



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra tělesné výchovy a sportu

Bakalářská práce

**Analýza vlivu desetidenního tréninkového
kempu ve vyšší nadmořské výšce na
výkonnost adolescentních běžců**

Vypracoval: Daniel Novák

Vedoucí práce: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

České Budějovice, 2020



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

University of South Bohemia in České Budějovice

Faculty of Education

Department of Sports Studies

Bachelor

**Analysis of the impact of a 10-day training
camp at a higher altitude on performance
of adolescent runners**

Author: Daniel Novák

Supervisor: PhDr. Petr Bahenský Ph.D.

České Budějovice, 2020

Bibliografická identifikace

Název kvalifikační práce: Analýza vlivu desetidenního tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce na výkonnost adolescentních běžců

Jméno a příjmení autora: Daniel Novák

Studijní obor: Tělovýchova a sport (jednooborový)

Pracoviště: Katedra tělesné výchovy a sportu PF JU

Vedoucí kvalifikační práce: PhDr. Bahenský Petr Ph.D.

Rok obhajoby kvalifikační práce: 2020

Abstrakt:

Cílem bakalářské práce je ověřit, zda dojde u běžců na střední a dlouhé tratě v adolescentním věku, během desetidenního tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce okolo 1850 m n. m. ke změně funkčních a biochemických parametrů organismu. Funkční laboratorní vyšetření absolvovali běžci před a po soustředění ve výšce. U kontrolní skupiny všechny náležitosti probíhaly totožně, jako u běžců absolvující kemp. Zkoumali jsme naměřené parametry VO_{2max} , klidové srdeční frekvence, dechového objemu, expirační minutové ventilace, tepového kyslíku, dechové frekvence, poměr respirační výměny, srdeční frekvence při vrcholné spotřebě kyslíku a maximálního wattového výkonu. Nejdůležitějšími sledovanými parametry bylo VO_{2max} , u kterého došlo k navýšení z původních $55,40 \pm 7,73 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ na $64,00 \pm 9,87 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ a rozdíl tak činil 15,52 %. Dále klidová srdeční frekvence, která poklesla u běžců o 5,86 %, po příjezdu zpět do nížiny, oproti hodnotám naměřeným před odjezdem na kemp. U erytrocytů byl zaznamenán nárůst hodnot o 2,38 %, u hemoglobinu o 2,69 % a hematokritu o 2,27 %. Všechny tyto výsledky vykazují věcnou i statistickou významnost s výjimkou hematokritu, u kterého nebyla prokázána statistická významnost. Výsledky naší práce potvrdily, že desetidenní tréninkový kemp má značný význam na změnu funkčních a biochemických parametrů na organismus.

Klíčová slova:

VO_{2max} , vysokohorský trénink, srdeční frekvence, krevní obraz, trénink.

Bibliographical identification

Title of the graduation thesis: Analysis of the impact of a 10-day training camp at a higher altitude on performance of adolescent runners

Author's first name and surname: Daniel Novák

Field of study: Physical studies and sport

Department: Department of sports studies

Supervisor: PhDr. Bahenský Petr Ph.D.

The year of presentation: 2020

Abstract:

Goal of this Bachelor thesis is to check, if there will be any changes of functional and biochemical parameters of the organism for medium and long length track adolescent runners during a 10-day training camp in high altitude around 1850 meters. Runners were subjected to functional laboratory examination both before and after the camp. All requisites were identical for both the control group and the runners who completed this camp. We were examining measured parameters of VO_{2max} , resting heart rate, breath capacity, expiratory minute ventilation, pulse oxygen, respiratory rate, respiratory exchange ratio, heart rate during peak oxygen consumption and maximum watt performance. Most significant watched parameter was VO_{2max} , where we saw an increase of 15,52 % from original $55,40 \pm 7,73 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ to $64,00 \pm 9,87 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Another one was resting heart rate, there was a decrease of 5,86 % for the runners after coming back to lowland compared to rates that were measured before the camp. Erythrocytes values increased by 2,38 %, haemoglobin by 2,69 % and haematocrit by 2,27 %. All these results show factual and statistical importance, the only parameter that didn't show any statistical importance was haematocrit. Result of our research confirmed, that 10-day training camp has a major impact on functional and biochemical parameters of the organism.

Keywords:

VO_{2max} , altitude training, heart rate, blood count, training.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval/a samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě archivovaných Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji mému vedoucímu bakalářské práce panu PhDr. Bahenskému Petrovi Ph.D. za poskytnutí cenných informací, odbornou pomoc při konzultacích, literatury a vedení sportovců na kempu. Dále děkuji sportovcům z atletického oddílu TJ Sokol České Budějovice za absolvování kempu ve vyšší nadmořské výšce pro získání důležitých dat pro výzkum.

Obsah

1 Úvod	10
2 Metodologie	11
2.1 Cíl, úkoly a hypotézy	11
2.1.1 Cíle bakalářské práce	11
2.1.2 Úkoly práce	11
2.1.3 Hypotézy	12
2.2 Použité metody výzkumu	12
2.2.1 Obsahová analýza	12
2.2.2 Metody měření	12
2.2.3 Komparativní metoda	12
2.2.4 Věcná a statistická významnost	13
2.3 Použité programy	13
2.4 Použité měřicí přístroje	14
2.5 Rešerše literatury	19
3 Přehled poznatků	21
3.1 Charakteristika tréninku ve vyšší nadmořské výšce	21
3.2 Historie využívání výšky ve sportovním tréninku	23
3.3 Adolescenti	25
3.3.1 Charakteristika adolescentů	25
3.3.2 Trénink mládeže	27
3.4 Transportní mechanismy a laboratorní testy	27
3.4.1 Srdeční frekvence	27
3.4.2 Maximální aerobní výkon	29
3.4.3 Aerobní práh	30
3.4.4 Anaerobní práh	30
3.4.5 Laboratorní testy	30
3.4.6 Laboratorní test na zjištění VO_{2max}	31
3.5 Fyziologické aspekty vlivu výšky na organismus	32
3.5.1 Hyperventilace	32
3.5.2 Kardiovaskulární odezva	32
3.5.3 Tvorba hemoglobinu a červených krvinek	33
3.5.4 Hematokrit	34
3.5.5 Ovlivnění menstruačního cyklu	34
3.6 Fáze a průběh aklimatizace	35
3.6.1 Akomodace	35
3.6.2 Adaptace	36
3.6.3 Aklimatizace	36
3.7 Trénink ve vyšších výškách	36
3.7.1 Plánování tréninku za využití hypoxického prostředí	37
3.7.2 Stavba tréninku	37
3.7.3 Tréninková náplň	38
3.7.4 Reaklimatizace	39
3.7.5 Alternativy pobytu v nížině a ve vyšší nadmořské výšce	40
3.8 Možnosti tréninku za využití pobytu v uměle navozeném hypoxickém prostředí	41
3.8.1 Kyslíkový stan	41
3.8.2 Barokomory	42

3.8.3	Obličejové masky.....	42
3.8.4	Přerušovaný hypoxický trénink.....	43
3.9	Kontrola průběhu aklimatizace na vyšší nadmořskou výšku.....	43
3.10	Výživa a pitný režim.....	46
3.10.1	Energetický metabolismus v podmínkách hypoxie.....	46
3.10.2	Suplementace	47
3.10.3	Pitný režim	47
3.11	Psychologické změny a fyziologicko-zdravotní aspekty tréninku ve výšce	48
3.11.1	Psychická připravenost.....	48
3.11.2	Vliv hypoxie na psychiku sportovce	48
3.11.3	Riziko vzniku infekcí	49
3.11.4	Přetrénování	49
4	Projekt experimentu, jeho organizace a průběh	51
4.1	Organizační a přístrojové zabezpečení experimentu	51
4.1.1	Měření ranní klidové srdeční frekvence	51
4.1.2	Dynamika změn maximální spotřeby kyslíku VO_{2max}	51
4.1.3	Sledování parametrů krevních obrazců.....	53
4.2	Charakteristika souboru	53
4.3	Soubor probandů	53
4.4	Sběr dat.....	55
4.5	Plánované zatížení na kempu	55
5	Výsledky a diskuse	57
5.1	Klidová srdeční frekvence	57
5.2	Průběh srdeční frekvence	57
5.3	Krevní testy	58
5.4	VO_{2max}	59
5.4.1	VO_{2max} běžci.....	59
5.4.2	VO_{2max} kontrolní skupina.....	61
5.5	Dechový objem	62
5.5.1	Dechový objem běžci.....	62
5.5.2	Dechový objem kontrolní skupina	63
5.6	Minutový respirační objem.....	64
5.6.1	Minutový respirační objem běžci	64
5.6.2	Minutový respirační objem kontrolní skupiny	65
5.7	Tepový kyslík.....	66
5.7.1	Tepový kyslík běžci	66
5.7.2	Tepový kyslík u kontrolní skupiny	67
5.8	Dechová frekvence.....	68
5.8.1	Dechová frekvence běžci	68
5.8.2	Dechová frekvence kontrolní skupina	69
5.9	Poměr respirační výměny.....	70
5.9.1	Poměr respirační výměny běžci	70
5.9.2	Poměr respirační výměny kontrolní skupina	71
5.10	Srdeční frekvence při vrcholové spotřebě kyslíku	72
5.10.1	Srdeční frekvence při vrcholové spotřebě kyslíku běžci	72
5.10.2	Srdeční frekvence při vrcholové spotřebě kyslíku kontrolní skupina	73
5.11	Maximální wattový výkon.....	74

5.11.1	Maximální wattový výkon běžci.....	74
5.11.2	Maximální wattový výkon kontrolní skupina	75
6	Závěr.....	76
	Referenční seznam literatury.....	77
	Internetové zdroje.....	79
	Poznámkový aparát.....	83

1 Úvod

Téma ohledně vysokohorského tréninku jsem si vybral, protože na mne působí, jako jedno z nejzajímavějších témat v oblasti sportu a již dříve jsem sledoval u vrcholových sportovců využívání tohoto typu tréninku. To mě vedlo k zabývání se touto problematikou.

Jelikož se v dnešní době hledají stále nové možnosti, které by dopomohly k nárůstu výkonnosti. Pobyt a trénink ve vyšší nadmořské výšce je zajisté nejvyužívanější alternativou a zároveň nejdiskutovanějším tématem v oblasti sportu. Toto soustředění se využívá již u adolescentních sportovců, protože chce-li sportovec podávat maximální výkony, patřit mezi nejlepší běžce a zvládnout přechod do seniorských kategorií, aby byl konkurence schopný, musí dokázat využívat všech dostupných metod ke zvyšování výkonnosti. Vysokohorský trénink je tou nejlepší možností. Bohužel toto soustředění je časově i finančně velmi nákladné a proto cílem této bakalářské práce je ověřit, zda dojde již při pobytu v délce trvání deseti dnů ke změně funkčních a biochemických parametrů v jejich organismu. Délku pobytu deseti dnů jsme vybrali kvůli tomu, že vysokohorský trénink je velmi finančně náročný a sportovci v dorosteneckém věku si nemohou dovolit absolvovat vysokohorskou přípravu v plném rozsahu, která je uváděna, podle dosavadních poznatků v rozmezí tří až čtyř týdnů, kvůli velké absenci ve škole. Těchto kempů využívají atletiční trenéři u svých svěřenců v přípravném období na nadcházející sezónu, které začíná právě v období školní docházky.

2 Metodologie

2.1 Cíl, úkoly a hypotézy

2.1.1 Cíle bakalářské práce

Cílem této bakalářské práce je ověřit, zda dojde k výrazné změně funkčních a biochemických parametrů organismu adolescentních sportovců po absolvování desetidenního tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce 1850 m n. m. po návratu zpět do nížin. Sledovali jsme dynamiku funkčních změn vybraných parametrů (VO_{2max} , V_T , V_E , $VO_2 \cdot SF$, BF , RER , $SF \cdot VO_{2peak}$, WR), ranní srdeční frekvence a krevních parametrů.

2.1.2 Úkoly práce

- Na základě studie odborné literatury provést rešerši všech poznatků o dané práci. Nejdůležitější témata pro toto téma jsou charakteristika tréninku ve vyšší nadmořské výšce, charakteristika adolescentů, vysvětlení transportních mechanismů, laboratorních testů, fyziologických aspektů vlivy výšky na organismus. Dále objasnit fáze a průběh aklimatizace tréninku ve vyšších výškách, společně s kontrolou aklimatizace, poukázat na alternativy vysokohorského tréninku a v neposlední řadě zmínit psychologické a fyziologické změny tréninku ve výšce,
- provést první laboratorní měření za pomoci bicyklového ergometru u kontrolní skupiny a probandů, kteří odjíždějí na kemp ve vyšší nadmořské výšce,
- deset dnů soustředění ve vyšší nadmořské výšce,
- provést druhé laboratorní měření po příjezdu ze soustředění,
- zpracovat a porovnat výsledky naměřené před a po absolvování kempu,
- vyhodnotit získané data.

2.1.3 Hypotézy

H1: Vlivem absolvování desetidenního tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce dojde u sledovaných probandů k významné změně VO_{2max} po návratu zpět do nížin.

H2: Vlivem absolvování desetidenního tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce dojde u sledovaných probandů k významnému poklesu klidové srdeční frekvence po návratu zpět do nížin oproti naměřeným hodnotám před kempem.

H3: Vlivem absolvování desetidenního tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce dojde u sledovaných probandů k významnému nárůstu krevních parametrů po příjezdu zpět do nížiny.

H4: Vlivem absolvování desetidenního tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce dojde u sledovaných probandů k významnému navýšení silových dispozic.

2.2 Použité metody výzkumu

2.2.1 Obsahová analýza

Ke zpracování teoretických poznatků o daném tématu jsme využili metodu obsahové analýzy, kdy jsme nejvíce čerpali informace z literatury, odborných článků, časopisů a internetových zdrojů, které jsou uvedeny v referenčním seznamu literatury.

2.2.2 Metody měření

Naměření dat pro náš výzkum probíhalo ve funkční laboratoři zátěžové diagnostiky JČU, kde jsme k naměření dat využili přístroje: Tanica BC 418 MA, Cortex MetaControl 3000 a Ergometr LODE Excalibur Sport, společně s Cortex MetaLyzer 3B. Dalším důležitým příslušenstvím k testování je hrudní pás značky Polar H7 a spiroergometrická maska. Využili jsme u všech probandů standardizovaný protokol testu VO_{2max} , ze kterého bylo využita většina spiroergometrických hodnot.

2.2.3 Komparativní metoda

Pomocí komparativní metody jsme porovnávali naměřené výsledky před a po absolvování kempu ve vyšší nadmořské výšce. U kontrolní skupiny jsme postupovali stejným způsobem, kdy první měření bylo porovnáno s druhým a následně jsme přijímali nebo vyvraceli námi stanovené hypotézy. Následně jsme vyvodili závěr této práce.

2.2.4 Věcná a statistická významnost

K vyhodnocení výsledků byla námi použita statistická a věcná významnost. Z důvodu charakteru dat (neparametrická) použijeme k posouzení statistické významnosti Wilcoxonův test pro dva závislé výběry s hladinou významnosti $p=0,05$, podle které budeme přijímat hypotézu $H_1 - H_4$. K výpočtu věcné významnosti, která zkoumá užitečnost v reálném životě, jsme využili Cohenovo d na hladině významnosti $p=0,05$.

Dle Soukupa (2013) pro výpočet těchto hodnot použijeme vzorec $d = (x_1 + x_2)/\sqrt{s^2}$, kdy x_1 a x_2 tvoří průměry obou skupin. S^2 zde znamená společný rozptyl pro tyto skupiny. K výpočtu lze využít vzorec $s^2 = (n_1 * s_1^2 + n_2 * s_2^2) / (n_1 + n_2)$, který je založen na váženém průměru rozptylů pro obě skupiny. Písmena s_1^2 a s_2^2 vyznačují rozptyly v první a druhé skupině. Za to n_1 a n_2 jsou velikosti prvního a druhého souboru.

Hendl (2004) uvádí, jestliže d je větší než 0,8, jedná se o velký efekt. V intervalu 0,5–0,8 mluvíme o středním efektu a za malý efekt považujeme d v rozmezí 0,2–0,5.

Statickou a věcnou významnost jsme použili u námi vybraných dat, které jsme získali pomocí měření a odběrů krve u testovaných probandů. Posuzovány byly hodnoty krevních testů, měření klidové SF, VO_{2max} , V_T, V_E , VO_2/SF , BF, RER, SF/VO_{2peak} a WR.

2.3 Použité programy

K zaznamenávání a uložení dat byl použit laboratorní program Cortex MetaSoft studio a k následnému vyhodnocení statistické významnosti program Statistica 12. Tabulky, grafy sloupcové a spojnicové, byly zpracovány v programu Microsoft Office Excel 2007. Teoretická část práce byla vypracována v programu Microsoft Word 2007.

2.4 Použité měřící přístroje

TANITA BC 418 MA je tělesný analyzátor, který disponuje osmi snímacími katodami, rozděleny na dvě části. Čtyři katody jsou umístěny na spodní platformě a zbývající čtyři jsou vloženy v ručních madlech. Tímto přístrojem lze měřit celkovou tělesnou hodnotu těla, ale i předvídatelnou svalovou hmotu, neboli jednotlivé části těla: levou, pravou ruku i nohu a trup. K využití je integrovaná tiskárna nebo počítačový software Gmon PRO. Jeho použití umožňuje ukládání a zpracování dat, které lze zpětně vyhodnocovat pomocí grafů nebo tabulek (Tanita-eshop, 2016),



Obrázek 1. Tanita BC 418 MA (zdroj vlastní 2019).

Cortex MetaControl 3000 slouží k provádění kardiopulmonálních zátěžových CPET testů. Je snadno ovladatelný. MetaControl 3000 je spojen s dvanácti svodovým elektrokardiografem a lze ho propojit i s dalšími přístroji a doplňky. Všechny tyto přístroje jsou připojeny k výkonnému počítači. Metalyzer a počítač byl nainstalován na praktický přístrojový vozík, který umožňuje snadnou manipulaci. V horní části vozíku jsou umístěny dva monitory, které slouží k zobrazení spirometrických a ergometrických parametrů. Zobrazuje se zde i EKG křivka (Compek, 2010),



Obrázek 2. Cortex MetaControl 3000 (zdroj vlastní 2019).

Cortex MetaLyzér 3B slouží ke kardiopulmonálnímu zátěžovému testování, jako je spiroergometrie. Je využíván sportovními ordinacemi, tréninkovými centry nebo také nemocnicemi. Pomocí MetaLyzera lze provést v klidu, nebo při zátěži celkové lékařské vyšetření plic, srdce a metabolismu. Přístroj lze propojit i s jinými zátěžovými přístroji, jako např. s EKG. Vyhodnocení dat probíhá v počítačovém programu MetaSoft Studio (Compek, 2010),



Obrázek 3. Cortex MetaLyzér 3B (zdroj vlastní 2019).

Ergometr LODE Excalibur Sport je považován za „zlatý standart v ergometrii“, proto je celosvětově známý. Příklad byl zdokonalen, aby dokázal odolávat stále více se zlepšujícím sportovcům. Extrémní zatížení může dosahovat hranice 2500 wattů. Tento typ ergometru má jak horizontální, tak vertikální nastavení sedla. Pomocí páčky lze u řídítek nastavit jejich výšku a vzdálenost. U sedla lze nastavit i sklon, pro co nejlepší efekt šlapání. Další funkcí na ergometru je možnost sledování nejdůležitějších parametrů přímo na displeji řídicí jednotky (Compek, 2010),



Obrázek 4. Ergometr LODE Excalibur Sport (zdroj vlastní 2019).

Hrudní pás a spiroergometrická maska jsou nedílnou součástí, bez které nelze provést laboratorní měření. Hrudní pás POLAR H7 je využíván k měření hodnot tepové frekvence. Měření pomocí hrudního pásu je velice přesné a zaznamenaná data je možno spárovat pomocí bluetooth s mobilní nebo počítačovou aplikací (Polar, 2019).



Obrázek 5. Spiroergometrická maska společně s Hrudním pásem POLAR H7 (zdroj vlastní 2019).

2.5 Rešerše literatury

Velkým zdrojem informací byla literatura v knižní podobě. Nejvíce čerpaných informací pocházelo z publikace Suchý, J., Dovalil, J., Heller, J., Bunc, V., & Pernica, J. (2014). Pro zpracování historických faktů, stavby a plánování tréninku při pobytu ve vyšší nadmořské výšce měla velký význam publikace od Suchý, J. (2012). K charakteristice a tréninku adolescentů byla využita knižní podoba Dovalil et al. (2002), společně s publikací Bahenský, P., & Bunc, V. (2018) a Greene, S. L., & Pate, R. (2014). Z nastudovaných publikací Bartůňková, S. et al. (2013) a Heller, J. (2018), byly sepsány kapitoly, popisující transportní mechanismy a laboratorní zátěžové vyšetření. Výborné poznatky ohledně sledování srdeční frekvence při tréninku měla publikace od Kučera, V., & Truska, Z. (2000). Ohledně statistických metod byla využita kniha Hendl, J. (2004). Pro zpracování některých faktů o srdeční frekvenci a psychologických aspektů, kterými se knihy zabývají, mají největší význam knihy od Pernica, J., Harsa, P., & Suchý J. (2019) a Písařík, M., & Liška, J. (1985). U zpracování výživy a pitného režimu, společně s dalšími vhodnými poznatky o hypoxii, byla využita publikace od Neumann, G., Pfütznner A., & Hottenrott K. (2005). Ohledně psychiky v hypoxii byly doplněny poznatky od Bahrke, S. M., & Shukitt-Hale, B. (1993) a Vaněk, M. (1968). Velkým zdrojem informací o alternativách pobytu v nížině a ve vyšší nadmořské výšce byly publikace Madsen, O. (1999) a Terrados, N. C. (1995). O kardiovaskulární odezvě byla využita publikace Robergs A., R., & Roberts, S. (1997). Pro zpracování některých faktů o fyziologických aspektech měla velký přínos kniha Silbernagl, S., & Despopoulos A. (2004). Atlas fyziologie člověka. Praha: Grada. Charakteristika menstruace byla čerpána z knihy Mourek, J. (2005). Fyziologie – učebnice pro studenty zdravotnických oborů. Praha: Grada. (Několik zajímavých poznatků k související problematice bylo doslovně převzato od Hochachka, W., P. Rupert, L. J., Monge, C. (1999) a také od Whipp., J. B., Davis, A. J., Torres, F., & Wasserman, K. (1981). Dobrý poznatek měl Dufour, et al. (2006) k přerušovanému hypoxickému tréninku.

Z internetových zdrojů byl přikládán největší význam publikaci, popisující charakteristiku tréninku ve vyšší nadmořské výšce od autorů Suchý, J., Dovalil, J., & Perič, T. (2009). K doplnění předešlého článku posloužila publikace od Chrástková, M., & Suchý, J. (2011). Dále z internetových zdrojů měl velký význam pro

detailní popis použitých přístrojů k vyhodnocení laboratorního vyšetření zdroj:
<http://compek.cz>. Přístroj od značky Tanita BC-418 MA byl výborně popsán na
<https://www.fitham.cz/tanita-bc-418-ma>. K popsání využití konkrétního hrudního pásu
posloužila internetová stránka: <https://www.polar-eshop.cz/hrudni-pas-polar-h7-bluetooth-cerny>.

3 Přehled poznatků

3.1 Charakteristika tréninku ve vyšší nadmořské výšce

Trénink ve vyšší nadmořské výšce je v dnešní době neoddelitelnou součástí přípravy vytrvalostních sportovců ale i sportovců z jiných odvětví sportu. Jedná se o další způsob, jak dosáhnout rozvoje limitní výkonnosti. Oproti nížině jsou kladeny daleko vyšší nároky na sportovce a trenéry při sportovním výkonu ve výšce. Ve vyšší nadmořské výšce panují rozdílné fyzikální a klimatické podmínky a sportovci tak musí odolat již zmiňovaným extrémním nárokům (Suchý, Dovalil, & Perič, 2009).

Využívání nižšího parciálního tlaku vzduchu je v dnešní době nejdiskutovanějším tématem v oblasti sportu. Jde o legální možnost ovlivňování a navyšování sportovní výkonnosti. Jsou dvě možnosti jak navodit nižší parciální tlak vzduchu. Absolvovat přirozený pobyt ve vyšší nadmořské výšce, nebo tzv. uměle, při kterém sportovec využívá pobytu ve speciálních stanech a barokomorách. Nároky pobytu a tréninku ve výšce z důvodu fyzikálních a klimatických podmínek jsou velmi rozdílné s podmínkami převažující v nížině a středohoří. Vrcholoví sportovci považují tento typ tréninku ve vyšší nadmořské výšce za zcela běžnou součást jejich přípravy k rozvoji sportovní výkonnosti. Hlavním důvodem, proč se v dnešní době tomuto typu tréninku přikládá značný význam i přes některé obtíže je ten, že se neustále hledají nové cesty k navýšení účinnosti tréninkových podnětů snadno aplikovaných v normální nadmořské výšce (Suchý et al., 2009).

I přes nesčetný počet publikované literatury a znalostí nejsou zdaleka všechny otázky ohledně tréninku za využití nižšího parciálního tlaku vzduchu zodpovězeny. Existuje však shoda v oblasti posuzování významu přípravy za pomoci nižšího parciálního tlaku vzduchu v těchto dvou směrech:

- přípravy na soutěže, které budou probíhat ve vyšších výškách,
- využívání vysokohorské přípravy na soutěže probíhající v nížině.

Tímto specifickým typem tréninku lze docílit několika záměrů jak kondiční a speciální přípravy, tak i naplňuje funkci zdravotně-profylaktickou. Speciální přípravou je myšlena příprava na závody konající se ve vyšší nadmořské výšce (Suchý et al., 2009).

Existuje většinová shoda řady autorů při klasifikaci nadmořské výšky z pohledu sportovního tréninku,

- „nízká“ jde o hladinu moře až do 800 metrů nad mořem (m n. m.),
- za „střední“ je považována výška do 1 500 m n. m.,
- „vyšší“ je udávaná v rozmezí 1 500–3 000 m n. m.,
- pro výšku přesahující 3 000 m n. m. se používá „vysoká“,
- za „extrémní“ se označuje výška nad 5 800 m n. m. Aklimatizace nad touto výškou je velmi náročná a zcela vyloučen je zde trvalý pobyt (Suchý et al., 2009).

Aklimatizace na pobyt ve středních výškách nemá žádný význam u sportovců, kteří se narodili a trvale žijí ve výškách zhruba do 1 500 m n. m. Řada autorů se shoduje, že nejideálnější nadmořská výška je kolem 2 200 m n. m. pro sportovce, kteří disponují vysokou výkonností. Doporučuje se postupné zvyšování výšky, pokud to místo pobytu dovoluje. Za použití kyslíkových stanů a barokomor v domácím prostředí lze také docílit postupného navyšování „nadmořské“ výšky. Výšky, které přesahují 3 000 m n. m., se ke sportovní přípravě nevyužívají. Nelze v této výšce provázet delší potřebné zatížení a dochází také ke snižování specifických svalových schopností. Při dosažení této výšky může netrénovaný jedinec trpět některými potížemi způsobenými výškou. U výšky nad 5 800 m n. m. je docílení aklimatizace téměř nemožné a trvalý pobyt vyloučen (Suchý et al., 2009).

Předtím, než se objeví adaptační změny ve výšce, může docházet během a po skončení pohybové aktivity ve střední intenzitě, ke zvýšení tepové frekvence o 20–30 % oproti nižším polohám. U jedinců, kteří nejsou adaptovaní, klesá úroveň maximální spotřeby kyslíku (VO_{2max}) zhruba o 9–11 % na každých 1 000 m. Je uvedeno, že u jedinců, kteří nejsou adaptovaní, se v prvních dnech tréninku, při stejné intenzitě zatížení jako v normoxii výrazně odlišují naměřené data tepové frekvence a koncentrace laktátu v krvi (Chrástková & Suchý, 2011).

Dosáhnutí podmínek nižšího parciálního tlaku vzduchu lze třemi způsoby, které jsou: klasické tréninkové kempy včetně pobytu ve vyšších nadmořských výškách, uměle navozené hypoxické prostředí (hypoxické stany, barokomory), spojení obou uvedených metod. Účinek všech tří metod je v podstatě stejný. Liší se v možnostech provedení. Důvody mohou být různé, např. z hlediska časových, ekonomických,

organizačních, nebo možnost provádět vlastní pohybovou aktivitu (Chrástková & Suchý, 2011).

Metaanalýza studií, která se zabývá problematikou tréninku ve vyšší nadmořské výšce, posuzována v odborných časopisech během posledních 30 let dokázala, že oproti nížině se tréninkem společně s pobytem v přírodní nadmořské výšce navýší u vrcholových sportovců výkonnost okolo 5,2 % (Suchý, 2012).

Suchý (2012) zjistil, že většina trenérů využívá deseti až dvanáctidenního kempu. Jedná se o zkrácenou verzi pobytu ve vyšší nadmořské výšce. Důvodů je hned několik, např. socioekonomické a většina trenérů tvrdí, že i zkrácený pobyt ve výšce má kladný dopad na úroveň trénovanosti jejich svěřenců.

3.2 Historie využívání výšky ve sportovním tréninku

Před začátkem našeho letopočtu se objevily první poznatky o vlivu vyšší nadmořské výšky, spíše se převážně jednalo o zaměření na chladné podmínky v těchto oblastech, v tuto chvíli se ještě nedalo mluvit o zkoumání omezení pobytu člověka ve vyšší nadmořské výšce z důvodu sníženého parciálního tlaku. V roce 1644 byl vynalezen vědcem Toricellim rtuťový barometr. Tento přístroj byl schopen poměrně přesně změřit atmosférický tlak. Díky tomuto objevu se mohly provádět další vědecké výzkumy sníženého atmosférického tlaku (Pb) a PO₂. Nižší barometrický tlak byl ve vyšší nadmořské výšce v porovnání s nížinou prokázán Pascalem v roce 1648. V roce 1777 byl popsán kyslík a jiné plyny, které jsou součástí atmosférického tlaku (Suchý, 2012).

Od roku 1878 jsou nám známy příčiny, proč klesá výkonnost organismu ve vyšší nadmořské výšce. Francouz Bert, který tento objev učinil, tak předložil důkazy o poklesu výkonnosti neadaptovaných jedinců, kvůli nižšímu parciálnímu tlaku. V padesátých letech minulého století začal být výzkum vlivu nadmořské výšky na organismus organizovanější. Ukázalo se, že obyvatelé peruánských And, kteří se nacházejí ve vysokohorských oblastech, se vyznačují zvláštními nálezy plicní hypertenze a hypertrofie pravé srdeční komory. Stálí obyvatelé, kteří bydlí v Himálajích a ve vysokých horách USA se nálezy potvrdily. Snížený výskyt infarktu myokardu je vědecky doložen u obyvatel žijících trvale ve vysokých nadmořských výškách. Byly zveřejněny laboratorní testy a jejich výsledky z hypobarické komory a dále také přispěl k detailnějším informacím ohledně vlivu výšky na fyzickou aktivitu. Dále se touto

problematikou detailněji zabývali z tehdejší Německé demokratické republiky (NDR), bohužel jejich výsledky se těžko dohledávají, protože v dřívější době nebyly oficiálně publikovány (Suchý, 2012).

V důsledku konání XIX. Olympijských her 1968 v Mexiku se začali provádět pravidelné studie o vlivu nadmořské výšky na sportovní výkony, dále také o problémech tréninku v těchto výškách (Suchý, 2012).

Experti již před OH v Mexiku se domnívali, že velkou roli bude hrát nadmořská výška, která bude vyhovovat hlavně sprinterům a skokanům. Problém byl právě očekáván u vytrvalostních disciplín. Toto tvrzení bylo potvrzeno. Během OH v Mexiku v rychlostních disciplínách padlo 8 nových světových rekordů v běhu na 100 m, 200 m, 400 m, 4 x 100 m, 400 m překážek, trojskok a skok daleký. Naopak ve vytrvalostních disciplínách žádný světový rekord nebyl překonán. V běhu na 5 000 m byl výsledný čas horší o 45 s, než v té době současný světový rekord. U běhu na 1000 m činila ztráta na tehdejší světový rekord 2 min. Na OH v Mexiku, dokázali běžci z Keni a Etiopie narození a trvale žijící ve výškách postarat o první velký mezinárodní úspěch v bězích na střední a dlouhé tratě. Keňané získali na těchto OH 39 % všech medailí ze středních a dlouhých tratí (Suchý, 2012).

Pro úspěch v těchto vytrvalostních disciplínách je výhodou podstoupit trénink ve vyšší nadmořské výšce. Dále z těchto skutečností vyplývá, že mají na vrh běžci z Keni a Etiopie, kteří se v těchto oblastech narodili a po celý život zde žijí. OH v Mexiku, znamenaly pro mnoha sportovců žijících v nížině potvrzení kladných efektů tréninku ve výšce na trénovanost. Proto se prováděly další výzkumy ohledně tréninku a jeho pobytu ve vyšší nadmořské výšce na vliv výkonnosti v nížině. Trenéři z dřívější NDR přišli jako první s model „21 dní pobytu a tréninku ve 2 000 m n. m.“. Model byl zřejmě ověřený především u plavání a veslování. Z NDR si byli trenéři a metodici jistí, že trénink, který jejich sportovci absolvovali ve výšce, měl značný podíl na jejich pozdějších úspěších. Tyto tvrzení byli bez opory vědecky ověřených výzkumů (Suchý, 2012).

Za posledních třicet let došlo k postupnému navýšování počtu tréninkových dnů, které trávili vrcholoví sportovci v rámci přípravy ve vyšší nadmořské výšce. Tyto důvody vedly k vylepšení stávajících tréninkových středisek, které se svou polohou nacházely ve výškách okolo 2 000 m n. m. V začátcích se tréninkové kempy, ve vyšší

nadmořské výšce uskutečňovali v běžných lyžařských střediskách. Nebyly zde žádné sportoviště ani speciální služby. Již v současné době jsou vybudovány velmi dobře vybavené sportovní areály, které se mohou srovnávat se středisky vybudovanými v nížině. (Suchý, 2012).

Opět se začalo diskutovat o využití nadmořské výšky ve sportovním tréninku vzhledem k blížícím se zimním olympijským hrám, konajících se v letech 2002 a 2006, kdy některé soutěže probíhaly ve výškách. Před zahájením OH v Salt Lake City se tato problematika řešila hromadně. Soutěže konající se v běhu na lyžích, společně se severskou kombinací a biatlonem se uskutečnily v 1670–1793 m n. m. Tato výška je považována Světovou lyžařskou federací za horní povolenou hranici. Došlo k velkému nárůstu počtu přípravných kempů ve vyšší nadmořské výšce vzhledem k přípravě k nadcházejícím OH v Sydney 2000 a Aténách 2004 (Suchý, 2012).

3.3 Adolescenti

3.3.1 Charakteristika adolescentů

Jde o poslední vývojové stadium mezi dětstvím a dospělostí (15–18 let). Období se vyznačuje postupným vyrovnáním pubertálních nesrovnalostí a dochází k dokončování růstu a vývoje. V následujícím průběhu tělesného vývoje a růstu, již nedochází k velkým změnám (výjimkou může být tloustnutí z důvodu nedostatečného pohybu a současného velkého energetického příjmu), společenský vývoj se utváří dále.

Ke konci období se pomalu dovršuje tělesný vývoj, který je v plném rozvoji a výkonnosti všech tělesných orgánů. Hlavním cílem je dobudování, oproti dřívější přestavbě organismu (Dovalil et al., 2002).

Dříve se rozvíjeli předpoklady k intelektuální činnosti. Nyní pokračuje vývoj ve zdokonalování logické komponenty a vysoké úrovni abstraktního myšlení. Jedinec dokáže samovolně logicky usuzovat, chápat i ty nejsložitější koncepce a využívat analýzy i syntézy v životě. Zájmy se už tolik nemění a spíše se ustalují. Dochází i ke kontrolovatelnosti vznětlivosti a dřívější nestálosti. Utváří se smysl pro pravdu, spravedlnost, čest či právo. Následně se prohlubuje i citová oblast. Vyskytují se již vážnější úvahy o budoucnosti. Dorostový věk se již příliš neliší od toho dospělého v duševním vývoji, pouze se dotváří jako osobnost (Dovalil et al., 2002).

U dorostového věku nemůžeme počítat s bezproblémovým chodem jedince. Naopak. Dospívající již pochopitelně nejsou dětmi, ale k dospělosti mají pořád daleko.

Především jsou závislí na rodičích z materiální a finanční stránky, ale jejich touha po nezávislosti bývá silná. To však někdy vede k projevům, které jsou nepřijatelné například lhání, násilí. Často dochází k odmítání autority rodičů, učitelů a trenérů z důvodu touhy nezávislosti a vlastního rozhodování. Kouření, alkohol nebo další závislosti patří do závažnějších problémů. I přes tyto skutečnosti se dá osobní vývoj ovlivnit za pomoci výchovných a vzdělávacích podnětů (Dovalil et al., 2002).

Konec dorosteneckého období předznamenává počátek let plného tělesného rozvoje s nejvyšší pohybovou výkonností. Při dovršení 16. roku života se mohou výrazněji zvyšovat tréninkové nároky a koncem dorostového věku přichází doba maximální trénovanosti. Může, tak přispět k rozvoji všech pohybových schopností. Organismus je natolik připravený, že zvládá i anaerobní zatížení a velké možnosti jsou i vytrvalostní a silové. Dochází k detailnějšímu zdokonalování techniky. Větší důraz je kladen na taktickou přípravu (Dovalil et al., 2002).

Podle Dovalila (2002, s. 249) se uvádí, že: „Ve větší míře se zdůrazňuje řízená bezprostřední příprava na sportovní soutěž (pozornost psychickým stavům a jejich ovládnutí, ladění sportovní formy)“.

U mladých sportovců, kteří nejsou zdaleka vyspělými osobnostmi se, projevují problémy při jejich prvních významnějších úspěších a kladených nárocích. Jejich chování se může projevit formou odmítání, vzdoru a hrubosti. Na druhé straně by měli jednat ve svém vlastním zájmu, který vede k vyhledávání činnosti, v které by se mohli uplatnit. V dorosteneckém věku by tuto šanci neměli promarnit, jak ve sportu, tak i v životě, protože v dospělosti se již špatně předělává člověk, který si prošel určitým vývojem. Sport nemůžeme definovat jako dřinu a odříkání. Jedná se o tvořivou činnost, ve které se uplatňuje aktivní, tvořivý a nápaditý člověk. U těchto typů nemůžeme vyloučit jistou živelnost, která se projevuje při občasném překonání norem chování. Trenér přistupuje ke sportovci individuálně a nikdy nezapomíná na kladné stránky a jeho vlastnosti. Hlavní důležitou složkou je, aby se jedinec osamotil a nesl odpovědnost za svoje jednání. Trenér i sportovec by se vždy měli zajímat o práci, trénování v kolektivu a následné budování dobrých vztahů (Dovalil et al., 2002).

3.3.2 Trénink mládeže

U tréninku mládeže neklademe tak velký důraz na dosažení vrcholné výkonnosti, jako tomu je u dospělých. Největší důraz by se měl klást na zásadu ohledně tréninku mládeže, která je: dítě není dospělý v malém těle. Během sportovní přípravy u dětí není tak důležité v kolika letech zahájí sportovní přípravu, ale jaký bude obsah a metodika tréninku. Předejde se tak brzkého opotřebování organismu dítěte a dojde k lepší všestrannější připravenosti pro pozdější náročný specializovaný trénink. Všestranná připravenost má pozitivní vliv na budování specializace u daných jedinců (Bahenský & Bunc, 2018).

Greene a Pate (2014) říkají, že trenérům mládeže se naskytují dvě možnosti nastavení tréninkových plánů. Řídit se citem, nebo vycházet z tréninkových metod elitních závodníků. Vždy je zapotřebí brát na vědomí věkové zvláštnosti organismu běžce při aplikaci tréninku. Sportovní příprava mládeže se liší od přípravy dospělých.

Při trénování dětí by v žádném případě nemělo dojít k fyzickému, či psychickému poškození. Hlavním cílem by mělo být vybudovat kladný vztah ke sportu, ve kterém budou i po zbytek života pokračovat. V neposlední řadě naučit správnou techniku pro pozdější trénink (Bahenský & Bunc, 2018).

3.4 Transportní mechanismy a laboratorní testy

3.4.1 Srdeční frekvence

Ze všech fyziologických ukazatelů se tepová frekvence používá nejčastěji na kontrolu trénovanosti. Ta nám sděluje objektivní informace o zatížení srdečně-oběhového systému. Během zatížení organismu dokáže srdeční frekvence velmi rychle reagovat na změny při zvýšení intenzity a odporu zatížení a práci svalstva. Nejdůležitějšími parametry pro sledování v praxi sportovního tréninku jsou maximální srdeční frekvence a klidová srdeční frekvence (Pernica, Harsa, & Suchý, 2019).

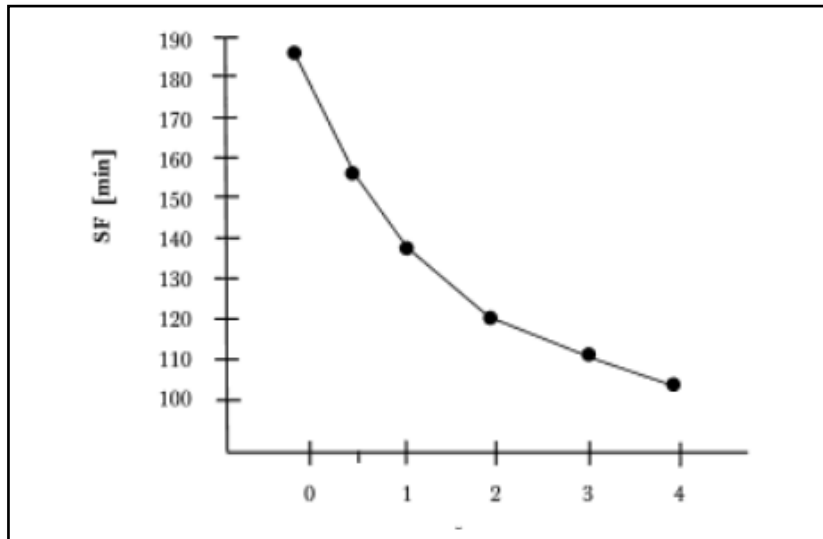
První zmiňovanou frekvenci nelze ovlivnit tréninkem, kdežto klidová srdeční frekvence je přesně pravý opak. Je možné ji ovlivnit tréninkem. S rostoucí výkonností zpravidla klesá. Zvýšená klidová srdeční frekvence oproti obvyklému stavu může upozorňovat na únavu, nemoc nebo přetrénování. Maximální srdeční frekvence slouží k vymezení vhodných intenzit běžecké zátěže (Pernica et al., 2019).

Pernica (2019) uvádí, že srdeční frekvence je ovlivnitelná mnoha faktory, jako vlhkostí vzduchu a okolního tepla, dále ztrátou tekutin, výživou, nebo nadmořskou výškou, léky a věkem sportovce.

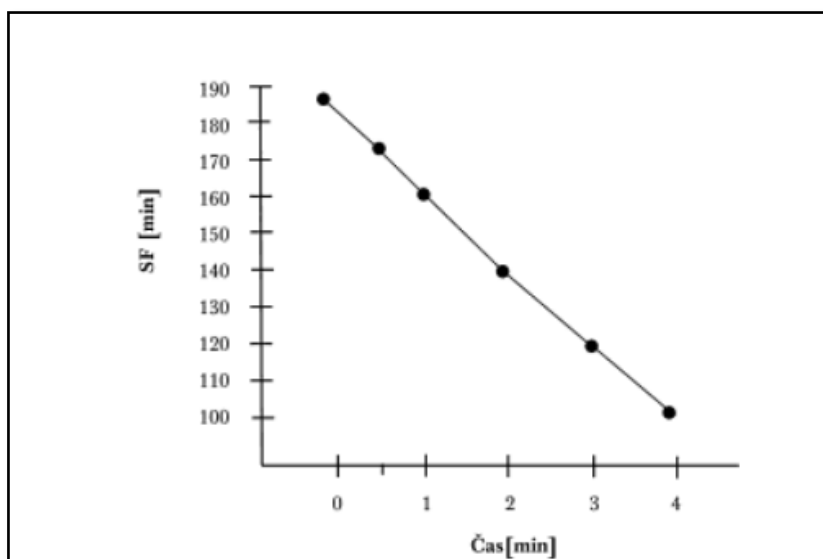
Charakteristika vývoje křivky srdeční frekvence znázorňuje zákonitosti, jak dokáže běžec reagovat na různorodou intenzitu a druh zátěže. Poukazuje tak na úroveň trénovanosti. To stejné platí i o rychlosti návratu srdeční frekvence po zátěži (Pernica et al., 2019).

Písařík & Liška (1985) charakterizují: „Že čím větší úhel svírá začátek křivky srdeční frekvence s časovou osou, tím je reakce na zátěž příznivější. Rozlišují exponenciální průběh křivky srdeční frekvence po zátěži (obr. 6) a lineární průběh křivky srdeční frekvence po zátěži (obr. 7).“

Exponenciální vývoj křivky srdeční frekvence je tak hodnocen jako pozitivní ve vztahu k trénovanosti. Díky tomuto se obvykle zjišťuje dobrá trénovanost ale i správně použité tréninkové prostředky, zvolená intenzita, nebo délka i počet úseků. Nesmíme zapomenout také na běžcovi schopnosti dobře zvolené regeneraci po zatížení (Pernica et al., 2019).



Obrázek 6. Exponenciální průběh křivky srdeční frekvence (Pernica et al., 2019, s. 25).



Obrázek 7. Lineární průběh křivky srdeční frekvence (Pernica et al., 2019, s. 26).

Tepovou frekvenci lze měřit dvěma způsoby. Buď za pomoci sporttesterů nebo palpačně. Obě zmiňované metody mají své pro a proti. Pro každého nemusí být nošení hrudního pásu sporttesteru příjemné, však okamžitý výsledek měření srdeční frekvence je značnou výhodou. I při této metodě se může vyskytnout chyba v měření, proto jí nesmíme zcela vyloučit. Při palpační metodě je zapotřebí praxe v tomto měření. Chyba může nastat i zde. Obě metody se považují za rovnocenné. Při zkoušce měření se došlo k totožným výsledkům (Pernica et al., 2019).

3.4.2 Maximální aerobní výkon

Nyní se bude Bartůňková et al. (2013, s. 36) ve své práci zabývat maximálním aerobním výkonem: „(Maximální spotřeba kyslíku, VO_{2max}) činí u 25letých netrénovaných mužů $3,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, u stejně starých žen $2,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Věkem aerobní výkon klesá. Optimálním vyjádřením spotřeby kyslíku je však vyjádření relativní, spotřeba kyslíku vztážená k hmotnosti daného jedince, tedy $VO_{2max}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Děti díky své nízké hmotnosti dosahují nejvyšších hodnot $VO_{2max}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. V dospělosti byly nejvyšší hodnoty u populace znamenány v 18 letech (u mužů $47 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, u žen $37 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).“

Osoby s vyšší hmotností v tomto ohledu mají značný handicap pro vytrvalostní běh oproti osobám s astenickým somatotypem (např. etiopští či keňský maratonci) V dnešní době se uvažuje o alometrickém vztahu s přepočtem na $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-2/3}\cdot\text{min}^{-1}$. Vzorec by tak zamezil zvýhodňování sportovců s astenickým somatotypem (Bartůňková et al., 2013).

3.4.3 Aerobní práh

Aerobní práh (AP) je jakým si přechodem mezi aerobním metabolismem na metabolismus aerobně-anaerobní. Standardní udávaná hodnota aerobního prahu je 2 mmol/l^{-1} . Ale v praxi se hodnota pohybuje mezi $1\text{--}2 \text{ mmol/l}^{-1}$. Nedojde-li k překročení hladiny laktátu 2 mmol/l^{-1} , stále se jedná o „aerobní pásmo“. Je využíváno pro rozvoj základní vytrvalosti u sportovců. U netrénovaných jedinců odpovídá intenzita činnosti 40 % jejich $\text{VO}_{2\text{max}}$ nebo 65 % SF_{max} . U elitních vytrvalců jsou tyto hodnoty daleko vyšší. Pohybují se kolem 70 % $\text{VO}_{2\text{max}}$ nebo 75 % SF_{max} (Bartůňková et al., 2013).

3.4.4 Anaerobní práh

Bartůňková et al. (2013) uvádí, že oproti aerobnímu prahu (AP) je možné v rozmezí anaerobního prahu dosáhnout maximálních intenzit zatížení. Lze provádět dlouhodobou, několik desítek minut trvající zátěž. Aerobní práh je charakterizován jako intenzita zatížení, kdy je tvorba laktátu a jeho využití v rovnováze. Pokud je překročena koncentrace laktátu v krvi (4 mmol/l^{-1}), dochází tak k přechodu z aerobního metabolismu na převážně hrazený anaerobní metabolismus. Již zmiňovaná hodnota (4 mmol/l^{-1}) je považována za dohodnutou hodnotu anaerobního prahu. Hranice této hodnoty je považována za začátek větší akumulace laktátu. Má svou anglickou zkratku OBLA (Onset Blood Lactate Accumulation).

Každý jednotlivý organismus snáší individuálně velikost zakyselení, kterou je schopen zvládnout. Sportovcům, kteří disponují vysokou úrovní aerobní vytrvalosti např. (maratonci) mívají dynamickou rovnováhu, kde hladina se pohybuje okolo $2,5 \text{ mmol/l}^{-1}$. Kdežto sportovci zaměřeni na rozvoj rychlosti a síly (sprinteři) mají dynamickou hladinu (LA) zhruba kolem $5\text{--}6 \text{ mmol/l}^{-1}$. U mladých mužů se TF během zatížení na úrovni anaerobního prahu pohybuje zhruba na 85 % SF_{max} a více. U netrénovaných je ventilační anaerobní práh zaměstnáván z cca 70 % jejich $\text{VO}_{2\text{max}}$, kdežto u vytrvalců je to z 85 % $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Bartůňková et al., 2013).

3.4.5 Laboratorní testy

Laboratorní testy se uskutečňují v laboratorních podmínkách. K tomu jsou využívány různé modelové zatížení na různých typech ergometrů. Tyto ergometry simulují maximální nebo submaximální fyzické zatížení. Testy umožňují poměrně velmi přesné stanovení velikosti fyzického zatížení, dokážou sledovat mnoho parametrů a při testování panují neměnné klimatické podmínky. Mají i svou nevýhodu. Nezbytnost

transformace výsledků šetření do terénních podmínek. Použití jiného pohybového stereotypu při zatěžování může dojít ke zkreslení výsledků testování z důvodu zatížení nevhodných svalových skupin (Bahenský & Bunc, 2018).

Bahenský (2018, s. 34): „Při laboratorních a terénních testech jde o hledání odezvy organismu na modelové zatížení, které svojí intenzitou, formou a dobou trvání co nejvíce odpovídá zatížení závodnímu.“

Bunc (2009) uvádí, že bude-li použit pro zjištění VO_{2max} ergometr, u sportovců u kterých v závodní aktivitě převládá běh, budou hodnoty nižší cca o 10–12 %, než kdyby k testování bylo použito běhátko.

Vysoká úroveň maximální spotřeby kyslíku značí o vysoké vytrvalostní výkonnosti. Není však jedinou podmínkou této výkonnosti. Sportovní výkonnost běžců je neodmyslitelně spojená s maximální spotřebou kyslíku. Existuje mezi nimi významný vztah. Proto je tak důležité stanovení její hodnoty při diagnostice trénovanosti (Bunc, 2013).

3.4.6 Laboratorní test na zjištění VO_{2max}

K testování je nejvhodnější použít běhátko. Jedná se o nejlepší možnost k ověření úrovně rozvoje vytrvalostních předpokladů. U vytrvalostních sportovců je nejdůležitější a zároveň nejsledovanější hodnota VO_{2max} . Hodnotu maximální spotřeby kyslíku je možné do určité míry ovlivnit, proto je tak testování maximální spotřeby kyslíku využíváno (Bahenský & Bunc, 2018).

Testu zpravidla patří běžně orientační zdravotní prohlídka. Zjišťují se plicní funkce a určení tělesného složení, výpočet procentuálního tuku a celkové množství tukproště hmoty (Bartůňková et al., 2013).

Spiroergometrie je laboratorní funkční vyšetření, které monitoruje při standardním způsobu metabolické a kardiorespirační změny, které probíhají v organismu. Maximální aerobní kapacita je základním spiroergometrickým vyšetřením v oblasti výkonnosti a zdatnosti člověka v oblasti diagnostiky. Tato kapacita představuje veškeré množství mobilizovatelné energie, kterou můžeme získat oxidativní resyntézou ATP, neboli adenosintrifosfátem. Jelikož toto množství nejsme schopni stanovit přímo, využívá se proto v praxi několik nepřímých ukazatelů aerobní zdatnosti, které mají těsný vztah k aerobní zdatnosti (Heller, 2018).

Whipp et al. (1981, s. 43) udává, že: „čtyři základní ukazatele aerobní zdatnosti, a to maximální aerobní výkon, respektive maximální spotřebu kyslíku (VO_{2max}), pracovní účinnost, časovou konstantu kinetiky VO_2 a anaerobní práh.“

Mnohdy se aerobní kapacita určuje nepřímou jako maximální aerobní výkon, nebo příjem kyslíku, který odpovídá maximálnímu množství kyslíku. Organismus je schopen parametr během práce extrahovat z ventilovaného vzduchu a dále kyslík transportovat a využít ve tkáních. Z fyzikální terminologie vychází maximální aerobní výkon, jako výkon, který odpovídá podílu energie a času. V současné době je považován maximální příjem, či spotřeba kyslíku za základní měřítko zdatnosti výkonnosti člověka. Jde o horní limit aerobní zátěžové tolerance, která nám ukazuje, jak dokáže srdce a krev transportovat kyslík k pracujícímu svalstvu, dále kapacitu plic a využití kyslíku při zatížení ve svalech. Vyjadřuje se relativně ve vztahu k tělesné hmotnosti ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$). U zdravotně orientovaných programů pohybové aktivity se využívá „fat-free mass“ ($ml.kgFFM^{-1}.min^{-1}$). Který posuzuje společný účinek na tělesné složení, výkonnosti a nárůstu kardiorespirační zdatnosti. Vyjádření maximálního příjmu či maximální spotřeby kyslíku je další možností využití tohoto měření, které se snaží odstranit znevýhodnění hodnot VO_{2max} mezi jedinci, kteří se vyznačují vyšší tělesnou hmotností oproti jedincům s nižší tělesnou hmotností (Heller, 2018).

3.5 Fyziologické aspekty vlivu výšky na organismus

3.5.1 Hyperventilace

Silbernagl & Despopoulos (2004) uvádějí, že hyperventilace se objevuje u jedinců, kteří nejsou adaptovaní na vyšší nadmořskou výšku. Tato změna se začne objevovat během několika hodin strávených ve výšce. Během prvního týdne rapidně stoupá. Oproti lidem trvale žijícím ve vyšších nadmořských výškách má neadaptovaný jedinec zhruba o 20 % vyšší ventilaci. Hyperventilace má za úkol udržení odpovídajícího parciálního tlaku kyslíku v alveolách. Prvotní změny jsou vyvolány spíše zvětšením dechového objemu než zvýšením frekvence dýchání.

3.5.2 Kardiovaskulární odezva

Robergs & Roberts (1997) říkají, že než se projeví adaptační změněna na zátěž, může být rozdíl u srdeční odezvy a tepové frekvence oproti tréninku na úrovni hladiny moře větší o 20 až 30 %, při tréninku střední intenzitou. Kdežto srdeční objem zůstává nezměněn. Tento nárůst je kvůli vyrovnání nižšího parciálního tlaku kyslíku v krvi.

Neměnná zůstává celková spotřeba kyslíku pro práci. Samozřejmostí je zvyšující se koncentrace laktátu v krvi, ke kterým dochází jak při zátěži, tak v klidových podmínkách. To platí také i u stresových hormonů (katecholaminy a kortizol). S rostoucí nadmořskou výškou klesá i úroveň maximální spotřeba kyslíku.

Difúzní kapacita plic se ve výšce zvyšuje nejdříve při fyzické zátěži. Než se tělo aklimatizuje, je největším limitním faktorem ve vyšší nadmořské výšce během zatěžování rychlý pokles nasycení krve kyslíkem (Suchý, Dovalil, Heller, Bunc, & Pernica, 2014).

Je zapotřebí brát na vědomí, že může dojít k různým onemocněním během pobytu, jako jsou např. infekce dýchacích cest, nebo vliv UV záření a dehydratace, (Suchý et al., 2014).

3.5.3 Tvorba hemoglobinu a červených krvinek

Během dlouhodobého sportovního tréninku ve vyšší nadmořské výšce je hlavním znakem nárůst transportní kapacity krve pro kyslík. Pro tréninkový proces v těchto výškách je zapotřebí sledovat počet červených krvinek společně s hladinou hemoglobinu a hodnotu hematokritu. K tomu, aby došlo, ke správnému transportu kyslíku do svalů nám zajišťuje dostatečný počet červených krvinek, který je hlavním ukazatelem saturace (Suchý et al., 2014).

Tkáňová hypoxie, vzniká poklesem parciálního tlaku v tepenné krvi i ve tkáních. To má za následek vyšší syntéze hormonu erythropoetinu, který podněcuje erythropoézu v kostní dřeni. Tím dochází ke zvyšování absolutního počtu červených krvinek. Jediným legálním způsobem, jak zvýšit tvorbu erythropoetinu je právě pobyt v hypoxickém prostředí. Při dlouhodobé stimulaci dojde k navýšení počtu červených krvinek a hemoglobinu a dojde tak i k vazebné kapacitě krve pro kyslík. Tím dojde k nárůstu dodávky tkáním (Suchý et al., 2014).

Trojan et al. (1994) uvádí, že během první týdne aklimatizace se markantně zvyšuje i hodnota hematokritu. Hematokrit je poměr mezi objemem červených krvinek a krví. Pomocí procent se vyjadřují. U žen to je v průměru $39 \pm 4 \%$ a u mužů se průměrně pohybují kolem $44 \pm 5 \%$.

Dva hlavní faktory, které ovlivňují zvýšení hematokritu je nárůst množství červených krvinek a pokles krevní plazmy, ten dosahuje 8 %. Kdežto vzestup hemoglobinu a červených krvinek se pohybuje okolo 4–10 %. Na druhou stranu má

hematokrit i stinnou stránku, při které dochází ke zhoršení průtokových vlastností krve, především zvýšenou viskozitou. U jedinců, u kterých již proběhla aklimatizace, disponují zvýšenou transportní kapacitou krve až o 28 % oproti osobám trvale žijícím na úrovni moře (Suchý et al., 2014).

Podle Hochachka, Ruperta & Mongeho (1999 s. 28) během adaptace organismu na vyšší nadmořskou výšku rovněž dochází k dalším projevům:

- „postupnému poklesu klidové srdeční frekvence [min^{-1}],
- snížení klidového minutového objemu srdečního [$1 \cdot \text{min}^{-1}$],
- zvýšení vitální kapacity plic [$1 \cdot \text{min}^{-1}$],
- poklesu systolického a diastolického krevního tlaku [mmHg], ale na druhé straně se zvyšuje tlak v plicnici,
- změnám plicní cirkulace, které jsou dány zvýšením plicního cévního odporu, vyvolaného vazokonstrikcí nekapilární částí plicního řečiště.“

3.5.4 Hematokrit

Jedná se o podíl objemu krevních elementů, který se vyskytuje v celkovém objemu krve. K jeho zvýšení je zapotřebí také nárůstu počtu erytrocytů. Ty lze navýšit za pomoci adaptace organismu na vytrvalostní trénink nebo za využití vlivu hypoxického prostředí. Eventuálně dehydratací organismu, kdy dojde ke zmenšení objemu plazmy. Za snížením hematokritu může stát hydratace nebo ztráty krevních elementů. U mužů se obvykle hodnoty pohybují v intervalu 0,40–0,50. U žen to je v rozmezí 0,35–0,47 (Pernica et al., 2019).

3.5.5 Ovlivnění menstruačního cyklu

Menstruace je určitý naprogramovaný proces, který závisí na několika faktorech, jako je synchronizovaná produkce hypotalamických, adenohipofyzárních a ovariálních hormonů. Dalším ovlivněním tohoto procesu je vliv zevního prostředí, stravovací návyky a stav organismu. K tomu, aby se mohla u dívek spustit menstruační činnost, je zapotřebí aby dosáhly alespoň minimální tělesné hmotnosti a tím i tukové tkáně v rozmezí 15–25 %, (Mourek, 2005).

Bylo prokázáno, že u dívek zabývajících se sportem se zpožďuje menarche. Kvůli sportovnímu zatížení je samozřejmostí i velký energetický výdej, který má značný modulační podíl na hypotalamus. Společně v kombinaci s nízkou tělesnou hmotností je puberta u dívek zpožděna. Důvod může být i primární. Dívky, které jsou spíše

chlapeckého typu, kvůli jejich zpožděné pubertě mají větší uplatnění ve více sportovních disciplínách (Bartůňková et al., 2013).

Bartůňková et al. (2013, s. 175) uvádí: „Bylo zjištěno, že doba, po kterou byly ženy schopny tolerovat vyčerpávající zátěž, byla zkrácena v luteální, a tj. postovulační fázi menstruačního cyklu. Přisuzuje se to vlivu zvýšené produkce progesteronu na ventilační funkce. Tělesná teplota v průběhu menstruačního cyklu kolísá a zvyšuje se v luteální fázi asi o 0,5 °C. Zvýšení tělesné hmotnosti v premenstruační fázi souvisí s vlivem estrogenu a progesteronu, spolupůsobících při retenci vody a NaCl“.

Bartůňková et al. (2013) zmiňuje, že během premenstruační fáze je ovlivněn psychický stav a tělesná výkonnost. Vyskytují se stavy jako zvýšená dráždivost, únava, spojená s bolestmi břicha a hlavy. Při těchto obtížích mluvíme o premenstruační tenze.

Preovulační fáze se vyznačuje nejlepšími výsledky, které sportovkyně během této fáze dosahují. K tomu, aby se preovulační fáze udržela, co nejdéle se využívají antikoncepční preparáty, jako jsou estrogeny a progesterony. A jsou zneužívána pro účel zvyšování výkonnosti. Ovšem i během menstruace se ženám daří dosahovat dobrých výsledků. V dřívější době byla brána menstruace během sportovních aktivit, jako kontraproduktivní, ovšem v dnešní době tomu tak již není (Bartůňková et al., 2013).

3.6 Fáze a průběh aklimatizace

K adaptaci na vyšší nadmořskou výšku je zapotřebí dlouhodobý komplexní proces. Ve většině literatur se autoři shodují, že je zapotřebí absolvovat pobyt a trénink ve vyšší nadmořské výšce přibližně kolem 21 dnů. Během této doby by mělo dojít k úspěšné adaptaci organismu. Samozřejmě doba adaptace je individuální, ale zpravidla k ní dochází po jejím uplynutí. Organismus začne reagovat při zátěži podobně, jako předtím v nížině. Aklimatizační procesy úrovně trénovanosti jsou pozitivně ovlivněny. Předchozí zkušenosti mohou dopomoci ke zkrácení procesu aklimatizace. Aklimatizace se vyznačuje třemi základními fázemi procesu (Suchý et al., 2014).

3.6.1 Akomodace

Akomodace se vyznačuje bezprostřední krátkodobou reakcí organismu na hypoxickou zátěž. Jedná se o první část celého adaptačního procesu. Fáze se vyznačuje poklesem výkonnosti organismu a trvá zpravidla kolem třech až osmi dnů. Při příjezdu

se mohou objevit různé odezvy, jako jsou pocity slabosti, únavy, nespavost, poruchy vyměšování, které mohou přetrvávat i na počátku adaptační fáze. (Suchý et al., 2014).

3.6.2 Adaptace

Adaptace je další fází, při které dochází k změnám v organismu a specifickým metabolickým reakcím na zátěž. Během pěti až osmi dnů se jedinec začne postupně zvyšovat jeho výkonnost. V závěru se přibližuje původní úrovni trénovanosti, kterou disponoval v nížině. Pocit únavy z předešlé akomodace se střídají v dočasnou euforii a optimismus. Trvá však jen krátkou dobu. (Suchý et al., 2014).

3.6.3 Aklimatizace

Fáze, při které dochází k celkovému přizpůsobení organismu, říkáme aklimatizace. Začíná se projevovat kolem šestnáctého až sedmáctého dne pobytu, kdy při ní dochází k funkčním a organickým změnám na déle přetrvávající hypoxii. V počátku fáze se mohou objevit krize a krátkodobý pokles výkonnosti. Až během čtvrtého týdnu pobytu ve výšce se projevuje plná výkonnost jedince, která se dá rovnat s výkonností v nížině. Pokud častěji opakujeme celý adaptační proces, docílíme lepší aklimatizační plasticity. Proto jsou doporučeny dva až čtyři pobyty ve vyšší nadmořské výšce za rok. (Dovalil et al., 2002).

3.7 Trénink ve vyšších výškách

Dovalil et al. (2002) říká, že vliv vysokohorského tréninku napomáhá k rozvoji kondičního tréninku a speciální přípravy, nicméně může mít i další funkci, jako zdravotně-profylaktickou. Důvod, proč se v dnešní době vysokohorskému tréninku přikládá značný význam je ten, že má kladný vliv na zvýšení výkonnosti u daných jedinců a hledají se další možnosti, jak zvýšit účinnost tréninkových podnětů. V dnešní době je tak považován za potřebný, avšak za nadstandardní s možným výskytem rizik.

V současnosti je vysokohorský trénink zařazován u disciplín, které trvají déle než 90 s. Jde o sporty s aerobním zatížením, anaerobně-aerobním a dále také o rychlostně silové disciplíny. K tomu, aby byl vysokohorský trénink účinný a splnil efekt tohoto pobytu, musí být realizovaný, s již určitou úrovní trénovanosti. To znamená, že proběhl základní trénink v nížině (Dovalil et al., 2002).

U sportovce, který neměl před zahájením vysokohorské přípravy ustálený aerobní výkon, nebo byl nemocný před odjezdem, se zvyšují rizika přetížení a s tím je i spojen pokles výkonnosti, (Neumann, Pfitzner, & Hottenrott, 2005).

3.7.1 Plánování tréninku za využití hypoxického prostředí

Suchý (2012) uvádí, že v první řadě je zapotřebí pochopit rozložení hypoxického tréninku během ročního tréninkového cyklu a reflektovat vytyčené cíle se základními vědomostmi o aklimatizaci. Nejvhodnější dobou zařazení pobytu ve výšce je v úvodní části přípravného období. Nezbytnou součástí před odjezdem je podstoupit základní trénink v nížině, kdy sportovec pracuje na zlepšení všeobecné kondice, rozvoji aerobní výkonnosti a znovuzavedení pohybových dovedností. Druhý pobyt je ideální absolvovat v druhé části přípravného období. Oproti prvnímu pobytu se liší náplní, kdy se hlavně zaměřuje na budování speciální kondice a vzestup aerobní a anaerobní výkonnosti. Nesmí se zapomenout ani na zdokonalování přesnosti pohybových dovedností. Třetí pobyt ve výšce se rozlišuje podle hlavní sezóny. Pokud hlavní sezóna bude probíhat ve vyšší nadmořské výšce, měla by navazovat přímo na pobyt ve výšce, který je ideální započít tři až čtyři týdny předem. Jestliže hlavní soutěžní sezóna bude probíhat v nížině, měl by být pobyt ve výšce ukončen po zhruba třech týdnech s dvacetidenním předstihem, než bude zahájena.

Někteří sportovci, např. lyžaři-běžci absolvují větší množství pobytů ve výšce, ale zkrácené. K tomu, aby nedocházelo k poklesu hladiny erythropoetinů mezi tréninkovými kempy, jsou využívány buď kyslíkové stany, nebo intermitentní hypoxický trénink. Komplexní zátěžové a lékařské vyšetření by mělo být podstoupeno nejen sportovci, kteří se chystají na svůj první tréninkový kemp ve vyšší nadmořské výšce, ale i lidmi, kteří se budou na toto místo s tímto cílem vracet po dlouhé pauze (Suchý, 2012).

3.7.2 Stavba tréninku

Maximální pozornost musíme věnovat při sestavování tréninku ve vyšší nadmořské výšce především zotavovacím procesům. Pokud se necítíme dobře, nebo není něco v pořádku, zařadíme odpočinkový den, který většinou přichází v kritickém období aklimatizace. Za vhodnou délku pobytu ve vyšší nadmořské výšce s ohledem na průběh aklimatizace se udává 21 až 28 dnů. Výkonnost se po uplynutí 21. dne ve vyšší nadmořské výšce již tolik nezvyšuje (Suchý, 2012).

Během prvního až šestého dne musíme v tréninku vzít v úvahu možné problémy v prvních dnech ve výšce. Aklimatizace může být zkrácena v případě opakování pobytu, nebo dobré individuální snášenlivosti. Nikdy by však neměla být zcela vynechána.

Během tréninku ve snížené intenzitě by nemělo tempo přesáhnout 75 % maxima v porovnání s normoxií. Objem zatížení by se měl přiblížit nejvýše k 60 %, který byl absolvován v nížině. Během třetího dne může být počáteční únava vystřídána pocitem euforie a optimismem, což může vést k příliš intenzivnímu tréninku, který je zapotřebí mírnit. Účinek tréninku a aklimatizace by mohl být kvůli této euforii narušen a vést až k přepětí (Suchý, 2012).

Během pátého dne pobytu je podstatné redefinovat nynější individuální hodnoty jednotlivých intenzit zatížení lišící se od normoxie. Neodmyslitelně větší význam, než v nížině je verifikace zmíněných intenzit (Suchý, 2012).

Od sedmého dne se může postupně zvyšovat zatížení až na dvoufázové, nebo třífázové denní tréninky v náročnějším aerobním režimu. Důraz by měl být kladen na pečlivou kontrolu postupně rostoucí intenzity. K tomu, aby nedocházelo k poklesu rychlostních schopností, se zařazuje průběžně a pravidelně ATP-CP zatížení. Ke konci druhého týdne je možný i méně náročný LA trénink. Je potřeba klást velký důraz na intervaly odpočinku, které se oproti nížině při všech druhích zatížení ze začátku více a postupně méně prodlužují (Dovalil et al., 2002).

Během třetího týdne lze začít trénovat, jako tomu bylo v nížině, včetně úseků v závodním tempu. Nejlepší formou zakončení této fáze je absolvovat tréninkovou jednotku ve formě testu. Měla by být složena ze dvou zátěží, které jsou kratší než je vlastní závodní disciplína. Při plánované závodní intenzitě věnujeme dostatečnou pozornost odpočinku mezi zátěží (Dovalil et al., 2002).

3.7.3 Tréninková náplň

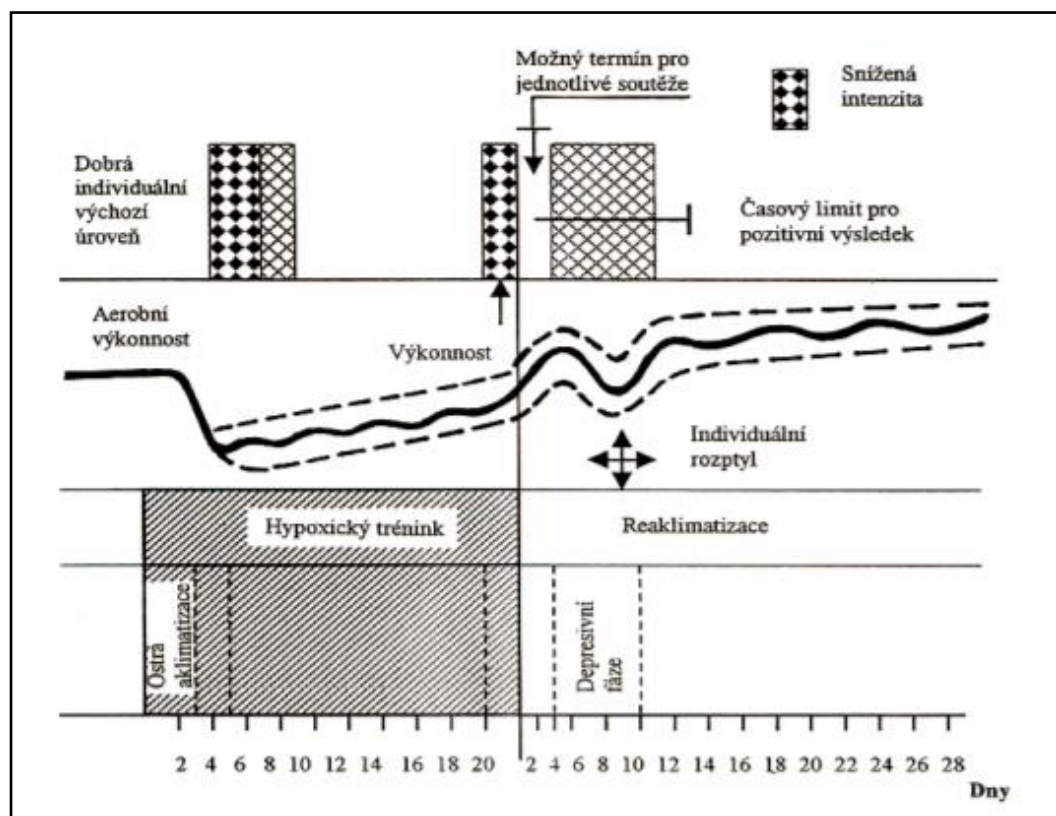
Po adaptaci je vhodné přizpůsobovat rychlost běhu podle TF. Napomáhá k udržení metabolických zón během tréninku ve výšce. Největší nebezpečí hrozí při zvolení nevhodného zatížení během tréninku v oblasti mezi aerobním a ANP. Ve výšce v rozmezí 1 600–1 800 m n. m. se hodnota ANP pohybuje o 10 s. na kilometr níž. U výšky 2 600–3 000 m n. m. je téměř o 30 s. na kilometr nižší (Kučera & Truska, 2000).

Jak bylo výše uvedeno, je nejvhodnější vyladit určování rychlosti v aerobní zóně za pomoci TF. Během úseků ve smíšené zóně nad ANP se rychlost úseků nemění, avšak musí být interval odpočinku mezi sériemi prodloužen alespoň o třetinu oproti hodnotám v nížině. Rychlost běhu v aerobní laktátové zóně zůstává neměnná nebo se pohybuje o trochu vyšší intenzitě, než je tomu v nížině. Samozřejmostí jsou delší

intervalu odpočinku. Vhodné je se řídit vlastními subjektivními pocity. Snížení musí být i délky daných úseků, délka by měla být o 0,25 až 0,33 kratší při zatížení v anaerobní laktátové zóně. Navýšení se taky týká i intervalu odpočinku. Po dokončení tréninkové jednotky se bude organismus déle věnovat zotavovacím procesům (Kučera & Truska, 2000).

3.7.4 Reaklimatizace

Po návratu do nížin je efekt hypoxie udržitelný kolem 5 až 6 týdnů, kterým se docílilo tréninkovým kempem ve vyšší nadmořské výšce. Po návratu se organismus opět adaptuje na nížinu obdobně, jako tomu bylo při aklimatizaci na výšku. Kdy může dojít i ke stejným obtížím. Toto období se nazývá reaklimatizace, kdy výkonnost je nestabilní a výkonnostní křivka mívá vlnovitý průběh (Suchý et al., 2014).



Obrázek 8. Schematický průběh změn vytrvalostní výkonnosti během hypoxického tréninku a po něm (zdroj Dovalil et al., 2002, s. 315).

Většina autorů se shoduje na tom, že je možné startovat s jistým rizikem na méně důležitých utkáních, nebo přípravných závodech kratších distancí, než je klasická délka závodu bezprostředně po návratu do nížiny. Nejdříve však kolem druhého až čtvrtého dne po příjezdu. V průběhu čtvrtého až desátého dne po příjezdu se dostavuje fáze výkonnostní deprese spojená s poklesem výkonnosti. Od desátého dne opět

většinou výkonnost stoupá. Optimální výkonnost můžeme očekávat s individuálními odchylkami tři až čtyři dny kolem 21. dne. Trénink by měl být první dny po návratu do nížin lehčího zatížení s důrazem na regeneraci. Do osmého až desátého dne se doporučuje zařadit tréninkový mikrocyklus, při kterém dochází k postupnému zvyšování zatížení. Před soutěží se může zařadit klasický vyladovací mikrocyklus. Jestliže je pobyt a trénink absolvován kvůli aklimatizaci na závody odehrávající se ve výšce, pak z psychologického hlediska je vhodné absolvovat pobyt v jiném středisku, než kde se budou závody odehrávat. Po přejezdu do místa konání soutěží je vhodné zařadit standardní vyladovací sedmi až desetidenní mikrocyklus (Suchý et al., 2014).

3.7.5 Alternativy pobytu v nížině a ve vyšší nadmořské výšce

Rozhodujícím aspektem pro jednu z eventualit je, jakých adaptačních změn je zapotřebí u sportovců dosáhnout. Při aplikaci tréninku v nížině společně s uměle navozeným, nebo přirozeným spánkem ve vyšší nadmořské výšce dochází k adaptačním změnám, které mají za následek zvyšující se výkon v nížině. Výška zpomaluje zotavení, ale současně se zvyšuje počet červených krvinek a hemoglobinu. Při dostatečně dlouhém pobytu patrně dojde k pozitivnímu ovlivnění hustoty kapilár, společně s obsahem myoglobinu. Výhodou tréninku v nížině je zachování tréninkových objemů a intenzity zatížení. Nedojde tak k narušení přípravy. Dále tato varianta dovoluje trénink individualizovat (Madsen, 1999).

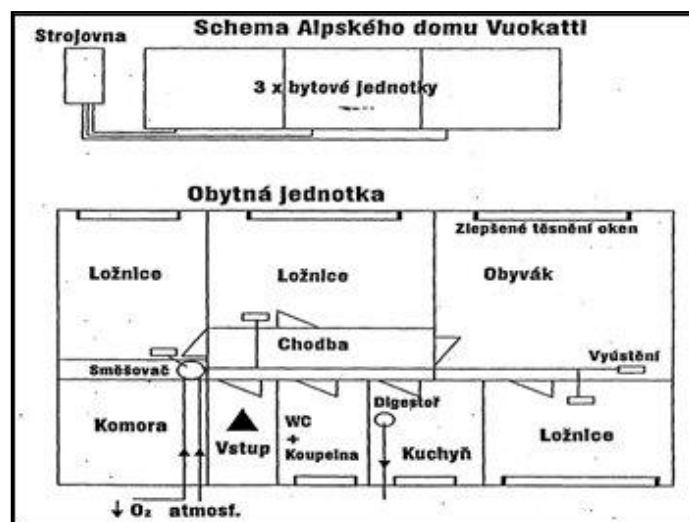
K adaptačním změnám přispívajícím k nárůstu sportovní výkonnosti ve vyšší nadmořské výšce se využívá druhá varianta zmíněná v nadpisu, kdy pobyt je v nížině a trénink probíhá ve vyšší nadmořské výšce. Během pobytu v nížině urychluje zotavování. Zařízení v nížině disponují lepší technologickým zázemím, jako jsou např. různá vybavení pro doplňková cvičení nebo regenerace. Adaptační změny jsou podmínkou pro nárůst výkonnosti ve výšce, kterých lze dosáhnout kombinací tréninku ve vyšší nadmořské výšce s následným pobytem v nížině. Aby adaptační změny mohly proběhnout, musí se zatížení zcela podřídit specifickému prostředí. Dbát na energetické zabezpečení společně se zachováním technického provedení a psychologických obtíží. Při pobytu v nížině dochází k rychlejší regeneraci. Výška potlačuje obnovu bílkovin, kdežto v nižších výškách je účinnější (Terrados, 1995).

3.8 Možnosti tréninku za využití pobytu v uměle navozeném hypoxickém prostředí

3.8.1 Kyslíkový stan

Jedná se o uzavřený prostor plachtou, kam je vzduch vháněn speciálním přístrojem. Koncentrace vzduchu odpovídající nadmořské výšce se nastaví na agregátu, který jej upraví. Nevýhodou kyslíkových stanů je jejich malá velikost. Neumožňují tak uvnitř provádět jakoukoli pohybovou aktivitu. Jedná se pouze o pasivní pobyt ve formě spánku přes noc. Simulace nadmořské výšky se pohybuje okolo 2 200 až 2 600 m n. m. Některým sportovcům se špatně usíná v uměle navozené vyšší nadmořské výšce. Příčina je hluk, který je vydáván agregátem upravující vzduch. Spaní v kyslíkovém stanu zpomaluje regeneraci. Po 4 až 6 týdnech dochází k navýšení počtu červených krvinek, za předpokladu, že daný jedinec pravidelně pobývá 10–12 hodin denně v hypoxických podmínkách. Další varianta, jak využívat kyslíkový stan je 1 až 2 hodiny několikrát denně. Pokud daný jedinec, nebo trenér disponuje dostatečně velkým stanem a má k tomu výkonný agregát, tak je možné absolvovat určité části tréninkového zatížení za nižšího parciálního tlaku vzduchu na trenažérech. Typy trenažerů mohou být např. veslařský, běžecký, nebo cyklistický (Suchý, 2012).

Aby byl pobyt v kyslíkovém stanu užitečný, je zapotřebí pravidelně kontrolovat vybrané parametry krevního obrazu. Ti, kteří mají bohaté zkušenosti se zmiňovaným pobytem, nemusí pravidelně podstupovat analýzy krevního obrazu. Vyskytne-li se nepřiměřená únava je nezbytné pocity ihned laboratorně ověřit. Nejvyšší důraz by měl být kladen na parametry, které jsou výškou bezprostředně ovlivňovány (Suchý, 2012).



Obrázek 9. Náčrty Alpského domu ve Vuokatti (zdroj Suchý 2012, s. 47).

Suchý (2012, s. 48) uvádí, že z biomechanických proměnných parametrů se využívá hlavně: „saturace kyslíku v krvi, hladina hematokritu, úroveň hemoglobinu (především oxyhemoglobinu), hladina železa v krevním séru, saturace kyslíku, parciálního tlaku v kyslíku. Dále pak proměnné charakterizující acidózu, jako jsou koncentrace LA, pH, Base exces po zatížení.“

Suchý (2012) říká, že o průběhu aklimatizace nám napoví vyhodnocení průběhu zotavení a rychlost návratu funkčních parametrů ke klidovým hodnotám. Nejdůležitější je sledovat ranní srdeční frekvenci ortostatického reflexu.

Problém, který kyslíkový stan přináší oproti pobytu v horách je ten, že sportovec v začátcích jeho využívání je schopen trénovat stejné dávky jako v normoxii, při kterých na sobě nepocituje žádné velké příznaky únavy. To je však důvod, kdy se sportovec oproti pobytu ve výšce může rychleji přetrénovat a přetížit (Suchý, 2012).

3.8.2 Barokomory

Neboli kyslíkový dům je založen na činnosti kompresoru a filtrů. Těmito filtry projde pouze část kyslíku a elektronická regulace upraví pomocí simulace kyslík na požadovanou nadmořskou výšku. Hlavní výhodou barokomor oproti kyslíkovým stanům je větší využití z důvodu možného tréninku uvnitř barokomory na různých druzích specializovaných trenažérů (Suchý, 2012).

V dnešní době spousta sportovců zpravidla kombinuje trénink v přirozené výšce a spánek v kyslíkových stanech, nebo barokomorách, kde mohou v některých případech absolvovat omezený trénink na trenažéru společně s tréninkem v normoxii. Samozřejmě tréninku za hypoxických podmínek by měly být pravidelné analýzy krve. Vrcholoví sportovci tuto možnost používají i při tréninku v normoxii. Analýzy slouží jako prevence před přetížením organismu a přetrénováním. Vlivem vyšší nadmořské výšky dochází k rychlejšímu nástupu únavy a pomalejší regeneraci. Tomu je potřeba předejít (Suchý, 2012).

3.8.3 Obličejové masky

Jedná se o přenositelný přístroj navozující hypoxické prostředí. Tato metoda se v praxi využívá pouze okrajově. Význam spočívá v nošení masky během tréninku a dýchání vzduchu s nižším parciálním obsahem kyslíku, který zprostředkovává speciální přístroj. Nevýhodou inhalace z obličejové masky je její velikost a sportovci může být její nasazení velice nepříjemné (Suchý, 2012).

3.8.4 Přerušovaný hypoxický trénink

Suchý et al. (2014) říká, že v poslední době se začal využívat přerušovaný hypoxický trénink, neboli intermittent hypoxic training – IHT. Vyznačuje se opakovanou několikaminutovou intenzivní inhalací vzduchu v adekvátní vysoké nadmořské výšce v klidu. Jedná se o nadmořskou výšku v rozhraní 4 500 až 5 000 m n. m. Jde o upravený trénink s hypoxickou maskou. IHT se využívá především v prvních několika dnech při průběhu tréninkového kempu ve výšce a napomáhá tak k ulehčení fáze akomodace, neboli aklimatizace proběhne rychleji. Lze IHT využívat také, jako regenerační prostředek při pobytu ve vyšší nadmořské výšce. Inhalovaný vzduch musí odpovídat normoxii.

IHT běžně trvá 60, až 90 min. Střídá se zde pětiminutové, intenzivní dýchání za hypoxických podmínek s pětiminutovým odpočinkem při kterém je vdechován klasický vzduch z nížiny. Lze provádět v klidu, nebo při nízké intenzitě zátěže. Počet střídání intenzit se pohybuje kolem šesti až deseti za jeden trénink, který by se měl přibližně pětkrát týdně opakovat (Suchý et al., 2014).

Dufour et al. (2006) prokázal, že po pěti týdnech aplikace IHT došlo k výraznému zlepšení aerobní výkonnosti.

3.9 Kontrola průběhu aklimatizace na vyšší nadmořskou výšku

Při kontrole aklimatizace rozlišujeme tři vzájemně navazující časová období:

- před pobytem ve vyšší nadmořské výšce, přibližně 7 až 14 dní. Probíhá především cíleně zaměřená příprava na vyšší nadmořskou výšku,
- v průběhu pobytu, jsou hledána východiska aktuálních problémů s hodnocením aktuálního stavu reagujícího na vyšší nadmořskou výšku,
- po návratu do nížiny by měla probíhat kontrola stavu 21 dní. Po 14 dnech by měl být stav ustálený (Suchý et al., 2014).

Během každého zmiňovaného období je vhodné se preferenčně zaměřit na hodnocení trochu odlišných ukazatelů oproti běžným. K nejdůležitějšímu sledování ukazatelů patří sledování aktuálního stavu trénovanosti a techniky běhu. Samozřejmostí je sledování klidové SF v průběhu zatížení, i po jeho ukončení a zdravotního stavu. Důležitou složkou hodnocení pohybové způsobilosti jsou dovedností předpoklady stavu svalového aparátu. Při pobytu v nadmořské výšce

sledujeme změny v organismu jedince. Po návratu jedince zpět do nížiny se zkoumají předpoklady pro tréninkové, ale zejména závodního zatížení (Suchý et al., 2014).

Suchý et al. (2014) uvádí, že pohybová aktivita ve výšce je spojena s hyperventilací, protože převládá spíše anaerobní hrazení energetických požadavků, pokud je trénink provázen stejnou intenzitou jako v nížině. To má za následek vyšší ztráty tekutin v podobě pocení. S potem se i vytrácí ionty a nezbytně důležité minerály. Dojde-li k výše uvedeným změnám, může se vyskytnout narušení elektrických „poměrů“ na svalové membráně během činnosti svalů. Dojde tak k narušení jemné motoriky a svalové kontrakce. Následky toho se prodlužuje funkční reakce na změny vyvolané intenzitou pohybu a ovlivní rychlost dosažení pracovních hodnot SF společně s rychlostí poklesu SF po zatížení. Ke správné termoregulaci pomáhá dostatečný přívod tekutin, tím se i sníží nároky na srdce. A dojde tak k udržení ideální viskozity krve.

Pohybová aktivita, anaerobně hrazena společně s vysokou intenzitou zatížení se nejvíce projevuje následně v zotavovací fázi. Doba návratu srdeční frekvence zpět ke klidovým hodnotám se mnohonásobně prodlouží. U zatížení trvajícím déle než 90 s by měla proběhnout aklimatizace na výšku (Suchý et al., 2014).

Při sledování průběhu aklimatizace je nutné dokázat rozlišit, co by mohlo být příčinou vzniklé aktuální nebo kumulované únavy a co naopak probíhající aklimatizací. Samozřejmostí jsou i terénní testy. Rozlišují se na specifické a nespecifické testy. Hlavním rozdílem je jejich průběh. U prvně zmiňovaného se snažíme přiblížit jak formou provedení, tak i dobou trvání závodního výkonu. Ke správnému provedení testu je nezbytné aby:

- nebyly k jejich správnému provedení složité,
- jedinec plně celý test zvládl,
- byly vytvořeny standardy platné v neměnných podmínkách,
- poskytovaly důležité informace o stavu jedince a zároveň data potřebná pro řízení tréninku,
- se snadno odlišily vlivy prostředí od odezvy organismu jedince na aplikované zatížení (Suchý et al., 2014).

Dalším bodem je naplánování časového harmonogramu hodnocení průběhu aklimatizace. Musí odpovídat detailně, jako plán tréninkového zatížení. Ke kontrole aklimatizace se využívají hodnoty, které jsou ovlivnitelné výškou jako hodnocení saturace kyslíku v krvi s hodnocením úrovně hemoglobinu a hladiny železa v krevním séru (Suchý et al., 2014).

Další data související a velmi přínosné jsou pořízeny z procesu zotavení a času potřebnému k návratu funkčních parametrů zpět ke klidovým a k předzátěžovým hodnotám. K tomuto cíli lze využít SF (Suchý et al., 2014).

Nejvhodnějším motorickým testem je forma fártlekového zatížení, při kterém musí organismus reagovat na změnu intenzity zatížení za pomoci akcelerace. Vykonání fártlekového zatížení je zapotřebí jemné motoriky. Intenzita při zatížení je sledována pomocí sporttesteru. Základní zatížení se pohybuje v úrovni anaerobního prahu nebo o 5–10 tepů. Min^{-1} nižší, jsou střídána úsek s maximální intenzitou zatížení, doba trvání je 3–10 s. Při provádění zatížení je nezbytné klást velký důraz na provedení krátkodobého zrychlení s dostatečnou přesností provedení a docílit tak příslušných změn srdeční frekvence v těchto úsecích. SF reaguje pomaleji v začátcích pobytu ve vyšší nadmořské výšce oproti obdobnému tréninku v nížině nebo u později nastupujících fází aklimatizace. Pro dané účely je potřeba jako východisko zjistit relativně maximální intenzitu zatížení ve výšce v rozmezí 2–3 min. Lze tímto zatížením určit maximální srdeční frekvenci (Suchý et al., 2014).

Celková doba trvání testovacího zatížení by měla odpovídat totožné délce trvání závodního výkonu a především na klasické délce kontrolních tréninků v nížině. Prodlužování délky trvání zatížení s navyšováním intenzity by mělo docházet postupně. Hodnoty zaznamenané jako vstupní se mohou ze začátku pohybovat okolo 60 % délky trvání zatížení v nížině. Ve vyšší nadmořské výšce se budou hodnoty pohybovat kolem 80 % maximální aktuální intenzity zatížení (Suchý et al., 2014).

K nastavení správného řízení tréninku ve vyšší nadmořské výšce musí být naměřené hodnoty SF vždy odvozeny od hodnot naměřených za těchto stejných podmínek. Bylo by chybné používat hodnoty naměřené v nížině. Protože při aklimatizaci ve výšce se výrazně individuálně liší. Prokázalo se, že nejvhodnější metodou pro hodnocení reakce organismu na zátěž je vyhodnocovat změny vyvolané

jinou intenzity zatížení a jejich délkou na začátku, popřípadě na konci tréninkového zatížení (Suchý et al., 2014).

K hodnocení správného provedení pohybové činnosti se využívá intenzita zatížení na úrovni 85 % z relativní maximální intenzity pohybu. Opakované zatížení se může několikrát opakovat nebo provést pouze jednou. Hodnocení průběhu aklimatizace by mělo probíhat každý den. Nezbytné je měřit klidové hodnoty SF a vyhodnocovat subjektivní pocity každodenního stavu. Dále se může sledovat i tělesná voda a některé vybrané biomechanické parametry. Během každého 2. až 4. dne provázet modelové zatížení, trvající vždy alespoň 2 až 6 minut ke zjištění „pracovních“ parametrů. Jednou za týden by se měly vybrat proměnné hodnoty a absolvovat zatížení, které odpovídá délce trvání závodního zatížení (Suchý et al., 2014).

Nezbytnou součástí, aby bylo možné vyhodnocovat SF ke zmiňovaným účelům je zapotřebí sporttester s hrudním pásem. Následně by měl sportovec tyto zaznamenané data vyhodnocovat z důvodu použití získaných informací k dalšímu tréninkovému procesu. Nezbytnou součástí je mít k dispozici počítač ke společnému spárování sporttesteru (Suchý et al., 2014).

Klidová srdeční frekvence je využívána ke kontrole regenerace organismu. Další možností kontroly lze využít naměřené údaje 1 minutu po zatížení. Po skončení zatížení klesá srdeční frekvence zpravidla přibližně o 30 tepů za minutu. Regenerační schopnost organismu a jeho odolávání zatížení je lehce zjistitelná pomocí každodenního měření ranní klidové srdeční frekvence ihned po probuzení přímo v posteli. První příznaky rostoucí únavy zjistíme podle naměřených hodnot, bude-li srdeční frekvence o více jak 6 tepů za minutu vyšší oproti běžným hodnotám. Zvýší se srdeční frekvence o více jak 10 tepů za minutu, tělo vysílá signál, který může znamenat začínající onemocnění. Proto je vhodné snížení zátěže nebo pauza v tréninku (Neumann et al., 2005).

3.10 Výživa a pitný režim

3.10.1 Energetický metabolismus v podmínkách hypoxie

Neumann et al. (2005) uvádí, že sacharidy se ve vyšší nadmořské výšce spalují rychleji než mastné kyseliny. Je to z toho důvodu, že sacharidy pro své spalování potřebují méně kyslíku. Vyšší spotřeba glukózy během vysokohorského tréninku má za následek rychlejší vyčerpání glykogenu. Tělo zkouší nedostatek kyslíku nahrazovat

nárůstem anaerobního metabolismu. To se však projeví zvýšenou tvorbou laktátu. Vzárustající pufrační kapacita krve je pozitivní vedlejší efekt, který se tvoří při tvorbě laktátu.

Při nepřetržitém nedostatku glykogenu dochází k vyšší tvorbě cukrů (glukoneogeneze). Ta probíhá většinou z tělesných bílkovin, proto jejich odbourávání je charakteristické pro vysokohorský trénink. Rychlá motorika je tlumena ve vyšší nadmořské výšce, aby nedošlo k přetížení organismu. Laktátový paradox lze charakterizovat jako jev, při kterém dochází ke snížení maximální tvorby laktátu způsoben intenzivním krátkodobým zatížením. Motorika se časem stráveným tréninkem v nadmořské výšce zlepšuje společně se zvyšující se tvorbou maximálních hodnot laktátu. Popsaný jev žádným způsobem neovlivňuje tvorbu laktátu při porovnatelném zatížení v klasické nadmořské výšce. Aby nedocházelo k zakyselení, je nutné snížit rychlost tréninku. Stejně zákonitosti řízení se podle laktátu v tréninku platí jak ve vysokohorské přípravě, tak i za klasických nadmořských výšek (Neumann et al., 2005).

3.10.2 Suplementace

K nárůstu červených krvinek lze dopomoci suplementace železa. Nesmíme zapomínat i na aminokyseliny a vitaminy B12, které napomáhají zrání červených krvinek. Dále vitamin C napomáhá metabolizovat železo. Pokud je v těle vitamínu C malé množství, dochází k poklesu zásob železa v organismu (Suchý et al., 2014).

Složení stravy by se nemělo zásadně lišit od normálu. Denní příjem tekutin by se měl pohybovat kolem 4 l za den. Ve vysokohorském prostředí může snadněji dojít k dehydrataci. Nedostatek tekutin zahušťuje krev a to má za následek zvýšené riziko trombóz. (Dovalil et al., 2002).

3.10.3 Pitný režim

Suchý et al. (2014) podotýká, že ve vyšší nadmořské výšce během tréninku a pobytu markantně ubývá tělních tekutin oproti nížině, kde nedojde k takovým ztrátám. Společně s tělními tekutinami dochází i k vylučování důležitých minerálů, jako je draslík, sodík nebo hořčík. Proto je naprosto nezbytné dodržování pitného režimu ve výšce. Nesmí se zapomínat na doplňování ztracených minerálů. Dojde-li ke ztrátě tekutin vzhledem k tělesné hmotnosti o 1 %, mírně tak naroste teplota těla. Jestliže se

ztráty tělních tekutin budou pohybovat okolo 1–2 %, dojde ke zhoršení sportovní výkonnosti. Až v tomto okamžiku se může za běžných podmínek objevit pocit žízně. Ve vyšší nadmořské výšce, kde převládají chladné podmínky, se nemusí ani pocit žízně dostavit.

K vylučování tělních tekutin dochází i za pomoci plic, které spotřebují 1 l na den, aby mohli zvlhčit inhalovaný vzduch, protože horský vzduch je oproti vzduchu v nížině daleko sušší. Tělo nemá vyvinuté receptory, aby dokázalo ztrátu zaznamenat. Proto není ideální se spoléhat na subjektivní pocit žízně a raději doplňovat tekutiny průběžně. Když nastane ztráta těchto tekutin na úrovni 5 % tělesné hmotnosti a více, vyskytnou se křeče doprovázené nevolností apod. a výkon tak může klesnout až o 20–30 %. Bolesti hlavy nebo pocit vyčerpání se projevuje při ztrátě tekutin okolo 6–10 % hmotnosti těla. Ke zjištění správné hydratace nám poslouží jednoduché sledování moči. Měla by být světle žlutá a k močení by mělo docházet pravidelně každé 2–3 hodiny (Suchý et al., 2014).

3.11 Psychologické změny a fyziologicko-zdravotní aspekty tréninku ve výšce

3.11.1 Psychická připravenost

Psychická připravenost sportovce je důležitá k tomu, aby trénink ve vyšší nadmořské výšce zvládl bez jakýchkoliv problémů. Protože trénink v hypoxii je daleko náročnější, než za běžných podmínek. Proto je nutné přizpůsobit trénink danému prostředí. Sportovec by si měl uvědomit podstatu adaptace na prostředí hypoxie společně s logikou úpravy tréninkového plánu. Ze sportovní přípravy bude čerpat až po návratu do nížin. Držení se stejných tréninkových intenzit ve vyšší nadmořské výšce z nížin ve snaze dokázat si, že zde dokážu podávat stejný výkon, může sportovec svůj organismus přetížít a zkazit tak celý adaptační proces. Nezdařený adaptační proces vede k ovlivnění sportovní výkonnosti po návratu v nížině. Pokud nedokáže sportovec s trenérem po návratu do nížin identifikovat chybu při adaptaci, mohou nabýt domněnkou, že vyšší nadmořská výška nesplnila požadovaný efekt (Suchý et al., 2014).

3.11.2 Vliv hypoxie na psychiku sportovce

V organismu, který není adaptovaný na nadmořskou výšku, dochází ke změnám při podmětu na zatížení, kterému je vystaven. Ve stavu euforie po příjezdu do hypoxického prostředí se velmi často projevují změny v oblasti psychiky a chování

daného jedince. Oslabení neuropsychologických funkcí zraku, paměti mohou být hlavními znaky změn, společně s popudlivostí a nepřátelstvím (Pernica et al., 2019).

Bahrke & Shukitt-Hale (1993) podotýkají, že nejvýraznější změny lze očekávat ve výškách přesahující 4 000 m n. m. Vaněk (1968) zmiňuje, že vedlejší projevy při pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce, okolo 2 300 m n. m. se projevují silnou únavou, která je doprovázena snížením psychomotorického tempa, společně se s níženou kvalitou výkonů při vykonávání performačních testů zaměřené na jemnou koordinaci, společně s obecně sníženou reaktivitou.

Výkonová změna v klidu by byla možná pouze za předpokladu dvojnásobné výšky. Sportovní výkon v hypoxii má dopad na změnu nálad. Je prokázáno, že změna nálad je daleko pravděpodobnější a sportovní výkon náročnější pro sportovce v uměle navozené hypoxii oproti normoxii za stejných podmínek (Pernica et al., 2019).

Horší spánek v hypoxii má také za následek vyskytující se výkyvy nálad. Častým vedlejším úkazem v přirozené hypoxii je dehydratace organismu. Toto tvrzení bylo prokázáno zaznamenáním poklesu kognitivní výkonnosti a zhoršení nálady. Naopak nebylo potvrzeno, že by se nálada měnila z důvodu malého příjmu energie z jídla. Další ovlivňující faktor nálady je rychlost přesunu do nadmořské výšky společně s délkou trvání pobytu. Podstatnou roli zde hraje i zkušenost z předešlých pobytů a společně s typem osobnosti daného sportovce. K navrácení práce schopnosti a psychickému stavu dopomáhá delší adaptace na mírný nedostatek kyslíku (Pernica et al., 2019).

3.11.3 Riziko vzniku infekcí

S chladným a suchým horským vzduchem je spojen možný výskyt infekcí horních dýchacích cest. Výrazné změny počasí nebo teplotní rozdíly mohou vést k nachlazení. Předejít potížím lze především prevencí a nepodceňovat správné oblečení do hor. Vždy se snažit mít po ruce suché oblečení a ihned po tréninku dbát na jeho včasnou výměnu (Suchý et al., 2014).

3.11.4 Přetrénování

Jde o dlouhodobý pokles výkonnosti a trénovanosti, které vzniká důsledkem přetížení (dlouhodobě). U jedinců, kteří jsou na počátku aklimatizace na výšku, nastupuje při zatěžování organismu rychleji únava a regenerace trvá daleko déle. Prvotním příznakem přetrénování je pokles výkonnosti, ta se však ve výšce daleko hůře rozlišuje, protože než dojde k průběhu celého aklimatizačního procesu je pokles

výkonnosti zcela obvyklý. Pro identifikaci přetrénování je zapotřebí sledovat tělo a jeho náznaky. Může se vyskytovat nespavost, nechutenství, bolesti v oblasti srdce nebo bolest hlavy. Z fyziologického hlediska může nastat zhoršení funkcí u několika orgánů a systémů. Dalším ukazatelem přetrénování je navýšení hladiny močoviny. Činnost celého organismu může být ovlivněna poklesem hmotnosti z důvodu těžké, až chronické únavy (Suchý et al., 2014).

4 Projekt experimentu, jeho organizace a průběh

4.1 Organizační a přístrojové zabezpečení experimentu

K vyhodnocení experimentu jsme nejdříve museli provést u všech testovaných sportovců zátěžové laboratorní vyšetření šest dnů před odjezdem na soustředění. Poté následovaly laktátové testy a přesun do vyšší nadmořské výšky, kde soustředění probíhalo deset dnů. Po devíti dnech od příjezdu zpět do nížiny jsme provedli výstupní zátěžové laboratorní vyšetření na stejném principu, jako tomu bylo u prvního měření. Kontrolní skupina podstoupila totožné zátěžové laboratorní vyšetření a tréninkové zatížení. Pouze jejich trénink se celou dobu odehrával v nížině 400 m n. m.

Pro ověření námi stanovených cílů jsme využili:

4.1.1 *Měření ranní klidové srdeční frekvence*

Probandi byli poučeni, jak správně provádět dané měření. Zaznamenávali své každodenní hodnoty po dobu 15 dnů před soustředěním, následně pokračovali v každodenním měření během desetidenního kempu. Tedy 10x za pobyt a 15 dní po soustředění.

Metodika měření: Ihned po probuzení si nasadili probandi vlastní hrudní pás a za jeho pomoci společně se sporttestrem značky Garmin, po dobu 3 minut zaznamenávali nejnižší možnou naměřenou klidovou srdeční frekvenci. Následně naměřená data byla uložena do počítačového zařízení k dalšímu zpracování.

4.1.2 *Dynamika změn maximální spotřeby kyslíku VO_{2max}*

Probandi se zúčastnili před a po absolvování kempu ve vyšší nadmořské výšce funkčního laboratorního vyšetření spiroergometrie za pomoci cyklistického ergometru se stupňovaným zatížením do „vita maxima“. K testování byl využit cyklistický ergometr Excaliber sport od značky Lode.

K měření respiračních parametrů jsme použili přístroj Metalyzer 3B zprostředkovaný firmou Cortex. Z výsledků laboratorního testování jsme posuzovali naměřené hodnoty maximální relativní spotřeby kyslíku ($VO_{2max} \cdot kg^{-1}$), dále tepový kyslík ($VO_2 \cdot SF^{-1}$) a relativní výkon během VO_{2max} ($WR \cdot kg^{-1}$). Testování jsme probandy podrobili 8 dnů před odjezdem na kemp a 9 dní po jejich příjezdu zpět do nížiny.

Měření vždy probíhalo u jednotlivých probandů zvlášť. Po příchodu probanda do laboratoře se nejdříve zapsali jeho osobní údaje do počítačového programu Excel. Následovalo měření výšky na manuálním antropomotorickém výškoměru. Proband byl

požádán, aby si odložil šaty do spodního prádla včetně ponožek. K docílení co možná nejpřesnějších hodnot měření bylo nezbytné držení vzpřímené postavy. Následně naměřená data byla uložena do již připraveného počítačového programu.

Po měření tělesné výšky se proband podrobil měření na analyzátoru tělesné kompozice, značky Tanita BC 418 MA. Měření opět probíhalo ve spodním prádle, bez ponožek. Po signálu testujícího se proband postavil na spodní část vyznačené plochy přístroje. Po druhém vyzvání uchoпил do každé ruky jedno madlo, které je součástí přístroje a vyčkal na signál testujícího pro odložení madel zpět na určené místo a sestoupil z váhy. Naměřená data byla uložena do počítačového zařízení.

Proband byl požádán, aby se převlékl do vhodného sportovního oblečení s možností využití vlastních cyklistických treter a nasazení, již připraveného hrudního pásu značky POLAR k zaznamenávání tepové frekvence během testování. Po usednutí na bicyklový ergometr se nastavila testovanému probandovi horizontální i vertikální poloha řidítek a výška sedla s požadovaným sklonem, tak aby vše vyhovovalo testovanému a nedošlo k možným komplikacím během samotného testování. V dalším kroku byl vysvětlen průběh celého testování a vzájemné domluvě na signálu k jeho ukončení, kdy bude-li si myslet testovaný, že dosáhne již brzy svého maximálně možného vyčerpání, zvedne svou ruku, aby upozornil testujícího na posledních 30 sekund do chtěného ukončení testu. Nemá-li testující žádný dotaz, nasadí se mu na obličej anatomická maska a pulsní oxymetr na ukazováček levé ruky. Po nasazení masky nesmí testovaný proband mluvit, aby nedošlo ke znehodnocení dat.

Posledním měřeným údajem před samotným spiroergometrickým vyšetřením je zjištění vitální kapacity plic (FVC). Jedná se o usilovný výdech ihned po maximálním usilovném nádechu. Testovaný podstoupí měření v sedle ergometru ve vzpřímené poloze. Zpravidla se tento test provádí alespoň dvakrát a zapíše se nejvýše dosažená hodnota do počítačového programu.

Na začátku spiroergometrie se jedincovi nastaví lehká zátěž 25 W, po dobu dvou minut, aby se zahřál. Drží rychlost na 100 otáček min^{-1} . Hodnoty zatížení se v průběhu nastavují pomocí dat z předchozích měření daného jedince. Pokud ho neabsolvoval, je na testujícím, aby míru zatížení zhruba ze začátku odhadnul. Po zahřátí se začíná zátěž postupně zvyšovat každou minutu o 20 W až do „vita maxima“. Během celého průběhu vyšetření se musí počet otáček pohybovat kolem

100 otáček min⁻¹. Zvednutím ruky jedinec upozorní testujícího, že do ukončení vyšetření zbývá zhruba 30 sekund a je tak připraven na druhé zvednutí ruky, kdy přepíná zatížení opět do fáze vyjetí na 25 W při držení 60 otáček min⁻¹ po dobu tří minut. Test se vyhodnocuje pouze z hlavní části. Fáze zahřátí a vyjetí nijak neovlivní výsledky testu.

4.1.3 Sledování parametrů krevních obrazců

Provedli jsme u všech zúčastněných rozbor krve 5 dnů před a 8 dnů po kempu. Kdy jsme zjišťovali jejich stanovení množství počtu erytrocytů [tera·l⁻¹], hemoglobinu [g·l⁻¹] a hematokritu [zkoumán poměr erytrocytů k objemu krve].

Odběry po návratu z kempu byly provedeny ve stejnou hodinu, jako tomu bylo při jejich prvních odběrech před odjezdem, aby nedošlo k jejich znehodnocení. Odběry krve proběhly ve spolupráci se sportovní lékařkou v akreditované biomechanické a hematologické laboratoři, sídlící na Poliklinice Jih v Českých Budějovicích. Kvůli nadcházejícím závodům, kterých se probandi zúčastnili po příjezdu do nížin, byly krevní testy odebrány osmý den po návratu.

4.2 Charakteristika souboru

Soubor našeho výzkumu tvoří deset atletů, běžců na střední a dlouhé tratě z oddílu T. J. Sokol České Budějovice. Jsou vysoce trénovaní a aktivně se zúčastňují mezinárodních soutěží včetně mládežnického mistrovství české republiky, na kterém jich pět z nich získalo medaili. Zkoumaní probandi ve věku 14–18 let se zúčastnili v počtu pěti dívek a pěti chlapců desetidenního tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce v italské provincii Sondrio v oblasti Lombardie ve městě Livigno. Průměrná výška zde dosahuje (1850 m n. m.), kde ve zmiňované výšce bydleli a trénovali. Kemp proběhl v termínu 19.–29. 10. 2017.

4.3 Soubor probandů

Našeho výzkumu se zúčastnilo deset běžců na střední a dlouhé tratě. Všichni byli v adolescentním věku. Skupina běžců se skládala z pěti děvčat ve věku $16,6 \pm 0,9$ let a jejich průměrná hmotnost činila $60,0 \pm 3,9$ kg. Průměrná tělesná výška byla $168,8 \pm 2,8$ cm. Věk chlapců byl v době kempu $15,6 \pm 1,3$ let a jejich průměrná váha činila $60,6 \pm 12,4$ kg. Disponovali průměrnou výškou $177,6 \pm 10,2$ cm. Osm probandů tvořilo kontrolní skupinu z toho čtyři dívky ve věku $17,0 \pm 0,7$ let

s průměrnou hmotností $57,8 \pm 6,6$ kg a výškou $168,0 \pm 5,7$ cm a čtyři chlapci ve věku $16,2 \pm 1,2$ let s průměrnou hmotností $54,7 \pm 8,2$ kg a výškou $172,0 \pm 4,1$ cm. Na tomto kempu již měli čtyři probandi dřívější zkušenost s vysokohorským tréninkem a šest probandů, kteří absolvovali kemp poprvé. Všichni testující se rozhodli pro absolvování kempu svobodně, pro zlepšení své výkonnosti v nížině.

Aby bylo možné každému probandovi zvlášť individualizovat trénink ve výšce, museli podstoupit laktátové testy. Za pomoci těchto testů lze stanovit individuální výkonnostní úroveň každého z nich a poté ji praktikovat v tréninku. Než došlo k samotnému přesunu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce, absolvovali sportovci šesti týdenní závodní období. Následně poté se začali opět připravovat na nadcházející sezónu. Ve třetím a čtvrtém týdnu systematické přípravy byl plynule realizován kemp ve vyšší nadmořské výšce. Tréninkové zatížení na kempu bylo odvozeno z předchozích tréninků v nížině tak, aby na sebe plynule navazovaly.

Tabulka 1. Popis zkoumaných probandů.

proband	věk [r]	hmotnost [kg]	výška [cm]
běžec 1	14	41,3	162
běžec 2	15	54,9	178
běžec 3	15	67,7	182
běžec 4	16	59,6	173
běžec 5	16	60,3	168
běžec 6	16	56,2	166
běžec 7	17	71,6	184
běžec 8	17	66,3	167
běžec 9	17	67,3	187
běžec 10	18	57,7	170

Tabulka 2. Popis probandů kontrolní skupiny.

proband	věk [r]	hmotnost [kg]	výška [cm]
kontrolní běžec 1	16	62,8	171
kontrolní běžec 2	17	63,6	174
kontrolní běžec 3	17	60,7	175
kontrolní běžec 4	15	55,4	173
kontrolní běžec 5	16	59,8	174
kontrolní běžec 6	16	54,8	166
kontrolní běžec 7	17	49,8	161
kontrolní běžec 8	15	42,8	166

4.4 Sběr dat

Budeme porovnávat a vyhodnocovat naměřená data před a po absolvování desetidenního soustředění ve vyšší nadmořské výšce, jestli došlo ke změně ve funkčních a biochemických parametřů organismu u adolescentních sportovců. Jelikož máme neparametrická data, vybrali jsme pro statické ověření Wilcoxonův párový test pro dva závislé výběry na hladině významnosti $p < 0,05$. Dle výsledků budeme přijímat hypotézu H1 – H4.

V neposlední řadě porovnáme naměřená data pomocí věcné významnosti, za využití Cohenova d , které se zabývá užitečností výsledků v reálném životě.

4.5 Plánované zatížení na kempu

Po příjezdu na kemp do vyšší nadmořské výšky museli běžci podstoupit nejdříve tři denní aklimatizaci, během které absolvovali trénink nižší intenzitou oproti obvyklé. V prvních dnech pobytu byly tréninkové jednotky tvořeny především z běhu nízkou intenzitou, rovinek a běhu, ve kterém se sportovci pohybovali na úrovni aerobního prahu (AEP). Dále byla zařazena i vysokohorská turistika a dva tréninky se zakomponovanými úseky, kde se intenzita pohybovala na úrovni anaerobního prahu (ANP). S rostoucím časem stráveným při pobytu ve vyšší nadmořské výšce, rostla i intenzita zatížení. Tréninkové zatížení se odvíjelo a přizpůsobovalo podle aktuálně naměřené ranní SF ihned po probuzení.

Oproti tréninku v nížině byl trénink ve vyšší nadmořské výšce doplněn o čtyři tréninkové jednotky vysokohorské turistiky. Během této jedné tréninkové jednotky sportovci zdolali převýšení v rozmezí 700–1320 m. První výstup trval 1:30 hod a následně při každé další tréninkové jednotce čas zatížení rostl. Druhý výstup trval 1:45 hod, třetí 2:30 hod. a délka posledního výstupu byla 3:30 hod. Tato vysokohorská turistika plnila účel, silově vytrvalostního tréninku. Jelikož jen 15 % ze všech naběhaných kilometrů za celý kemp bylo po rovině, plnily zbylé běžecké tréninky, které probíhaly v různě prudkém stoupání a klesání, již zmiňovanou silově vytrvalostní funkci. Celkový počet naběhaných kilometrů za kemp se u běžců pohyboval v rozmezí 69 až 125 km.

Abychom mohli porovnat a vyhodnotit změny vlivu vyšší nadmořské výšky, vytvořili jsme kontrolní skupinu složenou z osmi běžců. Trénink probíhal v jejich místě

bydliště, kde nadmořská výška dosahuje 400 m n. m. Jako členové intervenční skupiny se podrobili stejnému tréninkovému zatížení, kde objem a intenzita zatížení byla hodnocena jako u běžců na kempu pomocí SF. Místo tréninkové jednotky vysokohorské turistiky podstoupila kontrolní skupina běžců volný běh a turistiku po rovině. Oproti objemu, který byl absolvovaný na kempu v horách, se téměř nelišil. K provedení výzkumu byl udělen souhlas Etické komise PF JU, c. j.: 001/2018. Udělen byl i souhlas všech rodičů zúčastněných na tomto výzkumu. Během této studie nedošlo u autorů k žádnému střetu zájmů.

5 Výsledky a diskuse

5.1 Klidová srdeční frekvence

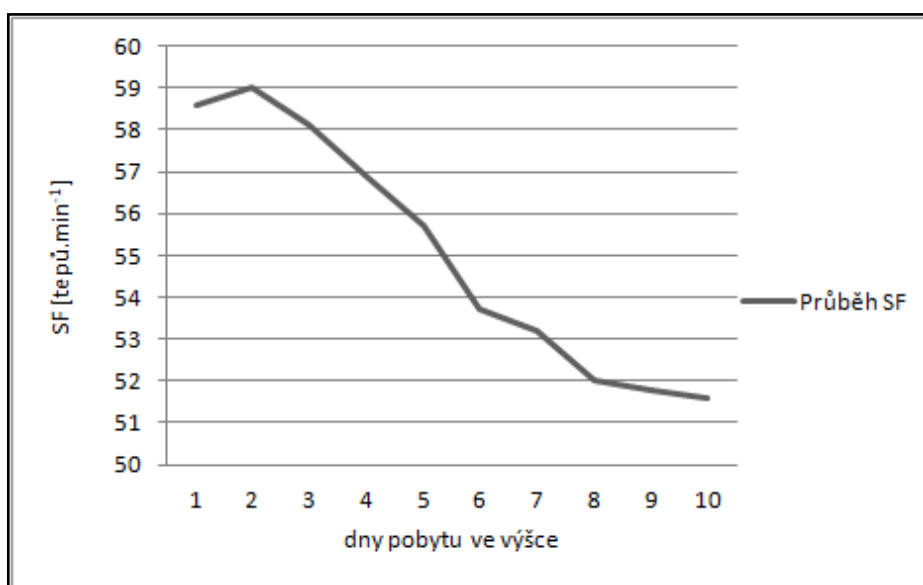
Tabulka 3. Klidová srdeční frekvence.

	nížina před kempem	kemp ve výšce	nížina po kempu
počet dnů	15	10	15
průměr	51,2	55,0	48,2
směr. odchylka	5,8	6,5	5,1
prům. odchylka	4,7	5,2	4,0

V tabulce č. 3 můžeme vidět výsledky klidové srdeční frekvence. Během pobytu ve výšce stoupla ranní SF u sledovaných sportovců o 7,42 %, než tomu bylo před tréninkovým kempem. Tento rozdíl je statisticky ($p=0,007$) a věcně ($d=0,713$) významný. Po návratu zpět do nížiny klesla SF o 5,86 % oproti hodnotám SF naměřených před odjezdem na soustředění. Proto je tento rozdíl také statisticky ($p=0,007$) a věcně významný se středním efektem ($d=0,580$) a můžeme tak potvrdit hypotézu H2, kdy po příjezdu zpět do nížiny poklesla klidová SF. O 12,36 % byl zaznamenán pokles hodnot SF po návratu ze soustředění zpět do nížiny. I zde je rozdíl statisticky ($p=0,005$) i věcně významný s velkým efektem ($d=1,406$).

5.2 Průběh srdeční frekvence

Při pohledu na obrázek č. 9 je vidět, že po příjezdu do vyšší nadmořské výšky se průměr SF první dva dny zvyšoval z důvodu aklimatizace. Následně v průběhu dalších dnů SF průměrně neustále klesala až do odjezdu.



Obrázek 9. Průběh klidové SF (tepů.min⁻¹) během průběhu kempu ve vyšší nadmořské výšce.

5.3 Krevní testy

Tabulka 4. Naměřené hodnoty krevních testů, před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.

	erythrocyty		hemoglobin		hematokrit	
	14.10.	27.10.	14.10.	27.10.	14.10.	27.10.
průměr	5,05	5,17	141,50	145,30	0,44	0,45
směr.odchylka	0,33	0,40	8,00	10,04	0,02	0,03
prům.odchylka	0,27	0,36	7,10	8,96	0,02	0,03

V tabulce č. 4 jsou uvedeny výsledky krevních testů u erythrocytů, hemoglobinu a hematokritu před a po absolvování kempu ve vyšší nadmořské výšce. Po osmi dnech od příjezdu z kempu byl nárůst množství erythrocytů o 2,38 %. Tyto hodnoty jsou statisticky ($p=0,037$) a věcně ($d=0,334$) významné. Rozdíl hodnot u hemoglobinu se zvýšil o 2,69 % a je tak statisticky ($p=0,009$) a věcně ($d=0,419$) významný. U hematokritu došlo k nárůstu hodnot o 2,27 % a je tak věcně významný ($d=0,379$). Statisticky však významný není ($p=0,116$). Domníváme se, že výsledky byly značně ovlivněny z důvodu menstruace u dvou dívek, během kempu ve vyšší nadmořské výšce.

Tabulka 5. Naměřené hodnoty krevních testů u kontrolních probandů.

	erythrocyty		hemoglobin		hematokrit	
	14.10.	27.10.	14.10.	27.10.	14.10.	27.10.
průměr	4,82	4,84	142,10	142,10	0,42	0,42
směr.odchylka	0,36	0,34	10,37	9,86	0,02	0,01
prům.odchylka	0,25	0,23	7,13	6,41	0,01	0,01

Tabulka č. 5 představuje naměřené hodnoty krevních testů při prvním a druhém měření u kontrolních probandů. Hodnota erythrocytů se průměrně zvýšila pouze o 0,41 %, proto věcná významnost nevykazuje žádný efekt a statisticky také není významná ($p=0,129$). U hemoglobinu a hematokritu nebyla zaznamenána žádná změna, proto tyto výsledky nejsou věcně, ani statisticky ($p=1,000$) významné.

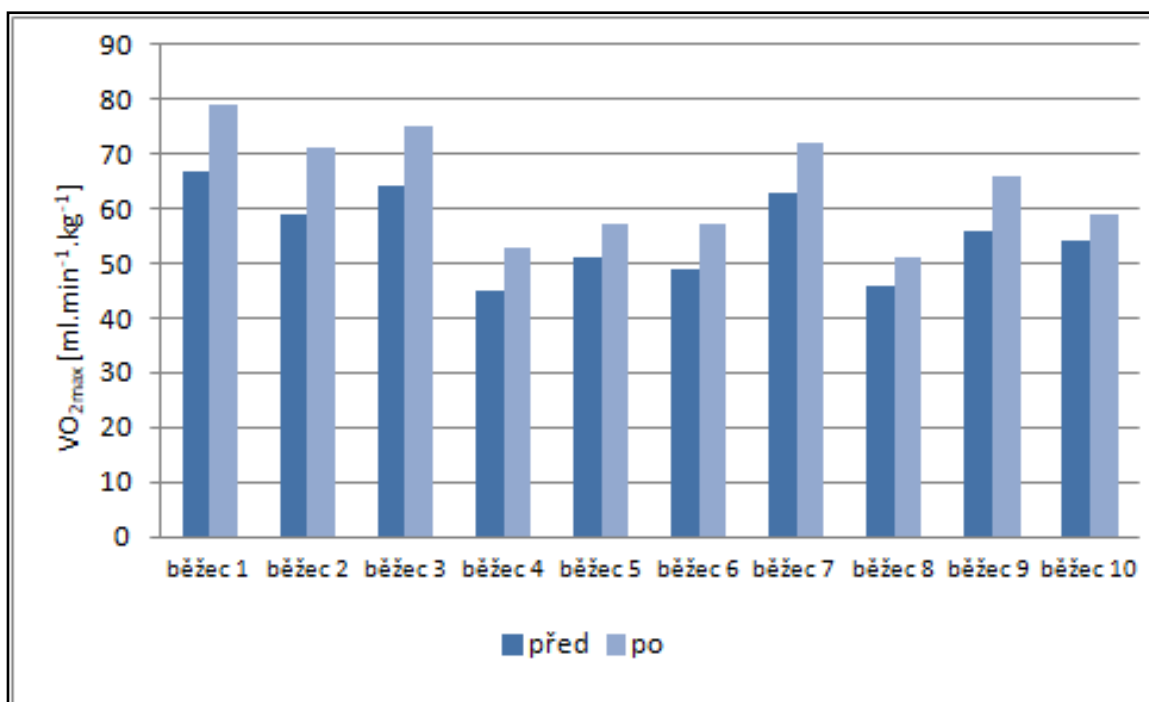
5.4 VO_{2max}

5.4.1 VO_{2max} běžci

Nejdůležitějším parametrem je maximální spotřeby kyslíku, která byla porovnávána u všech probandů individuálně a následně vyhodnocena v níže uvedeném obrázku.

Z obrázku č. 10., který je vložen na další straně lze vyčíst, že všem zúčastněným probandům po návratu z kempu ve vyšší nadmořské výšce vzrostlo $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$, oproti hodnotám před kempem. Největších změn dosáhl běžec č. 1, který před soustředěním disponoval $67 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ a po návratu mu byla naměřena hodnota $79 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Stejný rozdíl byl, zaznamenám u běžce č. 2, kdy jeho hodnota před soustředěním činila $59 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ a po $71 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Druhých nejvyšších změn dosáhl běžec č. 3. Jeho hodnota před, byla $64 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ a po kempu $75 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. U běžce 9, vzrostlo $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ o $10 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ z počátečních $56 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ na $66 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Běžec č. 7, vylepšil svou hodnotu o $9 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Shodných výsledků dosáhli, běžec č. 4 a 6, kdy došlo k navýšení o $8 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší naměřené změny ze všech probandů byli u běžce č. 8 a 10, kde nárůst disponoval $5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Průměrná hodnota u všech měřených probandů před kempem byla $55,40 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ a po $64,00 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Jejich průměrné hodnoty vzrostly o 15,52 %. Rozdíl hodnot VO_{2max} před a po absolvování soustředění je u běžců věcně s velkým efektem ($d=1,023$) a statisticky významný ($p=0,005$). Naše hypotéza H1 byla tímto potvrzena a dokazuje, že během desetidenního tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce lze dosáhnout významného navýšení hodnot VO_{2max} . Jelikož u kontrolní skupiny, která absolvovala totožné tréninkové zatížení v nížině, se nepotvrdila žádná významná změna na zvýšení VO_{2max} .

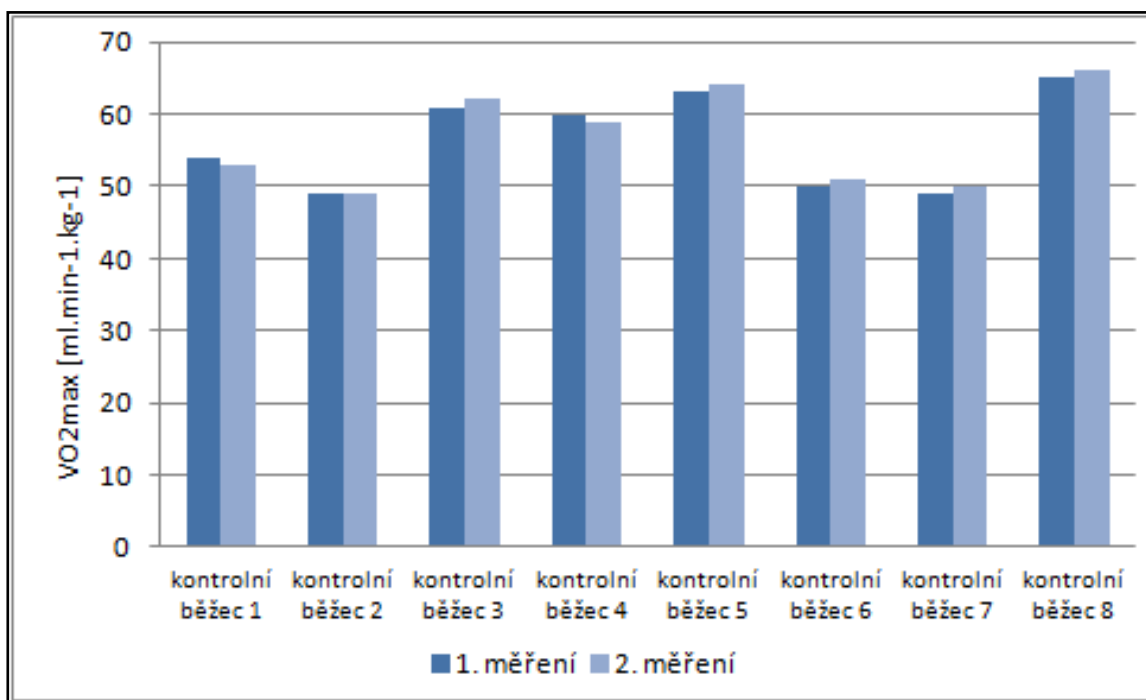


Obrázek 10. Naměřené hodnoty maximální spotřeby kyslíku před a po absolvování kempu ve vyšší nadmořské výšce.

5.4.2 VO_{2max} kontrolní skupina

Na obrázku č. 11 lze vidět naměřená data všech kontrolních běžců individuálně, kteří absolvovali totožné zatížení v nížině, jako běžci na soustředění ve vyšší nadmořské výšce. K nepatrnému nárůstu hodnot $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ došlo u kontrolního běžce č. 3, 5, 6, 7 a 8. Jejich nárůstová hodnota činila $1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. U kontrolního běžce č. 2 došlo k naměření stejných hodnot jak u prvního měření, tak i u druhého. Pokles hodnot o $1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ bylo zaznamenáno u běžce č. 1 a 4.

Průměrné hodnoty $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ při prvním měření dosahovaly u kontrolní skupiny $56,40 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Při druhém měření se zvýšily na $56,80 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. To znamená nárůst o 0,71 %. Rozdíl hodnot $VO_{2max} \cdot kg^{-1}$ není věcně, ani statisticky ($p=0,310$) významný.



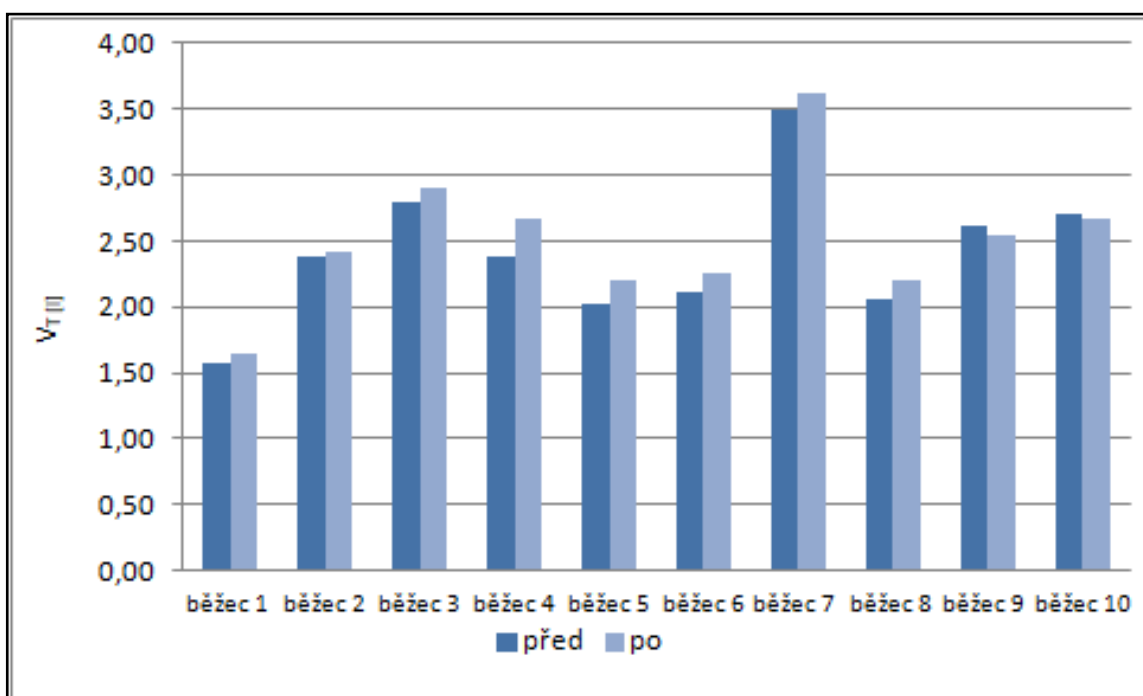
Obrázek 11. Naměřené hodnoty maximální spotřeby kyslíku u kontrolní skupiny.

5.5 Dechový objem

5.5.1 Dechový objem běžci

Na obrázku č. 12 vidíme naměřené hodnoty dechového objemu v litrech všech účastníků jednotlivě, před a po soustředění ve vyšší nadmořské výšce. U osmi běžců došlo k navýšení dechového objemu při druhém měření, po návratu z kempu. U dvou běžců byl zaznamenán určitý pokles. Největších výrazných změn dosáhl běžec č. 4, u kterého byl navýšen dechový objem o 0,27 l z původních 2,39 l na 2,66 l. Nejnižších změn dosáhl běžec č. 2, kde rozdíl činil mezi dvěma naměřenými hodnotami 0,03 l. Pokles hodnot byl u běžce č. 9 a 10, kdy u prvního zmiňovaného byl snížen dechový objem o 0,07 l a u druhého o 0,05 l.

Průměrná hodnota dechového objemu všech běžců byla před soustředěním 2,42 l a po návratu 2,51 l. Z toho plyne, že dechový objem se zvýšil o 0,37 %. Věcná významnost se u tohoto parametru nepotvrdila. Statistická významnost však ano ($p=0,022$). Předpokládáme, že k tomu, aby došlo k navýšení dechového objemu, je zapotřebí absolvovat delší pobyt ve vyšší nadmořské výšce.

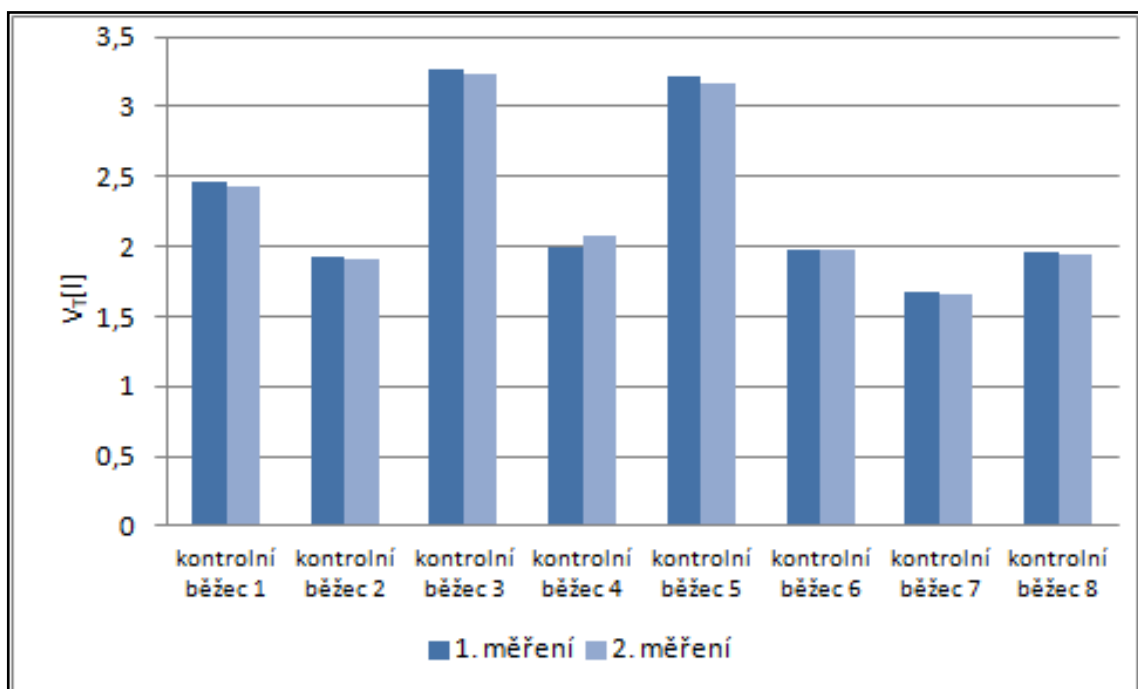


Obrázek 12. Naměřené hodnoty dechového objemu před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.

5.5.2 Dechový objem kontrolní skupina

Obrázek č. 13 zobrazuje dechový objem všech kontrolních běžců individuálně, během prvního a druhého měření. Pouze u kontrolního běžce č. 4 byl zaznamenán nárůst hodnoty dechového objemu o 0,07 l. Stejně hodnoty, jako při prvním laboratorním zátěžovém testu docílil kontrolní běžec č. 6. U běžce č. 2, 7 a 8 se hodnota snížila pouze o 0,01 l. Snížení došlo také u běžce č. 3 o 0,03 l. Zbylí dva běžci č. 1 a 5 zaznamenali pokles hodnot o 0,04 l.

Průměrné hodnoty všech kontrolních běžců při prvním laboratorním měření dosahovaly 2,31 l, při druhém měření to bylo 2,30 l. Hodnoty se tímto snížily o 0,43 %. Věcná významnost nevykazuje žádný efekt. Statistická významnost nebyla potvrzena ($p=0,237$).



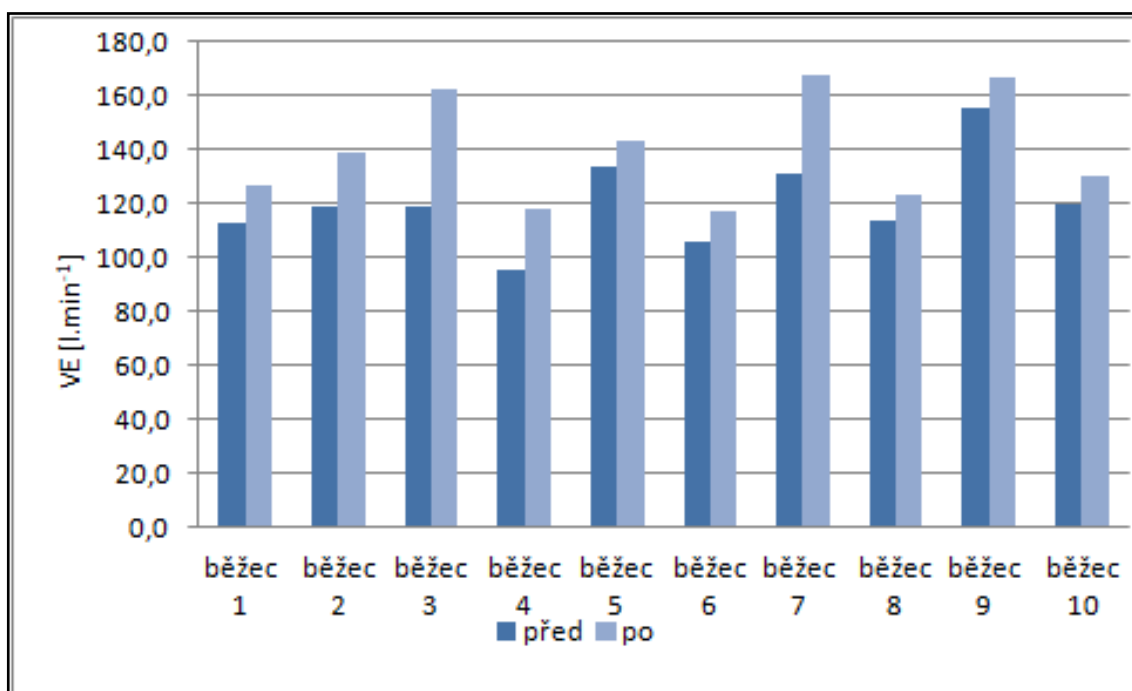
Obrázek 13. Naměřené hodnoty dechového objemu u kontrolní skupiny.

5.6 Minutový respirační objem

5.6.1 Minutový respirační objem běžci

Obrázek č. 14 znázorňuje u všech účastníků výzkumu jednotlivě změny expirační minutové ventilace před a po absolvování kemp ve vyšší nadmořské výšce. Z obrázku je patrné, že u všech běžců se výrazně zvýšili hodnoty expirační minutové ventilace. Největších změn dosáhl běžec č. 3, u kterého vzrostla tato hodnota o $43,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ z původních $118,7$ na $162,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Druhých největších změn bylo docíleno u běžce č. 7, který před soustředěním disponoval $130,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ a po návratu $167,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Nejnižší hodnoty byly zaznamenány u běžce č. 5, kde navýšení činilo $9,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

Průměrná změna expirační minutové ventilace u všech testovaných se zvýšila o $15,62\%$. Jak nám může procentuální vyhodnocení napovědět, věcná významnost zde vykazuje velký efekt ($d=1,087$) a výsledek je statisticky významný ($p=0,005$).

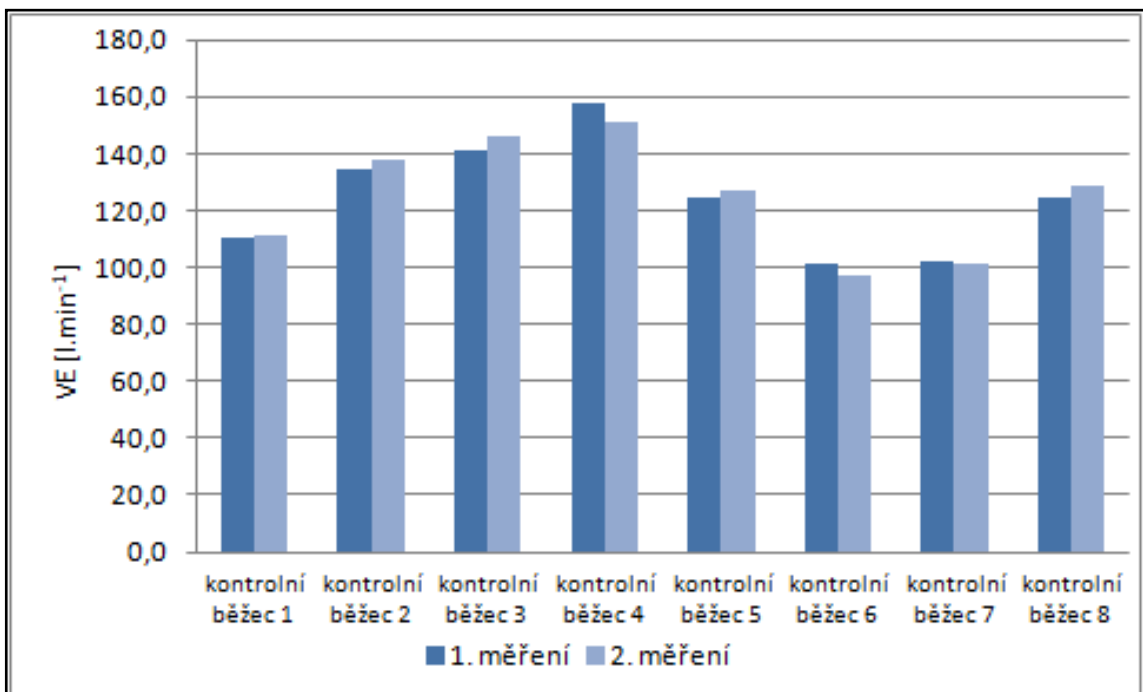


Obrázek 14. Naměřené hodnoty minutového respiračního objemu před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.

5.6.2 Minutový respirační objem kontrolní skupiny

Obrázek č. 15 představuje naměřené hodnoty expirační minutové ventilace u kontrolní skupiny individuálně, během prvního a druhého měření. U pěti kontrolních běžců byl zaznamenán nárůst hodnot, u zbylých tří kontrolních běžců se hodnota oproti prvnímu měření expirační minutové ventilace snížila. Největší změna naměřených hodnot byla u běžce č. 3 o 4,7 l·min⁻¹. U běžce č. 4 nejvíce klesla naměřená hodnota z původních 158,1 na 151,1 l·min⁻¹. To znamená rozdíl o 7,0 l·min⁻¹.

Průměrné hodnoty všech kontrolních běžců při expirační minutové ventilaci se navýšila pouze o 0,16 %. Tyto hodnoty nejsou věcně, ani statisticky ($p=0,674$) významné.



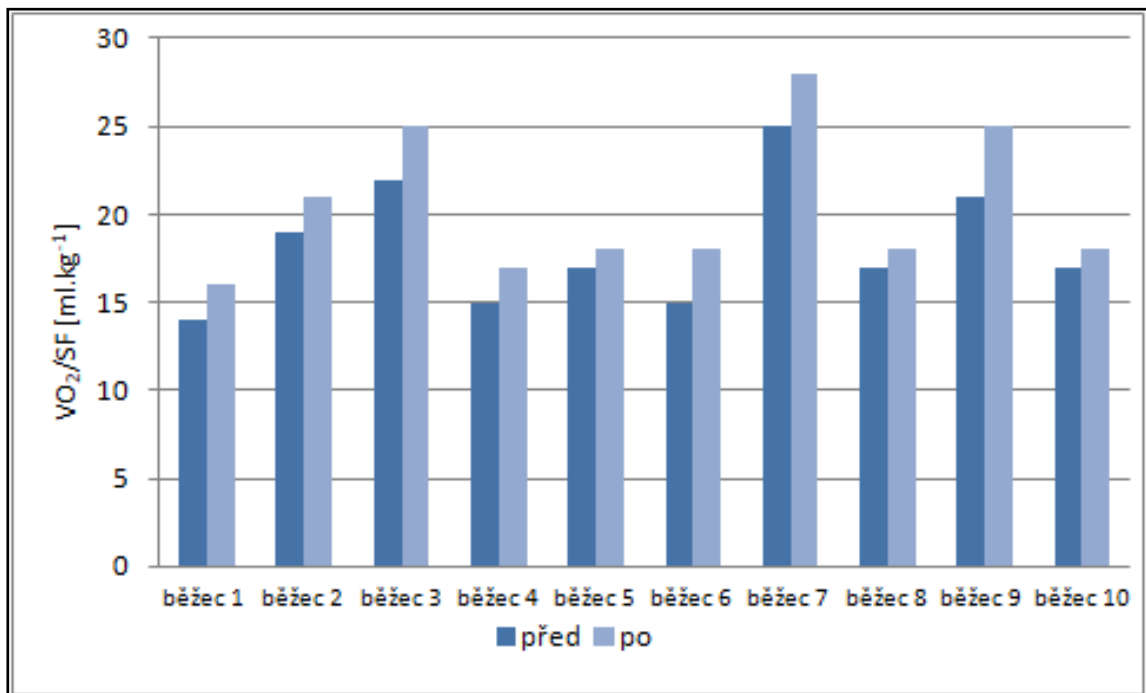
Obrázek 15. Naměřené hodnoty expirační minutové ventilace u kontrolní skupiny.

5.7 Tepový kyslík

5.7.1 Tepový kyslík běžci

Na obrázku č. 16 vidíme porovnání hodnot tepového kyslíku ve vyšší nadmořské výšce u všech zúčastněných jednotlivců. K nárůstu hodnot došlo u všech běžců, kde nejvyšších dosáhl běžec č. 9, u kterého byl nárůst o $4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ z původních $21 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ na $25 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$. Shodné navýšení tepového kyslíku o $3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ bylo naměřeno u běžce č. 3, 6 a 7. O $2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ došlo u běžce č. 1, 2 a 4. Nejnižší naměřené hodnoty byly zaznamenány u běžce č. 5, 8 a 10 s navýšením tepového kyslíku o $1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Průměrné hodnoty se zvýšily u všech probandů, kteří absolvovali soustředění ve vyšší nadmořské výšce o 12,08 %. Věcná významnost v tomto případě vykazuje střední efekt ($d=0,603$) a potvrzena byla i statistická významnost ($p=0,005$).

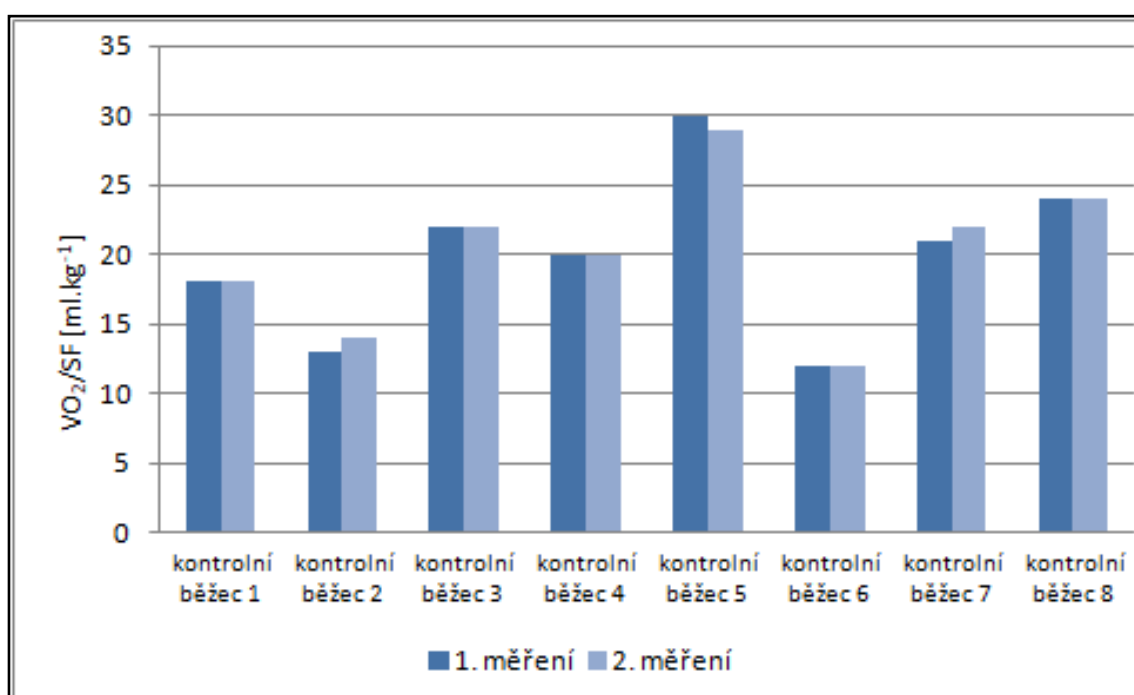


Obrázek 16. Naměřené hodnoty tepového kyslíku před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.

5.7.2 Tepový kyslík u kontrolní skupiny

Na obrázku č. 17 lze vidět naměřené hodnoty tepového kyslíku u kontrolních běžců jednotlivě. Z obrázku lze vyčíst, že navýšení těchto hodnot proběhlo pouze u kontrolního běžce č. 2 a 7 shodně o $1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$. U běžce č. 1, 3, 4, 6 a 8 se oproti prvnímu měření hodnoty nezměnily. Kdežto u běžce č. 5 byl zaznamenán pokles o $1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Průměrné hodnoty všech kontrolních běžců se zvýšily o 0,65 %. Věcná, ani statistická významnost ($p=0,593$) nebyla prokázána.



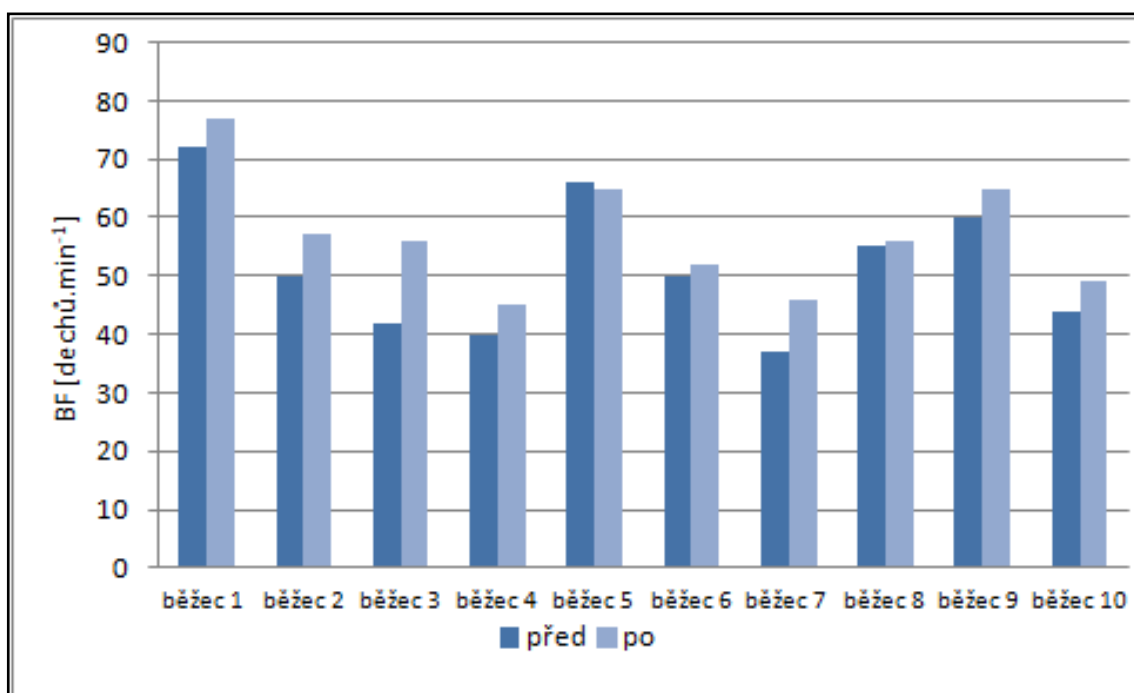
Obrázek 17. Naměřené hodnoty tepového kyslíku u kontrolní skupiny.

5.8 Dechová frekvence

5.8.1 Dechová frekvence běžci

Na obrázku č. 18 jsou znázorněny dosažené výsledky všech zúčastněných jednotlivců z laboratorního testování před a po soustředění ve vyšší nadmořské výšce na změnu dechové frekvence. Z deseti probandů se u devíti z nich navýšila dechová frekvence a pouze u jednoho běžce byl zaznamenán mírný pokles. Nejvyšší nárůst hodnot měl běžec č. 3 se 14 dechů·min⁻¹. U Běžce č. 7 se zvýšila hodnota o 9 dechů·min⁻¹. Z počátečních 50 dechů·min⁻¹ na 57 dechů·min⁻¹ proběhlo u běžce č. 2. Shodné výsledky 5 dechů·min⁻¹ má běžec č. 1, 4, 9 a 10. O 2 dechy·min⁻¹ se navýšila hodnota u běžce č. 6. Nejnižší hodnota a zároveň pokles oproti výsledkům před soustředěním byla u běžce č. 5 o 1 dech·min⁻¹.

Průměrně vzrostla dechová frekvence oproti výsledkům před kempem o 10,07 %. Proto můžeme potvrdit věcnou významnost se středním efektem ($d=0,508$) a statistickou významnost ($p=0,008$).

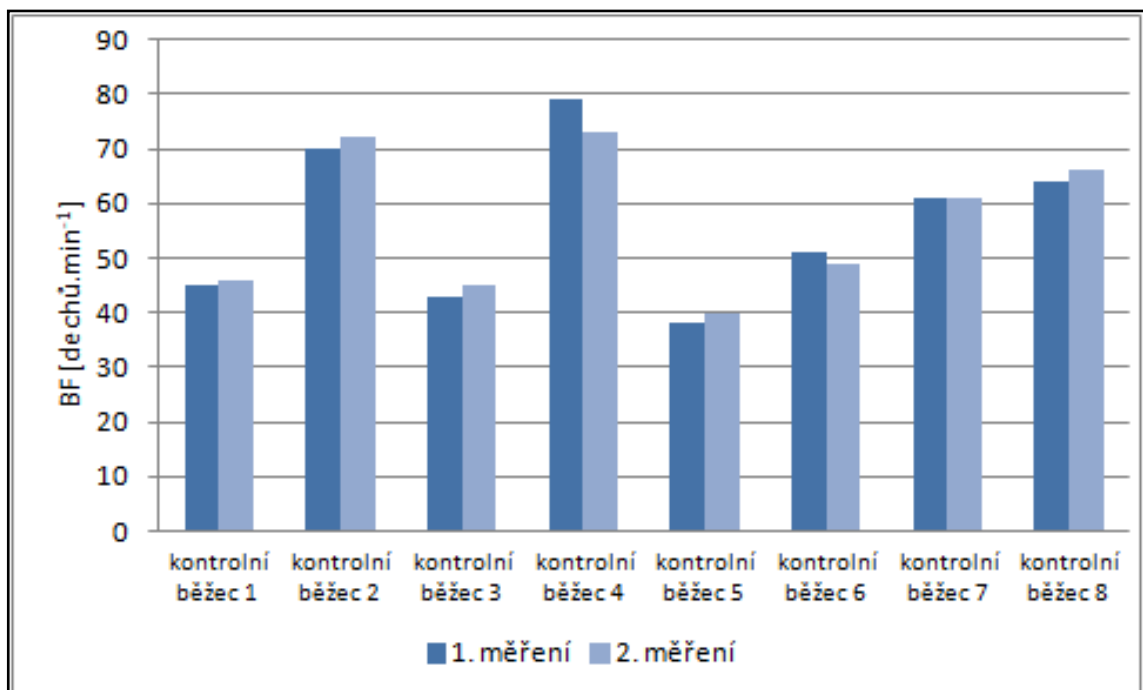


Obrázek 18. Naměřené hodnoty dechové frekvence před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.

5.8.2 Dechová frekvence kontrolní skupina

Obrázek č. 19 zobrazuje naměřené hodnoty dechové frekvence u kontrolních běžců individuálně. Shodný nárůst byl u běžce č. 2, 3, 5, a 8 o 2 dechy·min⁻¹. Další zvýšení počáteční hodnoty proběhlo u běžce č. 1. o 1 dech·min⁻¹. Hodnota 61 dechů·min⁻¹ zůstala neměnná u běžce č. 7. U zbylých dvou běžců č. 6 a 4 se hodnoty dechové frekvence snížily. U prvního zmiňovaného poklesla tato hodnota o 2 dechy·min⁻¹ a druhého běžce z počátečních 79 dechů·min⁻¹ na 73 dechů·min⁻¹.

O 0,18 % byla průměrně navýšena dechová frekvence u kontrolní skupiny. Věcná významnost u těchto hodnot nevykazuje žádný efekt. Statistická významnost se nepotvrdila (p=0,612).



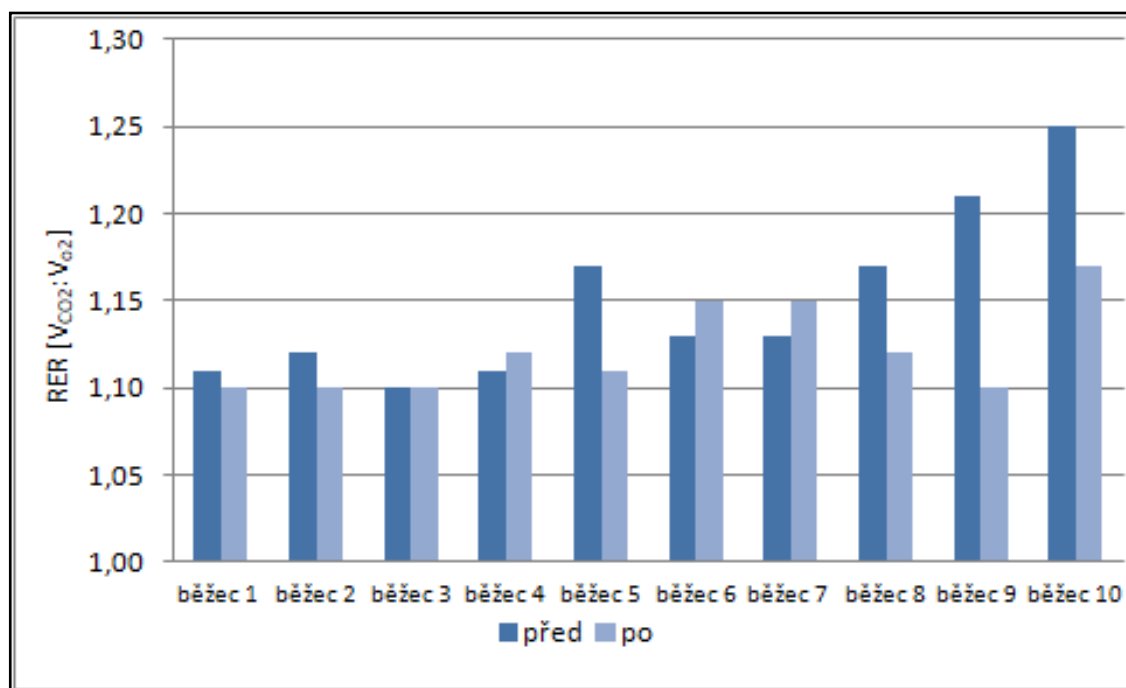
Obrázek 19. Naměřené hodnoty dechové frekvence u kontrolní skupiny.

5.9 Poměr respirační výměny

5.9.1 Poměr respirační výměny běžci

V obrázku č. 20 jsou znázorněny výsledky všech zúčastněných výzkumu jednotlivě. Snížení hodnot proběhlo u šesti běžců. Běžec č. 3 nezaznamenal žádné změny v poměru respirační výměny. U zbylých tří probandů hodnota mírně narostla. Největších změn zaznamenal běžec č. 9, u kterého došlo ke snížení hodnot RER o 0,11 z původních 1,21 na 1,10. Zvýšení hodnot RER proběhlo o 0,01 u běžce č. 4 a shodného navýšení dosáhli běžci č. 6 a 7, kde hodnota činila 0,02.

Poměr respirační výměny se snížil u všech testovaných o 2,43 %. Věcná významnost vykazuje středně velký efekt ($d = -0,752$). Rozdíl hodnot poměru respirační výměny není statisticky významný ($p = 0,124$).

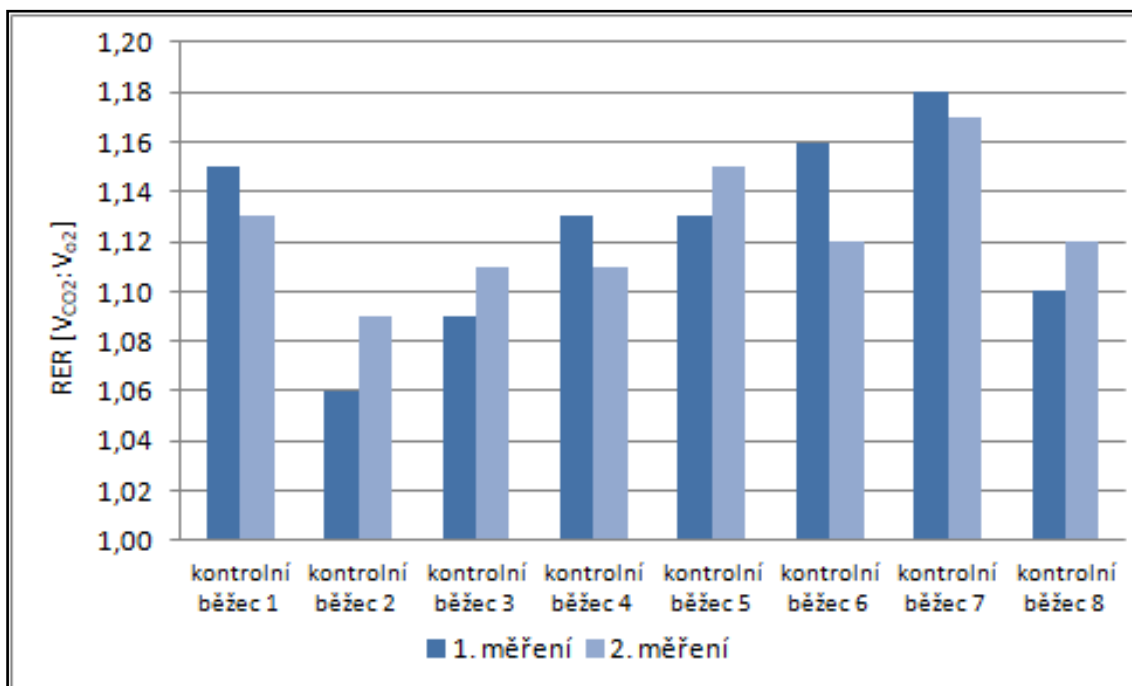


Obrázek 20. Naměřené hodnoty poměru respirační výměny před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.

5.9.2 Poměr respirační výměny kontrolní skupina

V obrázku č. 21 jsou vyobrazeny výsledky laboratorního měření všech kontrolních běžců individuálně. Pouze u čtyř běžců došlo k nepatrnému snížení poměru respirační výměny. U zbylých čtyř běžců se tato hodnota mírně zvýšila. Největší snížení se dostavilo u běžce č. 6 s hodnotou RER 0,04, také i u běžce č. 1 a 4 o 0,02. Největší navýšení proběhlo u běžce č. 2 s hodnotou 0,03. U zbylých tří běžců došlo ke shodnému navýšení o 0,02.

Změny v poměru respirační výměny nelze procentuálně vyhodnotit z důvodu, že nedošlo k žádné změně. Průměrné hodnoty všech kontrolních běžců dosáhly stejných výsledků při prvním i druhém laboratorním měření a to 1,125. Poměr respirační výměny není věcně, ani statisticky ($=0,727$) významný.



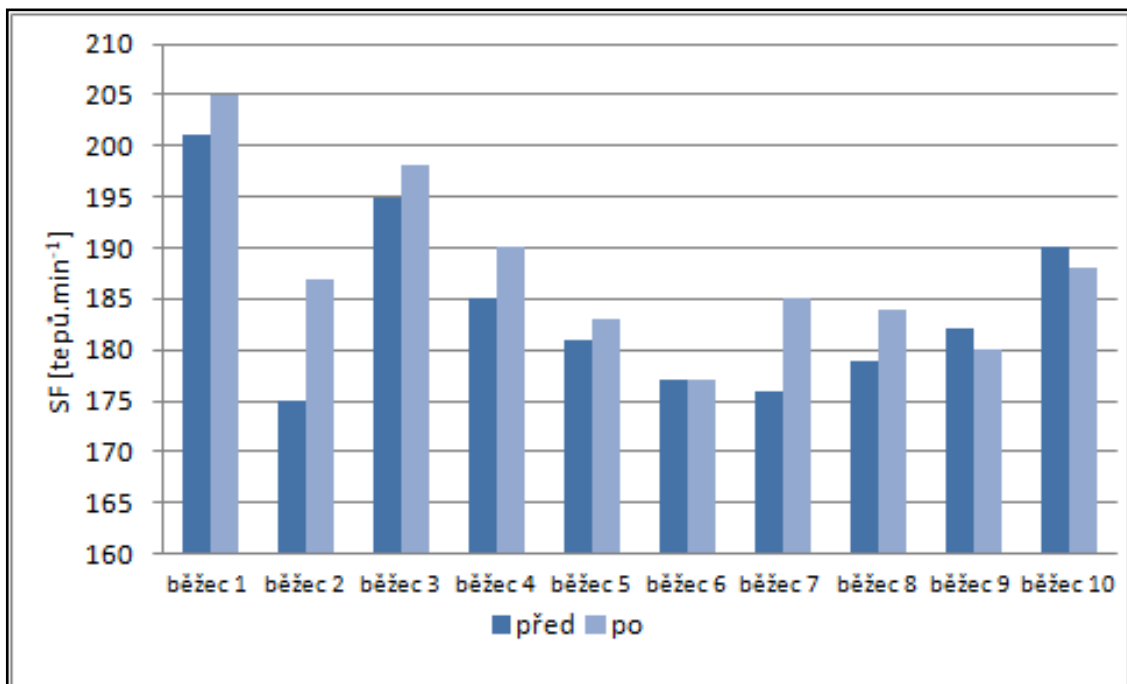
Obrázek 21. Naměřené hodnoty poměru respirační výměny u kontrolní skupiny.

5.10 Srdeční frekvence při vrcholové spotřebě kyslíku

5.10.1 Srdeční frekvence při vrcholové spotřebě kyslíku běžci

Na níže uvedeném obrázku č. 22 jsou zaneseny hodnoty srdeční frekvence, při vrcholné spotřebě kyslíku u každého testovaného zvlášť, před a po absolvování kempu ve vyšší nadmořské výšce. U sedmi běžců došlo po kempu k navýšení hodnot. U běžce č. 6 se neprojevila žádná změna a u zbylých dvou běžců poklesla hodnota po příjezdu zpět do nížin. Největší hodnoty zaznamenal běžec č. 2, u kterého se zvýšil počet tepů při vrcholové spotřebě kyslíku o 12 tepů·min⁻¹. Nejnižší změna byla prokázána u běžce č. 5 s 2 tepy·min⁻¹. U běžce č. 9 a 10 došlo ke snížení těchto hodnot o 2 tepy·min⁻¹.

Průměrná hodnota všech výsledků vzrostla o 1,95 %. Tento výsledek můžeme prohlásit za věcně ($d=0,445$) i statisticky významný ($0,028$).

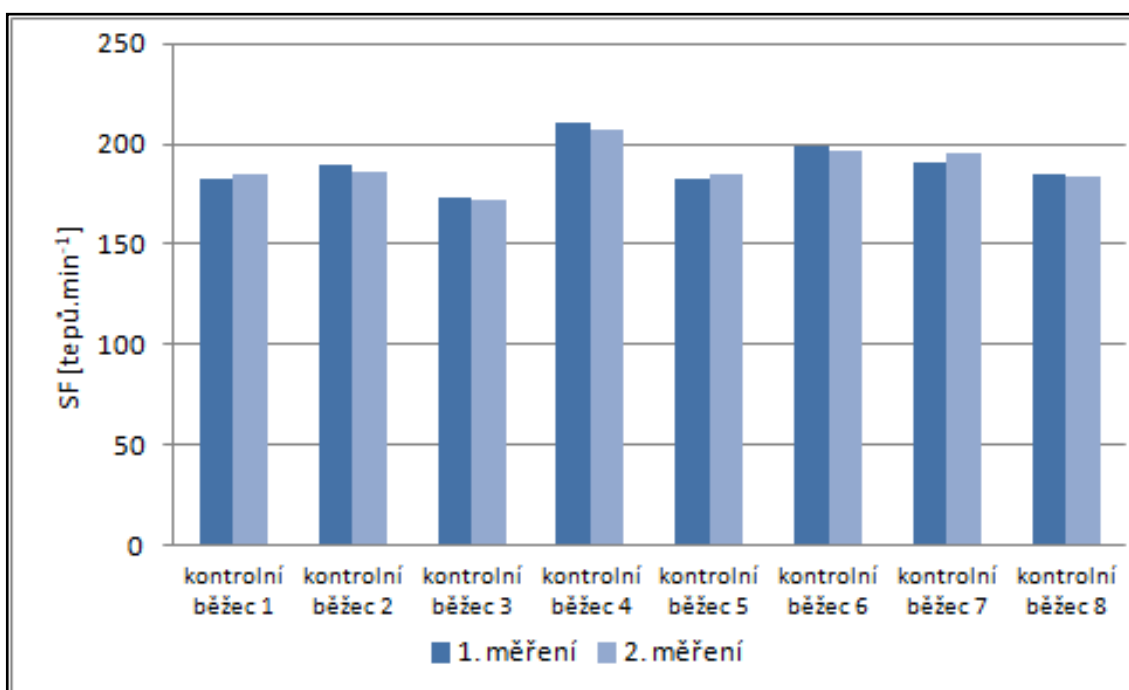


Obrázek 22. Naměřené hodnoty srdeční frekvence při vrcholové spotřebě kyslíku před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.

5.10.2 Srdeční frekvence při vrcholové spotřebě kyslíku kontrolní skupina

Na obrázku č. 23 lze vidět naměřené hodnoty srdeční frekvence při vrcholové spotřebě kyslíku během prvního a druhého laboratorního vyšetření u kontrolních běžců individuálně. Tři běžci zaznamenali nárůst těchto hodnot a u zbylých pěti běžců při druhém měření hodnota klesla. Největších změn bylo dosaženo u běžce č. 7, u kterého se počet tepů navýšil o 4 tepy·min⁻¹, kdežto největší pokles byl u běžce č. 2 a 4 se shodným poklesem o 3 tepy·min⁻¹.

Průměrné hodnoty činily, při prvním měření 189,0 tepů min⁻¹ u druhého měření 188,9 tepů·min⁻¹. Procentuálně se snížily o 0,053 %. Rozdíl hodnot srdeční frekvence při vrcholové spotřebě kyslíku není věcně, ani statisticky ($p=0,944$) významný.



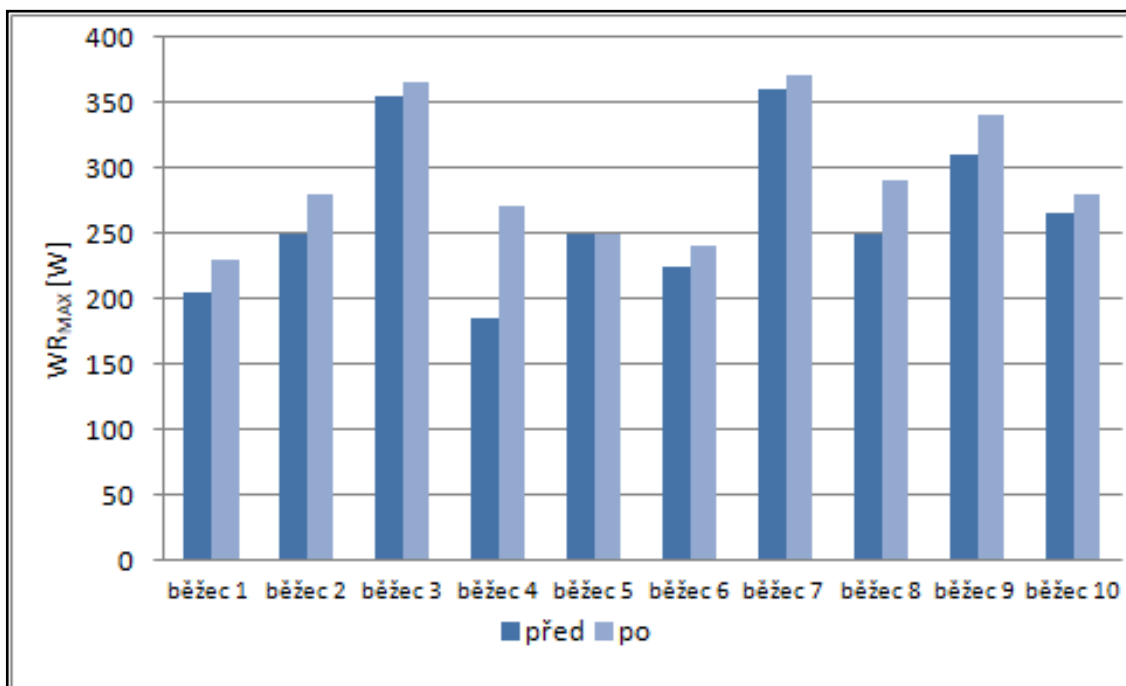
Obrázek 23. Naměřené hodnoty srdeční frekvence při vrcholné spotřebě kyslíku u kontrolní skupiny.

5.11 Maximální wattový výkon

5.11.1 Maximální wattový výkon běžci

Na obrázku č. 24 lze vidět maximální wattový výkon všech zúčastněných probandů jednotlivě, před a po absolvování kempu ve vyšší nadmořské výšce. U devíti probandů tato hodnota vzrostla a pouze u běžce č. 5 nebyla zaznamenána žádná změna. Zdaleka největší rozdíl zaznamenal běžec č. 4 s nárůstem o 85 W z předchozích 185 W, na 270 W. Druhých nejvyšších hodnot dosáhl běžec č. 8, s nárůstem o 40 W. Zvýšení o 30 W proběhlo u běžce č. 2 a 9. Běžec č. 1 se zlepšil o 25 W a běžec č. 6 a 10 o 15 W. Nejnižší změny proběhli u běžců č. 3 a 7, kteří svůj maximální wattový výkon vylepšili o 10 W.

Průměrně se maximální wattový výkon zvýšili o 9,79 %. Můžeme tak s jistotou říct, že věcná významnost vykazuje střední efekt ($d=0,500$). Tyto hodnoty vykazují také statistickou významnost ($p=0,008$). Tímto výsledkem je potvrzena hypotéza H4. K navýšení hodnot došlo z důvodu 75 % procent tréninkového zatížení v kopcovitém terénu ve vyšší nadmořské výšce, který má vliv na zlepšení silových dispozic u běžců a napomáhá tak ke zlepšení výkonnosti.

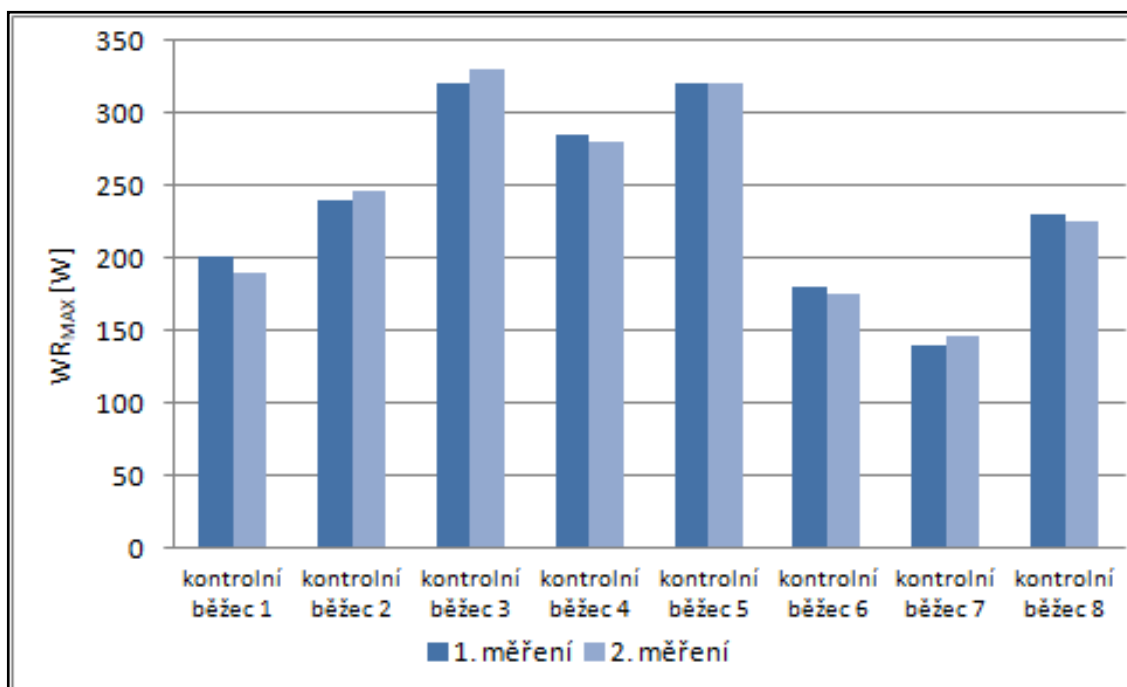


Obrázek 24. Naměřené hodnoty maximálního wattového výkonu před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.

5.11.2 Maximální wattový výkon kontrolní skupina

Na obrázku č. 25 jsou znázorněny hodnoty maximálního wattového výkonu u všech kontrolních běžců individuálně, při prvním i druhém měření. Největší nárůst byl naměřen u běžce č. 3, kde hodnota činila o 10 W vyšší, než při prvním měření. U Běžce č. 2 a 7 narostl maximální wattový výkon o 5 W. Kontrolní běžec č. 5 dokázal vyvinout 320 W při prvním i druhém měření. Pokles o 5 W byl naměřen u běžce č. 4, 6 a 8. Největší pokles o 10 W proběhl u kontrolního běžce č. 1. Z původních 200 W na 190 W.

Průměrné hodnoty všech kontrolních běžců při prvním měření byly 65,60 W a u druhého měření se zvýšily na 67,70 W. Maximální wattový výkon se průměrně navýšil o 3,20 %. Rozdíl hodnot wattového výkonu u kontrolní skupiny není věcně ani statisticky významný ($p < 0,05$).



Obrázek 25. Naměřené hodnoty maximálního wattového výkonu u kontrolní skupiny.

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce byla analýza vlivu desetidenního tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce na výkonnost adolescentních běžců. K naměření dat nám posloužil spiroergometrický test VO_{2max} se stupňovaným zatížením do „vita maxima“. Dále se běžci podrobili odběru krve. Spiroergometrické testování a odběry krve probíhali vždy ve stejný čas, na stejném místě. Tyto testy se uskutečnily před odjezdem na kemp a následně po příjezdu zpět do nížiny. Klidovou srdeční frekvenci zaznamenávali běžci patnáct dnů před odjezdem, deset dnů na kempu a patnáct dnů po návratu zpět do nížiny. Kontrolní skupina absolvovala stejný postup při získávání dat i s téměř totožným tréninkovým zatížením. Všichni běžci byli v době výzkumu v adolescentním věku.

Výsledek našeho výzkumu jednoznačně potvrdil hypotézu H1, kdy došlo k významnému navýšení VO_{2max} . Rozdíl hodnot je věcně i statisticky významný, kdy věcná významnost vykazuje velký efekt. Proto můžeme říci, že i během desetidenního tréninkového kempu lze dosáhnout zvýšení hodnot VO_{2max} , pokud je tréninkové zatížení individuálně nastaveno na daného běžce a jsou dodrženy zásady vysokohorského tréninku.

Věcná i statistická významnost byla prokázána u rozdílu klidové srdeční frekvence, kdy došlo ke snížení hodnot po kempu, oproti hodnotám před jeho absolvováním. Proto je hypotéza H2 potvrzena.

Oproti kontrolní skupině dosáhli běžci absolvující kemp věcně významného zvýšení u všech tří zkoumaných krevních hodnot. Statistická významnost byla prokázána u erytrocytů a hemoglobinu, pouze hematokrit nebyl statistickou významností prokázán. Hypotéza H3 je potvrzena.

Významný rozdíl byl prokázán i u maximálního wattového výkonu, kde oproti kontrolní skupině, hodnoty běžců, kteří absolvovali soustředění ve výšce, vykazovali věcně i statisticky významné změny. Hypotéza H4 je tímto potvrzena.

Výsledky naší práce a výzkumu vyšly nad očekávání velmi dobře a všechny námi stanovené hypotézy byly věcně i statisticky prokázány a tím i to, že desetidenní tréninkový kemp má značný význam na změnu funkčních a biochemických parametrů na organismus.

Referenční seznam literatury

- Bahenský, P., & Bunc, V. (2018). *Trénink mládeže v bězích na střední a dlouhé tratě*. Praha: Karolinum.
- Bahrke, S. M., & Shukitt-Hale, B. (1993). Effects of altitude on mood, behaviour and cognitive functioning: *Sport Medicine* 16(2), 97-125.
- Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitka, K., Šteffl, M., & Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže: Učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. Praha: UK. FTVS.
- Bunc, V. (2009). Diagnostics of sport performance predisposition. *Scientific Review of Physical Culture* 12(1), 5-14.
- Bunc, V. (2013). Functional profile of young trained athletes: *Czech kinanthropology* 17(4), 95-107.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., et al. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dufour, P. S. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners - Improvement in aerobic performance capacity: *Journal of Applied Physiology* 100, 1238-1248.
- Greene, S. L., & Pate, R. (2014). *Training Young Distance Runners*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Heller, J. (2018). *Zátěžová a funkční diagnostika ve sportu: Východiska, aplikace a interpretace*. Praha: Karolinum.
- Hendl, J. (2004). *Přehled Statistických metod zpracování dat: Analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.
- Hochachka, W. P., Rupert, L. J., & Monge, C. (1999). *Adaptation and conservation of physiological systems in the evolution of human hypoxia tolerance*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular Integrative Physiology* 124, 1-17.
- Kučera, V., & Truksa, Z. (2000). *Běhy na střední a dlouhé tratě*. Praha: Olympia.
- Madsen, O. (1999). Hypoxia - the „magic pill“ to enhance performance in endurance sport in the 21st century: *Proceedings of the Second Annual International Altitude Training symposium*. Flagstaff: USOC.
- Mourek, J. (2005). *Fyziologie - učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Hottenrott, K. (2005). *Trénink pod kontrolou: metody, kontrola a vyhodnocení vytrvalostního tréninku*. Grada.
- Pernica, J., Harsa, P., & Suchý, J. (2019). *Změny nálad při tréninku v hypoxii*. Praha: Karolinum.
- Písařík, M., & Liška, J. (1985). *Běhy na střední a dlouhé tratě: Základní programový materiál pro vrcholový sport*. Praha: Ústřední výbor československého svazu tělesné výchovy.
- Robergs, A. R., & Roberts, S. (1997). *Excercise Physiology: Exercise, performance, and clinical applications*. St Louis: Mosby.
- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2004). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada.
- Soukup, P. (2013). Věcná významnost výsledků a její možnosti měření: *SDA info*, 7(2), 125-148.
- Suchý, J. (2012). *Využití hypoxie a hyperoxie ve sportovním tréninku*. Praha: Karolinum.
- Suchý, J., Dovalil, J., Heller, J., Bunc, V., & Pernica, J. (2014). *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. Praha: Mladá fronta.

- Terrados, N. C. (1995). L'allenamento in altitudine: *Scuola dello Sport* 14, 14-22.
- Trojan, S. (1994). *Lékařská fyziologie: Exercise, performance, and clinical applications*. Praha: Grada.
- Vaněk, M. (1968). Vliv nadmořské výšky Mexiko City na psychickou složku sportovního výkonosti: *Teorie a praxe tělesné výchovy* 16, 401-408.
- Whipp, J. B., Davis, A. J., Torres, F., & Wasserman, K. (1981). A test to determine parameters of aerobic function during. *Journal Of Applied Psysiology: Respirant. Environ. Exerc. Physiol.* 50, 217-221.

Internetové zdroje

- Compek (2010). Cortex Metacontrol 3000. Přístup dne 30.11.2019, z <http://www.compek.cz/cortex-metacontrol-3000.htm>
- Compek (2010). Cortex MetaLyzér 3B. Přístup dne 30.11.2019, z <http://www.compek.cz/cortex-metalyzer.htm>
- Compek (2010). Speciální ergometr LODE Excalibur Sport. Přístup dne 30.11.2019, z [Http://www.compek.cz/ergometr-excalibur-sport.htm](http://www.compek.cz/ergometr-excalibur-sport.htm)
- Fitham (2018). Tanita BC-418 MA. Přístup dne 30.11.2019, z <https://www.fitham.cz/tanita-bc-418-ma>
- Chrástková, M., & Suchý, J. (2011). Názory trenérů lyžařů běžců na přípravu ve vyšší nadmořské výšce [Online]. Dostupné z https://www.researchgate.net/profile/Martina_Chrostkova2/publication/302026414_Questions_regarding_high_altitude_in_preparing_cross_country_skiers/links/572da53508ae7441518f1d18/Questions-regarding-high-altitude-in-preparing-cross-country-skiers.pdf
- Polar (2018). Hrudní pás POLAR H7 Bluetooth černý. Přístup dne 30.11.2019, z <https://www.polar-eshop.cz/hrudni-pas-polar-h7-bluetooth-cerny>
- Suchý, J., Dovalil, J., & Perič, T. (2009). Současné trendy tréninku ve vyšší nadmořské výšce [Online]. Dostupné z <http://www.jirisuchy.cz/dokumenty/abstrakta%20publikaci%20suchy/Aktualni%20trendy%20vyska.pdf>

Seznam tabulek

Tabulka 1. Popis zkoumaných probandů.....	54
Tabulka 2. Popis probandů kontrolní skupiny.	54
Tabulka 3. Klidová srdeční frekvence.	57
Tabulka 4. Naměřené hodnoty krevních testů, před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.....	58
Tabulka 5. Naměřené hodnoty krevních testů u kontrolních probandů.	58

Seznam obrázků

Obrázek 1. Tanita BC 418 MA (zdroj vlastní 2019).....	14
Obrázek 2. Cortex MetaControl 3000 (zdroj vlastní 2019).....	15
Obrázek 3. Cortex MetaLyzer 3B (zdroj vlastní 2019).....	16
Obrázek 4. Ergometr LODE Excalibur Sport (zdroj vlastní 2019).	17
Obrázek 5. Spiroergometrická maska společně s Hrudním pásem POLAR H7 (zdroj vlastní 2019).	18
Obrázek 6. Exponenciální průběh křivky srdeční frekvence (Pernica et al., 2019, s. 25).	28
Obrázek 7. Lineární průběh křivky srdeční frekvence (Pernica et al., 2019, s. 26).	29
Obrázek 8. Schematický průběh změn vytrvalostní výkonnosti během hypoxického tréninku a po něm (zdroj Dovalil et al., 2002, s. 315).....	39
Obrázek 9. Průběh klidové SF ($\text{tepů} \cdot \text{min}^{-1}$) během průběhu kempu ve vyšší nadmořské výšce.....	57
Obrázek 10. Naměřené hodnoty maximální spotřeby kyslíku před a po absolvování kempu ve vyšší nadmořské výšce.	60
Obrázek 11. Naměřené hodnoty maximální spotřeby kyslíku u kontrolní skupiny.	61
Obrázek 12. Naměřené hodnoty dechového objemu před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.	62
Obrázek 13. Naměřené hodnoty dechového objemu u kontrolní skupiny.	63
Obrázek 14. Naměřené hodnoty minutového respiračního objemu před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.	64
Obrázek 15. Naměřené hodnoty expirační minutové ventilace u kontrolní skupiny.	65
Obrázek 16. Naměřené hodnoty tepového kyslíku před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.....	66
Obrázek 17. Naměřené hodnoty tepového kyslíku u kontrolní skupiny.....	67
Obrázek 18. Naměřené hodnoty dechové frekvence před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.	68
Obrázek 19. Naměřené hodnoty dechové frekvence u kontrolní skupiny.	69

Obrázek 20. Naměřené hodnoty poměru respirační výměny před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.	70
Obrázek 21. Naměřené hodnoty poměru respirační výměny u kontrolní skupiny.	71
Obrázek 22. Naměřené hodnoty srdeční frekvence při vrcholové spotřebě kyslíku před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.	72
Obrázek 23. Naměřené hodnoty srdeční frekvence při vrcholné spotřebě kyslíku u kontrolní skupiny.	73
Obrázek 24. Naměřené hodnoty maximálního wattového výkonu před a po kempu ve vyšší nadmořské výšce.	74
Obrázek 25. Naměřené hodnoty maximálního wattového výkonu u kontrolní skupiny.	75

Poznámkový aparát

Seznam použitých zkratk

°C	Celsiův stupeň
ANP	anaerobní práh
AP	aerobní práh
ATP	adenosintrifosfát
ATP-CP	adenosintrifosfát a kreatinfosfát
BF	dechová frekvence
FVC	usilovná vitální kapacita
IHT	intermittent hypoxic training (přerušovaný hypoxický trénink)
kg	kilogram
km	kilometry
LA	laktát
m n. m.	metry nad mořem
m	metr
mm Hg	míra tlaku
mmol/l	milimoly na litr
NDR	Německá demokratická republika
OBLA	Onset Blood Lactate Accumulation
OH	Olympijské hry
pH	hladina kyselosti v krve
PO ₂	parciální tlak kyslíku
RER	poměr respirační výměny
sec	sekundy
SF	srdeční frekvence
SF _{max}	maximální srdeční frekvence
TF	tepová frekvence
USA	Spojené státy americké
USOC	Olympijský výbor USA
VE	expirační minutová ventilace [V _{CO2} :V _{O2}]
VO ₂ /SF	tepový kyslík
VO _{2max}	maximální spotřeba kyslíku [ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹]

VO_{2PEAK}	vrcholná spotřeba kyslíku
V_T	dechový objem
W	watty
WR	odpor ve wattech
WR_{max}	maximální odpor ve wattech