



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

Diplomová práce

**Analýza tří několikaměsíčních
tréninkových pobytů vytrvalostního běžce
ve vyšší nadmořské výšce**

Vypracoval: Bc. Aneta Vondrášková

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

České Budějovice, 2019



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

Graduation thesis

**Analysis of three several-month training
sessions of the endurance runner at
higher altitudes**

Author: Bc. Aneta Vondrášková

Supervisor: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

České Budějovice, 2019

Bibliografická identifikace

Název diplomové práce: Analýza tří několikaměsíčních tréninkových pobytů vytrvalostního běžce ve vyšší nadmořské výšce

Jméno a příjmení autora: Bc. Aneta Vondrášková

Studijní obor: Učitelství tělesné výchovy pro střední školy (jednooborové)

Pracoviště: Katedra tělesné výchovy a sportu PF JU

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

Rok obhajoby diplomové práce: 2019

Abstrakt:

Cílem naší diplomové práce je analyzovat tři několikaměsíční soustředění vytrvalostního běžce ve vyšší nadmořské výšce. Konkrétně jsme porovnávali výsledky naměřených hodnot před pobytem ve vysoké nadmořské výšce a po příjezdu z vysoké nadmořské výšky. Testovaný jedinec byl ubytován v Keni ve městě Iten, které se nachází v nadmořské výšce 2 400 metrů nad mořem. Pro vypracování této diplomové práce jsme použili metodu obsahové analýzy a komparativní metodu. Pro získání výsledků jsme použili laboratorní testy spiroergometrii, spirometrii, složení těla a Wingate test. Data jsme poté zpracovali pomocí věcné významnosti. Věcnou významnost jsme vymezili pomocí Cohenova d. Naše výsledky ukázaly zvýšení červených krvinek, zvýšení $VO_2\max$, snížení tepové frekvence, snížení ranní srdeční frekvence. Z těchto výsledků je zřejmé, že vysokohorský trénink má pozitivní vliv na výkonnost sportovce.

Klíčová slova: vyšší nadmořská výška, spiroergometrie, spirometrie, Wingate test, tělesné složení těla

Bibliographical identification

Title of the graduation thesis: Analysis of three several-month training sessions of the endurance runner at higher altitudes

Author's first name and surname: Bc. Aneta Vondrášková

Field of study: University of South Bohemia

Department: Department of Sports studies

Supervisor: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

The year of presentation: 2019

Abstract:

The aim of this diploma thesis is to analyze three several-month concentration of a long-distance runner at higher altitude. Specifically, we compared the results of the measured values before staying in zones of high altitude and after arrival from high altitude. The tested individual was housed in Kenya in the town of Iten, located at 2,400 meters above sea level. To elaborate this thesis, we used the method of content analysis and the comparative method. To obtain the results, we used laboratory tests spiroergometry, spirometry, body composition and Wingate test. Then, the data was processed using material significance. The material significance was defined using Cohen's d. Our results showed an increase in red blood cells, an increase in VO₂max, a reduction in heart rate, a reduction in morning heart rate. From these results, it is clear that alpine training has a positive effect on the performance of the athlete.

Keywords: higher altitude, spiroergometry, spirometry, Wingate test, body composition

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala 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 diplomové práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí 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.

Dne

Aneta Vondrášková

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat mému vedoucímu diplomové práce panu PhDr. Petru Bahenskému PhD., za jeho ochotu, pomoc a cenné rady při konzultacích. Dále bych mu chtěla poděkovat za shromáždění a poskytnutí naměřených dat, které jsem následně použila do mé diplomové práce.

OBSAH

1 Úvod	8
2 Přehled poznatků	9
2.1 Historie atletiky	9
2.2 Charakteristika běžeckých disciplín	9
2.3 Psychologické a somatické složky výkonu	11
2.4 Motorické složky výkonu	14
2.5 Struktura sportovního výkonu	17
2.5.1 Fyziologické a metabolické složky	20
2.5.2 Složky běžeckého tréninku	22
2.5.3 Etapy sportovní přípravy	23
2.6 Charakteristika hypoxického prostředí	25
2.6.1 Klasifikace nadmořské výšky	25
2.6.2 Historie vysokohorského tréninku	26
2.6.3 Fyziologické adaptační změny ovlivněné pobytem ve vyšší nadmořské výšce	29
2.6.4 Fáze adaptace na vyšší nadmořskou výšku	34
2.6.5. Specifika tréninku ve vysoké nadmořské výšce	35
2.7 Tělesné složení	41
2.7.1 Tělesný tuk	41
2.7.2 Svalová hmota	41
2.8 Wingate test	42
2.8.1 Maximální výkon.kg ⁻¹	42
2.8.2 Průměrný výkon.kg ⁻¹	43
2.8.3 Index únavy	43
2.9 Spiroergometrie a spirometrie	43
3 Cíle práce, úkoly a hypotézy	46
3.1 Cíl práce	46
3.2 Úkoly práce	46
3.3 Výzkumné otázky	46
4 Metodika	47
4.1 Výzkumný soubor	47
4.2 Sběr dat	47
4.3 Použité metody	48
4.4 Použité přístroje	49
4.4.1 Tanita BC 418 MA	49
4.4.2 Cortex MetaControl 3000	50
4.4.3 Ergometr LODE Excalibur Sport	51
4.4.4 Hrudní pás a spiroergometrická maska	52
4.4.5 Cortex MetaLyzer 3B	53
5 Výsledky	54
6 Diskuze	69
7 Závěr	73
Referenční seznam literatury a zdrojů	74
Seznam obrázků	78
Seznam tabulek	79

Seznam grafů	80
---------------------------	-----------

1 Úvod

Tuto diplomovou práci jsem si vybrala na základě mého zájmu o atletiku. K atletice mám velice kladný vztah, protože se jí věnuji již delší dobu, jak po trenérské stránce, tak i po závodní. Jako trenérka se atletice věnuji již 5 let v oddíle T. J. Sokol České Budějovice, a myslím si, že jsem zde strávila spoustu hodin a nasbírala jsem skvělé zkušenosti.

Tato diplomová práce se týká analýzy třech několikaměsíčních soustředění vytrvalostního běžce ve vysoké nadmořské výšce. Toto téma je velice zajímavé a také proto jsem si ho vybrala. Samotná příprava vrcholového běžce není vůbec jednoduchá záležitost, protože na tuto přípravu může působit více faktorů. Jedním z těchto faktorů je působení vysoké nadmořské výšky na výkony běžců. Proto jsme se soustředili na porovnání daných výsledků před soustředěním a po soustředění ve vysoké nadmořské výšce. Porovnávali jsme tyto nejdůležitější hodnoty, jako je tuková hmota, maximální výkon, maximální tepová frekvence, sklon únavy, $VO_2\max$, ranní srdeční frekvence, krevní složení a závody před soustředěním a po soustředění ve vysoké nadmořské výšce.

Atletika je velice zajímavý sport, který je rozvinut po celém světě a skládá se z několika různých disciplín. K nejoblíbenějším atletickým disciplínám patří běhy na střední a dlouhé tratě, u kterých se uplatňuje frekvenční způsob běhu. Běh je cyklický, automatický pohyb, který je jeden z nejpřirozenějších činností člověka. Jedním z cílů běhání je překonat určitou vzdálenost za co nejkratší čas a s nejnižším možným úsilím. Běh je atletickou disciplínou, ale může se využívat i v jiných sportovních disciplínách (Luže, 2017). Výkon v těchto disciplínách určuje úroveň speciální vytrvalosti. Vytrvalost se stanovuje na základě vytrvalostních a rychlostních složek (Vacula, 2017).

2 Přehled poznatků

2.1 Historie atletiky

Vznik atletiky je datován 885 př. n. l., v tento samý rok vznikly první soutěže v řecké Olympii. V letech 776 př. n. l. do 393 n. l. byly pořádány starověké olympijské hry. Právě v roce 393 n. l. se konaly poslední hry olympiády a tímto datem končí i období aletického starověku. Již tyto uvedené skutečnosti ilustrují, že atletice patří oprávněný název „královna sportů“ (Choutková & Fejtek, 1989).

První zprávy o naší atletice jsou 90 let staré. Kolébkou novodobé atletiky je Anglie. První závody mládeže v běhu, skoku a vrhu se konaly kolem roku 1885. Na začátku to byly závody neorganizované, ale postupem času vznikaly atletické kluby. Nejvýznamnějším podnětem pro rozvoj atletiky u nás byly novodobé olympijské hry v roce 1896 v Athénách (Choutková & Fejtek, 1989).

2.2 Charakteristika běžeckých disciplín

Atletické disciplíny dělíme do čtyř skupin: běhy, sprinty, vrhy, skoky a hody. Běžecké disciplíny dále můžeme dělit na tratě střední (800 m, 1 500 m) a tratě dlouhé (3 000 m, 5 000 m, 10 000 m a maratón). Běhy na dlouhé a střední tratě jsou disciplíny, které vychází z pohybu člověka jemu přirozeného (Hanon & Thomas, 2011; Lehmann et al., 1991).

Bartůňková et al. (2013), Neumann, Pfützner, a Berbalk (2000) a Kenney, Wilmore, a Costill (2015) jsou autoři, kteří charakterizují tyto disciplíny v podání vrcholových běžců takto:

- běh na 800 m – lze řadit do výkonů s krátkodobým trváním rychlostně vytrvalostního charakteru. Maximum laktátu po doběhu může být 18–25 mmol.l⁻¹,
- běh na 1 500 m – tyto běhy řadíme do kategorie výkonů střednědobé vytrvalosti, řadíme je mezi působení střední intenzity. Probíhá z 55 % v anaerobním režimu a cca 45 % v aerobním režimu. Množství laktátu dosahuje 14–20 mmol.l⁻¹,

- běh na 3 000 m př. – se řadí do tratí se střednědobou zátěží. U vrcholových běžců může laktát po absolvování závodu dosahovat 13–18 mmol.l⁻¹,
- běh na 5 000 m a 10 000 m – tyto disciplíny jsou založené na dlouhodobé vytrvalosti, hlavně střední intenzity, po metabolické stránce, funkční a oběhové obě patří mezi disciplíny nejnáročnější. Běhy na 5 000 m probíhají cca z 80 % v aerobním, a z 20 % v režimu anaerobním, 10 000 m cca z 90 % v aerobním, a z 10 % v režimu anaerobním. Při běhu na 5 000 m hodnota laktátu dosahuje 10–14 mmol.l⁻¹. Kdežto při běhu na 10 000 m dosahuje laktát 8–14 mmol.l⁻¹,
- maratón – jedná se o disciplínu, která je založená na vytrvalosti dlouhodobé. Probíhá cca z 95–98 % v aerobním, a z 5–3 % v režimu anaerobním. Laktát zde dosahuje 3–5 mmol.l⁻¹, při zrychlení v závěru laktát dosahuje maximálně 6 mmol.l⁻¹.

Běhy na střední a dlouhé tratě

Běh je cyklický, automatický pohyb, který patří k jednomu z nejpřirozenějších činností člověka. Jedním z cílů běhání je překonat určitou vzdálenost za co nejkratší čas a s nejnižším možným úsilím. Běh je atletickou disciplínou, ale může se využívat i v jiných sportovních disciplínách (Luže, 2017).

K nejoblíbenějším atletickým disciplínám se řadí běhy na střední a dlouhé tratě, u kterých se uplatňuje švihový způsob běhu. Tento způsob běhu je energeticky úspornější oproti šlapavému běhu, který se využívá u kratších distancí (Vindušková, 2003).

Výkon v těchto disciplínách určuje úroveň speciální vytrvalosti. Vytrvalost se stanovuje na základě vytrvalostních a rychlostních složek. Atleti, kteří se zaměřují na střední distance, mají větší podíl rychlostních složek než atleti, kteří běhají dlouhé tratě. Čím je trať delší, tím se zvyšuje aerobní kapacita plic (Vacula, 2017).

2.3 Psychologické a somatické složky výkonu

Výběr typů běžce

Každý jedinec se narodí s určitými vrozenými předpoklady, které se v průběhu pár let nějakým způsobem rozvíjí, anebo zakrní. Oddělit vrozené a získané schopnosti je velice složité, ale pro trenérskou práci není nezbytně nutné (Kučera & Truksa, 2000).

Pro výběr talentů pro běžecké disciplíny vycházíme z následujících charakteristik budoucího běžce:

- tělesná výška a hmotnost,
- celkový zdravotní stav,
- aerobní a anaerobní předpoklady,
- morfologické předpoklady – somatotyp,
- hodnoty podkožního tuku,
- psychické a morálně – volní vlastnosti,
- celková odolnost, schopnost adaptace na velké zatížení,
- poměr svalových vláken.

Tělesná hmotnost a tělesná výška

V běžeckých disciplínách se prosazují běžci všech výšek, ale spíše je tendence k výběru vyšších jedinců. Všeobecně platí, čím je kratší vzdálenost, tím je vyšší tělesná výška výhodou (Kučera & Truksa, 2000).

Velmi důležitý je poměr délky dolních končetin k tělu a rovněž poměr hmotnosti a výšky (Kučera & Truksa, 2000).

Zvláště důležitý ukazatel je poměr délky dolních končetin k trupu. Vyjadřuje se pomocí tzv. IDT. (index délky trupu). Tento index se počítá podle vzorce:

$IDT = \text{délka trupu} \times 100 / \text{délka dolních končetin}$ (Kučera & Truksa, 2000).

Výběr atletů probíhá mezi 12. – 14. rokem života, jelikož má v tuto dobu puberta největší vliv na jejich tělesný růst. Ovšem, u každého jedince nastává puberta v jiném časovém úseku, tudíž nám nastává situace, kdy se může kalendářní věk lišit od toho biologického. Díky tomuto mohou trenéři pouze predikovat budoucí výšku atletů. Častým odhadem tělesné výšky je porovnání výšky rodičů atleta. Stejně tak náročné je určit budoucí tělesnou hmotnost atletů. Stejně tak jako tělesná výška i tělesná

hmotnost je nejvíce ovlivněna v období puberty. Měla by však být úměrná tělesné výšce (Reigrová, Přidalová, & Ulbrichtová, 2006).

Celkový zdravotní stav

Je nejdůležitějším a také současně nejvíce opomíjeným předpokladem výběrů adeptů pro běhy. Prvním krokem trenéra s novým adeptem na běhání by měla být komplexní sportovní prohlídka u specializovaného sportovního lékaře (Kučera & Truksa, 2000).

Existuje celá řada kontraindikací pro běžecké disciplíny, avšak jen některé z nich je schopen trenér zaznamenat na tréninku. Ostatní se mohou projevit až po určitém čase a mohou znamenat vážná zdravotní rizika a velká zklamání (Kučera & Truksa, 2000).

Mimo všeobecně jasných kontraindikací jsou to zejména: ortopedické vady nohou (ploché nohy, vbočení palců, špatně vyvinuté kyčelní klouby, abnormality kolenních kloubů, ostruhy a jiné), vážné změny na páteři, různé alergie, srdeční vady atd. (Kučera & Truksa, 2000).

Aerobní a anaerobní předpoklady

Aerobní kapacita je u jedinců daná z větší části geneticky, ale díky vhodnému intervalovému nebo souvislému tréninku jí lze rozvíjet, zvýšit. Za nejdůležitější ukazatel aerobní kapacity se považuje maximální spotřeba kyslíku, $VO_2\max$ (Bartůňková, 2010).

Aerobní trénink vyvolá ve svalu významné adaptační změny. Jednak se zlepšuje zásobovací kapacita pro kyslík a jednak se zvyšuje velikost a počet buněčných mitochondrií. Také se zvyšuje aktivita oxidoredukčních pochodů (Bartůňková, 2010).

Morfologické charakteristiky – somatotyp

Zde se jedná o další možnost pro výběr běžců podle Sheldonovy stupnice somatotypů. Tato stupnice je vyjádřena třemi čísly. První číslo vyjadřuje podíl podkožního tuku, tedy endomorfní komponentu. Druhé číslo vyjadřuje podíl svalstva a kostry, což je tedy mezomorfní komponenta a třetí číslo vyjadřuje relativní štíhlost a délku jednotlivých tělních segmentů, a to je ektomorfní komponenta (Kučera & Truksa, 2000).

Liška a Písařík (1985) uvádí příklad somatotypu pro běžecké disciplíny v následující tabulce:

Tabulka 1. Optimální příklad somatotypu (Liška & Písařík, 1985, s. 13)

disciplína	číselné vyjádření	slovní vyjádření
800–1500 m	2–5–3	ektomorfní mezomorf
dlouhé běhy	2,5–4,5–4 nebo 2–4–4	ektomorfní mezomorf
3000 m př.	2–5–3 nebo 2,5–4,5–4	ektomorfní mezomorf
		ektomorfní mezomorf

Hodnoty podkožního tuku

Celková hmotnost jedince je složena ze dvou podstatných tělesných složek – pasivní a aktivní. Pasivní složka zahrnuje kosti a tělesný tuk a aktivní tělesná složka obsahuje svaly. Podstatným poznatkem u jednotlivých sportovců je určení tělesné stavby. Hlavně jejich poměr svalové hmoty a tělesného tuku. Sportovci mají daleko menší množství tělesného tuku než běžná populace, se kterou se setkávají doktoři mnohem častěji. Specifické zastoupení poměru svalové hmoty a tělesného tuku je nezbytné hlavně u vrcholových sportovců. Množství tělesného tuku u atletů bývá u žen pod 12 %, u mužů dokonce pod 10 %. U atletů je nízké procento tuku důležité. Čím je procento tuku v těle atleta menší, tím menší přebytečnou zátěž atlet při běhání nese. Vyrvalostní běžci na dlouhé tratě jsou zvyklí na dlouhodobou a velkou zátěž a mají proto v těle někdy velmi malé procento tuku. Běžci, kteří se specializují spíše na běhy středních vzdáleností, mají tělesného tuku menší procento oproti běžné populaci, mají, ale vyšší hodnoty než běžci vyrvalostní. Běžci specializující se na střední tratě mají naopak více svalové hmoty (Bartůňková et al., 2013).

Poměr typů svalových vláken

U každého jedince se svalová tkáň skládá ze třech druhů svalových vláken, které určují biochemickou i funkční schopnost svalů. Prvním typem jsou rychlá oxidativní glykolytická vlákna (FOG), druhým typem jsou rychlá glykolytická svalová vlákna (FG), a posledním tedy třetím typem jsou pomalá oxidativní svalová vlákna (SO) (Bartůňková et al., 2013).

2.4 Motorické složky výkonu

Mezi motorické složky výkonu patří rozvoj všeobecných pohybových schopností, rozvoj speciálních pohybových schopností a také rozvoj techniky běhu. Dovalil (1986) definuje všechny pohybové schopnosti jako samostatné soubory vnitřních předpokladů lidského organismu k pohybové činnosti. V pohybové činnosti se také tyto předpoklady projevují. Pohybové schopnosti rozdělujeme na všeobecné, které se projevují v různých pohybových činnostech a tvoří základní předpoklad pro rozvoj speciálních schopností. A druhým typem pohybové činnosti je speciální, kterou chápeme jako předpoklad pro jednu určitou činnost (Perič, 2010).

Musíme si uvědomit, že rozvoj všeobecných pohybových schopností vždy předchází rozvoji speciálních pohybových schopností, a to jak v průběhu ročního tréninkového cyklu, tak i v dlouhodobém několikaletém cyklu rozvoje (Kučera & Truksa, 2000).

Silové schopnosti

Tyto schopnosti definujeme jako schopnost překonávat, či udržovat vnější odpor svalovou kontrakcí. Silové schopnosti rozdělujeme na statické a dynamické. Z hlediska atletického tréninku hrají rozhodující roli dynamické silové schopnosti (Dovalil et al., 2002). Tuto sílu rozlišujeme na výbušnou, rychlou, pomalou a vytrvalostní. Všeobecné posilování běžců je zaměřeno na rozvoj všech svalových skupin bez nadbytečné hypertrofie svalstva (Kučera & Truksa, 2000).

Rychlostní schopnosti

Hare (1973) definoval rychlost, jako schopnost, která dovoluje vykonávat pohyb v co nejkratším čase. Zaciorskij (1966) pak definoval rychlost jako schopnost člověka provádět pohybovou činnost za daných podmínek v co nejkratším čase a bez vzniku únavy. Často diskutovaným problémem je, do jaké míry jsou rychlostní schopnosti vrozené a jak se dají ovlivnit tréninkem. Tyto schopnosti jsou dány jednak poměrem typů svalových vláken, psychomotorickým tempem a stavbou těla (Kučera & Truksa, 2000).

Optimální období pro rozvoj těchto pohybových schopností je mezi 8. – 12. rokem života, záleží také na pohybových aktivitách v tomto věku. V době puberty dochází k poklesu možnosti ovlivňovat rychlostní schopnosti (Kučera & Truksa, 2000).

Rychlost je potřeba trénovat po celý rok. Rychlost slouží především k rozvoji speciálního tempa a posiluje několik složek vytrvalosti. Úroveň rychlostních schopností jsou z velké části ovlivnitelné tréninkem, ale také z velké části závisejí na dynamické síle jednotlivých svalových skupin, pružnosti a ohebnosti (Kučera & Truksa, 2000).

Vytrvalostní schopnost

Vytrvalostní schopnost je schopnost vykonávat určitou činnost tak dlouho a odolávat únavě, než dojde k poklesu výkonnosti (Kučera & Truksa, 2000).

Dělení vytrvalostní schopnosti:

- střednědobá vytrvalost (2–11 minut) - LA + O₂ systém,
- dlouhodobá vytrvalost a) 11–30 minut - O₂ systém,
b) 30–90 minut,
c) nad 90 minut trvání,
- rychlostní vytrvalost (do 20 sekund) - ATP + CP systém,
- krátkodobá vytrvalost (20 sekund – 2 minuty) - LA systém.

Fyziologické změny při vytrvalostních bězích

Energetická přeměna realizována svalovou prací se musí uskutečnit za přítomnosti kyslíku a živin, které jsou dodané díky oběhovému a dýchacímu systému jedince. Odpadní látky a teplo, které se vytváří svalovou prací, jsou vylučovány též cévní soustavou a dýchací soustavou a zajišťují i ochlazování organismu. Proto tedy intenzita metabolismu u atletů úzce souvisí s intenzitou svalové práce. Čím větší je intenzita svalové práce, tím větší je intenzita metabolismu a tím potřebují svaly větší množství kyslíku pro svoji práci. Kyslíkové zásoby nejsou v lidském těle omezené, proto při dané intenzitě metabolických procesů není dodání kyslíku dostatečné. Organismus proto musí zapojit do energetické přeměny anaerobní procesy. Při výkonu středně dlouhé vytrvalosti (2–11 minut) je maximální dodávka kyslíku a také se zapojují anaerobní procesy. Účast anaerobních procesů na celé dodávce energie u dlouhodobé vytrvalosti klesá, v souvislosti na trvání běhu (Dovalil et al., 2002).

Omezujícím faktorem výkonnosti u běhů na střední a dlouhé tratě, je stupeň schopnosti dodat kyslík svalům a jeho další využití. Tato způsobilost je předpokladem pro vyšší výkonnost a je vyjádřena maximální spotřebou kyslíku VO₂max (jednotkou je ml.kg⁻¹.min⁻¹). Hodnota VO₂max je u vynikajících vytrvalců okolo 80 ml.kg⁻¹.min⁻¹ u

mužů a $70 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ u žen. Jedním z ovlivňujících faktorů maximální spotřeby kyslíku je například podíl jednotlivých svalových vláken. Jako dalším ovlivňujícím faktorem je také účinnost využití aerobního systému neboli procento využití VO_2max při rozdílných tempových frekvencích bez změny vnitřního prostředí. Pokud právě dojde ke změně vnitřního prostředí, začne se ve svalech shromažďovat laktát, a tak dochází k zakyselení organismu. Organismus u běžců na střední a dlouhé tratě má možnost tolerovat větší změny, aniž by došlo k oslabení vnitřního prostředí. Z obecného hlediska můžeme tedy říci, že čím je sportovec trénovanější, tím větší je jeho anaerobní kapacita (Kohoutek, 1987).

Maximální spotřeba kyslíku je stálá charakteristika, která poukazuje na výkonnost vytrvalostních schopností sportovců. Díky pravidelným tréninkům lze ovlivnit maximální spotřebu kyslíku u sportovců, záleží hlavně na úroveň sportovce na začátku a také na tréninkových metodách. Trénink vytrvalostního charakteru pozitivně ovlivňuje a rozšiřuje možnosti celého oběhového systému a to tím, že dochází ke zvětšení systolického srdečního objemu. Dále k větší kontraktilitě myokardu a také k poklesu klidové i zátěžové srdeční frekvence. Vytrvalost dále ještě ovlivňuje počet i šířku kapilár v kosterních svalech. Vytrvalci, kteří jsou více trénovaní, mají větší počet kapilár na jedno svalové vlákno, díky tomu se snižuje odpor průtoku krve svalem. Dále také vytrvalostní trénink zajišťuje lepší dodávku kyslíku a živin do svalů a následný odvod oxidu uhličitého a nepotřebných zplodin ze svalů ven. Vytrvalostní schopnosti mají dále pozitivní vliv na dýchací soustavu, kdy mají sportovci větší oběh plazmy v plicích, a to celkově zlepšuje ventilaci plic. Všeobecně bychom mohli říci, že čím větší je maximální spotřeba kyslíku, tím vyšší je rychlost běhu, kterou běžec dokáže dlouhodobě vyvíjet a všechna práce je z aerobního hrazení (Maček & Máčková, 1995).

Další důležitý pojem pro atlety je anaerobní práh. Je to okamžik, kdy všechna energie vykonané práce je provedena anaerobními mechanismy. Tréninkem se zvyšuje anaerobní práh, u trénovaných se hodnota anaerobního prahu posunuje až na 70 % VO_2max , u netrénovaných jedinců je na 50 % VO_2max . Vytrvalostním tréninkem se zvyšuje anaerobní kapacita (Maček & Máčková, 1995).

2.5 Struktura sportovního výkonu

Sportovní výkon je jednou z hlavních kategorií sportu, a především sportovního tréninku. Ke sportovnímu výkonu se soustřeďuje pozornost sportovců, trenérů a dalších odborníků (Dovalil et al., 2002).

Sportovní výkony se uskutečňují ve specifických pohybových činnostech, jejichž obsahem je řešení úkolů, které jsou vymezeny pravidly sportu a v nichž sportovci usilují o maximální uplatnění výkonových předpokladů (Dovalil et al., 2002).

Základem sportovního výkonu je lidská motorika, která se označuje za souhrn všech tělesných pohybů a projevů člověka (Dovalil et al., 2002).

Struktura sportovního výkonu je založena na faktorech, které mohou výkon v určité míře ovlivnit. Mezi základní faktory řadíme somatické, kondiční, technické, taktické a psychické (Dovalil et al., 2002).

Somatické faktory

Tyto faktory jsou relativně stálé a ve značné míře geneticky podmíněné. Hrají ve většině sportů významnou roli. Somatické faktory se týkají podpůrného systému, který tvoří kostra, svalstvo, vazy a šlachy, a z velké části vytvářejí biomechanické podmínky konkrétních sportovních činností. Také se podílejí na využití energetického potenciálu pro výkon (Dovalil et al., 2002).

K hlavním somatickým faktorům patří:

- výška a hmotnost těla,
- délkové rozměry a poměry,
- složení těla,
- tělesný typ.

V praxi se somatické charakteristiky sportovců vyjadřují pomocí tělesné výšky a hmotnosti těla. Obě charakteristiky slouží i jako orientační ukazatele pro posouzení vývoje mladých sportovců. Po srovnání se stejnými charakteristikami rodičů lze zjišťovat genetické předpoklady při predikci talentu a vývoje sportovce, především u sportů, kde výška těla a hmotnost patří k limitujícím faktorům výkonů (Dovalil et al., 2002).

Složení těla lze rozlišit na aktivní tělesnou hmotu (svalstvo) a tuk. Kromě podílu aktivní tělesné hmoty je také důležité složení svalů z hlediska zastoupení svalových

vláken. Typy těchto svalových vláken, jejichž podíl je určen geneticky, ovlivňují různé funkce svalů. Rozlišujeme červená, pomalá vlákna a bílá, rychlá vlákna (Dovalil et al., 2002).

Tabulka 2. Výška těla, hmotnost a procento tuku u sportovců s různou specializací (Ulbrichová, 1980, s. 20)

Specializace	Muži			Ženy		
	výška [cm]	hmotnost [kg]	% tuku	výška [cm]	hmotnost [kg]	% tuku
Atletika sprinty	178	73	5	169	59	7
Vytrval. běhy	174	65	3	166	54	5
Vrhy	192	115	15	175	83	18
Veslování	189	91	10	175	78	14
Lyžování - běh	174	72	8			
Plavání	182	75	10	169	65	13
Krasobruslení	173	63	6	164	52	8
Basketbal	198	90	12	182	70	15
Volejbal	196	94	10	178	69	16
Gymnastika	166	60	5	158	43	7

V uplynulých letech bylo v oboru sportovní antropologie shromážděno mnoho poznatků, které umožňují vyjádřit tělesný typ. Nejznámější je zjišťování somatotypů (Dovalil et al., 2002).

Kondiční faktory

Za kondiční faktory se ve sportovním výkonu považují pohybové schopnosti. V každé z pohybových činností, která tvoří obsah sportovních výkonů, lze identifikovat projevy „síly“, „vytrvalosti“, a „rychlosti“. Kondiční faktory se dělí na silové, rychlostní, vytrvalostní a koordinační a pohyblivost (Dovalil et al., 2002).

V bězích na střední a dlouhé tratě jsou potřebné všechny kondiční faktory, dominantní jsou zejména vytrvalostní dispozice (Dovalil et al., 2002).

Technické faktory

Sportovec v každém sportovním výkonu řeší konkrétní pohybový úkol. Ten může být buď jednoduchý, jehož řešením je standardní způsob nebo složitější, který je řešen variabilním způsobem. Technikou rozumíme účelný způsob řešení pohybového úkolu, který je v možnostech jedince, biomechanickými zákonitostmi pohybu a dále na základě neurofyziologických mechanismů řízení pohybu. Dále se také využívají další předpoklady jedince, což jsou především psychické, somatické a kondiční (Dovalil et al., 2002).

Technika je především věcí řízení motoriky. Jejím cílem je dosažení dokonalé a efektivní organizace sportovní činnosti, to znamená takového uspořádání pohybu v prostoru a čase, které vede k úspěšnému vyřešení požadovaného úkolu. To určuje dokonalá souhra svalových skupin, které jsou řízeny nervovou soustavou (Dovalil et al., 2002).

Budeme-li brát sportovní dovednosti jako jednotu vnějších projevů motoriky člověka a jejich vnitřních neurofyziologických mechanismů, pak je možné rozlišovat „vnější“ a „vnitřní“ techniku (Dovalil et al., 2002).

„Vnější“ technika je projevována jako organizovaný sled pohybů a operací sdružených v pohybovou činnost, zaměřenou k danému cíli. Většinou se vyjadřuje kinematickými parametry pohybu těla a jeho částí v prostoru a čase (Dovalil et al., 2002).

„Vnitřní“ technika je tvořena neurofyziologickými základy sportovních činností. Tyto základy mají podobu zpevněných a stabilizovaných pohybových vzorců a programů a jim odpovídajících koordinovaných kontrakcí a relaxací svalových skupin (Dovalil et al., 2002).

V běžeckých disciplínách není technika pohybu tak složitá jako u jiných sportů, jedná se o cyklický pohyb. Cílem je dosáhnout, co nejekonomičtější pohyb a aby převažovaly automatické pohyby (Kenney et al., 2015).

V technice běhu rozeznáváme tři základní typy běžců: odrazový, atletický a frekvenční. Odrazový typ je vhodný pro střední tratě, ale může běhat i delší tratě kromě maratónu. Typ atletický je univerzální pro všechny vzdálenosti. Frekvenční typ je nejvíce vhodný na dlouhé tratě (Vindušková et al., 2003).

Každý běžec má svůj individuální běžecký styl, který vychází z jeho předpokladů a běhá s určitou odchylkou od optimální běžecké techniky (Anderson, 1996).

Taktické faktory

Nejen u psychických a fyzických faktorů má cílevědomý taktický plán závodu v běžeckých disciplínách rozhodující roli. Cílem je v určitých podmínkách realizovat průběh závodu tak, aby byl dosažen výsledek, který odpovídá či dokonce překračuje aktuální výkonnost běžce (Schmidt, 1991).

O výsledku závodu rozhoduje správně zvolená taktická varianta. Jinou taktiku zvolíme v závodě se snahou o co nejlepší čas, jiná taktika bude v závodě o umístění. Byly zjištěny veliké rozdíly v taktice u závodů na výkon a na umístění (Aragón, Lapresa, Arana, Anguera, & Garzón, 2015; Daniels, 2013; Thiel, Foster, Banzer, & De Koning, 2012). Tyto faktory na rozdíl od jiných nejdou objektivně změřit (Thiel et al., 2012).

Psychické faktory

Velmi důležitým předpokladem vrcholného výkonu je motivace, která se vysvětluje jako podněcující příčina chování, která rozhoduje o směru, vzniku a intenzitě jednání člověka (Daniels, 2013). Motivace se rozděluje na vnitřní a vnější (Martens, 1996). Maximální výkon je spojen se střední úrovní motivace, kdežto nízká a příliš vysoká úroveň motivace výkon snižují (Dovalil et al., 2002).

Aspirační úroveň vypovídá o aktuálním psychickém stavu jedince. Vyjadřuje stupeň bdělosti či „nabuzení“ organismu k vykonávané činnosti. Nedostatečná nebo nadměrná aktivační úroveň má negativní vliv na výkon (Dovalil et al., 2002).

2.5.1 Fyziologické a metabolické složky

Nyní si představíme základní pojmy, které je potřeba znát při vedení běžeckého tréninku (Kučera & Truksa, 2000).

- tepová frekvence: (tepů/min) – TF, udává počet tepů srdce za minutu. Klidové hodnoty jsou u populace kolem 70–75 tepů/min, u sportovců to je 40–60 tepů/min. Za kritickou tepovou frekvenci se považuje 180 tepů/min a maximální tepová frekvence při zátěži 190–210 tepů/min (Kučera & Truksa, 2000),
- dechová frekvence: (dechů/min) – DF, udává počet dechů za minutu. Klidová hodnota u běžné populace je 10–18 dechů/min. Za optimální dechovou frekvenci při zátěži se považuje 30–40 dechů/min a maximální hodnoty při zátěži se přibližují hodnotám kolem 60–70 dechů/min (Kučera & Truksa, 2000),
- minutová plicní ventilace: ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$) – VE, vyjadřuje množství vzduchu vdechnutého za jednu minutu. Klidová hodnota se udává okolo $5\text{--}9 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Maximální hodnoty jsou při zátěži kolem $120\text{--}190 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Kučera & Truksa, 2000),

- spotřeba kyslíku: ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$) – VO_2 , vyjadřuje množství kyslíku spotřebovaného organismem za minutu. Klidová hodnota se pohybuje okolo $250 \text{ ml}/\text{min}$ a maximální hodnota během zátěže $\text{VO}_{2\text{max}}$ $3,5\text{--}6,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (Kučera & Truksa, 2000),
- výdej oxidu uhličitého: ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ nebo $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$) – VCO_2 , klidová hodnota je $200 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ a maximální hodnota během zátěže je $4\text{--}8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (Kučera & Truksa, 2000),
- respirační kvocient – RQ, udává poměr mezi vyloučeným oxidem uhličitým a spotřebovaným kyslíkem. Klidová hodnota je okolo $0,82\text{--}0,85$. Pro běžce středních tratí jsou maximální hodnoty při maximálním výkonu $1,15\text{--}1,25$ a pro vytrvalce $1,05\text{--}1,10$ (Kučera & Truksa, 2000),
- ventilační ekvivalent pro kyslík: (l) – VE O_2 , vyjadřuje množství vzduchu v litrech, ze kterého organismus zadrží 100 ml O_2 . Obvyklé hodnoty se pohybují kolem $2\text{--}3,5 \text{ l}$ (Kučera & Truksa, 2000),
- tepový kyslík: ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$) – VO_2/TF , vyjadřuje množství kyslíku přeneseného jedním srdečním stahem do krevního oběhu. Poukazuje na ekonomiku práce srdce a transportní schopnosti oběhu. Klidová hodnota je $4\text{--}6 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ a hodnoty při maximálním výkonu $20\text{--}35 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ (Kučera & Truksa, 2000),
- laktát – kyselina mléčná ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$), představuje hlavní produkt anaerobní glykolýzy, rozklad glukózy při svalové práci. Klidová hodnota laktátu je $1,3\text{--}2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, maximální hodnoty během zátěže jsou $12\text{--}25 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Hodnoty na úrovni anaerobního prahu (ANP) jsou $3,5\text{--}5,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ (Kučera & Truksa, 2000),
- potenciál vodíkových iontů – pH, udává poměry ve vnitřním prostředí organismu ve smyslu kyselé nebo zásadité reakce, víceméně odchylky od běžných hodnot vnitřního prostředí. Klidové hodnoty jsou $7,375\text{--}7,435$, maximální hodnoty při výkonu jsou $6,900\text{--}7,250$. Během zátěže vzniká fyziologický stav, který odráží pokles pH, tento stav se nazývá acidóza (Kučera & Truksa, 2000).

2.5.2 Složky běžeckého tréninku

Koncept složky je Choutkou a Dovalilem (1991); Dovalilem et al. (2002) a dalšími používán jako složky sportovního tréninku (technická příprava, psychologická příprava, kondiční příprava a taktická příprava). Bureš (1986) a metodici a ostatní čeští běžecí trenéři využívají tuto koncepci jako složky tělesné přípravy, respektive složky běžeckého tréninku u běžců (např. speciální vytrvalost, obecná síla, tempová vytrvalost, obecná vytrvalost, tempová rychlost, obecná vytrvalost atd.). Občas se v knihách také udává pod pojmem tréninkové prostředky či tréninková pásma (Neumann, Pfützner, & Hottenrott, 2005).

Trénování běžců na střední a dlouhé tratě je proces, který je součástí splnění tréninkových jednotek prováděných v rozdílných rychlostech, a ty představují složky běžeckého tréninku. Součinnost trénování jednotlivých rychlostí je zapotřebí důkladně plánovat během ročního tréninkového cyklu, důraz je pak kladen v každém období na jinou složku běžecké přípravy, intenzita, skladba a objem tréninku se v průběhu roku mění. Pouze v případě, pokud se povede rozvést všechny složky tréninku v ideálním období na ideální úroveň, dochází k potřebné a přiměřené úrovni výkonnosti (Benson & Connolly, 2011; Daniels, 2013; Neumann et al., 2005).

Charakteristika základních běžeckých složek přípravy u nás:

- obecná vytrvalost (OV) – jedná se o základní vytrvalost a její rozvíjení umožňuje ekonomizaci pohybu a funkčnost soustav u aerobní látkové přeměny, hlavně ekonomizace srdečně cévní soustavy. Nejčastěji je uskutečněna souvislou metodou nebo opakovanou metodou při použití dlouhých úseků. Obecnou vytrvalost je dále možné rozvíjet pomocí kombinace souvislé a intervalové metody. Dobře vytvořený základ prostřednictvím obecné vytrvalosti umožňuje:
 - rozvíjet činnost srdečně cévní soustavy,
 - tvorba energetických rezerv,
 - schopnost získání vysoké koncentrace kyseliny mléčné,
 - odstranit metabolity anaerobní glykolýzy z krve,
 - zlepšení transportní kapacity krve,
- tempová vytrvalost (TV) – pro tuto vytrvalost je základem vysoká úroveň obecné vytrvalosti. V této složce přípravy jde o vybudování takové úrovně

připravenosti, kdy můžeme v přípravě navázat rozvojem speciálního tempa. Tento rozvoj probíhá prostřednictvím intervalové metody. Tato metoda se nejvíce využívá v jarním přípravném období,

- speciální tempo (ST), někteří autoři udávají pojem speciální vytrvalost (SV) – Zásadním znakem této speciální vytrvalosti je výkon za podmínek omezeného času, pokud to lze bez snížení efektivity práce. Jde o udržení vysokého tempa po celou dobu závodu. Pro správný rozvoj se používají dvě metody: intervalová a opakovaná,
- tempová rychlost (TR) – tato rychlost je pomocné tempo rychlostního charakteru. Odpovídá tempu běhu na trati o jeden či dva stupně kratší. Tuto rychlost používáme vždy před závodním obdobím,
- maximální rychlost (MR) – představuje nejvyšší možnou rychlost. Závisí na více faktorech, a to na labilitě nervové soustavy, na koordinační složce pohybu, na dynamice nervových procesů a na typu svalových vláken. Můžeme zde ovlivnit frekvenci běhu, akcelerační schopnost, délku kroku a techniku běhu. Tato rychlost musí být trénována po celý rok,
- speciální síla dolních končetin – ovlivňuje potřebnou úroveň tempové a maximální rychlosti a také speciálního tempa. Nejvíce se používá u běžců na 800 m a 1 500 m,
- obecná síla – slouží jako kompenzační činitel vzhledem k jednostrannému běžeckému tréninku, ale také zvyšuje odolnost běžců vůči náročnému tréninkovému zatížení (Benson & Connolly, 2011; Bureš, 1986; Kučera & Truksa, 2000, Písařík & Liška, 1989).

2.5.3 Etapy sportovní přípravy

Obsah sportovního tréninku je nutné odlišovat od tréninku začátečníků, pokročilých a vrcholových sportovců a také od dětí, dospívajících a dospělých. Každý věk má určité vývojové zákonitosti. Když budeme dodržovat tyto zákonitosti, je možné dosáhnout lepších a trvalejších výsledků. Proto musíme trénink rozdělit do několika etap:

- etapa základního tréninku,
- etapa specializovaného tréninku,

- etapa vrcholového tréninku (Dovalil et al., 2002).

V etapě základního tréninku je v první řadě za úkol harmonický rozvoj osobnosti, upevnění zdraví, podporování psychického a tělesného vývoje. V této sportovní specializaci se neklade důraz na výkon, výkon se uvádí jako perspektivní, vzdálený cíl a není výlučnou hodnotou v životě mladého sportovce. Cílem této etapy je souhrn zvládnutých dovedností, úroveň jednotlivých schopností a také držení těla. Snažíme se vypěstovat návyk na pravidelné tréninky a vytvořit si k nim kladný vztah. Dále se snažíme tréninkovými nároky zvyšovat celkovou odolnost a rozvíjet morální vlastnosti. V tréninku je největší podíl kladen na všestrannost a je snaha o velké množství používaných tréninkových prostředků, které zpestří trénink a vytvoří zábavu. Velký důraz je také kladen na koordinační schopnosti. V tréninkách je vhodné se orientovat na základy techniky sportovních dovedností dále také na základy taktiky a také dostat zvolený sport do povědomí, a to zejména o pravidlech, výstroji a hygieně. Tato etapa má ve vývoji sportovců mimořádnou důležitost. Ovlivňuje totiž výkonnost v pozdějších letech. Tato etapa by měla trvat alespoň dva až tři roky, ne méně (Dovalil et al., 2002).

V etapě specializovaného tréninku zůstává výkon ve specializaci jakoby v pozadí. Soutěžení se chápe jako prostředek zvyšování výkonnosti, dobrý výsledek nehraje velkou roli. Dále pokračuje orientace na specializovaný trénink, z toho vyplývá, že se pozornost soustřeďuje na schopnosti a také dovednosti, které podmiňují a vytvářejí výkon. Všestrannost z tréninku není vytracena. Dále narůstá objem i intenzita tréninku zejména tomu tak je u speciálních tréninkových prostředků. Dále se také upevňuje technika, zvyšuje se důraz na kondiční trénink, na taktickou přípravu a také se upevňuje postoj k tréninku. Délka etapy je dva až čtyři roky. Pro některé sportovce může tato etapa trvat až do ukončení sportovní kariéry, jelikož z nějakých důvodů nemohou přejít do vrcholové etapy (Dovalil et al., 2002).

Etapa vrcholového tréninku završuje dlouhodobou sportovní činnost. Tato etapa se týká dospělých a vybraných talentovaných jedinců, kteří mají ukončen tělesný a mentální vývoj. Cílem této etapy je co nejvyšší výkonnost. Dále je etapa charakterizována tréninkem v enormních dávkách, používáním speciálními tréninkovými prostředky. Toto vysoké zatížení vyžaduje dostatečnou regeneraci.

Trénink v nejvyšší dosažitelné míře je přizpůsoben individuálním zvláštnostem (Dovalil et al., 2002).

2.6 Charakteristika hypoxického prostředí

Ve vyšších nadmořských výškách jsou na člověka kladeny odlišné nároky na sportovní výkonnost oproti běžným podmínkám nížin a středohoří. S měnící se nadmořskou výškou, dochází také ke změně fyzikálních podmínek (počet molekul dusíku, kyslíku a oxidu uhličitého na jednotku objemu vzduchu, absolutní vlhkost, teplota, UV apod.). Jedná se o faktory, které různou mírou ovlivňují sportovní výkon (Dick, 1992) a na organismus působí jako stresor. Dlouhodobější pobyt ve vysoké nadmořské výšce vyvolá adaptační fyziologické změny, týkající se hlavně srdečně-cévního a plicního systému.

Začleňování různých tréninkových forem a pobytu ve vysoké nadmořské výšce je častou součástí přípravy, hlavně vrcholových sportovců. Trénování ve vysoké nadmořské výšce je považováno za jeden z neodmyslitelných metodických prostředků k rozvíjení sportovní výkonnosti (Wilber, 2004; Suchý, Dovalil, & Perič, 2009). Vědci zjistili, že ve sportech s převažujícím aerobním režimem se zlepšují výkonnostní předpoklady (Dovalil, 1999).

V současné době je mnoho odlišných názorů a nedořešených otázek, které se týkají tréninku ve vysoké nadmořské výšce, a které stále více nabývají na významu. Výkonnost u reprezentantů je velmi vyrovnaná, proto hraje významnou roli adaptace na vysokou nadmořskou výšku a vede tedy ke zvýšení kvality výsledků. Efektivní příprava v hypoxických podmínkách by v současné době měla být nedílnou součástí tréninkového plánu každého vytrvalostního sportovce.

2.6.1 Klasifikace nadmořské výšky

Nejvhodnější členění nadmořské výšky je podle Dovalila (1999), Suchého a Dovalila (2002), Špringlové (1999), které je shodné se zahraniční literaturou.

- Od hladiny moře do 800 m nad mořem „nízká“,
- do 1 500 m n. m. za „střední“,
- v rozmezí 1 500–3 000 m n. m. za „vyšší“,
- pro výšky 3 000 m n. m. se užívá „vysoká“.

Sportovci, kteří se narodili a trvale žijí ve výškách do 1 500 m n. m., nemá z hlediska aklimatizace pobyt ve střední výšce žádný význam. Existuje shoda, že nejvýhodnější nadmořskou výškou pro přípravu sportovců je výška okolo 2 200 m n. m. (2 100–2 500 m n. m.). Pokud to však podmínky dovolují, pak se doporučuje postupné zvyšování výšky. Toto postupné zvyšování nadmořské výšky lze dosáhnout pomocí kyslíkových stanů a barokomor (Suchý, 2012).

Nadmořské výšky nad 3 000 m n. m. nemají pro sportovní trénink praktický význam. V této výšce jsou takové podmínky, že nelze realizovat delší potřebné zatížení a dochází ke snižování specifických svalových schopností. Výška nad 5 800 m n. m. je označována za „extrémní“, protože nad touto hranicí nadmořské výšky je aklimatizace obtížná a trvalý pobyt je zde vyloučen (Suchý, 2012).

2.6.2 Historie vysokohorského tréninku

Úplně první poznatky ke zkoumání vlivu vyšší nadmořské výšky jsou zaznamenány již před začátkem našeho letopočtu, které byly spíše zaměřeny na chladné podmínky (Suchý, 2012).

V roce 1644 Toricelli vynalezl rtuťový barometr, který byl schopen relativně přesně změřit atmosférický tlak. Tento objev umožnil další výzkumy. V roce 1648 Pascal prokázal nižší barometrický tlak ve vyšší nadmořské výšce v porovnání s nížinou (Wilber, 2004, Wilmore, Costill, & Kenney, 2008).

Systematičtější výzkum vlivu nadmořské výšky na organismus začal Bert v padesátých letech minulého století, kdy se poprvé ukázalo, že tzv. zdraví obyvatelé vysokohorských oblastí peruánských And mají zvláštní nálezy. Jedním z nich byl určitý stupeň plicní hypertenze a také hypertrofie pravé komory srdeční. Tyto nálezy byly později také potvrzeny u stálých obyvatel Himalájí a vysokých hor USA. Právě u populace trvale žijící ve vysokých nadmořských výškách je doložen snížený výskyt infarktu myokardu (Jokl, 1968). Sutton (1983) přispěl k prohloubení poznatků vlivu výšky na fyzickou aktivitu, jelikož jako jeden z prvních prezentoval výsledky laboratorních testů v hypobarické komoře.

Systematické studium o vlivu vyšší nadmořské výšky na sportovní výkony bylo zahájeno v souvislosti s přípravou XIX. olympijské hry v roce 1968 v Mexiku, které se

konaly ve výšce 2200 metrů nad mořem. Studie i praktické zkušenosti přinesly velkou řadu poznatků a jak se připravovat na závody ve vyšší nadmořské výšce (Suchý, 2012).

Wilber (2004) uvádí, že experti před OH v Mexiku předurčovali, že vyšší nadmořská výška bude více sedět sprinterům a skokanům, negativní efekt vyšší nadmořské výšky byl očekáván u vytrvalostních disciplín. Tento předpoklad se potvrdil, na OH v Mexiku dosáhli atleti na osm nových světových rekordů v rychlostních disciplínách (100 m, 200 m, 400 m, 4x100 m, 400 m překážek, skok daleký a trojskok). Naopak ve vytrvalostních disciplínách nebyl překonán žádný světový rekord (Havlíčková, 2000).

Tabulka 3. Rozdíl mezi světovým rekordem a časem dosaženým na OH 1968 u mužů (Havlíčková, 2000, s. 27)

disciplína	vítězný čas na OH 1968 [sek, min, hod]	světový rekord platný před OH 1968 [sek, min, hod]	rozdíl mezi časem na OH 68 a sv. rekordem
100 m	9,9	9,9	0,0%
200 m	19,8	19,9	0,5%
400 m	43,8	43,8	0,0%
800 m	01:44,2	01:44,3	0,0%
1 500 m	03:34,9	03:31,1	-1,8%
3 000 m př.	08:51,9	08:24,4	-5,2%
5 000 m	14:05,0	13:16,1	-5,8%
10 000 m	29:27,4	27:39,0	-6,1%
maratón	2:20:26	2:09:37	-7,7%

Jedny z prvních velkých mezinárodních úspěchů na střední a dlouhé tratě dosáhli běžci z Keni a Etiopie. Jsou to běžci, kteří se narodili ve vysoké nadmořské výšce i zde stále žijí. Z těchto úspěchů vyplynulo, že je výhodné pro střední a dlouhé tratě narodit se ve vyšší nadmořské výšce, a i zde následně žít. Jsou to oblasti Keni a Etiopie, odkud pocházeli všichni běžci, nebo je vhodné v těchto oblastech absolvovat trénink (Suchý, 2012).

Nejdříve tento typ tréninku začali používat trenéři z tehdejší NDR, kteří jako první iniciovali model „21 dní pobytu a tréninku ve 2 000 m nad mořem“ (Suchý, 2012).

V průběhu posledních třiceti let minulého století docházeli k prodlužování počtu tréninkových dnů strávených v rámci přípravy ve vyšší nadmořské výšce, především tomu tak bylo u vrcholových sportovců. Právě z těchto důvodů se i zlepšovalo vybavení tréninkových středisek, která se nacházejí ve výškách okolo 2 000 m nad mořem. V počátcích se pro tréninkové kempy využívala lyžařská střediska, která nenabízela žádné speciální služby a sportoviště. V současnosti jsou na mnoha místech

na světě vybudovány rozsáhlé, dobře vybavené sportovní areály, které se dokáží vyrovnat střediskům v nížinách (Suchý, 2012).

Tabulka 4. Sportovní centra ve vyšší nadmořské výšce (Dovalil, 1999, s. 28)

místo	země	nadmořská výška [m n. m.]
Addis Abeba	Etiopie	2 400
Belkemen	Bulharsko	2 000
Bogota	Columbie	2 500
Boulder	USA	2 000
Cakadzor	Arménie	1 970
Colorado Springs	USA	2 194
Crans Montana	Švýcarsko	1 500
Davos	Švýcarsko	1 560
Flagstaff	USA	2 300
Font Romeau	Francie	1 895
Ircan	Maroko	1 820
Issyk-Kull	Kyrgyzstán	1 600
Kaprun	Rakousko	1 800
Kesenoy-Am	Rusko	2 000
Keystone	USA	2 835
Kunming	Čína	1 895
La Paz	Bolívie	3 100
Medeo	Kazachstán	1 691
Mexico City	Mexiko	2 200
Nairobi	Keňa	1 840
Pontresina	Švýcarsko	1 900
Przevalsk	Kirgizsko	1 800
Pyatra Arsa	Rumunsko	1 950
Quito	Ekvádor	2 218
Sestriere	Itálie	2 035
Silvreta	Rakousko	1 800
St. Moritz	Švýcarsko	1 820
Tamga	Kirgizsko	1 700
Toluca	Mexiko	2 700
Zetersfeld	Rakousko	1 950

Znalosti možností využití vyšší nadmořské výšky ve sportovním tréninku opět nabraly na důležitosti, a to v souvislosti se zimními olympijskými hrami v letech 2002 a 2006, kde se mnoho soutěží odehrávalo ve vysoké nadmořské výšce (Dovalil, 1999).

2.6.3 Fyziologické adaptační změny ovlivněné pobytem ve vyšší nadmořské výšce

Podle medicíny je hypoxie chápána jako nedostatek kyslíku ve tkáních. Hypoxie se dělí na čtyři typy (Silbernagl & Despopoulos, 2004):

- hypoxická hypoxie (anoxická hypoxie): znamená snížení parciálního tlaku kyslíku v krvi,
- anemická hypoxie,
- ischemická hypoxie: vzniká při nedostatečném prokrvení, příčiny jsou většinou systémové nebo lokální,
- cytotoxická hypoxie.

Před nástupem adaptace během a po ukončení pohybové činnosti ve vysoké nadmořské výšce může být srdeční odezva a frekvence o 20 až 30 % vyšší, než by tomu bylo v nížině. Maximální spotřeba kyslíku, což je $VO_2\text{max}$ se u neadaptovaných sportovců snižuje ve výšce 1 200 m n. m. o 5 až 10 % a od výšky 1 600 m n. m. připadá na každých 1 000 m n. m. pokles o 9 až 11 % (Suchý, 2012).

U osob, které ještě nejsou aklimatizované, je důležité počítat s významným zvýšením plicní ventilace jako reakcí na hypoxickou hypoxii. Tato reakce organismu je řazena mezi ukazatele, které jsou klíčové pro hodnocení aktuálního stavu průběhu aklimatizace v prvních dnech pobytu ve vysoké nadmořské výšce (Marconi, 2005).

Je všeobecně známo, že v prvních dnech trénování ve vysoké nadmořské výšce jsou hodnoty srdeční frekvence i laktát v krvi u lidí, kteří nejsou adaptovaní významně vyšší. Při vedení tréninku je důležité (hlavně v prvních deseti dnech setrvání ve vysoké nadmořské výšce), aby trenéři počítali také s neobvyklým průběhem koncentrace laktátu v krvi. Před vstupem aklimatizačních procesů jsou v krvi hodnoty laktátu při totožné síle zatížení vyšší než po nástupu aklimatizačních procesů. Tento úkaz odborná literatura nazývá většinou tzv. „laktátovým paradoxem“. Zobrazuje se fyziologickou reakcí u lidí, kteří nejsou aklimatizovaní na rozdíl od lidí, kteří jsou na vysokou nadmořskou výšku aklimatizováni (Hochachka et al., 2002, Lundby, Saltin, & Van Hall, 2000, Reeves et al., 1992).

Do zdravotních rizik trénování a setrvání ve vysoké nadmořské výšce řadíme hlavně vyšší rizika infekce cest dýchacích, nebo vliv UV záření a dehydrataci (Wilber, 2004). Můžeme také očekávat problémy psychologického charakteru, které jsou často

spojené s motivací, malou volnočasovou aktivitou a vztahy mezi sportovci v tréninkové skupině (Dovalil, 1999).

2.6.3.1 Vazba, transport, spotřeba kyslíku, krevní obraz

Saturace organismu kyslíkem se odehrává za využití plic a kardiovaskulární soustavy. Saturace náležitě tkáň kyslíkem je závislé na množství O_2 , který byl plícemi inspirován. Krevní průtok podléhá na stupni konstriktce cévního řečiště ve tkáních a na srdečním výdeji. Množství O_2 v krvi je stanoveno množstvím rozpuštěného O_2 , dále množstvím hemoglobinu v krvi a afinitou hemoglobinu ke kyslíku (Ganong, 1999).

Schopnost organismu použít kyslík je nepostradatelným fyziologickým faktorem být úspěšný ve vytrvalostních disciplínách. Tento fyziologický faktor je známý jako VO_2 , což je spotřeba kyslíku za minutu. Značí výkon celého transportního systému organismu pro kyslík, tzn. schopnost oběhového a dýchacího systému zásobit pracující svaly kyslíkem. VO_2 je objem kyslíku, který dokáže člověk zpracovat pro tvorbu aerobní energie. Při maximální zátěži je spotřeba kyslíku označována jako VO_{2max} . Hodnoty pro trénované muže mohou být až kolem $75-85 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, pro trénované ženy to jsou hodnoty kolem $65-75 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Netrénovaní muži mají hodnoty $45-50 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ a netrénované ženy mají hodnoty $35-40 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Havlíčková, 2000, 2008).

Zásadní součástí výkonu (nejen) u vytrvalostních disciplín je přesun kyslíku k buňkám (pracujícím svalům). Ať se nacházíme ve výšce nebo v nížině. Přesun kyslíku obstarávají červené krvinky díky hemoglobinu (Suchý, 2012).

Přenos kyslíku pracujícím svalům je parametrem, který trénink a pobyt ve vysoké nadmořské výšce mírně ovlivňují. Hlavním znakem dlouhodobého pobytu ve vysoké nadmořské výšce je nárůst transportní kapacity krve pro kyslík. Z různých ukazatelů krevního obrazu je pro potřebu řízení tréninkové jednotky ve vysoké nadmořské výšce ideální sledovat hlavně počet červených krvinek, hladinu hemoglobinu a hodnotu hematokritu (Suchý, 2012).

Organismus navyšuje vytváření erytropoetinu už za šedesát minut expozice hypoxii (Stehlík, 2007); nárůst červených krvinek a erytropoetinu je možné standartními metodami zaznamenat už tři hodiny po přesunutí do vysoké nadmořské výšky, největší produkce je docíleno mezi desátou až třicátou hodinou. Zároveň se do krevního oběhu vyplavují retikulocyty a zároveň se navyšuje resorpce železa. Nejvíce

vylučování probíhá během prvních dvaceti čtyř až čtyřiceti osmi hodin pobytu ve vysoké nadmořské výšce a následné méně silné navyšování počtu erytrocytů následuje přibližně do šestého týdne setrvání ve vysoké nadmořské výšce (Sherry & Wilson, 1998). K navýšení hodnot hematokritu napomáhá (nejčastěji kvůli přesunu) také dehydratace. Zhruba po týdenním setrvání ve výšce 2 300 metrů nad mořem dochází k poklesu krevní plazmy o přibližně 8 %, kdežto navýšení hemoglobinu a červených krvinek je okolo 4 až 10 %. Jedinci, kteří jsou aklimatizovaní, mají přepravní kapacitu krve navýšenou až o 28 % ve srovnání s lidmi žijícími v nadmořské výšce rovné s hladinou moře (Dovalil, 1999).

Narůstání červených krvinek napomáhá suplementace železem. Z toho důvodu je sportovcům (nejenom při setrvání ve vysoké nadmořské výšce) doporučen vyšší příjem aminokyselin a železa při porovnání s tím, co je doporučeno pro běžnou ne příliš aktivní populaci. Velký význam pro zvýšení tvorby červených krvinek má také vitamín B12, kyselina listová a pyridoxin, a ten je nezbytný k syntéze hemu. Vitamín B2 napomáhá k běžné funkci a většímu přežívání erytrocytů. Vitamín C přispívá metabolizovat železo, s jehož nedostatkem dochází k poklesu zásoby železa v organismu (Friedman et al., 1999).

Červené krevní barvivo a hemoglobin je nejpodstatnější složkou erytrocytů. Červené krevní barvivo dokáže vázat a uvolnit kyslík, podílí se na přepravě oxidu uhličitého a také se může uplatnit jako nárazníkový krevní systém. Jehož primární funkcí je transportovat kyslík z plic do tkáně (Kučera & Dylevský, 1999).

Hematokrit určuje poměr objemu červených krvinek a celkového objemu krve. Udává se v procentech. Průměrné hodnoty u mužů dosahují 44 ± 5 %. Hematokrit je možné ovlivnit stresem, například v průběhu závodu se mohou jeho hodnoty zvýšit. U jedné a té samé osoby je možné zaznamenat například individuální rozdíl v rozmezí 10-12 % v průběhu čtyřiceti osmi hodin – tedy zhruba první den 48 % a druhý den 44 % (Janssen, 2001). Dalšími faktory ovlivňujícími hodnoty hematokritu (mimo vysokou nadmořskou výšku, stresu a tréninku) můžeme řadit: ztrátu tekutiny (průjem, pocení), hormonální regulaci, alkohol, onemocnění a léky (Houston, 2006).

Navýšení kapilarizace svalů během zvykání si na hypoxické prostředí také může ovlivnit vytrvalostní trénink (Suchý, 2012).

Během adaptace organismu na vysokou nadmořskou výšku může také dojít k dalším projevům (Hochachka et al., 2002):

- k průběžnému klesání klidové srdeční frekvence,
- zmenšení klidového srdečního minutového objemu,
- navýšení vitální kapacity plic,
- klesání diastolického a systolického krevního tlaku
- ke změně plicní cirkulace, která je dána navýšením plicního cévního odporu, a ten je vyvolán vazokonstrikcí prekapilárních částí plicního řečiště.

2.6.3.2 Srdeční frekvence

Po příjezdu do vyšší nadmořské výšky převládá u mnoha sportovců vagotonie. Hlavní její projev je zpomalení tepové frekvence (bradykardie), dále to může být buď zvýšení anebo snížení minutového srdečního objemu, pocity nevolnosti a další akutní reakce na vyšší nadmořskou výšku. Tyto změny však trvají jen krátce, zpravidla to bývá jedna hodina po příjezdu do vysoké nadmořské výšky. Po delším pobytu se začne tepová frekvence zvyšovat, stejně tak minutový srdeční objem. Tepová frekvence se při střední intenzitě zatížení v hypoxii zvyšuje o 20–30 % v porovnání s nížinou (Reeves, 1992).

2.6.3.3 Hormony

Na konci šedesátých let minulého století publikoval Jokl (1968), že díky pobytu ve vysoké nadmořské výšce je vyvolána vyšší produkce erythropoetinu, ale i spousta dalších hormonů.

V průběhu krátké intenzivní zátěže je reakce sympatoadrenální soustavy ve vyšší nadmořské výšce výrazně vyšší než v nížině. Katecholaminy reagují v prvních sekundách zatížení ve vyšší nadmořské výšce i v nížině úplně stejně. U cvičení aerobního zatížení lze vysledovat určitý vztah hladin katecholaminů k zátěži ve smyslu postupného zvýšení hladin katecholaminů. Dále hypoxie vede ke zvýšení hladiny noradrenalinu. Ve vysoké nadmořské výšce je hladina katecholaminů v krvi nižší, než při cvičení v normoxii (Wilmore et al., 2008).

Kortizol je nejaktivnějším glukokortikoidním hormonem. Představuje asi 95 % z celkové sekrece glukokortikoidů. Zbývajících 5 % připadá na kortizon. Kortizol bývá

označován jako adaptační hormon, který vykazuje účinky na organismus: ovlivnění svalového a kostního metabolismu, psychické změny. Hladina kortizolu se zvyšuje ve stresových situacích jako je trauma, emocionální stres, vliv prostředí a také všechny vysilující situace jako je vysoká nadmořská výška. Při vytrvalostním tréninku na úrovni ANP se hladina kortizolu postupně zvyšuje (Wilber, 2004).

Po zátěži z hlediska regenerace je důležité sledovat hodnoty inzulínu a glukagonu, které mají zásluhu na ukládání zásob energie. Při využívání zvýšených energetických zdrojů je sekrece inzulínu potlačena. Během trénování patří mezi nejdůležitější metabolický efekt udržení normální hladiny krevní glukózy, regulace lipolýzy v tukové tkáni a také regulace jaterní glykogenolýzy (Kučera & Dylevský, 1999). Při pobytu ve vyšších nadmořských výškách je zvýšená inzulínová reakce, proto trénink ve vysoké nadmořské výšce zvyšuje inzulínovou reakci na zátěž a hladina inzulínu stoupá vzhůru (Houston, 2006).

Somatotropin, který ovlivňuje růst, nemá po vytrvalostní zátěži trvající šedesát až devadesát minut výrazné změny. Působení somatotropinu je však důležité v regenerační fázi, kde zvyšuje rychlost doplňování glykogenových depot a podporuje proteosyntézu (Trojan, Mareš, & Wunsch, 1994). Trénování a pobyt ve vysoké nadmořské výšce, zvyšuje hladinu růstového hormonu. I po návratu z vyšší nadmořské výšky je hladina somatotropinu zvýšena (Wilmore et al., 2008).

Při pobytu v hypoxickém prostředí je hladina testosteronu zvýšena. Zvýšená hladina testosteronu zůstává i v reaklimatizační fázi. Tento fakt kladně ovlivňuje vytrvalostní a silové předpoklady po příjezdu z vyšší nadmořské výšky (Fuchs & Reiss, 1990).

2.6.3.4 Genetika

Obyvatelé trvale žijící ve výškách nad 2 500 m n. m. z rodin po generace zde žijících prokazují evoluční změny, které mají genetický základ. Francois Viault byl prvním, kdo se zabýval sledováním adaptačních změn u obyvatel, kteří trvale žijí v Andách. Roku 1890 uvedl, že tito lidé se vyznačují zvýšenou hladinou hemoglobinu v krvi, potlačenými fyziologickými reakcemi na sníženou koncentraci kyslíku ve vzduchu a také většími dechovými objemy (Rogozov, 2004).

Moore, Zamudio, Zhuang, Droma, a Shohet (2002) dokázali, že u obyvatel, kteří žijí nad 3 500 m n. m. se vyšší odpor v plicním oběhu provázený hypertrofií pravé srdeční komory tvoří již v průběhu nitroděložního vývoje a nezmění se ani u dospělého jedince po delším pobytu v nížině.

Larsen (2003) odhalil, že keňští běžci mají ideální dispozice pro vytrvalostní atletické běhy, protože v porovnání se skandinávskými běžci mají o 5 % kratší dolní končetiny a o 12 % lehčí svaly.

2.6.4 Fáze adaptace na vyšší nadmořskou výšku

Adaptace na vyšší nadmořskou výšku je dlouhodobý komplexní proces. Odborná literatura (Dovalil, 1999, Fuchs & Reiss 1990, Marajo & Réga 1989, Pupiš & Korčok, 2007) se shoduje, že pro úspěšnou adaptaci stačí přibližně 21 dnů pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce. Tito autoři uvádějí následující tři základní fáze tohoto procesu (Dovalil et al., 2002):

- akomodace – jedná se o krátkodobou bezprostřední reakci organismu na hypoxickou zátěž, která je charakteristická pro první část celého aklimatizačního procesu. Tato fáze má trvání tři až osm dní a projevuje se sníženou výkonností organismu. Na začátku prvního a druhého dne převažují vagotonní tendence v reakcích organismu. Poté nastává převaha sympatikotonie. Tato fáze se projevuje počátečními pocity únavy, slabosti, předráždění a nespavostí (Suchý, 2012),
- adaptace – tato fáze je charakterizována změnami v organismu, při kterých dochází ke specifickým metabolickým reakcím na zátěž. Tato fáze trvá osm dní a výkonnost se zvyšuje, dostává se téměř na úroveň původního stavu trénovanosti. V této fázi střídá únavu dočasná euforie projevující se zvýšeným optimismem a sebedůvěrou. Euforie je však pouze krátkodobého charakteru (Dovalil et al., 2002),
- aklimatizace – v této fázi nastává komplexní přizpůsobení organismu, zahrnuje funkční i organické změny na déletrvající hypoxickou zátěž. Tato fáze nastává přibližně šestnáctý den pobytu, avšak v tyto dny může dojít v důsledku možné krize k přechodnému krátkodobému poklesu

výkonnosti. Plná výkonnost, kterou jsme měli v nížině, se dostavuje až ve čtvrtém týdnu pobytu ve vysoké nadmořské výšce (Suchý, 2012).

2.6.5. Specifika tréninku ve vysoké nadmořské výšce

Koncepce rozložení tréninku ve vyšší nadmořské výšce musí reflektovat vytyčené cíle a základní poznatky o aklimatizaci. První trénink v hypoxickém prostředí je vhodné realizovat v úvodní části přípravného období. Před prvním pobytem ve vysoké nadmořské výšce je nutné absolvovat základní trénink v nížině. Druhý pobyt je vhodný plánovat do druhé části přípravného období (březen, duben). Třetí pobyt ve výšce má dvě základní varianty (Suchý, 2012):

- počátek pobytu tři až čtyři týdny před hlavní soutěží sezony, se kterou se počítá v hypoxickém prostředí a přímo navazuje na pobyt ve výšce,
- tréninkové soustředění v délce trvání přibližně tři týdny ukončit asi dvacet dní před hlavní soutěží sezony v nížině.

Nejen u sportovců, kteří mají absolvovat kemp ve vysoké nadmořské výšce poprvé nebo po dlouhé pauze, je vhodné absolvovat komplexní zátěžové a lékařské vyšetření (Suchý, 2012).

V posledních pětadvaceti letech se většina autorů zabývá využitím nižšího parciálního tlaku vzduchu pro potřeby sportovního tréninku a shodně rozlišují následující základní možnosti (Suchý, 2012):

- pobyt a trénink v přírodní vysoké nadmořské výšce,
- trénink v nížině, spánek v uměle navozeném hypoxickém prostředí,
- trénink nebo klidová inhalace koncentrovaného kyslíku, která odpovídá výšce v rozmezí 3 000–5 000 m n. m. pomocí kyslíkových masek (Suchý, 2012).

Někteří autoři (Friedman & Burtsch, 1997; Liu, 1998; Stray-Gundersen, 2001) ještě uvádějí variantu tréninku v nížině se spánkem v přirozené vysoké nadmořské výšce anebo pobyt v nížině a trénink v přirozené výšce.

Hitem posledních let je využívání dvou až čtyřdenních pobytů ve vyšší nadmořské výšce (3 000–3 500 m n. m.). Další možností je zařazování tréninkové

jednotky nízké intenzity ve vysoké nadmořské výšce (2 800–3 500 m n. m.) jednou až dvakrát za mikrociklus (Bolek, 2008; Knapková, 2010).

Stavba tréninku – pobyt i trénink v přirozené výšce

Při plánování tréninku ve vyšší nadmořské výšce musí být kladena maximální pozornost zotavným procesům. Je vhodné v případě potřeby zařadit i neplánovaný odpočinkový den, obvykle to bývá v kritických dnech aklimatizace. Všeobecně s ohledem na charakter průběhu aklimatizace se považuje za ideální délku pobytu ve vysoké nadmořské výšce v rozsahu 18 až 21 dnů. Již po 21. dni efekt vysoké nadmořské výšky na zlepšení výkonnosti není tak výrazný (Čillík & Pupiš, 2005; Dovalil, 1999).

Z kraje pobytu, což je první až šestý den, musí trénink zohlednit možné obtíže prvních dnů ve výšce. Tato fáze by nikdy neměla být vynechána, při opakovaných soustředěních může být ale zkrácena. Trénovat by se mělo ve snížené intenzitě zatížení (do 75 % maxima) v porovnání s normou. Objem zatížení by se měl pohybovat nejvýše do 60 % z nížin. Opatrnost je na místě třetí den, kdy bývá počáteční únava vystřídána subjektivním pocitem euforie a sebedůvěry, celkovým optimismem. V tomto stavu je nejlepší trénink zmírnit. Trénink intenzivního charakteru v prvních dnech může průběh aklimatizace a účinek tréninku spíše narušit a vést až k přepětí (Suchý, 2012).

Přibližně pátý den pobytu je velmi důležité redefinovat aktuální individuální hodnoty jednotlivých intenzit zatížení, které se znatelně liší od normoxie (Suchý, 2012).

Uprostřed pobytu (7. až 12. den) se doporučuje postupné navyšování zatížení formou dvou až třífázových tréninků v náročnějším aerobním režimu, ale postupně rostoucí intenzitu je nezbytné kontrolovat. Dvanáctý den je možné zařadit i méně náročný laktátový trénink. Intervaly odpočinku se oproti nížině zpočátku více a postupně méně prodlužují. Postupně se přechází k intervalovému tréninku (Suchý, 2012).

Od začátku třetího týdenního mikrociklu ve vyšší výšce lze postupně přecházet k tréninku srovnatelnému jako v nížině, včetně úseků v závodním tempu. Konec tohoto mikrociklu se osvědčuje zakončit testem. Dvě zátěže v závodním tempu kratší, než je obvyklá délka závodu, s dostatečným odpočinkem (Suchý, 2012).

V průběhu pobytu v hypoxickém prostředí nastávají tři základní kritická období (Dovalil, 1999):

- druhý den po příjezdu do vyšší nadmořské výšky,
- devátý den po příjezdu, tato krize je méně výrazná,
- patnáctý den se objevuje třetí krize, která může být už hlubšího charakteru.

Pokud je plánován návrat zpět do nížiny, pak se z důvodů reaklimatizace doporučuje během posledních dvou až tří dní mírné snížení intenzity. Mělo by převažovat uvolnění a regenerace (Suchý, 2012).

Výkonnost v průběhu reaklimatizace není stabilní. Po návratu během dvou až čtyř dní je vhodné nastavit lehčí zatížení s důrazem na regeneraci. Mnoho autorů se shoduje, že je možné bezprostředně po návratu s jistým rizikem startovat v méně důležitých závodech. Výkonnostní deprese přichází mezi čtvrtým až desátým dnem. Od desátého dne výkonnost stoupá (Suchý, 2012).

Model bydlet nahoře a trénovat dole, nebo bydlet dole a trénovat nahoře

Tyto dvě alternativy jsou často diskutovány. Pro výběr jednoho z modelu je klíčové, jakých adaptačních změn je žádoucí u sportovců dosáhnout (Suchý, 2012).

Model bydlet nahoře, trénovat dole je účinný zejména pro růst výkonnosti v nížině. Výška zpomaluje zotavné procesy, ale zároveň kladně působí na zvýšení počtu červených krvinek a hemoglobinu, a při dlouhém pobytu pozitivně ovlivní hustotu kapilár ve svalu. Zároveň trénink v nížině umožňuje trénink bez snižování objemu nebo intenzity zatížení (Madsen, 2000).

Model bydlet dole a trénovat nahoře vede ke zlepšení výkonů ve vyšší nadmořské výšce. Spánek v nížině pomáhá k rychlejší regeneraci (Suchý, 2012).

Stavba tréninku v uměle navozeném hypoxickém prostředí

Z časového hlediska náročnosti pobytu a tréninku ve vysoké nadmořské výšce se někdy používají náhradní varianty, které umožňují trénink v uměle navozeném hypoxickém prostředí. Jedná se o kyslíkové stany a barokomory (Suchý, 2012).

Kyslíkový stan

Kyslíkový stan je plachtou uzavřený prostor, do kterého speciální přístroj přivádí vzduch, který odpovídá nadmořské výšce, na kterou je agregát nastaven. Malé rozměry hypoxických stanů neumožňují uvnitř provádět pohybovou činnost, ale jen pasivní pobyt. Základní a nejčastěji využívanou formou pasivního pobytu je spánek ve vysoké nadmořské výšce v rozmezí 2 200–2 600 m n. m. Někteří sportovci mají problém s usínáním v uměle navozené vysoké nadmořské výšce, jiným sportovcům vadí hluk, který vydává agregát. Spánek za hypoxických podmínek výrazně zpomaluje regeneraci organismu, ale po přibližně čtyř až šesti týdnech pravidelného spánku v kyslíkovém stanu v rozsahu deset až dvanáct hodin denně dochází ke zvyšování počtu červených krvinek. Vhodná doba pro tvorbu červených krvinek je pobyt ve stanu v rozsahu šestnáct hodin denně. Další vhodnou variantou jsou krátké pobyty, které trvají většinou hodinu až dvě hodiny několikrát denně. Pokud má trenér k dispozici dostatečně velký kyslíkový stan s dostatečně velkým agregátem, pak lze vykonat část tréninkového zatížení na trenažerech za nižšího parciálního tlaku (Suchý, 2012).

Pobyty v hypoxickém stanu zcela zásadním způsobem ovlivňují trénink, protože významně zpomalují regenerační procesy (Suchý & Dovalil, 2005).

Problém kyslíkového stanu v porovnání s pobytem v horském prostředí je, že sportovec na počátku používání hypoxického stanu necítí při tréninku žádné příznaky únavy a je schopný odtrénovat stejné tréninkové zátěže, jako by regeneroval. Z těchto důvodů může lehce dojít k rychlejšímu nástupu přetížení a přetrénování (Suchý, 2012).



Obrázek 1. Kyslíkový stan (Hypoxie, 2018)

Barokomory

Systém barokomor spočívá v tom, že díky kompresoru je do filtrů vháněn vzduch, který je převáděn do prostor, ve kterých je vyžadovaná nadmořská výška pomocí elektronické regulace simulována (Suchý, 2012).

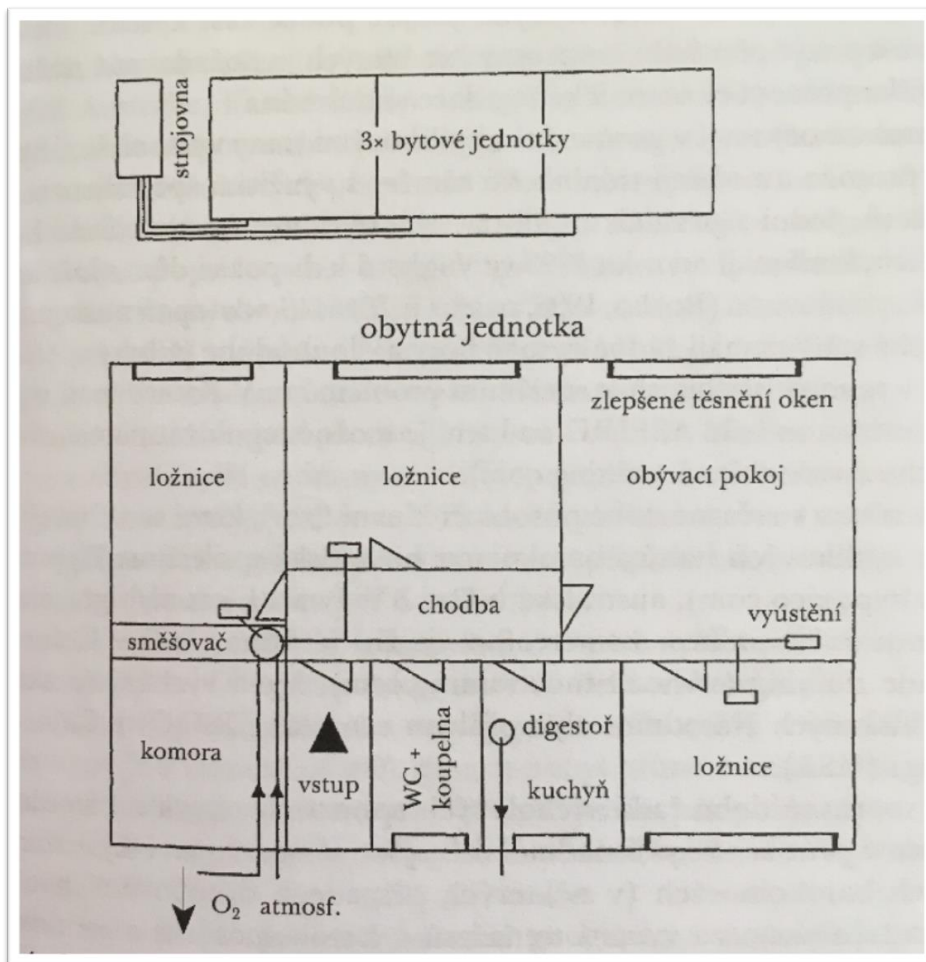
V porovnání s kyslíkovými stany mají barokomory širší uplatnění, jelikož umožňují tréninky s využitím specializovaných trenažerů. Jako téměř první začali tzv. alpské domy používat finští běžci na lyžích. Od roku 1993 mají ve Vuokatti možnost využívat dům s posilovnou a ložnicemi. Severské státy žádné vyšší hory nemají a dlouhotrvající pobyty v Alpách znamenali v mnoha případech i rodinné problémy. V Kataru například využívají moderní atletickou halu ASPIRE, kde je možná regulace parciálního tlaku vzduchu (www.altitudetraining.com).

V současné době jsou na trhu tři hlavní firmy, které vyrábí kyslíkové stany a barokomory:

- holandská firma Hypoxico,
- australská firma b-Cat B. V.,
- CAT – Colorado Altitude training, která je průkopníkem ve výrobě kyslíkových stanů a barokomor.

V současnosti velká spousta vrcholových sportovců nejčastěji kombinuje trénování v přirozeném hypoxickém prostředí a spaní v kyslíkových barokomorách/stanech a trénování v normoxii (Suchý, 2012).

Důležitou součástí trénování za hypoxických podmínek je pravidelný odběr krve, který využívá velká spousta vrcholových sportovců také při trénování v normoxii. Důvodem zvýšeného vnímání rozpoznávání aktuálního stavu organismu je zpomalení regeneračních procesů ve vysoké nadmořské výšce, a naopak výrazné zrychlení nástupu vyčerpání, přetížení a také přetrénování (Suchý, 2012).



Obrázek 2. Půdorys v Alpském Vuokatti (Dovalil, 1999, s. 47)

2.7 Tělesné složení

Tělo člověka je velice složitý mechanismus, na který se může koukat ze dvou pohledů. A to z anatomického a chemického. Z anatomického pohledu se dá lidské tělo dělit na různé složky například kostra, tělesný tuk, svalstvo, vnitřní orgány. Kdežto u pohledu chemického ho můžeme dělit na tyto složky, tělesná voda, tukové zásoby, minerální látky, glykogen, bílkoviny a další.

Velice důležité je uvědomit si, že tělo člověka je organismem, který je složen z určitého poměru prvků a tento poměr může ovlivnit fyzickou zdatnost a kondici, které poté mohou ovlivnit tréninkové výsledky, nabírání svalové hmoty, nebo diety (Tanita, 2018).

2.7.1 Tělesný tuk

Tělesný tuk vykonává velké množství nepostradatelných úkolů pro lidský organismus. O tělesném tuku můžeme říci, že je hojnou zásobárnou energie a toho organismus dokáže patřičně využít. Tuk je nenahraditelný pro zdravý vývoj. Značné množství tuků v lidském těle obsahuje každá buňka, mozek je dokonce tvořen ze 70 %. Tuk je také součástí přepravního systému pro důležité vitamíny. Díky tukové tkáni s termoregulační schopností jsme chráněni před chladem. Jednoduše se náš organismus bez tělesného tuku neobejde. V lidském těle bychom ho neměli mít příliš, naopak ani málo. Ideální množství tělesného tuku u pohlaví, jak ženského, tak i mužského i u věkových kategorií neexistuje. U odborných studií se ideální hodnoty liší a rozpětí toho, co je ideální a co je naopak zdraví ohrožující je poměrně velké (Vojtěchovský, 2017).

Tabulka 5. Doporučené zastoupení tělesného tuku v těle v procentech (Vojtěchovský, 2010)

Věk [roky]	< 30	30–50	> 50
Ženy	14–21 %	15–23 %	16–25 %
Muži	9–15 %	11–17 %	12–19 %

2.7.2 Svalová hmota

Tato hmota se skládá z kosterní svalové hmoty, hladké svaloviny, jako jsou třeba srdeční či zažívací svaly a vody, která je obsažena v uvedených svalech. Svaly sehrávají velmi podstatnou roli, jelikož je můžeme považovat za motor ve spotřebě

energie. Čím více se svalová hmota navyšuje, tím také roste energetická spotřeba, která pomáhá snižovat přebytečný tělesný tuk a hubnout zdraví prospěšným způsobem.

Procento svalů v těle může být různé, a to v závislosti na jednotlivém pohlaví jedince a druhu sportu, jakémuž se věnuje. Tento poměr by proto měl být každému jedinci individuálně stanoven. Hodnota svalové hmoty je proměnná v závislosti na množství tělesné vody a tělesného tuku. Svalová hmota může narůstat, pokud dojde ke snížení množství tělesného tuku a ke zvýšení množství tělesné vody (Tanita, 2018).

2.8 Wingate test

Wingate test používáme, když chceme zjistit silové schopnosti a anaerobní kapacitu organismu u testovaného sportovce. Test se provádí na bicyklovém ergometru. Při testu sledujeme hodnoty maximálního výkonu, průměrného výkonu a maximálního pěti sekundového výkonu. Další, co sledujeme, je index únavy neboli rychlost únavy. Díky testu jsme také schopni rozebrat sílu a načasování záběru dolních končetin, proto jsme také schopni odhalit odchylku ve výkonnosti pravé nebo levé končetiny. Když odstraníme již vyjmenované nedostatky, tak je velmi pravděpodobné, že dojde u testovaného sportovce ke zlepšení v jeho výkonnosti. Další výhodou může být, že může dojít ke zlepšení techniky pohybu, kdy potom dochází k odstranění svalových dysbalancí, ale také tím můžeme snížit riziko svalových zranění. Tento test není vhodný pro nesportující populaci, protože je fyzicky velmi náročný. Při opakování testu je nezbytné dodržovat stejný postup testu, aby naměřené hodnoty byli porovnatelné (Heller & Pavliš, 1998).

2.8.1 Maximální výkon.kg⁻¹

Tento výkon je nejvyšší hodnota, kterou může jedinec zaznamenat během celého Wingate testu. Tuto maximální hodnotu dosahují jedinci převážně během prvních pěti sekund od začátku testu, protože mají nejvíce sil. Když vydělíme naměřenou hodnotu maximálního výkonu hmotností jedince, dostaneme finální hodnotu maximálního výkonu na jeden kilogram váhy testovaného jedince (Heller & Vodička, 2011).

2.8.2 Průměrný výkon.kg⁻¹

Průměrný výkon z kompletní 30–40 ti sekundové zátěže vypovídá o anaerobní kapacitě testovaného jedince. Průměrný výkon dostaneme logickým způsobem a to, že použijeme všechny hodnoty výkonu, které byly zaznamenány během testu, a utvoříme z nich aritmetický průměr. Takto vypočítanou hodnotu musíme opět vydělit hmotností jedince, a díky tomu dostaneme finální hodnotu průměrného výkonu na kilogram hmotnosti testovaného jedince (Heller & Vodička, 2011).

2.8.3 Index únavy

Výpočtem procentuálního podílu snížení výkonu od počátečního až po konečný interval získáme index únavy čili rychlost únavy. Odečtením hodnoty minimálního výkonu od hodnoty maximálního výkonu získáme právě index únavy. Získanou hodnotu potom vydělíme hodnotou maximálního výkonu. Dále vynásobíme výslednou hodnotu stem a tím dosáhneme indexu únavy procentuálně vyjádřeného. Vzorec potom vypadá

takto:
$$\frac{W_{\max} - W_{\min}}{W_{\max}} \times 100$$

Tento test ukazuje na podíl aktivování pomalých a rychlých svalových vláken. Test řeší nepřímé zastoupení svalových vláken ve svalech testovaných jedinců, což nám přibližně naznačuje, jakou maximální rychlost je jedinec schopen dosáhnout. V případě, že má sportovec u indexu únavy vyšší hodnotu, má tak lepší předpoklad pro rychlostní disciplínu. V opačném případě tedy, že hodnota indexu únavy bude nižší, má sportovec lepší předpoklad pro disciplínu vytrvalostní (Kučera & Dylevský, 1999).

2.9 Spiroergometrie a spirometrie

Spiroergometrie je test, který je vhodný pro vytrvalostní sporty. Výsledky tohoto testu svědčí o výkonnosti kardiovaskulárního systému a o oxidativní kapacitě kosterního svalstva, což jsou základní předpoklady pro vytrvalostní sporty.

V diagnostice výkonnosti má velmi významné postavení spotřeba kyslíku. Společně s laktátem a srdeční frekvencí patří k nejpodstatnějším diagnostickým veličinám. Maximální spotřeba kyslíku poukazuje na možnost organismu přijímat kyslík, přesouvat ho pracujícím svalům, ale též na schopnost svalstva využít dodaný kyslík.

Významem testu je odhalení funkčních předpokladů jedince k danému sportu či sportovnímu odvětví, a to hlavně vytrvalostních předpokladů.

Velmi důležitým parametrem diagnostiky je opakované testování, a to při pozorování přizpůsobení organismu na zátěž tréninku, a to při rozdílných fázích ročního tréninkového cyklu.

Test je nastaven tak, že s úvodním zahřátím organismu je postupně zvyšována zátěž testovanému jedinci až k jeho osobnímu maximu. Testovaný jedinec je po celé trvání testu napojen na velmi přesné snímací zařízení, kterým jsou měřeny požadované parametry (Casri, 2018).

Spiroergometrické ukazatele

Do hlavních ukazatelů, které lze označovat, jako spiroergometrické patří: VO_2max , minutový objem respirační, ventilační práh, kyslíkový dluh, poměr respirační výměny, minutový příjem kyslíku, tepový kyslík, minutový výdej oxidu uhličitého a nepřímá ergonomie (Novotný, 2013).

VO_2max

VO_2max považujeme za jeden z nejpřesnějších ukazatelů aerobní vytrvalosti, jinak řečeno je měřítkem fyzické kondice. Pokud bychom se ptali na definici VO_2max , odpovědí bude, že se jedná o maximální využití kyslíku, a že také uvádí výši spotřebovaného kyslíku v mililitrech na kilogram hmotnosti těla za minutu. Také zde platí čím více tím lépe aneb čím je číslo vyšší, o to větší množství kyslíku se nám dostane do svalů. Právě proto zvládá naše tělo mnohem déle a rychleji vykonávat jakoukoliv fyzicky náročnou pohybovou aktivitu, kterou může být například běh na dlouhou vzdálenost. Jedná se o maximální možné množství kyslíku, které mohou svaly využít z energie, kterou přijmou.

O naší vytrvalosti a fyzické zdatnosti nám hodně napovídá hodnota VO_2max . Funguje zde pravidlo jednoduché úměry a ta říká, že o co je hodnota VO_2max vyšší o to lepší výkony mohou předvádět jak amatérští, tak profesionální sportovci, protože využijí větší množství kyslíku dostupné pro jejich svaly (Válek, 2008).

Tabulka 6. Nejvyšší naměřené hodnoty relativního VO₂max v dané sportovní disciplíně (upraveno podle Vojtěchovský, 2010)

Jméno sportovce	Druh sportovní disciplíny	Hodnota VO ₂ max [ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹]
Espen Harald Bjerke, Bjorn Daehli	běh na lyžích	96,0
Greg LeMond	cyklistika	92,5
Matt Carpenter	Pikes Peak marathon	92,0
Marius Bakken	běh na 5 000 m	87,4
Dave Bedford	běh na 10 000 m	85,0
John Ngugi	kros	85,0
Kip Keino	běh 1 500 m	82,0
Joan Benoit	maraton	78,6
Bruce Fordyce	ultramaraton	73,3
Jarmila Kratochvílová	běh 800 m	72,8

3 Cíle práce, úkoly a hypotézy

3.1 Cíl práce

Cílem práce je analyzovat vliv tří několikaměsíčních soustředění vytrvalostního běžce ve vyšší nadmořské výšce na jeho výkonnost.

3.2 Úkoly práce

- Prostudování a zpracování odborné literatury, která se zaměřuje na dané téma,
- zpracování rešerše odborné literatury,
- analýza tréninkových deníků,
- porovnání výkonnostních ukazatelů před a po pobytech ve vyšší nadmořské výšce,
- porovnání tréninkových objemů za 1, 2 a 3 několikaměsíční pobyt v Keni,
- závěrečné vyhodnocení výsledků.

3.3 Výzkumné otázky

VO1: Zvýší se výkonnostní úroveň u sledovaného sportovce vlivem několikaměsíčního pobytu ve vyšší nadmořské výšce?

VO2: Bude aklimatizační doba u sledovaného běžce kratší při třetím několikaměsíčním soustředění než při prvním pobytu ve vyšší nadmořské výšce?

VO3: Sníží se množství tělesného tuku u sledovaného běžce vlivem několikaměsíčního soustředění ve vyšší nadmořské výšce?

4 Metodika

4.1 Výzkumný soubor

V této práci jsme sledovali jednoho probanda a tím je běžec české seniorské špičky ve vytrvalostních bězích David Vaš. Tomuto běžci bylo na začátku sledování 25 let. Bydlí nedaleko Českých Budějovic. K atletice se dostal už na základní škole, ale dosahoval průměrných výsledků, a tak atletiku bral jen pro zábavu. V tuto dobu hrál ještě fotbal, který ho podle jeho slov bavil více. Fotbal hrál do 19 let a poté se věnoval převážně atletice. Jeho první atletický závod byl v roce 2011, a to hned na maratónu v podzemních garážích v Českých Budějovicích. Právě tento závod byl pro něj impulsem začít se více věnovat běhání. Po pár dalších a kratších závodech začal systematicky trénovat.

Vytrvalostní běžec se vždy před odjezdem na soustředění do vysoké nadmořské výšky a po návratu ze soustředění podrobil testování ve specializované laboratoři, která patří pod Jihočeskou univerzitu v Českých Budějovicích, konkrétně Katedře tělesné výchovy a sportu.

4.2 Sběr dat

Data a výsledky ze závodů vytrvalostního běžce jsme primárně shromáždili a použili z jeho tréninkových deníků, konkrétně z roků 2015, 2016 a 2017. V roce 2015 jsme porovnávali pouze časy ze tříkilometrového závodu, jelikož náš testovaný běžec tento rok běžel pouze tyto závody. V roce 2016 a 2017 jsme porovnávali časy ze závodu na deset kilometrů, jelikož náš proband běžel závody jen na tuto vzdálenost. Kontrolu všech výsledků z daných závodů jsme provedli pomocí oficiálních stránek Českého atletického svazu, kde můžeme najít výsledky všech závodů. Sledovali jsme, zda byl jeho tréninkový plán dodržen a zda byl individualizován.

V rámci diplomové práce jsme se zaměřili na výsledky z roků 2015, 2016 a 2017, jednalo se o výsledky z daných závodů a výsledky laboratorních testů. Jednalo se o Wingate test, spiroergometrii a spirometrii. V laboratoři jsme také zjišťovali množství tuků a svalové hmoty.

4.3 Použité metody

Obsahová analýza

Obsahová analýza se zabývá objektivním, systematickým a kvantitativním popisem písemných nebo ústních projevů. Úkolem obsahové analýzy je získání co největšího počtu dat. K tomuto popisu jsme použili odbornou literaturu, články z časopisů a internetové zdroje (Štumbauer, 1990).

V teoretické části diplomové práce jsme použili tuto metodu ke zjištění poznatků, týkajících se tématu této práce. Veškerou odbornou literaturu, internetové zdroje a články, které jsme v práci použili, jsou uvedeny v referenčním seznamu literatury.

Komparativní (srovnávací) metoda

Cílem komparativní metody je porovnávání a srovnávání jednotlivých výsledků, ze kterých lze vyvodit reliabilní a validní závěry. Výsledky můžeme srovnávat jak z pohledu kvantitativního, tak i kvalitativního. Charakteristiku srovnávací metody můžeme definovat jako výčet shod, podobností a rozdílů mezi několika jevy (Štumbauer, 1990).

Tuto metodu jsme použili na porovnání naměřených hodnot vytrvalostního běžce. Porovnávali jsme mezi sebou hodnoty naměřené před soustředěním a naměřené hodnoty po soustředění. Na základě těchto porovnání jsme byli schopni potvrdit či vyvrátit námi stanovené výzkumné otázky.

Věcná a statistická významnost

Analýzu pozorovaných kvantitativních dat je možné provést za pomoci věcné a statistické významnosti. Hlavním účelem statistické významnosti je vyhodnocení, ve kterém se výsledek převede a pak se zobecní na celou populaci. Věcná významnost zaujme širší hledisko. A to takové, které zajistí, zda má smysl přemýšlet o výsledcích a zda je možné jejich praktické využití. Hlavní cíl věcné významnosti je posoudit užitečnost a důležitost výsledku z výzkumu a jeho využití při reálném životě. K vymezení a zjištění věcné významnosti je potřeba mít stanovený ukazatel míry pro věcnou významnost. Pomocí těchto ukazatelů je možné následně vypočítat podíl hodnot minimálně ve dvou a více skupinách. Poté je ale obtížné interpretovat tyto hodnoty a určovat jejich smysl. Právě proto je potřeba při určení závislosti a rozdílů

stanovit míru věcné významnosti (Blahuš, 2000). Míra věcné významnosti se dá stanovit pomocí více měr (Kirk, 1996).

Míra vyjadřující rozdíl

Podle Cohena (1988) je principem založení Cohenovo d na rozdílu průměrů a jejich závislostí ve dvou skupinách. Výsledkem je veličina bez rozměru, která dělí směrodatnou odchylku průměrů a dokáže srovnat výsledky. Tato bezrozměrná veličina nemá závislost na prvotních jednotkách měření. Když nám při výpočtu Cohenova d vyjde kladné číslo, tak to znamená, že je sledovaná veličina větší hodnoty u první experimentální skupiny. Když získáme Cohenovo d v záporné hodnotě, kterou sledujeme je naopak nižší hodnoty v experimentální skupině. Cohenovo d je v absolutním rozpětí:

$d = 0,20$ až $0,50$ – malý efekt

$d = 0,50$ až $0,80$ – střední efekt

$d \geq 0,80$ – velký efekt

Věcnou a statistickou významnost jsme použili při porovnávání hodnot před vysokohorským soustředěním a po návratu z vysokohorského soustředění. Mezi porovnávané hodnoty patřily: ranní srdeční frekvence před pobytem a po návratu z vysoké nadmořské výšky, dále patnáct prvních dní na soustředění ve vyšší nadmořské výšce a posledních patnáct dní na soustředění ve vysoké nadmořské výšce.

4.4 Použité přístroje

4.4.1 Tanita BC 418 MA

Jde o tělesný analyzátor, ve kterém je i vestavěná tiskárna. Materiály, ze kterých je tento přístroj vyroben jsou velmi trvanlivé a zaručují dlouhodobé používání. Tento analyzátor se dá použít na více způsobů. Je tedy vhodný pro sportovní střediska, výživové poradce, osobní trenéry, a také se využívá ve speciálních oborech například kardiologie, rehabilitační terapie, diabetologie nebo wellness. V tomto přístroji je využita metoda multifrekvenční analýzy, a díky té umí rozlišovat obsah extracelulární od intracelulární tělní tekutiny. K měření používá dohromady osm snímacích katod. Jejich první polovina je umístěna na ručních madlech, druhá polovina potom na spodní platformě. Tento analyzátor měří celkové tělesné hodnoty jako například svalová

hmota, tělesný tuk či tělesná voda. Ale nejen to, dokáže také změřit svalovou hmotu jednotlivých segmentů těla. Naměřené hodnoty lze vyhodnotit do tabulek a grafů (Fitham, 2018).

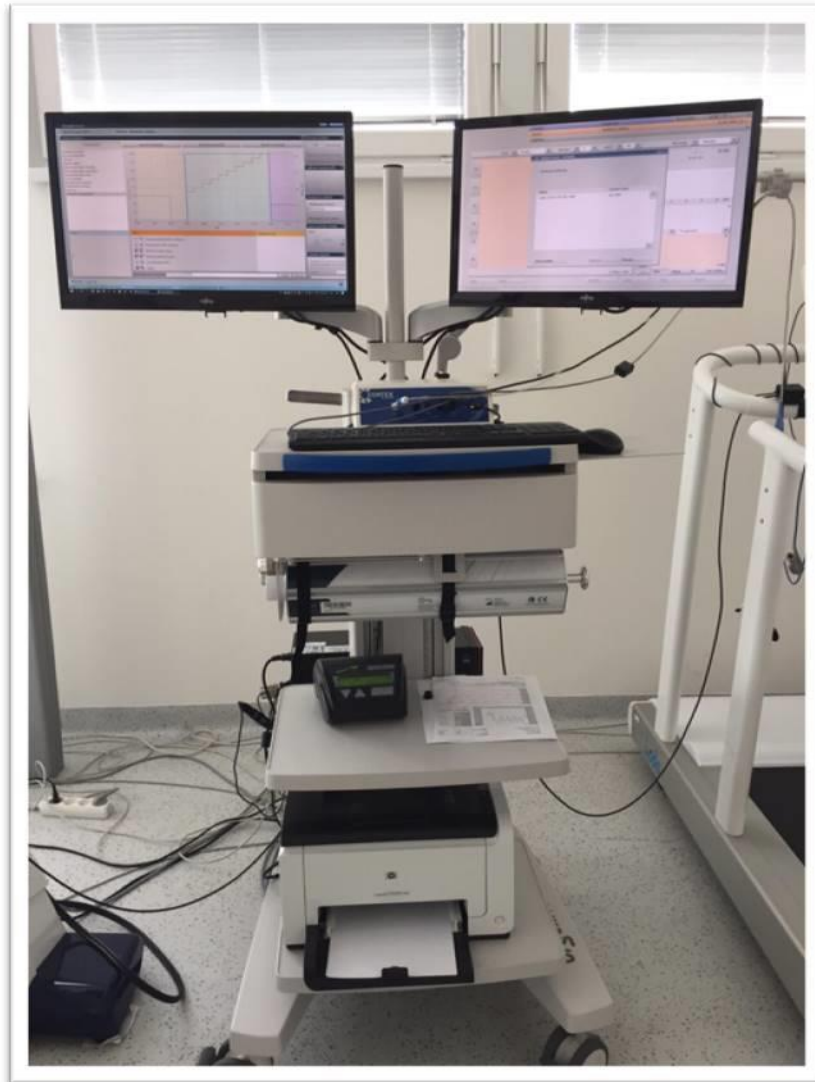


Obrázek 3. Tanita BC 418 MA

4.4.2 Cortex MetaControl 3000

Tento přístroj, který je optimálně sestavený na spiroergometrický systém zaručuje maximální kompatibilitu a spolehlivost při provádění zátěžových testů. Přístroj Cortex má velice přehledný software a také snadné ovládání. Tento přístroj dokáže spojit Cortex MetaLyzer (analyzátor dechových plynů) s dvanácti svodovým elektrokardiografem. Všechna tato zařízení musí být vždy připojena k počítači s vysokým výkonem. Výkonný počítač je potom integrovaný přímo do praktického vozíku společně s MetaLyzerem. V horní části vozíku, se nachází dva monitory, které

zobrazují spirometrické a ergometrické parametry společně s EKG křivkou (Compek, 2010).



Obrázek 4. Cortex MetaControl 3000

4.4.3 Ergometr LODE Excalibur Sport

LODE Excalibur Sport je ergometrický přístroj, který se hojně využívá po celém světě. Konkrétně pod názvem „zlatý standard v ergometrii“ hlavně kvůli vysoké spolehlivosti a ověřené přesnosti. Díky nové a vylepšené verzi je ergometr Excalibur Sport vyhovující všem nárokům a nejnovějším požadavkům výzkumu a moderní sportovní medicíny. Vzhledem k tomu, že dnešní sportovci mají stále vyšší výkonnost, byl nový ergometr modernizován a navržen tak, aby zvládl i velmi extrémní zátěž a to až 2 500 wattů. Tento ergometr je možné nastavit vždy co nejpřesněji na daného jedince. Nastavit se dají řídítka, sedlo, a to nejen horizontálně a vertikálně. U sedla je

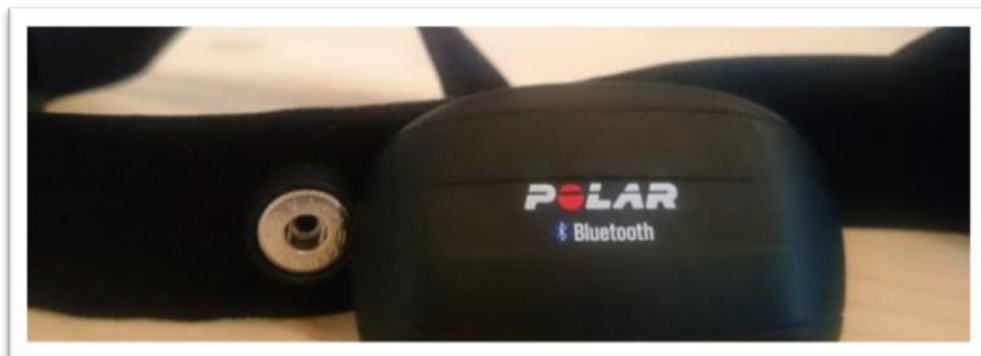
také navíc možné nastavit i sklon. Testovaný jedinec může v průběhu testování sledovat parametry týkající se průběhu testování, a to v přední části ergometru (Compek, 2010).



Obrázek 5. Ergometr LODE Excalibur Sport

4.4.4 Hrudní pás a spiroergometrická maska

Speciální hrudní pás sloužící k přesnému snímání srdeční tepové frekvence. Vysílač přenáší údaje za pomoci bluetooth technologie do kompatibilních aplikací v mobilních telefonech nebo programů v počítači. Ke komunikaci je potřebné, aby byl vybaven přijímač komunikačním rozhraním minimálně bluetooth 2.0 (Polar, 2018). Další nepostradatelnou výbavou funkční laboratoře určené ke spirometrickému testování je spiroergometrická obličejová maska.



Obrázek 6. Hrudní pás Polar



Obrázek 7. Spiroergonetrická maska

4.4.5 Cortex MetaLyzer 3B

Cortex MetaLyzer 3B je systém pro celkovou diagnostiku a kardiopulmonální zátěžové testy. Díky tomuto přístroji můžeme udělat kompletní lékařské vyšetření plic dále srdce a také metabolismu. A to ve stavu klidném, tak i při zátěži.



Obrázek 8. Cortex MetaLyzer 3B

5 Výsledky

U testovaného běžce jsme porovnávali hodnoty naměřené před pobytem ve vysoké nadmořské výšce a po návratu z vysoké nadmořské výšky. Nejprve jsme porovnali hodnoty, které se týkaly složení těla, tam patří hmotnost, svalová hmota, tučná hmota v kilogramech i v procentech. Dále jsme porovnali hodnoty z Wingate testu. Vybrali jsme tyto parametry maximální výkon, průměrný výkon, průměrný výkon.kg⁻¹, maximální výkon.kg⁻¹, sklon únavy, srdeční frekvenci při maximálním výkonu, index únavy a otáčky. Poté jsme porovnávali klidové hodnoty. Následně jsme porovnávali hodnoty ze spiroergometrie a spirometrie, konkrétně to byly tyto parametry VO₂max, SF při VO₂max, tepový kyslík. Naposled jsme uvedli hodnoty krevního složení.

Velmi důležitou roli hraje ve výsledcích naší diplomové práce skladba tréninku. Dle vyjádření trenéra 1. rok splnil proband dle plánu 95 % tréninků, 2. rok 60 % tréninků a 3. rok 30 % tréninků. Ostatní tréninky byly upraveny z důvodu zdravotních obtíží či upraveny dle požadavku probanda z důvodu přizpůsobení tréninku jinému běžci či běžkyni. Skladba tréninku je pro zvýšení výkonnosti a pro objektivní výsledky jedna ze zásadních proměnných.

Tabulka 7. Složení těla vytrvalostního běžce

Složení těla	Rok 2015		Rok 2016		Rok 2017	
	<i>před</i>	<i>po</i>	<i>před</i>	<i>po</i>	<i>před</i>	<i>po</i>
Hmotnost [kg]	74,6	74,2	76,4	74,7	77,8	76,3
Svalová hmota [kg]	67,2	64,4	69	66,5	68,1	67
Tučná hmota [kg]	4,3	6,8	4,1	5,1	6,5	6
Tučná hmota [%]	5,8	9,1	5,4	6,8	8,3	7,9

V tabulce číslo 5 je detailně rozebráno složení těla vytrvalostního běžce. Tabulka je rozdělena na rok 2015, 2016, 2017 a jsou zde zaznamenány hodnoty před vysokohorským soustředěním v Keni a po skončení soustředění v Keni.

Můžeme si všimnout, že hmotnost před několikaměsíčním soustředěním je v každém roce vyšší než po návratu z Keni. Taktéž to je se svalovou hmotou, která byla před soustředěním vyšší než po návratu. Když se zaměříme na tučnou hmotu jak v kilogramech, tak i v procentech, tak zjistíme, že v roce 2015 před soustředěním byla tučná hmota 4,3 kg a po návratu 6,8 kg. V procentech to bylo 5,8 % před soustředěním a 9,1 % po soustředění. To znamená, že v roce 2015 po návratu z Keni byla tučná

hmota vyšší. Stejně tak tomu bylo v roce 2016, po návratu byly hodnoty tučné hmoty vyšší. V roce 2017 se naopak hodnoty tučné hmoty po návratu ze soustředění snížily.

Tabulka 8. Wingate test vytrvalostního běžce

Wingate test	Jednotky	Rok 2015		Rok 2016		Rok 2017	
		<i>před</i>	<i>po</i>	<i>před</i>	<i>po</i>	<i>před</i>	<i>po</i>
Maximální výkon	[Watt]	759	757	764	804	800	755
Průměrný výkon	[Watt]	558,76	526,63	563,25	575,05	566,06	550,84
Prům. výkon / tělesnou hmotnost	[Watt.kg ⁻¹]	7,49	7,11	7,37	7,46	7,28	7,22
Max. výkon / tělesnou hmotnost	[Watt.kg ⁻¹]	10,17	10,21	10	10,43	10,28	9,89
Sklon únavy	[Watt.s ⁻¹]	10,52	11,33	18,42	10,31	11,86	10,01
Max. tepová frekvence	[min]	160	152	158	152	151	151
Index únavy	[%]	39,66	28,24	22,43	24,92	27,7	23,16
Otáčky		138	134	136	132	132	128

V této tabulce jsou uvedeny hodnoty, které byly zjištěny pomocí Wingate testu. V tabulce jsou uvedeny tři roky, což jsou 2015, 2016 a 2017. Můžeme si všimnout, že maximální výkon byl po návratu nejvyšší v roce 2016 a nejnižší byl v roce 2017. Nepatrné snížení maximálního výkonu bylo v roce 2015 a to ze 759 wattů na 757 wattů. U průměrného výkonu byla také po návratu v roce 2016 nejvyšší hodnota. Nejnižší hodnota průměrného výkonu byla v roce 2015 po návratu z vyšší nadmořské výšky. U maximální tepové frekvence si můžeme všimnout, že vždy před soustředěním byla hodnota vyšší, konkrétně v roce 2015 to bylo před soustředěním 160 tepů za minutu a po návratu 152 tepů za minutu, v roce 2016 to bylo ze 158 tepů za minutu na 152 tepů za minutu. Výjimkou byl rok 2017, kde byla maximální tepová frekvence stejná jako před soustředěním tak po soustředění a to 151 tepů za minutu. Sklon únavy byl v roce 2015 před soustředěním 10,52 watt.s⁻¹ a po návratu z vysokohorského soustředění 11,33 watt.s⁻¹. V roce 2016 byla hodnota před soustředěním 18,42 watt.s⁻¹ a po návratu byla hodnota 10,31 watt.s⁻¹. V roce 2017 byl sklon únavy před vysokohorským soustředěním 11,86 watt.s⁻¹ a po soustředění byla hodnota 10,01 watt.s⁻¹.

Tabulka 9. Klidové měření vitální kapacity vytrvalostního běžce

Klidové měření	Rok 2015		Rok 2016		Rok 2017	
	<i>před</i>	<i>po</i>	<i>před</i>	<i>po</i>	<i>před</i>	<i>po</i>
FCV [L]	6,22	5,41	7,14	6,66	6,81	7,01

V této tabulce jsou uvedeny hodnoty klidového měření. Hodnoty jsou uvedeny v litrech. FCV je usilovná vitální kapacita, je to maximální objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po maximálním nádechu.

Z tabulky je zřejmé, že před pobytem v roce 2015 byla hodnota usilovné vitální kapacity 6,22 l, po návratu byla hodnota nižší, tj. 5,41 l. Stejně tak tomu bylo i v roce 2016. V roce 2017 byla naopak hodnota před odjezdem nižší než po návratu.

Tabulka 10. Měření spiroergometrie u vytrvalostního běžce

VO2max	Rok 2015		Rok 2016		Rok 2017	
	<i>před</i>	<i>po</i>	<i>před</i>	<i>po</i>	<i>před</i>	<i>po</i>
V'O2peak [ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹]	73	77	75	73	71	79
SF při VO2max [min]	177	178	165	175	176	173
Tepový kyslík [ml]	31	32	34	31	32	35
RER	1,24	1,2	1,16	1,15	1,17	1,12
V'E [L.min ⁻¹]	228,7	231,5	226,7	227,7	233,4	234,8
VT [L]	2,98	3,07	2,86	3,04	3,17	2,77
BF [min]	77	75	79	75	74	85

V tabulce číslo 10 jsou znázorněny hodnoty VO2max. Můžeme si všimnout, že nejvyšší hodnota VO2max byla v roce 2017 po vysokohorském soustředění. V roce 2015 byla hodnota VO2max před odjezdem na vysokohorské soustředění 73 ml.kg⁻¹.min⁻¹ a po návratu byla hodnota vyšší a to 77 ml.kg⁻¹.min⁻¹. V roce 2016 naopak byla vyšší hodnota VO2max před odjezdem a to 75 ml.kg⁻¹.min⁻¹.

Tepový kyslík je podíl spotřeby kyslíku a tepové frekvence a vyjadřuje množství kyslíku, jež je srdce schopno jedním tepem přenést do tkání. Hodnoty u vytrvalostních sportovců jsou kolem 30–35 ml. Nejvyšší hodnota byla zaznamenaná v roce 2017 po soustředění a to 35 ml. Nejnižší hodnota byla v roce 2015 před soustředěním a v roce 2016 po soustředění ve vysoké nadmořské výšce.

Tabulka 11. Změny krevních hodnot vytrvalostního běžce

Krev	Rok 2015		Rok 2016		Rok 2017	
	<i>před</i>	<i>po</i>	<i>před</i>	<i>po</i>	<i>před</i>	<i>po</i>
Leukocyty [10 ⁹ .l ⁻¹]	6,2	7,1	5,5	4,6	5,1	5,2
Erytrocyty [10 ¹² .l ⁻¹]	4,85	4,77	4,42	4,53	4,67	4,8
Hematokrit [l]	0,43	0,42	0,4	0,42	0,42	0,43
Hemoglobin [g.l ⁻¹]	148	150	135	144	141	165
Trombocyty [10 ⁹ .l ⁻¹]	219	204	184	181	165	224

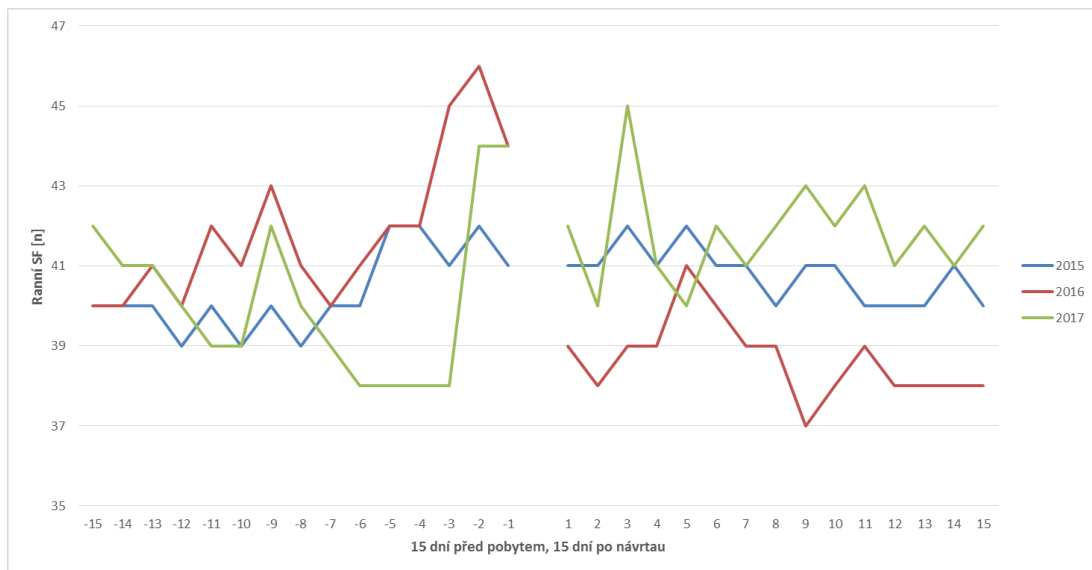
V tabulce číslo 11 je znázorněné krevní složení. Z celého krevního složení, můžeme největší změny pozorovat u trombocytů. Zatímco před soustředění v roce 2017 byla hodnota zmiňovaných trombocytů 165 10⁹.l⁻¹, po soustředění byla hodnota 224 10⁹.l⁻¹. Běžná hodnota trombocytů bývá okolo 150 10⁹.l⁻¹.

Nejnižší hodnota u leukocytů byla v roce 2016 po návratu z vysoké nadmořské výšky a to $4,6 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$. Naopak nejvyšší hodnota leukocytů byla v roce 2015 po návratu ze soustředění. V roce 2017 byl u leukocytů nejmenší rozdíl a to $5,1 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$ před soustředěním a $5,2 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$ po soustředění.

Nejmenší hodnota u erytrocytů byla v roce 2016 před soustředěním ve vysoké nadmořské výšce a to $4,42 \cdot 10^{12} \cdot l^{-1}$. Nejvyšší hodnota byla v roce 2015 před soustředěním. V roce 2015 před vysokohorským soustředěním byla hodnota erytrocytů $4,85 \cdot 10^{12} \cdot l^{-1}$ a po návratu byla hodnota $4,77 \cdot 10^{12} \cdot l^{-1}$. V roce 2016 byla hodnota erytrocytů před soustředěním $4,42 \cdot 10^{12} \cdot l^{-1}$ a po návratu z vysoké nadmořské výšky byla hodnota $4,53 \cdot 10^{12} \cdot l^{-1}$. V roce 2017 byla hodnota před odjezdem na vysokohorské soustředění $4,67 \cdot 10^{12} \cdot l^{-1}$ a po návratu byla hodnota erytrocytů $4,8 \cdot 10^{12} \cdot l^{-1}$.

Hematokrit byl nejvíce vyrovnaný v každém roce, jak před soustředěním, tak i po soustředění. V roce 2015 byl před odjezdem 0,43 l a po příjezdu 0,42 l. V roce 2016 byl hematokrit 0,40 l a po návratu 0,42 l. V roce 2017 byly hodnoty před soustředěním 0,42 l a po soustředění 0,43 l.

Hemoglobin byl v každém roce před odjezdem na vysokohorské soustředění nižší než po návratu z vysoké nadmořské výšky. V roce 2015 byl hemoglobin před odjezdem $148 \text{ g} \cdot l^{-1}$ a po návratu $150 \text{ g} \cdot l^{-1}$. V roce 2016 byl hemoglobin před odjezdem na vysokohorské soustředění $135 \text{ g} \cdot l^{-1}$ a po návratu byl $144 \text{ g} \cdot l^{-1}$. V roce 2017 byla hodnota před soustředěním $141 \text{ g} \cdot l^{-1}$ a po návratu $165 \text{ g} \cdot l^{-1}$.

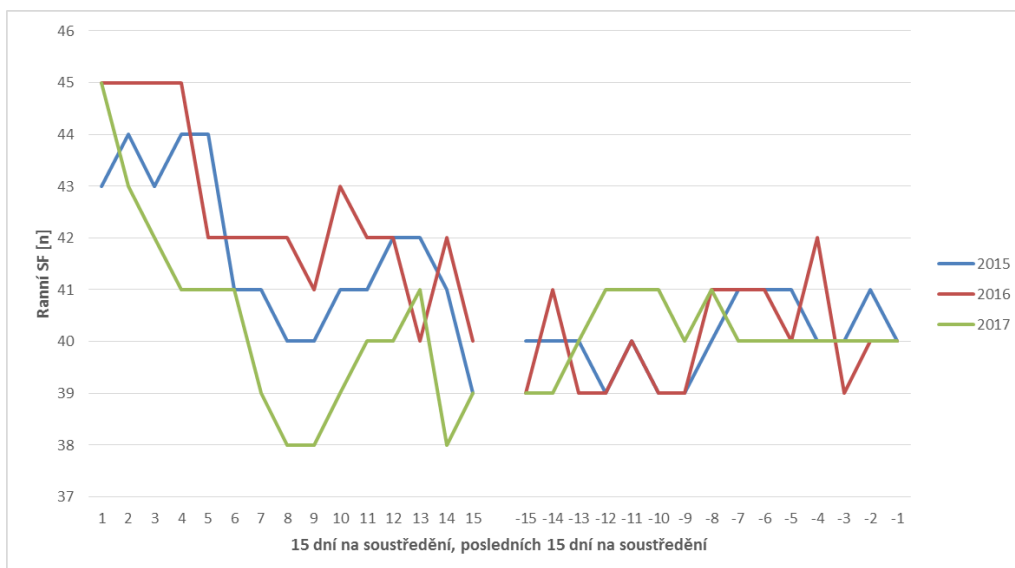


Graf 1. Ranní srdeční frekvence před pobytem ve vyšší nadmořské výšce a po návratu z výšky

V grafu číslo 1 je uvedena ranní srdeční frekvence před pobytem ve vyšší nadmořské výšce a po návratu z vysoké nadmořské výšky. Na ose x jsou uvedeny hodnoty ranní srdeční frekvence a na ose y jsou uvedeny dny, kdy byla ranní srdeční frekvence změřena.

Největší změny můžeme vidět v roce 2016, kdy v den odjezdu na soustředění byla ranní srdeční frekvence 44 tepů za minutu a první den po příjezdu ze soustředění byla hodnota ranní srdeční frekvence 39 tepů za minutu. V roce 2017 byla hodnota ranní srdeční frekvence v den odjezdu 44 tepů za minutu a po návratu z vysoké nadmořské výšky 42 tepů za minutu. Nejmenší změny však proběhly v roce 2015, kdy v den odjezdu měl běžec hodnotu ranní srdeční frekvence 41 tepů za minutu a po příjezdu z vysoké nadmořské výšky také 41 tepů za minutu.

Z výsledných hodnot jsme zjistili, že v roce 2015 byla změna ranní srdeční frekvence věcně významná se středním efektem ($d=-0,55$). V dalším roce byla změna ranní srdeční frekvence věcně významná s velkým efektem ($d=2,21$). V roce 2017 byla změna ranní srdeční frekvence taktéž věcně významná s velkým efektem ($d=-1,04$).

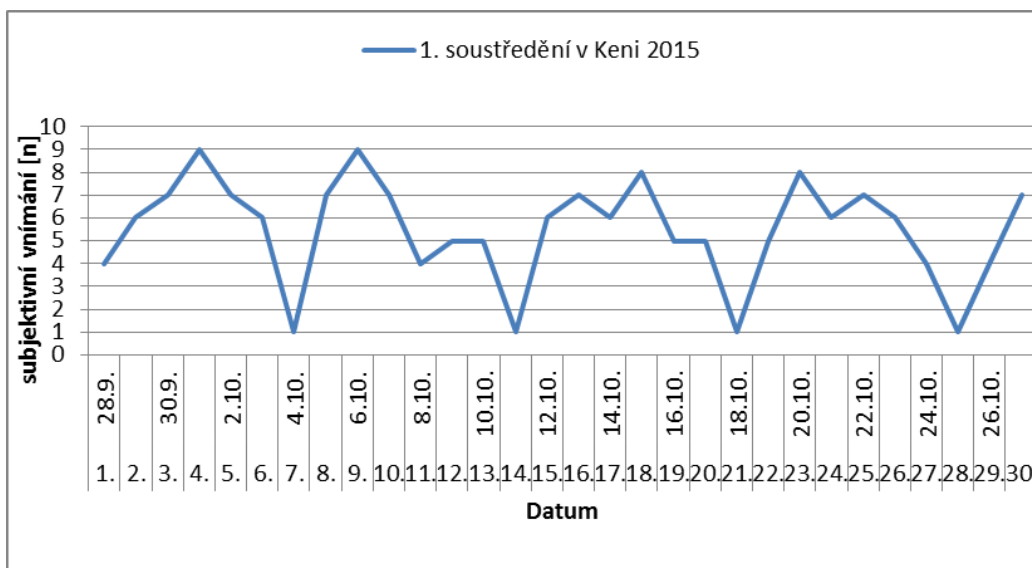


Graf 2. Ranní srdeční frekvence 15 prvních dní na soustředění a 15 posledních dní na soustředění ve vysoké nadmořské výšce

V grafu číslo 2 je uvedena ranní srdeční frekvence 15 dní na soustředění ve vyšší nadmořské výšce a posledních 15 dní na soustředění ve vysoké nadmořské výšce. Na ose x jsou uvedeny hodnoty ranní srdeční frekvence a na ose y jsou uvedeny dny, kdy byla ranní srdeční frekvence změřena.

V roce 2015 byla ranní srdeční frekvence první den na soustředění 43 tepů za minutu a poslední den na soustředění 40 tepů za minutu. V roce 2016 byla ranní srdeční frekvence první den na soustředění 45 tepů za minutu a poslední den na soustředění 40 tepů za minutu. V roce 2017 byla ranní srdeční frekvence první den soustředění a poslední den na soustředění stejná jako v roce 2016.

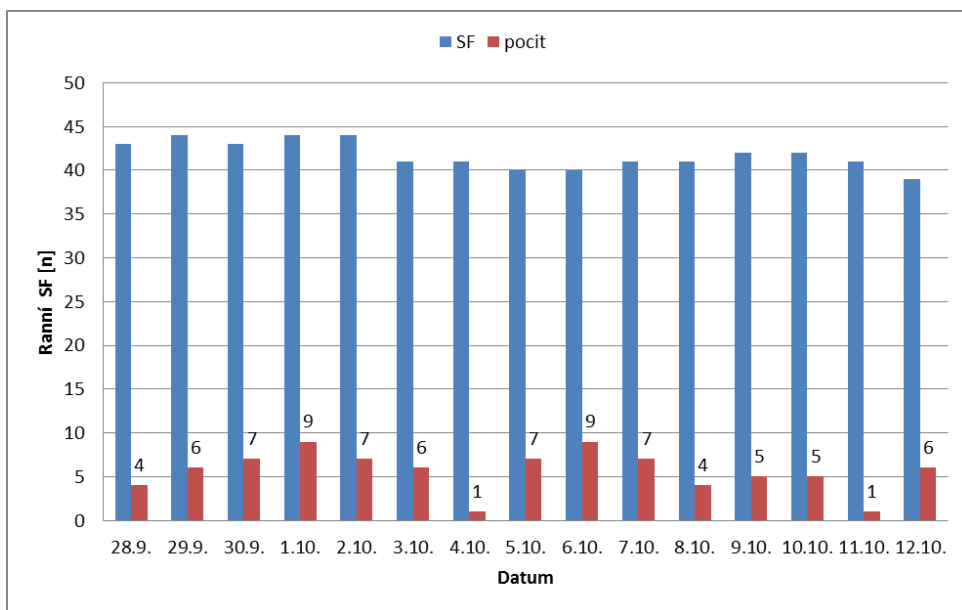
Z těchto porovnávaných hodnot vyšlo, že v roce 2015 byla změna ranní srdeční frekvence věcně významná s velkým efektem ($d=1,41$). Dále potom v roce 2016 byla změna ranní srdeční frekvence také věcně významná s velkým efektem ($d=1,86$). Hodnoty zaznamenané z posledního pobytu ve vysoké nadmořské výšce, konkrétně v roce 2017 vypovídají o tom, že byla změna ranní srdeční frekvence věcně významná s malým efektem ($d=0,41$).



Graf 3. Subjektivní vnímání náročnosti tréninků v roce 2015

V grafu číslo 3 jsou zaznamenány hodnoty běžceva pocitu z tréninků na prvním soustředění v Keni v roce 2015. Na ose x jsou uvedeny dny, kdy subjektivní pocit z tréninků běžec zaznamenával, a na ose y jsou uvedeny hodnoty běžceva subjektivního pocitu z tréninků.

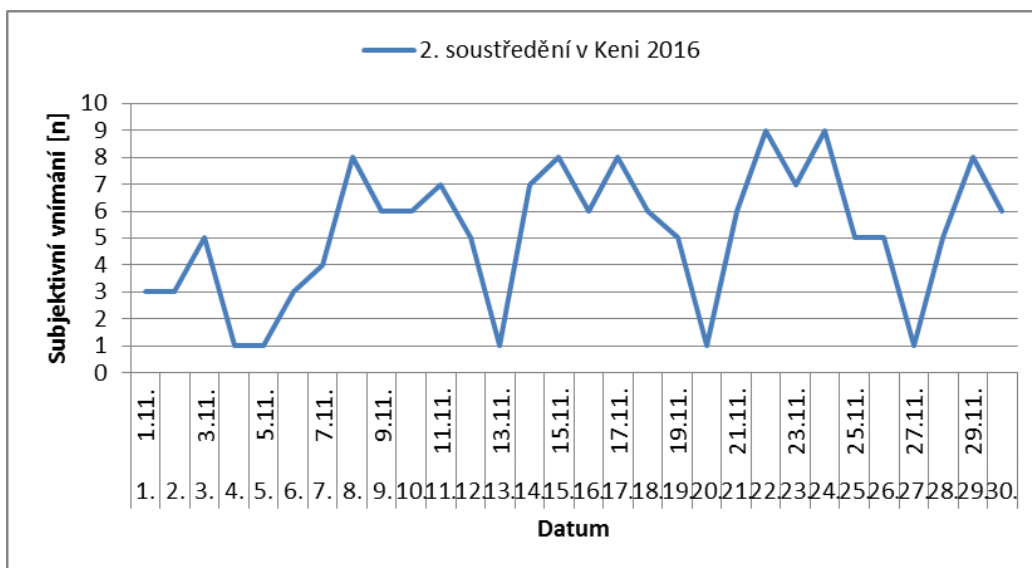
Můžeme si všimnout, že nejlepší pocit z tréninku měl běžec sedmý den, čtrnáctý den, dvacátý první den a dvacátý osmý den soustředění. Naopak nejnáročnější trénink měl běžec čtvrtý den a devátý den soustředění.



Graf 4. Porovnání ranní SF a náročnosti tréninků vnímané běžcem v roce 2015

V tomto grafu je znázorněné porovnání dvou hodnot, a to ranní srdeční frekvence a subjektivní vnímání náročnosti tréninků. Modře jsou znázorněny hodnoty ranní srdeční frekvence a červenou barvou je znázorněn pocit běžce po tréninku.

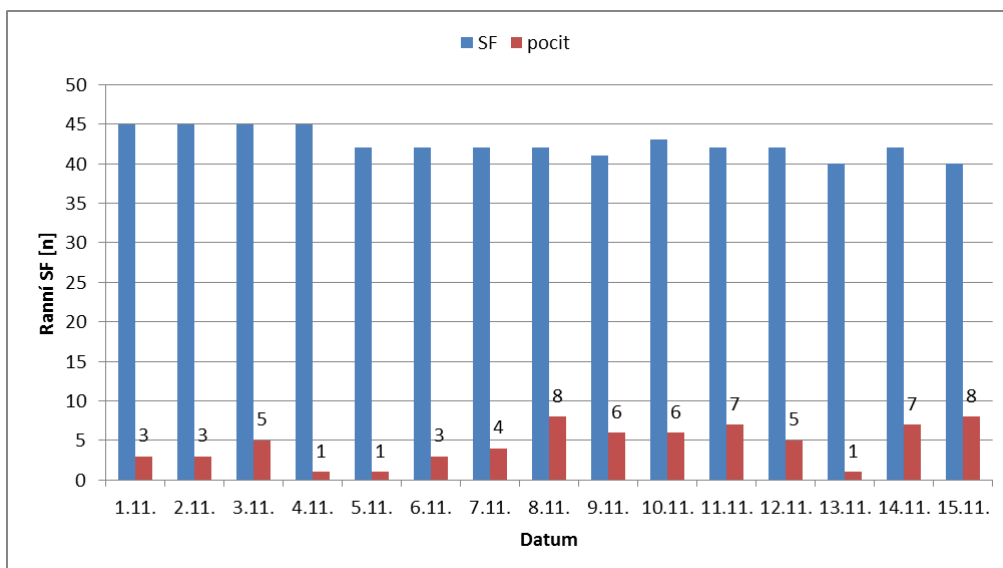
Pokud na chvíli pomineme porovnání ranní srdeční frekvence a subjektivního vnímání náročnosti tréninku, je také z tohoto grafu zřejmé, že na ranní srdeční frekvenci nemusí mít vliv pouze náročnost tréninku, ale také aklimatizace daného sportovce. Je zřejmé, že v prvních dnech soustředění byla ranní srdeční frekvence vyšší než třeba v dalších dnech po náročnějším tréninku. Dále můžeme z grafu vyčíst, že ranní srdeční frekvence je následující den po náročném tréninku stejná nebo vyšší.



Graf 5. Subjektivní vnímání náročnosti tréninků v roce 2016

V grafu číslo 5 jsou zaznamenány hodnoty běžcova pocitu z tréninků na druhém soustředění v Keni v roce 2016. Na ose x jsou uvedeny dny, kdy subjektivní pocit z tréninků běžec zaznamenával, a na ose y jsou uvedeny hodnoty běžcova subjektivního pocitu z tréninků.

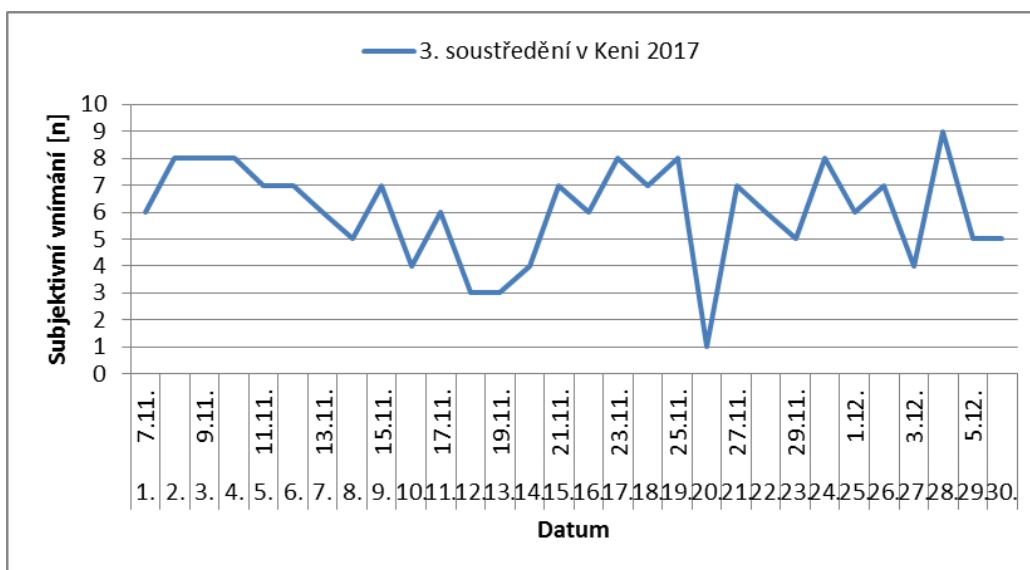
Můžeme si všimnout, že nejlepší pocit z tréninků měl běžec čtvrtý den, pátý den, třináctý den, dvacátý den a dvacátý sedmý den soustředění. Nejnáročnější trénink měl běžec dvacátý druhý den a dvacátý čtvrtý den soustředění.



Graf 6. Porovnání ranní SF a náročnosti tréninků vnímané běžcem v roce 2016

V tomto grafu je znázorněné porovnání dvou hodnot, a to ranní srdeční frekvence a subjektivní vnímání náročnosti tréninků. Modře jsou znázorněny hodnoty ranní srdeční frekvence a červenou barvou je znázorněn pocit běžce po tréninku.

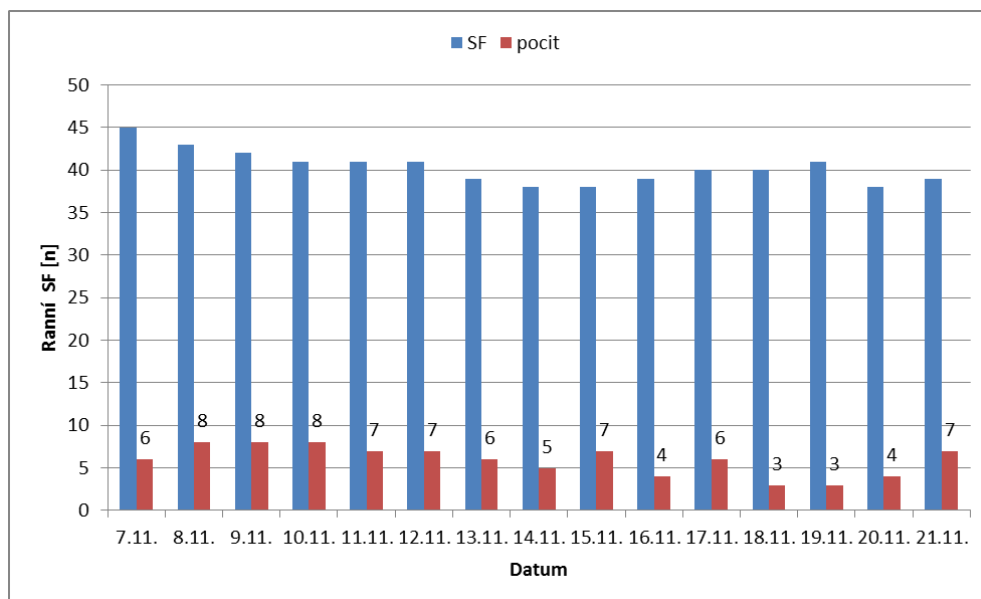
Z grafu můžeme vyčíst, že po příjezdu na soustředění do vysoké nadmořské výšky má běžec hodnoty ranní srdeční frekvence vyšší než v dalších dnech soustředění.



Graf 7. Subjektivní vnímání náročnosti tréninků v roce 2017

V grafu číslo 7 jsou zaznamenány hodnoty běžceva pocitu z tréninků na třetím soustředění v Keni v roce 2017. Na ose x jsou uvedeny dny, kdy subjektivní pocit z tréninků běžec zaznamenával, a na ose y jsou uvedeny hodnoty běžceva subjektivního pocitu z tréninků.

Z grafu můžeme vyčíst, že nejlepší pocit z tréninků měl běžec dvacátý den soustředění. Nejnáročnější trénink měl běžec dvacátý osmý den soustředění.



Graf 8. Porovnání ranní SF a náročnosti tréninků vnímané běžcem v roce 2017

V tomto grafu je znázorněné porovnání dvou hodnot, a to ranní srdeční frekvence a subjektivní vnímání náročnosti tréninků. Modře jsou znázorněny hodnoty ranní srdeční frekvence a červenou barvou je znázorněn pocit běžce po tréninku.

Z grafu můžeme vyčíst, že běžec měl po příjezdu do vysoké nadmořské výšky vyšší hodnoty ranní srdeční frekvence než v průběhu soustředění ve vysoké nadmořské výšce.

Tabulka 12. Závodů v roce 2015 před soustředěním

datum	závod	délka trasy [km]	čas [min, hod]
25.7.	VC Nového města nad Metují	3	0:08:52
22.8.	Liga Pacov	3	0:09:00
12.9.	Runczech Ústí nad Labem	21,095	1:13:47
19.9.	Run Tour Plzeň	10	0:33:34

V tabulce 12 jsou uvedeny závody, které daný běžec absolvoval před odjezdem na vysokohorské soustředění v Keni v roce 2015.

Z tabulky můžeme vyčíst, že 25. 7. 2015 absolvoval testovaný běžec závod na 3000 m Velká cena Nového města nad Metují, a to v čase osm minut a padesát dva vteřin. Dále je možné vidět záznam o závodě Liga Pacov, který běžec zaběhl v čase devět minut rovných, a to 22. 8. 2015. Následuje pak závod, který se konal 12. 9. 2015, konkrétně půlmaraton Runczech Ústí nad Labem, který zdolal v čase jedna hodina

třináct minut a čtyřicet sedm vteřin. Posledním závodem před soustředěním byl závod Run Tour v Plzni, konaný 19. 9. 2015. Tento závod se běžec běžel na deset kilometrů a běžec ho zaběhl v čase třicet tři minut a třicet čtyři vteřin.

Tabulka 13. Závody v roce 2016 po soustředění

datum	závod	délka trasy [km]	čas [min]
31.12.	Silvesterlauf Gmünd	6,5	0:20:19
23.1.	Přebor Karlovarského kraje	3	0:08:52
6.2.	Mítink Vídeň	3	0:08:45
27.2.	MČR hala Ostrava	3	0:08:43

V tabulce 13 jsou uvedeny závody, které daný běžec absolvoval po příjezdu z vysokohorského soustředění v Keni v roce 2016.

V tabulce si můžeme všimnout, že první závod po návratu se konal 31. 12. 2016. Jednalo se o závod Silvesterlauf Gmünd na šest a půl kilometru. Závod běžec zvládl v čase dvacet minut a devatenáct vteřin. Následoval závod na tři kilometry, Přebor Karlovarského kraje konán 23. 1. 2016. Tento závod běžec dokončil v čase osm minut a padesát dva vteřin. Další závod, konkrétně Mítink ve Vídni, se konal 6. 2. 2016. Závod také na tři kilometry, které tentokrát běžec zaběhl za osm minut a čtyřicet pět vteřin. Posledním závodem v bližší době po soustředění, byl závod MČR hala Ostrava. Závod se konal 27. 2. 2016. Závodilo se také na tři kilometry a běžec závod dokončil v čase osm minut a čtyřicet tři vteřin.

Porovnáme-li časy ze závodů před soustředěním ve vysoké nadmořské výšce a časy ze závodů po návratu z vysoké nadmořské výšky, tedy tabulku č. 12 a tabulku č. 13. Zjistíme, že běžec v závodech na 3 000 metrů má po návratu z vysoké nadmořské výšky lepší čas než před odjezdem na vysokohorské soustředění, konkrétně to je před odjezdem osm minut a padesát dva vteřin a po návratu osm minut a čtyřicet tři vteřin.

Tabulka 14. Závody v roce 2016 před soustředěním

datum	závod	délka trasy [km]	čas [min, hod]
1.10.	Run Tour Praha	10	0:32:23
8.10.	Vokolo Príglu	14,1	0:46:22
15.10.	Extreme challenge	8	0:36:21
16.10.	ČEZ city trail	16	1:02:02

V tabulce 14 jsou uvedeny závody, které daný běžec absolvoval před odjezdem na vysokohorské soustředění v Keni v roce 2016.

Z tabulky lze vyčíst, že 1. 10. 2016 absolvoval daný běžec závod Run Tour Praha, který se běžel na deset kilometrů v čase třicet dva minut a dvacet tři vteřin. 8. 10. 2016 absolvoval závod Vokolo Príglu, který měří čtrnáct kilometrů a sto metrů. Běžec tento závod zaběhl v čase čtyřicet šest minut a dvacet dva vteřin. 15. 10. běžec zkusil závod Extreme challenge na osm kilometrů a závod dokončil v čase třicet šest minut a dvacet jedna vteřin. O den později a to 16. 10. běžel závod s názvem ČEZ city trail na šestnáct kilometrů v čase jedna hodina dvě minut a dvě vteřiny.

Tabulka 15. Závody v roce 2017 po soustředění

datum	závod	délka trasy [km]	čas [min, hod]
1.4.	Pražský půlmaraton	21,095	1:08:13
15.4.	MČR půlmaraton	21,095	1:11:45
29.4.	MČR 10 000m	10	0:31:55
13.5.	1. kolo I.ligy	1,5	0:04:13
19.5.	GP - Gmunden	5	0:15:40
3.6.	Půlmaraton ČB	21,095	1:11:54

V tabulce 15 jsou uvedeny závody, které daný běžec absolvoval po příjezdu z vysokohorského soustředění v Keni v roce 2017.

První závod po návratu ze soustředění se konal 1. 4. 2017, Pražský půlmaraton, který zaběhl běžec v čase jedna hodina osm minut a třináct vteřin. O čtrnáct dní později se zúčastnil Mistrovství České republiky v půlmaratonu a zaběhnul ho v čase jedna hodina jedenáct minut a čtyřicet pět vteřin. 29. 4. 2017 se zúčastnil Mistrovství České republiky v závodě na deset kilometrů, kde zaběhl čas třicet jedna minut a padesát pět vteřin. Další závod se konal 13. 5. 2017, byl to závod 1. kola I. ligy, kde běžel trať dlouhou jeden a půl kilometrů v čase čtyři minuty a třináct vteřin. Další závod se uskutečnil 19. 5. 2017, závod se jmenoval GP – Gmunden. Tento závod byl dlouhý pět kilometrů a běžec ho zaběhl v čase patnáct minut a čtyřicet vteřin. 3. 6. 2017 se běžec zúčastnil půlmaratonu v Českých Budějovicích, kde závod dokončil v čase jedna hodina jedenáct minut a padesát čtyři vteřin.

Porovnáme-li časy ze závodů před soustředěním ve vysoké nadmořské výšce a časy ze závodů po návratu z vysoké nadmořské výšky, tedy porovnání tabulky č. 14 a tabulky č. 15. Zjistíme, že běžec v závodě na deset kilometrů má po návratu z vysoké nadmořské výšky lepší čas než před odjezdem na vysokohorské soustředění, konkrétně

to je před odjezdem třicet dva minut a dvacet tři vteřin a po návratu třicet jedna minut a padesát pět vteřin.

Tabulka 16. Závodů v roce 2017 před soustředěním

datum	závod	délka trasy [km]	čas [min, hod]
1.7.	Kladno 3. kolo I.ligy	10	0:33:13
9.9.	Birell Grand Prix Praha	10	0:33:19
16.9.	Půlmaraton Ústí nad Labem	21,095	1:17:20
4.11.	Běh kolem Sokolského ostrova	8	0:25:22

V tabulce 16 jsou uvedeny závody, které daný běžec absolvoval před odjezdem na vysokohorské soustředění v Keni v roce 2017.

Z tabulky můžeme vyčíst, že 1. 7. 2017 absolvoval běžec závod v Kladně 3. kolo I. ligy na deset kilometrů v čase třicet tři minut a třináct sekund. Poté absolvoval závod 9. 9. 2017 Birell Grand Prix Praha na deset kilometrů v čase třicet tři minut a devatenáct sekund. 16. 9. 2017 absolvoval půlmaraton v Ústí nad Labem v čase jedna hodina a sedmnáct sekund. 4. 11. 2017 se zúčastnil běhu kolem Sokolského ostrova, který měřil osm kilometrů v čase dvacet pět minut a dvacet dva sekund.

Tabulka 17. Závodů v roce 2018 po soustředění

datum	závod	délka trasy [km]	čas [min, hod]
7.4.	Pražský půlmaraton		nedokončil

V tabulce 17 je uveden záznam ze závodu po návratu ze soustředění ve vysoké nadmořské výšce. Jednalo se o Pražský půlmaraton, který se konal 7. 4. 2018. Tento závod běžec nedokončil kvůli zranění nohy. Ke zranění došlo už při vysokohorském soustředění v Keni. Díky zranění není možné porovnat výsledky ze závodů před soustředěním, se závody po soustředění.

Tabulka 18. Porovnání závodů v roce 2015, 2016 a 2017

Závod	Rok 2015		Rok 2016		Rok 2017	
	čas před [min]	čas po [min]	čas před [min]	čas po [min]	čas před [min]	čas po [min]
3 km	0:08:52	0:08:43	–	–	–	–
10 km	–	–	0:32:23	0:31:55	0:33:13	zranění

V tabulce číslo 18 jsou uvedeny časy ze závodů, které běžec absolvoval před vysokohorským soustředěním a po příjezdu ze soustředění. Tabulka ukazuje zlepšení časů po návratu ze soustředění z vysoké nadmořské výšky. Do tabulky jsme zvolili časy ze závodů na tři kilometry a na deset kilometrů.

V roce 2015 jsme porovnávali časy z běhu na tři kilometry, v roce 2016 a 2017 jsme porovnávali časy ze závodů na deset kilometrů, jelikož běžec v těchto dvou letech neběžel závod na tři kilometry. V roce 2017 nemáme výsledek po návratu z vysokohorského soustředění, protože došlo ke zranění běžce.

V roce 2015 se náš proband v závodě na tři kilometry po návratu z vysokohorského soustředění zlepšil o 9 sekund, před odjezdem zaběhl čas 8 minut a 52 sekund a po návratu 8 minut a 43 sekund.

V roce 2016 náš testovaný jedinec běžel závod na deset kilometrů, po návratu z vysoké nadmořské výšky se zlepšil o 28 sekund. Před soustředěním zaběhl čas 32 minut a 23 sekund a po návratu 31 minut a 55 sekund.

V roce 2017 se náš běžec zúčastnil závodu na deset kilometrů, kde dosáhl času 33 minut a 13 sekund. Po návratu z vysokohorského soustředění už žádný závod neabsolvoval z důvodu zranění.

6 Diskuze

V současné době existuje celá řada studií, která se zabývá vlivem vyšší nadmořské výšky na sportovce. Například trénování ve vysoké nadmořské výšce je považováno za jeden z důležitých metodických prostředků k rozvíjení sportovní výkonnosti (Wilber, 2014; Suchý, Dovalil, & Perič, 2009). Vědecky je dokázáno, že ve sportech s převažujícím aerobním režimem se zlepšují výkonnostní předpoklady (Dovalil, 1999). Avšak v současné době je mnoho odlišných názorů a nevyjasněných otázek, které se týkají tréninku ve vysoké nadmořské výšce a které stále více nabývají na důležitosti. V dnešní době je výkonnost u reprezentantů velmi vyrovnaná a proto důležitou roli hraje adaptace na vysokou nadmořskou výšku, která vede ke zvýšení kvality výsledků. Tím pádem by měla být příprava v hypoxických podmínkách v současné době nedílnou součástí každého tréninkového plánu vytrvalostního běžce. Dále také velmi důležitou roli hraje skladba tréninku. První rok vysokohorského soustředění náš testovaný běžec trénoval podle pokynů trenéra, tréninky absolvoval individuálně. Druhý rok vysokohorského soustředění testovaný běžec ne vždy trénoval podle svého tréninkového plánu a častěji trénink přizpůsoboval tréninku keňských běžců. Třetí rok soustředění byly zásahy do tréninku vlivem přizpůsobování obsahu tréninku keňským běžcům největší, tréninky se snažil přizpůsobit dokonce několika skupinám. Skladba tréninku je pro zvýšení výkonnosti a pro objektivní výsledky jeden ze zásadních parametrů. V posledních dvou letech a nejvýrazněji však v posledním roce náš testovaný běžec často nedodržel individuální tréninkový plán. To jistě ovlivnilo výslednou úroveň připravenosti.

V této diplomové práci jsme analyzovali záznamy z tréninkových deníků vytrvalostního běžce a porovnávali naměřené hodnoty. Vždy jsme porovnávali hodnoty naměřené před soustředěním a po soustředění testovaného jedince ve vyšší nadmořské výšce.

Otázka první, která zní: Zvýší se výkonnostní úroveň u sledovaného sportovce vlivem několikaměsíčního pobytu ve vyšší nadmořské výšce? Předpokládali jsme, že dlouhodobý pobyt ve vyšší nadmořské výšce bude mít pozitivní vliv na zvýšení výkonnostní úrovně daného sportovce. Z porovnávaných hodnot je zřejmé, že se naše předpoklady naplnily. Na první výzkumnou otázku můžeme odpovědět ano, zvýší se

výkonnostní úroveň u sledovaného běžce vlivem několikaměsíčního pobytu ve vyšší nadmořské výšce. Konkrétně hodnoty maximální výkon, $VO_2\max$, klidové i srdeční frekvence při maximálním výkonu, krevní složení, závody před soustředěním a po soustředění. Hodnota maximálního výkonu v roce 2016 se zvýšila o 5,2 %, kdežto v letech 2015 a 2017 se hodnota maximálního výkonu snížila. Hodnota $VO_2\max$ se v roce 2015 zvýšila o 5,5 % a v roce 2017 se také zvýšila a to o 11,3 %. V roce 2016 byla hodnota $VO_2\max$ nižší o 2,7 %. Podle Válka (2008) mají $VO_2\max$ velmi dobří vytrvalostní sportovci okolo $60\text{--}75 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Což potvrzují naše výsledky testovaného běžce, který měl hodnoty $VO_2\max$ od $71\text{--}79 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Hodnoty $VO_2\max$ jsou ovšem pouze předpokladem, nikoliv zárukou vysoké výkonnosti ve vytrvalostních sportech (Kučera & Truksa). I když se našemu testovanému běžci po návratu z vysoké nadmořské výšky zvýšila hodnota $VO_2\max$, neznamená to hned vysokou výkonnost. K tomu jsou zapotřebí i jiné faktory. Srdeční frekvence při maximálním výkonu se v roce 2015 snížila o 5 % a v roce 2016 se srdeční frekvence při maximálním výkonu snížila o 3,8 %. Přičemž v roce 2017 zůstává na stejné hodnotě. Z těchto hodnot vyplývá, že čím nižší hodnota srdeční frekvence při maximálním výkonu tím lépe, avšak toto platí pouze u vytrvalostních sportů. Hodnota hemoglobinu se v každém roce soustředění zvýšila a to konkrétně v roce 2015 o 1,4 %, v roce 2016 o 6,7 % a v posledním roce 2017 o 17 %. Ganong (1999) ve svém díle napsal, že pro sportovní výkonnost je velmi efektivní zvýšená tvorba hemoglobinu, protože navyšuje schopnost transportu a využití kyslíku při zatížení. Z výsledků naší diplomové práce je zřejmé, že došlo ke zvýšení hemoglobinu. Tedy i ke zvýšení běžcova výkonnostní úrovně. Bartůňková (2013) ve své knize píše, že aby došlo k podstatnému zvýšení hemoglobinu, musí být pobyt ve vyšších nadmořských výškách dostatečně dlouhý, a to čtyři až pět týdnů. Což náš testovaný jedinec dodržel, jelikož všechna jeho soustředění trvala nejméně tři měsíce. Hodnota erytrocytů se v roce 2015 po návratu z vysokohorského soustředění snížila o 1,7 %. V roce 2016 se erytrocyty zvýšily o 2,5 % a v roce 2017 se erytrocyty zvýšily o 2,8 %. Při porovnání časů ze závodů před a po soustředění ve vysoké nadmořské výšce došlo vždy ke zlepšení časů, tedy ke zlepšení běžcovi výkonnostní úrovně.

Otázka druhá, která zní: Bude aklimatizační doba u sledovaného běžce kratší při třetím několikaměsíčním soustředění než při prvním pobytu ve vyšší nadmořské výšce? Hodnoty jsme porovnávali 15 prvních dní soustředění a 15 posledních dní na soustředění ve vysoké nadmořské výšce. Z těchto porovnávaných hodnot jsme zjistili, že v roce 2015 byla ranní srdeční frekvence věcně významná s velkým efektem. Zvýšení hodnot bylo statisticky významné ($p < 0,05$). Dále potom v roce 2016 byla ranní srdeční frekvence také věcně významná s velkým efektem. Zvýšení hodnot bylo statisticky významné ($p < 0,05$). Hodnoty zaznamenané z posledního pobytu ve vysoké nadmořské výšce, konkrétně v roce 2017 vypovídají o tom, že byla ranní srdeční frekvence věcně významná s malým efektem. Zvýšení hodnot nebylo statisticky významné. Poté jsme porovnávali hodnoty ranní srdeční frekvence před vysokohorským soustředěním a po návratu ze soustředění. Zjistili jsme, že v roce 2015 byla ranní srdeční frekvence věcně významná se středním efektem. Zvýšení hodnot nebylo statisticky významné. V dalším roce byla ranní srdeční frekvence věcně významná s velkým efektem. V roce 2017 byla ranní srdeční frekvence věcně významná s velkým efektem. Můžeme tedy na druhou výzkumnou otázku odpovědět ano, aklimatizační doba u daného jedince byla při třetím vysokohorském soustředění kratší než při prvním soustředěním ve vysoké nadmořské výšce.

Otázka třetí, která zní: Sníží se množství tělesného tuku u sledovaného běžce vlivem několikaměsíčního soustředění ve vyšší nadmořské výšce? Předpokládali jsme, že dojde ke snížení množství tělesného tuku v těle. Tento předpoklad se však nenaplnil. Odpověď na třetí výzkumnou otázku je ne, protože se množství tělesného tuku vlivem několikaměsíčního soustředění ve vysoké nadmořské výšce nesníží. V roce 2015 a v roce 2016 byla totiž hodnota tučné hmoty v kilogramech procentuálně vyšší. A pouze v roce 2017 se hodnota tučné hmoty v kilogramech procentuálně snížila o 7,7 %. Množství tělesného tuku v procentech v roce 2015 bylo před soustředěním 5,8 % a po návratu ze soustředění 9,1 %, v roce 2016 před soustředěním 5,4 % a po soustředění 6,8 %. V posledním roce 2017 množství tělesného tuku bylo v procentech před odjezdem na vysokohorské soustředění 8,3 % a po návratu 7,9 %. V tomto roce pokles tělesného tuku můžeme přisuzovat zranění testovaného běžce, ke kterému došlo zhruba v polovině pobytu. Dle Vojtěchovského (2017), který ve své odborné literatuře

uvádí, že doporučené procentuální zastoupení tělesného tuku v těle je u mužů v rozmezí 9–15 %. Toto rozmezí náš testovaný běžec splňuje. U vytrvalostních běžců je nízké procento tuku velmi důležité. Čím je totiž procento tuku v těle atleta menší, tím menší přebytnou zátěž atlet při běhání nese. Vytrvalostní běžci na dlouhé tratě jsou zvyklí na dlouhodobou a velkou zátěž, a proto mají v těle někdy velmi malé procento tuku (Bartůňková, et al., 2013).

Z našich dat vyplývá, že naše výsledky testovaného běžce odpovídají tomu, co je publikováno v odborné literatuře. Studie se shodují v tom, že dlouhodobé působení nadmořské výšky má vliv na zvýšení kondičních předpokladů pro sporty s delším trváním než 90 sekund. Důvodem zlepšení mohou především být adaptační změny organismu, což znamená zvýšení tvorby erytrocytů a změny v buněčných funkcích a v metabolismu. Toto tvrzení se shoduje s tvrzeními v této diplomové práci. Tedy, že se běžcům po pobytu ve vysoké nadmořské výšce zlepšuje jejich výkonnost. Dále se potvrdilo, že se běžcům díky pobytu ve vysoké nadmořské výšce snižuje ranní srdeční frekvence, zvyšuje se počet červených krvinek a zvyšuje se $VO_2\text{max}$.

7 Závěr

V naší práci jsme analyzovali tři několikaměsíční soustředění vytrvalostního běžce ve vyšší nadmořské výšce. Trénink ve vyšší nadmořské výšce má velký vliv na výkonnost, dále jsme také prokázali, že velikost vlivu je závislá i na obsahu tréninku, a na jeho úspěšném zvládnutí a také na individualizaci tréninku. Velmi důležitou roli hraje skladba tréninku. Potvrdili jsme tedy, že je nezbytná individualizace tréninkového zatížení.

Z výsledků naší práce je zřejmé, že výkonnost testovaného běžce se po absolvování vysokohorského soustředění zvýšila. Vlivem několikaměsíčního vysokohorského soustředění se výkonnost u našeho testovaného běžce zvýšila, což je odpověď na první výzkumnou otázku.

U druhé výzkumné otázky jsme předpokládali, že aklimatizační doba daného jedince bude při třetím vysokohorském soustředění kratší než při prvním soustředěním ve vyšší nadmořské výšce. Náš předpoklad se podle výsledků naplnil, můžeme tedy odpovědět ano, aklimatizační doba u daného jedince byla při třetím vysokohorském soustředění kratší než při prvním soustředěním ve vysoké nadmořské výšce.

U třetí výzkumné otázky jsme řešili, zda se sníží množství tělesného tuku vlivem několikaměsíčního soustředění ve vyšší nadmořské výšce. Předpokládali jsme, že dojde ke snížení množství tělesného tuku, tento předpoklad se však nepotvrdil, můžeme tedy odpovědět ne, v naší práci jsme nezjistili snížení množství tělesného tuku vlivem několikaměsíčního soustředění ve vysoké nadmořské výšce.

Limity práce – relevantnějším výsledkům brání nízký počet probandů. Předpokladem našeho zkoumání je kvalita a přesnost vstupních dat a úzká spolupráce sportovce a jeho trenéra. I přesto jsme docílili kvalitních výsledků, které odpovídají na naše otázky.

Dle provedené studie bylo ověřeno, že soustředění ve vysoké nadmořské výšce má pozitivní vliv na osobní výkon sportovce. Je ale zapotřebí zohlednit, že každý jsme jiný a z toho tedy vyplývá, že na každého běžce tento způsob vysokohorského tréninku nemusí fungovat stejně. Výsledky našeho výzkumu se mohou v budoucnu aplikovat pro ostatní běžce a trenéry.

Referenční seznam literatury a zdrojů

Literatura

- Anderson, T. (1996). *Biomechanics and running economy*. Sport medicine.
- Aragón, S., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M. T., & Garzón, B. (2015). *Tactical behaviour of winning athletes in major championship 1500-m and 5000-m track finals*. European journal of sport science.
- Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitka, K., Šteffl, M., & Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže*. Praha: Univerzita Karlova.
- Benson, R., & Connolly, D. (2011). *Heart rate training*. Champaign: Human Kinetics.
- Bolek, E., Ilavský, J., & Soumar, L. (2008). *Běh na lyžích: trénujeme s Kateřinou Neumannovou*. Praha: Grada Publishing.
- Bureš, M. (1986). *Atletika – běh na 800m a 1500m (ženy)*. Praha: ÚV ČSTV.
- Čilík, I., & Pupiš, M. (2005). *Training in high altitude environments and its Influence on the changes in selected physiological indicators of Slovak republic representative in walking*. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica 35 (2), s. 43–50.
- Daniels, J. (2013). *Daniels' running formula*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Dick, F. W. (1992). *Training at altitude in practice*. Int Journ of Sports Med 13: 203–205.
- Dovalil, J. (1999). *Sportovní výkon a trénink ve vyšší nadmořské výšce*. Praha: ČOV.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Friedman, B., Jost, J., Rating, T., Weller, E., Werle, E., Eckardt, K.U., Bärtsch, P., & Mairbäurl, H. (1999). *Effects of iron supplementation on total body hemoglobine during endurance training at moderate altitude*. International Journal of Sports Medicine 20.
- Friedman, B., & Burtsch, P. (1997). *High altitude training: sense, nonsense, trends*. Orthopaede 26.
- Fuchs, U., & Reiss, M. (1990). *Höhentraining: das Erfolgskonzept der Ausdauersportarten (Trainerbibliothek 27)*. Münster: Philippka Verlag.
- Ganong, W. F. (1999). *Přehled lékařské fyziologie*. Jinočany.
- Hanon, C., & Thomas, C. (2011). *Effects of optimal pacing strategies for 400-, 800-, and 1500-m races on the [Vdot] O2 response*. Journal of sports sciences, 29(9), 905–912.
- Havlíčková, L. (2000). *Fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum.
- Havlíčková, L. (2008). *Fyziologie tělesné zátěže I – obecná část*. Praha: Karolinum.
- Heller, J., & Pavliš, Z. (1998). *Využití anaerobní diagnostiky v ledním hokeji*. Pardubice: Hokej-press.
- Heller, J., & Vodička, P. (2011). *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum.
- Hochachka, P. W., Beatty, C. L., Burelle, Y., Trump, M. E., McKenzie, D. C., & Matheson, G. O. (2002). *The lactate paradox in human high-altitude physiological performance*. New in Physiological Sciences 17.
- Houston, M. (2006). *Biochemistry Primer for Exercise Science*. Champaign: Human Kinetics.
- Choutka, M., & Dovalil, J. (1991). *Sportovní trénink*. Praha: Olympia.
- Choutková, B., & Fejtek, M. (1989). *Malá škola atletiky*. Praha: Olympia.

- Janssen, P. G. J. M. (2001). *Lactate threshold training*. Champagne: Human Kinetics.
- Jokl, E. (1968). *Medicine and Sport: Exercise and altitude*. Basel: S. K. Karger AG.
- Kenney, W., L., Wilmore, J., & Costill, D. (2015). *Psychology of Sport and Exercise 6th Edition*. Human kinetics.
- Knapková, M. (2010). *Využití vyšší nadmořské výšky v OH cyklu 2004-2008*. Praha: UK FTVS.
- Kohoutek, M. (1987). *Úvod do studia vytrvalostních schopností v antropomotorice*. Praha 1: Státní pedagogické nakladatelství.
- Kučera, M., & Dylevský, I. (1999). *Sportovní medicína*. Praha: Grada Publishing.
- Kučera, V., & Truksa, Z. (2000). *Běhy na střední a dlouhé tratě*. Praha: Olympia.
- Larsen, H. B. (2003). *Kenyan dominance in distance running*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 136 (1), s. 161–170.
- Lehmann, M., Dickhuth, H. H., Gendrisch, G., Lazar, W., Thum, M., Kaminski, R., & Keul, J. (1991). *Training-overtraining. A prospective, experimental study with experienced middle-and long-distance runners*. *International journal of sports medicine*, 12(05), 444–452.
- Liu, Y. (1998). *Effects of „living high-training low“ on the cardiac functions at sea level*. *International Journal of Sports Medicine* 19.
- Lundby, C., Saltin, B., & Van Hall, G. (2000). *The „lactate paradox“ evidence for a transient change in the course of acclimatization to severe hypoxia in lowlanders*. *Acta Physiologica Scandinavica* 179.
- Luža, J. (1990). *Technika atletických disciplín*. Brno: MU Brno.
- Madsen, O. (1999). *Hypoxia – the „magic pill“ to enhance performance in endurance sports int the 21st century*. In *Proceedings of the Second Altitude Training symposium*. Flagstaff.
- Marajo, J., & Réga, Ch. (1989). *L'entraînement en altitude*. Paris: INSEP.
- Marconi, C., Marzorati, M., & Cerretelli, P. (2005). *Work capacity of permanent residents of high altitude*. *High Altitude Medicine and Biology*.
- Martens, R. (1996). *Successful coaching*. Champaign: Human Kinetics.
- Máček, M., & Máčková, J. (1995). *Fyziologie tělesných cvičení*. Praha: Sdružení pro rozvoj zdravotní tělesné výchovy ve spolupráci s Nakladatelstvím ONYX.
- Moore, L. G., Zamudio, S., Zhuang, J., Droma, T., & Shohet, R. V. (2002). *Analysis of the myoglobin gene on cycling performance*. *J. of Science and Medicine in Sport* 3 (2): 165–175.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Berbalk, A. (2000). *Successful endurance training*. Meyer & Meyer Verlag.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Hottenrott, K. (2005). *Trénink pod kontrolou: Metody, kontrola a vyhodnocení vytrvalostního tréninku*. Grada Publishing as.
- Novotný, J. (2013). *Zátěžové testy ve sportovní medicíně*. Brno: Masarykova univerzita.
- Perič, T. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada.
- Písařík, M., & Liška, J. (1989). *Běhy na střední a dlouhé tratě – Základní programový materiál pro vrcholový sport, I. část*. Praha: ÚV ČSTV – vědeckometodické oddělení.
- Pupiš, M., & Korčok, P. (2007). *Hypoxia jako súčasť športovej prípravy*. Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela FHV.
- Reeves, J. T., Wolfel, E. E., Green, H. J., Mazzeo, R. S., Young, A. J., Sutton, J. R., & Brooks, G. A. (1992). *Oxygen transport during exercise at high altitude and the lactate paradox*. In *Exerc and sport sci rev*: 257–296.

- Reigrová, J., Přidalová M., & Ulbrichtová M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex.
- Rogozov, V. (2004). *Lidé zvyklí na nedostatek kyslíku*. *Vesmír* 83: 386–389.
- Sherry, E., & Wilson, S. F. (1998). *Oxford handbook of sports medicine*. Oxford: University Press.
- Schmidt, P. (1991). *Taktika běžce na středních a dlouhých tratích*. In: Moravec, P. et al. (1991). *Sborník prací k problematice středních tratí*. Praha: Olympia.
- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2004). *Atlas fyziologie člověka*. 6 vydání. Praha: Grada Publishing.
- Stehlík, M. (2007). *Optimalizace komplexní péče a příprava na existenci v extrémních podmínkách*. Praha: Casri.
- Stray-Gundersen, J. (2001). „Live in high training low“ altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *Journal of Applied Physiology* 91, s. 1113–1120.
- Suchý, J., Dovalil J., & Perič, T. (2009). *Současné trendy tréninku ve vyšší nadmořské výšce*. Česká kinantropologie. Praha: Univerzita Karlova.
- Suchý, J. (2012). *Využití hypoxie a hyperoxie ve sportovním tréninku*. Praha: Karolinum.
- Sutton, J. R. (1983). *Exercise in altitude*. *Annual Review of Physiology*.
- Špringlová, M. (1999). *Vliv vysokohorského prostředí na adaptační změny v organizmu běžce na střední a dlouhé trati*. Praha: UK FTVS.
- Štumbauer, J. (1990). *Základy vědecké práce v tělesné kultuře*. České Budějovice: Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích.
- Trojan, S., Mareš, J., & Wünsch, Z. (1994). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada.
- Thiel, C., Foster, C., Banzer, W., & De Koning, J. (2012). *Pacing in Olympic track races: competitive tactics versus best performance strategy*. *Journal of sports sciences*.
- Ulbrichová, M. (1980). *Somatická charakteristika sportovců jako podklad pro výběr sportovně talentované mládeže*. *Teor. Praxe těl. vých.*
- Vacula, J. (1983). *Trénink atletických disciplín 3*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Vindušková, J., Bártlová, P., Fejtek, M., Heller, J., Hlína J., Choutková, B., & Velebil, V. (2003). *Abeceda atletického trenéra*. Praha: Olympia.
- Wilber, R. L. (2004). *Altitude training and Athletic performance*. Champaign: Human Kinetics.
- Wilmore, J., Costill, D., & Kenney, W. (2008). *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign: Human Kinetics.
- Zaciorskij, V., M. (1966). *Fizičeskíe kačestva sportsmana*. Moskva: Fizkultura i sport.

Internetové zdroje

- Colorado Altitude Training (2018). *How CAT Systems Work*. [online]. Přístup dne 22. 12. 2018, z http://altitudetraining.com/main/sports/hypoxic_works.
- Compek (2010). *Cortex Metacontrol 3000*. [online]. Přístup dne 20. 12. 2018, z <http://www.compek.cz/cortex-metacontrol-3000.htm>.
- Compek (2010). *Speciální ergometr LODE Excalibur Sport*. [online]. Přístup dne 20. 12. 2018, z <http://www.compek.cz/ergometr-excalibur-sport.htm>.
- Fitham (2018). *Tanita BC-418 MA*. [online]. Přístup dne 22. 12. 2018, z <https://www.fitham.cz/tanita-bc-418-ma>.
- Hypoxie (2018). *Kyslíkový stan*. [online]. Přístup dne 30. 12. 2018, z <http://www.hypoxie.cz/produkty/mobilni-systemy/spaci-systemy/deluxe-hypoxicky-stan-detail.html>.
- Polar (2018). *Hrudní pás POLAR H7 Bluetooth černý*. [online]. Přístup dne 30. 12. 2018, z <https://www.polar-eshop.cz/hrudni-pas-polar-h7-bluetooth-cerny>.
- Tanita (2018). *Optimální složení těla*. [online]. Přístup dne 28. 12. 2018, z <https://www.tanita-eshop.cz/optimalni-slozeni-tela>.
- Vojtěchovský, O. (2017). *Kolik tělesného tuku bychom měli mít*. [online]. Přístup dne 28. 12. 2018, z <http://www.sportvital.cz/sport/kolik-telesneho-tuku-bychom-meli-mit>.

Seznam obrázků

Obrázek 1. Kyslíkový stan (Hypoxie, 2018)	39
Obrázek 2. Půdorys v Alpském Vuokatti (Dovalil, 1999, s. 47)	40
Obrázek 3. Tanita BC 418 MA	50
Obrázek 4. Cortex MetaControl 3000	51
Obrázek 5. Ergometr LODE Excalibur Sport	52
Obrázek 6. Hrudní pás Polar	52
Obrázek 7. Spiroergonetrická maska	53
Obrázek 8. Cortex MetaLyzer 3B	53

Seznam tabulek

Tabulka 1. Optimální příklad somatotypu (Liška & Písařík, 1985, s. 13)	13
Tabulka 2. Výška těla, hmotnost a procento tuku u sportovců s různou specializací (Ulbrichová, 1980, s. 20)	18
Tabulka 3. Rozdíl mezi světovým rekordem a časem dosaženým na OH 1968 u mužů (Havlíčková, 2000, s. 27)	27
Tabulka 4. Sportovní centra ve vyšší nadmořské výšce (Dovalil, 1999, s. 28)	28
Tabulka 5. Doporučené zastoupení tělesného tuku v těle v procentech (Vojtěchovský, 2010)	41
Tabulka 6. Nejvyšší naměřené hodnoty relativního VO ₂ max v dané sportovní disciplíně (upraveno podle Vojtěchovský, 2010)	45
Tabulka 7. Složení těla vytrvalostního běžce	54
Tabulka 8. Wingate test vytrvalostního běžce	55
Tabulka 9. Klidové měření vitální kapacity vytrvalostního běžce	55
Tabulka 10. Měření spiroergometrie u vytrvalostního běžce	56
Tabulka 11. Změny krevních hodnot vytrvalostního běžce	56
Tabulka 12. Závod v roce 2015 před soustředěním	64
Tabulka 13. Závod v roce 2016 po soustředění	65
Tabulka 14. Závod v roce 2016 před soustředěním	65
Tabulka 15. Závod v roce 2017 po soustředění	66
Tabulka 16. Závod v roce 2017 před soustředěním	67
Tabulka 17. Závod v roce 2018 po soustředění	67
Tabulka 18. Porovnání závodů v roce 2015, 2016 a 2017	67

Seznam grafů

Graf 1. Ranní srdeční frekvence před pobytem ve vyšší nadmořské výšce a po návratu z výšky.....	58
Graf 2. Ranní srdeční frekvence 15 prvních dní na soustředění a 15 posledních dní na soustředění ve vysoké nadmořské výšce.....	59
Graf 3. Subjektivní vnímání náročnosti tréninků v roce 2015	60
Graf 4. Porovnání ranní SF a náročnosti tréninků vnímané běžcem v roce 2015	61
Graf 5. Subjektivní vnímání náročnosti tréninků v roce 2016	62
Graf 6. Porovnání ranní SF a náročnosti tréninků vnímané běžcem v roce 2016	63
Graf 7. Subjektivní vnímání náročnosti tréninků v roce 2017	63
Graf 8. Porovnání ranní SF a náročnosti tréninků vnímané běžcem v roce 2017	64