání. Lezci lezli do subjektivního vyčerpání nebo do maximálního počtu kol - 14. Po dolezení testu lezci zaznamenali stupeň svého vyčerpání.

Test 2 se lezl bez odpočinku. Lezci absolvovali tolik kol, kolik zvládli, až do subjektivního vyčerpání, maximálně však 14 kol. Po dolezení testu lezci zaznamenali stupeň svého vyčerpání.

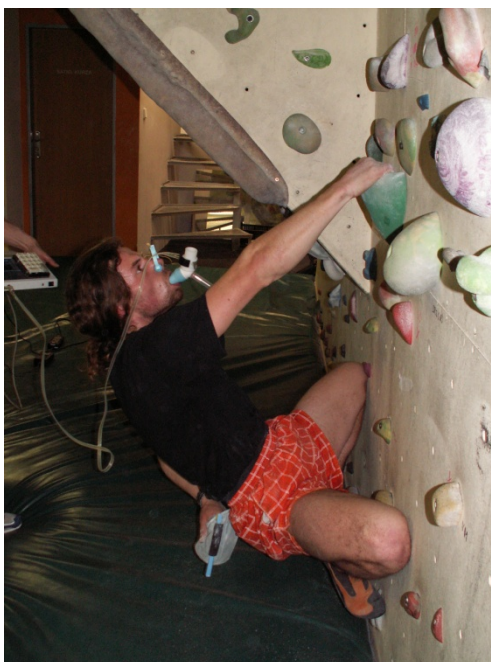
V průběhu testu 1 i testu 2 byla lezcům měřena srdeční frekvence a plicní ventilace. Zároveň po dolezení každého testu zaznamenávali stupeň subjektivního zatížení. Mezi oběma testy na stěně byla cca 60 minutová pauza. Kolečko si lezci mohli natrénovat tak, aby měření nebylo ovlivněno tápáním v cestě.

Při testu na lezecké stěně i na běhátku v laboratoři sportovní motoriky byl použit přístroj Aerosport Teem 100 a srdeční frekvence byla měřena pomocí sporttesteru Polar RS 400.

Obrázek č. 1 Lezecké kolečko pro test 1, test 2



Obrázek č. 2 Pozice při 40s vyklepávání na velkém chytu



4.3 VYHODNOCENÍ

Sledované parametry byly vliv úrovně lezeckých schopností (RP) a vliv maximálního i průměrného poklesu srdeční frekvence na ostatní proměnné. Dále vliv skupiny (rozdělení podle úrovně lezeckých schopností) na relativní ventilaci, relativní srdeční frekvenci, subjektivní zatížení při lezení s odpočinkem i bez odpočinku.

Pro posouzení vlivu úrovně lezeckých schopností (RP) na ostatní proměnné (především na počet lezeckých kroků, pokles srdeční frekvence) a pro hledání vztahů mezi průměrným a maximálním poklesem srdeční frekvence a dalších proměnných (především počtem kroků při lezení s odpočinkem, kroky test1/test2) jsme použili korelaci Pearsonovým koeficientem.

Pro posouzení vlivu skupiny na proměnné relativní ventilace, relativní srdeční frekvence, subjektivní zatížení při lezení s odpočinkem i bez odpočinku jsme použili základní deskriptivní statistiku s určením průměru a směrodatné odchylky. Významnost byla posuzována analýzou rozptylu jak ze statistického hlediska ($p < 0,05$), tak z věcného hlediska (η^2).

5 VÝSLEDKY

Tabulka číslo 6 sumarizuje průměrné fyzické charakteristiky lezců a dále uvádí jejich průměrné $VO_2\max$. Tabulka číslo 7 uvádí vztah RP, maximálního a průměrného poklesu SF s ostatními proměnnými (relativní ventilace, relativní SF, procento subjektivního zatížení, počet kroků, vše při lezení s odpočinkem i bez odpočinku, kroky O/B) pomocí korelace Pearsonovým koeficientem. Tabulka číslo 8 posuzuje vliv skupiny na proměnné: relativní ventilace, relativní srdeční frekvence, subjektivního zatížení při lezení s odpočinkem i bez odpočinku. Pro vyhodnocení je použita základní deskriptivní statistika (průměr, směrodatná odchylka). Významnost byla posuzována v tabulce číslo 9 a to jak ze statistického hlediska ($p < 0,05$), tak z věcného hlediska (η^2).

Tabulka č. 6 Charakteristika lezců (průměr)

| | věk (roky) | hmotnost (kg) | výška (cm) | VO₂max (ml.kg⁻¹.min⁻¹) |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--|
| skupina 1 | 30,0 | 72,6 | 177,7 | 59,48 |
| skupina 2 | 28,8 | 71,9 | 181,3 | 59,43 |
| skupina 3 | 29,0 | 72,6 | 182,7 | 60,50 |
| průměr všech lezců | 29,3 | 72,3 | 180,4 | 59,70 |

Podle výsledků vidíme, že průměrný věk, hmotnost, výška i $VO_2\max$ se napříč skupinami nijak výrazně nelišily. Průměr všech lezců se též ani v jedné proměnné výrazně nelišil od průměru jednotlivých skupin. Skupiny byly v tomto ohledu vyrovnané.

Tabulka č. 7 Korelace RP, Poklesu max, Poklesu prům se závisle proměnnými pomocí Pearsonova koeficientu

PC = Pearsonova korelace, s.zatížení = subjektivní zatížení, kroky přírůstek = o kolik více kroků bylo nalezeno v testu 1 než v testu 2, kroky test 1/test 2 = kolikrát více kroků bylo nalezeno v testu 1 oproti testu 2

RP = red point

| | | RP | pokles SFmax (tepy/min) | pokles SFprům (tepy/min) | | | RP | pokles SFmax (tepy/min) | pokles SFprům (tepy/min) |
|--------------------------|------|--------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------|--------|-------------------------|--------------------------|
| RP | PC | 1 | ,268 | ,273 | test 1 s.zatížení (%) | PC | ,282 | -,540 | -,519 |
| | Sig. | | ,426 | ,417 | | Sig. | ,400 | ,086 | ,102 |
| test 1 relativní V | PC | ,200 | -,392 | -,487 | test 2 relativní V | PC | ,700* | | |
| | Sig. | ,556 | ,233 | ,129 | | Sig. | ,016 | | |
| test 1 relativní SF | PC | ,347 | -,384 | -,422 | test 2 relativní SF | PC | ,653* | | |
| | Sig. | ,296 | ,244 | ,196 | | Sig. | ,029 | | |
| pokles SFmax (tepy/min) | PC | ,268 | 1 | ,965** | test 2 počet kroků | PC | ,901** | | |
| | Sig. | ,426 | | ,000 | | Sig. | ,000 | | |
| pokles SFprům (tepy/min) | PC | ,273 | ,965** | 1 | test 2 s. zatížení (%) | PC | ,562 | | |
| | Sig. | ,417 | ,000 | | | Sig. | ,072 | | |
| test 1 počet kroků | PC | ,918** | ,263 | ,247 | kroky test 1/test 2 | PC | ,216 | ,192 | ,130 |
| | Sig. | ,000 | ,435 | ,464 | | Sig. | ,524 | ,572 | ,704 |
| kroky přírůstek | PC | ,756** | ,297 | ,270 | | | | | |
| | Sig. | ,007 | ,375 | ,422 | | | | | |

** = $p < 0,001$

* = $p < 0,05$

Nejvýznamnější vztah úrovně výkonu RP je s počtem lezeckých kroků při testu 1 i testu 2. Dále je výkon RP ve významné korelaci s počtem kroků, o kolik jich lezci našli v testu 1 více než v testu 2 (kroky přírůstek). Jako významný se jeví i vztah RP s relativní ventilací a relativní SF v testu 2. Další vztahy RP s proměnnou jsou nevýznamné.

Významnější vztah maximálního i průměrného poklesu SF s proměnnou jsme nenašli.

Tabulka č. 8 Základní deskriptivní statistika (skupina vůči proměnné)

s.zatížení = subjektivní zatížení, SO = směrodatná odchylka

| | skupina | průměr | SO | N |
|--------------------------------------|---------|--------|-------|----|
| Test 1 relativní V | 1 | 0,47 | 0,07 | 4 |
| | 2 | 0,55 | 0,10 | 4 |
| | 3 | 0,52 | 0,18 | 3 |
| | Total | 0,52 | 0,11 | 11 |
| Test 1 relativní SF | 1 | 0,89 | 0,05 | 4 |
| | 2 | 0,95 | 0,06 | 4 |
| | 3 | 0,93 | 0,09 | 3 |
| | Total | 0,93 | 0,06 | 11 |
| Test 1 s.zatížení (%) | 1 | 60,75 | 18,41 | 4 |
| | 2 | 62,50 | 25,25 | 4 |
| | 3 | 75,33 | 30,66 | 3 |
| | Total | 65,36 | 22,86 | 11 |
| Test 2 relativní V | 1 | 0,50 | 0,08 | 4 |
| | 2 | 0,56 | 0,08 | 4 |
| | 3 | 0,68 | 0,09 | 3 |
| | Total | 0,57 | 0,11 | 11 |
| Test 2 relativní SF | 1 | 0,88 | 0,05 | 4 |
| | 2 | 0,91 | 0,05 | 4 |
| | 3 | 0,97 | 0,07 | 3 |
| | Total | 0,92 | 0,06 | 11 |
| Test 2 s.zatížení (%) | 1 | 60,50 | 16,66 | 4 |
| | 2 | 71,25 | 15,52 | 4 |
| | 3 | 85,67 | 14,01 | 3 |
| | Total | 71,27 | 17,42 | 11 |

Tabulka č. 9 Vícerozměrná analýza rozptylu

s.zatížení = subjektivní zatížení

| Faktor | Závisle proměnná | Typ součtu čtverců III | Stupně volnosti | Průměrné čtverce | F | Sig. | η^2 |
|---------|-----------------------|------------------------|-----------------|------------------|-------|------|----------|
| Skupina | test 1 relativní V | ,012 | 2 | ,006 | ,416 | ,673 | ,094 |
| | test 1 relativní SF | ,008 | 2 | ,004 | 1,018 | ,404 | ,203 |
| | test 1 s.zatížení (%) | 416,129 | 2 | 208,064 | ,346 | ,718 | ,080 |
| | test2 relativní V | ,058 | 2 | ,029 | 4,419 | ,051 | ,525 |
| | test 2 relativní SF | ,014 | 2 | ,007 | 2,298 | ,163 | ,365 |
| | test 2 s.zatížení (%) | 1085,765 | 2 | 542,883 | 2,229 | ,170 | ,358 |

Ze statistického hlediska je nejvýznamnější relativní ventilace u testu 2 s $F = 4,419$ ($p = 0,051$), $\eta^2 = 0,525$.

Věcně významná, ale ze statistického hlediska nevýznamná je relativní SF u testu 2 ($F = 2,298$ ($p = 0,163$), $\eta^2 = 0,365$) a subjektivní zatížení u testu 2 ($F = 2,229$ ($p = 0,170$), $\eta^2 = 0,358$).

Relativní ventilace u testu 1 je ze statistického hlediska nevýznamná $F = 0,416$ ($p = 0,674$), $\eta^2 = 0,094$ a také relativní SF u testu 1 je nevýznamná $F = 1,014$ ($p = 0,404$), $\eta^2 = 0,203$.

Nevýznamné se jeví i subjektivní zatížení u testu 1 $F = 0,346$ ($p = 0,718$), $\eta^2 = 0,080$.

6 DISKUSE

Posoudit vliv $VO_2\max$ na zotavení na odpočinkových chytech v průběhu lezení nemůžeme, neboť náš soubor obsahoval lezce, kteří měli hodnoty $VO_2\max$ velice podobné a naopak se lišili ve výkonu RP.

Co se týče porovnání maximálního i průměrného poklesu srdeční frekvence. Maximální i průměrný pokles SF nesouvisí s výkonem RP, nehraje roli ani s výkonem kroky test 1/test 2 (násobek výkonu při lezení s odpočinkem a bez odpočinku). Pokles SF nic neznamenal ani vzhledem k počtu lezeckých kroků jak u lezení s odpočinkem, tak bez něj. To nás vede k zhodnocení, že nejde o to, jakou má lezec celkově aerobní zdatnost, ale že jde o zdatnost lokální a to o vytrvalost předloktí.

Při porovnání výkonu RP s ostatními proměnnými jsme došli k těmto závěrům. Lezecký výkon RP neměl vliv na zotavení během lezení s odpočinkem i bez něj.

Výkon RP je ve vztahu s počtem kroků při lezení s odpočinkem i při lezení bez odpočinku. Lezci s vyšším RP dolezli dále, tedy udělali více lezeckých kroků. To je dáno pravděpodobně tím, že obtížnost kolečka 7+ UIAA vzhledem k jejich úrovni RP nebyla extrémně zatěžující. Lezci s vyšším RP nebyli limitováni silovým vyčerpáním, byli schopni dolézt dál.

Úroveň RP koreluje s přírůstkem kroků, tedy s rozdílem počtu kroků testu 1 a testu 2 (je vyšší než u lezců s nižší úrovní RP). Výsledky opět vychází z toho, že lezci s vyšším RP nebyli silově vyčerpáni a proto našli více kroků. U skupiny tři ještě musíme brát v úvahu, že dva lezci ze tří měli i po přeizení čtrnáctého kola sílu lézt dál (test ovšem končil maximálně čtrnácti koly), proto by byl rozdíl kroků ještě větší.

Co se týče srovnání RP se subjektivním zatížením lezců vychází nám, že vztah RP s procentem subjektivního zatížení lezců u lezení s odpočinkem není významný. Je to dáno pravděpodobně tím, že lezci s vyšší lokální výkonností předloktí zvládali lézt kolečko relativně neustále, nelimitovala je síla. Lezci s malou lokální výkonností předloktí odešli silově, nedokázali se už udržet, ačkoliv vyčerpáni nebyli. Korelace RP se subjektivním zatížením v lezení bez odpočinku je už významnější, a to z toho důvodu, že zde už i lezci s nejvyšším RP lezli až do vyčerpání, vzhledem k tomu, že nemohli po kolečku odpočívat.

Výkon RP je v korelaci s relativní ventilací i relativní srdeční frekvencí u testu 2. Lezci s vyšší úrovní RP dosahovali vyššího procenta maximální ventilace i maximální frekvence při testu 2. To proto, že nebyli limitováni silovým vyčerpáním, byli schopni se dostat téměř na 100 % maxima srdeční frekvence i ventilace. Pro lezce s nižší úrovní RP bylo lezecké kolečko obtížnější a dříve, než se mohli dostat na vyšší funkční hodnoty, skončili kvůli silové vyčerpanosti paží.

Ve významném vztahu už ovšem není RP s relativní srdeční frekvencí i ventilací u testu 1.

Pro posouzení fyziologické odpovědi lezců jsme si lezce rozdělili na tři výkonnostní skupiny. Ve skupině jedna byli čtyři lezci s RP 7, 7+ UIAA, ve skupině číslo dva byli čtyři lezci s RP 8-, 8, 8+ UIAA a ve skupině číslo tři byli tři lezci s RP 9 UIAA.

Co se týče porovnání na kolika **procentech maximální ventilace** lezli jednotlivé skupiny při **testu 1**. Skupina jedna lezla zhruba na 47 %, skupina dva na 55 % a skupina tři na 52 %. Na nejvyšším procentu maximální ventilace tedy lezla skupina dva. Vysvětlujeme si to tím, že ve skupině dva byli lezci, kteří zvládli lézt relativně dlouho, ale nebyli na tom výkonnostně zase tak dobře, aby se nedostali na funkční hranici. Lezci ve skupině jedna lezli na nejmenším procentu maximální ventilace, to proto, že dříve, než mohli dosáhnout určitého stupně vyčerpání a tedy i vyššího procenta maximální ventilace, tak nevydrželi zátěž silově, neměli už sílu se v cestě udržet, ačkoliv funkčně na tom byli ještě dobře. Lezci ve skupině tři měli tak vysoký výkon RP vzhledem k obtížnosti kolečka (7+ UIAA), že se nedostali funkčně na hraniční hodnoty a proto byli schopni přelézt maximální počet kol (14) bez výrazného vyčerpání. Nelimitovalo je silové vyčerpání.

To samé platí o porovnání **procenta maximální srdeční frekvence**, na kterém lezli jednotlivé skupiny při **testu 1**. Opět nejnižší procento maximální SF měla skupina číslo jedna a to 89 %, skupina číslo dva 95 % - což je opět nejvyšší hodnota a skupina číslo tři 93 %. Důvody pro vysvětlení jsou naprosto shodné s předchozím vysvětlením porovnání procent maximální ventilace. Skupina číslo jedna byla opět silově vyčerpaná dříve, než mohla dosáhnout vyšších funkčních hodnot. Skupina číslo dva se dostala na nejvyšší funkční hodnoty a skupina číslo tři nebyla funkčně moc zatížena vzhledem k obtížnosti (7+ UIAA) kolečka a jejich RP (9 UIAA). Opět je nelimitovalo silové vyčerpání.

Rozdílně ale vycházejí výsledky, pokud chceme porovnat procento **maximální ventilace, maximální srdeční frekvence u testu 2**. Procenta maximální ventilace, na kterém lezci lezli, byla u první skupiny 50,%, u druhé skupiny 56,% a u třetí skupiny 68,%. Procenta maximální SF byla u skupiny číslo jedna 88,%, u skupiny dva 91,%, u skupiny tři 97,%. Tentokrát má třetí skupina obě hodnoty procent jak u maximální ventilace, tak u maximální SF nejvyšší. Členové této skupiny byli schopni lézt nejdéle

a proto se i na funkčních hodnotách dostali nejvýše. Nelimitovala je síla, jejich limitace výkonu byla ve vysokých funkčních hodnotách.

Pokud porovnáme naše naměřené výsledky relativní SF u testu 1 i relativní SF u testu 2 s výsledky, které dostala Billatová (1995) a Mermiérová (1999), vidíme, že naši lezci ze skupiny jedna se shodovali s průměrnými hodnotami Billatové (1995) i Mermiérové (1999). Billatová (1995) ve svém výzkumu dospěla na hodnotu 85,5 % maximální SF se směrodatnou odchylkou 3,2. Mermiérová (1999) dospěla k číslu 74 – 85 % maximální SF. Vyšších hodnot u druhé a třetí skupiny bylo dosaženo pravděpodobně tím, že lezci nebyli tolik omezováni silovým vyčerpáním, čímž se dostali až ke stropovým hodnotám. Navíc u výzkumu Billatové (1995) a Mermiérové (1999) lezci nelezli až do subjektivního vyčerpání. Vyšší hodnoty SF poukazují i na to, že kolečko bylo postaveno v převisu (120°).

Zároveň je na hodnotách relativní SF a ventilace u testu 1 i na hodnotách relativní SF a ventilace u testu 2 vidět nepoměr velikosti ventilace a srdeční frekvence. Lezci při relativně nízkých hodnotách ventilace dosahovali vysokých hodnot srdeční frekvence. Ukazuje se nám nelineární vztah ventilace a srdeční frekvence, tak jako tento vztah potvrzuje Mermiérová (1999), Billatová (1995).

Porovnat procenta maximální ventilace, na kterých lezci lezli, bohužel nemůžeme, neboť ostatní autoři podávají data o procentech $VO_2\text{max}$ a ne maximální ventilace.

Výsledky **subjektivního zatížení** uvedené v procentech při lezení s odpočinkem vyšly takto: skupina číslo jedna se cítila zatížena ze 61,%, skupina číslo dva z 63,% a skupina číslo tři ze 75 %. Rozvrstvení skupina číslo jedna nejméně až skupina číslo dva nejvíce jsme obdrželi i u výsledků **subjektivního zatížení při lezení bez odpočinku**. Skupina číslo jedna se cítila zatížena ze 61 %, skupina číslo dva ze 71 % a skupina číslo dva z 86 %. Předpokládáme, že výsledky jsou dány tím, že skupina číslo tři našla nejvíce kroků a byla schopna se co nejvíce přemoci a co nejdéle vytrvat v pohybu a z toho důvodu pocítovala nejvyšší zatížení.

Pokud by se někdo dále zabýval tímto tématem, tak pro porovnání fyziologické odpovědi lezce by bylo určitě vhodnější mít více homogenní skupiny z hlediska RP. Rozptyl výkonu RP skupiny číslo jedna se mi zdá relativně velký 7- UIAA až 7+ UIAA. A jistě by bylo lepší mít více testovaných lezců. Tím by dospěl k přesnějším výsledkům.

Pro porovnání $VO_2\text{max}$ se schopností na odpočinkovém chytu více sklepat by byla vhodnější varianta měřit vstupní $VO_2\text{max}$ na rumpále. Při našem měření jsme dostali velice podobné hodnoty $VO_2\text{max}$ na běhátku. Ale zotavení (pokles SF) na odpočinkovém chytu lezců stejného RP a podobného $VO_2\text{max}$ bylo výrazně odlišné. Domníváme se proto, že jde především o aerobní vytrvalost svalů předloktí. Proto by byl vstupní test $VO_2\text{max}$ na rumpále vhodný pro tento typ studie.

7 ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo posouzení vlivu aerobních schopností ($VO_2\max$) na zotavení na odpočinkových chytech během lezení, vliv lezeckého výkonu RP na zotavení během lezení (pokles SF), popis fyziologické odezvy lezce na lezení s odpočinkem a bez odpočinku. Měření probíhalo v laboratoři sportovní motoriky na FTVS UK a na lezecké stěně v SC Palmovka. Soubor byl většinou vybrán z Lezecké a skialpové školy Namche, která má své zázemí ve Sportovním centru Palmovka.

Vliv $VO_2\max$ na zotavení tedy pokles SF na odpočinkovém chytu během lezení jsme posoudit nemohli, neboť se nám ve sledovaném souboru sešli lezci s velice podobnými hodnotami $VO_2\max$.

Vliv lezeckého výkonu RP na zotavení během lezení (pokles SF) se neprokázal. Výkon RP byl ve vztahu s počtem kroků při lezení s odpočinkem i při lezení bez odpočinku. Úroveň RP dále koreluje s přírůstkem kroků, tedy s rozdílem počtu kroků testu 1 a testu 2 (je vyšší než u lezců s nižší úrovní RP).

Na rozebrání fyziologické odpovědi lezců jsme testované rozdělili na tři skupiny podle výkonu RP (skupina 1- RP 7, 7+, skupina 2- RP 8-, 8, 8+, skupina 3- RP 9).

Při **lezení s odpočinkem** lezla skupina jedna zhruba na 47 %, skupina dva na 55 % a skupina tři na 52 % maximální ventilace. Nejnižší procento maximální srdeční frekvence měla skupina číslo jedna a to 89 %, skupina číslo dva 95 % a skupina číslo tři 93 % při lezení s odpočinkem. Skupina číslo jedna byla vyčerpaná brzy silově, a proto dosahovala nejnižších hodnot.

Při **lezení bez odpočinku** lezla skupina jedna na 50 %, druhá skupina na 56 % a třetí skupina na 68 % maximální ventilace. Procenta maximální srdeční frekvence byla u skupiny číslo jedna 88 %, u skupiny dva 91 %, u skupiny tři 97 %. Nejvyšších hodnot dosahovala skupina číslo tři, neboť je nelimitovala síla, a proto byly jejich limitem v lezení vysoké funkční hodnoty. Dosahovali tedy nejvyššího procenta maximální SF i maximální ventilace.

Zároveň bylo na hodnotách relativní SF, relativní ventilace v testu 1 i na relativní SF a relativní ventilaci v testu 2 vidět nepoměr velikosti ventilace a srdeční frekvence. Lezci při relativně nízkých hodnotách ventilace dosahovali vysokých hodnot srdeční frekvence. Vztah ventilace a srdeční frekvence je nelineární.

Při srovnání **subjektivního zatížení lezení s odpočinkem** se nejvíce zatížena cítila skupina číslo tři a to ze 75 %, následovala skupina číslo dva ze 63 % a skupina číslo tři z 61 %. Rozvrstvení skupina číslo jedna nejméně až skupina číslo dva nejvíce jsme obdrželi i u výsledků **subjektivního zatížení při lezení bez odpočinku**. Skupina číslo jedna se cítila zatížena ze 61 %, skupina číslo dva ze 71 % a skupina číslo dva z 86 %.

Ačkoliv jsme hypotézu jedna nemohli ověřit, měřením fyziologické odpovědi lezců jsme obdrželi zajímavé výsledky. Proto věřím, že tato práce a její výsledky mohou poskytnout podnětné informace k realizaci dalších projektů zabývajících se touto problematikou.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- Åstrand, I., Guharay, A., Wahren, J., *Circulatory responses to arm exercise with different arm positions. J Appl Physiol*: č. 36, 1968. 515- 532.
- Baláš, J., Fyziologické aspekty sportovního lezení. Česká kinantropologie: Vol. 13, č. 3, 2009. s. 156-167.
- Bartůňková, S., *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*, 1. vydání. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1171-6.
- Bertuzzi, R. C., et al. *Energy system contributions in indoor rock climbing. Eur J Appl Physiol*: č. 101, 2007. 293-300.
- Billatová, V., et al. Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *The Journal Sports Medicine and Physical Fitness*: č. 35, 1995. s. 20-24.
- Dovalil, J. et al. *Výkon a trénink ve sportu*, 3. vydání. Praha: Olympia, 2009. ISBN: 27-008-2009.
- Geus, B., O'Driscoll, S. V., Meeusen, R., Influence of climbing style on physiological responses during indoor rock climbing on routes with the same difficulty. *Eur J Appl Physiol*: č. 98, 2006. s. 489-496.
- Havlíčková, L. et al. *Fyziologie tělesné zátěže I.: obecná část*, 2. vydání. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-7184- 875-2.
- Heller, J. et al. *Fyziologie tělesné zátěže II.: Speciální část- 3.díl*, 1. vydání. Praha: Karolinum, 1996. ISBN 80-7184-225-7.
- Hochholzer, T., Schoeffl, V., *One move too many...: how to understand the injuries and overuse syndroms of rock climbing*. Vydání. Germany: Lochner-verlag, 2003. ISBN: 3-928026-20-8.
- Katch, F. I., *Exercise physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*, 6.edition, Copyright 2007
- Kuhn, K. et al. *Vytrvalostní trénink: Průvodce sportem*, České Budějovice: KOOP, 2005. ISBN 80-7232-252-4.
- Melichna, J., *Pohyb a morfologická adaptabilita kosterního svalu*, 1. vydání. Praha: Karolinum, 1990. ISBN 80-7066-254-9.
- Mermierová, Ch. M., et al. Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *Br J Sports Med*: č. 31, 1999. 224-228.
- Seliger, V. et al. *Fyziologie tělesných cvičení*, 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1974. ISBN 17-034-77.
- Schöffl V. R., et al. 2005. *Development of a Performance Diagnosis of the Anaerobic Strength Endurance of the Forearm Flexor Muscles in Sport Climbing. Int J Sports Med*: č. 27, 2006. 205-211.

Watts, P. B., et al. *Metabolic Response During Sport Rock Climbing and the Effects of Active Versus Passive Recovery*. *Int J Sports Med*: č. 21, 2000.185-190.

Winter, S., *Sportovní lezení: průvodce sportem*, 2.vydání. České Budějovice: KOOP, 2007. ISBN 978-80-7232-294-7.