

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

VLIV VYŠŠÍ NADMOŘSKÉ VÝŠKY NA ÚSPĚŠNOST STŘELBY V BIATLONU

Disertační práce

Mgr. ADÉLA BOUDÍKOVÁ

Školitel: doc. PhDr. Josef Dovalil, CSc.

Konzultant: doc. PhDr. Jiří Suchý, Ph.D.

Praha 2014

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat svému školiteli doc. PhDr. Josefu Dovalilovi, CSc. a konzultantovi doc. PhDr. Jiřímu Suchému, Ph.D. za odborné vedení během doktorského studia. Dále jsem vděčná svým rodičům a příteli za jejich pochopení a podporu.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně a svědomitě. Svými připomínkami mi byl nápomocen především můj školitel a konzultant. Nezneužila jsem žádných dalších prací, a pokud jsem čerpala data z jiných publikací a článků, tak byly náležitě citovány.

Během výzkumu jsem neporušila etická práva testovaných sportovců.

OBSAH

ÚVOD.....	7
1. TEORETICKÁ ČÁST.....	8
1.1. Základní charakteristika biatlonu.....	8
1.1.1. Historie biatlonu.....	9
1.1.2. Základní pravidla biatlonu.....	10
1.1.3. Disciplíny biatlonu.....	12
1.1.4. Struktura sportovního výkonu v biatlonu.....	14
1.1.4.1. Kondiční faktory biatlonu.....	15
1.1.4.2. Somatické faktory biatlonu.....	17
1.1.4.3. Technické faktory.....	18
1.1.4.4. Taktické faktory.....	23
1.1.4.5. Psychické faktory.....	24
1.1.4.6. Shrnutí faktorů ovlivňujících úspěšnost střelby.....	26
1.2. Charakteristika hypoxického prostředí.....	29
1.2.1. Kategorizace nadmořských výšek.....	29
1.2.2. Historie využívání hypoxických podmínek ve sportovním tréninku.....	30
1.2.3. Typy hypoxických podmínek.....	31
1.2.4. Fyziologické adaptační změny organismu vyvolané hypoxií.....	31
1.2.4.1. Zvýšení alveolární ventilace a transportní kapacity kyslíku.....	32
1.2.4.2. Tkáňové změny.....	36
1.2.4.3. Acidobazické změny.....	36
1.2.4.4. Srdeční frekvence.....	37
1.2.4.5. Hormonální změny.....	38
1.2.5. Hypoxie z genetického hlediska.....	39
1.3. Využití hypoxických podmínek ve sportu.....	40
1.3.1. Adaptace na vyšší nadmořskou výšku v přírodních podmínkách.....	40
1.3.2. Adaptace na vyšší nadmořskou výšku v uměle navozených podmínkách.....	44
1.3.2.1. Hypoxické přístroje.....	44
1.3.3. Specifika tréninku ve vyšší nadmořské výšce.....	46
1.3.4. Hodnocení motorické výkonnosti ve vyšší nadmořské výšce.....	47
1.3.4.1. Parametry diagnostiky při pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce.....	48
1.4. Využití vyšší nadmořské výšky v biatlonu.....	52

2.	CÍLE.....	55
3.	HYPOTÉZY.....	55
4	METODIKA.....	56
4.1.	První etapa: Nadmořské výšky světových biatlonových soutěží.....	56
4.2.	Druhá etapa: Vliv výšky na úspěšnost střelby elitních biatlonistů v závodech SP, MS a ZOH.....	56
4.3.	Třetí etapa: Vliv pobytu a tréninku ve výšce na úspěšnost střelby biatlonistů.....	56
4.3.1.	Charakteristika testovaných sportovců.....	58
4.3.2.	Statistika zpracování dat.....	59
5.	VÝSLEDKY.....	62
5.1.	První etapa.....	62
5.2.	Druhá etapa.....	63
5.2.1.	Porovnání střelecké úspěšnosti biatlonistů ve výšce a nížině.....	64
5.2.2.	Porovnání střelecké úspěšnosti biatlonistek ve výšce a nížině.....	66
5.2.3.	Porovnání úspěšnosti střelby biatlonistek a biatlonistů ve výšce.....	68
5.2.4.	Porovnání úspěšnosti střelby biatlonistek a biatlonistů v nížině.....	68
5.3.	Třetí etapa.....	69
5.3.1.	Úspěšnost střelby.....	69
5.3.1.1.	Úspěšnost klidové střelby vleže.....	69
5.3.1.2.	Úspěšnost klidové střelby vstoje.....	71
5.3.1.3.	Úspěšnost střelby vleže po zatížení.....	72
5.3.1.4.	Úspěšnost střelby vstoje po zatížení.....	73
5.3.2.	Rychlost střelby.....	74
5.3.2.1.	Časy klidové střelby vleže.....	74
5.3.2.2.	Časy klidové střelby vstoje.....	75
5.3.2.3.	Časy střelby vleže po zatížení.....	76
5.3.2.4.	Časy střelby vstoje po zatížení.....	77
5.3.3.	Čas běhu ve stanovené intenzitě zatížení.....	78
6.	DISKUZE.....	80
6.1.	Přehled literárních zdrojů souvisejících s vývojem biatlonu na našem území.....	80
6.2.	Nadmořské výšky světových biatlonových soutěží.....	81
6.3.	Vliv výšky na úspěšnost střelby elitních biatlonistů.....	81
6.4.	Vliv pobytu a tréninku ve výšce na úspěšnost střelby biatlonistů.....	84
6.4.1.	Zdůvodnění koncipování designu experimentu.....	86

7.	ZÁVĚR.....	88
8.	ABSTRAKT.....	90
9.	ABSTRACT.....	91
10.	PŘEHLED POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	92
	SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	98
	PŘÍLOHY.....	100

ÚVOD

Biatlon je jedním ze sportů, který je divácky velmi atraktivní, protože běh na lyžích je doprovázen střelbou, kterou může ovlivnit celá řada faktorů, a do posledního okamžiku je výsledek závodu nejistý. Nejen v České republice se biatlon dostává do popředí divácké sledovanosti v zimních olympijských sportech.

Biatlon patří mezi relativně mladé sporty a méně probádané z hlediska sportovního tréninku ve vyšší nadmořské výšce. Trénink ve vyšší nadmořské výšce je považován za jeden z důležitých metodických prostředků rozvoje sportovní výkonnosti a je efektivní zejména pro vytrvalostní sporty, mezi které biatlon patří. Adaptace na vyšší nadmořskou výšku je nadstavbou tréninku v nížině a je praktikována zejména vrcholovými sportovci, a to hlavně z důvodu časové a finanční náročnosti. Pobyt a trénink sportovců ve výšce je důležitý nejen ke zvýšení jejich výkonnosti v nížině, ale také ve vyšší nadmořské výšce, kde se některé biatlonové závody konají. Ohledně problematiky střelby biatlonistů ve vyšší nadmořské výšce lze získat minimální množství dostupných informací, a proto jsme si toto téma zvolili jako klíčové pro sepsání disertační práce.

Dílní výstupy této disertační práce byly průběžně publikovány (Boudíková a Suchý, 2012; Boudíková a Suchý, 2014).

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA BIATLONU

Biatlon je zimní olympijský sport, který se skládá ze dvou disciplín, z běhu na lyžích volnou technikou a střelby z malorážné zbraně vleže a vstoje na 50m vzdálený terč. Sportovní výkon v biatlonu je realizován v široké škále specifických pohybových činností ovlivňovaných množstvím spolupůsobících faktorů. Mezi základní faktory patří somatické, kondiční, technické, taktické a psychické. Savickij (1981) charakterizuje biatlon jako mechanické spojení dvou druhů sportů, speciálním tréninkem v běhu na lyžích a ve střelbě je možné dosáhnout úspěchu v každém sportu zvlášť, ale pouze spojením obou disciplín biatlonu během komplexní přípravy může být zabezpečen úspěch sportovce.

Úkolem biatlonisty je v co nejkratším čase absolvovat na lyžích dané úseky, mezi nimiž musí co nejpřesněji a nejrychleji odstřílet jednotlivé položky na střelnici. Z těchto specifických nároků plyne celá řada požadavků, jež musí biatlonisté splnit a kterými se liší od sportovních střelců nebo běžců na lyžích. Střelba klade na biatlonistu v důsledku opakovaného střídání dvou dílčích sportovních disciplín v průběhu jednoho závodu kvantitativně i kvalitativně rozdílné požadavky na fyzickou a technickou připravenost, psychickou odolnost a takticko - teoretickou vybavenost, než tomu je u sportovních střelců nebo běžců na lyžích.

Zejména zklidnění po zatížení je nezbytné pro správnou a rychlou manipulaci se zbraní, následuje zaujetí správné polohy, míření a přesné spouštění. Dalšími důležitými předpoklady kvalitního výkonu v biatlonu jsou výborná kondiční i psychická připravenost sportovce (Zicháček, 2000). Biatlon oproti běhu na lyžích vyžaduje vyšší silové schopnosti, protože každý biatlonista nese během závodu na zádech minimálně 3,5kg těžkou zbraň (Rundell a Szmedra, 1998).

Základem střelby je aktivace senzomotorických drah, které ovlivňují přesnost střelby prostřednictvím koordinace oko - ruka, práci na spoušti díky jemné motorice ruky a manipulaci se zbraní před, při a po vlastní střelbě (Fencl, 1979). Dále je vyžadována vysoká míra koncentrace pozornosti, odpovědnosti, ukázněnosti a disciplinovanosti. Výstřel v okamžiku nejmenších výkyvů zbraně vyžaduje značné koordinační schopnosti a kvalita jeho provedení je podmíněna dlouhodobým tréninkem (Zicháček, 2000). Stejně jako u sportovní střelby je řešeným úkolem přesnost zásahu.

Na biatlonistu jsou také kladeny větší nároky v oblasti psychiky. Požadavek rychlého a kvalitativně náročného „přeladění“ a přizpůsobení se jiným nárokům na pohybové schopnosti a dovednosti a změněné podmínky pro výkon v průběhu závodu, ale i tréninku vyžaduje od

závodníka především vlastnosti intelektuální. Pro výsledek v běhu je rozhodujícím faktorem fyzická připravenost, oproti tomu pro střelbu jsou značně důležité relativně stabilizované psychické vlastnosti a procesy. Psychické požadavky při běhu se týkají především výrazných volných vlastností (tvrdość, houževnatost, bojovnost) a dále schopnosti vystupňovat výkon v rozhodujících fázích závodu, v podmínkách vyčerpání energetických zásob organismu. Nejpodstatnější psychické požadavky při střelbě jsou kladeny na senzomotorickou koordinaci soustavy „oko - ruka“, na schopnost maximální koncentrace, na správné provedení střeleckého úkolu v podmínkách vysokého fyzického zatížení, na překonávání nepříjemných psychických stavů, na odolnost vůči rušivým vlivům, na schopnost riskovat při rychlé střelbě (zejména závody s hromadnými starty) a na schopnost správně přijímat informace při tréninku a hlavně při závodě a umět je zpracovávat.

Biatlonista musí být dostatečně fyzicky a psychicky připraven, aby byl schopen uskutečnit vícekrát v průběhu závodu nutný přechod mezi fyzicky velmi náročným rychlostně - vytrvalostním během na lyžích volnou technikou a vysokou mírou psychické koncentrace na střelbu po zatížení. Na základě součinnosti těchto schopností může biatlonista dosáhnout požadovaného optimálního komplexního výkonu.

Podstatou komplexního tréninku je nácvik střelecké techniky po zatížení závodního charakteru. Hlavní formou zatížení je běh na lyžích volnou technikou nebo kros a hlavní metodou je opakované probíhání tratě v délce a bezprostředně následující střelba. Dodržení délky úseku je důležité, neboť krátkodobé zatížení, i když vysoké intenzity, se v organismu projevuje jinak než dlouhodobé zatížení v průběhu závodu.

Podle Fencla (1979) je důležité, aby závodník ovládal pravidla závodu nejméně v rozsahu, který se ho bezprostředně týká, dokázal přizpůsobit techniku běhu a střelby své aktuální fyzické kondici, profilu tratě, meteorologickým podmínkám. Dále je podstatné, aby znal pořadí svých soupeřů na startu, měl zažitý rytmus střelby a zautomatizované všechny pohyby na střelnici a aby se uměl oprostít od všech rušivých vlivů na střelnici a při příjezdu na ni.

1.1.1. HISTORIE BIATLONU

Biatlon vychází z přirozených tradic a lidských potřeb. Jeskynní malby lovců na lyžích s luky a šípy jsou datovány na více než 1 000 let př. n. l.

První závody v biatlonu pořádané pohraničními hlídkami proběhly v roce 1767 na hranici mezi Norskem a Švédskem. V roce 1924 byl biatlon zařazen do programu Zimních olympijských her (ZOH) v Chamonix jako ukázkový sport.

V roce 1955 byla vydána první soutěžní pravidla biatlonu a v Melbourne byla o rok později schválena kongresem Mezinárodní federace moderního pětiboje (UIPM), která se následně přejmenovala na Mezinárodní federaci moderního pětiboje a biatlonu (UIPMB). Pravidla byla vytištěna v němčině, později přeložena do francouzštiny, ale německá verze byla při soutěžích považována za oficiální. Povolení volné techniky běhu na lyžích bylo vydáno až v anglické verzi roku 1985, která nahradila německy psaná pravidla (Kašper, 2006).

První mistrovství světa (MS) v biatlonu se konalo v roce 1958 v rakouském Saalfeldenu. Ve Squaw Valley, roku 1960, se stal biatlon oficiální součástí olympiády. Biatlon byl až do roku 1978 určen pouze vojákům, poté se začalo střílet z pušky ráže "22" a vzdálenost dostřelu na terč se zmenšila na 50m. To umožnilo výstavbu sportovních střelnic a biatlonu se mohli věnovat i civilisté. Ženy se poprvé účastnily mistrovství světa v roce 1984 a olympiády roku 1992. Od r. 1985 byla oficiálně povolena volná technika běhu na lyžích. Dalším důležitým krokem byl vznik Mezinárodní biatlonové unie (IBU) roku 1993 (Kašper, 2006).

Na základě požadavků diváků a médií vznikaly nové disciplíny, které byly postupně zařazovány do programu světových pohárů (SP), MS a ZOH. V současnosti je biatlon jedním z divácky nejatraktivnějších zimních sportů, protože biatlonové závody jsou plné zvrátů a o výsledku se rozhoduje do posledních metrů.

1.1.2. ZÁKLADNÍ PRAVIDLA BIATLONU

Biatlon se skládá ze dvou disciplín, z běhu na lyžích volnou technikou a střelby z malorážné zbraně (ráže "22") vleže a vstoje na 50m vzdálený kovový terč. Existují i další obměny biatlonu - letní biatlon, který spojuje střelbu s terénním během, jízdou na kolečkových lyžích nebo na horském kole. Zbraň si závodník veze na zádech pouze v případě, pokud se pohybuje na lyžích nebo kolečkových lyžích, v ostatních případech je uložena ve stojanu na střelnici, protože by zbraň nesená na zádech bránila v pohybu závodníka (Ondráček, 2011).

Biatlon je sport zahrnující střelbu, a proto je důležité, aby každý trenér, obsluhující střelnice a závodník znal důležitá pravidla při pohybu na střelnici. Tito lidé musí být držiteli střeleckého průkazu skupiny B. Nedodržení pravidel může vést až k ohrožení lidského života. Závodník může střílet na střelnici pouze v přítomnosti svého trenéra. Trenér vede střelbu a kontroluje zásahy dalekohledem. Během závodů jsou biatlonisté kontrolováni rozhodčími na střelnici.

Po příjezdu na střelnici si musí biatlonista pohlídat svůj střelecký stav. Pokud by střílel na jiný, tak je mu započteno tolik trestných kol, nebo trestných minut, kolika výstřely zasáhl chybný

terč. V průběhu chybné střelby nesmí být nikým upozorněn. Biatlonista po příjezdu na střeleckou podložku odkládá nejdříve hole a potom podle pravidel sundává ze zad zbraň, jejíž hlaveň musí stále směřovat kolmo k obloze a až při zaujímání střelecké polohy může zbraň sklopit, vložit zásobník a zamířit na terč.

Vzdálenost mezi přední hranou střelecké rampy a lícem kovových terčů je 50m (\pm 1m). Kovových terčů je pět vedle sebe a mají tvar černých kruhů zasazených v bílém poli. Při střelbě náboj odrazí barvu a dalekohledem je možné vidět umístění střely. Terče se musí proto obnovovat nátěrem. To je jeden z důvodů, proč se v tréninku využívá papírových terčů nalepených na kovové.

Průměry černých kruhů pro míření a zásahy:

1) poloha vstoje

- záměrný kruh 115mm
- kruh pro zásah 115mm (na papírovém terči 110mm)

2) poloha vleže

- záměrný kruh 115mm
- kruh pro zásah 45mm (na papírovém terči 40mm)

V biatlonu se u starších kategorií využívá malorážných zbraní, ráže hlavně je 5,6mm („22") long rifle. U mladších kategorií se střílí ze vzduchové zbraně.

Odpor spouště malorážné zbraně musí být minimálně 0,5kg a zbraň musí bez zásobníků a střeliva vážit nejméně 3,5kg. Pokud nejsou dodrženy tyto pokyny, je závodník vyřazen ze soutěže. Zbraň závodník sundává ze zad z bezpečnostního důvodu až na střelecké podložce, přičemž hlaveň zbraně musí směřovat kolmo k obloze. Totéž platí i po dokončení střelecké položky. Mířidla jsou opatřena krycími klapkami, které je vhodné v případě sněhových nebo dešťových srážek během jízdy zavřít.

Biatlonista může použít ke střelbě během jedné položky pouze pět nábojů, výjimkou je štafeta, kdy jich má k dispozici pět a tři rezervní. Závodník musí při každé střelecké položce vystřílet všech pět nábojů, které má v zásobníku. Pokud se tak nestane, může ohrozit bezpečnost a v cíli je diskvalifikován. Při štafetě nemusí rezervní náboje použít.

Podle druhu závodu je každý nezasažený terč penalizován, a to trestnou minutou nebo trestným kolem, které je dáno pravidly IBU a měří 150m (\pm 5m). Biatlonista musí přesně odstřílet položky vleže a vstoje, jak jdou za sebou a podle pravidel pro jednotlivé disciplíny biatlonu. Pokud závodník vystřílí omylem náboje do jiného terče, musí objet pět trestných kol, kterými je penalizován za nezasažení žádného vlastního terče. Za neobjetí plného počtu trestných kol je

biatlonista diskvalifikován (Kašper, 2006).

1.1.3. DISCIPLÍNY BIATLONU

Mezi oficiálně zařazené disciplíny, které jsou součástí národních i mezinárodních soutěží, patří: vytrvalostní závod, sprint, stíhací závod, závod s hromadným startem, štafety a smíšené štafety (tabulka č. 1). V rámci populárních biatlonových exhibic se můžeme setkat s různými obměnami a novinkami, které však nejsou zařazeny do oficiálního programu SP, MS a ZOH.

Vytrvalostní závod

Jedná se o závod s největší tradicí. Muži během nejdelšího biatlonového závodu absolvují 20km a ženy 15km. Startují v třicetisekundových intervalech a závodí na pěti totožných okruzích. Střelba následuje po jednotlivých okruzích následovně: L, S, L, S (L = poloha vleže; S = poloha vstoje). Za každou nezasaženou ránu je závodník penalizován trestnou minutou, která je přičtena k výslednému běžeckému času. Vytrvalostní závod, stejně jako ostatní níže uvedené soutěže, je pravidelně zařazen do programu ZOH, které se konají jednou za čtyři roky. Každoročně je součástí MS a Mistrovství Evropy (ME). V rámci SP, který se každoročně skládá z devíti soutěží, bývá vytrvalostní závod začleněn v průměru třikrát až šestkrát za sezónu.

Sprint

Název disciplíny neodpovídá klasifikaci délky sportovního zatížení, protože z pohledu maximální intenzity pohybové činnosti trvají sprinty přibližně do 20s. Sprint v biatlonu je pojmenován podle pravidel IBU, protože se jedná o časově nejkratší soutěž v rámci individuálních disciplín biatlonu.

Muži během sprintu jedou 10km a ženy 7,5km. Závodníci startují intervalově a během tří okruhů střelí jednou vleže a jednou vstoje. Za každou nezasaženou ránu je závodník penalizován trestným kolem. Výsledek závodu ovlivňuje pořadí stíhacího závodu.

Stíhací závod

Muži absolvují 12,5km a ženy 10km, přičemž startují Gundersenovou metodou – tzn. v pořadí daném výsledkovou listinou sprintu s takovou ztrátou na prvního, jakou dojeli v předchozím sprintu. Závod probíhá na pěti okruzích a střílí se L, L, S, S. Za každý nezasažený terč je biatlonista penalizován jedním trestným kolem.

Závod s hromadným startem

Muži absolvují 15km a ženy 12,5km. Startují hromadně a během pěti okruhů střílí položky L, L, S, S. Za každý nezasažený terč je nutné proběhnout navíc jedno trestné kolo. V závodě startuje 30 nejlepších závodníků světového poháru.

Štafeta

Každou zemi reprezentuje jedna čtyřčlenná štafeta. Muži běží 7,5km a ženy 6km. Od roku 2005 je do biatlonových závodů zařazena i smíšená štafeta 2 ženy (2 x 6km) a 2 muži (2 x 7,5km). Každý absolvuje tři okruhy, při nichž střílí jednu položku vleže a jednu vstoje. Pokud závodník nezasáhne všech pět terčů, má k dispozici 3 náhradní náboje, které musí po jednom dobít. Pokud nezasáhne biatlonista všech pět terčů osmi náboji, jede navíc tolik trestných kol, kolik nezasáhl terčů.

Typ závodu	Délka tratě		Standardní druhy startů a intervalů	Počet okruhů	Střelecké položky	Penalizace za nezasazený terč (5 nábojů na položku kromě štafety)	Celkové stoupání
	ženy	muži					
Vytrvalostní	15km	20km	intervalový	5	L, S, L, S	minuta	400 - 500m
Sprint	7,5km	10km	intervalový	3	L, S	150m	200 - 300m
Stíhací	12km	15km	stíhací	5	L, L, S, S	150m	200 - 350m
Hromadný	12km	15km	hromadný	5	L, L, S, S	150m	350 - 500m
Smíšená štafeta	2 x 5km	2 x 7,5km	hromadný	3	L, S	150m 3 náhradní náboje na položku	150 - 250m
Štafeta	4 x 5km	4 x 7,5km	hromadný	3	L, S	150m 3 náhradní náboje na položku	150 - 250m

Tabulka č. 1: Přehled všech typů závodů v biatlonu, jejich délka v kategorii mužů a žen, druhy startů, počet okruhů mezi jednotlivými střeleckými položkami, druhy penalizací v jednotlivých typech závodů a celkové stoupání na trati (Půža, 2006).

1.1.4. STRUKTURA SPORTOVNÍHO VÝKONU V BIATLONU

Sportovní výkon je jednou z hlavních kategorií sportu a sportovního tréninku, ke kterému je směřována pozornost sportovců, trenérů a dalších odborníků. Základem sportovního výkonu je lidská motorika, která je definována jako souhrn všech tělesných pohybů a projevů člověka a je úmyslně řízena centrálním nervovým systémem.

Sportovní výkon je možné interpretovat jako vymezený systém prvků, který má určitou strukturu, tedy zákonité uspořádání a propojení sítí vzájemných vztahů. Struktura sportovního výkonu je založena na jednotlivých faktorech, které ho různou měrou ovlivňují (Dovalil a kol., 2012). Mezi základní faktory patří somatické, kondiční, technické, taktické a psychické. Sportovní výkon v biatlonu je realizován v široké škále specifických pohybových činností, které jsou ovlivněny těmito spolupůsobícími faktory.

1.1.4.1. Kondiční faktory biatlonu

Za kondiční faktory sportovního výkonu jsou považovány pohybové schopnosti, které se dělí na silové, rychlostní, vytrvalostní a koordinační a pohyblivost.

Biatlon v sobě zahrnuje běh na lyžích a střelbu, dvě zcela odlišné sportovní odvětví, přičemž každé vyžaduje určité specifické nároky na sportovce. Kombinací těchto dvou disciplín se biatlon specializuje a odlišuje od běhu na lyžích nebo sportovní střelby. Střelba v maximálním fyzickém zatížení, běh přerušovaný střelbou, nesení minimálně 3,5kg těžké zbraně, která limituje závodníka ve svém pohybu, to jsou faktory, které mají zásadní vliv na pohybové schopnosti biatlonistů. Sportovní výkon biatlonisty je dále podmíněn rychlou manipulací se zbraní, plynulým spouštěním a kvalitou zásahů, rytmem střelby a rychlou přípravou na střeleckém stanovišti a jeho rychlém opuštění.

Fencel (1979) ve své práci poukazuje na nejdůležitější kondiční faktory uplatňující se v biatlonu, a to na rychlostně silovou vytrvalost, sílu, obratnost a rovnováhu. Vondruška (1983), Loužecký (1985), Vojtíšek (1989) a další zastávají názor, že biatlon je sport vytrvalostního charakteru se specifickým zaměřením na střelbu. Na jedné straně stojí fyzicky náročný vytrvalostní běh, který klade nároky na vytrvalost a rychlost, na straně druhé střelba, která vyžaduje maximální soustředění, jemnou senzomotorickou koordinaci, kterou musí biatlonista realizovat v relativně krátkém časovém úseku. Na silovou složku pohybu je kladen u biatlonistů větší důraz než u běžců na lyžích z důvodu nesení těžké zbraně. Ondráček (1999) také poukazuje na zásadní vliv rychlosti, síly a vytrvalosti na výsledný výkon biatlonistů, ale také upozorňuje na vliv profilu tratě a měnící se amplitudu i charakter psychického vypětí.

Úspěšná střelba je výsledkem sladění pohybů, které jsou ovlivněny základními fyziologickými funkcemi zatíženého organismu (dechové a srdeční frekvence, svalového tonu atd.). Při přípravě ke střelbě a jejím provedení se uplatňují pohyby využívající hrubé i jemné motoriky, které jsou částečně i značně zautomatizované. Všechny jsou však prováděny s velkým důrazem na přesnost.

Pohyb biatlonisty vychází z rychlostně - silově vytrvalostních schopností. Závod trvá desítky minut, přičemž se využívá několika systémů metabolického krytí: anaerobní alaktátový (ATP - CP systém), anaerobní laktátový (La - systém), aerobní (O₂ - systém). Všechny disciplíny biatlonu představují převážně aerobní zatížení s velkým výdejem energie, který je závislý na délce, profilu a charakteru trati, na rychlosti i technice běhu.

Biatlonisté během závodu získávají energii zejména z oxidativních procesů, ale současně i z vysokého podílu neoxidativních reakcí, které způsobují vysoké hodnoty koncentrace laktátu v krvi

(Zicháček, 2000). Tyto vysoké nároky na aerobně - anaerobní kapacitu biatlonistů jsou podle autora srovnatelné s kapacitou běžců na lyžích. Nejen běh na lyžích s nesením zbraně, dále přestávky pro střelbu, vysoké energetické nároky vytrvalostní pohybové činnosti, ale také charakter tratí daný pravidly limitují sportovní výkon v biatlonu.

Při vystupňování svalové činnosti za využití smíšeného aerobně - anaerobního metabolismu se vytváří individuální podmínky ke střelbě. Výrazné pohyby hrudního koše při dýchání a vysoká tepová frekvence způsobují relativně značné pohyby těla, a ovlivňují tím stabilitu soustavy „závodník - zbraň“. Fyziologicky vznikají významné rozdíly v tom smyslu, že při sportovní střelbě výkon podmíněný tzv. „klidovým“ stavem organismu nemůže být prakticky vůbec docílen biatlonistou, který je pod vlivem vysoké intenzity zatížení. Doba potřebná k obnovení takového stavu organismu, který by byl příznivý pro výborný střelecký výkon, by byla tak dlouhá, že v podmínkách biatlonového závodu není možné ani účelné tohoto obnovení docílit. Taktické prodloužení tzv. zotavovací doby od příjezdu závodníka na střelnici až po vypálení první rány, včetně více či méně zpomaleného tempa běhu před střelnicí, nemůže vytvořit příznivý stav pro výborný střelecký výkon, neboť při biatlonu není možné zajistit požadované vhodné předpoklady pro „klidový“ stav organismu (Zicháček, 2000).

V rámci světových soutěží jsou vrcholoví biatlonisté schopni přijet na střelnici při tepové frekvenci (TF) 180 - 160t.min⁻¹ [tepy za minutu], první výstřel provádět při hodnotě TF 170 - 140t.min⁻¹ a při odjezdu se jejich TF pohybuje většinou mezi 140 - 120t.min⁻¹ (Ondráček, 1999). Hoffman a Street (1992) uvádějí, že průměrná TF biatlonistů během závodu se pohybuje okolo 90% maximální tepové frekvence (TF_{max}), dále tepová frekvence klesá přibližně o 10 - 12t.min⁻¹ v čase 50 - 60s před vstupem na střelecké stanoviště. Při příjezdu na střelecké stanoviště je tepová frekvence podobná pro střelbu vleže i vstoje, v průměru 85 - 87% TF_{max}. Průměrně minimální tepové frekvence dosahují biatlonisté během střelby 61 - 73% TF_{max}, přičemž u střelecké polohy vleže je tepová frekvence nižší, průměrně o 20t.min⁻¹ než u polohy vstoje. Nižší TF byla zjištěna z toho důvodu, že poloha vleže je časově náročnější než poloha vstoje, zejména kvůli ulehnutí na podložku, upevnění zbraně za řemen na paži a zvednutí se z podložky. Poloha vleže je také méně energeticky náročná, protože umožňuje relaxovat více svalových skupin než poloha vleže.

Gros Lambert a kol. (1998) zjistili, že pokud elitní biatlonisté snížili srdeční a dechovou frekvenci před příjezdem na střelnici, tak dosáhli lepší stability držení zbraně. Při vysokém stupni únavy biatlonisté při příjezdu na střelnici dříve zpomalují a déle zaměřují cíl. Únava dále snižuje i schopnost vnímání a zhoršuje přizpůsobení se aktuálním přechodům mezi střelbou a během střelby (Nibbeling a kol., 2013). Biatlonista musí na základě své tréninkové přípravy být schopen v co nejkratším čase dostat TF po střelecké poloze zpět na hodnotu TF pro optimální běžecký výkon

podle charakteru a typu závodu. Hodnoty TF se individuálně liší vlivem některých faktorů, jako jsou např. fyzická připravenost a aktuální zdravotní stav, motivace do závodu a hladina psychického vypětí, stres, únava, charakter terénu, úroveň zvládnutí dynamických stereotypů pro běžeckou i střeleckou část biatlonového závodu.

Běh na lyžích volnou technikou je velmi náročný sportovní výkon vytrvalostního charakteru podložený vysokou mírou rychlostně - silových schopností.

Paugschová (2000) udává hodnoty VO_{2max} u vrcholových běžců na lyžích v rozmezí mezi 75 - 90ml.kg⁻¹, u běžkyň mezi 65 - 70ml.kg⁻¹. V tabulce č. 2 jsou uvedeny i další parametry vrcholových závodníků (Melichna, 1995).

ukazatel	muži	ženy
Vitální kapacita plic (l)	6	5,4
VO_{2max} (l.min ⁻¹)	5,8	4,3
VO_{2max} .kg ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	78	67
V_{max} (l.min ⁻¹)	150	120
LA_{max} (mmol.l ⁻¹)	13,6	16
Maximální výkon (W)	480	370
Maximální výkon (W.kg ⁻¹)	6,3	5,7
Celková mech. účinnost (%)	22	22,5

Tabulka č. 2: Hodnoty vybraných funkčních ukazatelů vrcholových biatlonistů (Melichna, 1995).

1.1.4.2. Somatické faktory

Důležitými činiteli ovlivňující sportovní výkon jsou somatické faktory, které jsou převážně geneticky podmíněné a relativně stálé. Každý sport klade na sportovce specifické požadavky, a proto je pro každé sportovní odvětví charakteristický určitý typ somatotypu. Mezi hlavní somatické faktory patří výška a hmotnost těla, délkové rozměry a poměry, složení těla a tělesný typ.

Morfologické faktory biatlonistů vychází zejména z vytrvalostního výkonu podávaného v běhu na lyžích. Z výzkumů vyplynulo, že u vrcholových běžců neexistuje těsnější vztah mezi tělesnou výškou, hmotností a úrovní sportovní výkonnosti (Potměšil a kol., 1974; Choutka, 1981), ale bez vhodného somatotypu se nemůže závodník zařadit mezi elitní běžce na lyžích, ani po dostatečném tréninku.

Sobolová a Zelenka (1973) hodnotili vybrané somatické faktory biatlonistů v době, kdy ještě

závodili klasickým stylem běhu na lyžích. Zjistili, že vhodný somatotyp vykazují biatlonisté o výšce 172cm a hmotnosti 67kg a že vrcholné výkonnosti dosahují ve věku 26 let. Také uvádějí, že u menších biatlonistů (do 170cm) nedochází k tak častým zdravotním problémům, zejména s bolestí páteře a zádového svalstva. Menší vzdálenost mezi těžištěm zbraně a těla sportovce je důvodem menšího zatěžování páteře nesenou zbraní.

Melichna (1995) hodnotil somatotyp biatlonistů v době, kdy využívali pouze volné techniky běhu na lyžích, a zjistil, že nejvýhodnější morfofunkční charakteristiku splňují muži, kteří měří 180cm a více, váží v průměru 74kg a jejichž procenta tuku se pohybují mezi 4 - 6%. Ženy by měly optimálně dosahovat výšky 170cm, váhy 64kg a procent tuku v rozmezí 8 - 12%. Věk vrcholné výkonnosti se podle něj pohybuje u mužů mezi 25 - 30 lety a u žen 21 - 26 let s možnou odchylkou na obě strany. Období maximální výkonnosti bylo potvrzeno i pozdějšími výzkumy. Bylo zjištěno, že ženy dosahují prvních míst ve vytrvalostním závodě v průměru ve 24 letech a v rychlostním ve 26. U mužů se vrcholný věk pohyboval mezi 24 až 28 lety (Wick, 1997).

1.1.4.3. Technické faktory

Technika je charakterizována jako účelný způsob řešení pohybového úkolu (Dovalil a kol., 2012). Základním předpokladem k technicky správnému provedení pohybové činnosti je dovednost, kterou je možné získat učením, přičemž cílem je správně, rychle a úsporně vyřešit určitý úkol. Technické faktory jsou v biatlonu reprezentovány komplexem pohybových dovedností (běh na lyžích, odraz a skluz) a dále dovednostmi spojenými se střelbou a manipulací se zbraní.

Technika střelby a manipulace se zbraní

Střelba v biatlonu je typem senzomotorického výkonu s poměrně malým počtem pohybových dovedností. Jejich struktura je většinou jednoduchá, standardizovaná a variabilita struktur malá (Choutka, 1981).

Manipulace se zbraní a střelba musí být značně zautomatizované, aby je mohl biatlonista provádět co nejbezpečněji a nejrychleji, a to i při velké únavě. Na rozdíl od sportovních střelců se nemusí snažit zasáhnout absolutní střed terče.

Stabilita držení zbraně a střelecká výkonnost není významně zlepšena přidáním zátěže na různá místa na zbraní (Hoffman a Hartner, 1993).

Podstatné je, aby závodník aktuálně reagoval korekcí mířidel na změny povětrnostních podmínek (Zicháček a Ondráček, 2004). Vnímavost okolních zvuků a soupeřů během střelby by měla být co nejvíce potlačena a biatlonista by se měl plně soustředit na svůj výkon.

Správný postup manipulace se zbraní před, při a po střelbě byl převzat z práce Ondráčka (2011).

Popis dovednosti manipulace se zbraní po příjezdu na střelnici

- 1) Otevření ochranné klapky ústí hlavně chránící mušku a ústí před vniknutím sněhu při pádu nebo při sněžení.
- 2) Sejmутí zbraně ze zad a pokleknutí na jedno koleno. Zbraň je sejmuta tak, že je uchopena pravou rukou za hlaveň, přizvednuta a současně uvolněna levá paže a rameno z nosného řemene. Vzápětí dochází k pokleku na druhé koleno (v případě polohy vleže), uchopení zbraně levou rukou za předpažbí v místě zarážky, kde je rovněž uchycen upínací řemen.
- 3) Otevření závěru, zasunutí nebo výměna zásobníku.
- 4) Zalehnutí na podložku a zaháknutí upínacího řemene (v případě polohy vleže).
- 5) Zavření závěru, otevření ochranné klapky na dioptru, eventuálně korekce mířidel.
- 6) Zaujmutí polohy směrem k terči a stranou a výšková úprava polohy (hrubé zaujmutí polohy), upřesnění polohy zbraně ve vztahu k tělu, upevnění držení zbraně, zafixování míření.

Střelba a manipulace se zbraní po ukončení střelby

- 1) Hrubé zamíření, dýchání a namáčknutí, přičemž je nutné dosáhnout maximální koncentrace.
- 2) Zadržení dechu, jemné domíření, precizace míření a spuštění rány.
- 3) Odhled spuštění rány.
- 4) Následuje další střelba v zažitém rytmu.
- 5) Po poslední ráně ukončující položku musí následovat vizuální kontrola terčů, a tím i zjištění stavu dosaženého výsledku. Toto je velmi důležité zejména v disciplínách, u kterých závodníci za nezasazený terč absolvují trestné kolo.
- 6) Pokračuje odháknutí upínacího řemene, pokleknutí, zavření klapek na mířidlech a nasazení zbraně, provedené následovně: zbraň je uchopena levou rukou za hlaveň nebo za upevňovací zařízení nosných řemenů tak, že je podvlečena levá ruka pod nosným řemenem. Dále je provlečena pravou rukou za druhým nosným řemenem, uvolněno sevření, kdy dojde ke spuštění zbraně na záda.
- 7) Uchopení holí, několik rychlých kroků a odjezd ze stanoviště, dále pak nasazení holí.

Zaujmutí polohy vleže

Biatlonista při zalehnutí zaujímá takovou polohu, při níž osa těla svírá se směrem střelby úhel 15 - 25° (Zicháček, 2000). Důraz je kladen na správnou orientaci celého těla vzhledem k rovině výstřelu. Orientace těla musí být zautomatizována, protože během závodu již nemá závodník možnost ji ověřit, zejména když se nachází na jiném stanovišti než při nástřelu před závodem.

Při provedení zalehnutí a všech dalších potřebných úkonů (zapnutí řemene, zasunutí zásobníku atd.) se doporučuje na krátký okamžik zavřít obě oči. Při jejich otevření, míří-li zbraň jinak než přímo na terč, provede sportovec korekci polohy.

Zaujmutí polohy vstoje

Poloha vstoje je méně stabilní v porovnání s polohou vleže, protože u polohy vstoje je těžiště těla výše a plocha opory je daleko menší než u polohy vleže. Poloha vstoje navíc neumožňuje úplné uvolnění některých svalů potřebných k udržení postoje a současně k podpírání zbraně. Postup při střelbě vstoje se příliš neliší od střelby vleže, rozdíl lze nalézt v tom, že vstoje se stílí ve vzpřímené poloze a zbraň se neupevňuje do upínacího řemene.

Nejčastější rušivé vlivy při zaujímání střelecké polohy

- překázení si se soupeři při příjezdu na střelecké stanoviště
- úspěch soupeřů z vedlejších střeleckých stanovišť
- sníh v mířidlech
- závada na zbrani
- klimatické podmínky
- hlučné prostředí
- negativní psychofyzický stav
- nerovná úprava střeleckého stanoviště

Míření

Hlavní principem míření je vystředění hledí zbraně, středu kruhové mušky a terče do jedné linie. Míření je však z důvodu nestability polohy neustálé, a proto vyžaduje trénovanou zrakově -
- pohybovou koordinaci biatlonisty.

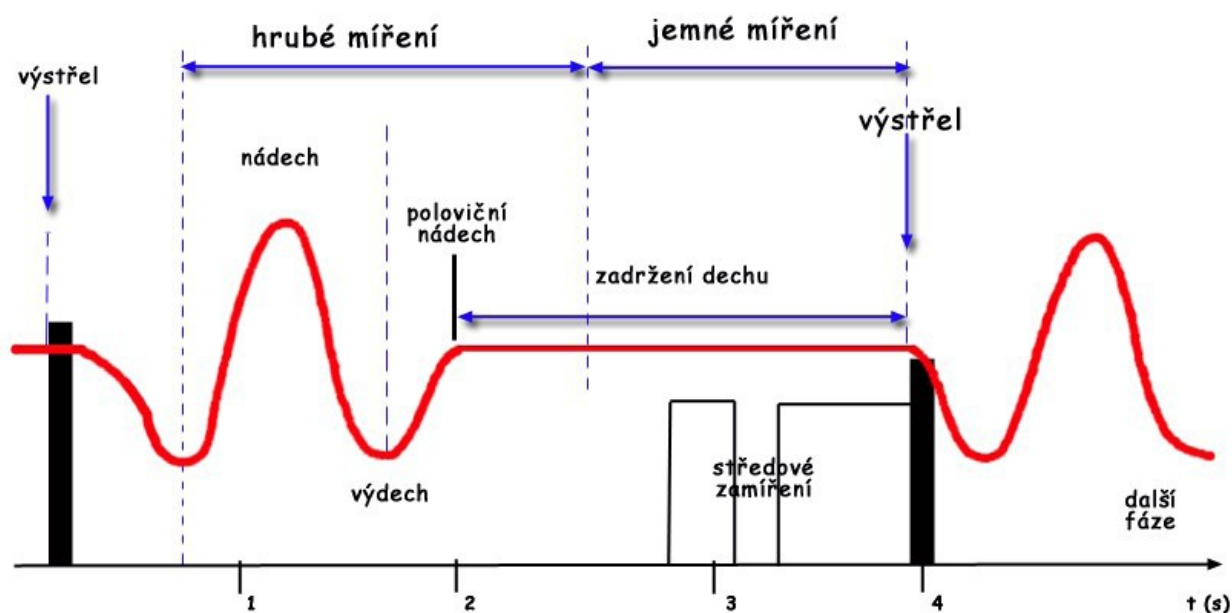
Dýchání

Existují dva možné způsoby dýchání během střelby biatlonistů. Prvním z nich je střelba při zastavení dýchání po výdechu, což umožňuje větší uvolnění dýchacích svalů, ale sportovec má pocit dušnosti a potřebuje se po předchozím zatížení znovu nadechnout, což snižuje dobu pro vypracování výstřelu.

Sportovec se však subjektivně lépe cítí při střelbě po nádechu, protože jeho krev je aktuálně lépe okysličená než v prvním případě, ale dýchací svaly nejsou tolik relaxované. Během závodu však zadržení dechu po nádechu může být výhodnější z důvodu většího okysličení tkání.

U střelby vleže by se zbraň měla pohybovat během výdechu směrem dolů a při nádechu nahoru. V rámci střelby vstoje by to mělo být naopak, protože během nádechu se roztahuje hrudní koš a zvedá zbraň směrem nahoru. Dýchání a střelba u polohy vstoje může být problémem hlavně u žen, protože ve většině případů využívají hrudní dýchání, což vede k opačnému pohybu zbraně při nádechu (Jurjev, 1966).

Průběh pohybů hlavně zbraně v závislosti na míření a dýchání je vyjádřen v obrázku č. 1.



Obrázek č. 1: Perioda pohybu hlavně u zbraně v rámci jednoho výstřelu na terč (Ondráček, 2011; Jurjev, 1966).

Spouštění

Spouštění je nejdůležitějším faktorem přesnosti střelby, je závěrečnou a nejobtížnější fází střelby a musí být v souladu s mířením a dýcháním. Poslední článek ukazováčku musí plynule a nezávisle na ostatních prstech ruky vyvíjet tlak na spoušť ve směru osy hlavně a postupně jej zvyšovat. Rychlým zvýšením tlaku na spoušť je zbraň vychýlena ze správné polohy a dochází ke stržení rány. Míření a výstřel jedné rány by měl trvat 3 - 8s. Trvá-li spouštění déle, rozostří se mířidla. V tomto případě by měl biatlonista odložit ránu a znovu zamířit.

Střelba biatlonisty probíhá ve stavu fyzické únavy, při vysoké srdeční a dechové frekvenci a při vysokém podráždění nervového systému. Rytmus střelby by měl být vžitý, pravidelný a v souladu s dechovou a srdeční frekvencí sportovce. Pokud je frekvence střelby nepravidelná, většinou biatlonista zasáhne méně terčů.

Rychlost střelby

Biatlonista musí po příjezdu na střelecké stanoviště reagovat na celou řadu okolností: zjistit sílu a směr větru a podle toho upravit mířidla, dále kontrolovat, jestli obsadil správné střelecké stanoviště a zda střílí na svůj terč. Proto je důležité, aby manipulace se zbraní a vlastní střelba byly dlouhodobým tréninkem maximálně zautomatizované pohybové činnosti a biatlonista se mohl soustředit na proměnlivé okolnosti (Ondráček, 2011).

U rychlosti (frekvence) střelby je důležité, aby biatlonista neměnil své návyky a nesnažil se střelbu zrychlit. Je nezbytné, aby podával v závodě stejný výkon jako v tréninku a nesnažil se vědomě zvyšovat maximální úsilí za vidinou lepšího výkonu v závodě než v tréninku (Pichler, 2004). Pokud by chtěl biatlonista měnit své střelecké návyky, je nutné dlouhodobějšího tréninku, jinak může dojít ke snížení úspěšnosti střelby.

Rychlost střelby biatlonistů prochází neustálým vývojem a je patrný jednoznačný trend postupného zkracování časového intervalu pro absolvování střelecké položky. Zicháček a kol. (2002) uvádějí, že v průběhu let 1996 - 2002 došlo ke zrychlení času střelby ve vytrvalostním závodě o 14s. Wick (1992) udává zkrácení rytmu střelby ze 4 - 5s na 2 - 3s a vyšší požadavky na výkon v rychlosti a přesnosti. Nejlepší sportovci jsou schopni střeleckou položku vstoje provést v celkovém intervalu 19 - 20s. Poloha vleže je pomalejší z důvodu ulehnutí biatlonisty na podložku a upínání zbraně do řemenu umístěného na paži. Elitní biatlonisté absolvují polohu vleže přibližně za 22 - 25s.

Rychlost střelby je v rámci světových soutěží měřena od vstupu biatlonisty na střelecké stanoviště až po jeho opuštění.

Technika běhu na lyžích

V biatlonu se od roku 1985 využívá volné techniky běhu na lyžích, která se shoduje s volnou technikou běžců na lyžích. Klasické techniky běhu na lyžích beze zbraně využívají biatlonisté v tréninku minimálně. Biatlonisté však v porovnání s běžci na lyžích musí mít větší silové schopnosti než běžci na lyžích z důvodu nesení zbraně.

Zbraň o váze minimálně 3,5kg běh ztěžuje, omezuje jeho uvolněnost a rozsah pohybu (Levora, 1985). Podle Paugschové (2000) negativně ovlivňuje techniku běhu, omezuje volnost pohybu běžce a zapojení potřebných svalových skupin a ztěžuje vhodné provedení běžecké techniky v plném rozsahu. Přestože je technika běhu při biatlonu podobná jako u běhu na lyžích, nesení zbraně má vliv na vzpřímenější postoj, zkrácení a zrychlení kroků. Rundell a Szmerda (1998) však toto omezení z hlediska ztráty energie jednotlivých závodníků považují za velmi individuální. Ve vyšší nadmořské výšce by měl být běžecký výkon vahou zbraně více negativně ovlivněn (Půža, 2006).

1.1.4.4. Taktické faktory

Taktika je jedním z faktorů, které se dají do určité míry ovlivnit a naučit. Střídáním střelby a běhu na lyžích musí závodník měnit krátkodobou koncentraci pozornosti při střelbě a dlouhodobou volní koncentraci pozornosti při běhu na lyžích.

Mezi základní taktické prvky v biatlonu patří znalost důležitých pravidel biatlonu a pořadí soupeřů na startu, správné rozvržení sil vycházející z aktuální fyzické kondice a podmiňující úspěšnou střelbu. Dále je nutné, aby biatlonista nevnímal rušivé vlivy při příjezdu na střelnici a při střelbě (Fencel, 1979). Pomocí taktického myšlení by měl biatlonista umět během závodu vyhodnotit aktuální situaci a vymyslet taktický plán, díky kterému může zvítězit nad ostatními (Vojtíšek, 1984). Taktické schopnosti biatlonisty spočívají v neustálé organizaci měnících se podmínek vnějšího a vnitřního prostředí, ve kterém dochází k neustálým změnám v psychickém a funkčním stavu organismu a které má za následek formování a provedení nejefektivnějšího postupu vypracování každého výstřelu (Provazník, 1989).

Výsledek méně ovlivní špatná střelba než čas běhu, proto by z taktického hlediska měli

biatlonisté trávit na střelnici co nejméně času, výjimkou je vytrvalostní závod, kde se nezasažený terč penalizuje trestnou minutou (Paugschová, 2000). Dále Paugschová uvádí, že největší vliv na výsledek má čas běhu na prvním úseku a úspěšnost střelby v poslední střelecké položce. Názory autorů studií týkajících se soustředění na střelecký výkon v biatlonu se liší. Někteří tvrdí, že je důležité, aby se biatlonista soustředil pouze na jednotlivé rány a případné nezasažení terče nebral při dalším spouštění na vědomí (Vojtíšek, 1984). Jiní zastávají názor, že je nutná okamžitá kontrola a v případě minutí terče je nezbytné, aby biatlonista upravil podle potřeby polohu těla při střelbě (Zicháček, 2000).

1.1.4.5. Psychické faktory

Přestože struktura výkonu vychází ze sportovní specializace (s odpovídajícími faktory kondičními, somatickými, technickými a taktickými), mají u všech typů výkonů zásadní význam psychické faktory (obrázek č. 2). Vyplývá to z mimořádné náročnosti soutěžních situací na psychiku člověka.

Na základě výzkumů bylo zjištěno, že neexistuje ideální univerzální profil osobnostních faktorů jako zaručený předpoklad úspěšných sportovních výkonů, ale že nejlepších výkonů dosahují sportovci s velmi pestrým profilem vlastností (Hošek, 1979). Proto zde nebudou uvedeny obecné psychické předpoklady, ale faktory, které mohou psychiku biatlonisty ovlivnit.

Psychický stres biatlonistů vzniká zejména z obav o výsledek střelby a z důvodu vlivu okolního prostředí (hluk na střelnici, diváci) (Petrovič, 2005). Dále se musí během závodu vyrovnat s několika zátěžovými faktory, mezi které patří vysoké fyzické zatížení, manipulace s výstrojí, výzbrojí a možnost jejího selhání, bezprostřední souboj se soupeři, výroky rozhodčích a trenérů, dílčí neúspěch v závodě, negativní aktuální psychický stav a další (Nitzsche, 1988). K ovlivnění psychických pochodů biatlonisty dochází při problémech s materiálním vybavením, a to zejména při závadě na zbraní, při zamlžení mířidel sněhem nebo kapkou vody, při nerovné úpravě stanoviště, při pomalejších lyžích než mají ostatní závodníci, atd. Další rušivé elementy vznikají během kontaktu se soupeři, závodníci si mohou překážet při příjezdu na střelecké stanoviště, také úspěšná střelba biatlonisty může negativně ovlivnit střelbu souseda, nezachycený nástup jednoho závodníka v běžecké části může ještě víc zpomalit druhého. K negativnímu ovlivnění psychiky může dojít také chybami sportovce samotného, kdy při prvním neúspěšném zásahu nebo položce mohou následovat další nezasažené terče, naopak při úspěšných prvních položkách může dojít ke ztrátě koncentrace, nebo ke zvýšení stresu pod vidinou vítězství a v poslední položce terče nezasáhne. Sklopné terče

ovlivňují velkou měrou psychiku biatlonisty, protože sportovci mají okamžitou zpětnou vazbu při jejich zasažení nebo minutí.

Mezi základní psychické předpoklady v biatlonu patří vysoké volní úsilí, které je nezbytné k udržení co nejlepší techniky a nejvyšší rychlosti běhu na lyžích a k překonávání únavy při střelbě. I přes vysoké psychomotorické zatížení musí biatlonista při střelbě zvládat jemnou motoriku a koordinaci oko - ruka. Unáhlená nebo naopak váhavá rozhodnutí negativně ovlivňují střelecký výkon. Důležitým prvkem taktiky v biatlonu je tedy přiměřené komplexní rozhodování, které vychází z uvědomění si cíle snažení, z vysoké úrovně osvojené autoregulace i dostatečné frustrační tolerance vůči zátěžovým faktorům (Slepička a kol., 2006).

Pokud chtějí trenéři po svých svěřencích psychicky stabilní střelecké výkony, musí být biatlonisté na závod kvalitně připraveni. Základním předpokladem je, že budou v závodě podávat stejný výkon jako v tréninku a nebudou se snažit vědomě zvyšovat maximální úsilí za vidinou lepšího výkonu v závodě než v tréninku (Pichler, 2004).



Obrázek č. 2: Psychické nároky v biatlonu (Ondráček, 2011; Nietzsche, 1988).

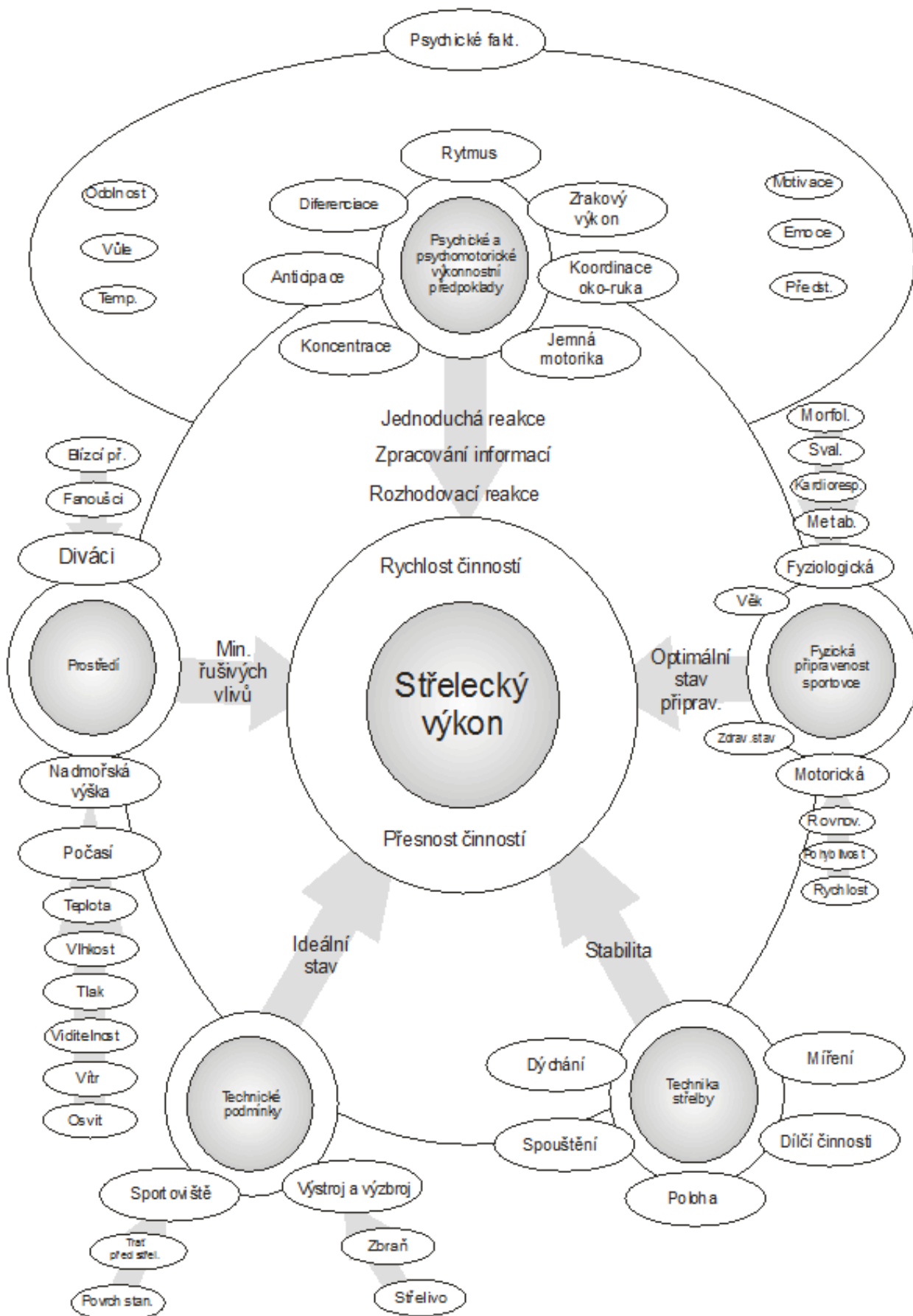
1.1.4.6. Shrnutí faktorů ovlivňujících úspěšnost střelby

Přesná a rychlá střelba patří mezi základní předpoklady kvalitního výkonu v biatlonu. Úspěšnost střelby různou měrou ovlivňuje celá řada faktorů (obrázek č. 3). Střelba v biatlonu je souborem individuálních schopností a dovedností sportovce, technických, tréninkových a klimatických podmínek, z nichž každá může mít na konečný střelecký výsledek vliv (Ondráček, 2011). Úspěšnost střelby je výsledkem pohybových dovedností biatlonistů.

Základem úspěšné střelby je senzomotorická koordinace oko - ruka, která musí být podpořena dostatečnou mírou koncentrace biatlonisty na střelecký výkon. Jemné dovednosti malých svalových skupin důležitých ke spouštění a hrubá motorika nezbytná pro manipulaci se zbraní a zaujímání střelecké polohy jsou zásadní předpoklady úspěšné střelby (Hošek, 1979).

Úspěšná střelba musí být podpořena správnou technikou střelby, tedy přesným zaujetím střelecké polohy, mířením a souhrou dýchání a spouštění. Z důvodu časové tísně musí být všechny pohybové úkony rychle provedeny. Aby byla střelba v závodním zatížení úspěšná, musí být tyto dovednosti zautomatizovány dlouhodobým tréninkem, avšak provedeny za účasti optimální koncentrace pozornosti. Při neúspěšné střelbě je závodník za každý nezasažený terč penalizován trestným kolem, nebo trestnou minutou. Nepřesné zásahy mohou být způsobeny především blokací jemné svalové koordinace emocionálním napětím, únavou, nebo krátkým odpoutáním od hlavní činnosti (Itkis, 1986). Ztráta koncentrace biatlonisty a snížená schopnost přesnosti pohybů prstu vycházející z jemné motoriky vede během střelecké položky k zvýšení počtu nezasažených terčů, zejména u posledního výstřelu v položce (Wick, 1997).

Psychické aspekty sportovního výkonu se významnou měrou podílí na střelbě. Základními osobnostními rysy úspěšné střelby je vysoké sebevědomí, vůle a motivace, dále schopnost zlepšovat se, vysoká emocionální stabilita (i po neúspěšné střelbě), samostatnost, důslednost, férové chování, schopnost přijmout, vyhodnotit i zpracovat informace během závodu. Ondráček (2011) zjišťoval, které faktory vnímají biatlonisté jako nejdůležitější pro úspěšné provedení střelby. Biatlonistky, biatlonisté i trenéři se shodli, že nejvíce ovlivňuje úspěšnost střelby během závodu psychika sportovce. Na druhém místě se shodovali trenéři s biatlonistkami v tepové frekvenci, biatlonisté preferovali dechovou frekvenci. Fořt (1983) potvrdil, že dechová frekvence je dominantní složkou střelecké úspěšnosti. Poté následovaly další aspekty jako povětrnostní podmínky, technika střelby, kvalita zbraně a nábojů a kvalita střeleckého stanoviště.



Obrázek č. 3: Faktory ovlivňující úspěšnost střelby v biatlonu (Zicháček, 2004).

Kondice úzce souvisí se střeleckou úspěšností. Rozvoj silových schopností, schopnost práce v kyslíkovém dluhu, zvýšená propriocepce posturálního svalstva a dobrá funkčnost zrakového analyzátoru vedou ke zvýšení výkonnosti biatlonisty.

Základním požadavkem, z kterého vychází efektivní technika střelby, je výstřel provedený v relativním klidu soustavy střelec - zbraň. Schopnost regulace svalového napětí umožňuje uvolněné držení zbraně, což je důležité pro minimální přenos svalového tremoru na zbraň (Levora, 1985). Hoffman a kol. (1992) zjistili, že během zatížení stejné intenzity se méně snižuje přesnost střelby vleže, než vstoje. Nižší úspěšnost střelby vstoje souvisí především s horší stabilitou držení těla a zbraně. U střelby vstoje je těžiště biatlonisty výše než u střelby vleže a opora o podložku u střelby vstoje je minimální. Horší stabilita držení zbraně u střelby vstoje je kompenzována větší velikostí záměrného terče než u střelby vleže.

Zvýšená tepová frekvence způsobuje rytmické pohyby zbraně, a tím snižuje stabilitu výstřelu. Aby došlo k poklesu tepové frekvence, měl by biatlonista snižovat příjezdovou rychlost na střelnici. Vhodná tepová frekvence pro střelbu je individuální. Paugschová (2000) doporučuje přizpůsobit dýchání rytmu střelby.

Během střelby musí být dýchání hluboké. Povrchové dýchání by po náročném fyzickém zatížení bylo nedostačující, zvláště ve vyšší nadmořské výšce (Zicháček, 2000). Míření a spouštění by mělo proběhnout v apnoické pauze, kdy biatlonista zadržuje dech po krátkém výdechu, nebo nádechu. Apnoická pauza by neměla trvat déle než 4 - 8s, protože může dojít k nedokysličení svalů a mozku, a to může vést k destabilizaci střelecké polohy a zhoršení zrakové kontroly během střelby (Jurjev, 1966).

Jedním z důležitých faktorů ovlivňujících střelbu jsou přírodní podmínky. Při větších mrazech nebo vlhkosti vzduchu dochází často k namrzání prstů biatlonistů, zejména biatlonistek, což vede k snížení citlivosti malých svalových skupin umožňujících pohyb ukazováčku, který je podstatný pro spouštění. Déšť, padající sníh, mlha nebo slunce mohou mít zásadní vliv na přesnost střelby. Přírodní podmínky mohou být jednou z příčin chyb při střelbě také z důvodu časového stresu nutícího k co nejrychlejší střelbě (Kubáščík a Paugschová, 2003). Náročný profil trati nebo vyšší nadmořská výška vedou k vyšším energetickým nárokům na organismus, což vede ke kumulaci únavy a snížení senzomotorické koordinace oko - ruka, která je nezbytná pro správné míření a spouštění.

1.2. CHARAKTERISTIKA HYPOXICKÉHO PROSTŘEDÍ

Sportovní výkonnost ve vyšších nadmořských výškách klade na člověka nároky odlišné od běžných podmínek nížin a středohoří. Se změnou nadmořské výšky se mění fyzikální podmínky (počet molekul kyslíku, dusíku a oxidu uhličitého na jednotku objemu vzduchu, teplota, absolutní vlhkost, UV, apod.). Tyto faktory různou měrou ovlivňují sportovní výkon (Dick, 1992) a působí na organismus jako stresor. Trvalejší pobyt ve vyšší nadmořské výšce vyvolává adaptační fyziologické změny, které se týkají především plicního a srdečně-cévního systému.

Zařazování různých forem tréninku a pobytu ve vyšší nadmořské výšce je běžnou součástí přípravy, zvláště vrcholových sportovců. Trénink ve vyšší nadmořské výšce je považován za jeden ze základních metodických prostředků rozvoje sportovní výkonnosti (Wilber, 2004; Suchý a kol., 2009). Bylo zjištěno, že dochází ke zlepšení předpokladů pro výkonnost ve sportech s převažujícím aerobním režimem (Dovalil a kol., 1999).

V současnosti existuje mnoho různých názorů a nedořešených otázek týkajících se tréninku ve vyšší nadmořské výšce, které stále více nabývají na významu. Výkony reprezentantů jsou velmi vyrovnané, proto může hrát adaptace na vyšší nadmořskou výšku významnou roli a může vést ke zvýšení kvality výsledků. V současné době by měla být efektivní příprava v hypoxických podmínkách součástí tréninkového plánu každého vytrvalostního sportovce.

1.2.1. KATEGORIZACE NADMOŘSKÝCH VÝŠEK

Nadmořská výška je pro potřeby sportovního tréninku rozdělena na nízkou (0 - 800m n. m.), střední (800 - 1 500m n. m.), vyšší (1 500 - 3 000m n. m.), vysokou (3 000 - 5 800m n. m.) a extrémní (nad 5 800m n. m.) (viz tabulka č. 3) (Dovalil a kol., 1999). Všeobecně je přijímán fakt, že 1 300m n. m. je minimální hranice, kdy dochází k určitým fyziologickým změnám. Od 1 500m n. m. jsou tyto změny zřetelnější a v rozmezí nadmořských výšek 2 200 - 2 400m n. m. dochází k maximálnímu adaptačnímu efektu. V nadmořských výškách nad 3 000m n. m. nelze trénovat v potřebné intenzitě zatížení, a proto nejsou z tréninkového hlediska efektivní (Pootmans, 1984; Novotný, 2003). Podle možností sportovců je doporučováno postupné zvyšování výšky.

Nadmořská výška (m n. m.)	Název
0 - 800	nížká
800 - 1 500	střední
1 500 - 3 000	vyšší
3 000 - 5 800	vysoká
nad 5 800	extrémní

Tabulka č. 3: Kategorizace nadmořských výšek (Dovalil a kol., 1999).

1.2.2. HISTORIE VYUŽÍVÁNÍ HYPOXICKÝCH PODMÍNEK VE SPORTOVNÍM TRÉNINKU

K charakteristice hypoxických podmínek přispěly některé vynálezy a objevy. Jedním z nich byl rtuťový barometr roku 1644, který sestavil Toricelli a sloužil k měření atmosférického tlaku. Dále to byl Pascal roku 1648, který zjistil, že se atmosférický tlak mění v závislosti na nadmořské výšce. Lavoiser roku 1777 popsal jednotlivé atmosférické plyny (Wilber, 2004; Wilmore a kol., 2008).

První poznatky o nižší výkonnosti neadaptovaných lidí na hypoxické podmínky byly sepsány Bertem (1878). Na začátku padesátých let 20. století bylo prokázáno, že obyvatelé peruánských And dosahují určitého stupně plicní hypertenze a hypertrofie pravé komory srdce. Později bylo objasněno, že u lidí trvale žijících ve vyšších nadmořských výškách se vyskytuje snížené riziko infarktu myokardu (Jokl, 1968).

Soustavné a systematické studium vlivu vyšších nadmořských výšek na sportovní výkon souviselo především s letními a zimními olympijskými hrami a mistrovstvími světa pořádanými v hypoxických podmínkách. V souvislosti s olympijskými hrami v Mexiku, které se konaly ve výšce okolo 2 200m n. m., probíhaly první výzkumy zabývající se vztahem mezi sportovním výkonem a vyšší nadmořskou výškou (Dovalil a kol., 1999). Znalci problematiky vlivu hypoxických podmínek na organismus tvrdili, že u sprinterů a skokanů nebude mít nadmořská výška zásadní vliv na jejich výkon, opak předpokládali u vytrvalostních disciplín, což se také potvrdilo. Například Keňané, kteří trvale žijí ve vyšší nadmořské výšce, zde poprvé zaznamenali obrovský úspěch, protože získali 39% ze všech medailí na střední a dlouhé tratě (www.olympic.org).

1.2.3. TYPY HYPOXICKÝCH PODMÍNEK

Hypoxie je charakterizována jako nedostatečné okysličení tkání organismu a z medicínského hlediska se dělí na několik typů (Silbernagl a Despopoulos, 2004):

- 1) Hypoxická hypoxie (anoxická hypoxie): dochází ke snížení parciálního kyslíku v krvi (např. při pobytu ve vyšších nadmořských výškách, při snížené alveolární ventilaci nebo poruchách výměny plynů v alveolách).
- 2) Anemická hypoxie: arteriální P_{O_2} je normální, ale množství hemoglobinu schopného transportovat O_2 je sníženo.
- 3) Ischemická hypoxie: vzniká při nedostatečném prokrvení, příčiny jsou obvykle systémové (např. selhání srdce), nebo lokální (např. embolický uzávěr tepny).
- 4) Cytotoxická hypoxie: do tkáně je dopravován dostatek O_2 , ale jeho využití je znemožněno toxiny.

Ze sportovního hlediska je však zajímavý pouze první typ hypoxie - hypoxická hypoxie, ostatní druhy jsou patologické.

1.2.4. FYZIOLOGICKÉ ADAPTAČNÍ ZMĚNY ORGANISMU VYVOLANÉ HYPOXIÍ

Nižší tlak vzduchu způsobuje rozpínání plynů, proto jeden litr vzduchu obsahuje méně molekul kyslíku. Parciální tlak kyslíku se tedy ve vdechovaném vzduchu snižuje. Kyslík je ze vzduchu do buněk, kde probíhá metabolismus, dopravován především fyzikálními mechanismy jako je plicní ventilace (kyslík do plicních sklípků), difuze v plicích (kyslík se váže na krevní barvivo hemoglobin), tlakový spád oxyhemoglobinu do míst s nižší koncentrací a difuze kyslíku do buněk. V hypoxických podmínkách se rozdíl parciálního tlaku kyslíku mezi vzduchem a plícemi snižuje. Lidský organismus se snaží tyto změny kompenzovat fyziologickými adaptačními reakcemi, a tím udržet konstantní rozdíl parciálního tlaku kyslíku. Organismus se v hypoxických podmínkách snaží zachovat rovnováhu zvýšenou frekvencí dýchání, tedy zvýšenou transportní kapacitou kyslíku a alveolární ventilací (Pootmans, 1984; Levine a Stray - Gundersen, 1997), což vyžaduje vyšší spotřebu energie.

Adaptace na vyšší nadmořskou výšku trvá jako komplexní proces přibližně 21 dnů, poté dochází ke stabilizaci (Dovalil a kol., 1999). Aby adaptační proces proběhl správně, je nutné zvolit vhodný tréninkový plán a případně ho v průběhu pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce upravit dle aktuálního stavu sportovce. Hypoxické podmínky zvyšují nároky na organismus, a proto dochází k rychlejšímu nástupu přetížení sportovce než v nížině.

Adaptační proces zahrnuje celou řadu fyziologických změn, které jsou spolu úzce spjaty a vedou k nastavení nové rovnováhy organismu.

1.2.4.1. Zvýšení alveolární ventilace a transportní kapacity kyslíku

Transportní kapacitu kyslíku zajišťuje krevní barvivo hemoglobin, bílkovina obsažená v erythrocytech, která rozhoduje o využití nabídky kyslíku pro organismus. Když nastane hypoxie nebo krvácení, zvyšuje se syntéza hemoglobinu a zvyšuje se tvorba a uvolnění erythrocytů z kostní dřeně (erythropoéza). Na hladině moře je téměř veškerý hemoglobin saturován kyslíkem na oxyhemoglobin (100%), ve vyšších nadmořských výškách klesá saturace pod 90% a minimální hranice pro trénink je 80% (Silbernagl a Despopoulos, 2004). Z toho plyne, že maximální výkon může neadaptovaný sportovec podávat pouze na hladině moře. Díky adaptačním mechanismům však lze zvýšit koncentraci hemoglobinu a transportní kapacitu kyslíku. Poté může sportovec podávat maximální výkon i ve vyšší nadmořské výšce.

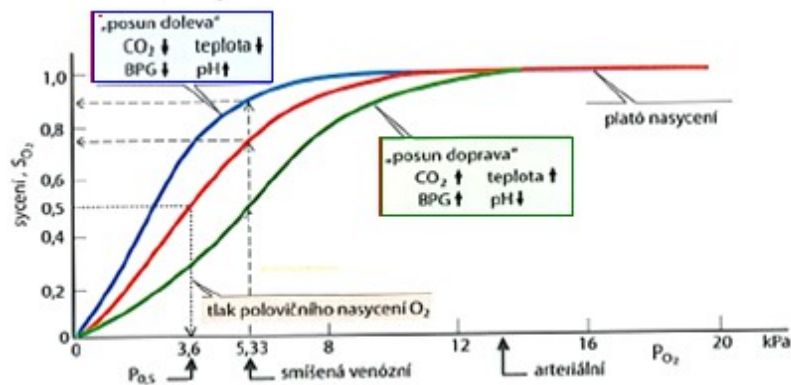
V prostředí se sníženým obsahem kyslíku se zvyšuje množství oxidu uhličitého, který se v krevním oběhu transportuje především v podobě bikarbonátu a vodíkového kationtu (H^+). Aby nedošlo ke snížení pH krve, slouží hemoglobin jako pufr a váže uvolněné H^+ . Deoxyhemoglobin váže H^+ účinněji než oxyhemoglobin. Pokud se zvýší obsah CO_2 , zvýší se koncentrace H^+ . Z toho plyne, že při sníženém pH krve se snižuje afinita hemoglobinu ke kyslíku (Bohrův efekt), a proto se snadněji uvolňuje O_2 do tkání. Tím je zajištěna homeostáza, takže nabídka kyslíku pokrývá jeho spotřebu. Problém však nastává od středních nadmořských výšek, kdy je zvýšena poptávka tkání po kyslíku a zvýšená schopnost uvolňování kyslíku z hemoglobinu nestačí, proto dochází k dalším fyziologickým změnám.

Okamžitě po vystavení organismu hypoxickým podmínkám zaznamenávají baroreceptory vysokotlakého systému (umístěné v aortě a arterii carotis) snížení parciálního tlaku kyslíku v krvi (P_{O_2}). Podrážděné baroreceptory stimulují nervus vagus a nervus glossofaryngeus, které vedou vzruch do centrálních receptorů v prodloužené míše. Informace o snížení P_{O_2} vyvolává plicní

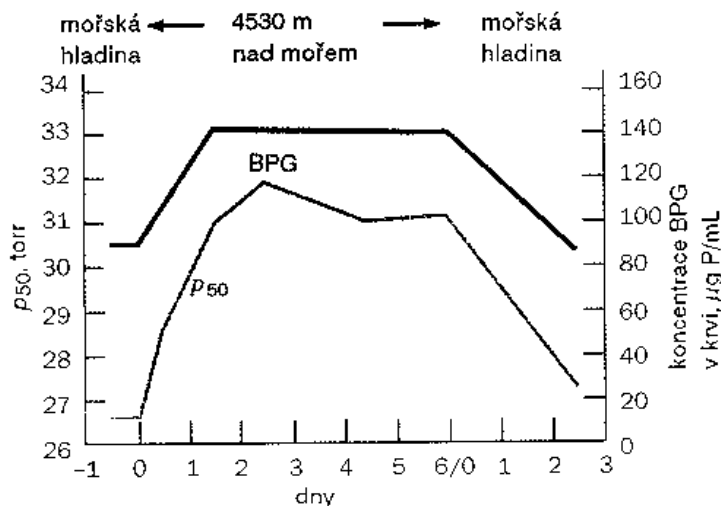
hyperventilaci, která nastává po několika hodinách pobytu ve vyšší nadmořské výšce a po čtyřech dnech opět klesá. Tato doba stačí, aby se zvýšilo množství erytrocytů a zajistilo adekvátní přísun kyslíku. Na původní hladinu jako v nížině klesne hyperventilace až po několikaletém pobytu ve vyšší nadmořské výšce, avšak s touto adaptací ztrácí organismus citlivost k stimulačnímu působení hypoxie (Ganong, 1999).

Hemoglobin se skládá ze čtyř peptidových podjednotek, z nichž každá obsahuje hem (porfyrin a Fe^{2+}) a váže jednu molekulu kyslíku. Na jednu molekulu hemoglobinu se tedy vážou čtyři molekuly kyslíku. Pro tento typ vazby je typický sigmoideální charakter disociační křivky hemoglobinu, která vyjadřuje vztah vazebné síly pro molekuly kyslíku (O_2) (v %) a hodnoty P_{O_2} . Při navázání jedné molekuly kyslíku se zvyšuje afinita hemoglobinu k dalším molekulám O_2 . Při uvolňování kyslíku se naopak afinita snižuje. Množství rozpuštěného O_2 v krvi je přímo úměrné P_{O_2} (0,03ml/l krve/torr P_{O_2}). Disociační křivka hemoglobinu je závislá na čtyřech faktorech: pH, teplotě, koncentraci CO_2 a 2,3 - bisfosfoglycerátu (BPG) (viz graf č. 1). Dráždění chemoreceptorů sníženým P_{O_2} vyvolává hyperventilaci (tzn. zvýšený výdej CO_2), což způsobuje respirační alkalózu (zvýšení pH) a posun disociační křivky doleva. P_{50} je hodnota parciálního tlaku kyslíku, kdy je hemoglobin saturován právě z poloviny. Hemoglobin má v případě respirační alkalózy při nižším P_{50} vyšší vazebnou sílu pro O_2 , takže O_2 hůře uvolňuje do tkání. Současně se ale zvyšuje hodnota BPG v erytrocytech (viz graf č. 2), který posunuje disociační křivku doprava, a tím snižuje afinitu hemoglobinu ke kyslíku. Proto je kyslík tkáním snadněji dosažitelný.

Zvýšené vylučování oxidu uhličitého hyperventilací způsobuje vznik respirační alkalózy, tím klesá stimulace dýchání zprostředkovaná centrálními chemoreceptory v prodloužené míše. Plicní ventilace během prvních dnů pobytu stále stoupá z důvodu aktivního transportu H^+ do mozkomíšního moku a rozvoji laktátové acidózy mozku. Klesající pH mozkomíšního moku zvyšuje ventilační odpověď. Důsledkem je zvýšená difuze kyslíku do mozku a oxidu uhličitého z mozku a systém se tak dostává zpět na hodnoty své acidobazické rovnováhy. V extrémních nadmořských výškách se ztrácí význam zvýšeného P_{50} , protože hemoglobin nemá dostatečnou vazebnou sílu pro kyslík v plicích (Ganong, 1999).



Graf č. 1: Disociační křivka hemoglobinu pro O₂ (Silbernagl a Despopoulos, 2004).



Graf č. 2: Vliv nadmořské výšky na koncentraci BPG a hodnotu P₅₀ (Suchý a kol., 2014).

Hypoxie vede už po třech hodinách pobytu k zvýšené tvorbě tkáňového hormonu erythropoetinu (EPO) endotelovými buňkami ledvin (85%) a jaterními buňkami (15%). Koncentrace EPO v krvi je za normálního stavu (v nížině) velmi nízká. Syntézu EPO stimuluje HIF (hypoxia inducible factor), který je obsažen v těchto buňkách a je závislý na kyslíkovém senzoru - enzymu hydroxyláze, která obsahuje ve své struktuře hem. Pokud se hem vyskytuje v dioxy formě, tak tvorbu HIF a EPO stimuluje, pokud v oxy formě, tak HIF je odstraněn proteazómou a syntéza EPO je inhibována. EPO je glykoprotein, který cirkuluje v krvi a zvyšuje počet erythropoetin - senzitivních kmenových buněk v kostní dřeni, které jsou následně přeměněny na prekurzory erytrocytů a poté na

zralé erytrocyty. V erytroidních kmenových buňkách snižuje EPO štěpení DNA a umožňuje jejich přežití. Nejdůležitějším místem inaktivace EPO jsou játra, hormon je odbourán přibližně za 5 hodin (Ganong, 1999).

Maximální sekrece erytrocytů se pohybuje v rozmezí 24 - 48 hodin pobytu ve vyšší nadmořské výšce (Richalet, 1996). Zrání erytrocytů je relativně pomalý proces.

EPO také podporuje vstřebávání iontů železa v duodenu. Dostupnost iontů železa je jedním ze základních požadavků erytropoézy - tvorby červených krvinek. Dvě třetiny z celkového obsahu iontů železa v těle jsou součástí krevního barviva hemoglobinu. Nedostatečný přísun iontů železa tlumí syntézu hemoglobinu a může vést ke vzniku hypochromní mikrocytární anémie (Berlung, 1992).

Ztráta iontů a tekutin je příčinou úbytku krevní plazmy. Úbytek krevní plazmy společně se zmnožením erytrocytů výrazně zvyšuje hodnotu hematokritu (Sherry a Wilson, 1998; Weineck, 1997). Transportní kapacita kyslíku může být u adaptovaných jedinců zvýšena až o 28%. Ve vyšších nadmořských výškách dochází k větším ztrátám tekutin, které jsou způsobeny studenějším a sušším vzduchem. Výdej tekutin může přispět také ke zvýšení hodnoty hematokritu.

Zvýšená tvorba hemoglobinu a hladina hematokritu je pro sportovní výkonnost velmi efektivní, protože zvyšuje schopnost transportu a využití kyslíku během zatížení. Avšak hladina hematokritu má své hranice. Při jejím překročení, zejména při dehydrataci, se zvyšuje riziko vzniku trombózy a embólií různých orgánů. Za život ohrožující hodnotu hematokritu je považováno 60%. V roce 1987 byl objeven rekombinantní EPO a našel využití nejen pro léčbu anemických pacientů se selháním ledvin, ale také pro celou řadu sportovců, kteří tuto látku zneužívali pro zvýšení své výkonnosti. Pro své nebezpečné účinky byl EPO zařazen mezi doping. Rekombinanty hormonu EPO zvyšují schopnost využití kyslíku během zatížení až o 8 - 9%. Dříve byli sportovci diskvalifikováni ze soutěže na základě zvýšené hladiny hematokritu než byla povolená norma (50% muži, 48% ženy; www.antidoping.cz) a nebylo důležité, jestli této hladiny dosáhli injekční aplikací EPO, hypoxickým tréninkem nebo geneticky. Nový přístup testování sportovců byl zaveden roku 1999. Bylo zjištěno, že při podání rekombinantního EPO není kostní dřeň schopna během zrychlené produkce vytvářet normální erytrocyty. Krvinky nejsou zralé a obsahují menší množství hemoglobinu, což je dáno pravděpodobně nedostatečným přísunem iontů železa nezbytných pro tvorbu hemu. Příčinou smrti sportovce v důsledku podávání EPO může být nejen vznik a utržení trombu, ale také rozvoj arteriální hypertenze spojené s hyperviskózním syndromem, která vede ke zhoršení průtoku krve věnčitými tepnami srdce a k infarktu myokardu (Ganong, 1999).

Vedle minutové ventilace, hladiny hematokritu a koncentrace hemoglobinu je dalším důležitým ukazatelem předpokladů sportovce a úrovně jeho trénovanosti maximální spotřeba

kyslíku (VO_{2max}). Vyjadřuje maximální množství kyslíku předané tkáním v čase a uvádí se v l/min nebo l/min.kg, u trénovaných mužů dosahuje hodnot 75 - 80ml/kg.min, u žen 65 - 75ml/kg.min. Zvýšením koncentrace hemoglobinu pobyt a tréninkem ve vyšší nadmořské výšce dochází k zvýšení VO_{2max} , tedy ke zlepšení transportní kapacity krve a efektivnějšímu zásobení svalů (Silbernagl a Despopoulos, 1993). Maximální spotřeba kyslíku se snižuje o 7,7% na 1000 výškových metrů (Wehrlin a Hallén, 2006). K významnějšímu poklesu VO_{2max} dochází především u lidí s výrazně nadprůměrnou hodnotou VO_{2max} , tedy u sportovců s rozvinutější aerobní kapacitou, a to již od 900m n. m., u lidí s nižší VO_{2max} od 1 200m n. m. (Terrados, 1995).

1.2.4.2. Tkáňové změny

Ve vyšší nadmořské výšce se zvyšuje v krevních kapilárách množství bílkoviny myoglobinu (až o 16%). Myoglobin je zodpovědný za přesun kyslíku z krve do mitochondrií. Vykazuje vyšší afinitu ke kyslíku než hemoglobin, ale nižší než enzymy elektrontransportního řetězce, takže snadno naváže molekulu kyslíku z hemoglobinu a v tkáních ho snadno uvolní. Myoglobin tvoří částečný rezervoár kyslíku, při krátkodobě nízkém arteriálním přísunu kyslíku může navázaný kyslík předat enzymům dýchacího řetězce (Silbernagl a Despopoulos, 2004).

Dlouhodobější pobyt a trénink v hypobarické hypoxii vede ke změnám v kosterním svalstvu. Zvyšuje se nejen koncentrace myoglobinu, ale také množství kapilár, které myofibrily vyživují. Vzrůstá koncentrace mitochondrií v myocytech za cílem zvýšení podílu aerobního potenciálu, který se působením hypoxie snižuje (Novotný, 2003). Proto i kosterní svaly zmenšují svou plochu, aby mohly být maximálně okysličený (Hoppeler a Vogt, 2001).

1.2.4.3. Acidobazické změny

Při vyšší intenzitě zatížení se z pyruvátu tvoří laktát a vodíkový kation, který způsobuje metabolickou acidózu. Vodíkové kationty ovlivňují pohyb iontů v buněčných membránách, zhoršují podmínky pro vznik a vedení svalového potenciálu a snižují kontraktilitu svalů. Svalová acidóza je bolestivý stav, který je životně důležitý, nízké pH by mohlo být pro organismus sebedestruktivní. Rychlost nárůstu acidózy závisí na pufracích schopnostech krve (albuminy, globuliny, bikarbonát), které udržují acidobazickou rovnováhu ($pH = 7,4$) a které jsou dány částečně tréninkem, ale hlavně geneticky (Kindermann, 2004).

Respirační alkalóza, vznikající hyperventilací ve vyšších nadmořských výškách, je kompenzována metabolicky vylučováním hydrogenuhličitanu ledvinami.



Výše uvedená rovnice popisuje vazbu bikarbonátu s vodíkovým kationtem za vzniku vody a oxidu uhličitého, který je vylučován plicemi. Při hyperventilaci je zvýšen výdej CO_2 plicemi a zároveň ledvinami v podobě bikarbonátu. Pokles alkalických rezerv (resp. bikarbonátu) v krvi zhoršuje její pufrovací kapacitu, a proto ve vyšších nadmořských výškách koncentrace H^+ v krvi dosahuje při stejné intenzitě zatížení nebo v klidu vyšších hodnot než v nížině (Reeves, 1992).

Komplikace mohou nastat u každého sportovce, který má sníženou schopnost pufrovat H^+ v důsledku hypoxie a navíc se pohybuje nad hranicí své aerobní kapacity, která je v důsledku zhoršené pufrovací kapacity krve snížena. V tomto případě využívá ve větší míře anaerobních zdrojů energie, tvoří se laktát a další H^+ , které ještě zvyšují acidózu, a tím snižují kontraktilitu svalů a schopnost podávat výkon maximální intenzitou. Sportovec může být následně vyřazen na delší dobu z tréninkového procesu.

V důsledku respirační alkalózy se může vyskytovat zvracení a pocity závratí, které se liší svými příznaky od akutní horské nemoci vznikající u sportovců nad 3 050m n. m.

Vyšší nadmořská výška stimuluje zvýšenou pufrovací kapacitu krve, a tím i anaerobní výkonnost sportovce (Vogt a Hoppeler, 2010). Podle některých autorů (Novotný a kol., 2003) vyšší nadmořská výška snižuje aerobní schopnosti jedince.

1.2.4.4. Srdeční frekvence

Po příjezdu do vyšší nadmořské výšky nastává u většiny sportovců vagotonie (převládá řízení vnitřních orgánů nervem vagem). Projevuje se zpomalením tepové frekvence (bradykardie), snížením nebo zvýšením minutového objemu srdečního, pocity nevolnosti a dalšími akutními reakcemi na hypobarickou hypoxii. Tyto změny trvají krátce, přibližně jednu hodinu po příjezdu do vyšší nadmořské výšky. Poté se začne tepová frekvence zvyšovat (bradykardie) a zvyšuje se také minutový objem srdeční. Tepová frekvence se při střední intenzitě zatížení ve vyšší nadmořské výšce zvyšuje přibližně o 20 - 30% v porovnání s nížinou (Reeves, 1992).

1.2.4.5. Hormonální změny

Jedním z nejdůležitějších hormonů, který souvisí především s adaptací dýchacího systému organismu na hypoxické podmínky, je erythropoetin. Jeho tvorba a funkce byla popsána již v předchozím textu, proto bude v této kapitole věnována pozornost ostatním hormonům.

Tkáňová hypoxie je pro organismus stresovým podnětem, kterému se musí organismus přizpůsobit. Adaptace probíhá podle teorie stresu prostřednictvím mineralkortikoidů a glukokortikoidů a je řízena neurohumorálně (Koc, 1982). Mineralkortikoidy, zejména neaktivnější aldosteron, zvyšují resorpci Na^+ v ledvinách a udržují jeho hladinu v plazmě, lymfě a intersticiální tekutině. Tímto způsobem se zadržuje voda v organismu, která způsobuje zvýšení arteriálního tlaku. Kromě toho se pocením ztrácí K^+ , a tím se snižuje jeho obsah v organismu. Glukokortikoidy a hormony nadledvinek kortizol a kortikosteron se považují za tzv. adaptační hormony. Pokud je jich nedostatek, adaptace je snižena a organismus citlivě reaguje na všechny vnější podněty.

Adaptační účinek glukokortikoidů spočívá v jejich působení na metabolismus bílkovin a sacharidů. Glukokortikoidy tlumí tvorbu bílkovin ve všech tkáních, čímž narušují rovnováhu mezi syntézou a štěpením bílkovin ve prospěch katabolického efektu. Pokud je tělesné zatížení dostačující, zvyšuje se aktivita dřeně nadledvinek a zvyšuje se hladina kortizolu a kortikosteronu v krvi. Tímto způsobem se mobilizují bílkovinné zásoby a zvyšuje se tvorba glykogenu. Také se zlepšuje přechod iontů přes buněčné membrány a z buňky se vytlačuje voda, která se vytvořila při oxidačních procesech. Aktivují se tím i další orgánové funkce, například funkce srdečního systému. Ale v rámci ochranné reakce organismu při nadměrném zatížení produkce glukokortikoidů klesá (Zrubák a kol., 1999).

Při výškové hypoxii se zvyšuje hladina aldosteronu a zároveň aktivita reninu, kortizolu a katecholaminů. Vzestup aldosteronu je provázený také vzestupem kortizolu. Schopnost přizpůsobit se sníženému tlaku kyslíku v atmosféře limituje výkonnost ve vyšších nadmořských výškách. Tento mechanismus je složitý a postihuje všechny systémy lidského těla (Gurský, 1994).

Pobyt a trénink ve vyšších nadmořských výškách také zvyšuje hladinu somatotropinu, růstového hormonu, přičemž tento efekt přetrvává i po návratu do nížiny (Wilmore a kol., 2004). Somatotropin podporuje proteosyntézu, pro sportovní výkonnost především důležitou tvorbu svalstva z bílkovin. K transportu aminokyselin do buněk dochází zejména ve fázi regenerace, a to je podstatné pro bezproblémovou reakci na zatížení (Trojan a kol., 1994).

Podobně jako somatotropin, tak i hladina testosteronu je během pobytu ve vyšší nadmořské výšce zvýšená a vyšší hodnoty přetrvávají i po návratu do nížiny (Houston, 2006), což může mít kladný vliv na vytrvalostní a silové předpoklady v reaklimatizační fázi. Testosteron zvyšuje rychlost

syntézy proteinů na buněčné úrovni.

1.2.5. HYPOXIE Z GENETICKÉHO HLEDISKA

Francois Viault se jako první zabýval sledováním adaptačních změn u obyvatel trvale žijících v Andách a roku 1890 ve své práci uvedl, že tito lidé se vyznačují zvýšenou hladinou hemoglobinu v krvi, většími dechovými objemy a potlačenými fyziologickými reakcemi na sníženou koncentraci kyslíku ve vzduchu (Rogozov, 2004).

Beall a kol. (1994 a 1997) směřovali ve svých výzkumech pozornost na obyvatele Tibetu a And a srovnávali je s lidmi trvale žijícími v nížinách. Zjistili, že populační vzorky žijící v nadmořské výšce nad 2 500m n. m. prošly během historie evolučními změnami a během tohoto vývoje byly výhodné adaptace pro život ve vyšší nadmořské výšce trvale geneticky zakódovány. Stejně tak i Moore a kol. (2002) prokázali, že u obyvatel žijících nad 3 500m n. m. se vyšší odpor v plicním oběhu provázený hypertrofií pravé komory srdeční vytváří již v průběhu nitroděložního vývoje a nemění se u dospělého jedince ani po delším pobytu v nížině.

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

Caro (2001) a Prabhakara (2000) objevili, že spouštěčem transkripce genů podílejících se na tvorbě proteinů, které vedou k fyziologickým adaptačním změnám vyvolaným vyššími nadmořskými výškami, je HIF (způsob stimulace HIF - viz str. 32). Tento enzym umožňuje transkripci DNA do mRNA a následně podporuje expresi genů za vzniku proteinů (např. EPO).

1.3. VYUŽITÍ HYPOXICKÝCH PODMÍNEK VE SPORTU

Hypoxické prostředí využívá k pobytu a tréninku mnoho sportovců, aby zlepšili svou sportovní výkonnost.

1.3.1. ADAPTACE NA VYŠŠÍ NADMOŘSKOU VÝŠKU V PŘÍRODNÍCH PODMÍNKÁCH

Současná dostupná literatura poskytuje mnoho informací o krátkodobém a dlouhodobém pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce (Dick, 1992; Reeves, 1992; Wilber, 2004; Bonetti a Hopkins, 2009; Vogt a Hoppeler, 2010; Suchý, 2012; ad.). Existuje celá řada modelů, jak dosáhnout adaptace organismu na hypoxické prostředí. Buď musí být sportovec vystaven hypoxii alespoň 21 dnů, nebo vícekrát za sebou v kratším tréninkovém bloku. Různé typy hypoxického tréninku jsou využívány podle toho, jestli se sportovec připravuje na závody ve vyšší nadmořské výšce nebo v nížině.

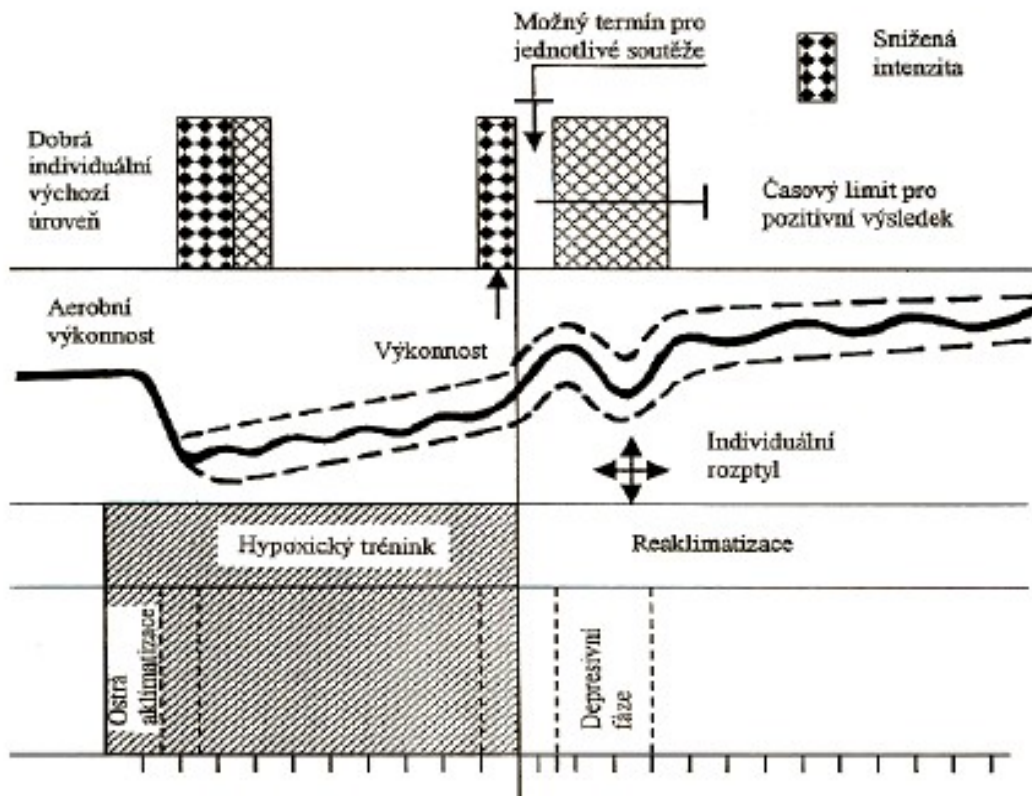
Aby byla adaptace účinná, je nutné zvolit správný tréninkový plán a případně ho upravit podle aktuálních pocitů, intezity zatížení a schopnosti regenerace sportovce. V hypoxických podmínkách organismus citlivěji reaguje na zatížení, a proto by mohlo dojít k rychlejšímu přetížení sportovce než v nížině.

Trénovanost a předchozí zkušenosti sportovce mají kladný vliv na jeho aklimatizaci. Neumann a kol. (2001) uvádějí, že první adaptace na vyšší nadmořskou výšku trvá přibližně tři týdny a při opakovaném tréninku ve výšce se adaptační fáze zkracuje, a proto je přínosné absolvovat alespoň 2 - 3 soustředění ve výšce v průběhu roku.

Existuje celá řada modelů pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce, která je sportovci v různé míře využívána na základě finančních a časových možností.

Model 3 - 4 týdenního pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce

Model 3 - 4 týdenního pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce se obvykle rozděluje na tři základní fáze adaptace: akomodace, adaptace, aklimatizace. Jeden z přehledných schémat vlivu průběhu změn sportovní výkonnosti během pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce a po návratu do nížiny je znázorněn na obrázku č. 4.



Obrázek č. 4: Schematický průběh změn vytrvalostní výkonnosti během hypoxického tréninku a po jeho ukončení (Fuchs a Reiss, 1990; Reiss, 1991).

Akomodace

Fáze akomodace je bezprostřední reakce organismu na hypoxické podmínky, která trvá přibližně 3 - 8 dní. Z hlediska fyziologických změn se vyznačuje hyperventilací, výrazným zvýšením tepové frekvence a krevního laktátu při stejné intenzitě zatížení jako v nížině a poklesem VO_{2max} a sportovní výkonnosti (Wehrlin a Hallén, 2006). Hodnota VO_{2max} se u neadaptovaných jedinců snižuje ve výšce 1 200m n. m. přibližně o 5 až 10% a od 1 600m n. m. připadá na každých 1 000m n. m. pokles asi o 9 - 11% (Rogers a Roberts, 1997).

Adaptace

Po akomodaci následuje asi osmidenní adaptační fáze, během níž se výkonnost sportovce zvyšuje a dosahuje téměř úrovně odpovídající výkonnosti v nížině. Dochází k postupnému poklesu klidové tepové frekvence, snížení klidového minutového objemu srdečního, zvýšení vitální kapacity plic a poklesu tepenného krevního tlaku.

Aklimatizace

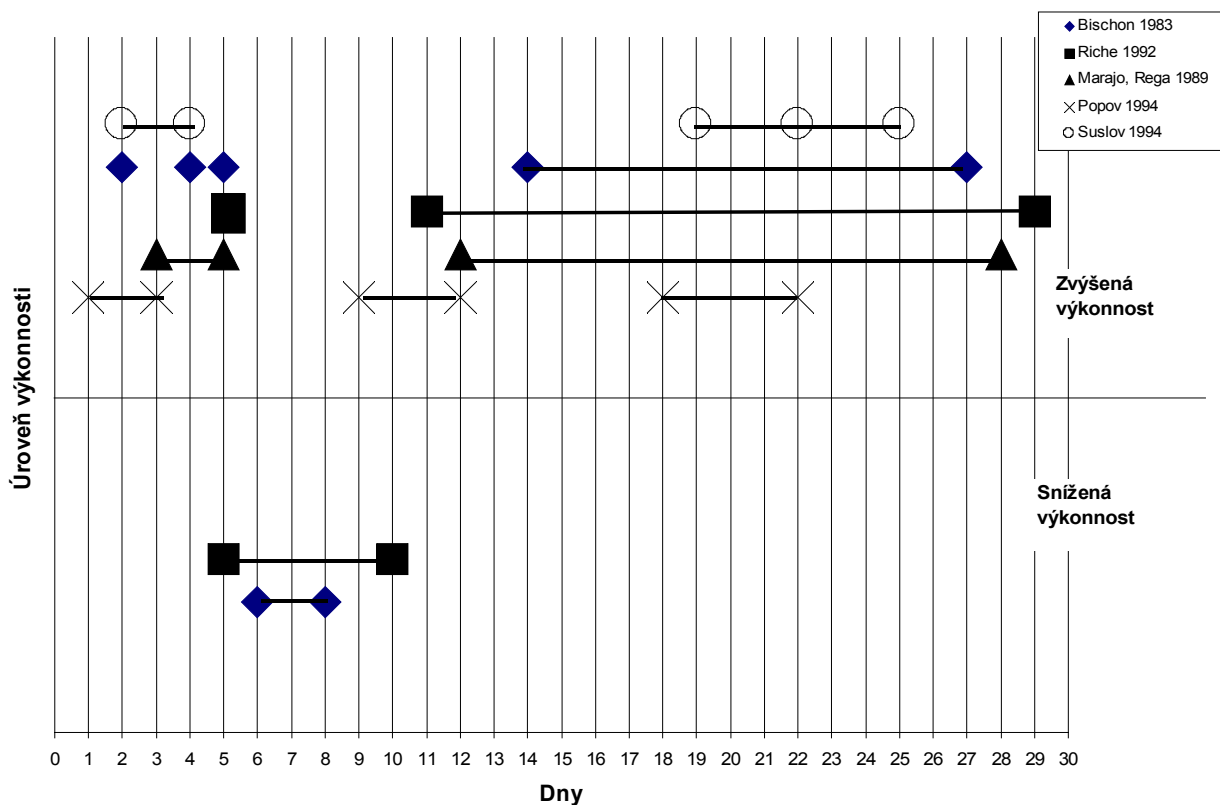
Třetí fáze aklimatizační začíná okolo 16. - 17. dne pobytu ve vyšší nadmořské výšce, kdy dochází ke komplexnímu přizpůsobení sportovce na déletrvající hypoxii (Wilber, 2004), ale výkonnost se opět snižuje. Důsledkem aklimatizace je zvýšení pufrovací kapacity krve, efektivnější odbourávání laktátu, a tím rychlejší regenerace organismu. Po návratu do nížiny může díky těmto změnám dojít k nárůstu fyzické výkonnosti.

Reaklimatizace

Eliminace tréninkového zatížení po návratu z vyšší nadmořské výšky je klíčovým bodem zhodnocení vysokohorského tréninku.

V případě efektivní adaptace by přibližně po dvaceti dnech po návratu z vyšší nadmořské výšky měla být výkonnost maximální (viz obrázek č. 5). Většinou dochází k poklesu klidové tepové frekvence, klidového minutového objemu srdečního, tepenného krevního tlaku a k zvýšení vitální kapacity plic (Vogt a Hoppeler, 2010). Pozitivní adaptační efekt třítýdenního pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce vymizí přibližně po 5 - 6 týdnech v normoxii (Wilber, 2004), proto je vhodné tento tréninkový model opakovat 4 - 5x za rok. To je pro většinu sportovců velmi obtížné, jak finančně, časově, tak psychicky. Proto spíše využívají kratších pobytů ve vyšší nadmořské výšce nebo modelů LH - TL (living high - training low) a LL - TH (living low - training high).

Fáze výkonnosti během reaklimatizace



Obrázek č. 5: Fáze výkonnosti v průběhu reaklimatizace (Roché, 1992; Marajo a Rega, 1989; Bichon, 1983; Popov, 1994; Suslov, 1994; Dovalil a kol., 1999).

Model bydlet nahoře, trénovat dole (LH - TL)

Model bydlet nahoře, trénovat dole je vhodný zejména pro růst sportovní výkonnosti v nížině (Madsen, 1999).

Bonetti a Hopkins (2009) ve své práci uvádějí, že vrcholoví sportovci mohou zlepšit svou výkonnost ve vyšší nadmořské výšce až o 5,2%, přičemž systém vysokohorského pobytu LH - TL zvyšuje výkonnost přibližně o 4,3% v porovnání s kontrolními skupinami, které podstoupily stejné zatížení v nížině.

Model bydlet dole, trénovat nahoře (LL - TH)

Model bydlet dole, trénovat nahoře vede ke zlepšení výkonů podávaných ve vyšší nadmořské výšce. Spánek v nížině napomáhá rychlejší regeneraci organismu (Terrados, 1995).

Podle Bonettiho a Hopkinse (2009) je možnost zvýšit výkonnost prostřednictvím LL - TH

asi o 2,6% v porovnání s kontrolními skupinami, které absolvovaly stejné zatížení v nížině.

1.3.2. ADAPTACE NA VYŠŠÍ NADMOŘSKOU VÝŠKU V UMĚLE NAVOZENÝCH PODMÍNKÁCH

Z hlediska časové náročnosti pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce se někdy využívají náhradní varianty, které umožňují trénovat v uměle navozeném hypoxickém prostředí. Jedná se o hypoxické přístroje, hypoxické stany, hypobarické komory nebo pro běh na lyžích vytvořený lyžařský hypoxický tunel (např. Vuokatti, Finsko).

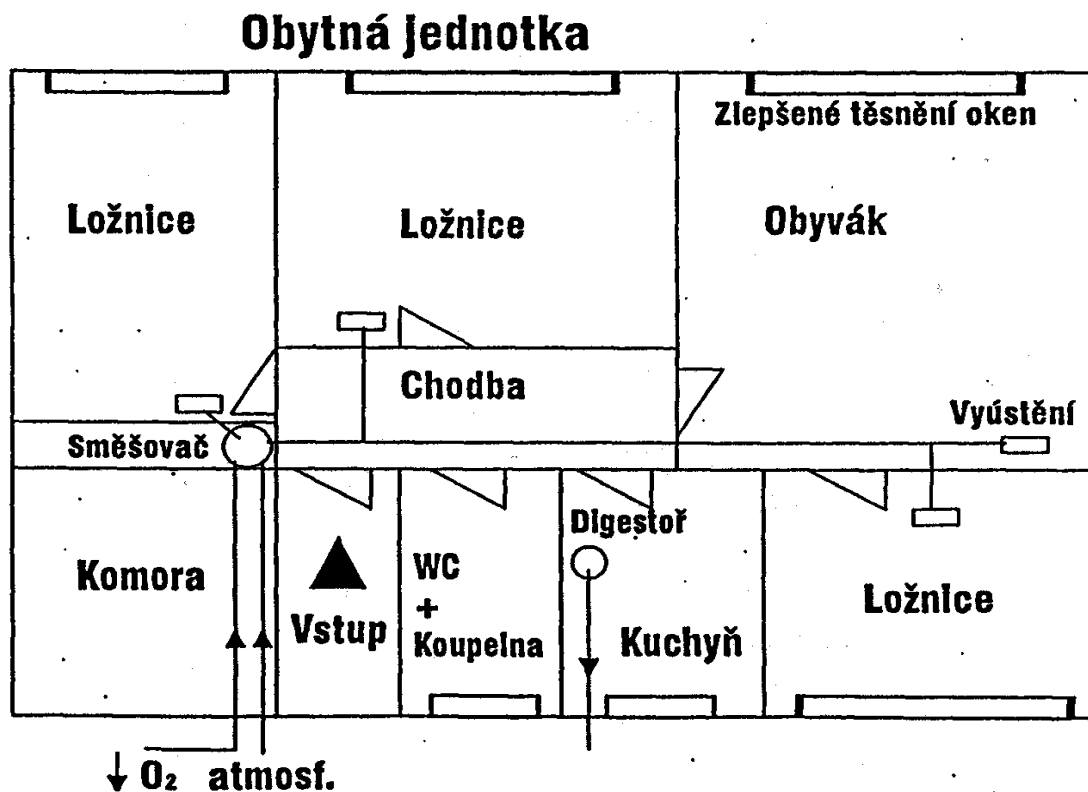
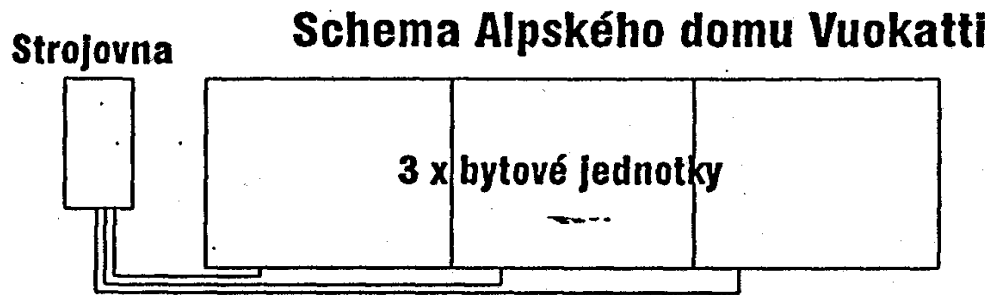
1.3.2.1. Hypoxické přístroje

Prostřednictvím hypoxických přístrojů je možné vytvořit prostředí se sníženým obsahem kyslíku během tréninkového zatížení sportovce. Možnost využití těchto přístrojů však není příliš často využívána z důvodu určitých omezení (atletika, lyžování, atd.), kdy musí sportovec nosit na vlastním těle daný přístroj (nosič, absorber oxidu uhličitého, polomasku s ventily a vzduchové potrubí) během tréninkové jednotky. Výsledky využívání hypoxických přístrojů u sportovců nebyly přesvědčivé, proto nejsou příliš využívány.

Během užívání hypoxických přístrojů musí sportovci postupovat jako při aklimatizačním procesu ve vyšší nadmořské výšce.

Barokomory

Barokomory jsou uzavřené místnosti, ve kterých jsou uměle vytvořené hypoxické podmínky odpovídající různým nadmořským výškám (Dovalil a kol., 1999). Pomocí kompresoru je vháněn vzduch do místností přes filtr, který nepustí všechny molekuly kyslíku. Pomocí elektronické regulace je simulována potřebná nadmořská výška. Tento systém je velmi účinný, ale zejména z ekonomických důvodů je využíván hlavně ve Skandinávii pod názvem Alpský domek (viz obrázek č. 6).



Obrázek č. 6: Schéma Alpského domu (Dovalil a kol., 1999).

Kyslíkový stan

Kyslíkový stan je principiálně velmi podobný barokomorám, jen s tím rozdílem, že se jedná o plachtou uzavřený prostor. Podobně jako u Alpských domků se do stanu vhání kompresorem vzduch, který je ochuzen o molekuly kyslíku podle toho, jaké hypoxické prostředí chceme vytvořit.

Nejčastěji se hypoxické stany využívají z důvodu pasivního využití v noci během spánku v rozmezí 2 200 - 2 600m n. m. Během spánku v těchto podmínkách je výrazně snížena schopnost regenerace, ale přibližně po 10 - 12 hodinovém spánku v kyslíkovém stanu po dobu 4 - 6 týdnů dochází ke zvýšení počtu erytrocytů (Suchý, 2011).

1.3.3. SPECIFIKA TRÉNINKU VE VYŠŠÍ NADMOŘSKÉ VÝŠCE

Trénink ve vyšší nadmořské výšce se doporučuje pouze sportovcům s určitou mírou trénovanosti. Neumann a kol. (2001) uvádějí, že za orientační míru pro dosažení aerobní výkonnostní úrovně tréninkem ve střední nadmořské výšce je možné pokládat maximální spotřebu kyslíku 65ml.kg.min^{-1} a u žen 60ml.kg.min^{-1} . Jakmile sportovec nedosahuje těchto hodnot, stoupá riziko přetrénování ve vyšších nadmořských výškách. Proto je vhodné, aby sportovci před odjezdem na vysokohorské soustředění absolvovali komplexní zátěžové a lékařské vyšetření.

Odborníci se neshodují v názorech týkajících se trénování mládeže ve vyšší nadmořské výšce. Nedospělý organismus reaguje na velké změny parciálního tlaku kyslíku citlivěji než dospělý.

Neumann a kol. (2001) uvádějí, že při vysokohorském tréninku by se měl upřednostňovat základní vytrvalostní trénink s velmi nízkým rychlostním podílem, který nepůsobí na rozvoj $\text{VO}_{2\text{max}}$. Pokud dojde k nárůstu $\text{VO}_{2\text{max}}$, tak až minimálně po třech týdnech tréninku s vyšší intenzitou dávek po návratu z vyšších nadmořských výšek. Dále upozorňují na skutečnost, že při pobytu v nadmořské výšce 1 700 - 1 800m n. m. mohou být vrcholoví sportovci zatěžováni rychlostí, na kterou jsou zvyklí. Snížení obvyklé tréninkové rychlosti při běhu o 5 - 10% je doporučováno při pobytu v nadmořské výšce nad 2 200m n. m.

V důsledku kvalitní adaptace vrcholových sportovců je nutné první 2 - 3 dny začít s nízkou intenzitou tréninku a potom je možné zvyšovat zatížení. Dále by se měl trénink plánovat tak, aby se udržela specifická trénovanost a stereotypy v souladu mezi objemem a intenzitou. Vždy je potřebné intervaly odpočinku a zotavení prodlužovat. Trénink by měl trvat denně tři hodiny, doporučuje se až 4 - 5 hodin, přičemž je výhodnější rozdělení do více tréninkových jednotek.

Po návratu do nížiny je výkonnost prvních 3 - 5 dnů labilní a je nutné snížit intenzitu zatížení. Nemusí být však omezen trénink koordinačních schopností a rychlosti, které se týkají speciální trénovanosti. Přibližně po 12 - 20 dnech reaktimizace je možné počítat se subjektivním nárůstem výkonnosti. Nejčastější období, kdy je sportovec schopen podat nejlepší výkon, je mezi 14. - 17. dnem po návratu do nížiny. Ve výjimečných případech je možné startovat 1. - 3. den po návratu z vyšší nadmořské výšky, ale v tomto období ještě organismus podléhá všeobecné regulaci výškového šoku a v tomto stavu je schopen podat vyšší výkon.

1.3.4. HODNOCENÍ MOTORICKÉ VÝKONNOSTI VE VYŠŠÍ NADMOŘSKÉ VÝŠCE

Sportovní výkonnost je schopnost opakovaně podávat sportovní výkon poměrně stabilní úrovně vzhledem k dosažené trénovanosti. Trénink ve vyšší nadmořské výšce sám o sobě nepřináší zlepšení výkonnosti, ale vytváří předpoklady pro její zvýšení (Dovalil a kol., 2012).

Ve vyšší nadmořské výšce je celkem obtížné hodnotit výkonnost sportovců, protože hypoxické podmínky do jisté míry ovlivňují organismus a měřené proměnné většinou dosahují ve vyšší nadmořské výšce jiných hodnot než v nížině. Zpravidla se sportovci testují v nížině, před odjezdem do vyšší nadmořské výšky a po jejich návratu, a na základě rozdílu ve výkonnosti se zjišťuje, jestli byl pobyt a trénink v hypoxii efektivní.

Dalším z problémů testování výkonnosti sportovců ve vyšší nadmořské výšce je absence biomedicínských laboratoří, z tohoto důvodu se využívají jednodušší a levnější metody, většinou terénní testy. Jednodušší situace nastává v případě tréninku LH - TL, kdy sportovci trénují v nížině a spí ve vyšší nadmořské výšce, tudíž mohou v nížině podstoupit zátěžová vyšetření nebo terénní testy. LH - TL způsob hypoxického tréninku ale zvyšuje výkonnost pouze o 4,3%, na rozdíl od kontinuální hypoxie (5,2%) (Bonetti a Hopkins, 2009).

Každý jedinec reaguje na hypoxii jinak a záleží, jak rychle a efektivně se dokáže přizpůsobit fyzikálním změnám prostředí. Neexistuje model tréninku ve vyšší nadmořské výšce, který by byl efektivní pro každého sportovce. Čím častěji se adaptační proces opakuje, tím je organismus více plastický a rychleji se přizpůsobuje daným podmínkám. Pozitivně může aklimatizační procesy ovlivnit také vyšší úroveň trénovanosti. Mezi sportovci je značná interindividuální variabilita v adaptaci na vyšší nadmořskou výšku, proto by měl trenér každému sportovci věnovat dostatečnou pozornost a podle aktuální potřeby přizpůsobit tréninkový plán, jinak může dojít k přetrénování. Riziko přetrénování je ve vyšší nadmořské výšce daleko větší než v nížině.

Včasná a přesná diagnostika i relativně banálních onemocnění může předejít dalším zdravotním problémům jako infekcím dýchacích cest, silnému působení UV záření na kůži a dehydrataci organismu (Wilber, 2004). Trenéři by měli hodnotit celou řadu proměnných: ranní tepovou frekvenci, tepovou frekvenci během výkonu, koncentraci laktátu v krvi, komplexní krevní rozbor a další. Některé veličiny však z počátku pobytu ve vyšší nadmořské výšce nabývají vyšších hodnot než v nížině, proto je nutné posuzovat také psychický stav jedince - nespavost, nechutenství, bolesti hlavy a další negativní projevy organismu. Terénní nebo zátěžové testy by měli sportovci ve vyšší nadmořské výšce podstupovat až po dostatečné adaptaci na hypoxii.

1.3.4.1. Parametry diagnostiky při pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce

Sportovci většinou nemají možnost se testovat v zátěžových laboratořích ve vyšší nadmořské výšce, proto se zaměřují zejména na terénní zátěžové testy. V terénních testech se využívá různých způsobů měření, mezi základní sledované parametry patří například tepová frekvence, koncentrace laktátu, rychlost pohybu, čas, vzdálenost a další.

Tepová frekvence

Srdeční tepová frekvence vypovídá o reakci organismu na danou zátěž. Závisí na věku, trénovanosti a genetických dispozicích. Nejčastěji je měřena bazální tepová frekvence (ranní), rychlost poklesu tepové frekvence po zatížení a hodnocení odezvy organismu na vytrvalostní a intervalový trénink (Kučera a Truska, 2000). Pomocí sporttesteru, měřiče tepové frekvence, lze snadno během zatížení kontrolovat, zda trénink probíhá v potřebné intenzitě zatížení.

Po příjezdu do vyšší nadmořské výšky nastává u většiny sportovců vagotonie (převládá řízení vnitřních orgánů nervem vagem) (Dovalil a kol., 1999). Projevuje se zpomalením tepové frekvence (bradykardie). Tyto změny trvají krátce, přibližně jednu hodinu po příjezdu do vyšší nadmořské výšky. Poté se začne tepová frekvence zvyšovat (tachykardie). Tepová frekvence se při střední intenzitě zatížení ve vyšší nadmořské výšce zvyšuje přibližně o 20 - 30% v porovnání s nížinou (Reeves, 1992).

Hodnocení přesnosti pohybové činnosti, tedy i jemné motoriky, je nejvhodnější při intenzitě zatížení na úrovni 85% aktuálně - relativní TF_{max} (Dovalil a kol., 2012).

Tepovou frekvenci je možné měřit pomocí sporttesteru, který se skládá ze snímače tepové frekvence a hodinek. Snímač obsahuje elektrody, které zaznamenávají tep srdce nebo pulzy tepny. Většinou se jedná o pás obepínající hrudník v srdeční oblasti nebo pás na levé paži v místě tepny podklíčkové. Signál, tedy tepová frekvence, je zaznamenáván na hodinkách a je aktualizován přibližně každých 1 - 5s. Hodnoty tepové frekvence v průběhu celého tréninku je možné uložit a následně analyzovat.

Ranní tepová frekvence slouží k monitorování aktuálního stavu organismu. V rámci biorytmu dosahujeme nejnižší tepové frekvence okolo 4. hodiny ranní a nejvyšší okolo 16. hodiny odpolední. Proto nejnižší klidovou frekvenci v bdělém stavu lze měřit hned po probuzení v poloze vleže. Tepovou frekvenci je nejvhodnější měřit ráno, protože je relativně nejstálejší, v průběhu dne se mohou hodnoty každý den lišit v závislosti na psychickém a fyzickém zatížení, počasí a dalších proměnných. Klidová frekvence závisí na fyzické a psychické kondici jedince, zdravotním stavu,

věku a zdravém životním stylu (Soumar a kol., 2000).

Ranní tepová frekvence se měří pomocí sporttesteru nebo přiložením prstu na tepnu, kde je spolehlivě cítit tep a lze snadno vypočítat počet tepů za minutu. Základní hodnota ranní tepové frekvence se určuje zprůměrováním minimálně tří hodnot po sobě jdoucích měření. Podmínkou stanovení základního (kontrolního) průměru je dobrý zdravotní stav, klidný spánek a minimální předchozí fyzické a psychické vypětí.

Pokud je organismus oslabený buď na základě nemoci, nebo přetížení, a zvýší se klidová frekvence přibližně o 10%, je vhodnější další trénink vynechat nebo zařadit regenerační trénink s nízkou intenzitou. Odpočinek by měl pokračovat až do doby, kdy se ranní klidová frekvence vrátí zpět na běžnou hodnotu.

Analýza krve

Rozbor vybraných krevních parametrů patří mezi základní metody hodnocení efektivity pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce, která podmiňuje zvýšení sportovní výkonnosti. Kontrolní odběr se provádí před odjezdem do výšky a další odběry se většinou plánují těsně po návratu z výšky a přibližně 20 dní po návratu, kdy by měla být výkonnost sportovce maximální. Často se ale provádí odběry i během pobytu ve výšce, aby se zjistilo, jakým způsobem reaguje sportovec na hypoxické prostředí. Krevní analýza v těchto podmínkách je složitější než v nížině, pokud není přímo v místě biochemická laboratoř. Krevní vzorky musí být dostatečně zmrazené a okamžitě transportované k analýze.

Jedním z krevních parametrů, který lze snadno zjistit, je koncentrace laktátu v krvi, jenž odráží rozsah anaerobního energetického metabolismu při zatížení maximální nebo submaximální intenzity (Heller, 1996). Informuje o intenzitě zatížení a o jeho průběhu (Ozturk a kol., 1998). Vzestup koncentrace laktátu v krvi poměrně přesně odpovídá změnám laktátu přímo ve svalech a závisí zejména na délce, intenzitě a frekvenci zatížení, úrovni trénovanosti a vrozených schopnostech laktát účinně odbourávat.

Neumann a kol. (2001) uvádějí, že při řízení tréninkového procesu je nutné měřit koncentraci laktátu jako orientační kritérium. Koncentrace laktátu by neměla v průběhu vytrvalostního tréninku přesáhnout hodnotu 2mmol/l. Na začátku pobytu ve výšce může být koncentrace laktátu zvýšená o 2 - 3mmol/l než normálně.

Laktát snižuje pH, a tím ovlivňuje pohyb iontů v buněčných membránách, snižuje aktivitu enzymů, zhoršuje podmínky pro vznik a vedení svalového potenciálu a snižuje kontraktilitu svalů. Také působí nepříznivě na centrální nervový systém, kde dochází k poruchám neurodynamických

procesů, které se navenek projevují zhoršenou koordinací a poklesem rychlosti běhu. Svalová acidóza je bolestivý stav, který brání jedinci dalšímu pohybu, a chrání před sebepoškozením. Rychlost nárůstu acidózy závisí na pufracích bílkovinách obsažených v krvi, které udržují acidobazickou rovnováhu. Pufracní schopnosti jsou částečně ovlivněny tréninkem, ale hlavně geneticky (Kindermann, 2004).

Změny koncentrace laktátu v krvi s narůstající výškou sledoval Kayser (1996). Během akutní hypoxie dosahuje koncentrace laktátu vyšších hladin při submaximálním zatížení než v nížině. Ale současně upozornil na neúplnou objasněnost a stálou aktuálnost této problematiky. V prvních dnech (až 10 dní) tréninku jsou hodnoty srdeční frekvence a koncentrace laktátu v krvi u neadaptovaných jedinců při stejné intenzitě zatížení výrazně vyšší než v nížině. Tento jev se nazývá "laktátový paradox" a při řízení tréninku musí trenéři s tímto aspektem počítat (Reeves a kol., 1992). Komplikace mohou nastat u každého sportovce, který má v důsledku hypoxie sníženou schopnost pufrovat H^+ a navíc se pohybuje nad hranicí své aerobní kapacity, která je v důsledku zhoršené pufrovací kapacity krve snížena. V tomto případě využívá ve větší míře anaerobních zdrojů energie, tvoří se laktát a další H^+ , které ještě zvyšují acidózu, a tím snižují kontraktilitu svalů a schopnost podávat výkon maximální intenzitou. Sportovec může být následně vyřazen na delší dobu z tréninkového procesu.

Využití laktátu v zátěžových testech a hodnocení trénovanosti na základě koncentrace laktátu v krvi je jednou z nejrozšířenějších metod ve vrcholovém sportu. Základem testů je skutečnost, že se stoupajícím zatížením smíšeného a anaerobního charakteru roste koncentrace laktátu v krvi. Při nízkých a středních intenzitách zatížení, kdy práce probíhá převážně za dostatečného přísunu kyslíku, se obsah laktátu v krvi buď nezvyšuje, nebo jen nepatrně nad klidové hodnoty, které jsou v rozmezí 0,5 - 2mmol/l. Během vysoce intenzivního zatížení na úrovni vyšší než 90% VO_{2max} se koncentrace laktátu v krvi trvale zvyšuje a může dosáhnout hodnot 20 i více mmol/l (Weltman, 1995).

Koncentrace laktátu v krvi se měří pomocí laktátoměru. Jedná se o invazivní metodu, která nemusí být pro každého sportovce příjemná. Po výkonu nebo v jeho průběhu se jehličkou lehce píchne do prstu nebo ušního lalůčku a skleněnou kapilárou se nasaje kapka krve. Kapilára se vloží do přístroje, který během pár vteřin vyhodnotí výsledek. Tento postup je velmi rychlý a účinný a v případě intervalových tréninků se může během krátké doby znovu opakovat.

Vedle koncentrace laktátu se nejčastěji stanovuje hodnota hematokritu, koncentrace hemoglobinu, erytrocytů a iontů železa. Zvýšení koncentrace erytrocytů, tedy hemoglobinu, zlepšuje transportní kapacitu kyslíku a zásobení pracujících svalů kyslíkem. Na druhé straně se ale s

vyšší hodnotou hematokritu zhorší průtokové vlastnosti krve z důvodu její zvýšené viskozity (Lundby a kol., 2007).

Dalším ukazatelem může být enzym kreatinkináza, která přenáší makroergní fosfát mezi molekulou kreatinu a kreatinfosfátu a také mezi molekulou adenosindifosátu a adenosintrifosátu. Vyskytuje se zejména v tkáních s vysokou oxidativní aktivitou, tedy ve svalech, srdci a mozku, přičemž v každé tkáni se vyskytuje určitá její izoforma. Stanovení koncentrace kreatinkinázy v krvi může posloužit jako ukazatel poškození svalové tkáně výkonem při hraniční dodávce kyslíku, tedy na anaerobním prahu a nad ním. Ve vyšší nadmořské výšce, kde dosahuje tepová frekvence vyšších hodnot, je pro sportovce velmi snadné se nekontrolovatelně pohybovat nad anaerobním prahem. Ke všemu zhoršené odbourávání laktátu a tedy pomalejší regenerace může způsobit kumulaci svalové únavy a vést k přetrénování sportovce.

1.4. VYUŽITÍ VYŠŠÍ NADMOŘSKÉ VÝŠKY V BIATLONU

Dostupných studií zabývajících se biatlonem, nebo přípravou v hypoxických podmínkách je mnoho, ale jen málo z nich se věnuje problematice biatlonu a vyšší nadmořské výšce (LaRoche a kol., 2001; Heinecke, 2005; Půža, 2006), proto byly do této práce doplněny také výzkumy související s vyšší nadmořskou výškou a běžci na lyžích, kteří využívají stejného běžeckého stylu jako biatlonisté (Ingjer a Kjell, 1992; Stray - Gundersen a kol., 2003; Chapman a kol., 2010).

Současná pravidla Světové lyžařské federace nedovolují, aby se soutěže v biatlonu, běhu na lyžích a severské kombinaci konaly v nadmořské výšce nad 1 800m n. m. (www.biathlonworld.com)

Heinecke a kol. (2005) sledovali u několika elitních biatlonistů vliv třítydenního pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce na změny koncentrace hemoglobinu a objemu erytrocytů. Zjistili, že se na konci třítydenního pobytu ve vyšší nadmořské výšce statisticky významně ($p < 0,05$) zvýšila koncentrace hemoglobinu (muži: z $14,0 \pm 0,2\text{g/kg}$ na $15,3 \pm 1,0\text{g/kg}$; ženy: z $13,0 \pm 1,0\text{g/kg}$ na $14,2 \pm 1,3\text{g/kg}$). Hodnoty erythropoetinu se zvýšily k 4. dni pobytu ve vyšší nadmořské výšce z $11,8 \pm 5,0\text{mU/ml}$ na $20,8 \pm 6,0\text{mU/ml}$. Po návratu do nížiny se relativně rychle snížila koncentrace hemoglobinu a objem erytrocytů. Hypoxie tedy měla pozitivní efekt, ale krátkodobý. Ingjer a Myhre (1992) sledovali změny hodnot hematokritu a koncentrace hemoglobinu u sedmi elitních běžců na lyžích během třítydenního pobytu ve výšce (1 900m n. m.) a zjistili, že u sportovců s nejnižšími vstupními hodnotami hematokritu a hemoglobinu došlo k největšímu zlepšení jejich aerobní výkonnostní kapacity během pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce.

Manfredini a kol. (2009) sledovali, jak korespondují krevní parametry s výkonností biatlonistů. Na základě nejlepšího běžeckého času, procentuálních zásahů terčů a krevních rozborů zjistili, že individuální změny koncentrace hemoglobinu neovlivňují zlepšení běžecké a střelecké výkonnosti. Opačný názor uvádějí Casas a kol. (2000); Levine a Stray - Gundersen (1997), kteří tvrdí, že hypoxie u vytrvalostních sportů indukuje zvýšení dodávky a využití kyslíku prostřednictvím zvýšení množství erytrocytů, a tím vytváří předpoklady pro zlepšení výkonnosti. Výkonnost biatlonistů ale nezávisí pouze na kondičním výkonu jako u ostatních vytrvalostních sportů, ale také na střelbě, která nemusí být ovlivněna zvýšenou erytropézou.

Někteří sportovci stimulují zvýšení tvorby erytrocytů, místo pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce, pomocí krevního dopingu. Závažné problémy nastaly roku 1996, kdy hladiny hemoglobinu běžců na lyžích dosahovaly výrazně vyšších hodnot než u osob žijících trvale ve vyšších nadmořských výškách (Videman a kol., 2000). Současná statistika uvádí, že z 50 nejlepších

světových běžců na lyžích mělo 17% abnormální hladiny hemoglobinu. Přičemž pravděpodobnost výskytu výrazně zvýšené hladiny hemoglobinu u běžné populace je pouze 0,3% (Stray - Gundersen a kol., 2003). Biatlonisté oproti běžcům na lyžích nedosahují tak často abnormálních koncentrací hemoglobinu a posledním trendem v biatlonu je držet se průměrných hodnot hemoglobinu a hematokritu. Byl zaznamenán minimální počet biatlonistů s vyššími hodnotami (hematokrit: 50% muži, 48% ženy), který se jevil jako přijatelný (Manfredini, 2003). V letech 1993 - 2010 nebyl u českých biatlonistů zjištěn žádný pozitivní dopingový nálezn (282 testovaných sportovců), na rozdíl od běžců na lyžích (0,65%; 5 pozitivních nálezů z 466 testovaných sportovců) (Boudíková a Suchý, 2012).

Trend zvyšování hematokritu za účelem vyššího vytrvalostního výkonu byl v letech 1994 - 2001 v biatlonu minimalizován. Toto tvrzení dokládá tříletá studie podporovaná IBU, kdy v období 1994 - 1997 významně poklesla hodnota hematokritu u biatlonistů (z $48,04 \pm 2,36$ na $46,33 \pm 1,91$) a u biatlonistek (z $44,05\% \pm 2,44$ na $42,52\% \pm 1,92$) (Manfredini a kol., 1999). Na tuto studii navázala čtyřletá (1997 - 2001), během níž se opět ukázalo, že minimální počet biatlonistů překročil kritické hodnoty hematokritu (Manfredini a kol., 2003). Přesnějším ukazatelem zvýšení transportní kapacity kyslíku než hematokrit je koncentrace hemoglobinu v krvi. Ze znalosti hodnot hematokritu nelze posoudit, zda je zvýšena také koncentrace erytrocytů, tedy hemoglobinu. Hladina hematokritu je u vytrvalostních sportovců snížena, protože vytrvalostním tréninkem dochází ke zvýšení objemu krevní plazmy, zejména z důvodu častější dehydratace (Ganong, 1993).

La Roche a kol. (2001) hodnotili míru oxidačního stresu u amerických biatlonistů na základě poměru redukované a oxidované formy glutathionu v krvi. Pokud se redoxní poměr sníží, snižuje se redukční kapacita červených krvinek a zvyšuje se oxidační stres. Biatlonisté byli vystaveni oxidačnímu stresu ve vyšší nadmořské výšce, protože se jim významně snížil redoxní poměr desátý den pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce oproti 1. dni přípravy v hypoxických podmínkách, přičemž antioxidanty - vitaminy byly po celou dobu v normě. Oxidační stres je vnímán jako negativum, ale může být jedním ze stimulů fyziologické adaptace.

Střelbou biatlonistů ve vyšší nadmořské výšce se zabýval Půža (2006), který hodnotil efektivitu střelby vrcholových biatlonistek v závislosti na rozdílných nadmořských výškách závodních tratí na základě výsledků vrcholných akcí v letech 1996 - 2005. Svou první hypotézu o nižší efektivitě střelby všech závodnic ve vyšších nadmořských výškách neprokázal. Potvrdil jednu ze svých hypotéz o nižší efektivitě střelby světových elitních biatlonistek, která je ve vyšších nadmořských výškách méně výrazná než u horších biatlonistek. Věcnou analýzou poukázal na nepodstatný vliv nadmořské výšky na efektivitu střelby. Přičemž ve většině případů nemohly zjištěné rozdíly způsobit časové ztráty (ani v poslední položce vstoje), které by vedly k podstatným

změnám v celkovém pořadí. Hypotézu předpokládající nižší efektivitu střelby českých biatlonových reprezentantek ve vyšších nadmořských výškách neprokázal žádnými postupy statistické analýzy, ani věcnou analýzou dat.

Problematika střelby v biatlonu ve vyšší nadmořské výšce byla dosud velmi málo probádána, proto jsme se v našem výzkumu věnovali právě tomuto tématu.

2. CÍLE

S ohledem na přehlednost práce a stanovené závěry byly cíle rozděleny do několika etap, podle kterých byla totožně dělena také metodika, výsledky i diskuze.

1. ETAPA: Posoudit na základě zastoupení areálů ve vyšších nadmořských výškách, kde se konaly světové biatlonové soutěže (SP, MS, ZOH), do jaké míry je pro biatlonisty potřebné využití vyšší nadmořské výšky v tréninku.
2. ETAPA: Zjistit na základě dostupných informací, zda a jak ovlivňuje vyšší nadmořská výška úspěšnost střelby biatlonistů a biatlonistek.
3. ETAPA: Experimentálně posoudit vliv vyšší nadmořské výšky na úspěšnost střelby, rychlost střelby a čas běhu biatlonistů.

3. HYPOTÉZY

H1: Předpokládáme, že úspěšnost střelby účastníků světových biatlonových soutěží bude ve vyšší nadmořské výšce statisticky významně horší než v nížině.

H2: Předpokládáme, že úspěšnost střelby žen v rámci světových biatlonových soutěží bude ve vyšší nadmořské výšce statisticky významně horší než u mužů.

H3: Předpokládáme, že experimentální zkoumání prokáže statisticky významný vliv vyšší nadmořské výšky na úspěšnost střelby, rychlost střelby a čas běhu ve stanovené intenzitě zatížení.

4. METODIKA

4.1. PRVNÍ ETAPA: NADMOŘSKÉ VÝŠKY SVĚTOVÝCH BIATLONOVÝCH SOUTĚŽÍ

Nadmořské výšky biatlonových středisek byly získány ze sborníků IBU Biathlon Guide vydávaných každý rok Mezinárodní biatlonovou federací a zveřejňovaných na www.biathlonworld.com.

Střediska, kde se pořádaly světové soutěže (SP, MS a ZOH) v rozmezí závodních sezón 1995/1996 - 2013/2014, byla rozdělena do tří skupin podle nadmořských výšek (v nížině, střední a vyšší nadmořské výšce).

Ze získaných dat bylo vyhodnoceno procentuální zastoupení těchto tří skupin v každé závodní sezóně.

4.2. DRUHÁ ETAPA: VLIV VÝŠKY NA ÚSPĚŠNOST STŘELBY ELITNÍCH BIATLONISTŮ V ZÁVODECH SP, MS A ZOH

Byla vybrána biatlonová střediska v nížině (0 - 800m n. m.) a ve vyšší nadmořské výšce (1 500 - 3 000m n. m.), kde v rozmezí závodních sezón 1990/1991 - 2013/2014 byly zaznamenány výsledky nejlepších deseti biatlonistů a biatlonistek ve vytrvalostních závodech SP, MS a ZOH.

Úspěšnost střelby byla vyjádřena jako počet zasažených terčů. Ve výsledkových listinách se však uvádí počet nezasažených terčů, tudíž byl počet nezasažených terčů odečten od hodnoty 20 (počet terčů k sestřelení během vytrvalostního závodu).

Data byla získána na internetových stránkách Mezinárodní biatlonové federace (viz příloha č. 1) (<http://services.biathlonresults.com/Results.aspx>).

4.3. TŘETÍ ETAPA: VLIV POBYTU A TRÉNINKU VE VÝŠCE NA ÚSPĚŠNOST STŘELBY BIATLONISTŮ

Do experimentálního testování bylo vybráno deset biatlonistů (závodníci účastníci se pravidelně národních soutěží - Český pohár, Mistrovství republiky).

Probandi absolvovali dva testy, nejdříve klidovou střelbu a poté střelbu po zatížení. V rámci klidové střelby provedli jednu střeleckou položku vleže a jednu vstoje (5 + 5 ran). Následoval druhý

test - tříkilometrový běh. Po prvním odběhnutém kilometru střeleli vleže a po druhém vstoje, následně doběhli jeden kilometr do cíle. Biatlonisté absolvovali všechny běhy beze zbraně na zádech a zbraň odkládali po každé střelbě na stojan (dle pravidel letního biatlonu).

Terénní profil byl v nížině i vyšší nadmořské výšce shodný (± 5 m převýšení), povrch cest byl zpevněný. Testy nebyly standardizovány, ale tříkilometrový běh se střelbou po zatížení odpovídal vzdáleností a počtem položek rychlostnímu závodu v letním biatlonu.

Úspěšnost střelby byla hodnocena jako počet zasažených terčů během střelecké položky.

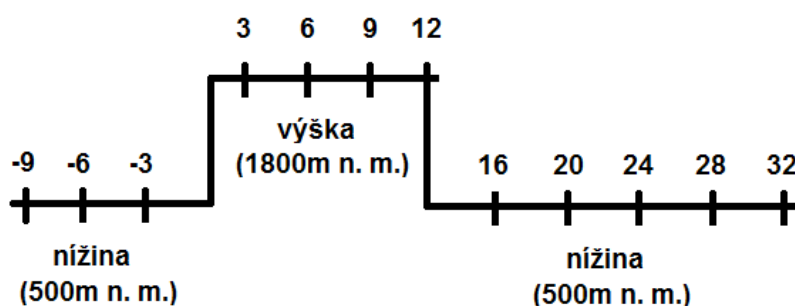
Rychlost střelby byla měřena od vstupu biatlonisty na střelecké stanoviště až po jeho opuštění. Čas střelecké položky se v rámci světových soutěží počítá právě tímto způsobem.

Čas běhu byl hodnocen jako čistý čas běhu (bez časů střelby).

Sportovci absolvovali všechny testy ve stejné intenzitě zatížení (85% maximální tepové frekvence, odchylka ± 5 tepů, sportovci si odchylku kontrolovali zvukovým signálem sporttesteru). Přesná tepová frekvence byla spočtena z maximální tepové frekvence, která byla určena v zátěžové laboratoři měsíc před konáním testů. Test byl několikrát proveden v nížině před vlastním testováním, aby se sportovci s protokolem seznámili a pojali testování jako běžný trénink. Na základě času testů byly analyzovány změny jejich aktuální výkonnosti.

Test byl opakován 12x (viz obrázek č. 7):

- 3 testy v nížině (500m n. m.)
- 4 testy ve vyšší nadmořské výšce (1 800m n. m.)
- 5 testů opět v nížině (500m n. m.)



Obrázek č. 7: Časová osa testů biatlonistů v nížině před odjezdem do vyšší nadmořské výšky (tři testy; - 9., - 6. a - 3. den), ve vyšší nadmořské výšce (čtyři testy; 3., 6., 9. a 12. den) a v nížině po návratu z vyšší nadmořské výšky (pět testů; 16., 20., 24., 28. a 32. den).

4.3.1. CHARAKTERISTIKA TESTOVANÝCH SPORTOVců

Výzkumný soubor byl tvořen deseti biatlonisty (muži: 6, ženy: 4) (tabulka č. 4). Všichni sportovci byli během celého testování zdraví. Z hlediska ročního tréninkového cyklu se nacházeli v přípravném období a trénovali v průměru 15 hodin za jeden mikrocyklus. V rámci soustředění ve vyšší nadmořské výšce se zaměřili zejména na tréninky vytrvalostního charakteru s nízkou intenzitou zatížení. S tréninkem ve vyšší nadmořské výšce měli minimální zkušenost.

zjišťovaný parametr	věk [roky]	hmotnost [kg]	výška [cm]	aktivní sport [roky]
průběh/ směrodatná odchylka	23,20 ± 7,07	67,90 ± 8,67	177,10 ± 1,78	10,30 ± 2,04

Tabulka č. 4: Průměrný věk, hmotnost, výška a počet let, po které se proband věnuje aktivně tréninku.

V rámci testování byl využit střelecký trenažer SCATT USB Profesional (výrobce Scatt) (obrázek č. 8), na základě kterého byla analyzována úspěšnost střelby. Srdeční frekvence během zatížení byla vyhodnocena pomocí sporttesteru (Polar S810).



Obrázek č. 8: Střelecký trenažer se skládá z čidla upevněného na hlavní zbraň, spojeného s

analyzátořem a notebookem a z osvětleného terče vzdáleného 5m.

4.3.2. STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

Výsledky 1. etapy byly získány pomocí programu Open Office 3,2.

Ke statistické analýze výsledků vytrvalostních závodů elitních biatlonistů (2. etapa) byly využity programy Open Office 3,2 a Graph Pad Prism 3.

Celkem bylo hodnoceno 200 výsledků biatlonistů (100 záznamů - vyšší nadmořská výška, 100 záznamů - nížina) a 200 výsledků biatlonistek (100 záznamů - vyšší nadmořská výška, 100 záznamů - nížina). Data byla analyzována Kolmogorov - Smirnovým testem normality, ale nepodobala se Gaussovu rozložení dat, proto byl využit neparametrický Mann - Whitney test.

V rámci experimentu (3. etapa) byla získaná kvantitativní data podrobena statistické analýze pomocí programů Open Office 3,2 a GraphPad Prism 3,00. Data byla zaznamenána a následně statisticky hodnocena následujícími kroky.

a) Test normálního rozložení dat

Normální rozložení dat je jednou z hlavních podmínek pro použití parametrických testů. V tomto případě byl použit Kolmogorov - Smirnovův test, který je vhodný pro více porovnávaných skupin. Určí, jak se liší naměřené výsledky od Gaussovy křivky.

b) Test homoskedasticity

Dalším předpokladem použití parametrických testů je homogenita rozptylů skupin. V rámci určení homogenity rozptylů byl využit Bartlettův test homoskedasticity, na základě kterého předpokládáme, že rozptyl je homogenní. Pokud je hodnota pravděpodobnosti (p - hodnota) vysoká, data prošla tímto testem. U klidové střelby nebyl tento předpoklad dodržen. Sice data splnila test normality, ale nepotvrdila se homogenita rozptylu. Neparametrický Friedmanův test také není vhodné použít, protože vzorek odpovídal Gaussovu rozložení dat, a proto by měl menší sílu a méně často by byl efekt významný. Bartlettův test je velmi citlivý na odchylky od Gaussovy křivky. Někteří statistikové Bartlettův test nedoporučují, pokud je velikost vzorku stále stejná. Další

možností je transformovat data, aby byla více podobná normálnímu rozložení, poté může platit i test homoskedasticity a následně je možné použít RM ANOVA. Data byla zlogaritmována ($\log_{10}X$), splnila test normality a následně i test homoskedasticity.

c) Podmínka sféricity dat

Tato podmínka určuje, zda jsou rozptyly všech možných rozdílů měření v rámci jednotlivých subjektů, tedy měřených jedinců, shodné. Pomocí programu Microsoft Excel a jeho funkce FDIST, je možné zjistit, zda platí podmínka sféricity dat.

d) RM ANOVA

Jednofaktorová RM ANOVA testuje opakovaně v čase jeden vzorek (v tomto případě deset subjektů) a porovnává průměry tří a více měření (12 skupin). Data prvních tří testů (nížina před odjezdem do výšky) byla získána za stejných podmínek (základní stav).

RM ANOVA vyžaduje vyvážený design a nezávislost subjektů. Předpokládá, že data mají normální rozložení a že platí hypotéza o shodě rozptylů jednotlivých skupin i pravidlo sféricity. RM ANOVA má větší sílu než běžná ANOVA, protože rozlišuje meziskupinovou variabilitu od vnitroskupinové. Pokud není shoda mezi průměry jednotlivých subjektů, má RM ANOVA menší sílu, protože má méně stupňů volnosti.

RM ANOVA testuje nulovou hypotézu, která předpokládá, že jsou všechny průměry populace stejné. P - hodnota odpovídá na otázku, jestli mají vybrané vzorky opravdu odlišné průměry, než jsme očekávali. Pokud je p - hodnota nízká, můžeme zamítnout, že všechny skupiny mají stejné průměry.

5) Post - hoc analýza

Významnosti rozdílů dat byly hodnoceny pomocí Tukey testu, který umožňuje porovnat jednotlivé dvojice testů a na základě p - hodnoty stanovit významný rozdíl mezi jednotlivými dvojicemi.

Etika experimentu

Testování probandi souhlasili s participací na výzkumu a podpisem potvrdili svou účast. Výzkum byl realizován v souladu se Statutem Etické komise UK FTVS (schváleno dne 8. 2. 2013).

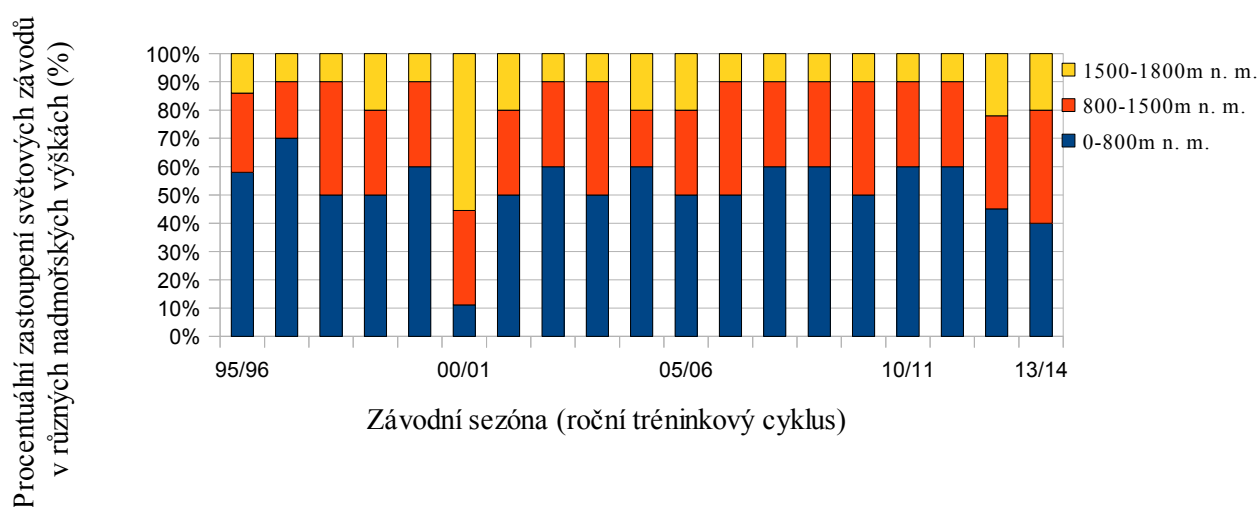
Finanční podpora experimentu

Výzkum byl podpořen z fondů SVV a Výzkumného záměru MSM0021620864.

5. VÝSLEDKY

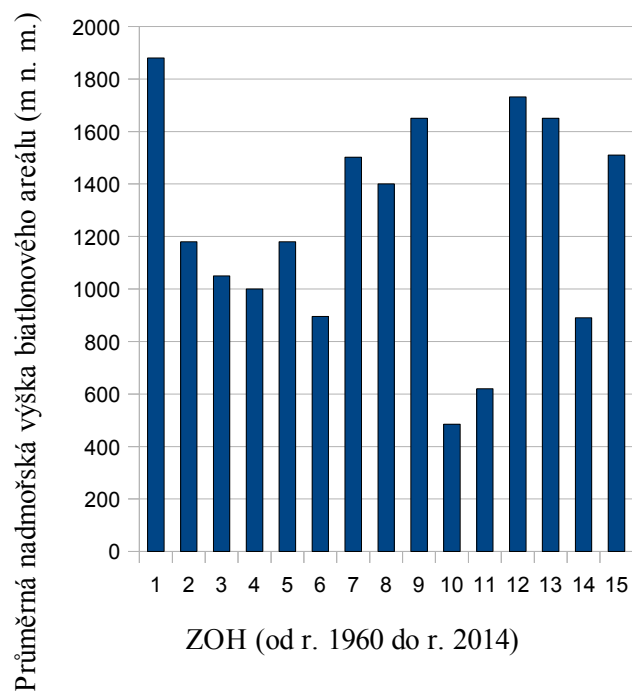
5.1. PRVNÍ ETAPA

Graf č. 3 uvádí procentuální zastoupení nadmořských výšek světových biatlonových soutěží od zimní sezóny 1995/1996 do 2013/2014, v tomto období se pořádaly závody celkem v 29 biatlonových centrech. Biatlonové střelnice světových soutěží (SP, MS, ZOH) byly situovány v nadmořských výškách od 83m n. m. (Khanty - Mansiysk, RUS) do 1 665m n. m. (Salt Lake City, USA). Celkem se konalo 53% světových soutěží v biatlonových centrech v nížině do 800m n. m., 32% ve střední nadmořské výšce 1 000 - 1 500m n. m. a 16% ve vyšší nadmořské výšce.



Graf č. 3: Procentuální zastoupení světových biatlonových soutěží (SP, MS, ZOH) konaných od závodní sezóny 1995 - 1996 do 2010 - 2011 ve třech rozmezech nadmořských výšek (0 - 1 000m n. m., 1 000 - 1 500m n. m. a 1 500 - 1 800m n. m.).

Graf č. 4 zobrazuje geografické polohy ZOH od roku 1960, kdy byl biatlon zařazen do programu ZOH, do roku 2014. Šest z patnácti zimních olympijských her se konalo ve vyšší nadmořské výšce (Squaw Valley - 1960; Sarajevo - 1984; Albertville - 1992; Salt Lake City - 2002; Torino - 2006; Soči - 2012), sedm ZOH se konalo ve střední nadmořské výšce (Innsbruck - 1964; Grenoble - 1968; Sapporo - 1972; Innsbruck - 1976; Lake Placid - 1980; Calgary - 1988; Vancouver - 2010) a pouze dvoje ZOH se konaly v nízké nadmořské výšce (Lillehammer - 1994; Nagano - 1998).



Graf č. 4: Průměrná nadmořská výška biatlonových areálů ZOH pořádaných od r. 1960 do r. 2014 (1 - Squaw Valley (1960), 2 - Innsbruck (1964), 3 - Grenoble (1968), 4 - Sapporo (1972), 5 - Innsbruck (1976), 6 - Lake Placid (1980), 7 - Sarajevo (1984), 8 - Calgary (1988), 9 - Albertville (1992), 10 - Lillehammer (1994), 11 - Nagano (1998), 12 - Salt Lake City (2002), 13 - Torino (2006), 14 - Vancouver (2010), 15 - Soči (2014).

5.2. DRUHÁ ETAPA

V rámci hodnocení vlivu vyšší nadmořské výšky na efektivitu střelby biatlonistů v závodech SP, MS a ZOH byla vybrána střediska, ve kterých byly pořádány vytrvalostní závody od roku 1990 do roku 2014. V tabulce č. 5 byly znázorněny biatlonové areály v nížině a vyšší nadmořské výšce.

Biatlonové středisko	Nadmořská výška (m n. m.)
Albertville	1620
Antholz - Anterselva	1635
Khanty - Mansiysk	83
Kontiolahti	125
Nové Město na Moravě	625
Oestersund	375
Oslo	345
Pyeong Chang	750
Ruhpolding	720
Salt Lake City	1665

Tabulka č. 5: Přehled vybraných biatlonových středisek a jejich nadmořských výšek.

V období od 1990/1991 do 2013/2014 bylo zaznamenáno dvacet vytrvalostních závodů ve vyšší nadmořské výšce (Antholz - Anterselva, Torino, Soči, Salt Lake City, Albertville) a vybráno dvacet soutěží v nížině (Ruhpolding, Oestersund, Oslo, Kontiolahti, Khanty - Mansiysk, Nové Město na Moravě a Pyeong Chang). Jeden z příkladů výsledku závodu v nížině je uveden v příloze č. 2. V rámci těchto výsledků je možné zjistit umístění závodníků a počet nezasažených terčů během jednotlivých položek. V případě vytrvalostního (individuálního) závodu jsou zaznamenány nezasažené terče během čtyř položek (L+S+L+S) a celkový součet nezasažených terčů.

5.2.1. POROVNÁNÍ STŘELECKÉ ÚSPĚŠNOSTI BIATLONISTŮ VE VÝŠCE A NÍŽINĚ

V tabulce č. 6 je zaznamenána úspěšnost střelby biatlonistů během závodů ve vyšší nadmořské výšce (Antholz - Anterselva, Torino, Soči, Albertville, Salt Lake City). Žádný biatlonista z nejlepších deseti biatlonistů nezasáhl méně než patnáct terčů, pouze jeden zasáhl patnáct terčů, nejčastěji biatlonisté zasáhli osmnáct nebo devatenáct terčů a byly zaznamenány případy, kdy biatlonisté zasáhli všech dvacet terčů. V průměru dosahovali biatlonisté 18,57 zasažených terčů z celkových dvaceti terčů.

	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	T	T	S	S	ALB	SLC	SLC	
1	19	20	19	20	19	20	20	19	18	19	20	20	20	20	19	19	19	20	18	18	
2	20	17	18	20	20	20	18	15	19	19	19	19	18	18	19	18	20	20	17	19	20
3	18	19	19	18	18	18	19	19	19	19	20	19	19	20	18	20	19	18	20	19	
4	18	18	18	18	18	20	19	20	20	18	18	18	18	20	19	19	19	18	19	18	
5	20	20	18	18	20	17	19	17	18	16	19	18	18	19	19	19	20	19	18	20	
6	20	20	18	17	20	19	17	18	18	19	19	18	18	19	20	19	19	19	19	19	
7	17	20	19	17	17	19	19	17	18	17	18	17	17	19	19	20	19	16	18	17	
8	17	18	18	18	17	19	18	17	19	18	18	16	16	19	18	18	19	19	18	19	
9	17	20	19	18	17	17	18	17	18	18	18	19	19	19	19	19	19	19	18	20	
10	19	20	18	19	19	19	19	15	20	18	17	19	19	18	17	20	19	17	19	18	
Pr	18,57																				

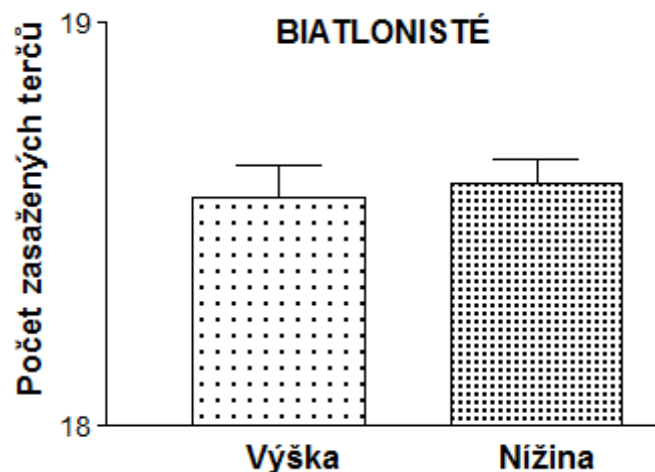
Tabulka č. 6: Počet zasažených terčů ve vytrvalostních závodech mužů v SP, MS a ZOH ve vyšší nadmořské výšce (A - Antholz - Anterselva, T - Torino, S - Soči, ALB - Albertville, SLC - Salt Lake City). Průměr (Pr) vypočten ze všech dat tabulky.

V tabulce č. 7 je zaznamenána úspěšnost střelby biatlonistů během závodů v nížině (Khanty - Mansiysk, Oslo, Nové Město na Moravě, Ruhpolding, Oestersund, Kontiolahti), kde průměrně zasáhli 18,6 terčů z celkových dvaceti terčů. Žádný biatlonista nezasáhl méně než šestnáct terčů, tři biatlonisté zasáhli šestnáct terčů, nejčastěji zasahovali osmnáct nebo devatenáct z celkových dvaceti terčů.

	K	K	O	O	O	O	NM	NM	RU	RU	RU	RU	RU	OE	OE	OE	OE	PCH	KO	KO
1	19	19	19	20	19	19	20	19	19	19	20	20	20	18	18	20	19	17	18	20
2	18	20	20	18	18	19	18	19	20	19	18	20	19	19	18	19	18	19	20	19
3	17	19	20	20	19	17	19	19	19	19	19	19	20	19	19	20	18	19	17	19
4	18	18	19	20	18	18	18	18	19	20	20	19	19	19	18	17	18	18	18	19
5	19	19	17	19	19	19	19	19	19	18	18	19	19	18	19	18	19	19	16	19
6	18	19	19	20	19	19	19	19	18	19	19	19	18	19	18	18	19	18	17	20
7	17	19	18	20	20	17	19	18	19	19	19	19	19	19	18	18	18	19	18	19
8	17	19	18	18	18	18	18	18	18	19	19	20	19	17	17	17	19	18	17	19
9	16	20	19	20	18	19	17	18	20	20	19	18	18	18	18	18	17	16	20	18
10	17	17	18	19	19	18	17	19	19	18	19	18	19	18	18	19	19	18	18	18
Pr	18,6																			

Tabulka č. 7: Počet zasažených terčů ve vytrvalostních závodech mužů v SP, MS a ZOH v nížině (K - Khanty - Mansiysk, O - Oslo, NM - Nové Město na Moravě, RU - Ruhpolding, OE - Oestersund, KO - Kontiolahti). Průměr (Pr) vypočten ze všech dat tabulky.

V grafu č. 5 jsou porovnány dvě skupiny dat z tabulky č. 6 a č. 7. Průměrná střelecká úspěšnost mužů ve vyšší nadmořské výšce (18,57) nedosahuje statisticky významně ($p < 0,05$) vyšších hodnot než v nížině (18,60) (p - hodnota = 0,9865).



Graf č. 5: Porovnání úspěšnosti střelby (počet zasažených terčů) biatlonistů ve vytrvalostních závodech ve výšce a v nížině.

5.2.2. POROVNÁNÍ STŘELECKÉ ÚSPĚŠNOSTI BIATLONISTEK VE VÝŠCE A V NÍŽINĚ

V tabulce č. 8 je zaznamenána úspěšnost střelby biatlonistek během závodů ve vyšší nadmořské výšce, kde průměrně zasáhly 18,3 terčů z celkových dvaceti terčů. Žádná z deseti nejlepších biatlonistek nezasáhla méně než patnáct terčů z 200 zaznamenaných dat. Pouze v jednom případě zasáhla jedna závodnice patnáct terčů, ve většině případů zasáhly biatlonistky osmnáct nebo devatenáct terčů.

	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	T	T	S	S	ALB	SLC	SLC
1	19	18	19	19	20	19	19	19	19	20	20	20	17	19	19	18	19	19	20	19
2	18	19	19	17	20	19	18	19	19	19	19	20	19	19	18	20	20	19	19	19
3	16	18	20	19	18	18	18	19	19	20	20	19	18	18	18	19	20	18	19	18
4	17	16	19	17	20	18	18	20	19	18	19	19	19	18	18	19	18	18	17	18
5	19	17	19	18	19	19	19	19	19	19	18	16	19	19	20	18	18	19	18	19
6	17	18	17	18	18	18	19	17	19	19	18	17	20	17	17	18	19	17	19	19
7	14	18	20	17	19	16	19	18	18	16	18	19	18	18	18	19	19	18	19	19
8	17	18	19	18	18	19	18	17	18	18	16	18	18	18	18	18	19	17	20	18
9	18	19	19	18	17	18	17	17	18	17	16	19	17	19	17	17	17	18	18	18
10	18	15	18	19	18	17	17	18	18	18	19	18	19	17	16	17	20	18	19	18
Pr	18,3																			

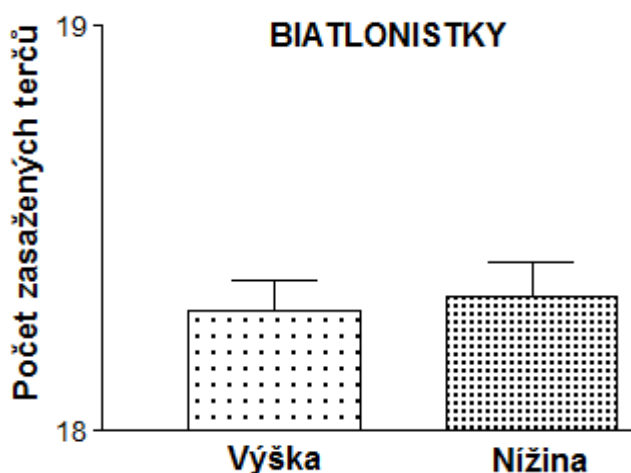
Tabulka č. 8: Počet zasažených terčů ve vytrvalostních závodech žen v SP, MS a ZOH ve vyšší nadmořské výšce (A - Antholz - Anterselva, T - Torino, S - Soči, ALB - Albertville, SLC - Salt Lake City). Průměr (Pr) vypočten ze všech dat tabulky.

V tabulce č. 9 je zaznamenána úspěšnost střelby biatlonistek během závodů v nížině, kde průměrně zasáhly 18,34 terčů z celkových dvaceti terčů. Ve třech případech zasáhly biatlonistky patnáct terčů. Opět zasahovaly nejčastěji osmnáct nebo devatenáct terčů z celkových dvaceti.

	K	K	O	O	O	O	NM	NM	RU	RU	RU	RU	RU	OE	OE	OE	OE	PCH	KO	KO
1	20	20	18	20	20	20	18	20	19	19	18	20	19	19	20	19	19	19	20	20
2	19	18	18	20	20	19	19	20	17	19	19	20	18	18	18	18	18	19	16	20
3	20	17	18	19	18	19	18	19	20	18	19	20	20	18	18	18	19	19	20	18
4	18	19	17	18	19	20	19	18	19	20	18	19	19	17	18	18	19	18	19	18
5	18	15	16	18	20	20	16	19	18	18	19	19	19	18	20	18	17	19	16	19
6	18	17	19	17	17	18	20	18	16	18	20	18	19	18	18	20	19	20	19	18
7	19	17	17	17	18	19	18	19	20	17	18	19	20	19	17	18	17	19	19	18
8	18	18	17	18	17	18	19	17	18	18	18	18	18	19	17	20	19	18	19	20
9	19	15	15	17	17	18	17	18	17	17	16	18	19	17	17	18	18	20	16	18
10	18	15	17	18	20	16	19	19	16	19	17	19	18	19	17	19	18	17	17	19
Pr	18,34																			

Tabulka č. 9: Počet zasažených terčů ve vytrvalostních závodech žen v SP, MS a ZOH v nížině (K - Khanty - Mansiysk, O - Oslo, NM - Nové Město na Moravě, RU - Ruhpolding, OE - Oestersund, KO - Kontiolahti). Průměr (Pr) vypočten ze všech dat tabulky.

V grafu č. 6 jsou porovnána data z tabulky č. 8 a č. 9. Střelecká úspěšnost žen nedosahovala ve vyšší nadmořské výšce (18,30) statisticky významně ($p < 0,05$) nižších hodnot než v nížině (18,34) (p - hodnota = 0,7087).

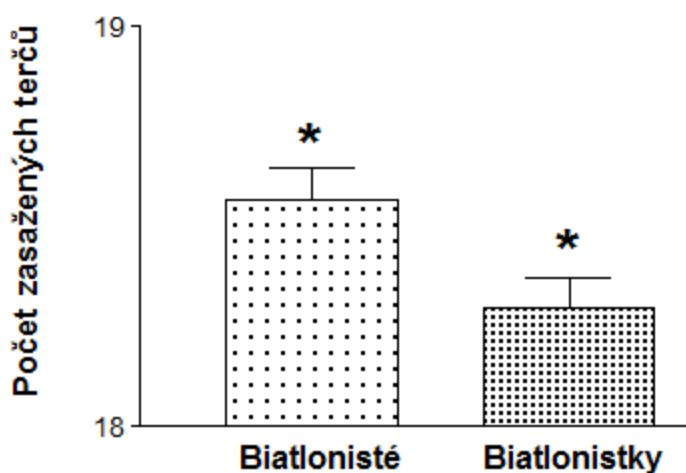


Graf č. 6: Porovnání úspěšnosti střelby (počet zasažených terčů) biatlonistek ve vytrvalostních závodech ve výšce a v nížině.

5.2.3. POROVNÁNÍ ÚSPĚŠNOSTI STŘELBY BIATLONISTEK A BIATLONISTŮ VE VÝŠCE

V grafu č. 7 jsou vyneseny průměry dat z tabulek č. 6 a č. 8.

Střelecká úspěšnost biatlonistek (18,30) byla ve vyšší nadmořské výšce statisticky významně nižší než u biatlonistů (18,57) (hodnota $P = 0,0134$). Biatlonistky dosahují ve vyšší nadmořské výšce nižší střelecké úspěšnosti než biatlonisté.

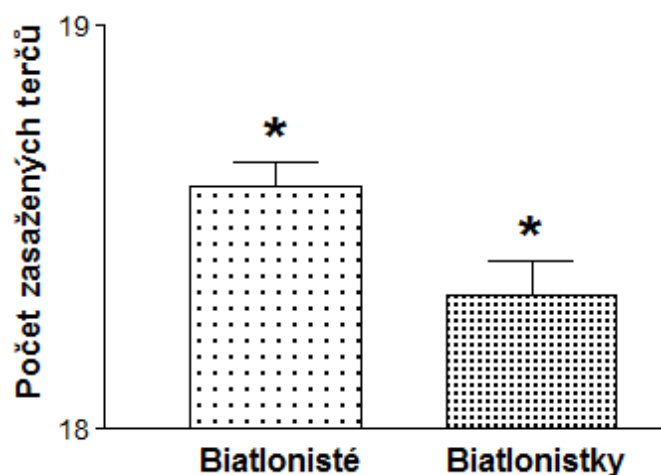


Graf č. 7: Porovnání úspěšnosti střelby (počet zasažených terčů) biatlonistů a biatlonistek ve vytrvalostních závodech ve vyšší nadmořské výšce.

5.2.4. POROVNÁNÍ ÚSPĚŠNOSTI STŘELBY BIATLONISTEK A BIATLONISTŮ V NÍŽINĚ

V grafu č. 8 jsou vyneseny průměry dat z tabulky č. 7 a č. 9.

Úspěšnost střelby biatlonistů (18,60) a biatlonistek (18,34) se v nížině statisticky významně liší (hodnota $P = 0,0366$). Biatlonistky dosahují v nížině nižší střelecké úspěšnosti než biatlonisté.



Graf č. 8: Porovnání úspěšnosti střelby (počet zasažených terčů) biatlonistů a biatlonistek ve vytrvalostních závodech v nížině.

5.3. TŘETÍ ETAPA

Experimentální testování týkající se vlivu pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce na efektivitu střelby biatlonistů proběhlo v souladu se stanovenou metodikou (viz obrázek č. 8).

5.3.1. ÚSPĚŠNOST STŘELBY

Úspěšnost střelby byla vyjádřena počtem zasažených terčů v průběhu jednotlivých testů sportovců. V rámci testování ve vyšší nadmořské výšce a nížině byly změřeny a graficky vyhodnoceny hodnoty klidové střelby a střelby po zatížení, u obou případů byla zaznamenána střelba vleže i střelba vstoje.

Úspěšnost klidové střelby dosahovala vyšších hodnot než úspěšnost střelby po zatížení. Střelba vstoje tedy byla pro biatlonisty obtížnější než střelba vleže, a to jak klidová střelba, tak střelba po zatížení.

5.3.1.1. Úspěšnost klidové střelby vleže

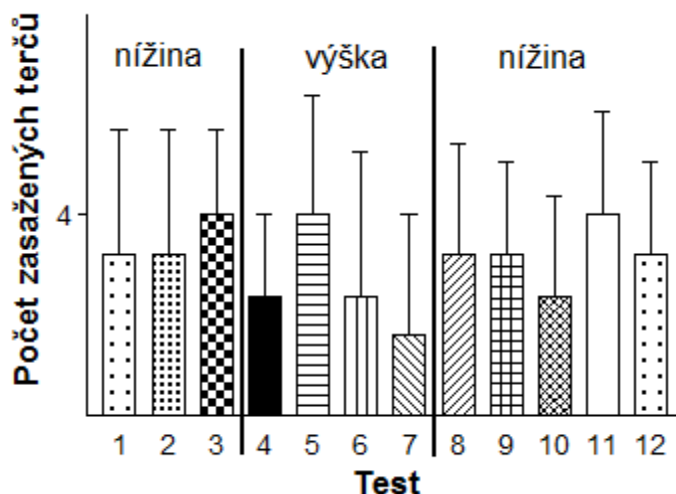
První z měřených hodnot byla klidová střelba vleže. Testování biatlonisté měli možnost

zasáhnout maximálně pět terčů, přičemž nejčastěji zasahovali tři, čtyři nebo pět terčů, výjimečně pouze dva (ve čtyřech případech). V žádném případě nezasáhli žádný, nebo jeden terč (viz tabulka č. 10).

Graf č. 9 byl sestaven na základě dat z tabulky č. 10. Hodnoty průměrné úspěšnosti střelby byly porovnány proti sobě a nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi jednotlivými měřeními.

Biatlonista	1. T	2. T	3. T	4. T	5. T	6. T	7. T	8. T	9. T	10. T	11. T	12. T
A	4	4	5	4	3	3	4	4	3	5	4	3
B	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4
C	5	5	4	4	5	2	2	3	4	4	5	4
D	3	3	4	3	5	5	3	4	5	3	4	4
E	5	5	4	5	5	4	5	5	4	4	5	5
F	3	3	4	3	3	5	4	3	3	4	3	4
G	4	3	4	4	3	4	3	5	4	3	3	3
H	4	5	5	4	3	5	4	3	5	3	4	3
I	2	3	3	3	4	2	5	3	4	5	3	4
J	5	5	4	4	5	4	3	5	4	4	5	5
Průměr	3.88											

Tabulka č. 10: Počet zasazených terčů vyjadřujících úspěšnost klidové střelby biatlonistů vleže během dvanácti testů (1. - 3. v nížině, 4. - 7. ve vyšší nadmořské výšce, 10. - 12. v nížině).



Graf č. 9: Počet zasazených terčů vyjadřujících úspěšnost klidové střelby biatlonistů vleže během jednotlivých testů v nížině (1 - 3; 8 - 12) a vyšší nadmořské výšce (4 - 7).

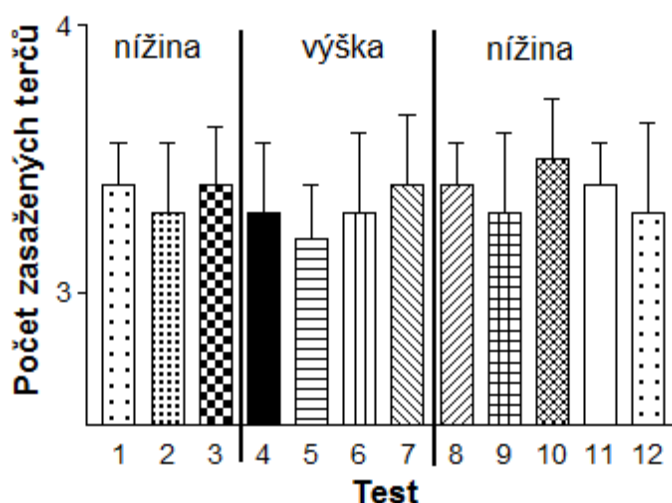
5.3.1.2. Úspěšnost klidové střelby vstoje

Dalším testem byla klidová střelba vstoje. Testovaní biatlonisté měli možnost zasáhnout maximálně pět terčů, přičemž zasahovali dva, tři, čtyři nebo pět terčů. V žádném případě nezasáhli žádný, nebo jeden terč (viz tabulka č. 11).

Graf č. 10 byl sestaven na základě dat z tabulky č. 11. Hodnoty průměrné úspěšnosti střelby byly porovnány proti sobě a nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi jednotlivými měřeními.

Biatlonista	1. T	2. T	3. T	4. T	5. T	6. T	7. T	8. T	9. T	10. T	11. T	12. T
A	4	3	4	3	3	2	3	3	3	4	3	3
B	3	4	2	3	2	2	3	3	2	3	3	3
C	4	4	3	2	4	3	2	3	2	2	3	3
D	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	5
E	3	3	4	5	4	4	5	4	4	4	4	5
F	3	3	3	4	3	5	4	4	3	4	3	2
G	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	4
H	4	3	4	3	3	3	4	4	4	4	3	3
I	4	5	4	3	3	4	3	3	3	4	4	2
J	3	2	4	3	4	4	3	4	5	4	4	3
Průměr	3,35											

Tabulka č. 11: Počet zasazených terčů vyjadřujících úspěšnost klidové střelby biatlonistů vstoje během dvanácti testů (1. - 3. v nížině, 4. - 7. ve vyšší nadmořské výšce, 10. - 12. v nížině).



Graf č. 10: Počet zasazených terčů vyjadřujících úspěšnost klidové střelby biatlonistů vstoje během jednotlivých testů v nížině (1 - 3; 8 - 12) a vyšší nadmořské výšce (4 - 7).

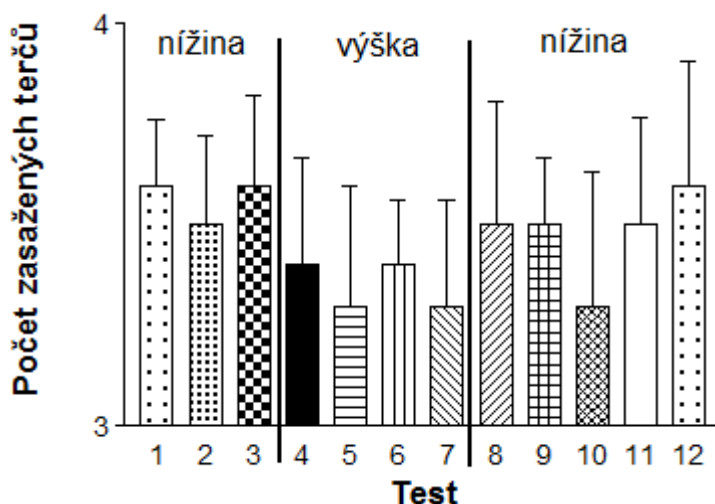
5.3.1.3. Úspěšnost střelby vleže po zatížení

Další testovanou proměnnou byla střelba vleže po zatížení. Testovaní biatlonisté měli možnost zasáhnout maximálně pět terčů, přičemž zasahovali dva, tři, čtyři nebo pět terčů. V žádném případě nezasáhli žádný nebo jeden terč (viz tabulka č. 12).

Graf č. 11 byl sestaven na základě dat z tabulky č. 12. Hodnoty průměrné úspěšnosti střelby byly porovnány proti sobě a nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi jednotlivými měřeními. Testy ve vyšší nadmořské výšce vykazovaly nižší úspěšnost střelby než v nížině, ale jejich rozdíly nedosahovaly statistické významnosti.

Biatlonista	1. T	2. T	3. T	4. T	5. T	6. T	7. T	8. T	9. T	10. T	11. T	12. T
A	4	3	4	4	3	3	3	2	3	4	4	3
B	3	4	3	3	2	3	4	2	3	2	2	2
C	4	4	5	3	3	4	3	4	4	3	3	5
D	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	5
E	3	2	3	3	5	3	3	3	3	2	3	3
F	3	4	3	2	4	4	5	4	4	3	3	3
G	3	3	3	5	4	3	2	4	4	5	5	4
H	4	4	3	4	3	4	4	5	3	3	4	3
I	4	3	4	3	2	3	3	3	4	5	3	4
J	4	4	4	3	4	3	3	4	3	3	4	4
Průměr	3,46											

Tabulka č. 12: Počet zasazených terčů vyjadřujících úspěšnost střelby biatlonistů po zatížení vleže během dvanácti testů (1. - 3. v nížině, 4. - 7. ve vyšší nadmořské výšce, 10. - 12. v nížině).



Graf č. 11: Počet zasazených terčů vyjadřujících úspěšnost střelby vleže po zatížení během jednotlivých testů v nížině (1 - 3; 8 - 12) a vyšší nadmořské výšce (4 - 7).

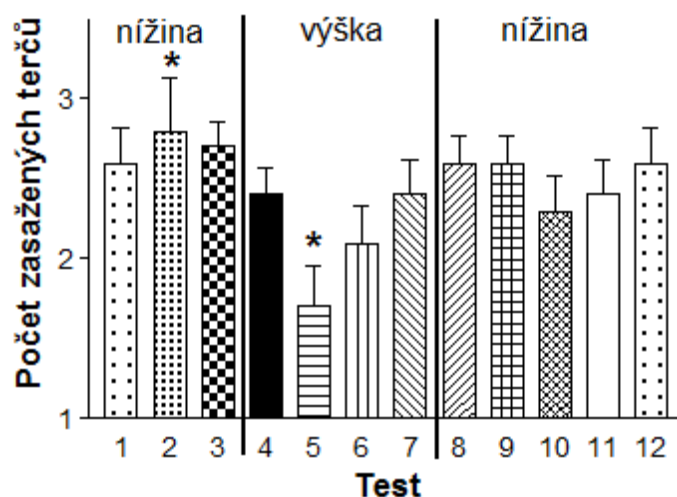
5.3.1.4. Úspěšnost střelby vstoje po zatížení

Posledním testem úspěšnosti střelby byla střelba vstoje po zatížení. Testovaní biatlonisté měli možnost zasáhnout maximálně pět terčů, přičemž nejčastěji zasahovali jeden, dva, tři nebo čtyři terče, výjimečně pět nebo žádný (v jednom případě).

Graf č. 12 byl sestaven na základě dat z tabulky č. 13. Hodnoty průměrné úspěšnosti střelby byly porovnány proti sobě a mezi 2. (6 dní před odjezdem do výšky) a 5. testem (6. den ve výšce) byl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$).

Biatlonista	1. T	2. T	3. T	4. T	5. T	6. T	7. T	8. T	9. T	10. T	11. T	12. T
A	3	2	3	3	2	2	3	3	3	2	2	4
B	2	2	3	2	1	2	3	2	3	1	3	2
C	4	5	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2
D	3	2	2	2	2	3	1	2	2	2	1	3
E	2	3	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2
F	2	2	3	2	0	1	2	2	3	2	2	3
G	3	3	2	2	1	3	2	3	3	3	2	3
H	3	4	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2
I	2	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3
J	2	2	3	2	2	1	3	3	3	3	3	2
Průměr	2,43											

Tabulka č. 13: Počet zasazených terčů vyjadřujících úspěšnost střelby biatlonistů po zatížení vstoje během dvanácti testů (1. - 3. v nížině, 4. - 7. ve vyšší nadmořské výšce, 10. - 12. v nížině).



Graf č. 12: Počet zasazených terčů vyjadřujících úspěšnost střelby po zatížení vstoje během jednotlivých testů v nížině (1 - 3; 8 - 12) a vyšší nadmořské výšce (4 - 7) (* označuje statisticky významné rozdíly, kde $p < 0,05$).

5.3.2. RYCHLOST STŘELBY

Vedle úspěšnosti střelby byl zaznamenáván i čas střelby každé položky. Průměrné časy střelby vleže a vstoje, v klidu a po zatížení jsou zaznamenány v tabulce č. 13.

Klidová střelba vleže (34,38s) byla u biatlonistů pomalejší než střelba vleže po zatížení (33,94s), naopak klidová střelba vstoje (31,93s) byla rychlejší než střelba vstoje po zatížení (32,68s). Průměrné časy střelby vleže (klidových a po zatížení) byly pomalejší (34,16s) než střelby vstoje (klidových a po zatížení) (32,30s).

Měřená veličina	Průměrný čas střelby [s]
Střelba vleže	34,16
Střelba vstoje	32,3
Klidová střelba vleže	34,38
Klidová střelba vstoje	31,93
Střelba vleže po zatížení	33,94
Střelba vstoje po zatížení	32,68

Tabulka č. 13: Průměrné časy střelby vleže, vstoje, klidové střelby vleže a vstoje a střelby po zatížení vleže a vstoje.

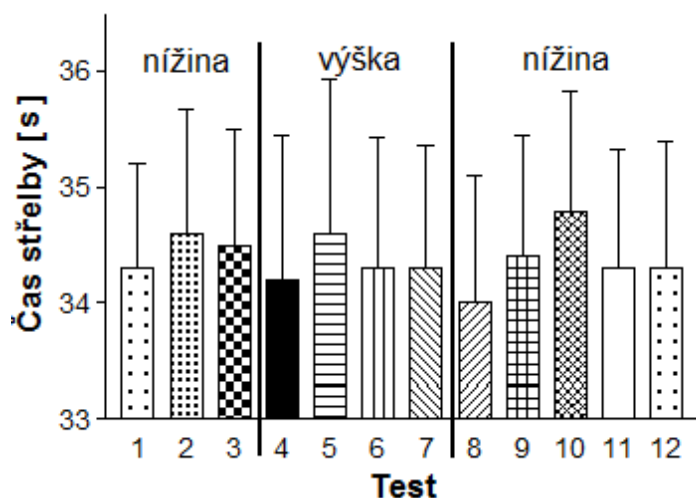
5.3.2.1. Časy klidové střelby vleže

V průběhu testování rychlosti klidové střelby měli biatlonisté za úkol zasáhnout pět terčů vleže. Jednotlivé časy jsou vyneseny v tabulce č. 14. Nejrychleji zasáhli střeleckou položku biatlonisté v čase 28s, nejpomaleji za 41s.

Graf č. 13 byl vyhodnocen na základě dat z tabulky č. 14. Hodnoty průměrné rychlosti střelby byly porovnány proti sobě a nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi jednotlivými měřeními.

Biatlonista	1. T	2. T	3. T	4. T	5. T	6. T	7. T	8. T	9. T	10. T	11. T	12. T
A	34	35	34	34	35	36	35	34	34	35	34	36
B	36	37	37	37	38	37	36	37	38	36	38	38
C	32	33	33	32	33	32	33	33	34	34	35	34
D	33	32	32	31	30	30	32	31	32	31	31	32
E	32	33	33	32	33	33	32	31	32	33	32	31
F	33	34	33	32	32	32	33	33	32	33	32	32
G	30	28	29	28	28	29	28	28	29	30	29	28
H	36	37	37	36	36	36	37	36	36	37	36	36
I	38	37	37	39	40	38	37	38	37	39	37	37
J	39	40	40	41	41	40	40	39	40	40	39	39
Průměr	34,08											

Tabulka č. 14: Časy klidové střelby biatlonistů vleže během dvanácti testů (1. - 3. v nížině, 4. - 7. ve vyšší nadmořské výšce, 10. - 12. v nížině).



Graf č. 13: Rychlost klidové střelby vleže během jednotlivých testů v nížině (1 - 3; 8 - 12) a vyšší nadmořské výšce (4 - 7).

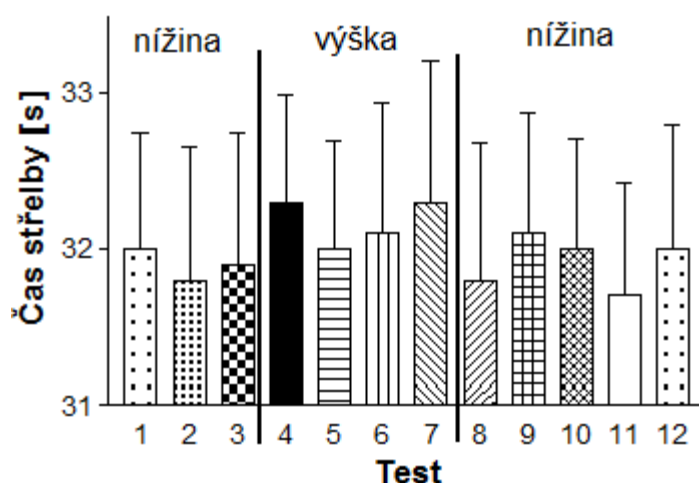
5.3.2.2. Časy klidové střelby vstoje

V průběhu testování rychlosti klidové střelby vstoje měli biatlonisté za úkol zasáhnout pět terčů vstoje. Jednotlivé časy jsou vyneseny v tabulce č. 15. Nejrychleji zasáhli střeleckou položku biatlonisté v čase 28s, nejpomaleji za 37s.

Graf č. 14 byl vyhodnocen na základě dat z tabulky č. 15. Hodnoty průměrné rychlosti střelby byly porovnány proti sobě a nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi jednotlivými měřeními.

Biatlonista	1. T	2. T	3. T	4. T	5. T	6. T	7. T	8. T	9. T	10. T	11. T	12. T
A	29	28	28	29	28	29	29	28	28	29	29	28
B	29	28	29	30	31	30	29	28	29	29	30	28
C	33	32	33	33	34	33	34	34	33	32	33	32
D	35	35	35	34	33	34	34	34	34	33	32	32
E	32	31	31	30	32	31	32	31	32	31	30	32
F	29	30	29	31	29	29	28	28	30	31	29	32
G	32	31	32	33	31	31	32	33	32	32	31	32
H	34	35	36	35	34	37	36	35	35	36	36	36
I	35	35	34	35	34	35	36	34	35	35	34	34
J	32	33	32	33	34	32	33	33	33	32	33	34
Průměr	32,93											

Tabulka č. 15: Časy klidové střelby biatlonistů vstoje během dvanácti testů (1. - 3. v nížině, 4. - 7. ve vyšší nadmořské výšce, 10. - 12. v nížině).



Graf č. 14: Rychlost klidové střelby vstoje během jednotlivých testů v nížině (1 - 3; 8 - 12) a vyšší nadmořské výšce (4 - 7).

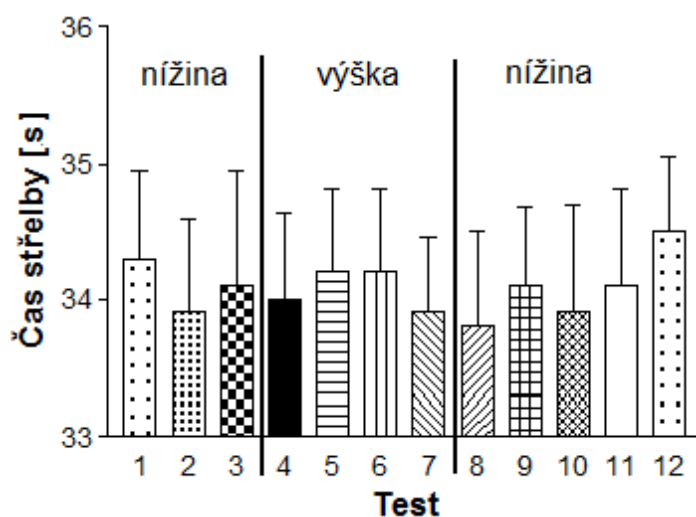
5.3.2.3. Časy střelby vleže po zatížení

V průběhu testování rychlosti střelby po zatížení měli biatlonisté za úkol zasáhnout pět terčů vleže. Jednotlivé časy jsou vyneseny v tabulce č. 16. Nejrychleji zasáhli střeleckou položku biatlonisté v čase 28s, nejpomaleji za 38s.

Graf č. 15 byl vyhodnocen na základě dat z tabulky č. 16. Hodnoty průměrné rychlosti střelby byly porovnány proti sobě a nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi jednotlivými měřeními.

Biatlonista	1. T	2. T	3. T	4. T	5. T	6. T	7. T	8. T	9. T	10. T	11. T	12. T
A	33	33	34	33	34	34	33	34	34	32	33	34
B	36	35	36	35	37	36	35	35	36	37	34	36
C	30	29	28	30	31	31	31	30	31	30	31	32
D	34	33	32	33	32	34	32	32	32	30	31	32
E	36	36	36	36	36	37	36	35	36	34	35	34
F	36	37	37	37	36	36	35	37	36	37	38	37
G	35	35	36	36	35	34	36	37	36	36	37	37
H	36	34	35	34	35	35	35	33	34	35	35	34
I	32	33	32	33	34	34	32	32	33	34	33	34
J	35	34	35	33	32	31	34	33	33	34	34	35
Průměr	34,38											

Tabulka č. 16: Časy střelby biatlonistů po zatížení vleže během dvanácti testů (1. - 3. v nížině, 4. - 7. ve vyšší nadmořské výšce, 10. - 12. v nížině).



Graf č. 15: Rychlost střelby po zatížení vleže během jednotlivých testů v nížině (1 - 3; 8 - 12) a vyšší nadmořské výšce (4 - 7).

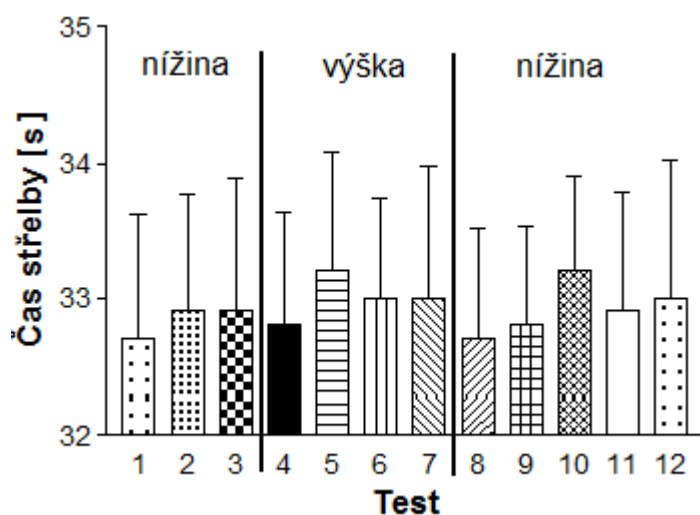
5.3.2.4. Časy střelby vstoje po zatížení

V průběhu testování rychlosti střelby po zatížení měli biatlonisté za úkol zasáhnout pět terčů vstoje. Jednotlivé časy jsou vyneseny do tabulky č. 17. Nejrychleji zasáhli střeleckou položku biatlonisté v čase 27s, nejpomaleji za 38s.

Graf č. 16 byl vyhodnocen na základě dat z tabulky č. 17. Hodnoty průměrné rychlosti střelby byly porovnány proti sobě a nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi jednotlivými měřeními.

Biatlonista	1. T	2. T	3. T	4. T	5. T	6. T	7. T	8. T	9. T	10. T	11. T	12. T
A	29	28	27	28	29	29	28	28	29	29	27	29
B	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	32	28
C	31	32	33	33	33	32	31	31	32	33	31	32
D	37	36	36	35	35	33	35	34	35	34	35	36
E	32	33	34	32	34	34	33	33	34	34	33	32
F	31	31	33	31	30	32	31	32	32	32	32	34
G	33	32	31	32	33	32	33	32	31	32	33	32
H	31	33	32	33	34	34	34	33	34	35	33	32
I	37	37	38	37	37	37	38	37	36	36	37	38
J	36	36	35	36	37	36	37	36	35	36	36	37
Průměr	32											

Tabulka č. 17: Časy střelby biatlonistů po zatížení vstoje během dvanácti testů (1. - 3. v nížině, 4. - 7. ve vyšší nadmořské výšce, 10. - 12. v nížině).



Graf č. 16: Rychlost střelby po zatížení vstoje během jednotlivých testů v nížině (1 - 3; 8 - 12) a vyšší nadmořské výšce (4 - 7).

5.3.3. Čas běhu ve stanovené intenzitě zatížení

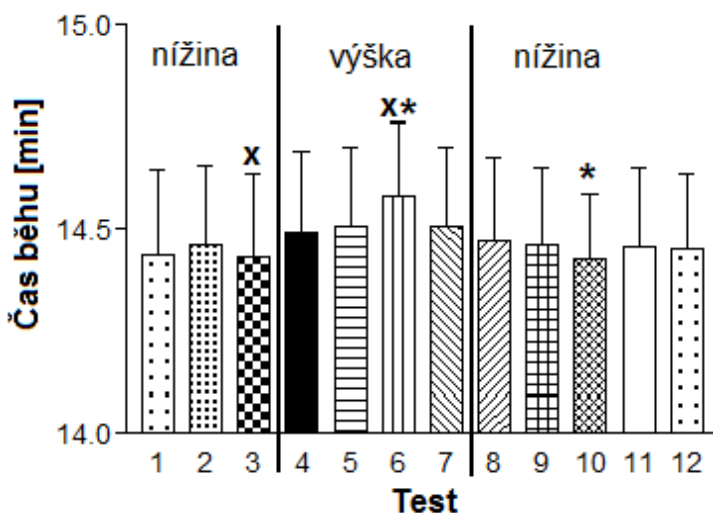
Časy běhů biatlonistů ve stanovené intenzitě zatížení jsou vyneseny v tabulce č. 18, průměrné časy jednotlivých testů jsou znázorněny v grafu č. 17.

Ve vyšší nadmořské výšce se průměrný čas běhu biatlonistů významně zhoršil v porovnání s průměrnými časy z nížiny 9. den pobytu a tréninku ve výšce, kdy biatlonisté dosahovali v průměru nejhorších časů za celou dobu testování. Průměrně nejlepšího času běhu biatlonisté dosáhli 12. den v nížině, po návratu z vyšší nadmořské výšky. Největší rozdíl byl mezi 6. a 12. testem (tedy 9. den

pobytu ve vyšší nadmořské výšce a 12. den po návratu do nížiny).

Biatlonista	1. T	2. T	3. T	4. T	5. T	6. T	7. T	8. T	9. T	10. T	11. T	12. T
	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]
A	14,51	14,53	14,49	14,50	14,56	14,68	14,63	14,59	14,49	14,56	14,69	14,52
B	15,76	15,65	15,68	15,71	15,62	15,63	15,62	15,63	15,56	15,10	15,53	15,50
C	15,03	15,10	15,07	15,10	15,12	15,19	15,13	15,12	15,09	15,10	15,08	15,04
D	14,35	14,33	14,39	14,50	14,52	14,53	14,48	14,39	14,41	14,39	14,37	14,35
E	13,95	13,98	13,94	13,91	13,95	14,23	13,92	13,93	13,97	13,92	13,86	14,34
F	14,02	14,12	14,00	14,26	14,24	14,23	14,22	14,12	14,18	14,14	14,09	14,06
G	14,50	14,55	14,56	14,56	14,61	14,57	14,56	14,53	14,56	14,58	14,60	14,51
H	14,88	14,89	14,83	14,91	14,95	14,99	14,95	14,99	14,89	14,91	14,92	14,85
I	13,87	13,89	13,88	13,90	13,91	13,80	13,93	13,89	13,91	13,94	13,89	13,85
J	13,52	13,57	13,50	13,59	13,61	13,99	13,64	13,55	13,58	13,61	13,56	13,53
Průměr	14,48											

Tabulka č. 18: Časy běhů biatlonistů ve stanovené intenzitě zatížení během dvanácti testů (1. - 3. v nížině, 4. - 7. ve vyšší nadmořské výšce, 10. - 12. v nížině).



Graf č. 17: Průměrné časy běhů biatlonistů během jednotlivých testů v nížině (1 - 3; 8 - 12) a vyšší nadmořské výšce (4 - 7). Průměrné hodnoty časů běhů označené hvězdičkou (*) dosahují statistické významnosti $p < 0,01$; hodnoty označené křížkem (x) $p < 0,05$.

6. DISKUZE

V současnosti existuje celá řada studií zabývajících se vlivem vyšší nadmořské výšky na sportovce. Problematika tréninku a střelby ve vyšší nadmořské výšce je aktuální a v biatlonu nedostatečně probádaná. Jediný dostupný zdroj, jenž se zabývá střelbou biatlonistů ve vyšší nadmořské výšce, je disertační práce Půži (2006), který analyticky hodnotí vliv vyšší nadmořské výšky na efektivitu střelby biatlonistek.

Některé doplňující informace byly čerpány i z jiných zdrojů, které se zabývají obecnou problematikou tréninku ve vyšší nadmořské výšce, zejména ze studií věnujících se běhu na lyžích, který je biatlonu velmi blízký. Vědecké hypotézy byly stanoveny na základě osobních zkušeností, otevřených otázek a hlavně publikované literatury, která prokázala negativní efekt způsobený geofyzikálními vlivy vyšší nadmořské výšky na sportovní výkonnost (Wilber, 2004; Terrados, 1995, a další).

Trénink ve vyšší nadmořské výšce využívají především vrcholoví sportovci, protože opakovaný pobyt ve výšce je z tréninkového, časového i finančního hlediska poměrně náročný.

Z důvodu přehlednosti je diskuze strukturována do jednotlivých podkapitol. V první části je shrnut vývoj biatlonu a přehled stěžejních studií vydaných na našem území, které s tímto vývojem souvisely a přinesly nové poznatky. Další části byly seřazeny podle výzkumných etap a výsledků dílčích hypotéz.

6.1. PŘEHLED LITERÁRNÍCH ZDROJŮ SOUVISEJÍCÍCH S VÝVOJEM BIATLONU NA NAŠEM ÚZEMÍ

Biatlon je poměrně mladý sport a stále prochází vývojem. Na našem území se původně jednalo o Sokolský závod branné zdatnosti, který byl zaštitěn ÚV Svazarmu. Právě z této doby lze získat informace především z monografií Fencla (1979), Levory (1985), Kašpera (1985), Nitzscheho (1988), Vojtíška (1988), ad. Přejít na malorážné zbraně, a s tím související zmenšení palebné vzdálenosti na 50m, umožnil vznik mnoha střelnic. Dalším mezníkem byl rok 1985, kdy byla oficiálně povolena volná technika běhu na lyžích, ale trvalo několik let, než se technika běhu na lyžích ustálila a biatlon se vyvinul do dnešní podoby. Využití malorážných zbraní a přechod na volnou techniku běhu na lyžích byly impulsem pro další vědecké zkoumání a zjišťování poznatků týkajících se biatlonu: Melichna (1995), Paugschová (1997, 2000), Ondráček (1999), Zicháček (2000, 2004) a další. V současnosti se popularita biatlonu pořád zvyšuje a již předčil ve

sledovanosti tradiční lyžařské sporty jako např. běh na lyžích.

6.2. NADMOŘSKÉ VÝŠKY SVĚTOVÝCH BIATLONOVÝCH SOUTĚŽÍ

Světová biatlonová federace ustanovila, že biatlonové soutěže musí být pořádány maximálně v 1 800m n. m. Každý rok je zařazen do programu světového poháru závod v italské Anterselvě (1 635m n. m.), která je jediným závodem z deseti SP, které se konají ve vyšší nadmořské výšce. S ohledem na historické konsekvence míst konání SP a jejich organizátory se zřejmě procento SP ve vyšších nadmořských výškách nebude zvyšovat. Větší variabilita může nastat u MS a ZOH, kdy jsou pro tyto akce vystavovány nové areály. Celkem šest ZOH z patnácti se pořádalo od roku 1960 do roku 2014 ve vyšší nadmořské výšce. Zejména ZOH jsou pro biatlonisty stěžejní, protože je k nim směřována čtyřletá příprava sportovců. Historicky se většina ZOH pořádala v nadmořské výšce nad 1 000m n. m. Jedny z posledních her (Salt Lake City - 2002; Torino - 2006, Soči - 2014) se konaly v nadmořských výškách nad 1 500m n. m. a z klimatických důvodů bude zřejmě tento trend pokračovat. Příprava sportovišť a vlastní pořádání ZOH je po finanční stránce velmi nákladné a z ekonomického hlediska je důležité, aby se konaly. V těchto střediscích je větší pravděpodobnost přítomnosti sněhových srážek, a pokud není dostatek přírodního sněhu, tak nižší teploty vyšších nadmořských výšek umožňují vyrábět umělý sníh.

6.3. VLIV VÝŠKY NA ÚSPĚŠNOST STŘELBY ELITNÍCH BIATLONISTŮ

V rámci statistické analýzy úspěšnosti střelby elitních biatlonistů bylo vybráno deset nejlepších závodníků a závodnic ve vytrvalostních závodech. Od závodní sezóny 1990/1991 byla zaznamenávána úspěšnost střelby biatlonistů ve vybraných střediscích. Hodnocena byla pouze data z vytrvalostních závodů, protože je to nejdelší biatlonový závod, kteří biatlonisté absolvují (muži: 20km; ženy: 15km) a vliv vyšší nadmořské výšky na jejich fyzický a střelecký výkon by měl být největší. Také je výhoda, že biatlonisté jsou ve vytrvalostním závodě odstartováni v intervalových rozestupech, takže se soustředí především na svůj výkon a nejsou tolik ovlivňováni ostatními závodníky jako v hromadných nebo stíhacích závodech. Vytrvalostní závod vyhrávají výborní střelci, protože za každý nezasažený terč jsou penalizováni trestnou minutou, a to je velký hendikep i pro nejrychlejší běžce. Například sprintový závod by pro hodnocení vlivu výšky na úspěšnost střelby nebyl vhodný, protože je poměrně krátký a únava z vyšší nadmořské výšky se tolik

neprojeví.

Výsledky ze závodů ze střední nadmořské výšky nebyly do analýzy začleněny, aby byl sledovaný rozdíl v úspěšnosti střelby co největší. V rámci druhé etapy byly hodnoceny výsledky deseti nejlepších biatlonistů a biatlonistek ve vytrvalostních závodech SP, MS a ZOH. Mohlo být hodnoceno nejlepších dvacet závodníků, ale rozhodli jsme se vybrat pouze deset a zúžit tím skupinu elitních biatlonistů.

Naše výsledky hodnotící úspěšnost střelby vrcholových biatlonistek se shodovaly s výsledky Půži (2006). Nebyl prokázán vliv vyšší nadmořské výšky na jejich úspěšnost střelby. U biatlonistů také nebyl nalezen významný rozdíl mezi střeleckým výkonem ve vyšší nadmořské výšce a v nížině. První hypotéza tedy nebyla potvrzena. S největší pravděpodobností je to dáno tím, že nejlepší biatlonisté jsou výborně připraveni na závody ve vyšší nadmořské výšce a jsou na ni adaptováni. Elitní biatlonisté dosahují takové úrovně běžecké výkonnosti, že ani ve vyšší nadmořské výšce nemají problémy se zvýšenou únavou, zhoršením rovnovážných schopností a jemné koordinace během závodní střelby. Nedochozí k významnému zhoršení střelby při závodech ve vyšší nadmořské výšce, ani za předpokladu, že běžecký výkon je pravděpodobně více negativně ovlivněn nesením zbraně (Půža, 2006). Zřejmě výborné výsledky nejlepších biatlonistů souvisí s úrovní trénovanosti, protože se rychleji při příjezdu na střelnici uklidní a střelecký výkon může být přesnější z důvodu nižší tepové frekvence v porovnání s méně trénovanými závodníky (Hoffman a Street, 1992). Toto tvrzení nabývá na významu zejména u kontaktních závodů (stíhací a hromadný závod, štafety), u kterých si často závodníci nemohou udržet svou optimální intenzitu zatížení a přijíždí na střelnici s vyšší tepovou frekvencí. U závodníků vyšší výkonnosti se tepová frekvence rychleji sníží, což vytváří předpoklad úspěšnější střelby.

Výsledky první hypotézy byly v souladu s Neumannem a kol. (2001), kteří uvádějí, že při pobytu v nadmořské výšce 1 700 - 1 800m n. m. mohou být elitní sportovci zatěžováni rychlostí, na kterou jsou zvyklí v nižších nadmořských výškách. Takže vyšší nadmořská výška by neměla ovlivnit závodní výkony biatlonistů podávané v hypoxických podmínkách. Snížení obvyklé tréninkové rychlosti při běhu o 5 - 10% je doporučováno až při pobytu v nadmořské výšce nad 2 200m n. m., ale v této nadmořské výšce se již biatlonové soutěže nekonají.

Velké procento biatlonových závodů se pořádá ve vyšší nadmořské výšce, a pokud biatlonisté chtějí v těchto podmínkách uspět a dosáhnout umístění na medailových pozicích, tak je důležité se na soutěže ve vyšší nadmořské výšce dobře připravit. V rámci přípravného období a ojediněle i závodní sezóny se biatlonisté účastní několika soustředění ve střední a vyšší nadmořské výšce, výjimečně využívají hypoxické stany nebo další přístroje, které pomáhají adaptaci sportovce

na hypoxické podmínky. Neumann (2001) poukazuje na skutečnost, že při opakovaném tréninku v hypoxickém prostředí se adaptační fáze zkracuje, a proto je výhodné absolvovat alespoň dvě až tři soustředění ve vyšších nadmořských výškách v průběhu ročního tréninkového cyklu.

Pokud by souvisela úspěšnost střelby ve výšce s vyšší výkonností biatlonistů a do analýzy by byli začleněni biatlonisté závodící na mezinárodní úrovni, ale dosahující horších výsledků (např. umístění na 80. místě v SP), tak by úspěšnost střelby závodníků ve výšce nemusela být tak vysoká. V našem výzkumu jsme však vybrali nejlepší závodníky a tato domněnka může být námětem pro další studii.

Dalším možným vysvětlením úspěšné střelby elitních biatlonistů ve vyšší nadmořské výšce je její automatizace. Biatlonisté mají jednotlivé dovednosti jako je manipulace se zbraní a vlastní střelba natolik osvojené, že vyšší nadmořská výška neovlivňuje jejich střelecký výkon.

Druhá hypotéza, která předpokládala nižší úspěšnost střelby žen ve vyšší nadmořské výšce než u mužů, byla potvrzena. Nejlepší biatlonistky dosahovaly ve vyšší nadmořské výšce statisticky nižší úspěšnosti střelby než biatlonisté. V rámci statistické analýzy byly porovnány také výsledky mužů a žen ze závodů v nížině a rozdíl v úspěšnosti střelby byl opět statisticky významný. Přesto však střelecký výkon biatlonistek byl podmínkami vyšší nadmořské výšky více ovlivněn než u biatlonistů. Zřejmě menší přesnost střelby souvisí s nižší výkonností biatlonistek než u biatlonistů. Také nesení zbraně může mít zásadní vliv na výkonnost biatlonistek, protože v porovnání se somatotypem biatlonistů jsou lehčí, tudíž zbraň může více ovlivnit střelbu žen. Dalším faktorem může být hrudní dýchání biatlonistek během střelby, které není pro polohu vstoje vhodné.

Boudíková a Suchý (2014) uvádějí, že ženy během všech světových soutěží zasáhly v průměru více terčů než muži. U vytrvalostních závodů se ale muži soustředí na svůj střelecký výkon více než u dalších soutěží (sprint, stíhací a hromadný závod) a při nezasažení terče jsou penalizováni trestnou minutou, což je daleko přísnější než u ostatních závodů, kdy musí biatlonisté za nezasažený terč absolvovat trestné kolo, které trvá přibližně 20s (www.ibu.com). Trestné minuty mohou způsobit výrazný pokles závodníka ve výsledkové listině, a tím umožnit průměrným běžcům, ale zároveň výborným střelcům, dosáhnout výborného výsledku. Během biatlonových závodů, u kterých jsou závodníci při nezasažení terče penalizováni trestným kolem, muži více riskují, aby zasáhli terče v co nejkratším čase. To je podpořeno i výzkumem Rundella (1995), který zjistil, že úspěšnost střelby v rámci národního žebříčku je více důležitá u žen než u mužů. V mužské kategorii je běžecká i střelecká výkonnost daleko více vyrovnaná než u žen, a proto je kladen velký důraz také na rychlost střelby, i za předpokladu nižší úspěšnosti střelby (Boudíková a Suchý, 2014).

6.4. VLIV POBYTU A TRÉNINKU VE VÝŠCE NA ÚSPĚŠNOST STŘELBY BIATLONISTŮ

V experimentálním testování jsme zjistili, že pobyt a trénink ve vyšší nadmořské výšce neměl pozitivní vliv na úspěšnost střelby, rychlost střelby, ani čas běhu biatlonistů ve stanovené intenzitě zatížení. Třetí hypotéza nebyla potvrzena. Pro vyhodnocení této hypotézy byla porovnána data v nížině před odjezdem a po návratu u všech třech proměnných.

Vyšší nadmořská výška neovlivnila úspěšnost klidové střelby, ani úspěšnost střelby vleže po zatížení.

Šestý den pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce prokázal, že hypoxické podmínky mají u sledovaného souboru vliv na úspěšnost střelby po zatížení vstoje. Testovaní biatlonisté neměli časté zkušenosti s vyšší nadmořskou výškou. Pokud by byli více adaptovaní na podmínky vyšší nadmořské výšky, nebo dosahovali výborné kondiční výkonnosti jako reprezentanti, tak by zřejmě rozdíl v úspěšnosti střelby ve vyšší nadmořské výšce a nížině byl nižší.

Vyšší nadmořská výška způsobuje zvýšenou únavu sportovců, která negativně ovlivňuje rovnovážné schopnosti, které jsou důležité pro úspěšnou střelbu, což platí zejména pro střelbu vstoje, kdy je tělo biatlonisty více nestabilní než u střelby vleže. To je v souladu se studií Hoffmana a kol. (1992), kteří zjistili, že během cvičení stejných intenzit se méně snižuje přesnost střelby vleže, než střelby vstoje, což souvisí především se stabilitou držení těla a zbraně.

Dalším důvodem zhoršení úspěšnosti střelby vstoje po zatížení ve vyšší nadmořské výšce může být nižší schopnost uklidnění biatlonistů, kteří nejsou tak trénovaní jako elitní závodníci. To se může projevit právě při střelbě vstoje, kdy biatlonisté nemají tolik času na snížení tepové frekvence jako u střelby vleže (Hoffman a Street, 1992). U střelby vleže musí biatlonisté ulehnout a upevnit zbraň do upínacího řemenu, přičemž tyto aktivity jim umožňují delší čas na odpočinek. Navíc poloha vstoje je více energeticky náročná z důvodu menší stability těžiště těla a pro biatlonisty je složitější snížit tepovou frekvenci tak jako u polohy vleže.

Po návratu do nížiny se úspěšnost střelby biatlonistů vrátila téměř na původní hodnoty, ale nezlepšila se oproti měření v nížině před odjezdem do vyšší nadmořské výšky.

Vrcholoví biatlonisté dosahují vyššího sportovního výkonu, obzvláště běžeckého, víceméně totožnými tréninkovými prostředky (hypoxický trénink, barokomory, aklimatizace), a to převážně v nejvyšším možném počtu tréninkových jednotek, v intenzitě zatížení a kvalitě procesu (Nitzche, 1988; Paugschová, 2000; Videman, 2003). Efektivita střeleckého výkonu se u biatlonistů zvýší pouze vysokou kvalitou střeleckého tréninku (Wick, 1997; Zicháček, 2000). Z těchto důvodů mohou být negativní vlivy vyšší nadmořské výšky u elitních biatlonistů výrazně sníženy.

Manipulace se zbraní a vlastní střelba jsou ve velké míře dlouhodobým tréninkem zautomatizované pohybové činnosti, a to je zřejmě hlavní důvod, proč se průměrný čas střelby po celou dobu testování neliší.

Nejlepší biatlonisté jsou schopni střeleckou položku vleže provést v časovém intervalu 22 - 25s a polohu vstoje přibližně za 19 - 20s. Rychlost střelby testovaných biatlonistů byla výrazně horší než u vrcholových závodníků, u střelby vleže se pohybovala v průměru okolo 34s a u polohy vstoje 32s.

Mamatou (1988), který sledoval, jak se mění rychlost střelby při různých intenzitách zatížení, zjistil jen velmi malou závislost mezi rychlostí střelby a intenzitou předchozího zatížení. Manipulace se zbraní a vlastní střelba jsou zautomatizované pohyby. Vyšší nadmořská výška a vyšší intenzita zatížení by neměly mít vliv na rychlost střelby. Toto tvrzení je v souladu s Ondráčkem (2011), který ve své práci uvádí, že z důvodu časové tísně, přesného vykonávání jemných senzomotorických pohybů a bezpečnosti při manipulaci se zbraní je střelba a manipulace se zbraní značně zautomatizována. Jedná se zejména o snímání a nasazování zbraně, manipulace s krytkami ústí hlavně a dioptru a se zásobníky, dále pokládání a nasazování holí. Další činnosti (zaujímání polohy, nabíjení, cílení a spouštění) jsou také zautomatizovány, ale k jejich kvalitnímu provedení je nezbytná maximální koncentrace pozornosti.

Dvanáctidenní pobyt a trénink ve vyšší nadmořské výšce nezlepšil výkonnost sportovců. Průměrné časy běhů ve stanovené intenzitě zatížení se po návratu do nížiny nezkrátily oproti časům testů před odjezdem do vyšší nadmořské výšky.

Během prvních dnů pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce bylo potvrzeno, že se časy běhů biatlonistů zhoršily. Pokles výkonnosti se shoduje s klasickými studiemi Buskirka a kol. (1967) nebo Danielse a Oldridge (1970), kteří testovali velmi dobré vytrvalce na jednu míli ve výšce 2 200m n. m. a zjistili, že v prvních deseti dnech pobytu klesá výkonnost přibližně o 8 - 15%. Také v souladu s Dovalilem a kol. (1999) bylo ze získaných výsledků vyhodnoceno, že 9. den pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce se u biatlonistů objevila výraznější krize, během které dosahovali nejhorších časů běhů za celou dobu testování.

Další testované dny se časy sportovců postupně snižovaly, až na poslední dva testy. Dvanáctý reaktivizační den dosahovali biatlonisté nejlepších časů běhů. Podobný výsledek byl publikován i v práci Suchého (2012), který zjistil, že po desetidenním soustředění měla vyšší nadmořská výška pozitivní vliv na snížení hodnot laktátu a tepové frekvence, a to deset dní po návratu do nížiny oproti testům v nížině před odjezdem do vyšší nadmořské výšky. Dovalil a kol. (2012) uvádějí, že po třítýdenním pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce dosáhnou sportovci

nejvyšší výkonnosti tři týdny po návratu do nížiny. Zřejmě délka pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce odpovídá přibližně stejné době v reaktivizační fázi, kdy sportovci dosahují nejlepších výsledků.

Dvanáctidenní soustředění ve vyšší nadmořské výšce však není dostačující ke zlepšení výkonnosti, protože pokud byly porovnávány výsledky běhu v nížině před odjezdem do vyšší nadmořské výšky a 12. den po návratu do nížiny, tak nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl.

Jednou z možných vysvětlení nevýznamného zvýšení výkonnosti po návratu do nížiny mohlo být přetrénování biatlonistů ve vyšší nadmořské výšce. Trénink ve výšce je vhodný především pro výborně trénované závodníky, protože klade vysoké nároky na fyzickou a psychickou připravenost a sportovci mohou v hypoxických podmínkách kvalitně trénovat pouze v případě, že dosahují vysoké úrovně výkonnosti. Testovaní sportovci však byli zvyklí absolvovat větší tréninkové zatížení v rámci soustředění i ve střední nadmořské výšce nebo nížině, proto podle mého názoru je nízká pravděpodobnost, že se ve výšce přetrénovali. Získané výsledky byly podpořeny studií Gurského (1994), který zjistil, že po 2 - 3 dnech pobytu ve výškách nad 1 500m n. m. lze pozorovat už některé funkční změny, ale morfologické projevy adaptace je možné očekávat až po minimálně 15 dnech pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce.

6.4.1. ZDŮVODNĚNÍ KONCIPOVÁNÍ DESIGNU EXPERIMENTU

V rámci experimentu jsme zvažovali využití více specifického testu pro běh na lyžích - kolečkové lyže, ale z bezpečnostních i technicko - organizačních důvodů byl vybrán běh.

Biatlonisté odkládali zbraň po každé střelbě na stojan, protože není možné z bezpečnostního hlediska absolvovat běh se zbraní na zádech.

Čas střelby testovaných biatlonistů byl měřen stejně jako čas střelby závodníků na světových pohárech podle časomíry Mezinárodní biatlonové unie (IBU), tedy od příjezdu na střelecké stanoviště až po jeho opuštění. V případě experimentu nemuseli testovaní biatlonisté odkládat a zvedat hole jako v zimním biatlonu.

Testování výkonnosti biatlonistů bylo možné uskutečnit dvěma způsoby. Buď by museli sportovci dodržovat konstantní časy běhů a byla jim měřena tepová frekvence, nebo by museli běžet při konstantní tepové frekvenci a byl jim měřen čas běhu. Byla zvolena druhá možnost, protože v prvním případě by testovaní probandi měli problém uhlídat stejný čas běhu u všech testů, přičemž udržet určité rozpětí hodnot tepové frekvence podle sporttesteru je jednoduché. V případě

dodržování konstantních časů běhů by také biatlonisté museli ve vyšší nadmořské výšce pracovat s daleko větším úsilím než v nížině, což by mohlo vést k jejich přetrénování (Suchý, 2012).

Dále byla zvažována vhodná hodnota tepové frekvence, podle které se museli biatlonisté řídit při absolvování běžeckých testů. Byla stanovena hodnota 85% TF_{max} podle Dovalila a kol. (2012). Závodní tempo bylo vyloučeno z důvodu svalové acidózy, která ve vyšší nadmořské výšce nastupuje daleko rychleji než v nížině (Levine a Stray - Gundersen, 1997), mohlo by dojít k přetrénování sportovců a nebyli by schopni absolvovat všechny testy v potřebné intenzitě zatížení. Také bylo eliminováno psychické zatížení spojené se závodním výkonem, které by mohlo mít vliv na výsledek střelby. V rámci testování byl zvolen individuální způsob startu, aby se biatlonisté mezi sebou na trati a během střelby neovlivňovali a nebyly tím zkresleny výsledky.

Dalším z řešených problémů bylo, zda využít k tréninku přirozeně či uměle navozenou hypoxii. Hlavně z finančního hlediska jsme se rozhodli pro soustředění ve vyšší nadmořské výšce. Uměle navozená hypoxie by byla také časově a organizačně náročná, vyžadovala by spaní v kyslíkových stanech a vystavení sportovců uměle navozenými podmínkami vyšší nadmořské výšky by nebylo kontinuální po celý den.

Délka soustředění ve vyšší nadmořské výšce byla z finančních důvodů naplánována pouze na 12 dní.

Původně bylo zvažováno absolvovat s testovanými jedinci krevní rozbor, případně měření krevního laktátu v terénu. Štulrajter a kol. (2001) však ve své práci uvádějí, že výraznější změny v krevním obraze nastávají až v nadmořských výškách nad 2 000m n. m. Po přípravě ve středohoří nezaznamenali významnější nárůst počtu erytrocytů a zvýšenou koncentraci hemoglobinu. Navíc nemám potřebné oprávnění a proškolení ke krevním odběrům, takže z ekonomických a časově - organizačních důvodů bylo testování krve vyloučeno. Do výsledků experimentu mělo být také zahrnuto pravidelné měření ranní tepové frekvence, ale testování biatlonisté některé testy vynechali, a proto nebyla do práce začleněna.

7. ZÁVĚR

Vyšší nadmořská výška svými fyzikálními podmínkami vytváří pro neadaptovaného sportovce prostředí, které způsobuje fyziologické adaptační změny organismu, jež vedou k vytváření lepších předpokladů pro výkon podávaný v nížině, ale také ve vyšší nadmořské výšce. Každý jedinec reaguje na tyto podmínky z části individuálně, přičemž záleží na jeho trénovanosti a zkušenosti s vyšší nadmořskou výškou.

Adaptace na vyšší nadmořskou výšku je nezbytná hlavně kvůli těmto problematickým jevům: zvýšení fyzického stresu způsobeného hypoxií, delší čas regenerace, nedostatečný spánek a neschopnost pracovat během tréninku nebo závodu ve vyšší intenzitě zatížení. Nedostatečné okysličení mozku a fyzický stres ovlivňuje také psychiku sportovců. Z těchto důvodů je trénink ve vyšší nadmořské výšce doporučen hlavně pro výborně trénované sportovce, kteří se na vyšší nadmořskou výšku snadněji adaptují. Také jsou schopni hypoxický trénink zvládnout v potřebných intenzitách zatížení bez velkých problémů. Vyšší nadmořská výška je vhodná pro legální zlepšení fyziologických parametrů sportovců, a proto nemusí využívat zakázaných látek ke zlepšení výkonnosti.

V rámci první etapy byl prokázán jistý podíl světových biatlonových závodů, které byly a jsou pořádány ve vyšší nadmořské výšce. Zejména v případě ZOH a stability sněhových podmínek zřejmě bude trend závodů ve vyšších nadmořských výškách pokračovat. K ZOH směřují sportovci svou čtyřletou tréninkovou přípravu, proto je nezbytné se na podmínky vyšší nadmořské výšky průběžně adaptovat. Častější pobyt a trénink sportovců ve vyšších nadmořských výškách vede k následným rychlejším adaptačním procesům.

První hypotéza druhé etapy nebyla prokázána. Deset nejlepších biatlonistů a biatlonistek bylo ve vytrvalostních závodech v letech 1990 - 2014 výborně připraveno na podmínky vyšší nadmořské výšky, byl u nich nalezen minimální rozdíl v úspěšnosti jejich střelby v porovnání s výsledky z nížiny. Zřejmě kvalitní výsledky elitních biatlonistů souvisí s vysokou úrovní výkonnosti, nedochází u nich k výraznému zhoršení rovnovážných schopností a snadněji se uklidní při příjezdu na střelnici, tudíž vlastní střelba může být provedena při nižší tepové frekvenci než u méně trénovaných závodníků. Střelba je značně zautomatizovaná činnost, na kterou nemusí mít výška zásadní vliv.

Druhá hypotéza byla potvrzena, biatlonistky dosahovaly významně horší úspěšnosti střelby než biatlonisté. Biatlonistky dosahovaly statisticky horší úspěšnosti střelby než muži i v nížině, ale

ve vyšší nadmořské výšce byl rozdíl v úspěšnosti střelby žen a mužů vyšší než v nížině. Zřejmě je to způsobeno nižší výkonností biatlonistek v porovnání s biatlonisty.

Ve třetí etapě byli experimentálně testováni biatlonisté, kteří závodí na národní úrovni. Třetí hypotéza nebyla potvrzena, protože úspěšnost střelby, rychlost střelby, ani časy běhů se v reaklimatizační fázi významně nezlepšily oproti nížině před odjezdem do vyšší nadmořské výšky.

V průběhu testování ve vyšší nadmořské výšce však byly identifikovány kritické dny, které se projeví v rámci úspěšnosti střelby vstojе po zatížení (6. den ve výšce) a u průměrného času běhů (9. den ve výšce).

Vyšší nadmořská výška neměla vliv na klidovou střelbu, ani na střelbu vleže po zatížení. Během testů úspěšnosti klidové střelby byly zaznamenány zanedbatelné změny, z čehož vyplývá, že vyšší nadmořská výška má minimální vliv na jemnou motoriku střelby biatlonistů.

Hypoxické podmínky ovlivnily úspěšnost střelby vstojе po zatížení. Pokud nejsou sportovci výborně adaptováni na vyšší nadmořskou výšku, tak nejsou schopni pracovat ve vyšší intenzitě zatížení jako v nížině. Během výkonu ve vyšší nadmořské výšce se při stejné intenzitě zatížení jako v nížině tvoří vyšší koncentrace laktátu a dříve nastupuje únava, což má vliv na hrubou motoriku, zhoršení rovnovážných schopností a stabilitu těla při střelbě, a to především u polohy vstojе, kdy je opora o podložku minimální. Dále méně trénovaní jedinci nedokážou snížit rychle tepovou frekvenci při příjezdu na střelnici, což může mít také zásadní vliv na úspěšnost střelby, zejména u střelby vstojе.

Vyšší nadmořská výška neměla vliv na rychlost střelby, protože manipulace se zbraní a vlastní střelba jsou dlouhodobým tréninkem získané dovednosti, které jsou ve velké míře zautomatizovány.

V průběhu testování v nížině, po návratu z vyšší nadmořské výšky, nedošlo ke zlepšení průměrných časů běhů v dané intenzitě zatížení. V našem modelu nebyl dvanáctidenní pobyt a trénink ve vyšší nadmořské výšce u testovaných sportovců dostačující.

8. ABSTRAKT

Hlavním cílem práce bylo poskytnout nové poznatky týkající se problematiky úspěšnosti střelby ve vyšší nadmořské výšce (1 500 - 3 000m n. m.).

Úspěšnost střelby vrcholových závodníků byla hodnocena na základě výsledků vytrvalostních závodů SP, MS a ZOH v nížině a vyšší nadmořské výšce v rozmezí závodních sezón 1990/1991 - 2013/2014. Vyšší nadmořská výška neměla významný vliv ($p < 0,05$) na úspěšnost střelby biatlonistek, ani biatlonistů v porovnání s výsledky z nížiny. Výška ovlivnila více úspěšnost střelby žen než mužů.

Efektivitu střelby jsme dále zkoumali v rámci experimentu, kterého se zúčastnilo deset biatlonistů soutěžících na národní úrovni. Sportovci absolvovali tři testy v nížině, čtyři testy ve vyšší nadmořské výšce (1 800m n. m.) a pět testů v nížině po návratu z výšky. Součástí testu byla klidová střelba vleže a vstoje, poté následoval běh na 3km, který zahrnoval střelbu vleže a vstoje. Dvanáctidenní pobyt a trénink ve výšce neměl vliv na zlepšení úspěšnosti a rychlosti střelby, ani na čas běhu v dané intenzitě zatížení. Klidová střelba, ani střelba vleže po zatížení se po celou dobu testování významně neměnila. Kritické dny ve výšce byly zaznamenány u střelby vstoje po zatížení (6. den; $p < 0,05$) a u průměrného času běhu (9. den; $p < 0,05$).

Manipulace se zbraní a střelba jsou zautomatizované pohybové činnosti, které nejsou výškou ovlivněny. Výška má zřejmě minimální vliv na jemnou motoriku, protože klidová střelba se významně neměnila po celou dobu testování. Zřejmě výkonnostní úroveň se projevuje v úspěšnosti střelby biatlonistů ve vyšší nadmořské výšce. Vrcholoví biatlonisté jsou lépe adaptováni na výšku a únava u nich nastupuje později, tudíž nedojde k zásadnímu zhoršení rovnovážných schopností, které mají vliv zejména na střelbu vstoje. Vysoká úroveň trénovanosti také umožňuje elitním biatlonistům snížit tepovou frekvenci před střelbou rychleji, než u méně trénovaných, což je důležitý předpoklad úspěšné střelby zejména u polohy vstoje.

Klíčová slova: Zbraň, střelba vleže, střelba vstoje, rychlost střelby, klidová střelba, střelba po zatížení, výkonnost

9. ABSTRACT

The main purpose was describe the issue of shooting success rate at high altitude (1 500 - 3 000m n. m.).

Shooting success rate of elite racers was evaluated using analysation of results from individual races at high altitude in the period 1990/1991 - 2013/2014. High altitude had no statistical effect ($p<0,05$) on shooting success rate of women and men biathletes in the comparision with lowland but it had more negative effect to women shooting success rate than men shooting success rate.

Ten national level biathletes were tested in three tests in lowland, four tests at high altitude and five tests in lowland after the return from high altitude. The test included rest shooting in the prone and standing positions and load shooting in both positions which took part of three kilometers running. Twelve days training camp at high altitude did not improve shooting success rate, shooting velocity and running time in the determinated heart rate. Rest shooting and shooting in the prone position did not change statistically during the whole testing period. At high altitude critical days were registered in load shooting in standing position (6th day, $p<0,05$) and average running time (9th day, $p<0,05$).

Rifle manipulation and shooting are automate motions which are not influenced by high altitude. Most probably high altitude has minimal effect to fine motor because rest shooting did not change statistically during the testing time. Apparently performance level has an influence to shooting success rate at high altitude. The best trained biathletes are rapidly adapt to conditions of high altitude and exahustion starts later. It is the reason why they have more stable portural stability which is important especially in the standing shooting position. High trained biathletes are able to decrease faster their heart rate before the shooting. It is important precondition for success shooting especially in standing position.

Key words: Rifle, shooting in prone position, shooting in standing position, rest shooting, load shooting, performance

10. PŘEHLED POUŽITÝCH ZDROJŮ

BIBLIOGRAFICKÉ CITACE

Berlung, B. High altitude training. Aspects of hematological adaptation. *Sports Med.* 14: 289 - 303, 1992.

Beall, C. M. et al. A major gen for percent of oxygen saturation of arterial hemoglobin in Tibetan highlanders. *American Journal of Physical Anthropology* 95: 271 - 276, 1994.

Beall, C. M. et al. Quantitative genetic analyse of arterial oxygen saturation in Tibetan highlanders. *Human Biology* 69: 597 - 604, 1997.

Bonetti, D. L., Hopkins, W. G. Meta-analysis of sea level performance following adaptation to hypoxia. *Sports Med.* 39: 107 - 27, 2009.

Boudíková, A., Suchý, J. Význam vyšší nadmořské výšky v biatlonu - přehledová studie. *Čes. Kin.* 15 (1): 11 - 17, 2012.

Boudíková, A., Suchý, J. Vývoj úspěšnosti střelby elitních biatlonistů. *Studia Sportiva* 2: 125 - 129, 2014.

Buskirk, E. R. et al. Maximal performance at altitude and on return from altitude in conditioned runners. *J. of Appl. Physiology* 55: 290 - 294, 1967.

Casas, M. et al. *Intermittent hypobaric hypoxia induces altitude acclimation and improves the lactate treshold.* Barcelona: Facultat de Biologia, 2000.

Daniels, J., Oldridge, N. The effects of alternate exposure to altitude and sea level on world - class middle - distance runners. *Med Sci in Sports* 2: 107 - 112, 1970.

Dick, F. W. Training at altitude in practice. *Int Journ of Sports Med* 13: 203 - 205, 1992.

Dovalil, J. a kol. *Sportovní výkon ve vyšší nadmořské výšce.* Praha: ČOV, 1999.

Dovalil, J. a kol. *Výkon a trénink ve sportu.* Praha: Olympia - Sportprint, 2012.

Fencl, S. *Jednotný tréninkový systém SZBZ a DZBZ.* Praha: Svazarm. 1979.

Fořt, P. *Zkušenosti s využitím radiotelemetrie tepové a dechové frekvence u biatlonistů.* In Sborník referátů. Celostátní tělovýchovné lékařské dny, Praha, 16 - 31, 1983.

Fuchs, U., Reiss, M. *Hohentraining: das Erfolgskonzept der Ausdauersportarten (Traineesbibliothek 27).* Munster: Philippka Verlag, 1990.

Ganong, W. F. *Přehled lékařské fyziologie.* Jinočany, 1999.

Gros Lambert, A., Grappe, F., Candau, R., Rouillon, J. Cardio - ventilatory responses in biathlon standing shooting. *Science and Sports* 13 (3): 135 - 137, 1998.

- Gurský, K. *Člověk ve velehorách*. Prešov: Vydavateľstvo Michala Vaša, 1994.
- Heinecke, K. et al. A three-week traditional altitude training increases hemoglobin mass and red cell volume in elite biathlon athletes. *Inter. J. Sports Med.* 26: 350 - 355, 2005.
- Heller, J. a kol. *Fysiologie tělesné zátěže II. - Speciální část - 2. díl*. Praha: Karolinum, 1996.
- Hoffman, M. D., Gilson, P. M., Westenburg, T. M., Spencer, W. A. Biathlon Shooting Performance after Exercise of Different Intensities. *Int. J. Sports Med.* 13(3): 270 - 273, 1992.
- Hoffman, M. D., Street, G. M. Characterization of heart rate response during Biathlon. *Int. J. of Sports Med.* 13: 390 - 394, 1992.
- Hoffman, M. D., Hartner, K. R. Can Mass Dampening Improve Biathlon Shooting Performance?." *Med. and Sci. in Sports and Exe.* 25 (5): 199, 1993.
- Hoppeler, H., Vogt, M. Muscle tissue adaptations to hypoxia. *J. Exp. Biol.* 204: 3133 - 3139, 2001.
- Hošek, V. *Psychologie sportovní střelby*. Praha: Svazarm, 1979.
- Houston, N. *Biochemistry Primer for Exercise Science*. Champaign: Human Kinetics, 2006.
- Chapman, R. F., Stickford, J. L., Levine, B. D. Altitude training considerations for winter sport athlete. *Experimental physiology* 95 (3): 411 - 421, 2010.
- Choutka, M. *Sportovní výkon*. Olympia Praha, 1981.
- Ingjer, F., Kjell, M. "Physiological effects of altitude training on elite male cross-country skiers." *Journal of Sports Sciences* 10 (1): 37 - 47, 1992.
- Itkis, M. A. *Speciální příprava sportovního střelce*. Praha: Svazarm, 1986.
- Jokl, E. *Medicine and Sport: Exercise and altitude*. Basel: S. K. Karger AG, 1986.
- Jurjev, A. A. *Sportovní střelba z pušky a pistole*. Praha: Naše vojsko, 1966.
- Kašper, Z. *Historie biatlonu do konce dvacátého století. Ucelený pohled na vývoj a výsledky olympijského sportovního odvětví*. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií, 2006.
- Kayser, B. Lactate during exercise at high altitude. *Eur. J. Appl. Physiol.* 74: 195 - 205, 1996.
- Kindermann, W. Anaerobe schwelle. *Deutsche Zeitschrift: Sportmedizin* 55: 161 - 162, 2004.
- Koc, J. M. *Fyziologia myšičňoj dejatelňosti*. Moskva: Fizkultura i Sport, 1982.
- Kubaščík, R., Paugschová, B. Úroveň rýchlosti behu na pretekoch Svetového pohára v biatlone žien. *In Zborník vedecko - výskumných prác - vedy o športe*. Banská Bystrica: Fakulta humanitných vied Univerzity Mateja Bela, 134 - 151, 2003.

Kučera, V., Truska, J. *Běhy na střední a dlouhé tratě*. Praha: Olympia, 2000.

LaRoche, D. P., Hill, M. R., Subudhi, A. V. "Effectiveness of 10 - day Altitude Training Camp on Red Blood Cell Indices." *Medicine and Sci. in Sports and Exercise* 34 (5): 48, 2002.

La Roche, D. P. et al. Antioxidant status of US Biathletes During Altitude Training. *Med. and Sci. in Sports and Exe.* 33 (5): S71, 2001.

Levine, B. D., Stray-Gundersen, J. "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *J. Appl. Physiol.* 83: 102 - 112, 1997.

Levora, P. *Profesiogram biatlonu*. Praha: Svazarm, 1985.

Loužecký, J. a kol. *Tělesná příprava v branně technických sportech*. Praha: ÚV Svazarmu, 1985.

Lundby, C. et al. Erythropoietin treatment elevates haemoglobin concentration by increasing red cell volume and depressing plasma volume. *The Journal of Physiol.* 1: 309 - 314, 2007.

Madsen, O. *Hypoxia – the „magic pill“ to enhance performance in endurance sports int the 21st century*. In Proceedings of the Second Altitude Training symposium. Flagstaff, 1999.

Manfredini, F. et al. Blood parameters and biathlon performance. *Inter. J. Sports Med.*, 49: 208 - 213, 2009.

Manfredini, F. et al. Blood tests and fair competition: The biathlon experience. *Inter. J. Sports Med.* 24: 352 - 358, 2003.

Manfredini, F. et al. Blood testing in biathlon: Observation of hematocrit values during competitive periods 1994 - 1997. *Inter. J. Sports Med* 20: 403 - 406, 1999.

Melichna, J. *Fyziologie tělesné zátěže*. II. Speciální část (fyziologie sportů). Praha: Karolinum, 1995.

Moore, L. G. et al. Analysis of the myoglobin gene on cycling performance. *J. of Science and Medicine in Sport* 3 (2): 165 - 175, 2002.

Neumann, G. et al. *Optimiertes Ausdauertraining*. Aachen: Meyer und Meyer, 3. vydání, 2001.

Nibbeling, N. et al. "Pursue or shoot? Effects of exercise-induced fatigue on the transition from running to rifle shooting in a pursuit task." *Ergonomics* 56 (12): 1877 - 1888, 2013.

Nitzsche, K. *Biathlon, technik, training, taktik*. Limpert Verlag: Wiesbaden, 1988.

Novotný, J. a kol. *Kapitoly sportovní medicíny*. Brno: Česká společnost tělovýchovného lékařství a Fakulta sportovních studií MU Brno, Paldo, 2003.

Ondráček, J. *Srdeční frekvence jako jedna z podmínek úspěšnosti střelby v biatlonu žen*. Brno: Pedagogická fakulta MU v Brně, 1999.

Ondráček, J. *Charakteristika psychomotorických a technických podmínek úspěšné střelby v*

biatlonu. Brno: Fakulta sportovních studií MU v Brně, 2011.

Ozturk, M., Ozer, K., Gocke, E. Evaluation of blood lactate in young men after wingate anaerobic power test. *Eastern Journal of Medicine* 3: 13 - 16, 1998.

Paugschová, B. *Teória a metodika športovej prípravy v biatlone*. Učebné texty. Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela, 2000.

Paugschová, B. *Účinnosť tréningového zaťaženia na rast športovej výkonnosti v biatlone juniorov slovenskej republiky*. Banská Bystrica: FHV Univ. Mateja Bela, 1997.

Petrovič, P. *Optimalizácia streleckej výkonnosti biatlonistov*. Bratislava: Fakulta telesnej výchovy a športu UK, 2005.

Pichler, W. *Tréning v biatlone*. Seminár trenérů biatlonu. Brno, 2004.

Pootmans, J. H. Transport de l'oxygene et adaptations métaboliques lors de l'exercice en altitude. *Rev. Amic. Entraîn Franc. Athlét* 89: 13 - 14, 1984.

Potměšil, J. a kol. *Jednotný tréningový systém v běhu na lyžích*. Příručka pro trenéry 1. vyd. Praha: ČÚV ČSTV, 1974.

Provazník, V. Didaktické zásady střeleckého tréningu. *Střelecká revue* 5: 1 - 5, 1989.

Půža, B. *Efektivita střelby vrcholových biatlonistek v závislosti na rozdílných nadmořských výškách závodních tratí*. Masarykova univerzita v Brně, 2006.

Reeves, J. T. et al. Oxygen transport during exercise at high altitude and the lactate paradox. *In Exerc and sport sci rev*: 257 - 296, 1992.

Reiss, M. Grundlegende probleme der Methodik des Hohentrainings in den Ausdauersportarten. *Leistungssport* 21 (6): 27 - 32, 1991.

Richalet, J. P. Zpráva ze světovém kongresu "Wilderness Medicine". *Bulletin LK ČHS*. 1996.

Rogers, R. A., Roberts, S. *Exercise physiology: Exercise, performance, and clinical applications*. St Louis: Mosby, 1997.

Rogozov, V. Lidé zvyklí na nedostatek kyslíku. *Vesmír* 83: 386 - 389, 2004.

Rundell, K. W. a Szmerda, L. Energy cost of rifle carriage in biatlon skiing. Lake Placid: Sport Science and technology Division, US Olympic Commitet, *Med Sci Sports Exerc* 30: 570 - 576, 1998.

Savickij, J. *Biatlon*. Moskva: FIS, 1981.

Sherry, E., Wilson, S. F. *Oxford handbook of sports medicine*. Oxford : University Press, 1998.

Silbernagl, S., Despopoulos, A. *Atlas fyziologie člověka*. 6. vydání. Praha: Grada Publishing, 2004.

- Slepička, P., Hošek, V., Hátlová, B. *Psychologie sportu*. Praha: Karolinum, 2006.
- Sobolová, V., Zelenka, V. *Fyziologie tělesných cvičení a sportu*. Praha: Olympia, 1973.
- Soumar, L., Soulek, I., Kučera, V. *Laktát a tepová frekvence jako významní pomocníci při řízení tréninku*. Praha: Casri, 2000.
- Suchý, J. *Využití hypoxie a hyperoxie ve sportovním tréninku*. Praha: Karolinum, 2012.
- Suchý, J. a kol. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. Praha: ČOV Mladá fronta, 2014.
- Stray - Gundersen, J. et al. Abnormal hematologic profiles in elite cross-country skiers: blood doping or? *Clin. J. Sport. Med.* 13: 132 - 7, 2003.
- Suchý, J., Dovalil, J., Perič, T. Současné trendy tréninku ve vyšší nadmořské výšce. *Česká kin.* 13: 38 - 53, 2009.
- Terrados, C. N. L'allenamento in altitudine. *Scuola dello Sport* 14: 14 - 22, 1995.
- Trojan, S. a kol. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 1994.
- Vaněk, M. Vliv nadmořské výšky Mexico City na psychickou složku sportovní výkonnosti. *Teor. Praxe Těl. Vých.* 16: 501 - 408, 1968.
- Videman, T. et al. Changes in hemoglobin values in elite cross-country skiers from 1987 to 1999. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 10: 98 - 102, 2003.
- Vogt, M., Hoppeler, H. Is hypoxia training good for muscles and exercise performance? *Progress in Cardiovasc Disease* 52: 525 - 533, 2010.
- Vojtíšek, Z. Střelecká příprava pro MBS. *Zpravodaj VK ÚV Svazarmu*. Praha: ÚV Svazarmu: č. 4: 45 - 46, 1984.
- Vojtíšek, Z. Biatlon - taktika, plánování tréninku. *Zpravodaj VK ÚV Svazarmu*. Praha : ÚV Svazarmu: č. 3, 1989.
- Vondruška, V. Dlouhodobé sledování funkční zdatnosti mladých biatlonistů. *Obzor MBS. Praha: ÚV Svazarmu* 6: 24 - 25, 1983.
- Wehrlin, J. P., Hallén, J. Linear decrease in VO₂max and performance with increasing altitude in endurance athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 96: 404 - 412, 2006.
- Weineck, J. *Optimales Training*. Balingen : Spitta Verlag GmbH, 1997.
- Wick, J. *O vlivu reakčního výkonu na střeleckou přesnost a střeleckou rychlost v biatlonu*. Mezinárodní seminář trenérů biatlonu IBU Lipsko 1997. Praha: Český svaz biatlonu, 1997.
- Weltman, A. *The Blood Lactate Response to Exercise*. Champaign: Human Kinetics, 1995.

Wilber, L. R. *Altitude training and Athletic performance*. Champaign: Human Kinetics, 2004.

Wilmore, J., Costill, D., Kenney, W. *Physiology of Sport and Exercixe*. Champaign: Human Kinetics, 2008.

Zicháček, M. *Vyhodnocení střelecké výkonnosti ve světovém poháru biatlonu jako limitujícího faktoru reprezentantů ČR v biatlonu mužů*. Brno: KTK PdF MU, 2000.

Zicháček, M., Ondráček, J. *Vliv rytmu střelby v biatlonu na její úspěšnost. Sport a kvalita života*. Brno: FSpS MU, 2004.

Zicháček, M., Ondráček, J., Paugschová, B. *Vývoj střelecké výkonnosti ve Světových pohárech biatlonu za období od sezony 1996 - 97 do sezony 2001 - 02*. Banská Bystrica : FHV UMB, Brno: FSpS MU, 2002.

Zrubák, A., Štulrajter, V. a kol. *Fitnis*. Bratislava, Polygrafické stredisko Univerzity Komenského, 1999.

INTERNETOVÉ ZDROJE

<http://datacenter.biathlonresults.com/> [online 15. 4. 2014]

<http://www4.biathlonworld.com/en/> [online 3. 11. 2012]

<http://services.biathlonresults.com/live.aspx> [online 17. 4. 2014]

www.antidoping.cz [online 15. 5. 2011]

www.olympic.org [online 11. 10. 2012]

www4.biathlonworld.com/media/files/downloads/IBU_Rules_2012_cap3.pdf [online 6. 2. 2011]

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

A - Antholz/Anterselva

ALB - Albertville

ANOVA - analýza variance

ATP - CP systém - adenosintrifosfát - kreatinfosfátový systém

BPG - 2,3 - bisfosfoglycerát

CO₂ - oxid uhličitý

EPO - erytropoetin

Fe²⁺ - železnatý kation

H⁺ - vodíkový kation

HCO₃⁻ - bikarbonát

H₂CO₃ - kyselina uhličitá

HIF - hypoxia inducible factor

H₂O - molekula vody

IBU - International Biathlon Union (Mezinárodní biatlonová unie)

K - Khanty - Mansiysk

K⁺ - draslíkový kation

KO - Kontiolahti

L - poloha vleže

LA - laktát

LA_{max} - maximální koncentrace laktátu

LH - TL - living high - training low (bydlet nahoře - trénovat dole)

LL - TH - living low - training high (bydlet dole - trénovat nahoře)

log₁₀X - přirozený logaritmus

ME - Mistrovství Evropy

MS - Mistrovství světa

Na⁺ - sodný kation

NM - Nové Město na Moravě

O - Oslo

O₂ - molekula kyslíku

OE - Oestersund

P - hodnota - hodnota pravděpodobnosti

P₅₀ - hodnota parciálního tlaku kyslíku, kdy je hemoglobin z poloviny saturován

P_{O_2} - parciální tlak kyslíku

pH - záporný dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů

RM ANOVA - analýza rozptylu s opakovanými měřeními

RU - Ruhpolding

S - poloha vstoje

S - Soči

SLC - Salt Lake City

SP - Světový pohár

T - Torino

TF - tepová frekvence

TF_{max} - maximální tepová frekvence

UIPM - Mezinárodní federace moderního pětiboje

UIPMB - Mezinárodní federace moderního pětiboje a biatlonu

UK FTVS - Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu

UV - ultrafialové záření

V_{max} - maximální ventilace

VO_{2max} - maximální spotřeba kyslíku

ZOH - Zimní olympijské hry