

Vysoká škola zdravotnická, o.p.s., Praha 5

**VLIVY NADMOŘSKÉ VÝŠKY NA ORGANISMUS
Z POHLEDU ZDRAVOTNICKÉHO ZÁCHRANÁŘE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

JAKUB SPRÁVKA

Praha 2018

VYSOKÁ ŠKOLA ZDRAVOTNICKÁ o.p.s., Praha 5

**VLIVY NADMOŘSKÉ VÝŠKY NA ORGANISMUS
Z POHLEDU ZDRAVOTNICKÉHO ZÁCHRANÁŘE**

Bakalářská práce

JAKUB SPRÁVKA

Stupeň vzdělání: bakalář

Název studijního oboru: Zdravotnický záchranář

Vedoucí práce: Mgr. Jaroslav Pekara, Ph.D.

Praha, 2018



VYSOKÁ ŠKOLA ZDRAVOTNICKÁ, o.p.s.
se sídlem v Praze 5, Duškova 7, PSČ 150 00

SPRÁVKA Jakub

3AZZ

Schválení tématu bakalářské práce

Na základě Vaší žádosti Vám oznamuji schválení tématu Vaší bakalářské práce ve znění:

Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře

Influence of Altitude on Human Body from the Paramedic's Point of View

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jaroslav Pekara, Ph.D.

V Praze dne 1. listopadu 2017


doc. PhDr. Jitka Němcová, Ph.D.
rektorka

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně. Tato práce byla vyhotovena za účelem dokončení aktuálního studia a nikdy dříve nebyla publikována. Dále prohlašuji, že jsem řádně citoval veškeré použité zdroje.

Se zpřístupněním své bakalářské práce ke studijním účelům souhlasím.

V Praze dne

Jakub Správka

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval osobám, které mi pomohly ve vytvoření této práce. V první řadě děkuji Mgr. Jaroslavu Pekarovi, Ph.D., který práci odborně vedl. Za konzultace také děkuji přednostovi IV. hematologické kliniky Fakultní nemocnice v Hradci Králové, doc. MUDr. Pavlu Žákovi Ph.D. V neposlední řadě děkuji také všem, kteří byli ochotni se zúčastnit výzkumu, neboť to vyžadovalo značnou dávku iniciativy z jejich strany. Jmenovitě to jsou doc. MUDr. Pavel Žák Ph.D., MUDr. Karel Červíček, MUDr. Martin Správka, MUDr. Ivana Správková, Ing. Ondřej Novák, Ing. Matěj Správka, Daniel Moravec, Charlotta Moravcová a Adam Malý.

Abstrakt

SPRÁVKA, Jakub. *Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře*. Vysoká škola zdravotnická, o. p. s. Stupeň kvalifikace: Bakalář (Bc.). Vedoucí práce: Mgr. Jaroslav Pekara, Ph.D. Praha. 2018. 69 s

Tématem této bakalářské práce je vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře. V teoretické části jsou charakterizovány změny prostředí ve vysoké nadmořské výšce. Také jsou v této části popsány změny, ke kterým dochází v organismu vlivem hypoxie a problematika výškové nemoci.

Praktická část popisuje změny ve vybraných fyziologických a hematologických hodnotách vlivem nadmořské výšky. Hodnoty byly naměřeny u dvou výzkumných souborů v nadmořských výškách před, během a po pobytu mezi 2000 až 4000 metry nad mořem. Cílem bylo vypořádat faktory, které tyto změny ovlivňují.

Klíčová slova

Adaptivní změny. Fyziologické hodnoty. Hematologické hodnoty. Nadmořská výška. Reaktivní změny.

Abstrakt (eng)

SPRÁVKA, Jakub. *Influence of Altitude on Human Body from the Paramedic's Point of View*. Medical College. Degree: Bachelor (Bc.). Supervisor: Mgr. Jaroslav Pekara Ph.D. Prague. 2018. 69 pages.

Topic of this bachelor thesis is Influence of Altitude on Human Body from the Paramedic's Point of View. Theoretical part describes characteristics of high altitude environment. Also this part describes changes in human organism due to hypoxia and explains problematics of high altitude sickness.

Practical part describes changes of selected physiological and hematological values due to high altitude. Two groups of participants were measured before, during and after their stay in between 2000 and 4000 altitude meters. Objective of practical part was to find factors that influence these changes of values.

Keywords

Adaptive changes. Altitude. Hematological values. Physiological values. Reactive changes.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	
Seznam použitých odborných výrazů	
Seznam grafů, tabulek a obrázků (aktualizovat strany)	
Úvod.....	14
1 Charakteristika vysokohorských podmínek	16
2 Reakce organismu na vysokou nadmořskou výšku.....	20
2.1 Reaktivní změny.....	21
2.1.1 Vliv vysoké nadmořské výšky na respirační systém.....	21
2.1.2 Vliv vysoké nadmořské výšky na kardiovaskulární systém.....	21
2.2 Adaptivní změny	22
2.2.1 Acidobazická rovnováha	22
2.2.2 Erytrocyty a hemoglobin	23
2.2.3 Vliv vysoké nadmořské výšky na lokální a buněčné úrovni	24
2.2.4 Změny v hormonální regulaci ve vysoké nadmořské výšce.....	25
2.2.5 Adaptace srdce a myokardu	27
2.2.6 Genetické změny	28
3 Výšková nemoc a její formy.....	30
3.1 Nervový syndrom.....	30
3.2 Plicní syndrom	32
3.3 Další formy výškové nemoci	33
3.4 Léčba výškové nemoci	34
4 Praktická část.....	39
4.1 Organizace výzkumu.....	39
4.2 Metody výzkumu a popis průzkumného vzorku.....	40
5 Výsledky měření.....	43
5.1 Výzkumný soubor A	43

5.1.1	Skupina 1 – Muži 24 – 28 let	43
5.1.2	Skupina 2 – Muži 51 – 52 let	46
5.1.3	Skupina 3 – Ženy 52 – 57 let.....	49
5.2	Výzkumný soubor B	51
5.2.1	Muži 24 – 27 let.....	51
6	Analýza dat a interpretace výsledků.....	55
6.1	Výzkumný soubor A	55
6.1.1	Změny ve fyziologických hodnotách	55
6.1.2	Změny v hematologických hodnotách	64
6.2	Výzkumný soubor B	70
6.2.1	Změny ve fyziologických hodnotách	70
6.2.2	Změny v hematologických hodnotách	74
7	Diskuze	79
7.1	Doporučení pro praxi	82
	Závěr	84
	Seznam použité literatury.....	86
	Seznam příloh	

Seznam použitých zkratek a symbolů

2,3 DPG	2,3 - difosfoglycerát
BMI	Body mass index
Hb	Hemoglobin
MAP	střední arteriální tlak
MR	magnetická rezonance
pCO ₂	parciální tlak oxidu uhličitého
pO ₂	parciální tlak kyslíku
RTG	rentgen
SaO ₂	Saturace hemoglobinu v arteriální krvi kyslíkem
SpO ₂	Saturace hemoglobinu v periferní krvi kyslíkem
UIAA	The international mountaineering and climbing federation
VO ₂ max	hodnota maximálního objemu kyslíku, kterou je tělo schopno využít

(Vokurka, 2015), (Kittnar, 2011), (Küpper, 2008)

Seznam použitých odborných výrazů

Ataxie	porucha hybnosti způsobená onemocněním nervového systému
Deteriorace	zhoršení, úpadek
Encefalopatie	obecný název pro onemocnění mozku
Erytropoéza	vznik a vývoj červených krvinek
Glukoneogeneze	tvorba glukózy z jiných látek, která probíhá především v játrech a ledvinách
Glykogen	zásobní sacharid v lidském těle
Hypercholesterolémie	vysoká hladina cholesterolu v krvi
Hypoxémie	nedostatek kyslíku v krvi
Interkalární disk	propojovací komplex mezi jednotlivými buňkami srdečního svalu
Intermitentní	přerušovaný, přerývaný, s přestávkami
Potenciace	zesílení účinku
Profilaxe	ochrana před určitou nemocí, která by mohla nastat léčebnými prostředky (léky, očkováním atd.)
Splanchnický	útrobní
Steatóza jater	nadměrné ukládání tuku v jaterních buňkách
Utilizovat	využít, zužitkovat

(Vokurka, 2015)

Seznam grafů, tabulek a obrázků

Graf 1 Saturační křivka hemoglobinu a faktory ovlivňující její posun	24
Graf 2 Vztah mezi saturací krve kyslíkem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 1	56
Graf 3 Vztah mezi saturací krve kyslíkem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 2	56
Graf 4 Vztah mezi saturací krve kyslíkem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 3	57
Graf 5 Vztah mezi srdeční frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 1	58
Graf 6 Vztah mezi srdeční frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 2	58
Graf 7 Vztah mezi srdeční frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 3	59
Graf 8 Vztah mezi středním arteriálním tlakem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 1	60
Graf 9 Vztah mezi středním arteriálním tlakem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 2	61
Graf 10 Vztah mezi středním arteriálním tlakem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 3	61
Graf 11 Vztah mezi dechovou frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 1	62
Graf 12 Vztah mezi dechovou frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 2	63
Graf 13 Vztah mezi dechovou frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 3	63
Graf 14 Grafické znázornění změn v hladině erytrocytů, výzkumný soubor A, skupina 1	64
Graf 15 Grafické znázornění změn v hladině erytrocytů, výzkumný soubor A, skupina 2	65
Graf 16 Grafické znázornění změn v hladině erytrocytů, výzkumný soubor A, skupina 3	65

Graf 17 Grafické znázornění změn v hladině hemoglobinu, výzkumný soubor A, skupina 1	66
Graf 18 Grafické znázornění změn v hladině hemoglobinu, výzkumný soubor A, skupina 2	66
Graf 19 Grafické znázornění změn v hladině hemoglobinu, výzkumný soubor A, skupina 3	67
Graf 20 Grafické znázornění změn v hodnotách hematokritu, výzkumný soubor A, skupina 1	68
Graf 21 Grafické znázornění změn v hodnotách hematokritu, výzkumný soubor A, skupina 2	68
Graf 22 Grafické znázornění změn v hodnotách hematokritu, výzkumný soubor A, skupina 3	69
Graf 23 Grafické znázornění změn v hladině erythropoetinu, výzkumný soubor A	70
Graf 24 Vztah mezi saturací krve kyslíkem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor B	71
Graf 25 Vztah mezi srdeční frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor B.....	72
Graf 26 Vztah mezi středním arteriálním tlakem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor B	73
Graf 27 Vztah mezi dechovou frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor B..	74
Graf 28 Grafické znázornění změn v hladině erytrocytů, výzkumný soubor B	75
Graf 29 Grafické znázornění změn v hladině hemoglobinu, výzkumný soubor B.....	76
Graf 30 Grafické znázornění změn v hodnotách hematokritu, výzkumný soubor B.....	77
Graf 31 Grafické znázornění změn v hladině erythropoetinu, výzkumný soubor B	78
Tabulka 1 Změny atmosférického tlaku a parciálního tlaku kyslíku, vlivem nadmořské výšky	18
Tabulka 2 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 1	43
Tabulka 3 Změny v hematologických hodnotách u osoby 1	44
Tabulka 4 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 2	44
Tabulka 5 Změny v hematologických hodnotách u osoby 2	45
Tabulka 6 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 3	45
Tabulka 7 Změny v hematologických hodnotách u osoby 3	46
Tabulka 8 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 4	46
Tabulka 9 Změny v hematologických hodnotách u osoby 4	47

Tabulka 10 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 5	47
Tabulka 11 Změny v hematologických hodnotách u osoby 5	48
Tabulka 12 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 6	48
Tabulka 13 Změny v hematologických hodnotách u osoby 6	49
Tabulka 14 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 7	49
Tabulka 15 Změny v hematologických hodnotách u osoby 7	50
Tabulka 16 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 8	50
Tabulka 17 Změny v hematologických hodnotách u osoby 8	51
Tabulka 18 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 9	51
Tabulka 19 Změny v hematologických hodnotách u osoby 9	52
Tabulka 20 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 10	52
Tabulka 21 Změny v hematologických hodnotách u osoby 10	53
Tabulka 22 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 11	53
Tabulka 23 Změny v hematologických hodnotách u osoby 11	54
Obrázek 1 Výškový otok mozku na záznamu MR	32
Obrázek 2 Výškový otok plic na snímku RTG.....	33
Obrázek 4 Přenosná přetlaková komora GAMOW Bag.....	36
Obrázek 5 Přenosná přetlaková komora CERTEC Bag	37
Obrázek 6 Přenosná přetlaková komora Portable altitude chamber	37
Obrázek 7 Přetlaková helma TAR	37

Úvod

V posledních letech dochází v horských oblastech k výraznému navýšení koncentrace lidí. Tento jev je způsoben především velkým rozmachem sportovních a odpočinkových aktivit v těchto oblastech u široké veřejnosti, který s sebou nese také nutnost zajištění zázemí v těchto oblastech, což s sebou nese nové pracovní příležitosti, pro velké množství dalších osob. Vyšší počet lidí samozřejmě klade také vyšší nároky na zdravotnické organizace působící v těchto místech. Jejich zaměstnanci se zde potýkají se stále se zvyšujícími počty úrazů a onemocnění, jednak z důvodu většího množství potenciálních pacientů, ale velmi často také z důvodu podcenění vysokohorských podmínek a nedostatečné materiální a teoretické připravenosti osob, které se v těchto podmínkách pohybují. Když srovnáme průměrný počet zásahů jen u české Horské služby v období mezi roky 1980–1990 a 2005 – 2015, můžeme pozorovat nárůst z 3083 zásahů za rok na 7293 zásahů za stejnou dobu, což je nárůst o více než 135 % (Horská služba, 2014). Zdravotníci záchranáři a členové horské služby se musejí ve vysokohorských oblastech vyrovnávat také se ztíženými podmínkami, které jsou pro vysoké nadmořské výšky typické. Ty kladou vyšší nároky na fyzickou i psychickou kondici, a zároveň i na vybavení a materiály, které tito lidé při práci používají.

Tato práce je teoreticko – praktická. Teoretická část má ambice čtenáře alespoň stručně seznámit se změnami v prostředí, typickými pro vysokohorské oblasti. Dále se pak zaměří na mechanismy, kterými se organismus na tyto změny adaptuje. Také bude čtenář v této části seznámen s problematikou různých forem výškově nemoci a s aktuálními metodami léčby. Cílem teoretické části je uvedení čtenáře do problematiky a poskytnutí teoretického základu pro pochopení praktické části.

Praktická část se skládá ze dvou nezávislých pozorování, kdy byly u obou výzkumných souborů měřeny hodnoty vybraných fyziologických funkcí a saturace krve kyslíkem v různých nadmořských výškách od 2000 do 4000 metrů nad mořem. A byly monitorovány změny vybraných hematologických hodnot vlivem pobytu ve vysoké nadmořské výšce. Ambicemi této části bylo získat dostatek spolehlivých informací a z nich identifikovat faktory, které ovlivňují výše zmíněné hodnoty a také upozornit na specifika práce zdravotnického záchranáře ve vysokých nadmořských výškách. Cíle této části jsou konkrétně definovány na jejím začátku. Obecně jde o popsání změn

ve vybraných fyziologických a hematologických hodnotách, ke kterým dochází během pobytu ve vysoké nadmořské výšce.

Vstupní literatura:

1. CARNEY, Scott. *Co tě nezabije: jak ledová voda, extrémní nadmořská výška a okolní podmínky obnoví naši zašlou sílu*. Praha: Dobrovský s.r.o., 2017. 280 s. ISBN 978-80-7390-609-2.
2. HÖSCHLOVÁ, Kristina. *Lékařem mezi nebem a horami*. První vydání. Praha: Galén, [2017]. 139 s. ISBN 978-80-7492-321-0.
3. CAUCHY, Emmanuel. *Průvodce horskou a cestovní medicínou*. Praha: Cohen Property & Development, [2013]. 145 s. ISBN: 978-80-260-4762-9.
4. PAVLÍČEK, Jaroslav. *Člověk v drsné přírodě: průvodce přežitím: s novými poznatky z let 2015-2017*. 9. vydání. Praha: 65. pole, 2017. 133 s. ISBN 978-80-87506-92-9.
5. SUCHÝ, Jiří. Kardio-pulmonální aklimatizace a adaptace na vysokou nadmořskou výšku: od fyziologie ke klinické praxi. *Česká kinantropologie*, 2016, roč. 20, č. 3, s. 106-107. ISSN: 1211-9261.

Popis rešeršní strategie

Vyhledávání odborné literatury, která byla použita pro tvorbu bakalářské práce s názvem Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře, bylo prováděno od listopadu 2017 do ledna 2018. Nejprve byla definována klíčová slova v českém jazyce (např. nadmořská výška, akutní horská nemoc, otok plic, otok mozku, fyziologické funkce, saturace krve kyslíkem, erytrocyty atd.), poté také v angličtině a ve slovenštině. Časové vymezení bylo zvoleno od roku 2010 do roku 2017 a rešerše byla zpracována ve spolupráci s Národní lékařskou knihovnou.

Pro vyhledání byly použity tyto databáze: databáze knihoven systému Medvik (knihy), Bibliographia medica Čechoslovaca (články), Theses - registr vysokoškolských kvalifikačních prací a databáze MEDLINE. Pomocí rešerše bylo dohledáno 12 knih, 64 článků a 2 absolventské práce. Velké množství těchto zdrojů ale nebylo použito.

Pro tvorbu bakalářské práce byly tituly z rešerše doplněny o další zdroje. Celkem bylo užito 13 knih, 8 odborných článků a 1 absolventská práce.

1 Charakteristika vysokohorských podmínek

Nadmořská výška se dá charakterizovat, jako svislá vzdálenost určitého místa od hladiny moře. Co se týče klasifikace nadmořské výšky, není odborná literatura zcela jednotná. Jedním z důvodů je fakt, že tato problematika zasahuje do celé škály oborů.

Výškové zóny z hlediska aklimatizace:

- *„Střední výšky (1500 – 2500 m) – SaO_2 je přes 90 % a nedochází k omezení oxysličení tkání. V prvních dnech pobytu se zvyšuje klidová ventilace, pokles alveolárního parciálního tlaku oxidu uhličitého (pCO_2) umožní kompenzační zvýšení pO_2 . Na každých 100 m výšky klesne maximální spotřeba kyslíku (VO_{2max}) o 1 %. Kromě mírného omezení výkonu nepůsobí tato výška zdravému člověku potíže a akutní horská nemoc (AHN) se u zdravých prakticky nevyskytuje.*
- *Velké výšky (2500 – 5300 m) – prahovou výškou pro vznik aklimatizačních pochodů je přibližně 2500 m. Výskyt AHN je ve 2500 m 10 – 15 %, ve 3000 m přesahuje 20 %. SaO_2 klesá výrazně pod 90 %, pokračuje pokles VO_{2max} o 10 % na každých 1000 m. Přesto lze dosáhnout úplné a dlouhodobé aklimatizace. Nejvýše položené trvale obývané místo na Zemi je hornické městečko La Rinconada v Peru v 5100 m.*
- *Extrémní výšky (nad přibližně 5300 m) – těmto výškám se nelze přizpůsobit, při delším pobytu dochází k výškové deterioraci. Hypoxie působí výraznou hypoxemii a hypokapnií, oxygenaci zajišťuje výrazná hyperventilace. Od 6000 m je inhibována anaerobní glykolýza a tvorba laktátu. Pokračující selhávání všech fyziologických funkcí vede při příliš dlouhém pobytu k naprostému vyčerpání a smrti ("zóna smrti").“*

(Rotman, 2016, s. 7)

Jako další příklad bude uvedeno jedno z mnoha dělení z pohledu sportovního tréninku ve vyšších nadmořských výškách:

- *nízká (od hladiny moře do 800 m. n. m.)*
- *střední (do 1500 m. n. m.)*
- *vyšší (1500 až 3000 m. n. m.)*
- *vysoká (nad 3000 m. n. m.)*

(Suchý, 2014, s. 18)

Se stoupající nadmořskou výškou dochází k mnoha změnám v prostředí.

První z těchto změn je pokles atmosférického (barometrického) tlaku. Ten by se dal definovat jako síla, kterou působí hmotnost sloupce vzduchu kolmo na plochu pod ním. Tato hodnota také souvisí s koncentrací molekul (v poměru dusík 78 %, kyslík 21 % a oxid uhličitý 0,03 %), která je ve vyšších výškách menší. Ke změnám při stoupaní výš tedy dochází postupným snižováním výšky tohoto sloupce, a tedy i jeho hmotnosti.

„Vzduch ve výšce 5250 metrů (základní tábor Mount Everestu) je pod polovičním tlakem než vzduch při hladině moře. Ve výšce 8848 metrů (vrchol Mount Everestu) je ve srovnání s tlakem při hladině moře tlak zhruba třetinový.“

(Kamler, 2005, s. 178)

Barometrický tlak se měří v Pascalech a torrech neboli milimetrech rtuťového sloupce. Normální atmosférický tlak (1013,25 hPa) byl stanoven na úrovni mořské hladiny při teplotě 15 °C, zeměpisně na 45° severní šířky, nicméně tlak vzduchu se mění i z dalších důvodů, jako je například aktuální počasí nebo zeměpisná poloha, takže tato hodnota není neměnná. Dá se říct, že barometrický tlak klesá asi o 12 % na 1000 výškových metrů, což je v nižších vrstvách atmosféry asi 84,5 hPa a hustota vzduchu asi o 8 % na stejném úseku (viz tabulka 1), (meteocentrum, 2018).

Další změna, která je velmi úzce spojena s nižším atmosférickým tlakem, je pokles parciálního tlaku kyslíku. Právě tento jev způsobuje ve vyšších nadmořských výškách hypoxii, a je tedy hlavním činitelem při rozvoji zdravotních komplikací, které při zanedbání aklimatizace a podcenění varovných signálů mohou vyústit až ve výškovou nemoc. S přibývajícími výškovými metry dochází vlivem nižšího tlaku

k rozpínání plynů, takže vzduch obsahuje stále méně molekul kyslíku na jednotku objemu. Tento je následně způsobuje hypoxii. Zatímco na úrovni hladiny moře je pO_2 159 mmHg, ve výšce 3000 m. n. m. tato hodnota klesá a pohybuje se kolem 110 mmHg (viz Tabulka 1). Při výpočtu pO_2 ve vdechovaném vzduchu je třeba vzít v úvahu také fakt, že je vzduch v dýchacích cestách zvlhčován. Jako příklad můžeme uvést výpočet v úrovni hladiny moře, kdy je hodnota atmosférického tlaku 760 mmHg. Od této hodnoty je třeba odečíst 47 mmHg právě kvůli vodním parám, které vzduch v dýchacích cestách sytí. Z výsledné hodnoty (713 mmHg) pak vypočítáme 20,93 %, které představují procentuální zastoupení kyslíku ve vzduchu, takže se dostaneme k výsledné hodnotě 149 mmHg (Suchý, 2014).

Tabulka 1 Změny atmosférického tlaku a parciálního tlaku kyslíku, vlivem nadmořské výšky

Výška	%O ₂ , isobarické podmínky	Atmosférický tlak		pO ₂	
		[mmHg]	[hPa]	[mmHg]	[hPa]
[m]					
0	20,9	760,0	1013,2	158,8	211,7
500	19,7	716,0	954,6	149,6	199,5
1000	18,5	673,8	898,3	140,8	187,7
1500	17,4	634,0	845,3	132,5	176,7
2000	16,4	596,0	794,6	124,6	166,1
2500	15,4	560,0	746,6	117,0	156,0
3000	14,5	525,8	701,0	109,9	146,5
3500	13,6	493,0	657,3	103,0	137,3
4000	12,7	462,0	616,0	96,6	128,8
4500	11,9	432,6	576,8	90,4	120,5
5000	11,1	404,8	539,7	84,6	112,8
5500	10,4	378,6	504,8	79,1	105,5
6000	9,7	353,6	471,4	73,9	98,5
6500	9,1	330,0	440,0	69,0	92,0
7000	8,5	307,8	410,4	64,3	87,7
10500	5,0	183,0	244,0	38,2	50,9
12900	3,4	123,5	164,7	25,8	34,4

Zdroj: Küpper, 2016, s. 8

Se zvyšující se nadmořskou výškou se mění také vlhkost a teplota vzduchu. Vlhkost vzduchu je ve vysokohorském prostředí také daleko nižší. Při sledování vlhkosti vzduchu v různých nadmořských výškách můžeme pozorovat pokles tlaku vodních par asi o 25 % na 1000 výškových metrů. Z tohoto důvodu se zvyšuje i výdej vody pro zvlhčení vzduchu. Proto je ve vyšších výškách zvýšená spotřeba tekutin až o 1000 ml, i při stejném zatížení jako v nížině. Teplota klesá o 1 °C na 150 výškových metrů. Tento pokles je ale průměrný, protože ho ovlivňuje celá řada dalších faktorů, jako jsou povětrnostní podmínky, teplotní rozdíly na slunci a ve stínu, kolísání teplot v rámci ročních období nebo během dne a další meteorologické jevy (např. inverzní počasí) (Suchý, 2014).

Poslední změnou v prostředí, kterou se tato kapitola zabývá, je intenzita slunečního záření. Ta je zvýšena, z důvodu tenčí vrstvy atmosféry a nižší hustoty molekul vzduchu. Jeho nižší vlhkost také brání přirozené obraně pokožky a intenzitu záření zvyšuje i čistota horského vzduchu. V případě sněhové pokrývky se sluneční záření velmi efektivně odráží. I z tohoto důvodu pak jeho intenzita stoupá. Následkem těchto jevů může být především poškození očí a kůže. Obecně se dá říci, že se intenzita ultrafialového záření zvyšuje o 20 – 30 % na 1000 m. n. m. (Suchý, 2014).

2 Reakce organismu na vysokou nadmořskou výšku

Tato kapitola se bude zabývat změnami, které probíhají v lidském těle při pobytu v hypoxickém prostředí. Aby se člověk vyrovnal s těmito podmínkami, jsou aktivovány různé mechanismy, které tělu v takové situaci pomáhají. Některé začnou fungovat ihned, jiné se projeví až při dlouhodobém pobytu. Díky těmto mechanismům, perfektně zvládnutým aklimatizačním postupům a špičkovému vybavení jsou dnes výškoví horolezci schopni krátkodobě dosahovat výšek na hranici devíti kilometrů nad mořem bez použití kyslíkových přístrojů. V těchto případech je ale třeba brát v potaz také mnoho dalších faktorů (fyzické dispozice, genetická výbava, věk, aktuální počasí atd.). Pro tuto práci je zásadní především vliv hypoxického prostředí.

Hypoxie je z medicínského hlediska chápána jako nedostatečné okysličení tkání a dá se rozdělit podle příčiny vzniku do čtyř skupin:

- *„hypoxická hypoxie (anoxická hypoxie): snížení parciálního kyslíku v krvi (např. právě při vyšších nadmořských výškách nebo poruchách výměny plynů v alveolách)*
- *anemická hypoxie: arteriální pO_2 je v normě, ale množství hemoglobinu schopného transportovat O_2 je sníženo*
- *ischemická hypoxie: vzniká při nedostatečném prokrvení, příčiny jsou obvykle systémové (např. selhání oběhu) nebo lokální (např. embolický uzávěr tepny)*
- *cytotoxická hypoxie: do tkáně je dodáván dostatek O_2 , ale jeho využití je znemožněno toxiny“*

(Silbernagl, 2004)

Tato práce se z důvodu svého zaměření bude zabývat pouze hypoxií hypoxickou. Nedostatek kyslíku způsobuje v těle celou řadu změn. Ty je možné rozdělit podle doby expozice na reaktivní (krátkodobé) a adaptivní (dlouhodobé), (Suchý, 2014).

Reaktivní změny se projevují od prvního okamžiku ve vyšší nadmořské výšce i po delších časových úsecích a dá se říct, že dokud není hypoxie regulována jiným způsobem, tak přetrvávají. Tyto mechanismy však s sebou nesou mnoho komplikací, a proto je díky nim možná jen omezená doba expozice. Adaptivní změny se projevují

až při delší době a ve vyšší nadmořské výšce. Tělo díky nim kompenzuje, mimo samotné hypoxie, právě komplikace způsobené reaktivními změnami.

2.1 Reaktivní změny

Na řidší vzduch nejrychleji zareaguje respirační a kardiovaskulární systém.

2.1.1 Vliv vysoké nadmořské výšky na respirační systém

Podstatou změn v dýchací soustavě je jev zvaný hyperventilace (zrychlené a prohloubené dýchání). Dobrá funkčnost plic je podmíněna tlakem vzduchu, a tedy i kyslíku. Pokud pO_2 klesne pod 100 mmHg, dochází ke snížení výměny plynů mezi alveolami a plicními kapilárami. K výměně dochází pomocí difuze, a protože je v plicích nižší tlak, neprostupuje tento plyn do kapilár v dostatečném množství. To vede ke snížení saturace krve kyslíkem (ve 2000 – 3000 m. n. m. o 6 – 8 %). Tím jsou stimulovány periferní chemoreceptory (karotická a paraaortální tělíska), a proto se zvýší dechová aktivita. Díky tomu se v plicích při nádechu zvýší podtlak a deficit se tak vyrovná. U neadaptovaných jedinců se tento jev objevuje již po několika hodinách v hypoxickém prostředí a dále se stupňuje až po dobu jednoho týdne. Na druhou stranu ale hyperventilace vede k mnoha komplikacím. Jednou z nich je zvýšení vylučování oxidu uhličitého ve vydechaném vzduchu, a tím dojde ke snížení parciálního tlaku tohoto plynu. Proto dochází ke změnám ve vnitřním prostředí a vzniká respirační alkalóza. Ta může způsobovat komplikace, jako je nauzea, zvracení, závratě, tetanie atd. Kvůli nižším hodnotám pCO_2 stoupá také citlivost centrálních chemoreceptorů, což následně vede naopak ke snížení ventilace (Suchý, 2014), (Küpper, 2016).

2.1.2 Vliv vysoké nadmořské výšky na kardiovaskulární systém

Kardiovaskulární systém se snaží vykompenzovat nedostatek kyslíku zrychlením krevního oběhu. Je možné pozorovat tachykardii (ve výšce 2000 – 3000 m. n. m. vzroste srdeční frekvence o 12 – 14 %), zvýšení srdečního objemu, zvýšenou krevní náplň v hrudníku, vzestup krevního tlaku v plicnici a mobilizaci krve z krevních zásobáren. Dostatek kyslíku pro mozek a srdce je zajištěn vazokonstrikcí ve svalech a dalších orgánech, jejichž funkce není pro přežití nezbytná. Tyto změny s sebou nesou mnohé komplikace, ale ty obvykle do 4-6 dnů vymizí. Patří mezi ně např. nespavost, menší chuť k jídlu, nevolnost, celková slabost či neklid (Kamler, 2005), (Küpper, 2016). Další zdroje uvádějí, že výše popsané změny jsou až druhou fází, a že v prvních

hodinách dochází k tzv. vagotonické fázi. Ta by se měla projevit bradykardií, zvýšeným tonem arterií, zvýšením či snížením minutového srdečního objemu, dále pak pocity nevolnosti, prohloubeným dýcháním, dýchacími obtížemi, ztrátou chuti k jídlu, případně průjmy. Všechny tyto negativní změny je však třeba dobře pozorovat a odlišit je od příznaků výškové nemoci, které jsou velmi podobné (Suchý, 2014).

2.2 Adaptivní změny

Mezi tyto změny řadíme procesy, které pomáhají organismu zvládat vysokou nadmořskou výšku dlouhodobě, a díky kterým je možná aklimatizace. Tyto změny zastupují a doplňují funkci reaktivních změn, kterými jsme se zbývali v přechozí kapitole. Ty nejsou dlouhodobě udržitelné. Je však třeba mít na paměti, že aby adaptace těla probíhala bez problémů, je třeba dodržovat aklimatizační postupy a pečlivě sledovat případné příznaky výškové nemoci. I tyto změny se dají rozdělit do několika skupin. V této kapitole jsou popsány procesy, které slouží k udržení acidobazické rovnováhy, změny v tvorbě erytrocytů a hemoglobinu, změny na buněčné úrovni a v oblasti hormonální regulace. Dále pak adaptace myokardu a genetické změny (Suchý, 2014).

2.2.1 Acidobazická rovnováha

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, vlivem hyperventilace dochází k rozvoji hypokapnie a respirační alkalózy. Pro udržení stálé acidobazické rovnováhy je tělo vybaveno třemi „obranými liniemi“, mezi které patří pufrovacími systémy, respirační kompenzace a renální kompenzace. Právě renální kompenzace je při respirační alkalóze zásadní. Následující rovnice popisuje vztah mezi respirační a renální kompenzací: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ (Kittnar, 2011, s. 488). Tyto kompenzační mechanismy jsou založeny na regulaci vylučování iontů vodíku (H^+) a hydrogenuhličitanu (HCO_3^-) a projevují se řádově v hodinách až desítkách hodin. Aby se výkyvy v acidobazické rovnováze způsobené hyperventilací vyrovnaly, je nutné srovnat pokles oxidu uhličitého. Jednoduše řečeno, pokud klesne v těle množství CO_2 , klesne koncentrace kationtu vodíku a ledviny zareagují snížením jeho sekrece a zároveň i zpětné resorbce bikarbonátu a jeho tvorby. Díky tomu zůstává acidobazická rovnováha v normě, ale je narušena pufrační kapacita vnitřního prostředí. Ta vlastně určuje, jak velké výkyvy v pH je tělo schopné vyrovnat, a proto je možné při delší expozici pozorovat zvýšení koncentrace laktátu, přestože jeho produkce není na nadmořské výšce přímo závislá (Suchý, 2014).

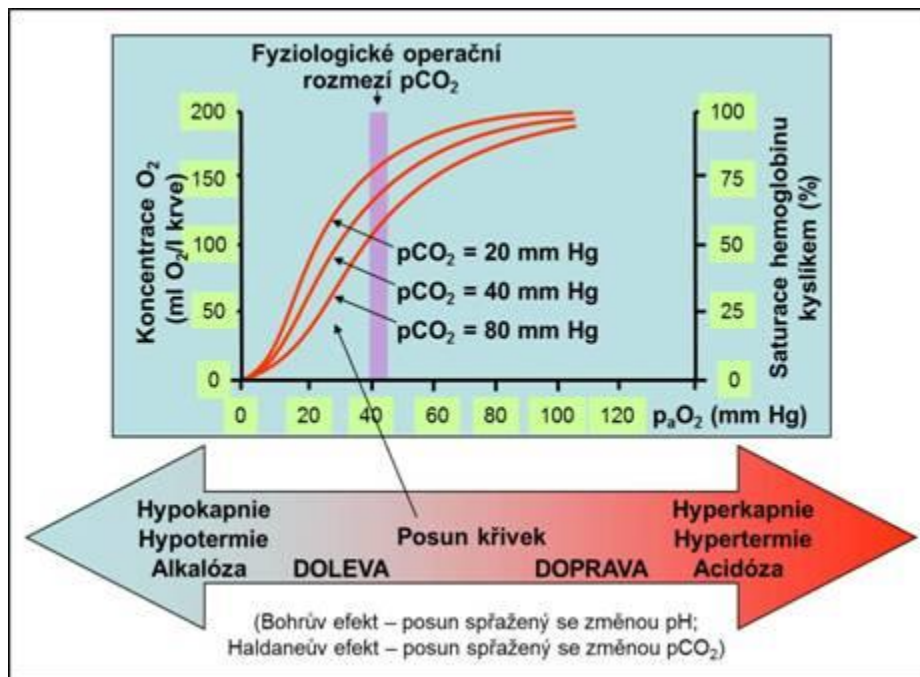
2.2.2 Erytrocyty a hemoglobin

Červené krvinky jsou bezjaderné buňky tvaru bikonkávního disku. Jejich hlavní funkcí je transport kyslíku a oxidu uhličitého a díky tomuto tvaru se zvětšuje difusní plocha pro výměnu těchto plynů. Ve vysoké nadmořské výšce je možné sledovat zvýšené množství erytrocytů, a díky tomu se zvedá transportní kapacita krve. Jejich množství na jednotku objemu krve vykazuje pohlavní dimorfismus, což je způsobeno hlavně hormonálními vlivy na erythropoézu, tedy jejich tvorbu. V běžných podmínkách je tato hodnota u mužů $4,1 - 6 \times 10^6$ a u žen $3,9 - 5,5 \times 10^6$ na 1 mm^3 krve. Tkáňová hypoxie má za následek vyšší syntézu glykoproteinu erythropoetinu. Ten je produkován již po 60 minutách v hypoxickém prostředí, z 90 % ledvinami a z 10 % játry, a stimuluje vyšší tvorbu červených krvinek v kostní dřeni. Také se zvyšuje resorpce železa, které je pro tvorbu erytrocytů nezbytné. To vede ke zvýšení hodnot hematokritu, čili objemu těsně nahloučených erytrocytů v objemové jednotce krve. U mužů je to fyziologicky 40 – 50 %, u žen 35 – 40 %. Tyto hodnoty mohou být ovlivněny celou řadou dalších faktorů, jako je stres, dehydratace, hormonální změny atd., ale v případě jejich zvýšení vlivem hypoxie jde především o zvýšení produkce červených krvinek (po týdnu přibližně o 4 – 10 %) a úbytek krevní plasmy (asi 8 %). Tyto změny zlepšují transportní kapacitu krve, ale jsou provázeny zhoršením průtokových vlastností (Kittnar, 2011), (Suchý, 2014).

Hemoglobin je protein, který je primárním transportérem kyslíku a oxidu uhličitého v krvi. Je to červené krevní barvivo a je hlavní složkou erytrocytů. Za jeho zbarvení je zodpovědná jeho složka hem a právě ta na sebe kyslík váže. Průměrné hodnoty Hb jsou 135 – 170 g/l u mužů a 120 – 158 g/l u žen. Jedna molekula tohoto proteinu má 4 vazebná místa pro O_2 a na jeden gram se ho může navázat asi 1,34 ml. Teoreticky se na jeden litr krve může navázat asi 200 ml O_2 , ale reálná hodnota je zpravidla odlišná, protože je ovlivněna zejména pO_2 , dále pak teplotou, pCO_2 , arteriálním pH a organickým fosfátem – 2,3 – difosfoglycerátem. Tato látka je v erythrocytech přítomna ve větším množství než v okolních tkáních, stabilizuje nenasycený hemoglobin a znesnadňuje tím navázání kyslíku. Tím zabraňuje tkáňové hypoxii. V případě zvýšení pCO_2 a teploty a snížení pH klesá afinita hemoglobinu, což opět usnadňuje uvolnění O_2 ve tkáních. Tento jev se nazývá Bohrův efekt a jeho funkce umocňuje vliv 2,3 – DPG. V plicích působí Bohrův efekt opačně, tedy usnadňuje navázání kyslíku. Ve vysokohorském prostředí však všechny tyto mechanismy fungují

odlišně, z důvodů změn v pO_2 , pCO_2 , pH i teploty. Podíl maximálního a reálného nasycení krve je vyjádřen saturací krve kyslíkem. Saturací křivka hemoglobinu nám jasně ukazuje vztah mezi pO_2 a krevní saturací, i vliv ostatních změn, které způsobují její posun (viz graf 1). Z toho vyplývá, že ve vysokých nadmořských výškách tyto jevy vedou k usnadnění sycení hemoglobinu kyslíkem, ale zároveň ke zhoršení jeho distribuce ve tkáních, kvůli zvýšení afinity Hb k O_2 , tedy posunu disociační křivky doleva.

Graf 1 Saturací křivka hemoglobinu a faktory ovlivňující její posun



Zdroj: Ikem

2.2.3 Vliv vysoké nadmořské výšky na lokální a buněčné úrovni

Vlivem nedostatku kyslíku dochází i ke změnám, které usnadňují jeho transport mimo krevní řečiště. Tam se kyslík, který je nezbytný jako vstupní prvek pro metabolismus buňky, dostává prostou difuzí. Tento způsob umožňuje přesun látek přes buněčnou membránu ve směru koncentračního gradientu, jinak řečeno, pokud je v buňce kyslíku nedostatek a dodávka je dostatečná, zrychlí se difusní rychlost, a tím je vyrovnána poptávka buňky. V případě, že je krev nedostatečně saturovaná kyslíkem, dochází v buňce a v lokální cirkulaci ke změnám, které se snaží pokles koncentračního gradientu vyrovnat. Rychlost transportu O_2 je ovlivněna třemi dalšími faktory.

„Rychlost difuze je kromě velikosti elektrochemického gradientu ovlivněna několika faktory:

- *Teplotou,*
- *Plochou membrány, přes kterou se difuze uskutečňuje,*
- *Prostupností membrány.“*

(Kittnar, 2011, s. 55)

Pokud buňky nemají dostatek kyslíku, přechází na anaerobní glykolýzu. Tím je produkován laktát, který situaci zhoršuje. Aby ve vysoké nadmořské výšce došlo k ulehčení dodávky O₂ do buňky, zkracuje se difusní dráha, a to díky zvýšení počtu kapilár a zmenšení jednotlivých buněk. Tyto změny jsou patrné například na svalech, kde při dlouhodobém pobytu v hypoxickém prostředí dochází ke ztenčení svalových vláken. Tím vzniká větší prostor pro lepší kapilarizaci a dochází ke zvětšení difuzní plochy (Willber, 2004), (Suchý, 2014), (Kittnar, 2011).

Ve svalech je také obsažený myoglobin, protein, který na sebe váže kyslík podobně jako hemoglobin, ale s mnohem slabší vazbou. Svaly člověka ho obvykle obsahují jenom v malém množství (ve velkém množství ho ukládají např. kytovci), ale ve vyšších nadmořských výškách jeho zásoba prudce stoupá a funguje jako další mechanismus, kterým se tělo s hypoxií vyrovnává. Vliv zvýšeného počtu mitochondrií, který je možné v hypoxických podmínkách sledovat, je sporný, protože jejich zvýšený počet je kompenzován menší velikostí těchto organel. Ty zajišťují buňce, za spotřeby právě kyslíku, energii a dále ji uvolňují (Suchý, 2014), (Kamler, 2005).

2.2.4 Změny v hormonální regulaci ve vysoké nadmořské výšce

Hypoxie ovlivňuje kromě erythropoetinu i celou řadu dalších hormonů. Prvními, kterými se budeme zabývat, jsou látky ze skupiny katecholaminů (adrenalin a noradrenalin). Tyto hormony jsou produkovány dřením nadledvin a následně se zde i ukládají. Katecholaminy mají hned několik účinků:

- *„Kardiovaskulární – zvyšují sílu stahu srdce, frekvenci srdeční, dráždivost, síňokomorový přenos, vazodilataci arteriol ve svalech, vasokonstrikci v kůži a ve splachniku.*
- *Navozují bronchodilataci.*

- *Metabolické – zvýšení glykémie glykogenolýzou a glukoneogenezí v játrech, glykogenolýza ve svazech, v tukové tkáni pak stimulace lipolýzy aktivací hormonsenzitivní lipázy. Uvolněné mastné kyseliny jsou alternativními zdroji energie v tkáních.*
- *Inhibice sekrece inzulínu, stimulace výdeje glukagonu.“*

(Kittnar, 2011, s. 537)

Při aktivaci sympatiku se uvolňují do krve, což stimulují především stresové situace, v našem případě především nižší nabídka kyslíku. Nástup katecholaminů je za běžných podmínek rychlý a působí krátkodobě. Při pobytu v prostředí se sníženým parciálním tlakem kyslíku se však vyplavují ve větším množství než při normálním stavu (Kittnar, 2011), (Suchý, 2014).

Další skupinou hormonů, které jsou ovlivněny hypoxií, jsou glukokortikoidy. Tato skupina je produkována v kůře nadledvin a hlavním z nich je v lidském těle kortizol. Ten má v těle více biologických účinků, ale v problematice vysoké nadmořské výšky je zásadní především permissivní působení právě na katecholaminy a zvýšení tvorby erythropoetinu. Jeho komplexní působení v organismu zajišťuje homeostázu při stresových situacích, a proto je ve vyšších nadmořských výškách produkován ve větším množství (Kittnar, 2011), (Suchý, 2014).

Při pobytu ve vyšších nadmořských výškách je také zvýšena hladina somatotropinu (Suchý, 2014). Jeho tvorba je závislá na mnoha podnětech, jako je dlouhodobá tělesná námaha, stres, či nedostatek energetických zdrojů. Mezi poslední zmíněné je možné zařadit právě hypoxii. Účinky této látky jsou růstové a metabolické. Růstové účinky nejsou v problematice vysoké nadmořské výšky zásadní. Řadí se sem hlavně zvýšení profílace a diferenciacie buněk a růst kostí během vývoje. Metabolické účinky se dále dělí na akutní a dlouhodobé (řádově v hodinách). Akutní účinky se projevují vyšším vychytáváním glukózy a zvýšenou produkcí proteinů játry a svaly. Dále dochází k potenciaci vstupu aminokyselin do buněk. Po několika hodinách dochází ke zvýšení glykémie a lipolýzy a stoupá i hladina volných mastných kyselin (Kittnar, 2011).

Inzulín je produkován Langerhansovými ostrůvky (beta-buňkami), které jsou součástí slinivky břišní. Jeho funkcí je vytvoření glukózových transportérů přes buněčné

membrány. Tím se zlepší jejich prostupnost pro glukózu. To vede ke snížení hladiny glukózy v krvi. Účinek inzulínu je velmi podobný akutním účinkům somatotropinu. V jaterních buňkách se po vstupu glukózy přes membránu snižuje její tvorba, a tím i vznik ketolátek. Také se zvyšuje tvorba glykogenu a triacylglycerolů a stoupá glykolýza. Zabudováním glukózových transportérů do buněčné membrány se zvyšuje vstup glukózy i do svalových a tukových buněk. Dochází k podpoře tvorby glykogenu, glykolýzy, triacetyl glycerolů a ke zvýšení proteosyntézy. Dále pak k blokaci tvorby mastných kyselin. Inzulín také inhibuje uvolňování glukagonu, jehož účinek je v podstatě opačný, tedy zvýšení glykémie. Pobyt ve vysokohorské prostředí obecně vyvolává vyšší inzulínovou reakci (Kittnar, 2011), (Suchý, 2014).

Posledním hormonem, kterým se budeme zabývat, je testosteron. Hladina tohoto hormonu je při pobytu ve vyšších nadmořských výškách také zvýšena (Tiidus, 2012). Testosteron má v těle mnoho účinků, od stimulace a diferenciaci mužského pohlavního ústrojí prenatálně, po zvýšení tělesného růstu později v pubertě. Pro naši potřebu je však zásadní stimulace produkce erythropoetinu a jeho anabolické působení. Díky tomu dochází k proteosyntéze a svalové hypertrofii (Kittnar, 2011).

2.2.5 Adaptace srdce a myokardu

Srdce je dutý orgán, který má v krevním oběhu funkci pumpy. Je rozděleno na dvě síně a dvě komory. Pravá část srdce má za úkol udržet dostatečný tlak v plicním oběhu, kde dochází k okysličení krve, zatímco pravá udržuje tenzi v systémovém oběhu, a tím zajišťuje dostatečný přísun kyslíku a živin do tkání v celém těle. Proto je pravá komora tvořena výrazně tenčí vrstvou srdeční svaloviny než levá. Myokard je speciálním typem svaloviny, kterým je z většiny srdce tvořeno. Buňky srdečního svalu jsou na rozdíl od svalů kosterních kratší a silnější a jsou navzájem propojeny tzv. interkalárním diskem. Díky tomu jsou schopny přenášet akční potenciál mezi sebou a jsou částečně nezávislé na nervové soustavě (Kittnar, 2011).

„Adaptace srdečního svalu na chronickou hypoxii se projevuje zlepšením energetického metabolismu, zvýšením kapacity anaerobního metabolismu i zvýšením schopnosti využít energii.“

(Suchý, 2014, s. 28)

Kromě těchto změn dochází k poklesu beta-adrenergických receptorů, což vede ke snížení výskytu srdečních arytmií. Tyto pozitivní změny mají přechodnou povahu, ale přetrvávají i po ukončení expozice. Jako příklad můžeme uvést zvýšenou odolnost myokardu, která přetrvává i 4 měsíce po ukončení adaptace. V hypoxické prostředí však dochází i k negativním změnám. Po delší době expozice dochází ke vzniku výškové plicní hypertenze, což vede k rozvoji hypertrofie pravé komory. V konečném důsledku dochází k rozvoji výškové pravostranné srdeční insuficience, až k pravostrannému srdečnímu selhání. To se projevuje periferními otoky, dušností, kašlem či anginou pectoris. (Suchý, 2014), (Küpper, 2016)

2.2.6 Genetické změny

Tyto změny se projevují u osob pocházejících z rodin, které trvale žijí ve výškách nad 2500 m. n. m. U těchto osob vznikly adaptační procesy, díky kterým jsou schopni zvládat hypoxii bez větších problémů a rizik. Tyto procesy jsou zachovány i u jedinců, kteří se narodili v nižších nadmořských výškách a nikdy hranici 2500 m. n. m. nepřekročili. To je pravděpodobně zapříčiněno vznikem těchto změn již v nitroděložním vývoji a jejich dotvářením u novorozenců. Dá se říct, že existují dvě skupiny lidí, které se takto adaptovaly. Přesto, že se tyto lidé adaptovali odlišným způsobem, dokáží obě tato etnika trvale pobývat v podstatě ve stejné maximální výšce, přibližně 5300 m. n. m. Tato výška je tedy pravděpodobně fyziologickou hranicí, ve které může člověk trvale přebývat (Suchý, 2014), (Kamler, 2005).

Prvním takovým etnikem jsou Šerpové, kteří obývají Himaláje. Ti se v této výšce adaptují minimálně po dobu 30 000 let a jsou považováni za národ, který se na vysokou nadmořskou výšku adaptoval nejlépe. Jejich plíce mají zvýšenou citlivost na nízký obsah kyslíku a zvýšenou dechovou frekvenci si udržují i ve spánku. Jsou také schopné produkovat až dvakrát větší množství oxidu dusnatého. Ten působí vasodilatačně a pravděpodobně je příčinou jejich velké odolnosti vůči plicnímu otoku. Další důležité změny proběhly na jejich srdci. Nedochozí u nich k hypertrofii, jak by se dalo očekávat. Myokard Šerpů údajně dokáže spalovat glukózu, která je až o 50 % účinnějším palivem, a proto jim stačí ke stejné srdeční činnosti vynaložit daleko méně energie. Přesto, že krev Šerpů neobsahuje výrazně více erytrocytů, má zvýšenou transportní kapacitu. To je zapříčiněno přítomností zvláštních enzymů, které urychlují

navázání a uvolňování kyslíku. U tohoto etnika je také možné pozorovat tzv. paradox kyseliny mléčné. Ta se tvoří při nedostatku kyslíku, avšak u Šerpů je produkována v daleko menším množství. Z toho vyplývá, že si dokáží zachovat vysoce účinné spalování i při nedostatku kyslík, a to díky přítomnosti enzymů, které se však dosud nepodařilo přesně identifikovat. (Kamler, 2005), (Suchý, 2014)

U obyvatel jihoamerických And, u kterých adaptace probíhá asi 10 000 let, šel vývoj jinou cestou. Na rozdíl od obyvatel Himalájí nejsou drobné postavy. Mají robustní hrudník, větší plíce, více plicních sklípků s lepší kapilarizací a hypertrofickou pravou srdeční komoru. Také mají výrazně vyšší počet erytrocytů a nedochází u nich ke zvýšení hematokritu, protože mají více krevní plasmy. Jiné mechanismy jsou podobné jako u Šerpů. I u Indiánů, obývajících Andy, můžeme pozorovat vyšší produkci oxidu dusnatého plicemi, i když ne v takové míře, paradox kyseliny mléčné a využití spalování glukózy myokardem. (Kamler, 2005), (Suchý, 2014)

3 Výšková nemoc a její formy

Výše popsané mechanismy jsou schopné za určitých podmínek kompenzovat nižší parciální tlak kyslíku ve vyšších nadmořských výškách. Je však třeba mít na paměti, že i tyto mechanismy mají své hranice. V případě nedostatečného přizpůsobení organismu na hypoxii může dojít k rozvoji různých forem výškové nemoci. Nikdy však nelze s jistotou říct, jak tělo na výšku zareaguje a výšková nemoc se může často projevit zcela neočekávaně, přes dobrou aklimatizaci a předchozí bezproblémové zkušenosti ve stejných či vyšších výškách (Kamler, 2005).

„Ke zhodnocení rizikovosti expozice hypoxii se bere ohled na 5 důležitých rozlišujících faktorů:

- *výška resp. ekvivalentní výška (% O₂)*
- *trvání expozice*
- *výškový profil / aklimatizace (včetně intermitentní hypoxie)*
- *pracovní zátěž v hypoxii*
- *genetická predispozice (Obyvatelé výšek vs. obyvatelé nížin)“*

(Küpper, 2016, s. 4)

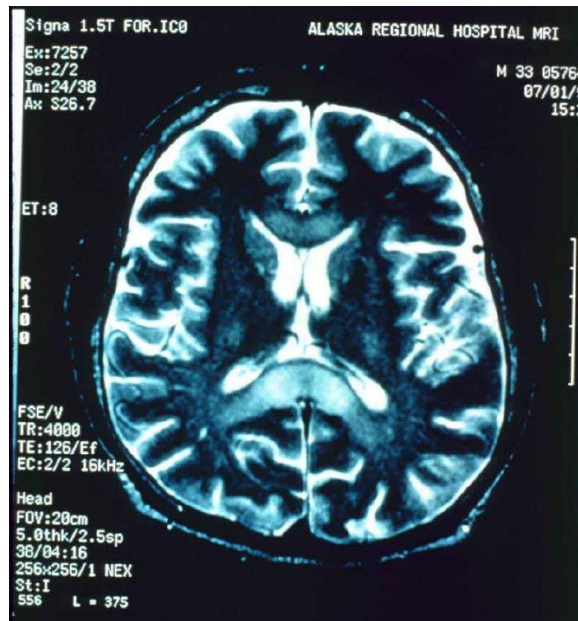
Akutní horská nemoc je projevem nedostatku kyslíku při pobytu v hypoxickém prostředí, na které není organismus aklimatizován. Pro lepší přehlednost si tuto problematiku rozdělíme na nervový syndrom a plicní syndrom. Nervový syndrom se nejprve projevuje benigní formou výškové nemoci a může se rozvinout až ve výškový otok mozku. U plicního syndromu dochází k rozvoji plicní hypertenze a následně výškového otoku plic (Plintovič, 2007), (Rotman, 2016), (Lawley, 2018).

3.1 Nervový syndrom

Benigní forma akutní výškové nemoci se může projevit už od 2500 - 3000 m. n. m., přičemž postihuje asi 5-10 % osob. Ve výšce nad 4000 m. n. m. je to však již asi 50 % a v 5000 m. n. m., při rychlém výstupu, trpí jejími příznaky téměř každý. Na její vznik má vliv mnoho faktorů. Kromě rychlosti výstupu, cílové výšky a rozlišujících faktorů uvedených výše, je to také pohlaví, či individuální vnímavost. Fyzická kondice a věk se vznikem této formy v podstatě nespojují. Její příznaky jsou také nespecifické a velmi individuální. Řadíme mezi ně nevolnost, zvracení, nechutenství, poruchy spánku, noční apnoické pauzy, ztrátu výkonnosti, vertigo,

či podkožní otoky. Za hlavní příznaky však považujeme bolest hlavy a anamnézu výstupu do výšky. Tyto komplikace přímo neohrožují postiženého na životě, ale je třeba je pozorně sledovat, neboť předcházejí daleko závažnějším komplikacím. Mechanismus vzniku akutní horské nemoci doposud není zcela objasněn. Existuje více hypotéz a je diskutabilní, zda jsou její projevy důsledkem stejné patologie, jako výškový otok mozku, či vzniká na základě odlišných tělesných procesů. Za hlavní děje, které vedou k jejímu rozvoji je však považován cytotoxický a vazogenní otok mozku. První jmenovaný je způsoben intracelulární hypoxií, ten druhý pak vazodilatací cév. Na rozdíl od maligní formy není v případě benigní formy akutní horské nemoci prokázáno zvýšení nitrolebního tlaku (Rotman, 2016), (Lawley, 2018).

Za maligní formu nervového syndromu je považován výškový otok mozku, kdy dochází k jeho útlaku vlivem nahromaděné tekutiny. Projevuje se od vyšších nadmořských výšek než benigní forma (asi od 3500 m. n. m.) a bez zahájení léčby končí smrtí. Ta nastává v rozmezí několika hodin až dvou dnů, a pokud nedojde k transportu do nižší nadmořské výšky, je mortalita 100 %. Kromě příznaků, které jsou typické pro benigní formu výškové nemoci, se otok mozku projevuje jasnými neurologickými příznaky. Mezi ně se řadí ataxie, poruchy vědomí (kvalitativní i kvantitativní), psychické příznaky a bolest hlavy neustupující ani po podání analgetik. Nejdůležitějším příznakem, který je alarmující je právě ataxie neboli porucha koordinace pohybů. Pro její zjištění se běžně užívá test „chůze po čáře“. Ten je pozitivní, pokud nemocný opakovaně šlape mimo čáru. Pokud postižená osoba není schopna chůze bez pomoci, je diagnóza výškového otoku mozku jistá. Mezi další příznaky řadíme světloplachost, poruchy zraku způsobené otokem papily zrakového nervu. Mezi neurologické symptomy řadíme nystagmus, ztuhlost šíje, hemiparézu, či pyramidové příznaky, a dále se otok mozku projevuje subfebriliemi a poklesem diurézy pod 0,5 l/24 hodin (Plintovič, 2007), (Rotman, 2016), (Lawley, 2018)

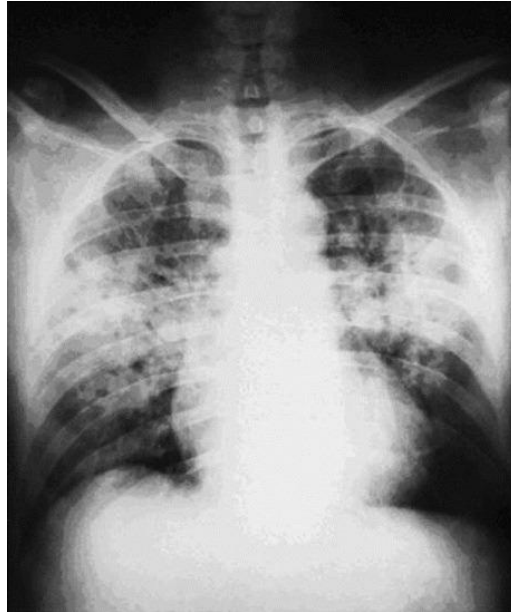


Obrázek 1 Výškový otok mozku na záznamu MR

Zdroj: Kubalová, 2007, s. 21

3.2 Plicní syndrom

Nejzávažnější formou tohoto syndromu je výškový otok plic. Ten se vyskytuje především u mladších osob a je také nejčastější příčinou smrti z důvodu výškové nemoci. Jsou případy, kdy se projevil už od výšky 2500 m. n. m. a může se vyskytnout i zcela nezávisle na akutní horské nemoci a výškovém otoku mozku. Asi v 50 % úmrtí z důvodu otoku plic byl současně zjištěn otok mozku. Příčinou je přestup tekutiny do plic, z důvodu plicní hypertenze (Rotman, 2016).



Obrázek 2 Výškový otok plic na snímku RTG

Zdroj: Kubalová, 2007, s. 21

Jako první příznak zpravidla dochází k výraznému poklesu výkonu. Plicní otok se také projevuje námahovou, později i klidovou dušností, suchým kašlem a v pokročilejších fázích vykašláváním zpěněného, krvavého sputa. Dalšími příznaky jsou chrupky na plicích a distanční chropy (až ve 30 % případů mohou chybět), tachykardie, horečka do 38,5 °C, cyanóza, pálení za hrudní kostí, intolerance polohy vleže, či snížení diurézy pod 0,5 l/24 hodin. Saturace krve kyslíkem klesá pod 50 – 60 %. Obecně jsou příznaky velmi podobné infekcím dýchacích cest, ale výškový otok plic se liší absencí vysoké horečky a po sestupu do nižší nadmořské výšky se výrazně lepší (Plintovič, 2007), (Rotman, 2016)

3.3 Další formy výškové nemoci

Mezi komplikace, které mohou ve vysokohorských podmínkách nastat, řadíme také krvácení do sítnice. To je s největší pravděpodobností zapříčiněno poruchou endotelu při hypoxii. Tato krvácení mají zpravidla benigní charakter a jen výjimečně jsou příčinou výraznějších poruch zraku (Rotman, 2016), (Küpper, 2016).

Zvýšení hematokritu, dehydratace, dysfunkce endotelu a další změny, typické pro pobyt ve vysoké nadmořské výšce, jsou také predisponujícími momenty pro vznik trombotických a tromboembolických komplikací. Prevencí je hlavně dodržování pitného režimu a v případě projevů trombózy je nutná antikoagulační léčba. Nebezpečí vzniku onemocnění, jako je akutní infarkt myokardu, centrální mozková příhoda nebo

plicní embolie, je tedy ve vysokých nadmořských výškách daleko vyšší (Plintovič, 2007).

Kromě akutní horské nemoci, která zpravidla postihuje neaklimatizované jedince, existují i formy výškové nemoci, které postihují osoby trvale žijící nad 2500 m. n. m. Chronická horská nemoc neboli Mongeho choroba, se projevuje geneticky predisponovanou erytrocytózou (Hb u mužů více než 210 g/l, u žen více než 190 g/l) s hypoxemií. Dále bývá spojena s plicní hypertenzí. Patofyziologie této nemoci není objasněna a bez léčby končí pravostranným srdečním selháním. Dalším takovým syndromem je subakutní horská nemoc, kdy dochází ke zvýšení systolického tlaku v plicnici nad 50 mmHg. I zde je přítomna hypoxemie, ale bez patologické erytrocytózy. Také zde dochází k hypertrofii pravé srdeční komory. Dalším onemocněním, které je specifické pro národy žijící trvale ve vysokých nadmořských výškách, je tzv. reentry pulmonary edema. Jedná se v podstatě o výškový plicní otok, který se u těchto etnik rozvíjí po návratu do vysokých nadmořských výšek, jestliže v nížině strávili 1-2 týdny (Rotman, 2016), (Küpper, 2016).

3.4 Léčba výškové nemoci

Při léčbě výškové nemoci bychom měli vycházet z doporučení Lékařské komise Mezinárodní horolezecké federace. V těchto doporučeních, v ČR zpracovaných Společností horské medicíny, je možné dohledat podrobnější informace (např. specifiky užití konkrétních léků ve vysokohorských podmínkách), které pro jejich obsáhlost nebylo možné do této práce zařadit. Obecně se dá říct, že indikace podání léků u nemoci z výšky je tzv. „off – label“. To znamená, že léky nejsou pro toto užití určeny a jejich podání musí být podloženo vědeckými výzkumy (Küpper, 2008), (Küpper, 2012a).

Při onemocnění benigní formou akutní horské nemoci je doporučeno okamžitě zastavit další výstup. Postižený by se měl vyhnout jakékoli fyzické námaze, dokud příznaky nevyjmí a pokud nevyjmí do 24 hodin, je nutný sestup do nižší nadmořské výšky. Doporučená léčba je symptomatická. V případě nauzey je doporučeno podání antiemetik (Degan, Torecan). Tišení bolesti hlavy je doporučeno podáním paracetamolu, či ibuprofenu. Při osobní zkušenosti měla lepší účinnost kyselina acetylsalicylová (Aspirin). Ta však není lékařskou komisí UIAA doporučena, pro vyšší riziko krvácení a žaludečních vředů. V případě selhání předchozí léčby je na místě zvážit podání 250 mg Acetazolamidu (Diamox) po 6 – 12 hodinách. I přes nevolnost je

nezbytný také dostatečný přísun tekutin a je doporučen také spánek s lehce zvýšenou horní polovinou těla. Pokud se příznaky nadále zhoršují, je třeba předpokládat výskyt výškového otoku mozku a léčbu tomu přizpůsobit. I v případě, že je otok vyloučen, je výše popsaná léčba doplněna podáním 8 mg Dexamethazonu i.v. (i.m., p.o.). Dávka se opakuje po 6 hodinách a je nutný sestup, jakmile toho bude pacient schopný. V těžkých případech akutní horské nemoci je indikovaná hyperbarická komora (Plintovič, 2007), (Küpper, 2008), (Küpper, 2012a), (Rotman, 2016).

Akutní léčba výškového otoku mozku a plic je až na několik výjimek totožná. Je nutné okamžitě zastavit výstup. Postižený by měl být uložen v poloze se vzpřímenou horní polovinou těla a měl by být kladen důraz na udržení tepelného komfortu. Při obou onemocněních je indikováno podání kyslíku a použití hyperbarické komory (viz níže) a je doporučen pasivní transport. Při výškovém plicním otoku je dále indikováno podání Nifedipinu s pomalým uvolňováním v dávce 20 mg. Jeho účinek nastupuje po 10 – 15 minutách, a pokud se příznaky znovu zhorší, dávka se opakuje. Také je doporučeno užití PEEP ventilu, pokud je pacientem tolerován. Kromě Nifedipinu se osvědčilo také podání donátorů oxidu dusnatého např. Sildenafil (Viagra). Tyto látky však nejsou lékem první volby z důvodu nedostatku klinických studií, většího množství vedlejších účinků a vyšší ceny. Pokud je u pacienta diagnostikován výškový otok mozku, podává se Dexamethazon v dávce 8 mg i.v. nebo i.m. (u méně závažných případů je možné i p.o. podání) a dávka se opakuje po 6 hodinách. Také může být prospěšně dodatečné podání Acetazolamidu dvakrát denně (Plintovič, 2007), (Küpper, 2008), (Küpper, 2012a), (Rotman, 2016).

Hlavním léčebným opatřením u všech forem by mělo být odstranění příčiny onemocnění, tedy hypoxie. Toho se dá efektivně dosáhnout pouze sestupem do nižší nadmořské výšky a veškerá léčba, popsaná výše, slouží pouze k získání dostatku času pro sestup. Mělo by se jednat o sestup minimálně o několik set výškových metrů, do výšky, kde postižený neměl potíže, ideálně pod 3000 m. n. m. Pokud je možný aktivní transport, měl by se pacient pohybovat bez jakékoliv zátěže a u postižených výškovým otokem mozku je třeba zvýšené opatrnosti z důvodu ataxie. Pokud mu sestup připadá namáhavý, či pokud je jeho stav závažnější, upřednostňuje se pasivní transport (nosítka, letecký přesun). Užití kyslíku je indikováno jen pro těžší formy výškové nemoci, protože brzdí aklimatizační procesy a po jeho vysazení nastávají ještě větší komplikace (Plintovič, 2007), (Küpper, 2008), (Küpper, 2012a), (Rotman, 2016).

Za neúčinnější metodu, která je v dnešní době schopna dočasně nahradit sestup, je považováno užití přenosné hyperbarické komory. Její použití je indikováno jen u těžkých forem akutní horské nemoci, výškového otoku mozku a plic. Nemocný je uložen do vzduchotěsného vaku, ve kterém se ruční, či nožní pumpou zvýší tlak vzduchu. Tím je možné simulovat rychlý sestup o 1500 – 2500 m. n. m. Studie prokazují, že při užití hyperbarické komory dochází k rychlému zlepšení příznaků trvajícím několik hodin. Její použití s sebou však nese mnohé komplikace a rizika. V případech, kdy byla použita neproškolenými osobami, může docházet k rozvoji hyperkapnie (je nutná dostatečná ventilace komory, tedy alespoň 40 l/min), ruptuře ušního bubínku atd. K pacientovi v hyperbarické komoře není možný následný přístup, proto je třeba dopředu počítat se zvracením (vhodné je užití antiemetik). U pacientů s plicním otokem je třeba očekávat špatnou toleranci polohy vleže. Dalším problémem může být úzkost či projevy klaustrofobie. Při užití přetlakové komory je problematický také následný transport. Její hmotnost se pohybuje mezi 5 – 8 kg, a proto je její užití nad 7000 m. n. m. v podstatě nemožné, z důvodu fyzické zátěže na zachránce. Také je třeba kontinuálně pumpovat do vaku vzduch (8x – 12x za minutu), což vyžaduje ve vyšších nadmořských výškách značné úsilí. V neposlední řadě je třeba počítat s únikem vzduchu, ať už přes zip nebo z důvodu poškození vaku. V dnešní době jsou používány 3 typy komor. GAMOW Bag, CERTEC Bag a Portable altitude chamber.



Obrázek 3 Přenosná přetlaková komora GAMOW Bag

Zdroj: Kilimanjaro brothers



Obrázek 4 Přenosná přetlaková komora CERTEC Bag

Zdroj: Certec



Obrázek 5 Přenosná přetlaková komora Portable altitude chamber

Zdroj: Bartlett



Obrázek 6 Přetlaková helma TAR

Zdroj: Bergstiegen

Jejich princip je stejný, ale liší se parametry, jako je hmotnost, rozměry, tvar, či tlak vzduchu, kterého je třeba dosáhnout. Nejmodernějším typem hyperbarické komory je pak tzv. „helma TAR“. Ta je však ještě ve fázi výzkumu, a proto k ní není mnoho dostupných údajů. Její hlavní výhodou by však měla být skladnost a hmotnost pod jeden kilogram. Další výhodou je možnost přístupu k pacientovi během hyperbarické terapie (Plintovič, 2007), (Küpper, 2012b).

Užití léčiv, jako prevence výškové nemoci, není rutinně doporučováno. Léková profylaxe se užívá jen v případech, že je rychlý výstup do výšky nutný a není možná aklimatizace. Nejlepším příkladem jsou záchranné akce ve vysokohorských podmínkách. (Rotman, 2016)

Lékem první volby je v takovýchto situacích acetazolamid. Ten by měl být aplikován v dávce 125 – 250 mg 2x denně v den výstupu, ideálně o den dříve, po dobu 2 – 3 dnů, či do zahájení sestupu. Účinek tohoto léku se projevuje zvýšením ventilace, ale má mnoho vedlejších účinků. Mezi ně patří polyurie a s ní spojená dehydratace, parestezie, exantém, či malátnost. Nejzávažnější rizika jsou pak těžká acidóza při diabetu mellitu, dále pak respirační insuficience a encefalopatie u osob postižených onemocněním ledvin, plic a jater. V případě intolerance či kontraindikace acetazolamidu je doporučeno podání dexametazonu. Ten se v profylaxi akutní horské nemoci a výškového otoku mozku užívá v dávce 2 mg po 6 hodinách, pro výškový otok plic je dávka dvojnásobná. Jeho užití je možné maximálně po dobu 10 dní, následně je třeba ho postupně vysazovat. Dalším lékem, který je možné užít při profylaxi, je ibuprofen. Ten se užívá v dávce 400, či 600 mg jednou až třikrát denně a potlačuje bolestem hlavy při akutní horské nemoci. Nifedipin podávaný v retardované formě 20 mg po 8 hodinách, nasazený 24 hodin před výstupem do 4560 m. n. m., kdy byl podáván až do sestupu, snížil výskyt výškového otoku plic o 53 %. Jako vedlejší účinek je uváděna hypotenze. Jako doplněk nifedipinu může být vhodné inhalační podání salmeterolu ve vysoké dávce (125 µg dvakrát denně). Jeho aplikace snížila výskyt plicního otoku u predisponovaných osob o 50 %. Tento výsledek však vychází pouze z jedné randomizované placebo studie. Poslední skupinou léků, která je vhodná k profylaxi výškového plicního otoku, jsou inhibitory fosfodiesterázy. Tato léčiva způsobují vazodilataci v plicním řečišti. U osob s pozitivní anamnézou byl po užití tadalafilu v dávce 10 mg dvakrát denně výskyt plicního otoku ve výšce 4560 m. n. m. 10 %, zatímco při užití placebo to bylo 74 % (Rotman, 2016).

4 Praktická část

Průzkumné téma, problém a cíl

Téma: Vliv nadmořské výšky na změny ve vybraných fyziologických a hematologických hodnotách

Problém: K jakým změnám dochází ve vybraných fyziologických a hematologických hodnotách při čtyřdenním pobytu ve vysoké nadmořské výšce?

Hlavní cíl: Zjistit, k jakým změnám dochází, ve vybraných fyziologických a hematologických hodnotách, během pobytu v různých nadmořských výškách.

Dílčí cíl 1: Zjistit, jak se tyto změny liší vlivem pohlaví, věku, životosprávy, fyzické kondice, či onemocnění.

Dílčí cíl 2: Zjistit, zda se ostatní změny ve vybraných hematologických hodnotách odvíjejí od nárůstu hladiny erythropoetinu.

Dílčí cíl 3: Zjistit, jaké přístroje k měření fyziologických funkcí jsou schopny dobře fungovat i ve vysokohorských podmínkách a na které se není možné spolehnout.

Samotný výzkum byl koncipován jako kvalitativní a snaží se upozornit na možné vlivy, které ovlivňují reakci lidského těla na vyšší nadmořskou výšku. Výzkum nemá ambice dosáhnout výsledku, který by bylo možno generalizovat, jde v něm spíše o vyslovení hypotéz.

4.1 Organizace výzkumu

Praktická část této práce je složena ze dvou na sobě nezávislých pozorování. Proto je třeba tyto části chápat jako dva samostatné avšak související celky.

První část probíhala ve středních výškách, těsně pod hranicí 2500 m. n. m., kde by ještě nemělo docházet k aklimatizačním procesům. Samotná měření byla prováděna na území Rakouské spolkové země Tyrolsko v okrese Lienz a také v jižním Tyrolsku na italské straně Rakousko – Italské hranice. Oblast byla k měření vhodná hlavně díky snadné dostupnosti výše zmíněných výšek a to převážně díky husté síti lyžařských areálů v těchto místech. Všechny osoby ve výzkumném vzorku zde byly vystaveny lehké fyzické zátěži (sjezdové lyžování), ale měření probíhala v klidu, po uplynutí alespoň 20 minut od zátěže. Již před odjezdem byla u všech jedinců provedena

hematologická vyšetření a první měření fyziologických hodnot, ze kterých byly získány základní hodnoty. Další data byla získávána od 1. 3. 2018 do 4. 3. 2018. Po příjezdu na místo (Silian 1103 m. n. m.) byly naměřeny další hodnoty fyziologických funkcí. V následujících třech dnech bylo prováděno pozorování ve 2000, 2300 a 2400 m. n. m. Všechny osoby, na kterých měření probíhalo, vždy na noc sestupovaly do výchozí výšky, tedy 1103 metrů. Hematologická vyšetření byla podruhé provedena do dvou dnů po návratu.

Druhá část výzkumu byla prováděna ve velkých výškách. Měření probíhala ve francouzských alpách v masívu Mont Blancu, v okolí Aiguille du Midi. Tato lokalita byla pro naše potřeby ideální, protože právě zde se nachází lanovka vedoucí z Chamonix na vrchol Aiguille du Midi. Jedná se o lanovku s největším převýšením na světě a díky tomu jsou zde snadno dostupné výšky na hranici 4000 m. n. m. Stanovit vhodný termín pro provedení výzkum nebylo jednoduché. V období od ledna do března 2018 panovaly v místě, kde měl být výzkum prováděn, špatné podmínky. Lavinové nebezpečí se pohybovalo mezi 3. a 5. stupněm, kdy 5. stupeň značí nejvyšší riziko. Ani povětrnostní podmínky nebyly ideální, a proto musel být výzkum, po konzultacích s Domem horských vůdců v Chamonix, několikrát odložen. Potřebná data byla nakonec získána v období od 26. 3. 2018 do 29. 3. 2018. Prováděný výzkum byl velmi podobný, jako šetření v první části. U všech zúčastněných proběhla první měření již před odjezdem, kdy byly určeny základní hodnoty fyziologických funkcí, erytrocytů, hemoglobinu, hematokritu a erytropoetinu. Po příjezdu do Chamonix (1000 m. n. m.) byla provedena další měření fyziologických hodnot. Další hodnoty pak byly získány hned po přesunu lanovkou do výšky 3800 metrů. V následujících dnech pak byla prováděna měření v sedle Col du Midi, ve výšce 3550 m. n. m., ve které také celá skupina po dobu výzkumu nocovala. Vybrané fyziologické hodnoty byly také měřeny ve výšce 3700 metrů a 4000 m. n. m. Po návratu byla opět provedena hematologická vyšetření, a to dva dny po sestupu do normální nadmořské výšky.

4.2 Metody výzkumu a popis průzkumného vzorku

Výzkumu byl prováděn metodou strukturované pozorování. Za účelem porovnání vlivů nadmořské výšky byl sledován stav každého jedince z výběrového souboru, a to prostřednictvím měření vybraných vitálních funkcí a hematologických vyšetření. V různých nadmořských výškách byla prováděna měření saturace krve kyslíkem, tepová frekvence, krevní tlak a dechová frekvence. Vybavení, které bylo

při výzkumu užito, byl pulsní oxymetr značky Nonin Onyx 9500, tonometr s fonendoskopem Reister Sanaphon a hodinky s výškoměrem Sunnto Core. V rámci krevního vyšetření, které bylo u všech provedeno před a maximálně 2 dny po ukončení pobytu ve vyšší nadmořské výšce, byla všem osobám ve výzkumném souboru měřena hladina erytrocytů, hemoglobinu a hematokritu. U některých bylo vyšetření doplněno o hladinu erythropoetinu. Ten nebyl měřen v celé šíři výzkumného souboru, z důvodu horší dostupnosti a vysoké ceny vyšetření. Tato vyšetření byla prováděna na IV. Hematologické klinice Fakultní nemocnice Hradec králové, v Transfuzním a hematologickém oddělení Oblastní nemocnice Trutnov a.s., na Pracovišti klinické hematologie Oblastní nemocnice Náchod a.s. a na Pracovišti klinické biochemie a diagnostiky v Jaroměři. U každého objektu zkoumání byla také zaznamenána váha a výška pro výpočet body mass indexu, a také další informace (fyzická kondice, aktuální onemocnění atd.), které by mohly ovlivnit naměřené hodnoty. Původním záměrem bylo vyhodnocovat krevní změny přímo ve vysokých nadmořských výškách pomocí přenosných přístrojů, jako je např. Gastat Navi vyráběný společností Medesa. Tohoto výrobce se nám podařilo kontaktovat a ochotně nám zjistil technické parametry od Japonských vývojářů. Po této konzultaci bylo však nutné původní plán přehodnotit, protože tyto přístroje jsou velmi citlivé na výkyvy okolních teplot a již při teplotě kolem 18 °C, které nebylo možné v době měření dosáhnout, nejsou schopné dodat potřebný výsledek. U dalších přístrojů buď výrobce nezareagoval na náš dotaz, nebo byl problém obdobný. Z tohoto důvodu bylo nutné přistoupit k laboratorním vyšetřením s časovým odstupem.

Pozorovány byly dva výběrové soubory. Jejich určení bylo podmíněno hlavně ochotou zkoumaných jedinců zapojit se do výzkumu, protože byla nezbytná jejich zpětná iniciativa. Výzkum na obou souborech probíhal po dobu 4 dnů, kdy byly nejdříve u každého zjištěny normální hodnoty a v dalších dnech byly měřeny změny způsobené nadmořskou výškou. První zkoumaný soubor (A) se skládal z 8 jedinců. Tato skupina se pohybovala ve výškách 2000 – 2400 m. n. m. Její členové byli vybráni způsobem stratifikovaného náhodného výběru. Bylo třeba vytvořit tříčlennou skupinu, složenou z mužů ve věkovém rozmezí 24 – 28 let, která bude velmi podobná souboru B. Ostatní jedinci v souboru A byli ve věkové kategorii od 51 do 57 let a byly zde zastoupeny i ženy a jedinci různé fyzické zdatnosti. Podle těchto kategorií byli jednotlivci rozdělení a následné výsledky těchto skupin interpretovány a porovnány.

Druhý soubor (B) se pohyboval ve výškách 3550–4000 m. n. m. a skládal se pouze ze tří mužů ve věku 24 – 27 let v přibližně stejné fyzické kondici. Osoby v této skupině spadají do stejné kategorie, jako skupina mladších mužů vyčleněná ze souboru A, a jejich výsledky budou následně porovnány. U všech účastníků ve druhé skupině byla prováděna stejná vyšetření, jako v případě skupiny A a všechny jejich hematologické testy byly doplněny o měření hladiny erythropoetinu. Od této skupiny jsou očekávány výraznější změny v měřených hodnotách, a protože ve vysoké nadmořské výšce setrvali všichni členové po celou dobu měření, měly by se projevit i první známky aklimatizace.

5 Výsledky měření

V této kapitole se budeme nejprve zabývat každou osobou v obou výzkumných souborech zvlášť. U každého zde budou rozepsány výše zmíněné osobní informace a výsledky jednotlivých měření a hematologických hodnot.

5.1 Výzkumný soubor A

5.1.1 Skupina 1 – Muži 24 – 28 let

Osoba 1

- Výška – 182 cm
- Hmotnost – 70 kg
- BMI – 21,13

První osoba z výzkumného souboru A je muž ve věku 24 let. BMI je zde nejnižší z tohoto souboru. Jedná se o studenta. Fyzická kondice je u této osoby dobrá, alespoň dvakrát týdně se věnuje vytrvalostnímu nebo silovému tréninku. Nejvyšší výška, s jakou má tato osoba zkušenost je 5550 metrů nad mořem. V období půl roku před výzkumem však nebyla vyšším nadmořským výškám vystavena. V době výzkumu se osoba 1 cítila v dobré kondici, bez zdravotních komplikací. Jedná se o nekuřáka. Tato osoba se jako jediná zúčastnila obou zkoumání a je tedy přítomna ve výzkumném souboru A i B.

Tabulka 2 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 1

Výška (m.n.m.)	SpO ₂ (%)	SF (/min)	Tlak (mmHg)	DF (/min)
325	99	63	120/60	12
1100	96	68	130/60	12
2000	94	65	130/80	14
2300	92	66	130/60	16
2400	92	74	145/80	15

Zdroj: Autor, 2018

Tabulka 3 Změny v hematologických hodnotách před pobytem a po něm u osoby 1

	Před	Po
Erytrocyty ($\times 10^{12}/l$)	4,99	5,19
Hemoglobin (g/l)	144	147
Hematokrit (%)	41,5	43,2
erythropoetin (U/l)	13	10

Zdroj: Autor, 2018

Osoba 2

- Výška – 183 cm
- Hmotnost – 85 kg
- BMI – 25,38

Osoba 2 je muž ve věku 25 let. I on je v dobré fyzické kondici. Tato osoba je zaměstnaná jako bojový pilot, proto je vyšším nadmořským výškám vystavována pravidelně, avšak jen po velmi krátkou dobu. Jednou až dvakrát týdně se věnuje americkému fotbalu, který by se dal označit jako střídavý trénink. Dále se alespoň dvakrát v týdnu věnuje silovému tréninku. Po dobu výzkumu byla Osoba 2 bez zdravotních komplikací a jedná se o nekuřáka.

Tabulka 4 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 2

Výška (m.n.m.)	SpO ₂ (%)	SF (/min)	Tlak (mmHg)	DF (/min)
325	98	70	125/75	12
1100	97	72	130/70	13
2000	93	85	120/65	13
2300	91	78	135/70	16
2400	89	85	130/75	16

Zdroj: Autor, 2018

Tabulka 5 Změny v hematologických hodnotách před pobytem a po něm u osoby 2

	Před	Po
Erytrocyty ($\times 10^{12}/l$)	5,7	5,19
Hemoglobin (g/l)	155	142
Hematokrit (%)	46,6	42,4
erythropoetin (U/l)	-	-

Zdroj: Autor, 2018

Osoba 3

- Výška – 177 cm
- Hmotnost – 80 kg
- BMI – 25,54

Tato osoba je muž ve věku 28 let v dobré fyzické kondici. Pracuje, jako prodejce v obchodě s cyklistickým vybavením a cyklistice (vytrvalostní trénink) se i aktivně věnuje alespoň dvakrát týdně. Před výzkumem tato osoba nebyla vyšším nadmořským výškám vystavena. I osoba 3 byla po dobu výzkumu bez zdravotních komplikací a s ničím se neléčí. Nekuřák.

Tabulka 6 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 3

Výška (m.n.m.)	SpO ₂ (%)	SF (/min)	Tlak (mmHg)	DF (/min)
325	99	64	110/70	13
1100	97	66	110/75	15
2000	93	78	135/70	17
2300	92	72	135/80	17
2400	91	75	145/80	18

Zdroj: Autor, 2018

Tabulka 7 Změny v hematologických hodnotách před pobytem a po něm u osoby 3

	Před	Po
Erytrocyty ($\times 10^{12}/l$)	4,92	5,1
Hemoglobin (g/l)	152	159
Hematokrit (%)	44,7	46,2
erythropoetin (U/l)	-	-

Zdroj: Autor, 2018

5.1.2 Skupina 2 – Muži 51 – 52 let

Osoba 4

- Výška – 176 cm
- Hmotnost – 73 kg
- BMI – 23,57

Osoba 4 je muž ve věku 51 let s pravděpodobně nejlepší fyzickou kondicí z obou výzkumných souborů. Pracuje jako lékař. Třikrát až čtyřikrát týdně se věnuje vytrvalostnímu tréninku (běh 3 – 5 km) a stejně často provozuje silový trénink. Dalším specifikem této osoby je častý pobyt ve vyšších nadmořských výškách. V zimě 2018, v období před výzkumem, to bylo 28 dní. V době výzkumu se s ničím neléčí. Dříve se tato osoba léčila pro astma bronchiale. Také trpí na spánkové apnoické pauzy. Jedná se o nekuřáka.

Tabulka 8 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 4

Výška (m.n.m.)	SpO ₂ (%)	SF (/min)	Tlak (mmHg)	DF (/min)
325	98	68	130/85	11
1100	94	72	130/90	12
2000	94	62	135/80	12
2300	92	76	140/85	16
2400	93	68	150/90	15

Zdroj: Autor, 2018

Tabulka 9 Změny v hematologických hodnotách před pobytem a po něm u osoby 4

	Před	Po
Erytrocyty ($\times 10^{12}/l$)	4,75	4,87
Hemoglobin (g/l)	145	152
Hematokrit (%)	43	43,8
erythropoetin (U/l)	-	-

Zdroj: Autor, 2018

Osoba 5

- Výška – 180 cm
- Hmotnost – 80 kg
- BMI - 24,69

Druhá osoba v této podskupině je muž, lékař, ve věku 52 let. Osoba 5 se věnuje lehkému vytrvalostnímu tréninku asi jednou týdně. Větší fyzickou zátěž mívá přibližně jednou až dvakrát za měsíc (zpravidla se jedná o cyklistiku). Nejvyšší výška, s jakou má tato osoba zkušenost je 5550 metrů nad mořem. V období půl roku před výzkumem však nebyla vyšším nadmořským výškám vystavena. V době výzkumu byla tato osoba bez zdravotních komplikací a dlouhodobě se s ničím neléčí. Tato osoba je jediným silným kuřákem ve výzkumném souboru A. Kouří 10 – 15 cigaret denně.

Tabulka 10 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 5

Výška (m.n.m.)	SpO ₂ (%)	SF (/min)	Tlak (mmHg)	DF (/min)
325	96	72	120/70	14
1100	95	62	130/80	16
2000	90	85	125/75	15
2300	88	81	115/75	17
2400	85	93	155/80	19

Zdroj: Autor, 2018

Tabulka 11 Změny v hematologických hodnotách před pobytem a po něm u osoby 5

	Před	Po
Erytrocyty ($\times 10^{12}/l$)	4,43	5,2
Hemoglobin (g/l)	134	152
Hematokrit (%)	40,3	44,2
erythropoetin (U/l)	-	-

Zdroj: Autor, 2018

Osoba 6

- Výška – 181 cm
- Hmotnost – 97 kg
- BMI – 29,61

Osoba 6 je muž ve věku 51 let a je lékař. Nevěnuje se pravidelně žádné fyzické aktivitě a BMI je zde nejvyšší z obou výzkumných souborů. Během výzkumu bez zdravotních komplikací, dlouhodobě užívá antidepresiva. V průběhu výzkumu byly u této osoby objeveny známky recentní arteriální hypertenze. Před výzkumem tato osoba nebyla vyšším nadmořským výškám vystavena. Nekuřák.

Tabulka 12 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 6

Výška (m.n.m.)	SpO ₂ (%)	SF (/min)	Tlak (mmHg)	DF (/min)
325	99	83	135/85	16
1100	96	92	140/90	15
2000	95	86	155/95	17
2300	92	106	160/80	20
2400	89	102	165/80	21

Zdroj: Autor, 2018

Tabulka 13 Změny v hematologických hodnotách před pobytem a po něm u osoby 6

	Před	Po
Erytrocyty ($\times 10^{12}/l$)	5,57	5,76
Hemoglobin (g/l)	166	172
Hematokrit (%)	47	50,3
erytropoetin (U/l)	6	11

Zdroj: Autor, 2018

5.1.3 Skupina 3 – Ženy 52 – 57 let

Osoba 7

- Výška – 160 cm
- Hmotnost – 75 kg
- BMI – 29,3

První žena ve výzkumném souboru A je zdravotní sestra ve věku 57 let. Pravidelně nesportuje, ani nemá jinou fyzickou zátěž. Dlouhodobě se léčí s arteriální hypertenzí 1. stupně, hypercholesterolemií a steatózou jater. Užívá Triplixam a Rosucard. V období před výzkumem tato osoba nebyla vyšším nadmořským výškám vystavena. Osoba 7 je nekuřák.

Tabulka 14 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 7

Výška (m.n.m.)	SpO ₂ (%)	SF (/min)	Tlak (mmHg)	DF (/min)
325	98	78	135/75	15
1100	93	75	140/70	18
2000	92	87	145/80	18
2300	92	93	160/80	22
2400	75	103	175/80	25

Zdroj: Autor, 2018

Tabulka 15 Změny v hematologických hodnotách před pobytem a po něm u osoby 7

	Před	Po
Erytrocyty ($\times 10^{12}/l$)	4,97	4,79
Hemoglobin (g/l)	148	138
Hematokrit (%)	42,8	41,6
erythropoetin (U/l)	-	-

Zdroj: Autor, 2018

Osoba 8

- Výška – 170 cm
- Hmotnost – 67 kg
- BMI – 23,18

Osoba 8 je žena ve věku 52 let a je lékařka. Podobně jako osoba 7 nemá pravidelně žádnou fyzickou zátěž. Tato osoba je specifická hlavně svým onemocněním. Je postižena relaps – remitentní formou roztroušené sklerózy a podstupuje interferonovou léčbu. V době výzkumu u ní nebyly pozorovány žádné zdravotní komplikace. V období před výzkumem tato osoba nebyla vyšším nadmořským výškám vystavena. Jedná se o nekuřáka.

Tabulka 16 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 8

Výška (m.n.m.)	SpO ₂ (%)	SF (/min)	Tlak (mmHg)	DF (/min)
325	97	71	100/55	15
1100	95	75	105/60	17
2000	93	68	110/85	16
2300	92	75	100/60	19
2400	90	82	130/80	22

Zdroj: Autor, 2018

Tabulka 17 Změny v hematologických hodnotách před pobytem a po něm u osoby 8

	Před	Po
Erytrocyty ($\times 10^{12}/l$)	4,36	5,57
Hemoglobin (g/l)	135	161
Hematokrit (%)	38,9	47,1
erythropoetin (U/l)	-	-

Zdroj: Autor, 2018

5.2 Výzkumný soubor B

5.2.1 Muži 24 – 27 let

Osoba 9

- Výška – 182 cm
- Hmotnost – 70 kg
- BMI – 21,13

Osoba 9 je tatáž, jako osoba 1 ve výzkumném souboru A. Ani při druhém měření u ní neprobíhaly žádné zdravotní komplikace, s výjimkou některých příznaků benigní formy výškové nemoci.

Tabulka 18 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 9

Výška (m.n.m.)	SpO ₂ (%)	SF (/min)	Tlak (mmHg)	DF (/min)
300	98	63	125/60	12
1000	98	67	125/65	15
3800	76	82	150/80	23
3550	83	73	130/70	18
3700	82	75	140/85	20
4000	-	80	135/80	20

Zdroj: Autor, 2018

Tabulka 19 Změny v hematologických hodnotách před pobytem a po něm u osoby 9

	Před	Po
Erytrocyty ($\times 10^{12}/l$)	5,06	6,13
Hemoglobin (g/l)	152	178
Hematokrit (%)	44,3	53,8
erythropoetin (U/l)	9	21

Zdroj: Autor, 2018

Osoba 10

- Výška – 183 cm
- Hmotnost – 68 kg
- BMI – 20,31

Tato osoba je student ve věku 25 let. Fyzická kondice je na poměrně vysoké úrovni, avšak ve výzkumném souboru B je nejnižší. Osoba 10 se alespoň jednou týdně věnuje vytrvalostnímu nebo silovému tréninku a během výzkumu u ní nenastaly žádné zdravotní komplikace s výjimkou příznaků benigní formy výškové nemoci. Nejvyšší výška, s jakou má tato osoba zkušenost je 5550 metrů nad mořem. V období půl roku před výzkumem však nebyla vyšším nadmořským výškám vystavena. Jedná se o kuřáka, který vykouří asi 10 cigaret za den.

Tabulka 20 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 10

Výška (m.n.m.)	SpO ₂ (%)	SF (/min)	Tlak (mmHg)	DF (/min)
300	97	70	120/65	15
1000	94	72	115/60	14
3800	74	89	135/70	23
3550	78	78	130/80	21
3700	-	82	135/75	18
4000	-	85	140/90	23

Zdroj: Autor, 2018

Tabulka 21 Změny v hematologických hodnotách před pobytem a po něm u osoby 10

	Před	Po
Erytrocyty ($\times 10^{12}/l$)	5,6	6,35
Hemoglobin (g/l)	164	182
Hematokrit (%)	46,7	54,1
erytropoetin (U/l)	6	18

Zdroj: Autor, 2018

Osoba 11

- Výška – 198 cm
- Hmotnost – 95 kg
- BMI – 24,23

Osoba 11 je muž ve věku 27 let. Pracuje jako hasič a asi třikrát týdně se věnuje vytrvalostnímu a silovému tréninku. Ani on netrpí žádným onemocněním a během výzkumu se u něj objevily pouze některé příznaky benigní formy výškové nemoci. Nejvyšší výška, s jakou má tato osoba zkušenost je 5642 metrů nad mořem. V období půl roku před výzkumem však nebyla vyšším nadmořským výškám vystavena. Tato osoba je příležitostný kuřák.

Tabulka 22 Změny vybraných fyziologických hodnot u osoby 11

Výška (m.n.m.)	SpO ₂ (%)	SF (/min)	Tlak (mmHg)	DF (/min)
300	98	69	130/80	12
1000	96	68	135/80	13
3800	78	85	160/90	25
3550	84	78	140/75	17
3700	80	83	145/85	19
4000	-	89	150/85	22

Zdroj: Autor, 2018

Tabulka 23 Změny v hematologických hodnotách před pobytem a po něm u osoby 11

	Před	Po
Erytrocyty ($\times 10^{12}/l$)	4,98	6,38
Hemoglobin (g/l)	148	187
Hematokrit (%)	43,9	56
erythropoetin (U/l)	13	23

Zdroj: Autor, 2018

6 Analýza dat a interpretace výsledků

Data, popsaná v předchozí kapitole, budou nyní srovnána podle jednotlivých skupin a výsledky budou vyobrazeny v grafech. Z naměřených hodnot krevního tlaku byl vypočítán střední arteriální tlak, aby bylo možné grafy vyhotovit. V případě výraznějšího odklonu jedince od průměru skupiny se pak pokusíme objasnit možné individuální příčiny.

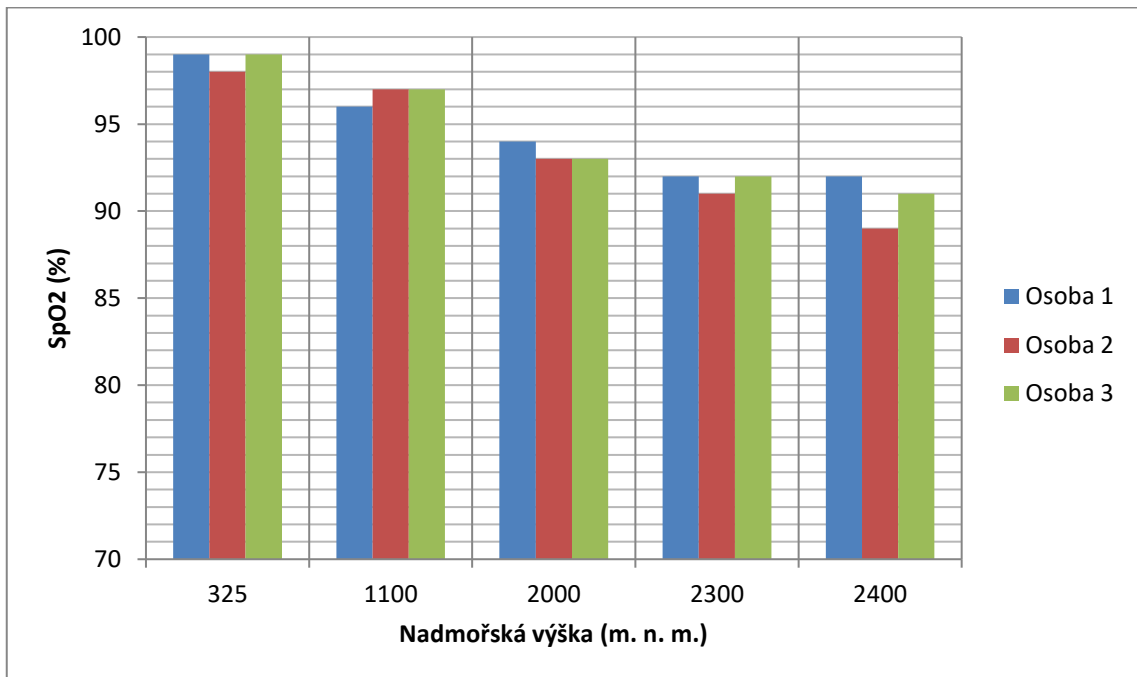
6.1 Výzkumný soubor A

6.1.1 Změny ve fyziologických hodnotách

Saturace krve kyslíkem

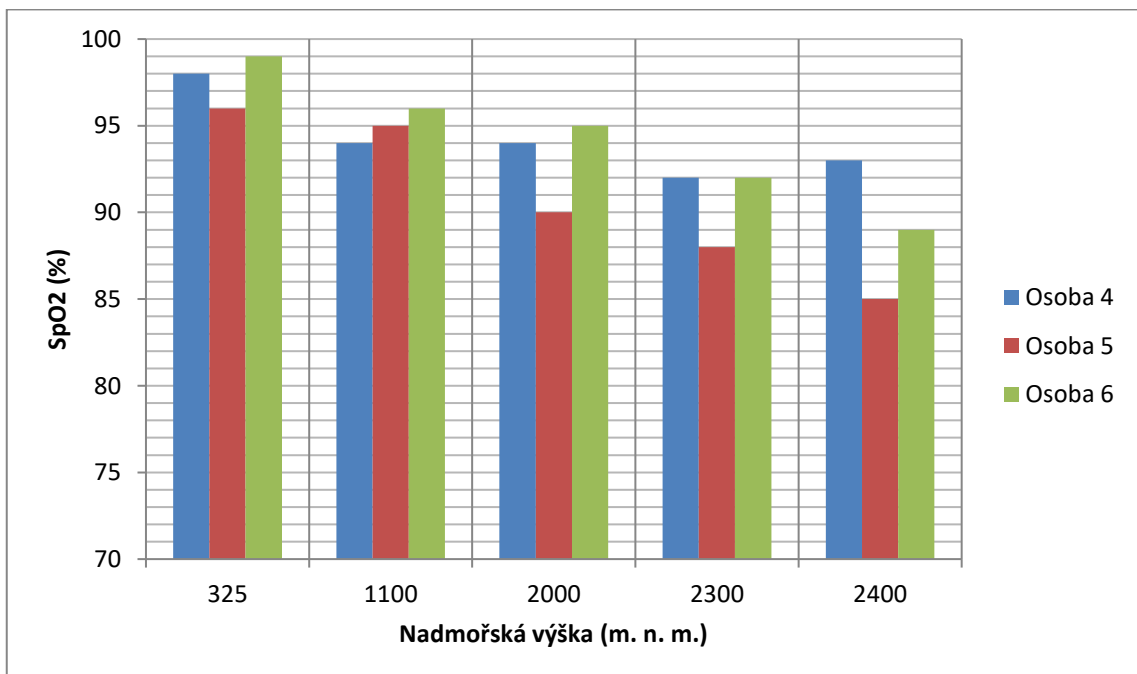
S rostoucí nadmořskou výškou hodnoty saturace krve kyslíkem postupně klesaly. Mezi jednotlivými skupinami nebylo, až na dvě výjimky, možné pozorovat velké rozdíly. Obecně se dá říct, že se saturace kyslíkem v rozmezí 2000 – 2400 m. n. m. pohybovala mezi 89 a 95 %. Výraznější pokles saturace byl patrný u osoby 5 ve skupině 2 a u osoby 7 ve skupině 3. V případě první jmenované byly nižší hodnoty měřeny pravidelně a je možné to připsat kouření, které nepříznivě ovlivňuje hodnoty saturace krve kyslíkem i v normální nadmořské výšce. U osoby 7 se zdá být příčina jiná. Její hodnoty se výrazně neodlišovaly od zbytku výzkumného souboru s výjimkou posledního měření ve 2400 metrech. Zde byla naměřena hodnota 75 %, což výrazně méně, než u zbytku výzkumného souboru A. Příčinou byla pravděpodobně chyba přístroje. Tato osoba si již před tímto měřením stěžovala na prochládlé ruce, a jak se později ukázalo i u výzkumného souboru B, pulsní oxymetr v takovém případě neukazuje validní informace, popřípadě výsledek vůbec nedodá.

Graf 2 Vztah mezi saturací krve kyslíkem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 1



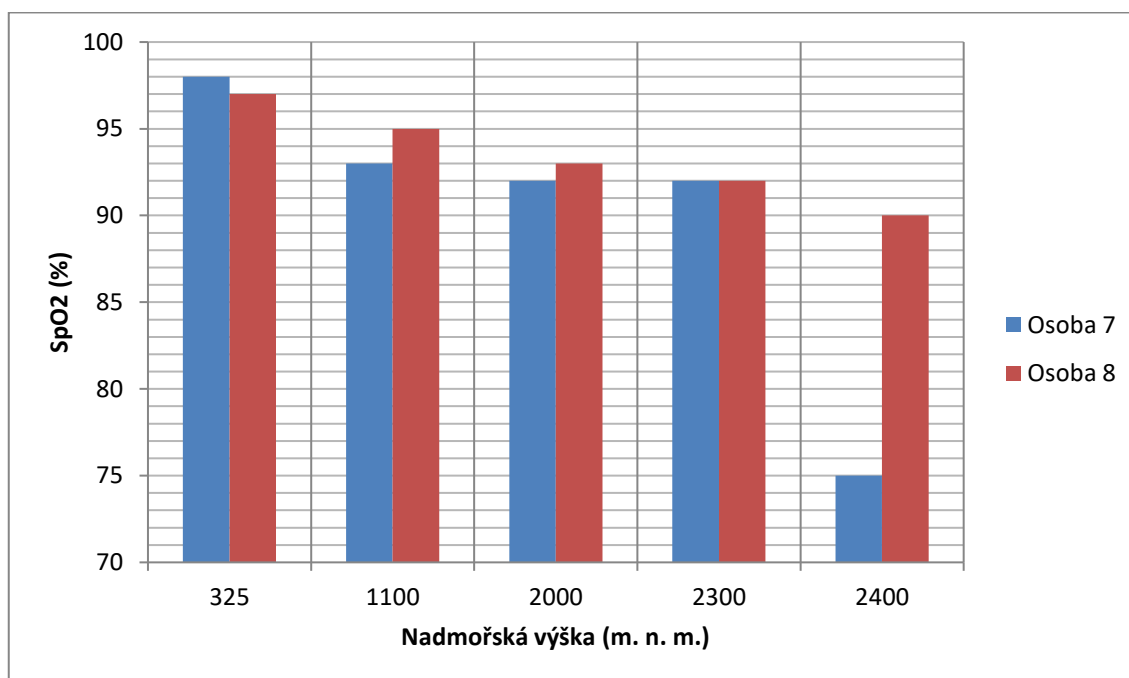
Zdroj: Autor, 2018

Graf 3 Vztah mezi saturací krve kyslíkem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 2



Zdroj: Autor, 2018

Graf 4 Vztah mezi saturací krve kyslíkem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 3

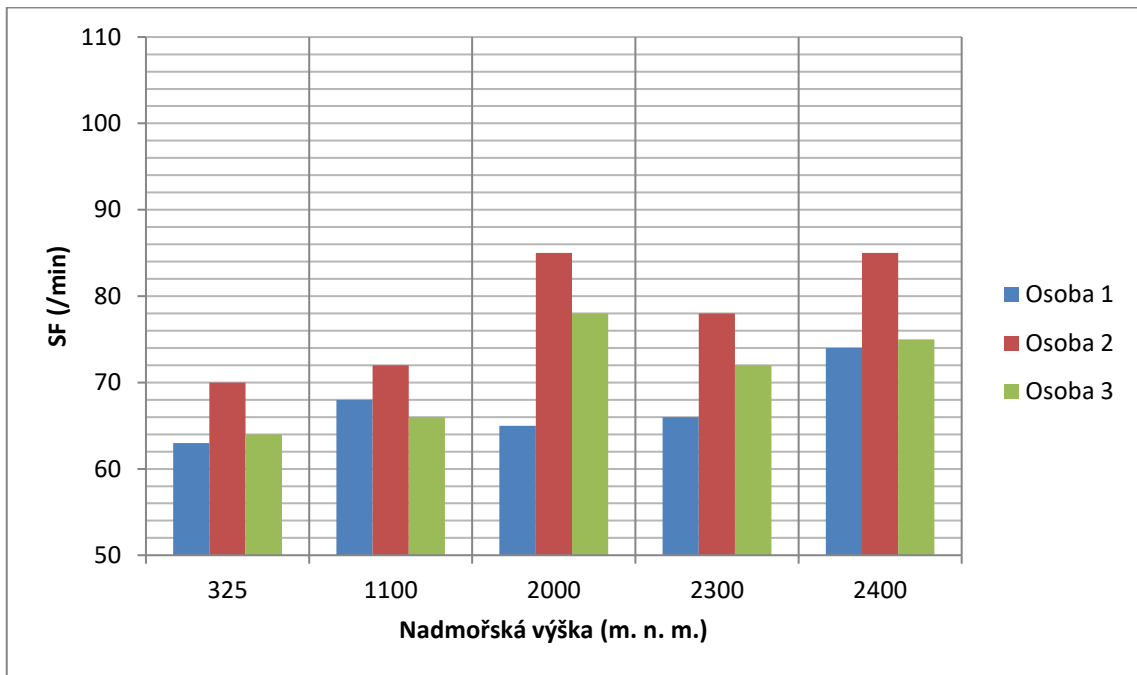


Zdroj: Autor, 2018

Srdeční frekvence

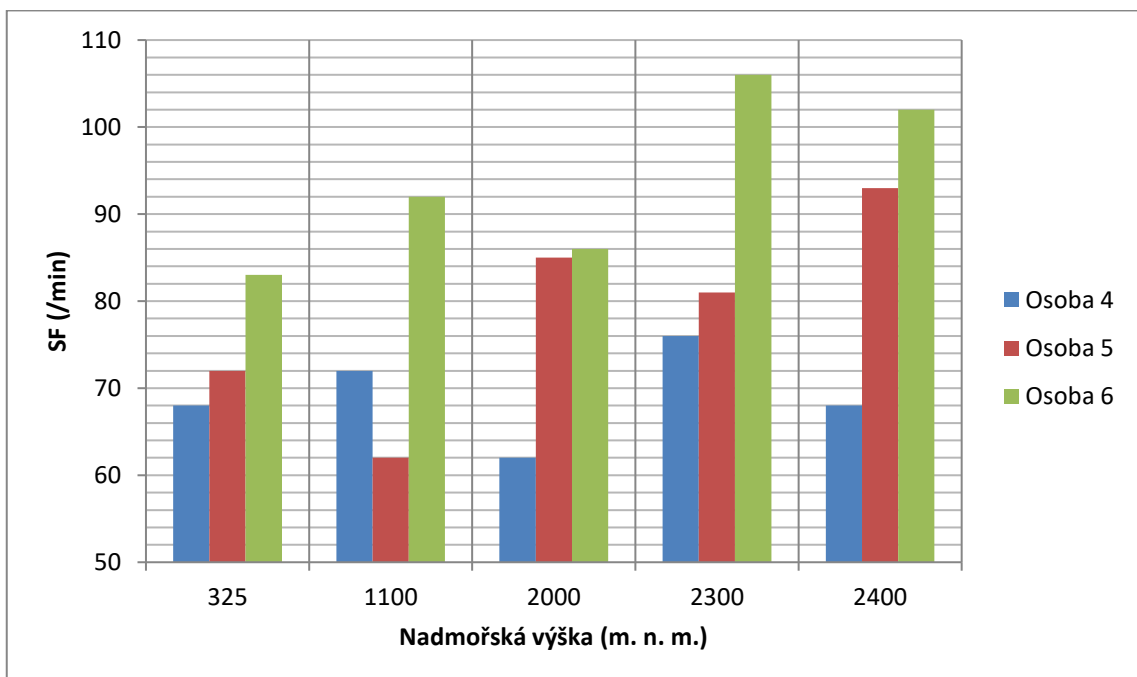
V případě srdeční frekvence byly hodnoty různé, ale u všech zúčastněných byl patrný její růst se stoupající nadmořskou výškou. K nejmenším změnám docházelo v případě skupiny 1 u osoby 1, ve skupině 2 u osoby 4 (zde byly změny nejmenší z celého výzkumného souboru B) a ve skupině 3 u osoby 8. Naopak nejvýraznější vzestup srdeční frekvence bylo možné pozorovat ve výšce 2000–2400 metrů u osob 5, 6 a 7. Z výsledků měření je patrné, že osoby, kterým byly naměřeny nejnižší hodnoty, byly vždy osoby s nejlepší fyzickou kondicí a s nejnižším BMI ve skupině. U osoby 4 je navíc fyzická kondice umocněna častějším pobytem ve vyšší nadmořské výšce. Proto se u ní dá očekávat jistá adaptace. Naopak osoby 6 a 7 mají naopak nízkou fyzickou kondici a jejich BMI je na hranici obezity. V případě osoby 5 byl výrazný vzestup srdeční frekvence pravděpodobně následkem kompenzace nižší saturace a s největší pravděpodobností bude i v tomto případě příčinou kouření.

Graf 5 Vztah mezi srdeční frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 1



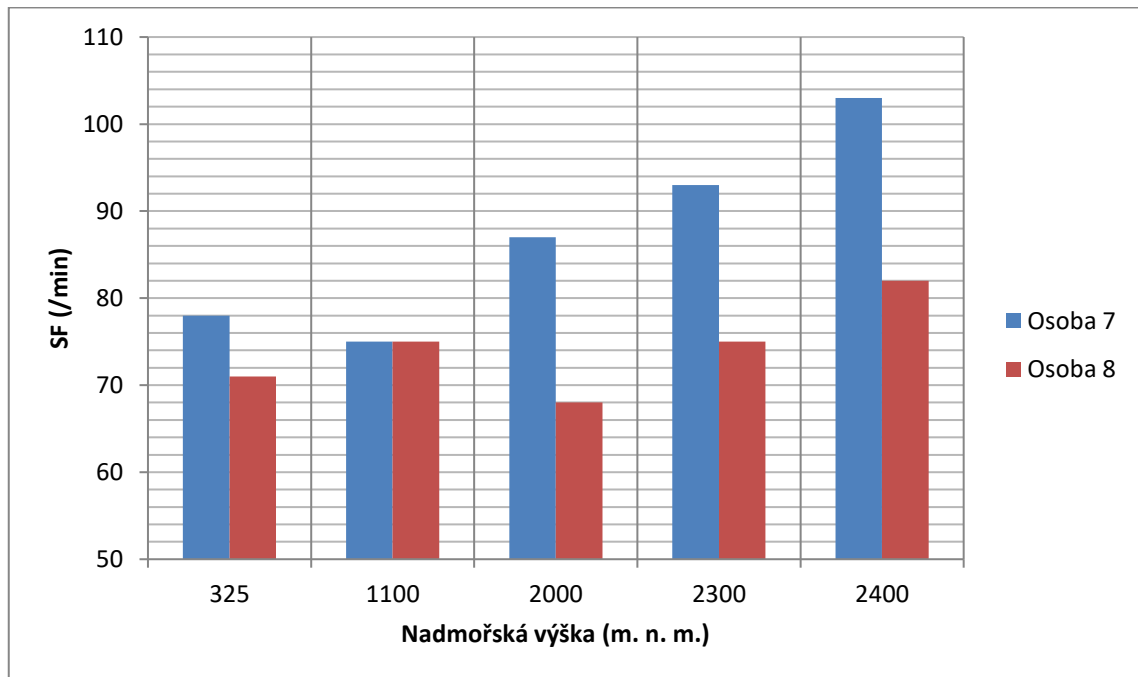
Zdroj: Autor, 2018

Graf 6 Vztah mezi srdeční frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 2



Zdroj: Autor, 2018

Graf 7 Vztah mezi srdeční frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 3



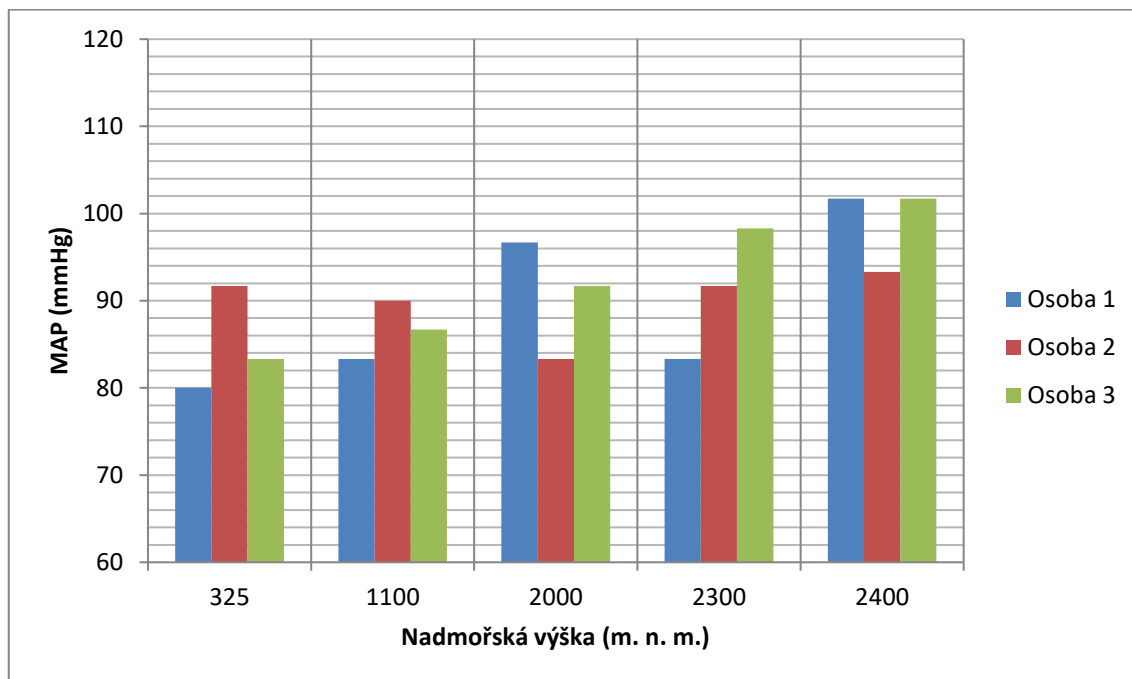
Zdroj: Autor, 2018

Krevní tlak

Změny v krevním tlaku nebyly zcela jednoznačné. Při pohledu na grafické znázornění hodnot středního arteriálního tlaku je patrný mírný vzestup jeho hodnot v podstatě u všech osob ve výzkumném souboru A. Výjimkou je osoba 2 a 6, kdy se hodnoty výrazně nemění. V těchto případech může být příčinou více faktorů. U osoby 2 může být tento jev příčinou aklimatizace na hypoxické prostředí z důvodu povolání pilota, ale protože se tato teze nepotvrdila v ostatních fyziologických hodnotách, není její správnost pravděpodobná. S větší pravděpodobností nedošlo u těchto osob k takovému nárůstu krevního tlaku z důvodu dehydratace nebo se do výsledků promítla chyba při měření. Dalším jevem, který můžeme na výsledcích pozorovat je fakt, že krevní tlak vzrostl daleko výrazněji u osob, u kterých byly v normální výšce naměřeny hodnoty spíše nižší. To by mohlo být vysvětlením minimálního nárůstu krevního tlaku u osoby 6. U osob, u kterých byly hodnoty středního arteriálního tlaku v normální výšce pod 80 mmHg, byl nárůst ve 2400 metrech 20 – 27 mmHg, zatímco u osob s počátečním středním arteriálním tlakem na 100 mmHg to bylo pouze do 10 mmHg. U skupiny 2 a 3 (s výjimkou osoby 8) byly naměřeny celkově vyšší hodnoty než

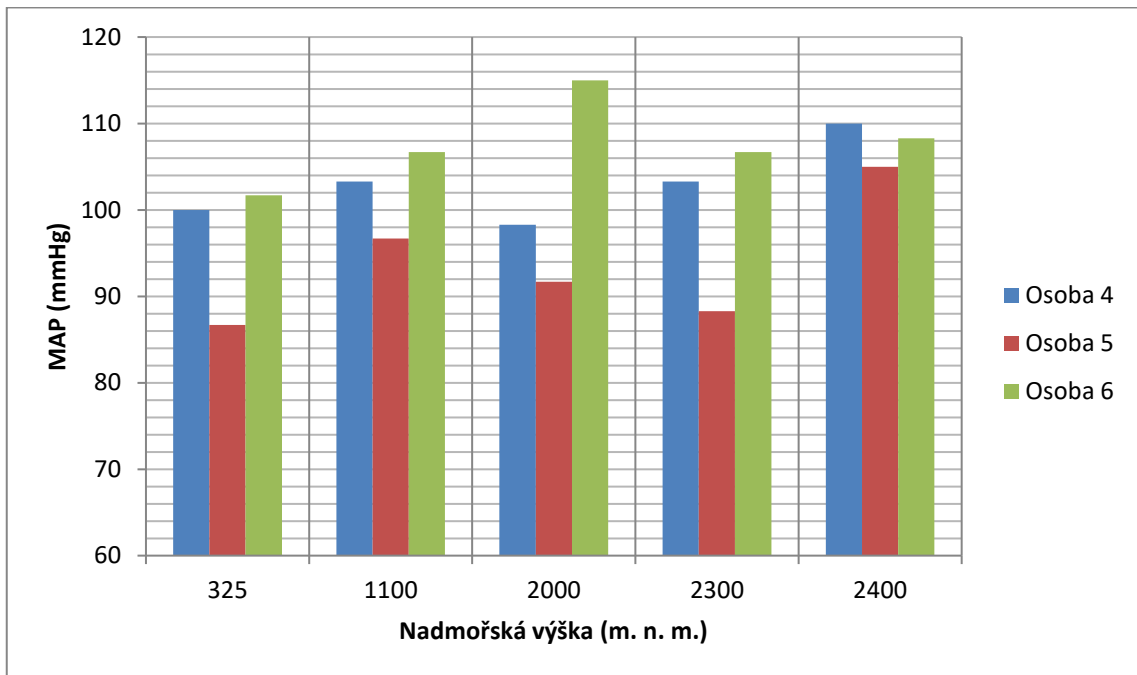
u skupiny 1. Tento jev však nepřipisujeme změnám v nadmořské výšce, ale spíše rozvoji esenciální hypertenze.

Graf 8 Vztah mezi středním arteriálním tlakem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 1



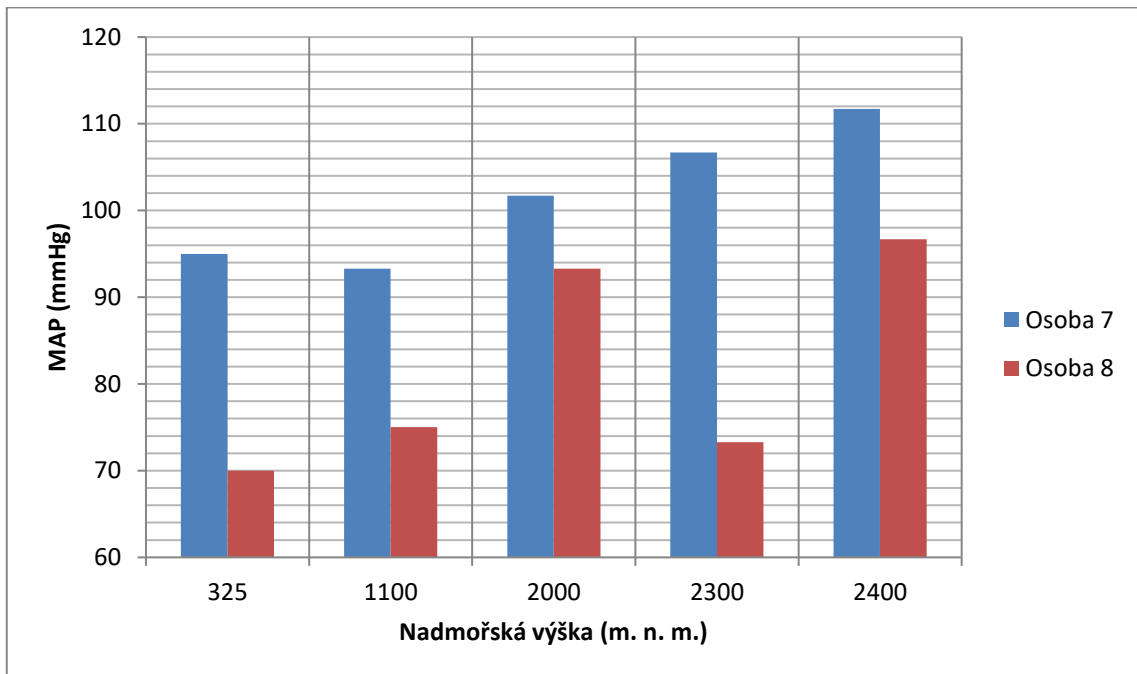
Zdroj: Autor, 2018

Graf 9 Vztah mezi středním arteriálním tlakem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 2



Zdroj: Autor, 2018

Graf 10 Vztah mezi středním arteriálním tlakem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 3

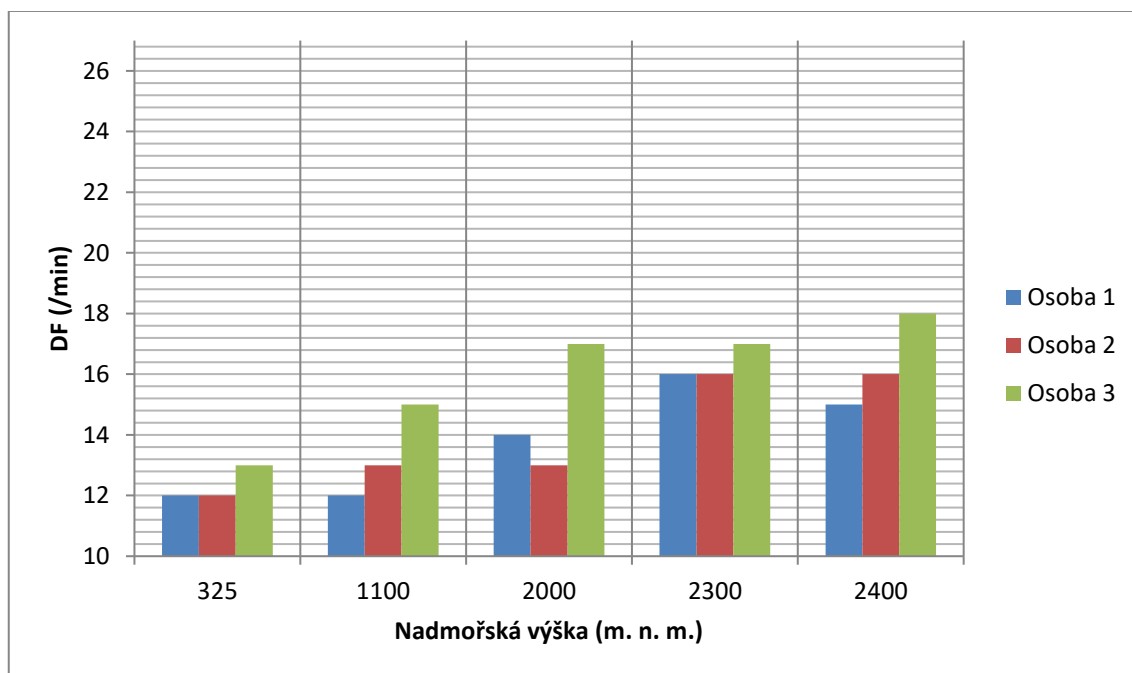


Zdroj: Autor, 2018

Dechová frekvence

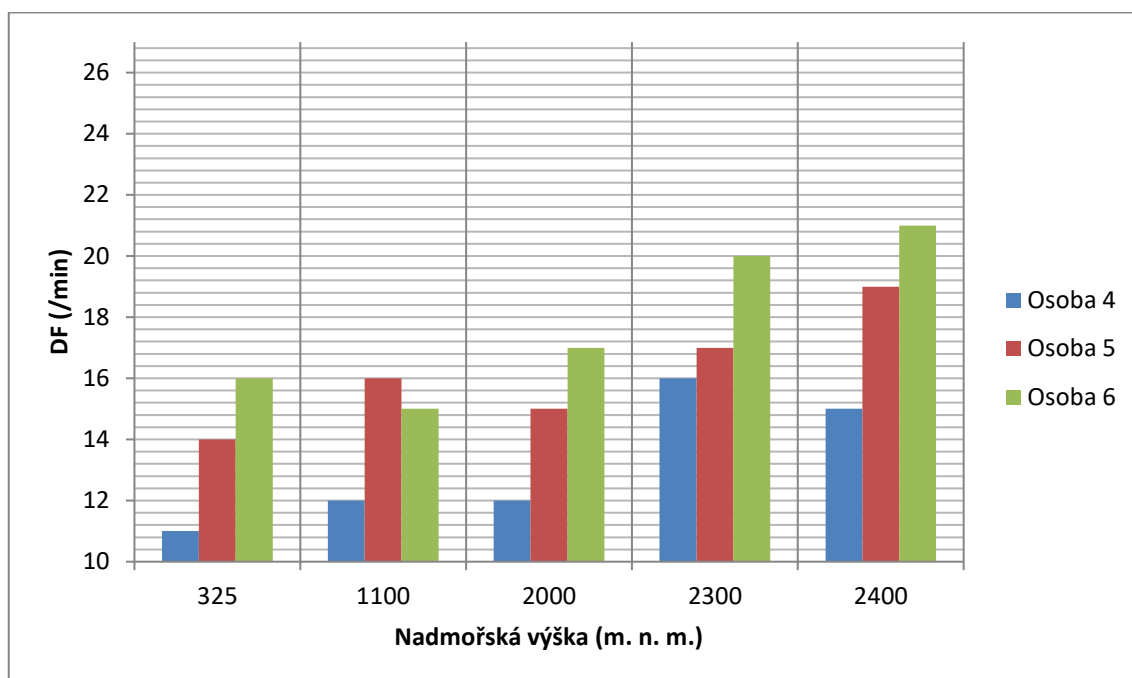
Dechová frekvence se s výškovými metry zvedá. Zatímco v normální nadmořské výšce byla naměřena u všech osob ve výzkumném souboru A dechová frekvence mezi 11 a 16 dechy za minutu, ve výšce 2400 m. n. m. to bylo 15 – 25 dechů za minutu. U skupiny 3 byl patrný největší nárůst. To je pravděpodobně způsobeno ze dvou příčin. Prvním z důvodů může být pohlaví, druhým pak nízká fyzická kondice u osoby 7 a 8. Druhá teze se potvrzuje i u osoby 6, která má taktéž horší fyzickou kondici a její dechová frekvence vzrostla ve výšce 2400 m. n. m. na 21 dechů za minutu. Osoba 4, osoba 1 a osoba 2 si udržely dechovou frekvenci pod 16 dechu za minutu, což může být připisováno právě fyzické kondici.

Graf 11 Vztah mezi dechovou frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 1



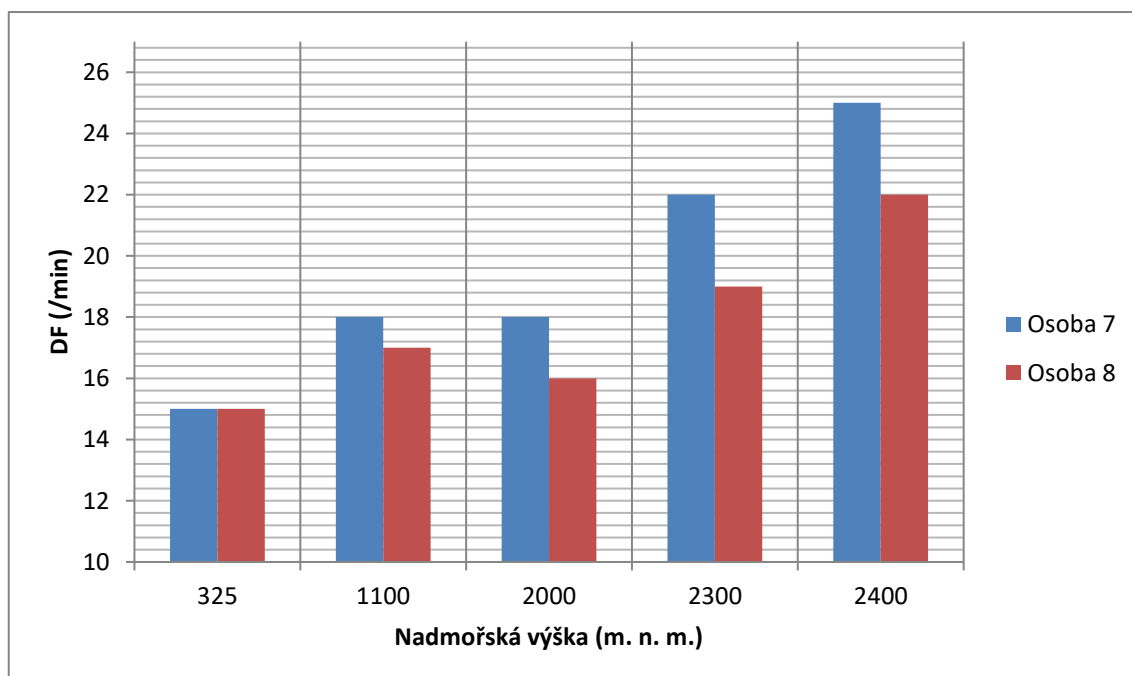
Zdroj: Autor, 2018

Graf 12 Vztah mezi dechovou frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 2



Zdroj: Autor, 2018

Graf 13 Vztah mezi dechovou frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor A, skupina 3



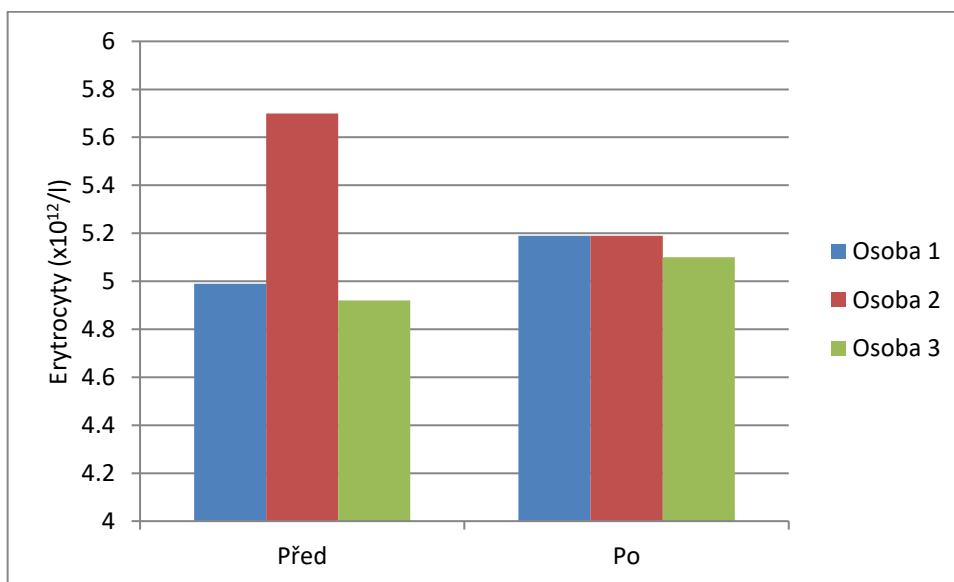
Zdroj: Autor, 2018

6.1.2 Změny v hematologických hodnotách

Erytrocyty

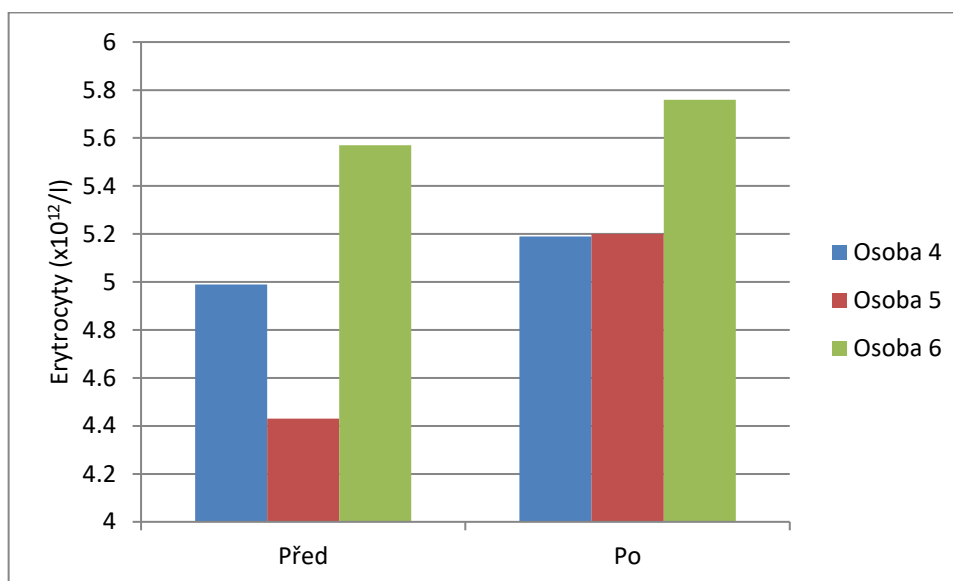
U všech osob ve výzkumném souboru A, s výjimkou osoby 2 a 7, došlo během pobytu alespoň k mírnému nárůstu červených krvinek. K největšímu nárůstu došlo u osoby 8, kdy hladina erytrocytů vzrostla o $1,21 \times 10^{12}/l$. O něco menší nárůst můžeme vidět u osoby 5. U ní hladina těchto krvinek vzrostla o $0,77 \times 10^{12}/l$. U ostatních je možné pozorovat nárůst o $0,18 - 0,2 \times 10^{12}/l$. V případě osoby 7 došlo k poklesu hladiny erytrocytů o $0,19 \times 10^{12}/l$ a u osoby 2 dokonce o $0,51 \times 10^{12}/l$. Mezi jednotlivými skupinami nejsou žádné výrazné rozdíly.

Graf 14 Grafické znázornění změn v hladině erytrocytů před pobytem a po něm, výzkumný soubor A, skupina 1



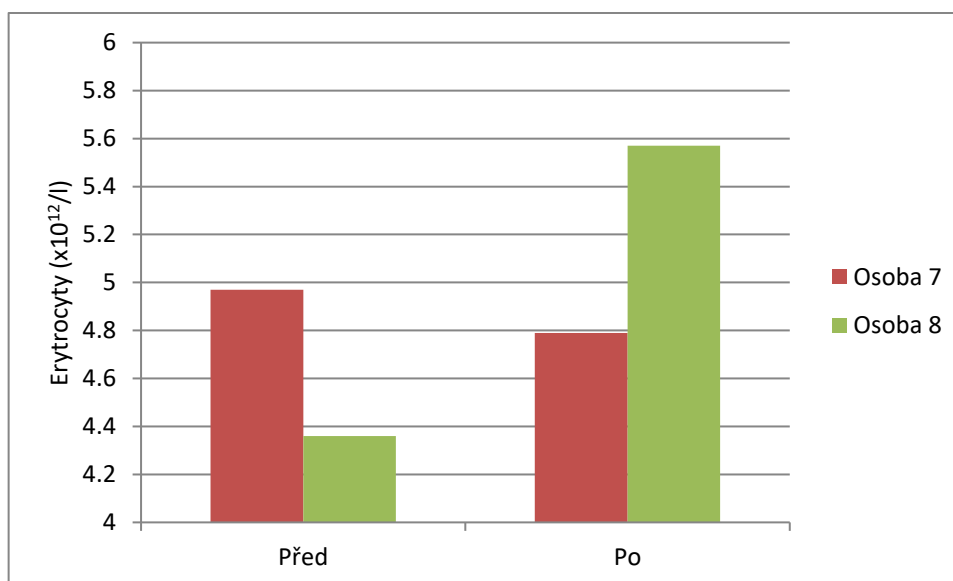
Zdroj: Autor, 2018

Graf 15 Grafické znázornění změn v hladině erytrocytů před pobytem a po něm, výzkumný soubor A, skupina 2



Zdroj: Autor, 2018

Graf 16 Grafické znázornění změn v hladině erytrocytů před pobytem a po něm, výzkumný soubor A, skupina 3



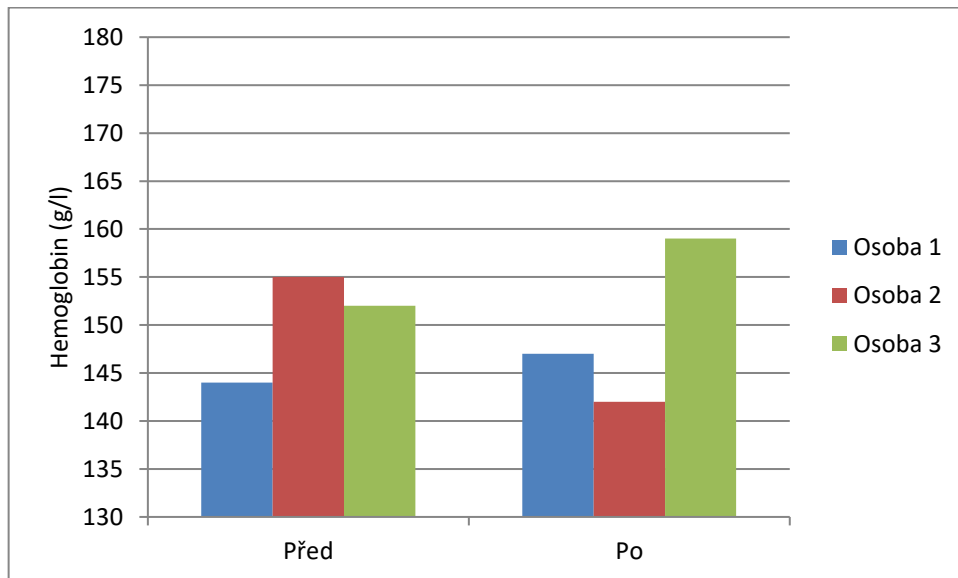
Zdroj: Autor, 2018

Hemoglobin

Podobně, jako u hladiny erytrocytů vzrostla i hladina hemoglobinu u všech osob v tomto výzkumném souboru, kromě osoby 2 a 7. U osoby 2 to byl pokles o 13 g/l a u osoby 7 o 10 g/l. Rozdíly mezi jednotlivými skupinami jsou minimální. Nejvýraznější nárůst, o 26 g/l, můžeme sledovat u osoby 8. V případě osoby 5 se

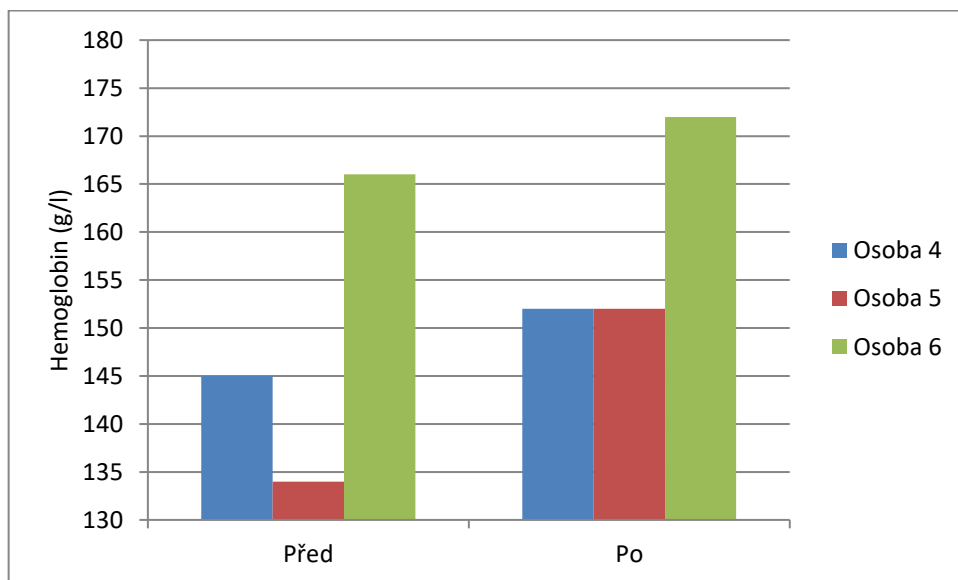
hladina hemoglobinu zvýšila o 18 g/l. Pouze o 3 g/l vzrostla hladina krevního barviva u osoby 1. U ostatních byl změřen nárůst o 6 – 7 g/l.

Graf 17 Grafické znázornění změn v hladině hemoglobinu před pobytem a po něm, výzkumný soubor A, skupina 1



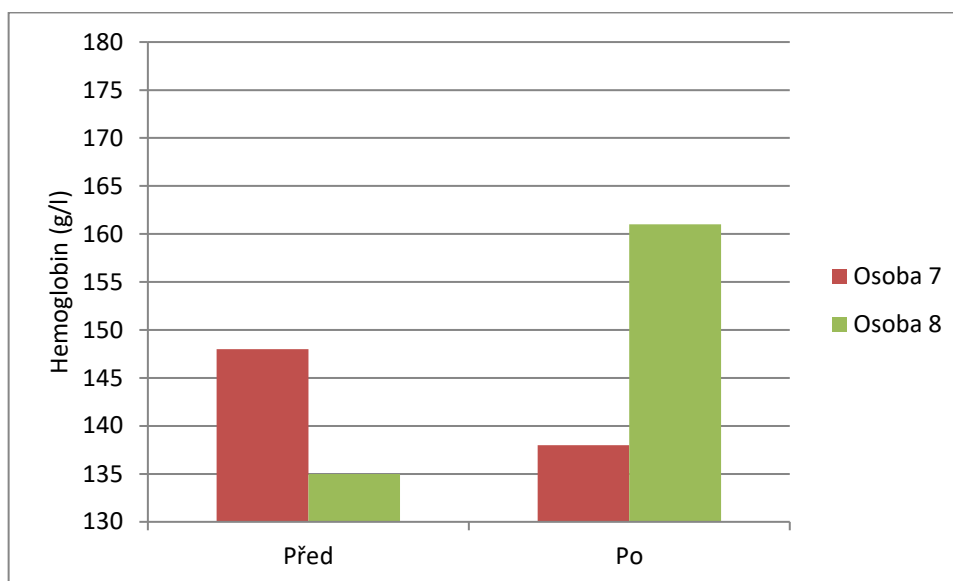
Zdroj: Autor, 2018

Graf 18 Grafické znázornění změn v hladině hemoglobinu před pobytem a po něm, výzkumný soubor A, skupina 2



Zdroj: Autor, 2018

Graf 19 Grafické znázornění změn v hladině hemoglobinu před pobytem a po něm, výzkumný soubor A, skupina 3

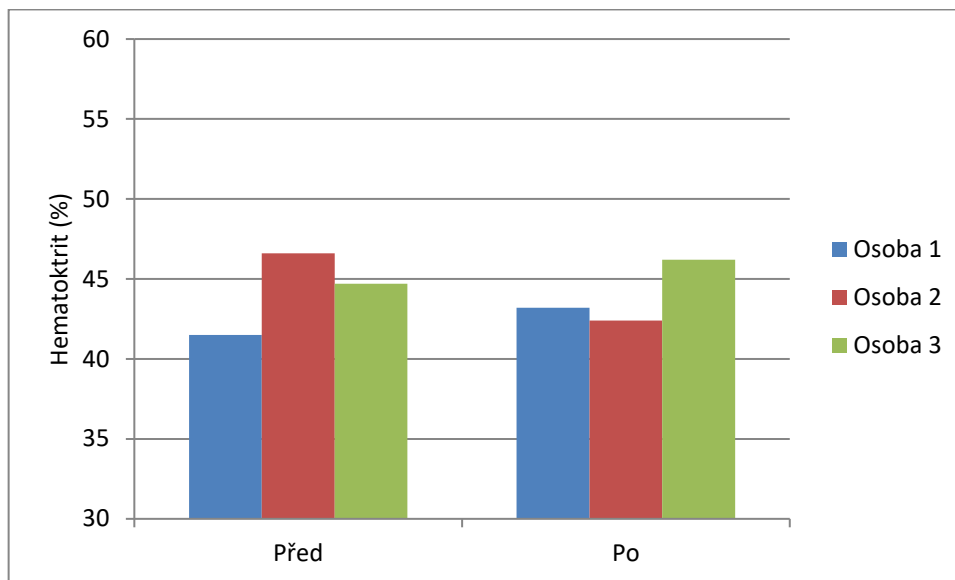


Zdroj: Autor, 2018

Hematokrit

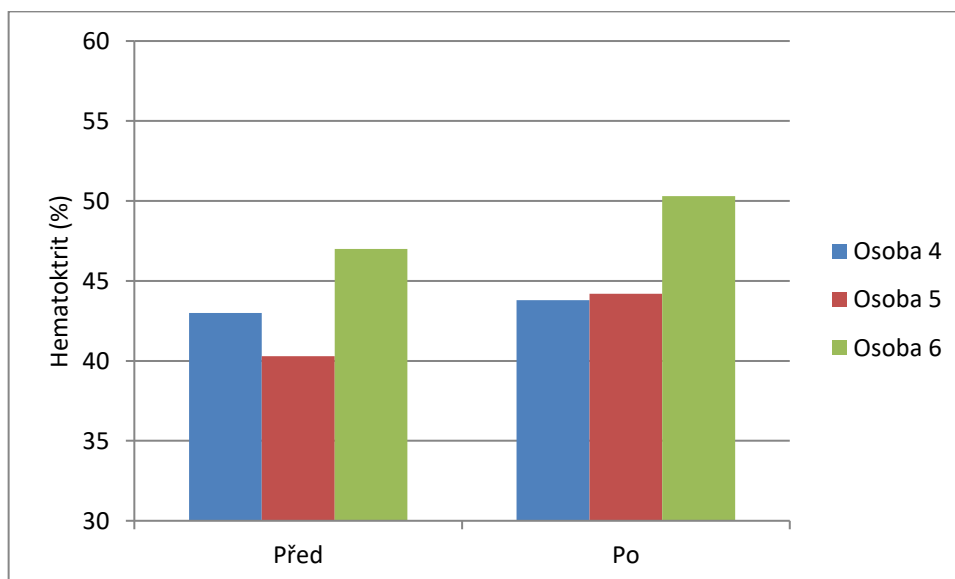
I v případě hematokritu je možné sledovat podobný vývoj, jako v případě hladiny erytrocytů a hemoglobinu. Nejvýraznější vzestup byl zaznamenán u osoby 8, kdy hematokrit vzrostl o 8,2 %. O 3,9 % vzrostl u osoby 5. U osoby 6 byl změřen nárůst o 3,3 %, nejmenší růst byl pak zaznamenán u osoby 4. U té byl pozorován vzestup pouze o 0,8 %, pravděpodobně z důvodu lepší aklimatizace. V případě osob 1 a 3 hematokrit vzrostl o 1,5 a 1,7 %. Pokles u osoby 2 byl 4,2 % a u osoby 7 pak 1,2 %. Rozdíly mezi skupinami ve výzkumném souboru A jsou zanedbatelné.

Graf 20 Grafické znázornění změn v hodnotách hematokritu před pobytem a po něm, výzkumný soubor A, skupina 1



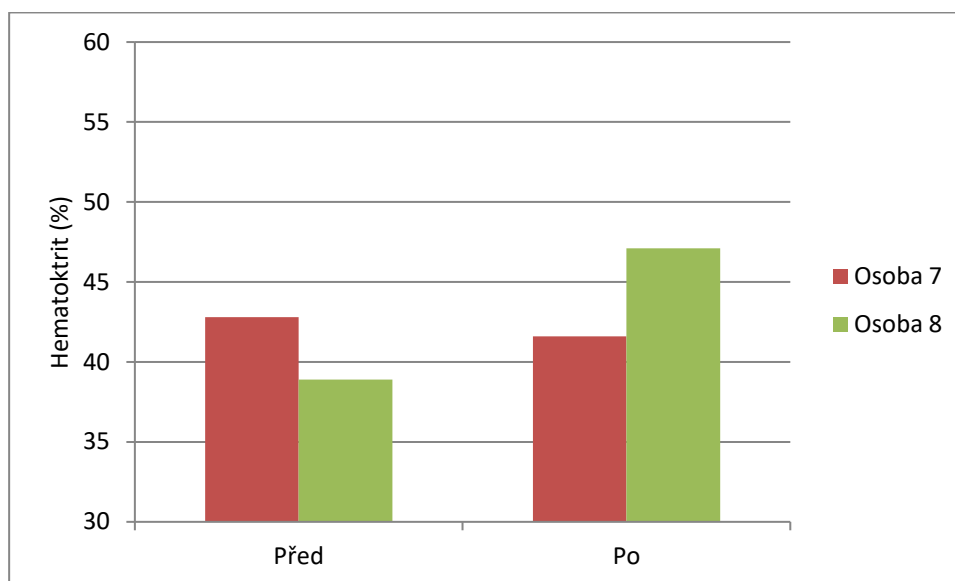
Zdroj: Autor, 2018

Graf 21 Grafické znázornění změn v hodnotách hematokritu před pobytem a po něm, výzkumný soubor A, skupina 2



Zdroj: Autor, 2018

Graf 22 Grafické znázornění změn v hodnotách hematokritu před pobytem a po něm, výzkumný soubor A, skupina 3

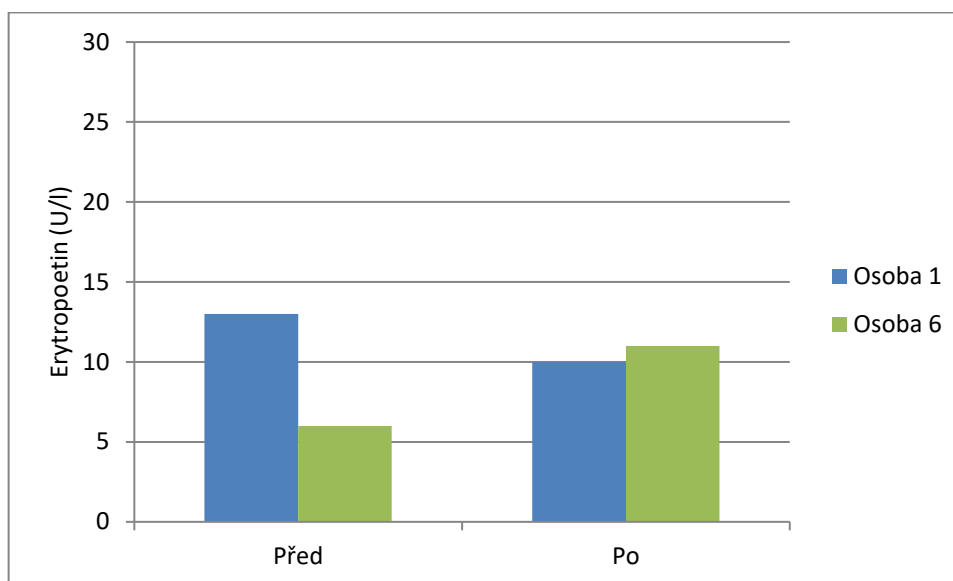


Zdroj: Autor, 2018

Erythropoetin

Ve výzkumném souboru A bylo vyšetření erythropoetinu provedeno pouze u osoby 1 ze skupiny 1 a osoby 6 ze skupiny 2. Počáteční hodnota u osoby 1 byla 13 U/l a po návratu byla změřena hodnota o 3 U/l nižší, tedy 10 U/l. V případě osoby 6 byla hodnota před pobytem ve vysoké nadmořské výšce 6 U/l a po návratu 11 U/l. U této osoby je tedy patrný nárůst erythropoetinu o 5 U/l. Jako možné vysvětlení se jeví teorie, že u osoby 1 dostatečně zafungovaly kompenzační mechanismy, tudíž během pobytu nedošlo k rozvoji tkáňové hypoxie, která aktivaci zvýšené produkce erythropoetinu předchází.

Graf 23 Grafické znázornění změn v hladině erytropoetinu před pobytem a po něm, výzkumný soubor A



Zdroj: Autor, 2018

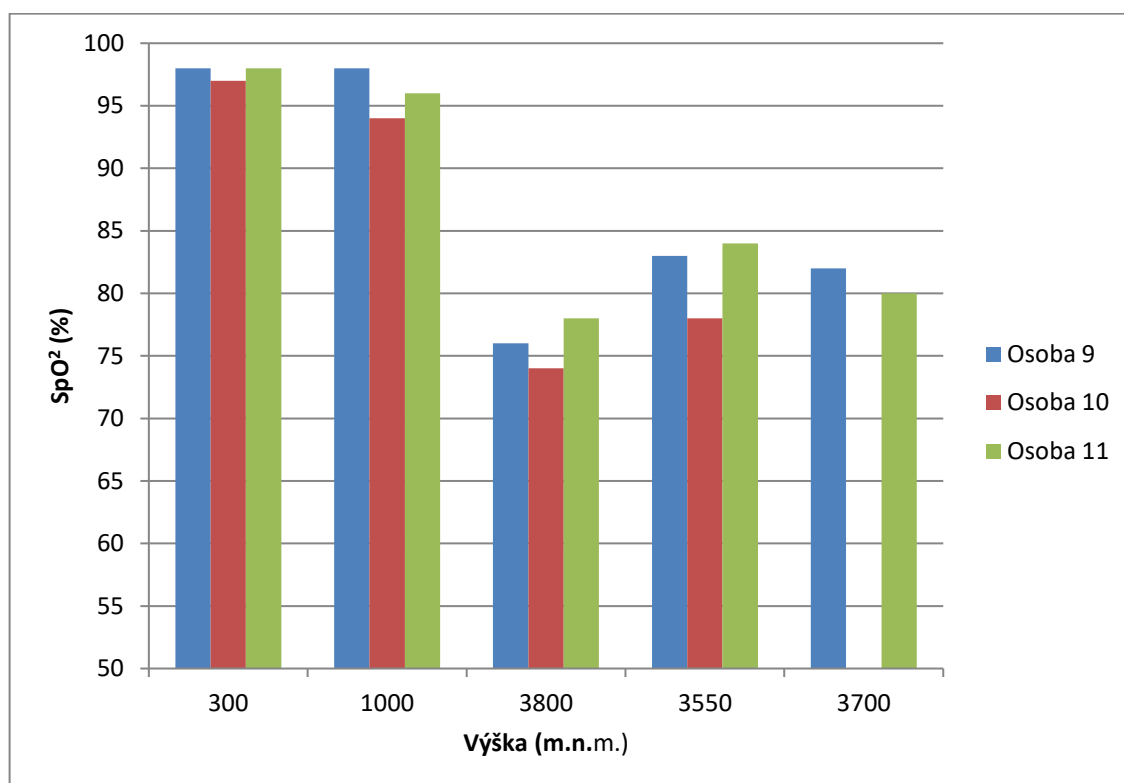
6.2 Výzkumný soubor B

6.2.1 Změny ve fyziologických hodnotách

Saturace krve kyslíkem

Při hodnocení saturace krve kyslíkem je možné s rostoucí výškou pozorovat sestupnou tendenci, podobně jako v případě výzkumného souboru A. Nejnižší hodnoty byly naměřeny první den, ve výšce 3800 m. n. m., což byla i nejvyšší výška, ve které se saturaci podařilo změřit, protože mohla měření proběhnout v budově lanovky. Proto nebyl přístroj ovlivněn nízkou teplotou. Nejnižší hodnoty zde byly naměřeny osobě 10, a to 74 %. V případě osoby 9 byla hodnota o 2 % vyšší, u osoby 11 o 4 %. Druhý den, ve výšce 3550 metrů měla osoba 10 saturaci 78 %, osoba 9 83 % a osoba 11 84 %. Během třetího dne, ve výšce 3700 metrů, se již nepodařilo získat hodnotu osoby 10. Osoba 9 zde měla saturaci 82 % a osoba 11 o 2 % nižší. Ve výšce 4000 metrů se bohužel nepodařilo získat potřebná data ani u jedné osoby z výzkumného souboru B, především z důvodu nízké okolní teploty a tím pádem i sníženého prokrvení periferie. Nejnižší hodnoty saturace krve kyslíkem byly po celou dobu naměřeny osobě 10. Příčinou bude s největší pravděpodobností kouření.

Graf 24 Vztah mezi saturací krve kyslíkem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor B

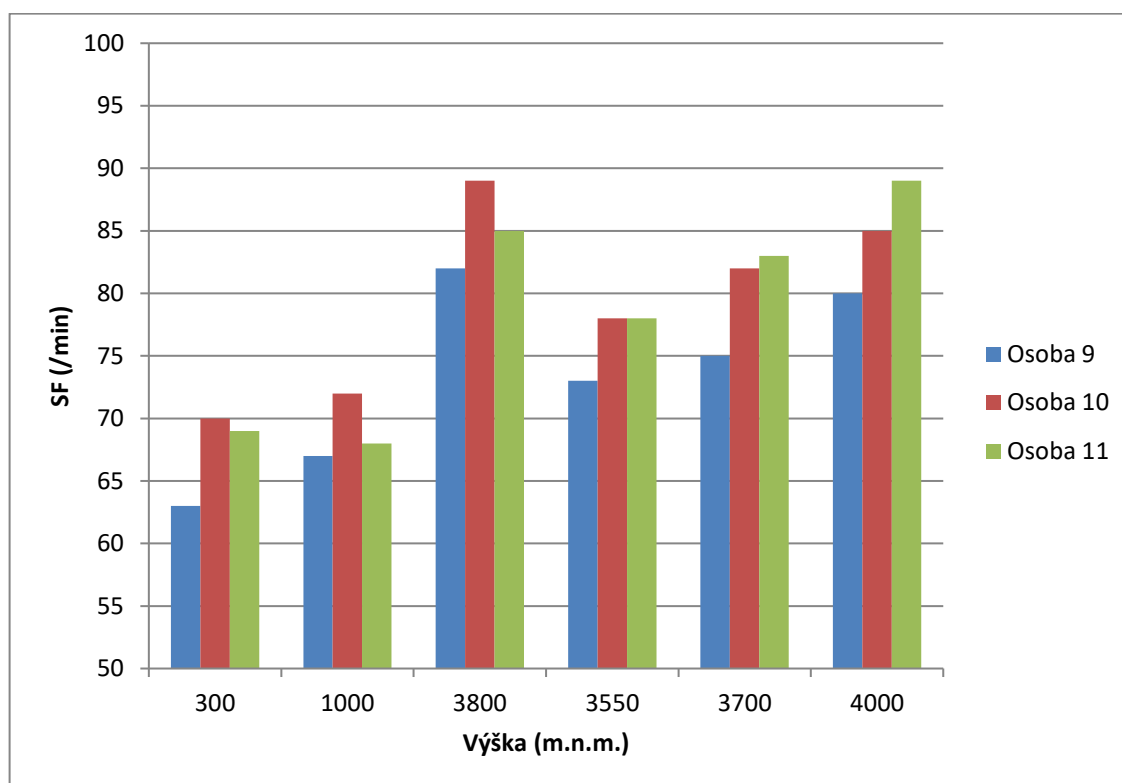


Zdroj: Autor, 2018

Srdeční frekvence

Nejvyšší hodnoty srdeční frekvence byly, u osob 9 a 10, naměřeny ve výšce 3800 metrů první den měření. V případě osoby 9 byl puls 82 tepů/min, osoba 10 dosáhla hodnot ještě o 7 tepů za minutu vyšších. Zde srdeční frekvence osoby 11 dosáhla hodnoty 85 tepů za minutu. Přesto, že tato výška nebyla nejvyšším bodem, ve kterém měření probíhalo, není tento výsledek překvapivý, protože do této výšky byl výzkumný soubor B dopraven lanovkou. Protože při tomto přesunu byla v podstatě nulová možnost aklimatizace, všechny tyto osoby trpěly příznaky benigní formy výškové nemoci, zejména bolestmi hlavy a nevolností. Osoba 11 dosáhla nejvyšších hodnot, 89 tepů za minutu, čtvrtý den, ve výšce 4000 metrů, což byla také nejvyšší výška, ve které měření proběhlo. V této výšce měla osoba 9 puls 80 a osobě 10 byla naměřena hodnota o 5 tepů/min vyšší. Druhý den měření, ve výšce 3550 m. n. m. byly u všech osob hodnoty nejnižší, když pomineme měření z 300 a 1000 metrů. Osoby 10 a 11 měly v této výšce srdeční frekvenci 78 tepů za minutu, osoba 9 pak o 7 tepů za minutu nižší. Nejnižší tepová frekvence byla po všechny čtyři dny naměřena právě osobě 9.

Graf 25 Vztah mezi srdeční frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor B



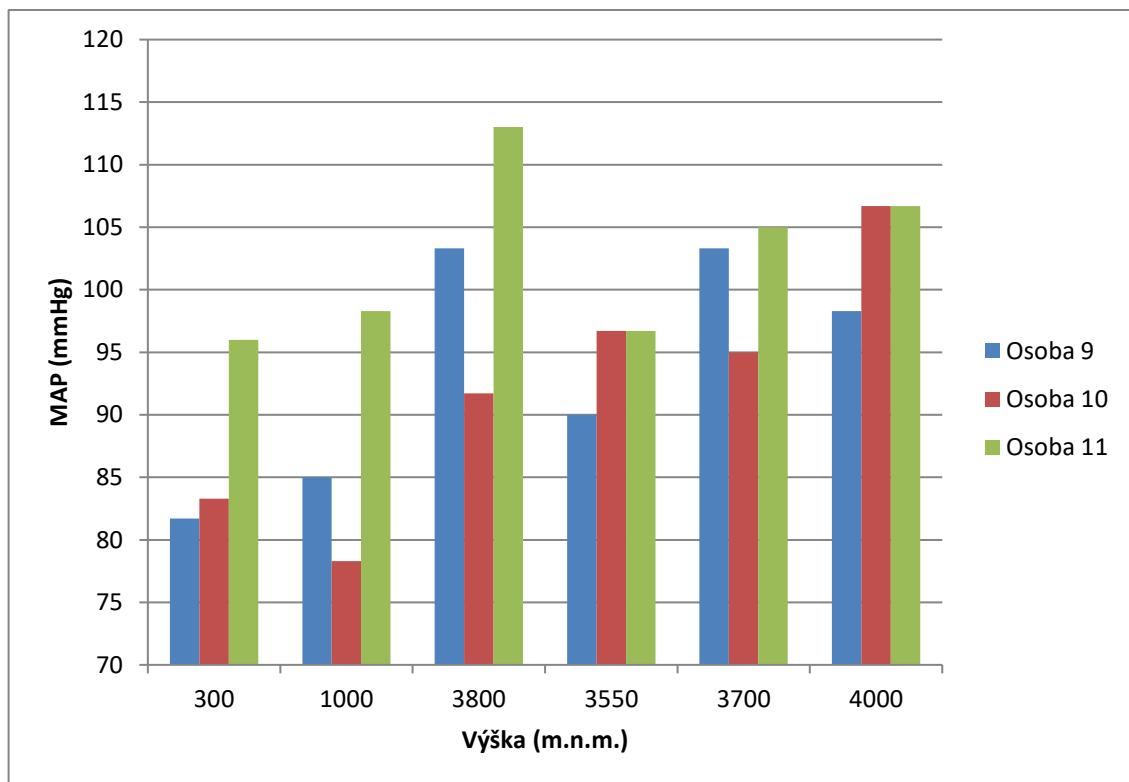
Zdroj: Autor, 2018

Krevní tlak

Nejvyššího středního arteriálního tlaku bylo u osob 9 a 11 dosaženo v prvním dni po přesunu do výšky 3800 m. n. m. V případě osoby 10 však byly při tomto měření naměřeny hodnoty nižší. Hodnoty středního arteriálního tlaku osob 9, 10 a 11 byly v této výšce 103,3 mmHg, 91,7 mmHg a 113 mmHg. U osoby 9 byla naměřena stejná hodnota i třetí den ve výšce 3700 metrů. Během tohoto dne byly u osob 10 a 11 naměřeny hodnoty krevního tlaku, které odpovídají 95 a 105 mmHg. Druhý den, ve výšce 3550 m. n. m., byly naměřeny nejnižší hodnoty, když pomineme měření před přesunem lanovkou, u osob 9 a 11. Osoba 9 měla střední arteriální tlak 90 mmHg a osoba 11 96,7 mmHg. Tlak odpovídající stejnému střednímu arteriálnímu tlaku byl v této výšce naměřen také osobě 10, ta však dosáhla nižších hodnot v prvním dni. Nejvyšší hodnoty v případě osoby 10 pak byly pozorovány v posledním dni měření, ve výšce 4000 m. n. m. Zde tato osoba dosáhla hodnot 106,7 mmHg. Stejných hodnot v této výšce dosáhla také osoba 11. Osobě 9 byly naměřeny hodnoty odpovídající střednímu arteriálnímu tlaku 98,3 mmHg. Výkyvy v těchto hodnotách byly s největší pravděpodobností způsobeny zanedbáním pitného režimu. Osoba 11 měla po celou

dobu hodnoty středního arteriálního tlaku nejvyšší. To mohlo být zapříčiněno nejzodpovědnějším doplňováním tekutin, či výrazně robustnější postavou, než mají ostatní osoby ve výzkumném souboru B. Druhá varianta nám připadá pravděpodobnější, neboť osoba 11 měla nejvyšší krevní tlak i v normální nadmořské výšce.

Graf 26 Vztah mezi středním arteriálním tlakem a nadmořskou výškou, výzkumný soubor B



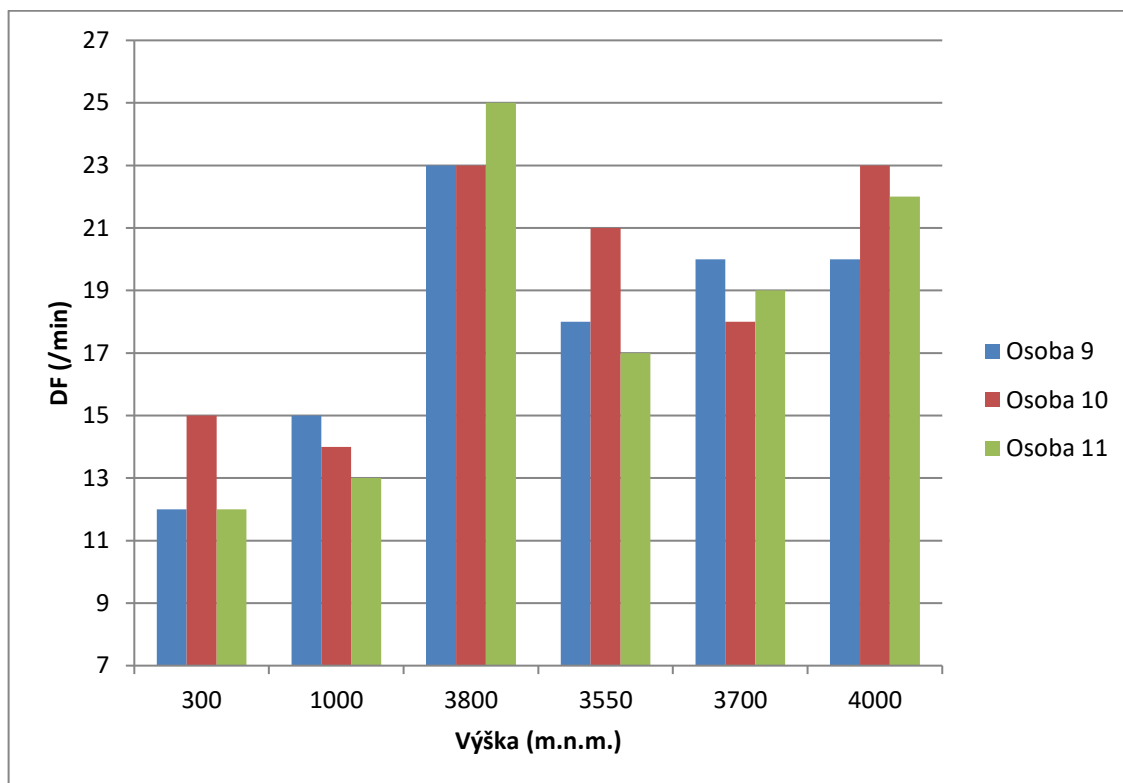
Zdroj: Autor, 2018

Dechová frekvence

V prvním dni, ve výšce 3800 metrů, bylo u všech osob ve výzkumném souboru B dosaženo maximální dechové frekvence. Pro osoby 9 a 10 to byla hodnota 23 dechů za minutu, v případě osoby 11 hodnota o 2 vyšší. Během měření, která probíhala druhý den ve výšce 3550 m. n. m., bylo u osob 9 a 11 naopak dosaženo minima, a to 18 a 17 dechů za minutu. Osoba 10 zde měla dechovou frekvenci 21 za minutu a svého minima, 18 dechů za minutu, dosáhla o den později ve výšce 3700 metrů. V této výšce měla osoba 11 dechovou frekvenci 19 dechů za minutu a osoba 9 o 1 vyšší. Stejná hodnota byla u osoby 9 pozorována také o den později, ve výšce 4000 m. n. m. Osobě 10 byla v této výšce znovu naměřena její maximální hodnota, tedy 23 dechů za minutu, osobě 11 pak dechová frekvence o jeden nádech za minutu nižší. Opět zde při určování

maximálních a minimálních hodnot nebereme v potaz měření z výšky 300 a 1000 metrů nad mořem.

Graf 27 Vztah mezi dechovou frekvencí a nadmořskou výškou, výzkumný soubor B



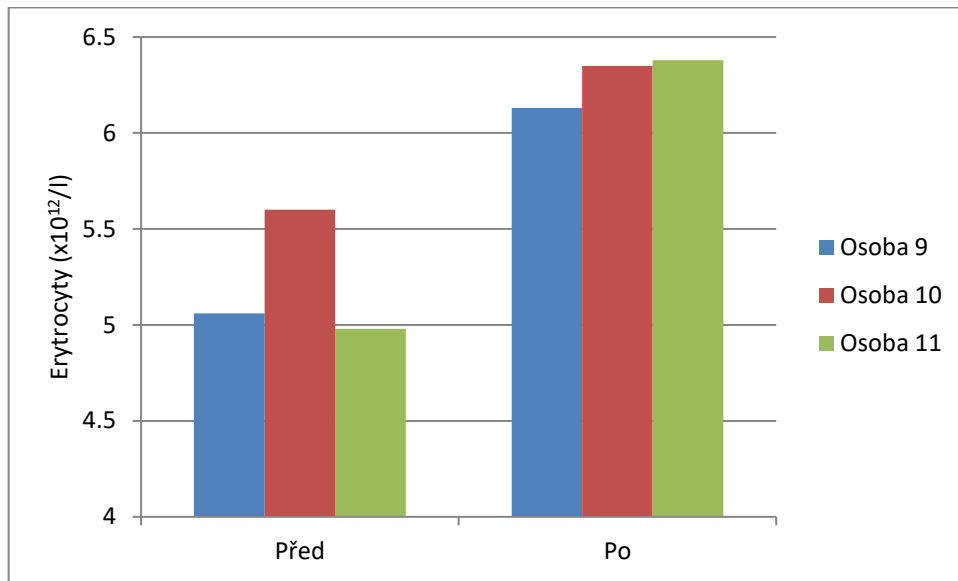
Zdroj: Autor, 2018

6.2.2 Změny v hematologických hodnotách

Erytrocyty

Ve výzkumném souboru B vzrostla hladina erytrocytů u všech pozorovaných osob. Nejvýrazněji však stoupl počet červených krvinek u osoby 11, a to o $1,4 \times 10^{12}/l$, z původních $4,98 \times 10^{12}/l$ na $6,38 \times 10^{12}/l$. Osobě 9 vzrostla během pobytu ve vysoké nadmořské výšce hladina erytrocytů o $1,07 \times 10^{12}/l$ z hodnoty $5,6 \times 10^{12}/l$ na $6,13 \times 10^{12}/l$. V případě osoby 10 byl tento nárůst nejmenší. Z původní hodnoty $5,6 \times 10^{12}/l$ na konečných $6,35 \times 10^{12}/l$, tedy o $0,75 \times 10^{12}/l$.

Graf 28 Grafické znázornění změn v hladině erytrocytů před pobytem a po něm, výzkumný soubor B

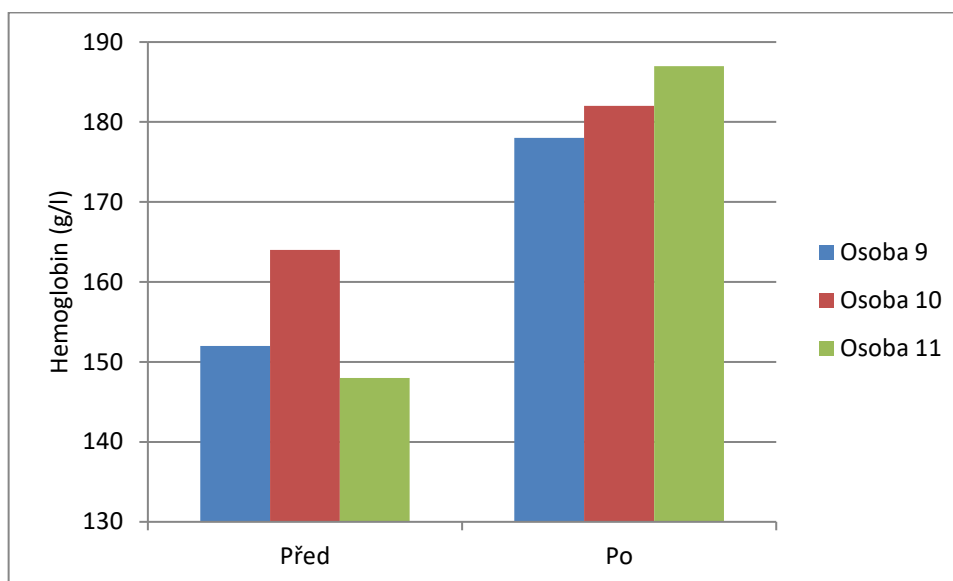


Zdroj: Autor, 2018

Hemoglobin

Po pobytu ve vysoké nadmořské výšce vzrostla hladina hemoglobinu u všech osob ve výzkumném souboru B. Podobně, jako v případě změn hladiny erytrocytů, došlo k největšímu nárůstu u osoby 11 a to o 39 g/l. Z původní hodnoty 148 g/l, která byla nejnižší v tomto výzkumném vzorku, se tak dostaneme k hodnotě 187 g/l, která je naopak největší. U osoby 9 byl pozorován nárůst hladiny hemoglobinu z původních 152 g/l na 178 g/l, tedy o 26 g/l. Nejmenší nárůst, o 18 g/l, byl pozorován u osoby 10, která se z původních 164 g/l dostala na 182 g/l.

Graf 29 Grafické znázornění změn v hladině hemoglobinu před pobytem a po něm, výzkumný soubor B

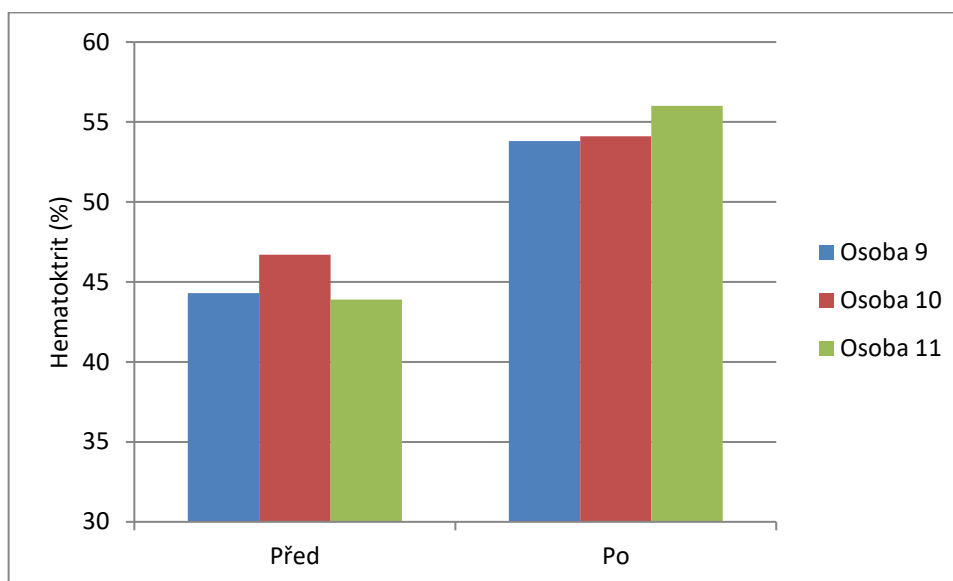


Zdroj: Autor, 2018

Hematokrit

Změny v hodnotách hematokritu mají velmi podobný průběh, jako změny v hladině erytrocytů a hemoglobinu. K největším změnám došlo opět u osoby 11. Její hematokrit vzrostl během pobytu ve vysoké nadmořské výšce z hodnoty 43,9 % na 56 %, což je nárůst o 12,1%. U osoby 9 byl zaznamenán nárůst 9,5 %, přičemž počáteční hematokrit byl 44,3 % a následná hodnota dosáhla 53,8 %. I v tomto případě došlo k nejmenším změnám v případě osoby 10. Z počáteční hodnoty 46,7 % se dostala na konečných 54,1 %, což je nárůst o 7,4 %.

Graf 30 Grafické znázornění změn v hodnotách hematokritu před pobytem a po něm, výzkumný soubor B

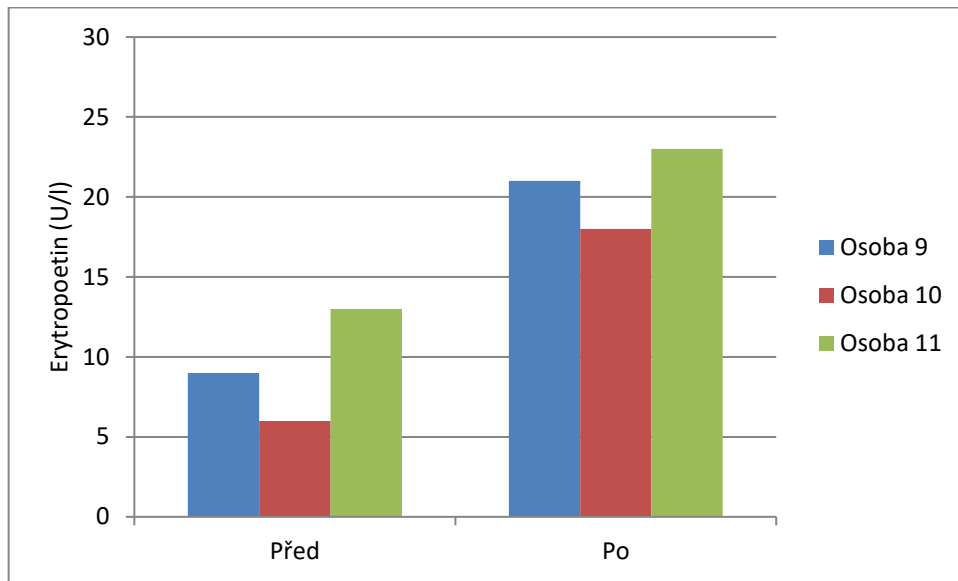


Zdroj: Autor, 2018

Erythropoetin

Nejvyšší hladina erythropoetinu byla před odjezdem i po návratu nejvyšší u osoby 11. Z původní hladiny 13 U/l vzrostl o 10 U/l na konečných 23 U/l. U osob 9 a 10 byla změna o něco výraznější. U obou se jednalo o nárůst o 12 U/l. V případě osoby 9 byla počáteční hladina 9 U/l a konečná 21 U/l a u osoby 10 vzrostlo množství tohoto hormonu z původních 6 U/l na 18 U/l. Díky těmto hodnotám je možné lépe porozumět ostatním hematologickým změnám. Právě díky vyšší hladině erythropoetinu po celou dobu pobytu ve vysoké nadmořské výšce bylo možné pozorovat nejvýraznější změny v nárůstu hladiny erytrocytů a hemoglobinu a hodnotách hematokritu u osoby 11. Opačným mechanismem si můžeme vysvětlit také nejmenší změny, které bylo možné pozorovat u osoby 10.

Graf 31 Grafické znázornění změn v hladině erytropoetinu před pobytem a po něm, výzkumný soubor B



Zdroj: Autor, 2018

7 Diskuze

Z důvodu šíře tohoto tématu, bylo velmi problematické získat validní data, protože většina prací se zabývá především výškami do 2500 metrů nad mořem a jsou zaměřeny spíše na vliv pobytu na výkonost.

Změny v saturaci krve kyslíkem ve výzkumném souboru A můžeme asi nejlépe srovnat s daty ze Společného prohlášení lékařské komise UIAA č. 15 – Práce v hypoxii z roku 2015, které uvádí, že v případě skupiny s omezenou expozicí ve výšce 2000 – 3000 m. n. m. se hodnoty saturace pohybují mezi 90 a 94 % (Küpper, 2016). Výsledky výzkumného souboru A se s tímto tvrzením, až na nepatrné výjimky, shodují. Pouze u 2 osob byl zaznamenán výraznější pokles. V případě osoby 5 to bylo z důvodu kouření, zatímco u osoby 7 šlo s největší pravděpodobností o chybu v měření, z důvodu prochládlé periferie. V případě výzkumného souboru B se hodnoty pohybovaly, ve výšce 3550 – 3700 metrů nad mořem, mezi 74 a 84 %. I zde bylo možné sledovat negativní vliv kouření a časté chyby měření z důvodu chladu. Pro srovnání s tímto výzkumným souborem se nám podařilo vyhledat pouze data z publikace MUDr. Ivana Rotmana Akutní horská nemoc – léčení a prevence z roku 2016, ve které je uvedeno, že ve výšce 2500 – 5300 metru klesá saturace krve kyslíkem hluboko pod 90 % (Rotman, 2016). Obě tyto publikace se shodují s naším tvrzením, že saturace krve kyslíkem s rostoucí nadmořskou výškou klesá.

Změny v hodnotách srdeční frekvence se ve výškovém rozmezí 2000–2400 metrů v případě výzkumného souboru A pohybovaly mezi 62 a 106 tepy za minutu. V bakalářské práci Veroniky Petřů z roku 2011, s tématem vliv nadmořské výšky na vybrané fyziologické aspekty, jsou pro výšku 2195 až 2400 metrů uvedeny hodnoty v rozmezí 69 – 122 tepů za minutu (Petřů, 2011). V této práci byly zaznamenány o něco vyšší hodnoty srdeční frekvence. Ani ve výsledcích výzkumného souboru B nenajdeme vyšší hodnoty, než v práci se kterou naše výsledky srovnáváme, přestože se tento soubor pohyboval ve vyšších nadmořských výškách. Nižší hodnoty u obou výzkumných souborů si vysvětlujeme především vlivem delšího pobytu v případě skupiny z roku 2011. Delším pobytem ve vysoké nadmořské výšce by totiž mělo docházet k většímu rozvoji reaktivních změn. V případě obou srovnávaných prací je tedy možné pozorovat vzrůstající srdeční frekvenci s rostoucí nadmořskou výškou.

Střední arteriální tlak se ve výzkumném souboru A, ve výšce mezi 2000 až 2400 metrů, pohyboval v rozmezí 73 – 115 mmHg. Ve výzkumném souboru B, ve výšce 3550 – 4000 m. n. m., byly naměřeny hodnoty mezi 90 a 106,7 mmHg. Pro srovnání hodnot krevního tlaku v těchto výškách, se nám podařilo vyhledat pouze v publikaci Hajime Narahary z roku 2012, Effects of Cardiopulmonary Resuscitation at High Altitudes on the Physical Condition of Untrained and Unacclimatized Rescuers. Podle té by se měl systolický krevní tlak, změřený v klidu ve výšce 3700, pohybovat přibližně kolem 137 mmHg, s maximální odchylkou 27 mmHg. Diastolický tlak by pak měl dosahovat hodnot asi 92 mmHg, s odchylkou 16 mmHg (Narahara, 2012). Tomu odpovídají i hodnoty naměřené u výzkumného souboru B, které byly naměřeny ve stejné výšce. V obou pracích můžeme pozorovat velmi podobné rozmezí naměřených hodnot. Podle Narahary se však průměrné hodnoty ve srovnání s výškou 2700 m. n. m. v podstatě nezměnily, zatímco v případě naší práce hodnoty tlaku, u obou výzkumných souborů, s přibývajícím výškovými metry mírně stoupaly.

K hodnotám dechové frekvence se nám bohužel nepodařilo dohledat žádné zdroje pro srovnání. U obou výzkumných souborů však bylo možné sledovat nárůst těchto hodnot s rostoucí nadmořskou výškou. V případě výzkumného souboru B bylo výjimkou měření ve výšce 3800 metrů, kdy byly průměrně naměřeny vyšší hodnoty, než ve 4000 m. n. m. Pravděpodobným vysvětlení je zde rychlý přesun do výšky 3800 metrů, s absencí v podstatě jakéhokoli prostoru pro aklimatizaci.

Nárůst hladiny erytrocytů v krvi se u výzkumného souboru A pohyboval v rozmezí $0,18 - 1,21 \times 10^{12}/l$. U dvou osob byl pozorován pokles o $0,19 \times 10^{12}/l$ a $0,51 \times 10^{12}/l$. V bakalářské práci Veroniky Petřů z roku 2011 byly měřeny změny v hladině erytrocytů před a po dvoutýdenním pobytu ve vysokohorském prostředí s výškou v rozmezí 1347 – 3355 m. n. m. U této čtyřčlené skupiny je možné pozorovat nárůst hladiny erytrocytů v rozmezí od $0,02 \times 10^{12}/l$ do $0,85 \times 10^{12}/l$ u tří osob. U jedné osoby došlo i zde k poklesu, a to o $0,51 \times 10^{12}/l$ (Petřů, 2011). Jako možné odůvodnění nižšího nárůst hladiny erytrocytů i přes delší dobu expozice se jeví fakt, že krevní odběry byly této skupině provedeny až třetí den po návratu, tedy o den déle, než tomu bylo u výzkumného souboru A. U všech osob ve výzkumném souboru B došlo ke zvýšení hladiny erytrocytů, a to v rozmezí $0,75 - 1,4 \times 10^{12}/l$. Pro srovnání s tímto výzkumným souborem se nám bohužel nepodařilo vyhledat hodnoty naměřené po pobytu v podobné nadmořské výšce. Je zde však patrné, že v případě tohoto

výzkumného souboru došlo k výraznějšímu nárůstu červených krvinek, než u výzkumného souboru A, či u skupiny, se kterou byl tento výzkumný soubor porovnáván. K tomu došlo pravděpodobně kvůli pobytu ve vyšší nadmořské výšce. Až na lehké odchylky se hodnoty v obou pracích shodují, přestože v případě bakalářské práce, se kterou naše výsledky srovnáváme, se jednalo o mnohem delší dobu expozice.

Hladina hemoglobinu vzrostla u většiny osob ve výzkumném souboru A, a to v rozmezí od 3 g/l do 26 g/l. I v případě krevního barviva však došlo u dvou osob k poklesu jeho hladiny v krvi. U těchto osob došlo k poklesu o 13 a 10 g/l. I zde srovnáme tyto hodnoty s výsledky bakalářské práce Veroniky Petřů. V té došlo u tří ze čtyř pozorovaných osob k nárůstu hladiny hemoglobinu, a to v rozmezí od 2 g/l do 15 g/l. V případě osoby, u které došlo k poklesu, se jednalo o snížení hladiny tohoto proteinu o 11 g/l. I zde je tedy možné sledovat podobný fenomén, jako v případě změn v hladině erytrocytů. Ani v tomto případě se nám nepodařilo získat použitelné informace pro srovnání s výzkumným souborem B. V něm bylo zvýšení hladiny hemoglobinu výraznější než u dvou výše zmíněných skupin a tento nárůst bylo možné sledovat u všech osob v tomto výzkumném souboru.

Změny v hodnotách hematokritu budeme srovnávat s publikací Výzkum ve fyziologii zátěže I, jejímž autorem je Mgr. Martina Bernaciková, PhD, a kol., která byla vydána v roce 2017. Tato práce se ve své 3. kapitole mimo jiné zabývá právě změnami v hodnotách hematokritu po desetidenním tréninku ve výšce 2200 metrů, kdy byly výsledné hodnoty získány den po návratu do normální výšky. Průměrná hodnota hematokritu podle Bernacikové vzrostla z původních 44 % na 45,8 %, tedy o 1,8 % (Bernaciková, 2013). Průměrný nárůst v případě výzkumného souboru A byl 1,75 %. Tento nárůst je vzhledem k velkým rozdílům v naměřených hodnotách nižší jen minimálně. Osobám ve výzkumném souboru B vzrostl hematokrit průměrně o 9,7 %. Pro srovnání s výzkumným souborem B využijeme internetového zdroje dostupného na stránkách 2. Lékařské fakulty University Karlovy s názvem Fyziologie extrémních stavů. Jeho autorem je prof. RNDr. Václav Hampl, DrSc. Zde se zabývá změnami v hodnotě hematokritu po výstupu do nadmořské výšky 4540 metrů. V tomto případě mělo dojít k růstu hematokritu v průměru o 13 %, což by potvrdovalo další růst hematokritu se stoupající nadmořskou výškou. Bohužel v tomto zdroji není uvedena doba expozice. Vznikající tendence v hodnotách hematokritu v prvních několika dnech, tedy v podstatě po celou dobu obou našich výzkumů, je podle tohoto zdroje připisována

především poklesu množství krevní plasmy z důvodu dehydratace (Hampl, Ústav fyziologie).

Pro porovnání změn v hladině erythropoetinu se nám nepodařilo dohledat použitelnou publikaci. Ve výzkumném vzorku A bylo toto vyšetření provedeno pouze u dvou osob, z toho u jedné oproti očekávání hladina tohoto hormonu klesla. V případě výzkumného souboru B, kde bylo toto vyšetření provedeno u všech osob, byl pozorován jeho výrazný nárůst, v průměru o 11,3 U/l. Předpokládáme, že nejednoznačné výsledky u výzkumného vzorku A, mohou být zapříčiněny malým počtem osob, u kterých bylo toto vyšetření provedeno. V případě osoby, u které hladina erythropoetinu klesla, se domníváme, že nebyly změny v nadmořské výšce dostatečné, tudíž nebyla zvýšená sekrece tohoto hormonu nutná. Druhá osoba ze stejného výzkumného vzorku měla výrazně nižší fyzickou kondici, a proto u ní stejná výška mohla zvýšenou sekreci iniciovat.

7.1 Doporučení pro praxi

Prvním zjištěním, které úzce souvisí s prací zdravotnického záchranáře ve vysokohorských podmínkách je fakt, že pulsní oxymetr zde ztrácí vlivem nízké okolní teploty spolehlivost a může ukazovat falešně nízké nebo neměřitelné hodnoty i u jedinců bez zdravotních problémů. Na hodnoty SpO₂ získané těmito přístroji se proto není možné spoléhat.

Měření srdeční frekvence bychom v takto ztížených podmínkách doporučovali nejlépe pohmatem v oblasti arteria carotis. Z důvodu nedostatečně prokrvené periferie při centralizaci oběhu u podchlazených pacientů, není vhodné měření pulsu na arteria radialis. Arteria femoralis může být také nevhodná, protože při přístupu k ní je nutné pacienta odstrojit a tak dojde k dalším ztrátám tepla.

Měření krevního tlaku tonometrem se zdálo být spolehlivou metodou monitorace i ve výšce 4000 metrů nad mořem. Je však třeba zdůraznit, že se nejednalo o elektrický, ale mechanický tonometr. Tím se dostáváme k problému, který se týká nejen zdravotnických záchranářů, či horské služby, ale všech osob, které se ve vysokohorských podmínkách pohybují.

Doba, po kterou funguje elektrické vybavení na baterie, se vlivem nízké okolní teploty rapidně snižuje. Proto je třeba být vybaven větším množstvím baterií a snažit se zásobován z jiných zdrojů, než jsou baterie.

Ve vysokohorských podmínkách musí mít záchranář také na paměti, že hodnoty saturace krve kyslíkem, tepové frekvence, krevního tlaku a dechové frekvence jsou vysokou nadmořskou výškou ovlivněny. Proto nemusí výsledky mimo fyziologické hodnoty nutně znamenat nějakou patologii. Saturace krve kyslíkem se stoupající výškou klesá, zatímco u dechové a tepové frekvence a krevního tlaku je tomu naopak.

Závěr

Cílem teoretické části bylo shrnout informace k tématu z dostupné literatury. K tématu vliv nadmořské výšky na lidský organismus je možné dohledat poměrně velké množství publikací, avšak informace v nich nejsou vždy jednotné a často se liší. Velmi mnoho otázek v této problematice také ještě není zodpovězeno. Teoretická část obsahovala myšlenky, díky kterým mohly být vytyčeny cíle, které byly později, až na drobné výjimky, potvrzeny v praktické části.

Hlavního cíle praktické části bylo dosaženo u obou výzkumných souborů. U zkoumaných osob byly naměřeny hodnoty vybraných fyziologických funkcí, saturace krve kyslíkem i hematologické hodnoty. V závislosti na rostoucí nadmořské výšce bylo možné sledovat pokles saturace krve kyslíkem a vzestup krevního tlaku, srdeční a dechové frekvence. Zvýšení bylo možné sledovat také u všech vybraných hematologických hodnot. Ve výzkumném souboru B došlo k několika odchylkám od zbytku skupiny. Tyto odchylky jsme se pokusili popsat a pomocí dostupných zdrojů určit jejich příčinu.

Dílčího cíle 1 bylo dosaženo částečně. V případě výzkumného souboru B se potvrdila teze, že na naměřené hodnoty bude mít vliv životospráva, zejména kouření. Ve výzkumném souboru A se pak kromě životosprávy projevil vliv fyzické kondice a pohlaví, a dá se předpokládat také negativní vliv arteriální hypertenze. Vliv věku se dá předpokládat u změny v hodnotách krevního tlaku, což souvisí s rozvojem esenciální hypertenze.

Dílčí cíl 2 se u výzkumného souboru A potvrdil pouze u jedné osoby. U druhé osoby, u které byla hematologická vyšetření doplněna o hladinu erythropoetinu, došlo k poklesu hladiny erythropoetinu, přes to však ostatní hematologické hodnoty vzrostly. V případě výzkumného souboru B se myšlenka dílčího cíle 2 také nepotvrdila. U osoby, v jejíž ostatních hematologických hodnotách docházelo k největším změnám, byl naměřen nejnižší nárůst erythropoetinu z příslušného výzkumného souboru.

Dosaženo bylo také dílčího cíle 3. U výzkumného souboru A byla zaznamenána chyba při měření pulsním oxymetrem Nonin Onyx 9500, z důvodu špatně prokrvené periferie. Nízká spolehlivost tohoto přístroje se pak potvrdila v případě výzkumného vzorku B, kdy nebyl schopen vyhodnotit saturaci krve kyslíkem ve výšce 4000 m. n. m.

a u jedné osoby i ve výšce 3800 m. n. m. Naopak dobrou spolehlivostí se osvědčil mechanický tonometr Reister Sanaphon. U obou výzkumných souborů ve všech výškách probíhalo měření bez problémů a velkou výhodou byla také odolnost tohoto přístroje. Hodinky s výškoměrem Sunnto Core se také osvědčily. Jedinou nevýhodou se zdála být citlivost barometrického výškoměru na změny počasí. Z toho důvodu byla nutná častá kalibrace.

Seznam použité literatury

- Atmosférický tlak. Meteocentrum [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/zajimavosti/encyklopedie/atmosfericky-tlak>
- BERNACIKOVA, Martina. Výzkum ve fyziologii zátěže: monografie. Brno: Masarykova univerzita, 2013-. ISBN 978-80-210-6266-5.
- CARNEY, Scott. Co tě nezabije: jak ledová voda, extrémní nadmořská výška a okolní podmínky obnoví naši zašlou sílu. Praha: Dobrovský s.r.o., 2017. 280 s. ISBN 978-80-7390-609-2.
- CAUCHY, Emmanuel. Průvodce horskou a cestovní medicínou. Praha: Cohen Property & Development, [2013]. 145 s. ISBN: 978-80-260-4762-9.
- Gamow Bag for Kilimanjaro Safety. Kilimanjaro brothers [online]. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://kilimanjarobrothers.com/gamow-bag-kilimanjaro-safety-equipment/>
- HAMPL, Václav. Fyziologie extrémních stavů. Ústav fyziologie [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: http://fyziologie.lf2.cuni.cz/hampl/teach_mat/extremy/index.htm
- Hemoglobin v arteriální krvi. Ikem [online]. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: https://www2.ikem.cz/plm_lp/_LP_16392-L0000006.htm
- HÖSCHLOVÁ, Kristina. Lékařem mezi nebem a horami. První vydání. Praha: Galén, [2017]. 139 s. ISBN 978-80-7492-321-0.
- KAMLER, Kenneth. Doktor v extrémních podmínkách: hranice života a smrti pohledem sportovního lékaře. Praha: Brána, 2005. ISBN 80-724-3252-4.
- KITTNAR, Otomar et al. Lékařská fyziologie. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.

KOLÁŘ, František. 80. výročí založení horské služby. Horská služba [online]. 2014 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://www.horskaslužba.cz/data/web/aktuality/2014/oslavy-80-let-hs/80lethoskesluzby0914min.pdf>

KUBALOVÁ, Jana. Altitude Illness – nemoc z výšky – prevence a její léčba. Urgentní medicína [online]. 2007, 10(3), 17-24 [cit. 2018-02-24]. ISSN 1212 - 1924. Dostupné z: http://urgentnimedicina.cz/casopisy/UM_2007_03.pdf

KÜPPER, Theodor et al. Management akutní horské nemoci, výškový edém plic a výškový otok mozku. [online]. Bern: The International Climbing and Mountaineering Federation, 2012 a. 3.2(2), 17 s. [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: http://www.horska-medicina.cz/wp-content/uploads/UIAA_MedCom_vol_2_Management-AHN-VOP-VOM_czech_ZSIR.pdf

KÜPPER, Theodor et al. Práce v hypoxii: práce v zařízeních se sníženým obsahem kyslíku a práce ve velkých výškách [online]. Bern: The International Climbing and Mountaineering Federation, 2016. 2(15), 24 s. [cit. 2018-01-29]. Dostupné z: http://www.horska-medicina.cz/wp-content/uploads/Czech_UIAA_MedCom_Rec_No_15_Work-in-Hypoxic-Conditions-2012-V2-15.pdf

KÜPPER, Theodor et al. Přenosné hyperbarické komory. [online]. Bern: The International Climbing and Mountaineering Federation, 2012 b. 3.2(3), 7 s. [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: http://www.horska-medicina.cz/wp-content/uploads/UIAA_MedCom_vol_3_Prenosne_hyperbaricke-komory_czech_ZSIR.pdf

KÜPPER, Theodor et al. Vliv extrémních teplot na léky. [online]. Bern: The International Climbing and Mountaineering Federation, 2008. 1-2(10), 13 s. [cit. 2018-01-13]. Dostupné z: http://www.horska-medicina.cz/wp-content/uploads/Czech_UIAA_MedCom_Rec_No_10_Drugs_at_Altitude_2008_V1-2.pdf

Lawley, Justin S. Akutní horská nemoc: stále unikající fenomén [online]. Institut für Sportwissenschaft Universität Innsbruck, 2018. 1(58), 3 s. [cit. 2018-03-12]. Dostupné z:<http://www.horska-medicina.cz/wp-content/uploads/2018/02/ams-lawley-rundbrief2018-1.pdf>

NARAHARA, Hajime et al. Effects of Cardiopulmonary Resuscitation at High Altitudes on the Physical Condition of Untrained and Unacclimatized Rescuers. *Wilderness & environmental medicine* [online]. 2012, (23), 161 - 164 [cit. 2018-03-24]. ISSN 1080-6032. Dostupné z:
[http://www.wemjournal.org/article/S1080-6032\(12\)00014-2/pdf](http://www.wemjournal.org/article/S1080-6032(12)00014-2/pdf)

PAVLÍČEK, Jaroslav. Člověk v drsné přírodě: průvodce přežitím: s novými poznatky z let 2015-2017. 9. vydání. Praha: 65. pole, 2017. 133 s. ISBN 978-80-87506-92-9.

PETRŮ, Veronika. Vliv nadmořské výšky na vybrané fyziologické aspekty. Brno, 2011. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.

PLINTOVIČ, Michal a Antonín BAŘINKA. První pomoc a úvod do cestovní a horské medicíny. 2., upr. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1772-1.

Portable Altitude Chamber. Bartlett [online]. [cit. 2018-03-17]. Dostupné z:
<http://bartlett.net.au/portfolio-items/pac/>

Portable hyperbaric chamber. Certec [online]. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z:
<https://www.certec.eu.com/eng/produit.php?famille=montagne&lang=eng&id=64>

ROTMAN, Ivan. Akutní horská nemoc - léčení a prevence. Očkování a cestovní medicína Vol 7 [online]. 2016, 3(2), 7-14 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z:
http://www.horska-medicina.cz/wp-content/uploads/Akutni_horska_nemoc-leceni_a_prevence_OCM-2016-02.pdf

SILBERNAGL, Stefan a DESPOPOULOS, Agamemnon. Atlas fyziologie člověka: překlad 8. německého vydání. 4. české vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4271-7.

SUCHÝ, Jiří et al. Trénink ve vyšší nadmořské výšce. Praha: Mladá fronta, 2014. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-3469-2.

SUCHÝ, Jiří. Kardio-pulmonální aklimatizace a adaptace na vysokou nadmořskou výšku: od fyziologie ke klinické praxi. Česká kinantropologie, 2016, roč. 20, č. 3, s. 106-107. ISSN: 1211-9261.

TAR-Helm zur Überdruckbehandlung. Bergstiegen [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <http://www.bergstiegen.com/news/tar-helm-zur-ueberdruckbehandlung>

TIIDUS, Peter M., A. Russell TUPLING a Michael E. HOUSTON. Biochemistry primer for exercise science. 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics, c2012. ISBN 978-073-6096-058.

VOKURKA, Martin a Jan HUGO. Velký lékařský slovník. 10. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf, 2015. Jessenius. ISBN 978-80-7345-456-2.

WILBER, Randall L. Altitude training and athletic performance. Champaign, IL: Human Kinetics, c2004. ISBN 978-073-6001-571.

Seznam příloh

Příloha A – Informovaný souhlas	II
Příloha B – Informovaný souhlas	III
Příloha C – Informovaný souhlas	IV
Příloha D – Informovaný souhlas	V
Příloha E – Informovaný souhlas.....	VI
Příloha F – Informovaný souhlas.....	VII
Příloha G – Informovaný souhlas	VIII
Příloha H – Informovaný souhlas	IX
Příloha I – Informovaný souhlas.....	X
Příloha J –Informovaný souhlas	XI
Příloha K – Rešeršní protokol.....	XII

Příloha A – Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název bakalářské práce: Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře

Jméno: Adam Malý

Účastník byl do výzkumu zařazen pod číslem: 10

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:



Podpis řešitele:



Datum: 25.2.2018

Datum: 25.2.2018

Příloha B – Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

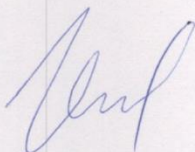
Název bakalářské práce: Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře

Jméno: Ondřej Novák

Účastník byl do výzkumu zařazen pod číslem: 11

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:



Podpis řešitele:



Datum: 25. 2. 2018

Datum: 25. 2. 2018

Příloha C – Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název bakalářské práce: Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře

Jméno: MUDr. Ivana Správková

Účastník byl do výzkumu zařazen pod číslem: 8

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Podpis řešitele:

Datum:

25. 2. 2018

Datum:

25. 2. 2018

Příloha D – Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název bakalářské práce: Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře

Jméno: Charlotta Moravcová

Účastník byl do výzkumu zařazen pod číslem: 7

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:



Podpis řešitele:



Datum: 25. 2. 2018

Datum: 25. 2. 2018

Příloha E – Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název bakalářské práce: Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře

Jméno: doc. MUDr. Pavel Žák Ph.D.

Účastník byl do výzkumu zařazen pod číslem: 6

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:



Podpis řešitele:



Datum: 25.2.2018

Datum: 25.2.2018

Příloha F – Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název bakalářské práce: Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře

Jméno: MUDr. Martin Správka

Účastník byl do výzkumu zařazen pod číslem: 5

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:



Podpis řešitele:



Datum: 25. 2. 2018

Datum: 25. 2. 2018

Příloha G – Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název bakalářské práce: Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře

Jméno: MUDr. Karel Červíček

Účastník byl do výzkumu zařazen pod číslem: 4

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:



Podpis řešitele:



Datum: 25.2.2018

Datum: 25.2.2018

Příloha H – Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název bakalářské práce: Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře

Jméno: Daniel Moravec

Účastník byl do výzkumu zařazen pod číslem: 3

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:



Podpis řešitele:



Datum:

25.2.2018

Datum:

25.2.2018

Příloha I – Informovaný souhlas

Informovaný souhlas


Název bakalářské práce: Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře

Jméno: Ing. Matěj Správka

Účastník byl do výzkumu zařazen pod číslem: 2

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:



Podpis řešitele:



Datum: 25.2.2018

Datum: 25.2.2018

Příloha J – Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název bakalářské práce: Vlivy nadmořské výšky na organismus člověka z pohledu zdravotnického záchranáře

Jméno: Jakub Správka

Účastník byl do výzkumu zařazen pod číslem: 1 (9)

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:



Podpis řešitele:



Datum: 25. 2. 2018

Datum: 25. 2. 2018

PRŮVODNÍ LIST K REŠERŠI

Jméno: Jakub Správka

Název práce: Vlivy nadmořské výšky na organismus z pohledu zdravotnického záchranáře

Jazykové vymezení: čeština, angličtina, slovenština

Časové vymezení: 2010-2017

Druhy dokumentů: KNIHY (=monografie), sborníky, ČLÁNKY, popř. kapitoly knih či články ze sborníků, abstrakta, kvalifikační (bakalářské a diplomové práce)

Počet záznamů: 53

Použité prameny:

Katalogy knihoven systému Medvik – knihy (=monografie)

Bibliographia medica Čechoslovaca (BMČ – články)

Theses - registr vysokoškolských kvalifikačních prací

Internet

MEDLINE

Vypracoval:

Mgr. Klára Koldová, OISS NLK

koldova@nlk.cz