

# METODICKÉ LISTY

## Trénink ve vysoké výšce





ISBN: 978-80-88627-07-4 (brožováno)  
ISBN: 978-80-88627-08-1 (online; pdf)  
© VICTORIA Vysokoškolské sportovní centrum MŠMT

# Obsah

Úvod .....	5
Nadmořská výška .....	6
Barometrický tlak .....	7
Parciální tlak.....	7
Teplota a vlhkost .....	7
Klasifikace nadmořské výšky .....	7
Děti, mládež a nadmořské výšky.....	8
Hemoglobin .....	8
Fyziologie adaptace na hypoxii .....	9
Hyperventilace .....	9
Adaptace vegetativního systému.....	9
Adaptace kardiovaskulárního systému .....	11
Adaptace v acidobazické rovnováze a laktátový paradox .....	11
Zvýšení tvorby hemoglobinu a červených krvinek .....	12
Adaptace kosterního a srdečního svalu .....	13
Adaptace v oblasti hormonálních regulací.....	13
Vliv genetických předpokladů k pobytu ve vyšší nadmořské výšce .....	14
Fáze a průběh aklimatizace.....	15
Reaklimatizace .....	15
Metody tréninků ve vyšší nadmořské výšce.....	16
1. Bydlet dole, trénovat nahoře (LLTH).....	17
2. Bydlet nahoře, trénovat dole (LHTL).....	18
3. Bydlet nahoře, trénovat nahoře (LHTH).....	19
4. Smíšená metoda s proměnnou výškou .....	20
Uměle navozené (simulované) prostředí.....	20
1. Kyslíkový (výškový) stan.....	21
2. Hypoxický stan .....	21
3. Hypoxická maska.....	21
4. Trénink v teple .....	21
Specifika sportovního tréninku s využitím vyšší nadmořské výšky .....	23
Plánování tréninku za využití hypoxického prostředí.....	23
Příprava před vysokohorským soustředěním .....	23
Provedení samotného vysokohorského soustředění .....	24
Jak poznat vysokohorskou nemoc a jak k ní přistoupit.....	24
Příklad stavby tréninku pro třítydenní pobyt ve vyšší nadmořské výšce.....	25
Kontrola průběhu aklimatizace na vyšší nadmořskou výšku.....	26
Psychologické aspekty pobytu a tréninku ve výšce .....	27
Zdravotní aspekty pobytu a tréninku ve výšce .....	28
Dehydratace .....	28
Železo.....	28
Zvýšené riziko infekcí .....	29
Sluneční záření a spáleniny .....	29
Přetížení.....	29
Návrat do nízké výšky .....	30
Závěr .....	31

## Úvod

Trénink ve vysoké výšce je v posledních letech velmi akcentovaným přístupem. Je to známka toho, s jakou vážností bereme svůj trénink, když se na několik dnů či týdnů vydáme do nadmořské výšky a věříme, že přirozeně zvýšíme hladinu erythropoetinu (EPO) a vrátíme se domů, abychom porazili své přátele a soupeře.

S vidinou zaručeného zlepšení výkonu se vrháme do pobytu ve vysokých horách. Často bez rozmyslu a jen proto, že to dělají ostatní. Ale je to opravdu tak jednoduché? Je to tak snadné se zlepšit? Odpověď zní jednoznačně – bohužel není! Následující publikace by Vás měla vést k tomu, abyste se správně rozhodli, zdali je vhodné vysokohorský trénink absolvovat a co je třeba, aby byl pro Vaše svěřence jeho přínos co největší. Jako první je třeba si uvědomit individuální pohled – že na nadmořskou výšku každý sportovec reaguje jinak. To je známo mnoho let. Abychom šli ještě o krok dál, mnoho adaptací na nadmořskou výšku trvá dlouho, a ne všechny tyto adaptace jsou pozitivní. Správně zvládnout vysokohorský výcvikový kemp vyžaduje pečlivé plánování a sledování, a i tak se často dopouštíme chyb.

Vysokohorský trénink není jednoduché téma, které by poskytovalo jednoduché černobílé vysvětlení. Proto se vám tato metodika pokusí poskytnout dostatečné vysvětlení daného tématu, a to jednak ve vztahu k výkonnosti, ale také k obecným fyziologickým změnám.

## Nadmořská výška

Odezva organismu na trénink a pobyt v nadmořské výšce se liší od té v nížinách. Primárním důvodem je pokles barometrického tlaku vzduchu.

**Obrázek 1** znázorňuje změny atmosférického tlaku v závislosti na nadmořské výšce. Se zvyšující se nadmořskou výškou úměrně klesá tlak. Jednoduchým pravidlem je, že na každých 10 m výšky klesá tlak o 100 Pa = 1 hPa.



**Obrázek 1.** Vztah mezi změnami nadmořské výšky a atmosférického tlaku.

Ve výšce 5 500 m je pak atmosférický tlak přibližně poloviční vůči tlaku u hladiny moře. Tlak u hladiny moře je předpokládán 1 013 hPa.

m n. m.	Pa/hPa	m n. m.	Pa/hPa	m n. m.	Pa/hPa
-1 000	1 130	2 000	795	8 000	356
-500	1 070	3 000	701	9 000	307
0	1 013	4 000	616	10 000	264
500	955	5 000	540	15 000	121
1 000	899	6 000	471	20 000	55,2
1 500	846	7 000	410	30 000	11,5

**Tabulka 1.** Změny barometrického tlaku.

**Tabulka 1** zobrazuje konkrétní hodnoty barometrického tlaku (Pa/hPa) při určité nadmořské výšce (m n. m.). Ta je zobrazená v metrech nad mořem.

## Barometrický tlak

Barometrický tlak vzduchu je síla působící kolmo na plochu. Je měřena v pascálech (Pa) resp. v milimetrech rtuťového sloupce (mmHg). Barometrický tlak často přepočítáváme na hladinu moře a jako tzv. normální (atmosférický tlak) bereme tlak přepočtený na úroveň mořské hladiny při teplotě 15° Celsia. Je tedy vždy třeba vědět, zda-li při uvedení barometrického tlaku je počítána absolutní hodnota či hodnota přepočtena na hladinu moře.

## Parciální tlak

Parciální tlak kyslíku ( $pO_2$ ) je možno definovat jako reálný tlak kyslíku ve vzduchu. Klesá přímo úměrně s poklesem barometrického tlaku při stoupající nadmořské výšce, přestože %  $O_2$  je stále stejné. Na hladině moře se nachází hodnota barometrického tlaku ve výšce 760 mmHg, přitom parciální tlak kyslíku ve vzduchu tvoří 20,93 % této hodnoty (tj. 159 mmHg). Ve výšce kolem 3 000 m n. m. je tato hodnota již jenom kolem 50 mmHg.

## Teplota a vlhkost

Teplota klesá přibližně o 1° Celsia na každých 150 m nadmořské výšky, přičemž může být stále zásadně ovlivněn počasím (inverze, slunce, déšť, ...). Vlhkost také hraje svoji roli. Vlhkost horského vzduchu je výrazně nižší než v nížinách – tlak vodních par klesá o 25 % na každých 1 000 m n.m. Opět ale záleží na počasí.

## Klasifikace nadmořské výšky

Nadmořskou výšku je možno klasifikovat do pěti kategorií, jak je zobrazeno v Tabulce 2.

Nadmořská výška	Klasifikace
0 – 800 m n.m.	nízká
800 – 1 500 m n.m.	střední
1500 – 3 000 m n.m.	vyšší
3 000 – 5 800 m n.m.	vysoká
> 5 800 m n.m.	extrémní

**Tabulka 2.** Klasifikace nadmořské výšky.

Z dosavadních výzkumů vyplývá, že pro sportovce narozené a trvale žijící ve výškách do 800 m n.m. nemá z hlediska aklimatizace pobyt ve střední výšce téměř žádný význam. Jako nejvýhodnější se pro výkonnostní sportovce naopak prokázala výška v rozmezí 2 000 – 2 500 m n.m.

Vysoké nadmořské výšky (nad 3 000 m n.m.) nemají pro sportovní přípravu praktický význam. Tělo nemůže být zatěžované adekvátně, v důsledku čehož dochází ke snižování specifických svalových schopností a zvyšování celkové únavy. V extrémních výškách je úspěšná aklimatizace velmi namáhavá a trvalý pobyt úplně vyloučen.

## Děti, mládež a nadmořská výška

Trénování dětí v nadmořské výšce bylo sledováno v několika studiích, ale jednotlivé závěry se liší. Obecně se však využívání vyšší nadmořské výšky v tréninku u dětí nedoporučuje.

Nicméně snášenlivost nadmořské výšky u dětí a mládeže, které trvale žijí ve výšce pod 1 000 m n.m., byla prokázána následovně:

Věk	Nadmořská výška
10	1 000 m n.m.
14	2 500 m n.m.
16	3 000 m n.m.
18	4 000 m n.m.

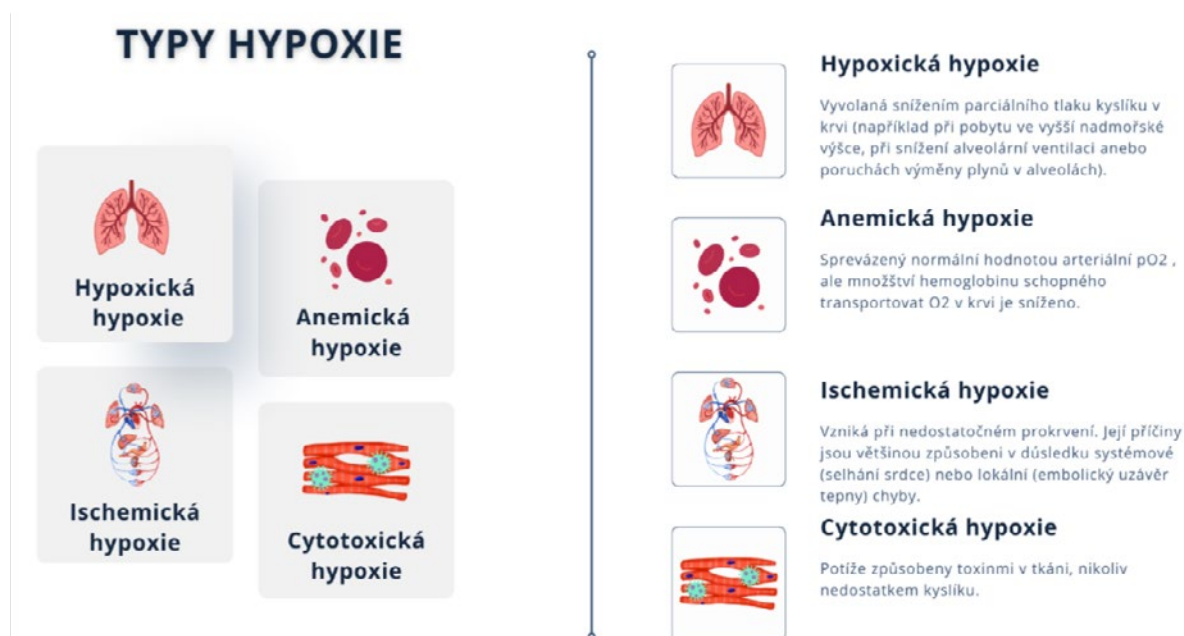
## Hemoglobin

Jedním ze základních způsobů aklimatizace a chtěné tréninkové adaptace následkem poklesu barometrického tlaku a sníženým využitím atmosférického tlaku je zvýšení hodnoty hemoglobinu v krvi. Na úrovni hladiny moře je téměř veškerý hemoglobin saturován kyslíkem na oxyhemoglobin (reálně 96-98 %), s rostoucí nadmořskou výškou nasycení hemoglobinu kyslíkem, a tím i přísun kyslíku do svalů i ostatních tkání, významně klesá (například na 80-90 % v nadmořských výškách, kde se běžně trénuje či závodí).

# Fyziologie adaptace na hypoxii

Člověk se adaptuje neustále, ať už v souvislosti s tělesnou zátěží, nemocí, s ohledem na věk nebo těhotenstvím. K fyziologickým změnám dochází také při změně nadmořské výšky.

Existují čtyři typy hypoxie:



Právě hypoxická hypoxie souvisí s pobytem ve vyšších nadmořských výškách a vyvolává v těle řadu symptomů, které si níže představíme podrobněji. Pokud je organismus vystavován těmto změnám po delší dobu, může dojít k trvalým či dlouhodobým adaptačním změnám.

## Hyperventilace

První a nejzřetelnější reakcí organismu na hypoxickou hypoxii je hyperventilace. Hyperventilace neboli zvýšení plicní ventilace vzniká jako odpověď na hypobarickou hypoxii snížením arteriálního pO<sub>2</sub> a je způsobeno stimulací periferních chemoreceptorů – karotických a paraaortálních tělísek. Nastává téměř okamžitě po příchodu do výšky a je přítomna zejména během prvního týdne (u sportovců s horší adaptací i déle) pobytu ve vysoké výšce.

## Adaptace vegetativního systému

Vegetativní adaptační změny je možné rozdělit do dvou fází:

1. zpomalení (vago-tonická fáze)
2. zrychlení (sympatomimická fáze)

Vagotonická fáze trvá 1–8 hodin (v závislosti na nadmořské výšce). Během ní dochází k následujícím změnám:

1. Zpomalení tepové frekvence (bradykardie)
2. Zvýšení či snížení tepového objemu srdečního
3. Prohloubení dýchání a dýchací obtíže
4. Zvýšený tonus arterií
5. Pocity nevolnosti a celková slabost
6. Ztráta chuti k jídlu (někdy až průjem)

V případě vzniku obtíží jako jsou pocity závratí a poruchy ortostatické regulace, u citlivých osob i zvracení, hovoříme o vzniku vysokohorské nemoci. Ta se může vyvinout i později, ale nejčastěji právě v prvních hodinách pobytu ve výšce.

Druhá fáze je v mnohém odlišná od první, dochází v ní k následujícím změnám:

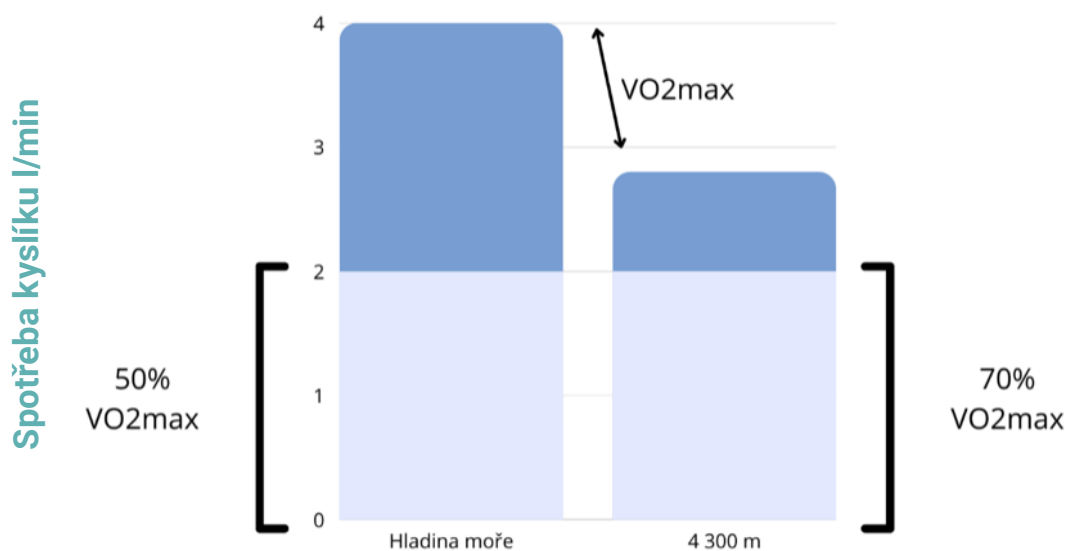
1. Zrychlení tepové frekvence (tachykardie)
2. Zvýšení tepového objemu srdečního
3. Zrychlení dýchání
4. Mobilizace krve z krevních zásobáren
5. Zvýšená krevní náplň v hrudníku
6. Vzestup krevního tlaku v plicnici

Doba trvání vegetativních obtíží je individuální, obvykle vymizí do 4–6 dnů.

## Adaptace kardiovaskulárního systému

V počátečních fázích adaptace na nadmořskou výšku se zvyšuje klidový systémový krevní tlak. Kromě toho je vždy vyšší srdeční frekvence při submaximální zátěži. V některých případech i tak výrazně, že vůbec není možné tepovou frekvenci použít pro měření tréninkového zatížení. Zvýšený submaximální zátěžový průtok krve ve výšce do značné míry kompenzuje arteriální hypoxémií.

Další změny jsou ve spotřebě kyslíku. Nižší uvedený Obrázek 2 ukazuje, že nároky na spotřebu kyslíku při submaximálním cvičení při výkonu 100 W na bicyklovém ergometru na úrovni moře a ve vysoké nadmořské výšce zůstávají nezměněny a činí přibližně 2,0 l/min, ale relativní náročnost úsilí se ve výšce dramaticky zvyšuje díky poklesu  $VO_{2max}$ . V tomto příkladu se submaximální cvičení, představující 50 %  $VO_{2max}$ , na úrovni moře rovná 70 %  $VO_{2max}$  ve výšce 4 300 m díky poklesu hodnoty  $VO_{2max}$ .



Obrázek 2. Spotřeba kyslíku při submaximálním cvičení u hladiny moře a v 4 300 m n. m.

## Adaptace v acidobazické rovnováze a laktátový paradox

Dlouhodobé působení vyšší nadmořské výšky se projevuje ve třech základních oblastech:

1. udržení acidobazické rovnováhy
2. zvýšení tvorby hemoglobinu a červených krvinek
3. změnách v buněčných funkcích a metabolismu

Hyperventilace zajišťující zvýšení koncentrace kyslíku ve sklípcích vede v časně době adaptace k výrazným ztrátám  $CO_2$  - tzv. respirační alkalóza. Pokles  $CO_2$  v alveolárním vzduchu má za následek snížení alkalických rezerv, působí negativně na tvorbu bikarbonátů a dochází naopak k jejich vylučování ledvinami. K poklesu bikarbonátů dochází nejen v krvi, ale i v mozkomíšním moku. I když parametry acidobazické rovnováhy zůstávají nezměněny, nedostatek bikarbonátů narušuje pufrační (normalizační) kapacitu vnitřního prostředí.

Již od projektu Operace Everest v 80. letech je znám tzv. laktátový paradox. Po základní adaptaci jsou hladiny krevního laktátu ve výšce jiné než očekávané na daný výkon a rozdílné od nížiny.

Při submaximálním zatížení je koncentrace laktátu zvýšená. Při maximálním zatížení je naopak koncentrace laktátu snížena. Pravděpodobnou příčinou je skutečnost, že ve vyšších nadmořských výškách nelze plně dosáhnout maximálního zatížení glykolytického systému jako na úrovni hladiny moře. Déletrvajících aklimatizací pak následně vede k poklesu laktátu i v submaximální úrovni bez změn v metabolismu kyslíku. Protože nevíme, kdy se mění takto zvýšená hodnota na nižší, je těžké odhadovat intenzitu tréninku pouze dle laktátu. Optimálně je třeba kombinace několika metod s vědomím limitace použití laktátu jako hlavního markeru tréninkové intenzity.

## Zvýšení tvorby hemoglobinu a červených krvinek

Mezi hlavní rysy dlouhodobého pobytu ve výšce patří především nárůst transportní kapacity krve pro kyslík. Tuto schopnost lze sledovat pomocí metody tzv. total hemoglobin mass (tHbmass). Všeobecně se věří, že je možné sledovat efekt pomocí běžných testů jako hladiny červených krvinek, hematokritu a hemoglobinu, ale tento přístup je již dlouho vyvrácen, neboť se jedná o koncentrace, a ne absolutní množství, které je klíčové.

S rostoucí nadmořskou výškou a postupným snižováním parciálního tlaku kyslíku v krvi a tkáních dochází ke zvýšené tvorbě erythropoetinu. Erythropoetin je primárně tvořen v ledvinách jako reakce na nízkou hladinu kyslíku v krvi. Následně je erythropoetin přenášen do kostní dřevě, kde zajišťuje stimulaci kmenových buněk a následně zvyšuje absolutní počet červených krvinek – erytrocytů.

Erythropoetin je hormon glykoproteinové povahy a tvoří se z 90 % v ledvinách a z 10 % v játrech. Pro stimulaci tvorby erythropoetinu je hypoxický pobyt velmi prospěšný a zároveň se jedná o jediný legální způsob umožňující jeho zvýšení. Dlouhodobá stimulace tvorby erythropoetinu vede ke zvýšení počtu červených krvinek a hemoglobinu, tím pádem i vazebné kapacity krve pro kyslík. Důsledkem je celkově vyšší dodávka kyslíku tkáním, která je například u trénovaných vytrvalostních sportovců často základní limitací výkonu.

Maximální akcelerace růstu červených krvinek v těle nastává během prvních 24 až 48 hodin pobytu ve vyšší nadmořské výšce a pokračuje přibližně až do šestého týdne pobytu ve výšce.

Suplementace železa pozitivně ovlivňuje nárůst červených krvinek. Význam pro zvýšenou tvorbu červených krvinek mají také vitaminy B12 (konečné zrání červených krvinek), kyselina listová (obdobně jako B12 participuje na biochemických reakcích buněčného dělení a diferenciace) a pyridoxin (vitamin B6), který je nezbytný pro syntézu hemoglobinu. Vitamin B2 (riboflavin) přispívá k normální funkci a lepšímu přežívání erytrocytů. Vitamin C pomáhá metabolizovat železo, jeho nedostatek vede k poklesu zásob železa v organismu. Z praxe však víme, že deficiency těchto vitamínů jsou velmi vzácné a standardně se tedy před vysokohorským soustředěním nevyšetřují, na rozdíl od metabolismu železa, které by se mělo vyšetřit pokaždé, zejména u žen.

V průběhu prvního týdne aklimatizace se výrazně zvyšuje i hodnota hematokritu. Hematokrit je poměr mezi objemem červených krvinek a celkovým objemem krve, a je vyjádřený v pro-

centech. Hodnota hematokritu může být relativně lehce ovlivněna vlivem různých faktorů. Zvýšení hematokritu ve vyšší nadmořské výšce je dáno zejména úbytkem krevní plazmy, ale také následkem přesunů tělních tekutin a dehydratací. Z těchto důvodů hodnotit efekt vysokohorské přípravy podle hematokritu není možné, jelikož může být zavádějící.

S růstem počtu červených krvinek dochází také ke zvýšení hladiny hemoglobinu. Většina studií zjistila, že nárůst hladiny hemoglobinu není konstantní u každého člověka, a závisí od počáteční hladiny naměřené před pobytem ve výšce. U sportovců, jejichž počáteční hladina byla nízká, dochází k většímu zvýšení v porovnání se skupinou, kde byla naměřena vysoká hladina již na začátku. Problémem je, že hodnota hemoglobinu změřená při běžném odběru je vyjádřením jeho koncentrace v krvi a je závislá na mnoha faktorech, třeba i dehydrataci, jak je napsáno výše. Je tedy zcela zavádějící hodnotou a neměl by se podle ní hodnotit efekt vysokohorského tréninku.

V současné době je nejpresnější metodou vyšetření total hemoglobin mass (tHbmass). Toto měření se provádí metodou opětovného dýchání oxidu uhelnatého, kterým se „označují“ erythrocyty“ díky vyšší vazbě CO na hemoglobin, než je kyslík. Metoda je náročná jak časově, tak finančně a v současné době jí provádí jedno centrum v republice.

V této souvislosti je třeba také zmínit myoglobin, který je svalovým barvivem a podporuje transport kyslíku z kapilár do mitochondrií a zároveň slouží jako rezerva kyslíku přímo ve svalu. Jeho tvorba je také stimulována v hypoxickém prostředí. Po ukončení aklimatizačních procesů se množství myoglobinu zvyšuje a některé studie hovoří až o 16 % navýšení.

## Adaptace kosterního a srdečního svalu

Mezi další fyziologické adaptace v důsledku hypoxie patří adaptace svalů.

Mezi pozitiva adaptace svalu na chronickou hypoxii patří zlepšení energetického metabolismu, zvýšení schopnosti využívat energii, zvýšení počtu mitochondrií a kapilár a celkové zlepšení práce. Je však třeba říci, že tyto změny jsou velmi dlouhodobé a jistě nevzniknou po jednom či dvou vysokohorských soustředěních.

Adaptace srdečního svalu na chronickou hypoxii však má i své negativní stránky, které závisí na intenzitě a době trvání hypoxického stimulu. Nejčastější příklad negativního dopadu adaptace je rozvoj hypertrofie pravé komory srdeční, která například vede ke vzniku arytmií a přetížení pravostranných srdečních oddílů.

## Adaptace v oblasti hormonálních regulací

Vystavení nadmořské výšce ovlivňuje také řadu hormonů v těle. Mezi nejdůležitější z nich patří následující:

**Kortizol**, nazývaný též stresový hormon, je nejaktivnějším glukokortikoidním hormonem, který představuje přibližně 95 % z celkové sekrece glukokortikoidů. Hlavní funkcí kortizolu v organismu je kontrola metabolických cest, ovlivnění kostního a svalového metabolismu a psychologické změny. Ve stresových situacích, jako je vliv prostředí, emocionální stres, trauma, infekce, intoxikace a prakticky všechny vysilující situace, mezi které řadíme také vyšší nadmořskou výšku, jeho hladina prudce narůstá.

**Inzulin a glukagon** se podílejí na uchování zásob energie, a proto je sledování jejich hodnot nezbytné zejména z hlediska průběhu regenerace po zátěži. Trénink v hypoxii zvyšuje inzulinovou reakci na zátěž a hladina inzulinu stoupá.

**Somatotropin** (růstový hormon) hraje důležitou roli v regenerační fázi, kdy podporuje proteosyntézu a zvyšuje rychlost doplňování glykogenových zásob. Trénink a pobyt v hypoxickém prostředí výrazně zvyšuje hladinu růstového hormonu. Také po ukončení pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce je jeho hladina zvýšena.

## Vliv genetických předpokladů k pobytu ve vyšší nadmořské výšce

Lidé trvale žijící v nadmořské výšce nad 2 500 m n.m. vykazují prokazatelné evoluční změny, které nejsou pozorovatelné u lidí žijících v nížinách. Tyto skutečnosti byly prokázány u tibetské a andské populace, narozené a trvale žijící ve vyšší/vysoké nadmořské výšce. Mezi zjištěné evoluční změny patří zvýšená hladina hemoglobinu, větší dechové objemy a potlačené fyziologické reakce na sníženou koncentraci kyslíku. U keňských běžců jsou zase patrné některé konstituční změny v postavě a změny na úrovni kosterního svalu.

## Fáze a průběh aklimatizace

Výzkumy ukazují, že optimální délku adaptace organismu na pobyt a trénink ve výšce nelze přesně definovat. Obvykle se uvádí 21 dnů, což je z hlediska tréninkových kempů příliš dlouhá doba. V praxi počítáme s 5 - 7 dny, kdy je adaptace nejrychlejší a vlastně pokrývá jen první fázi – akomodaci, jak je uvedeno níže. V průběhu těchto dní tělo prochází třemi základními fázemi – akomodace, adaptace a aklimatizace, které ve výsledku zabezpečují úspěšný proces aklimatizace. Délka trvání jednotlivých fází závisí na druhu sportu – u vytrvalostních sportů je zpravidla tato délka větší. Pro potřeby závodů je pak třeba být ve výšce co nejdelší dobu před samotnými závody.

### Akomodace

Období akomodace trvá první tři až osm dnů jako bezprostřední odezva na hypoxické prostředí a zátěž. Jeho nejběžnějším projevem je pokles výkonnosti, jelikož projevy parasympatického systému jsou v převaze. Také mohou nastávat pocity únavy, slabosti, podráždění, nespavosti, poruchy vyměšování, nechutenství a podobně.

### Adaptace

Fáze adaptace vytváří větší metabolické požadavky související se zátěží. Tato fáze trvá přibližně stejně dlouho jak fáze akomodace, a to 5 - 8 dnů. Výkonnost naopak postupně roste a dosahuje v submaximech téměř stejných výsledků, jako tomu bylo v nížině. Nálada se také zlepšuje, i když jenom krátkodobě.

### Aklimatizace

Poslední fáze, která zajišťuje komplexní přizpůsobení organismu potřebné pro déletrvajícím hypoxickým pobyt, nastává přibližně v šestnáctý den pobytu ve výšce.

Časové rozmezí uvedeno u příslušných fází je jenom orientační a záleží jak na trénovanosti sportovce, tak na tom, kolikrát již vysokohorský trénink v minulosti absolvoval. Rychlost adaptace se zvyšuje s lepší trénovaností a s vyšším počtem opakování hypoxických pobytů.

## Reaklimatizace

Návrat do nižších nadmořských výšek je, stejně jako aklimatizace na vysokohorský trénink, několikedenním procesem. Důležité je zmínit, že jde opět o vysoce individuální proces, který navíc ještě není tak dobře prostudován a jistě během následujících let budeme mít více poznatků.

Ke stabilizaci výkonnosti nedochází okamžitě po návratu do nížiny, ale až po určitém období výkonnostního kolísání.

Obecně se výkonnost rozděluje do několika fází:

- ▶ Akutní adaptace – do 24 hodin – přetrvávají reakce z vysoké výšky, zejména vysoká aktivita oxidačních enzymů, pokud probíhal trénink s vyššími intenzitami.

- ▶ Prvotní adaptace – 1-5 (7) dní postupně klesá funkční adaptace a rozvíjí se neocytolýza (řízené snížení nezralých červených krvinek). Výkon je ještě dobrý, ale postupně se snižuje.
- ▶ Zaslepené období 5 (7) - 10 (14) den – období poklesu výkonu a projevů únavy. V této době se již téměř zcela vyčerpala funkční adaptace, dochází k poklesu hemoglobin mass a ještě nedošlo k nástupu glykolytického výkonu při tréninku v nízké výšce.
- ▶ Druhé období adaptace – od 10 (14) do 1-2 měsíců. Došlo již ke stabilizaci všech funkčních změn na nízkou výšku a nástupu glykolytického výkonu. Jde o období se stabilní výkonností a projeveným efektem vysokohorského tréninku.

Pro strategii dosažení maximálního výkonu v zásadě existují dva případy:

1. Maximální výkon v prvních 48 hodinách po návratu, pak snížení výkonu na několik dní a posléze další zvýšení výkonu.
2. Nutnost počkat do přibližně 5 - 8 dní po návratu a pak je výkonnost ustálená.

Je nutno zmínit, že tento model se uplatňuje u přibližně  $\frac{3}{4}$  závodníků. Zbývající jedna čtvrtina má reakce jiné, nejčastěji s výrazným poklesem výkonu ihned po návratu (zaslepená perioda se kryje s prvotní adaptací). Neboli tito závodníci nemohou využít prvního období vysokého výkonu, ale na druhou stranu mohou závodit již po týdnu od návratu.

Neexistuje žádný jiný postup, než že závodník sám díky zkušenostem bude znát vlastní reakce a bude vědět, jaká je jeho typická reakce a podle toho bude plánovat režim po návratu. Proto by nikdy nemělo nastat, aby byl první vysokohorský tréninkový pobyt plánován před významnými závody, neboť jde o příliš vysoké riziko.

Pozitivní efekt vysokohorského soustředění je možno pozorovat do cca 1-1,5 měsíce po návratu do nízké výšky. Tou dobou se již červené krvinky a hemoglobin mass vrací na své původní úroveň. Funkční změny jsou již zcela kompenzované a více se projevuje vyšší glykolytický výkon daný vyššími intenzitami tréninku v nížině.

## Metody tréninků ve vyšší nadmořské výšce

Trénování v nadmořské výšce se stalo relativně populárním mezi profesionálními sportovci, zejména kvůli pozitivnímu vlivu na výkonnost.

Celkově se jako optimální jeví nadmořská výška  
2 000 m až 2 500 m n. m.

Jde o „bydlet dole, trénovat nahoře (LLTH)“, „bydlet nahoře a trénovat nahoře“ (LHTH), „bydlet nahoře a trénovat dole“ (LHTL) a jejich kombinace.

Navzdory prokázaným benefitům tréninků v nadmořské výšce na hemoglobin, způsoby provedení tréninku a režimu zůstávají stále velmi kontroverzní a v mnoha případech záleží také na možné logistice a finančních možnostech týmu. V konečném důsledku vždy záleží na

tom, jaké jsou očekávání sportovce a trenéra na konci tréninkového cyklu – zlepšit výkonost v nížině, ve výšce, zrychlit, zvýšit vytrvalost či jiné cíle? Až po jednoznačné odpovědi na tyto otázky je možné vytvořit ten správný tréninkový plán.

Hlavní rozdíly mezi tréninkem v nadmořské výšce vůči trénování v nížině jsou:

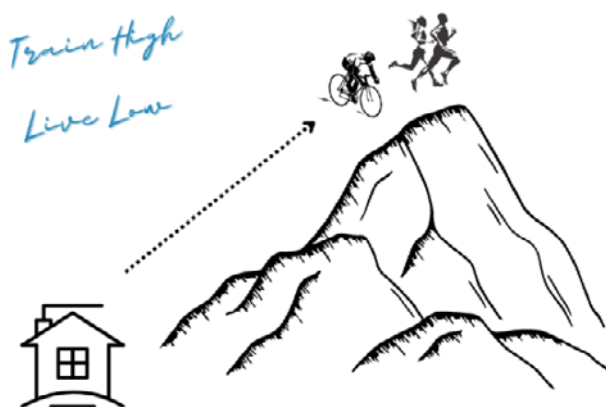
- ▶ Zvýšení počtu červených krvinek a hemoglobinu (při dostatečně dlouhém pobytu v řádu týdnů)
- ▶ Nárůst tHb mass po třech týdnech pobytu ve výšce byl 3% oproti nulovému nárůstu u kontrolní skupiny
- ▶ Zvýšení hustoty kapilár ve svalu a obsah myoglobinu (při dostatečně dlouhém pobytu v řádu měsíců)
- ▶ Celkové zlepšení výkonnosti (při úspěšné aklimatizaci)
- ▶ Zvýšení kapacity oxidačních enzymů (v případě tréninku s vysokou intenzitou)
- ▶ Komplexní působení na lidský organismus

Naopak trénink v nížině umožňuje:

- ▶ Pokračování s tréninkem bez snížení objemu i intenzity
- ▶ Využití plného rozsahu tréninku
- ▶ Využití specifických prostředků a techniky (bez omezení)

## 1. Bydlet dole, trénovat nahoře (LLTH)

Metoda bydlet dole a trénovat nahoře patří mezi nejpoblíbenější metody trénování v nadmořské výšce. Zejména v případě dostupnosti hypoxických komor, kam je možno docházet z místa bydliště či díky alpským střediskům blízko našich hranic (například areál Dachstein - Ramsau).



### Benefity metody LLTH

Tento typ tréninku poskytuje sportovcům především funkční adaptační změny, ale jeho efekt je často složitě prokazatelný. Benefitem je krátkodobý pobyt v hypoxickém prostředí a dobrá možnost regenerace. Vznik hypoxických komor a možnost simulace vysoké nadmořské výšky ve městech je pak výrazným logistickým benefitem.

Ačkoli je známo mnoho různých variant LLTH, nejoblíbenější metodou je trénink pomocí opakovaných sprintů v hypoxii (repeated sprint in hypoxia - RSH). RSH se ukazuje jako účinný pro

zlepšení schopnosti opakovaného sprintu v intermitentních sportech (týmových – ragby, fotbal, pozemní hokej; raketových – tenis), ale i vytrvalostních sportech (cyklistika, běh na lyžích). Z fyziologické podstaty RSH nejde o rozvoj hematologické adaptace a je třeba se sportovcem probrat, že se ani nepředpokládá efekt na červené krvinky a hemoglobin mass.

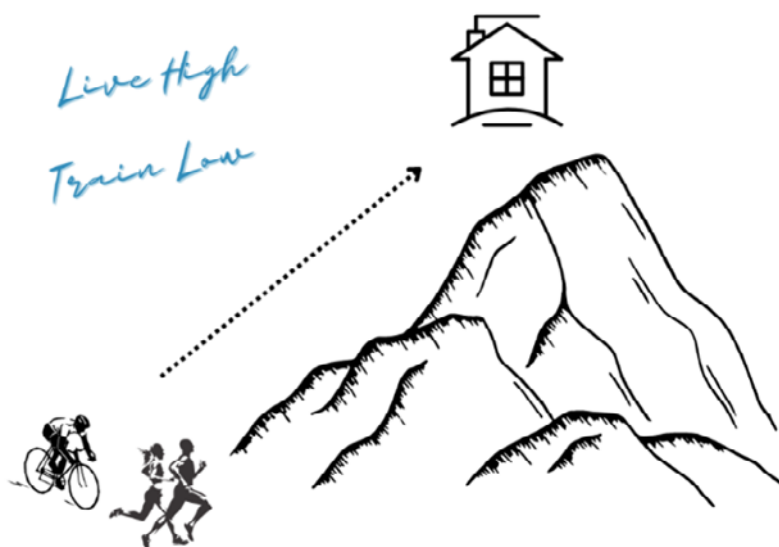
Základní mechanismy působení jsou specifické pro RSH a nejsou pozorovány ani při pasivním vystavení hypoxii ani u jiných hypoxických metod využívajících nižší intenzitu tréninku. Reakce vedou ke zlepšení chování rychlých svalových vláken, zejména prostřednictvím kompenzační vazodilatace a rychlejší resyntézy fosfokreatinu. Dále jde o aktivaci enzymatických procesů jak glykolytických, tak oxidativních. Zatím nebyla zjištěna žádná maladaptace na RSH (např. zhoršená imunitní funkce), což je často zmiňovaný benefit na rozdíl od dalších tréninkových přístupů.

Optimální doba tréninkových pobytů je několik navazujících dní, typicky jako součást ladění formy před důležitými závody. Efekt na výkonnost je podle zkušeností i dle studií velmi krátký, a to do 48 – 72 hodin maximálně.

## 2. Bydlet nahoře, trénovat dole (LHTL)

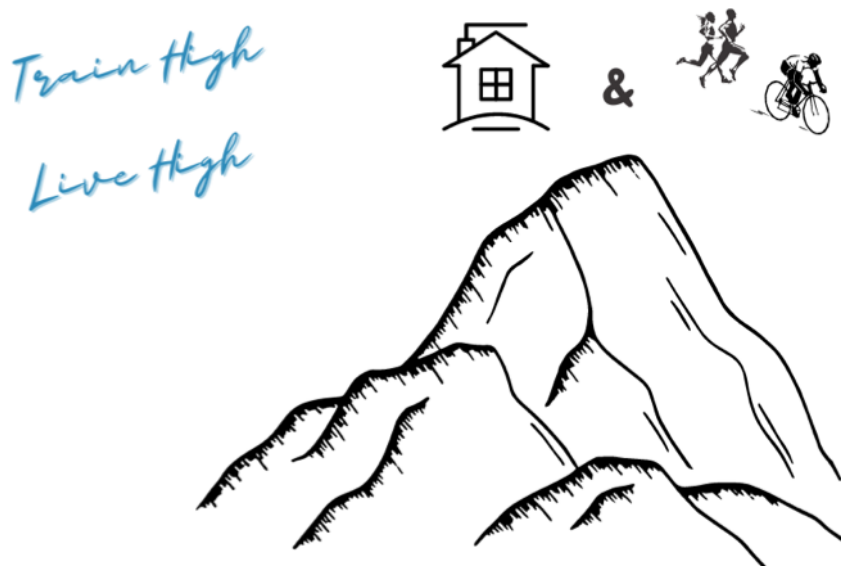
Metoda bydlet nahoře a trénovat dole patří mezi moderní metody pro některé typy sportů, nicméně u nás není zatím rozšířena. Žít vysoko a denně sjíždět na trénink je sice z mnoha důvodů velice nákladné a organizačně složité, ale benefity mohou převažovat. Zejména z důvodu možnosti udržení tréninků s vysokou intenzitou.

Základním benefitem je vysoce pozitivní efekt na stimulaci červené krevní řady při možnosti zachování intenzivních tréninků, které ve vysoké výšce není možno provádět. Několik studií prokázalo pozitivní efekt na růst celkové hladiny hemoglobinu o 4-5 % během 15 dní. Kromě toho tato studie také zdůraznila příznivé účinky LHTL na aerobní výkon (běh na 3 000 m). Výkonnost se zlepšila o 4 % a je otázka, zda šlo spíše o vliv růstu počtu červených krvinek nebo zachování úrovně aerobní kapacity díky intenzivnímu tréninku v nízké nadmořské výšce. Nárůst tHb mass ve výšce odpovídá rovnici 1% na každých 100 hodin strávených ve výšce 2000 m. Pro efekt je tedy nutné strávit ve výšce nejméně 300 hodin s tím, že očekávaný efekt se bude pohybovat mezi 1-6 % díky individuální variabilitě.



### 3. Bydlet nahoře, trénovat nahoře (LHTH)

Metoda bydlet nahoře, trénovat nahoře patří mezi nejvíce používanou metodu vysokohorského tréninku ve vrcholovém a výkonnostním sportu, a odpovídá životu a tréninku v nadmořské výšce 2 200 - 3 000 m. Je také nejstarší použitou metodou vůbec a hypoxický stimulus je největší.



Existuje celá řada studií, ale i praktických zkušeností jednotlivých národních a závodních týmů, které prokazují pozitivní dlouhodobý efekt na výkonnost. U některých sportů, zejména zimních, se již tento typ tréninku stal standardem v přípravě profesionálního sportovce.

Vzhledem k tomu, že jde o nejvíce používaný typ, uvedeme zde některá praktická doporučení, která vyplývají jak z odborných prací, tak z našich i zahraničních zkušeností, a jsou použitelná i pro program LHTL:

- ▶ Tréninkové kempy je nutno plánovat na celou sezónu dopředu tak, aby zapadaly do celého konceptu přípravy.
- ▶ Nejvíce efektivní jsou 2-4 tréninkové kempy za rok.
- ▶ Délka jednotlivých kempů se liší podle možností závodníků a trenérů, ale optimálně by měly trvat od 10 do 21 dní. Jsou informace o krátkých sériích sedmidenních kempů střídaných sedmidenními pobyty v nízké výšce.
- ▶ Existují sportovci, kteří velmi špatně snášejí vysokohorská soustředění a je třeba jim věřit a nenutit je k tomu.
- ▶ Akutní horskou nemocí trpěl nejméně jednou každý sportovec, který byl na vysokohorském kempu. V případě jejího vzniku, je třeba sportovce odeslat na 2-3 dny do nízké výšky, jinak nemá kemp přínos.
- ▶ Je třeba dodržovat pravidla 5I – viz dále v textu.
- ▶ Nestřídat místa a jezdit na jedno či dvě prověřená místa s dostatečným zázemím a znalostí tréninkového terénu. Vysokohorské soustředění není dovolená, ale práce.

Výzkumy prokázaly, že hladina červených krvinek se zvyšuje o 1 % za každých 100 hodin pobytu ve výšce, přičemž po 400 hodinách již nedochází k dalšímu zvyšování. Fyziologická fluktuace během roku je 2-3 %, takže optimální doba jednoho tréninkového kempu je okolo 12-16 dní.

Čas od času se zmiňují někdy až dramatické maladaptace, které může nadmořská výška vyvolat (např. aktivace chemoreflexu, plicní vazokonstrikce, zhoršená kvalita spánku a regenerace). Žádná z nich nebyla prokázána u vrcholových sportovců, kteří pobývali v cílové výšce do 2 500 m. Jde tedy spíše o spekulativní názor.

#### 4. Smíšená metoda s proměnnou výškou

Jako poslední metodou, kterou je třeba zmínit a která je čím dál více prosazovaná, je tzv. smíšená metoda s proměnnou výškou.

Jejím cílem je si vzít benefit od každé ze tří výše zmiňovaných metod. Základem je většinou pobyt ve vysoké nadmořské výšce ke stimulaci růstu červené krevní řady. Tréninky jsou pak absolvovány jak v nížině (třeba 1-2 týdně pro zajištění tempových intenzit), tak ve vysoké výšce nad úrovní bydlení s cílem OSH (výška okolo 3 000 – 3 500 m). Jde o metodu, k níž není dostatek vědeckých důkazů a nejspíše ani nebude díky složitosti procesu a malému počtu sportovců absolvujících tento typ tréninku. Nicméně z fyziologického a medicínského hlediska jde o logickou kombinaci. Na druhou stranu jde o metodu dosti náročnou jak logisticky, finančně, tak i režimově, a je nyní určena jen pro úzkou skupinu vysoce zkušených trenérů a závodníků.

Přestože mají všechny čtyři metody pozitivní výsledky, z praktického hlediska zůstává pravděpodobně optimální strategií systematické využití jedné metody v závislosti na charakteristice sportovce/sportu, aby se optimalizovaly přínosy a minimalizovala rizika spojená s možnými nežádoucími efekty při vysokohorském tréninku.

#### Uměle navozené (simulované) prostředí

V případech, kdy není možné aplikovat trénink v nadmořské výšce z jakýchkoliv důvodů, je možné zařadit simulace tréninku v nadmořské výšce. Při tomto typu tréninků sportovec zůstává v nížině, kde mu je vytvořené hypoxické prostředí. Využívá se k tomu tzn. normobarická hypoxie.

Principem je dýchání směsi vzduchu ochuzené o kyslík tak, že hodnota parciálního tlaku odpovídá cílové výšce. Barometrický tlak vzduchu zůstává beze změny, zatímco podíl kyslíku ve vzduchu je uměle snížený. Může k tomu dojít dvěma způsoby – vmícháváním dusíku do okolního vzduchu anebo filtrací vzduchu přes membránu redukující molekulární koncentraci kyslíku použitého vzduchu.

Historicky se zkoušely různé programy a stimulační metody, ale v současnosti se využívají pouze čtyři hlavní simulace:

1. Hypoxický stan
2. Hypoxická komora
3. Hypoxická maska
4. Trénink ve vysoké teplotě jako moderní alternativa

## 1. Hypoxický stan

Parciální tlak kyslíku ve stanu odpovídá cílové nadmořské výšce, a proto se věřilo, že je možné z pobytu v kyslíkovém stanu čerpat obdobné benefity jako z pobytu ve vysoké nadmořské výšce. Bohužel se ale v posledních letech ukazuje, že normobarická hypoxie není tak stimulační jako hypobarická a je třeba nastavit vyšší než požadovanou výšku. Dalším problémem je výrazný zásah do sociálního života sportovce, protože je nutné ve stanu pobývat 16 hodin denně po dobu 3 týdnů, aby byl efekt na hodnotu hemoglobinu významný.

Kyslíkový stan je technicky polopropustným stanem, který může mít různé velikosti. Na jeho velikosti závisí provedení pohybové aktivity. Pokud je stan menší, lze ho využít jen na spánek v uměle vytvořeném prostředí odpovídajícím většinou výšce 2 000 až 4 000 m n.m. Pokud je stan dostatečně velký, je možné v něm vykonávat tréninkové jednotky na trenažérech (např. cyklistickém, běžeckém nebo veslařském). Pro tréninky je ale nutné mít vysoce výkonné generátory s filtrací vydýchaného CO<sub>2</sub>, před a než stany se proto používají hypoxické komory s vysokým výkonem.

## 2. Hypoxické komory

Další alternativou je hypoxická komora, či někdy i celý dům nebo patro domu s možností dlouhodobých pobytů včetně spánku. Princip fungování spočívá v tom, že pomocí kompresoru je vzduch vháněn do filtrů, kterými projde pouze část kyslíku. V prostoru hypoxické komory je potom pomocí elektronické regulace simulována požadovaná nadmořská výška.

V porovnání s hypoxickými stany jsou místnosti lépe využitelné, protože umožňují realizace tréninkových jednotek s využitím trenažérů.

Jejich zřízení a následné udržování je však velmi nákladné, pokud je třeba zachovat kvalitu pobytu. Často se proto v komerční sféře rezignuje na kvalitní filtrace vzduchu a výsledkem je pak vysoké CO<sub>2</sub> a sporný efekt hypoxie.

## 3. Hypoxická maska

V případě nedostupnosti hypoxické komory je možno některé tréninky absolvovat s hypoxickým generátorem připojeným hadicí na masku umístěnou na obličeji sportovce. Jde o ekonomicky nejlevnější variantu, ale také nejméně preferovanou samotnými sportovci. Metoda je identická jako při použití hypoxické komory.

Naproti tomu, tzv. hypoxická maska, která se komerčně nabízí jako alternativa k vysokohorskému tréninku a je využívána během fyzické aktivity, kdy snižuje průtok vzduchu do plic. Toto způsobuje větší námahu při dýchání. Problém však je, že toto tvrzení se nejen nezakládá na pravdě, ale je zcela lživé. S vysokohorským tréninkem nemají nic společného. Navíc tyto masky nefungují ani jako dechové trenažéry a jejich použití rozhodně nemůžeme doporučit za žádných okolností.

## 4. Trénink v teple

V posledních letech se zájem jak vědecký, tak praktický stáčí směrem k tréninku ve vysoké teplotě, nebo dokonce kombinaci teploty a hypoxie. Jde o skvělou alternativu vysokohorského

tréninku pro ty, kteří nemají dostatečnou odpověď na vysokohorský trénink nebo nemají přístup k vysokohorským kempům. Teplotní komory se nyní používají zejména pro urychlení adaptace před důležitými závody, které se konají v horkém a vlhkém prostředí. Jako příklad lze uvést adaptační programy, které využívali naši olympionici před OH v Tokiu. Do budoucna však nejspíše nahradí některé hypoxické místnosti.

Z hlediska fyziologie je princip adaptace založen na zvýšení objemu plazmy, která se při tréninku v teple zvětšuje, a tím pozitivně ovlivňuje celkový výkon. Na rozdíl od vysokohorského tréninku se nezvyšuje množství červených krvinek ani produkce energie či EPO primárně, ale pomocí plazma expance se zvyšuje srdeční výdej a následně dochází k aktivaci EPO díky nízkým hodnotám hematokritu.

## Specifika sportovního tréninku s využitím vyšší nadmořské výšky

Při rozhodování, zda zahrnout vysokohorský trénink do tréninkového plánu, je nutno posuzovat dva hlavní důvody:

1. Místo konání soutěže a nutnost aplikovat vysokohorský trénink jako přípravu před závody.
2. Trénink ve vyšší nadmořské výšce jako nástroj dlouhodobého zvýšení výkonnosti.

## Plánování tréninku za využití hypoxického prostředí

Implementace výškového tréninku (ideálně v trvání 2-3 týdny) musí v rámci ročního tréninkového cyklu reflektovat vytyčené cíle a základní poznatky o aklimatizaci.

Ideální je absolvovat celkově dva až čtyři tréninkové pobyty v nadmořské výšce během ročního cyklu, přičemž ke každému dojde v jiném období tréninkové sezóny a tedy bude hrát specifickou roli právě pro dané období.

První pobyt je vhodné absolvovat již v první části přípravného období, kterému předchází základní trénink v nížině. Pro sportovce s vrcholem sezóny v létě může první pobyt směřovat na období listopad-prosinec se zaměřením na všeobecnou kondici a aerobní rozvoj výkonnosti pro zimní sporty je pak pobyt plánován na období květen-červen.

Další pobyty je vhodné absolvovat v druhé části přípravného či v předzávodním období. Tentokrát je vhodné tréninky zaměřovat spíše na rozvoj aerobní i anaerobní výkonnosti.

Třetí či čtvrtý pobyt ve výšce je obvykle spojen se závodním obdobím. Jeho cíle jsou proměnné a zcela individuální vzhledem k fázi sezóny a plánů závodů, včetně možnosti přípravy na závody ve vysoké výšce.

Je samozřejmé, že specifické protokoly jsou téměř pravidlem a není možné se zlobit, když závodník absolvuje třeba jen týdenní programy z důvodu jiných povinností. Vysokohorský trénink je až špička ledovce, ne základ přípravy.

## Příprava před vysokohorským soustředěním

Pokud máme naplánované jednotlivé pobyty, je třeba se na každý řádně připravit. Jde o finančně a časově náročné pobyty a je třeba je brát se vší vážností. Velmi dobrý a praktický materiál, kterým je možné se řídit, byl zpracován v Australském sportovním institutu (AIS). Obecně ale všechna metodická doporučení vychází z tzv. 5I:

- ▶ Iron – před soustředěním je vždy nutné mít dostatečné zásoby železa. Hodnota sérového železa není určující. Důležité je mít sérový ferritin nad 100ug/l.
- ▶ Intensity – optimalizovat tréninkový plán s cílem umožnit dostatečnou regeneraci.
- ▶ Intake – zajistit dostatečný kalorický příjem, neboť ve vysoké výšce často klesá chuť k jídlu.
- ▶ Injury – zvýšit důraz na prevenci zranění a v případě vzniku být připraven na případné akutní stavy a zajistit urychlený návrat do nížiny.
- ▶ Infection – zajistit prevenci infekčních onemocnění a v případě výskytu ihned aktivně léčit.

## Provedení samotného vysokohorského soustředění

Částečně je zde provázán výše zmíněný model 5I. Navíc je třeba zmínit nejčastějšího „zabijáka“ efektivních vysokohorských soustředění. Jde o akutní horskou nemoc (AMS - acute mountain sickness). Ta se vyskytne nejméně jednou za život u každého sportovce, který absolvoval sérii vysokohorských soustředění. V případě vzniku AMS je třeba zvážit přerušování či dokonce ukončení vysokohorského soustředění, neboť negativní efekty budou jistě převažovat nad případnými pozitivy.

## Jak poznat vysokohorskou nemoc a jak k ní přistoupit

V roce 2018 byl publikován Lake Louise skórovací systém, podle kterého je možné určit, zda sportovec trpí akutní horskou nemocí a jak závažná je. AMS skóre spočívá v pěti symptomech (bolest hlavy, gastrointestinální příznaky, únava/slabost, závratě a problémy se spánkem) hodnocených dle závažnosti od 0 do 3. Při celkovém skóre  $\geq 3$  a přítomné bolesti hlavy lze sportovce diagnostikovat na pozitivní AMS.

Skóre	Bolesti hlavy	Gastrointestinální příznaky	Únava a/ nebo slabost	Závratě	Klinické funkční skóre AMS - Pokud jste měl/a příznaky AMS, jak celkově ovlivňovaly vaše aktivity?
0	Vůbec žádná	Dobrá chuť k jídlu	Absence únavy a slabosti	Žádné závratě/ lehká závrať	Vůbec ne
1	Mírná bolest hlavy	Slabá chuť k jídlu nebo nevolnost	Mírná únava/ slabost	Mírné závratě/ lehká závrať	Příznaky byly přítomny, ale nevynutily si žádnou změnu činnosti nebo plánu cesty
2	Středně silná bolest hlavy	Středně těžká nevolnost nebo zvracení	Středně těžká únava/ slabost	Středně těžké závratě/ lehké motání hlavy	Příznaky mě donutily přerušit výstup nebo sestoupit vlastními silami
3	Silná bolest hlavy, neschopnost práce	Invalidizující nevolnost a zvracení	Silná únava/ slabost, neschopnost výkonu	Silné závratě/ lehká závrať, neschopnost pohybu	Byla nutnost evakuace do nižší nadmořské výšky.

Pokud se AMS objeví, je třeba okamžitě zařídit návrat do nízké výšky na 2-3 dny a pak se zkusit vrátit. Pokud se příznaky znovu objeví, je nutno vysokohorský pobyt ukončit a vrátit se zpět do nízké výšky. Pokud se AMS pravidelně opakuje, je třeba absolvovat lékařské vyšetření pro případné onemocnění, které by mohlo být podkladem tohoto stavu.

## Příklad stavby tréninku pro třítydenní pobyt ve vyšší nadmořské výšce

Tréninkový kemp je možné rozdělit do tří hlavních fází:

### Fáze první

- ▶ Nutno zohlednit možné obtíže během prvních několika dní pobytu – vznik akutní horské nemoci.
- ▶ Nutno vždy zařadit tuto adaptační fázi – při opakovaných pobytech může být zkrácená, ale nikdy ne zcela vynechaná.
- ▶ Trénink
  - o nízká intenzita (do 75 % maxima) v porovnání s normoxií, třeba i chůze
  - o objem max 60 % z nížin.

- ▶ Den 3. – někdy označovaný za den euforie – může nastat pocit euforie – nebezpečný z hlediska možnosti přecenění adaptace – následný vysoce intenzivní trénink z důvodu domnělé skvělé adaptace pak vede k přetížení a nemožnosti kvalitně odtrénovat zbytek soustředění.

### Fáze druhá

- ▶ Přibližně od 4. do 7. dne.
- ▶ Změny intenzit na úroveň v nížině.
- ▶ Je nutné sledovat všechny metriky vnitřního zatížení jako jsou dechová náročnost, tepová frekvence či RPE – důležitější než v nížině.

### Fáze třetí

- ▶ Od 7. dne.
- ▶ Postupné zařazování dvou až třífázových tréninků v náročnějším aerobním režimu.
- ▶ Rostoucí intenzitu je stále potřeba pečlivě sledovat.
- ▶ Pro udržení rychlostních schopností, frekvence a pohybového rytmu – zařazování vysoce intenzivních tréninkových jednotek (ATP-CP) v nevelkém objemu, ale pravidelně.
- ▶ „Laktátový“ trénink (méně náročný) možný zařadit ke konci tréninku.
- ▶ Odpočinkové fáze během intervalů – zpočátku delší než v nížině, ale postupně se zkracují.

### Tréninkové metody:

- ▶ Od počátečního souvislého zatížení (fartleková a střídavá metoda) po intervalové tréninky.

- ▶ Pokud proběhne adaptace v pořádku, je možno začít v průběhu 3. týdne postupně u některých závodníků zařazovat tréninkové metody jako v nížině (včetně intervalů v závodním tempu).
- ▶ Na konci posledního týdenního mikrocyklu se někdy doporučuje zařadit kontrolní test – dvě zátěže závodní intenzitou kratší, než je obvyklá délka závodu, s dostatečně dlouhým vloženým odpočinkem.

## Kontrola průběhu aklimatizace na vyšší nadmořskou výšku

Při výškovém tréninku je důležité sledovat změny organismu nejen před a po samotném pobytu, ale také v průběhu. Obecně můžeme hovořit o čtyřech hlavních jevech, které jsou důležitým ukazatelem adaptace organismu.

- ▶ Sledování koordinace a techniky pohybu – typicky lze pozorovat zhoršení koordinace v prvních dnech pobytu a zvýšené riziko zranění.
- ▶ Parametry monitorující stav metabolické odpovědi – klidová srdeční frekvence, variabilita srdečního rytmu, srdeční frekvence v průběhu i po ukončení standardního zatížení atd.
- ▶ Hyperventilace je výsledkem vyššího anaerobního hrazení energetických požadavků a vyšší acidózy. Může nastat již při velmi nízkých intenzitách zatížení nebo i v klidových podmínkách. Hyperventilace je velmi dobrým markerem nedostatečné adaptace a vysokého metabolického stresu.
- ▶ Kontrola pitného režimu – moč by měla být nekoncentrovaná, světlá a čirá.

V průběhu aklimatizace je důležité rozlišit, co je důsledek aktuální nebo kumulované únavy a co probíhající aklimatizace, aby nedocházelo k nesprávnému vyhodnocení stavu sportovce. Bohužel se do dnešních dnů nepodařilo identifikovat klíčové parametry sledování, které by byly jasnými indikátory přetížení. Jde vždy o komplex monitorovaných parametrů a znalosti samotného sportovce.

### Výživa a pitný režim

Struktura výživy v nadmořské výšce by se neměla zásadně lišit od té v nížině. Nejdůležitějším faktorem je zabezpečit dostatečné množství živin na doplnění energetického výdaje. Při hypoxickém tréninku zpravidla dochází ke zvýšení energetického výdeje v důsledku zvýšené tréninkové zátěže způsobené zejména povětrnostními podmínkami nebo teplotou. V případně zimních sportů je nutno často hradit vyšší energetický výdej díky tzv. nutnosti chladové termogeneze z důvodu nízké teploty.

Diety nebo jakékoliv snížení energetického příjmu se v nadmořské výšce, až na vybrané výjimky, nedoporučují aplikovat.

Dehydratace je v nadmořské výšce velmi častá, zejména kvůli snížené vlhkosti vzduchu v nadmořské výšce. Pro správnou funkci sliznice člověka a minimalizaci infekcí horních cest dýchacích je proto nutné vdechovaný vzduch v plicích zvlhčovat. Tento proces rovněž jako snížená

teplota ovzduší přispívá ke ztrátě tekutin a studie ukazují, že může vést až k celkové ztrátě 1 litru tekutin za den.

Další problémy, které může nedostatek tekutin v organismu způsobit, je zahušťování krve, zvýšené riziko trombóz, nebezpečí vzniku omrzlin, časnější vyčerpání a při dlouhém trvání podporuje též vznik kamenů ve vylučovacím systému.

Doporučení pro výživovou strategii ve vyšší nadmořské výšce můžeme shrnout do „4P“:

- ▶ Příslun dostatečného množství energie.
- ▶ Pitný režim – o jeden až dva litry více než v nízké výšce.
- ▶ Průběžná kontrola stavu železa + podpořit jeho příjem a vstřebávání (vitamin C, kyselina listová, B12).
- ▶ Potřeba antioxidantů (ovoce a zelenina).

## Psychologické aspekty pobytu a tréninku ve výšce

S vysokohorským tréninkem se pojí nemálo benefitů včetně psychologických. Na druhé straně si je také nutno uvědomit i odvrácenou stránku tohoto procesu, která může ve výsledku negativně působit na mentální stav sportovce.

V první řadě se proto doporučuje sportovci vysvětlit tréninkové změny, které přicházejí s odlišnou nadmořskou výškou – snížení tréninkové intenzity (v porovnání s tréninky v nížině) nebo průběh adaptace na prostředí hypoxie, a vědět, že z předností sportovní přípravy ve výšce bude těžit až po návratu do nížiny. Také je nutno zmínit změny nálad, které jsou spojovány s nadmořskou výškou, i skutečnost, že ne každý sportovec dokáže těžit z hypoxických tréninků.

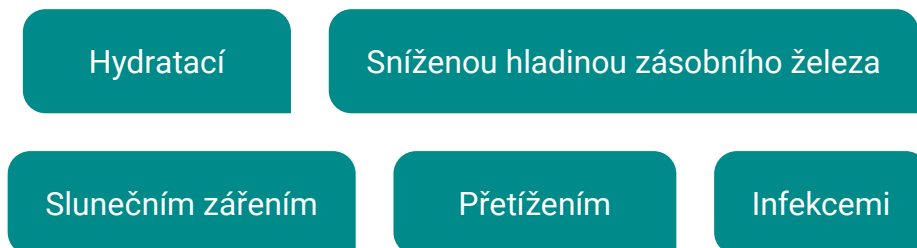
Změny nálad sportovce jsou důležitým aspektem tréninků v nadmořské výšce a mohou signalizovat neadekvátní zatížení, které by mohlo v průběhu času přerůst až do přetrénování.

Se zvyšující se tréninkovou intenzitou a zvýšenými objemy je spojováno zhoršení nálady, únava a deprese.



## Zdravotní aspekty pobytu a tréninku ve výšce

Zdravotní rizika, kterým mohou být sportovci vystaveni v průběhu výškového tréninku, jsou podobné těm v nížině, ale s ohledem na specifika výšky jsou obvykle uváděna zvýšená rizika v souvislosti s:



### Dehydratace

- ▶ Způsobena především vdechováním suchého, chladného vzduchu ve vyšší nadmořské výšce a chladným venkovním prostředím a dále vyšší úrovní pocení při tréninku v létě.
- ▶ Významnou roli hraje také snížený pocit žízně, který je typický pro vysokohorský trénink.

#### Prevence:

- ▶ Pravidelný příjem tekutin.

### Železo

- ▶ Riziko především u žen – vytrvalkyň.
- ▶ Ve vyšší nadmořské výšce je železo ještě víc využíváno než v nížině a je nezbytné pro akcelerovanou krvetvorbu.
- ▶ Udržování optimální hladiny sérového železa slouží k prevenci anemie, vyčerpanosti a snižuje rizika infekčních onemocnění.

#### Prevence:

- ▶ Dostatečná hladina zásobního železa v těle ještě před odjezdem – ferritin nad 100 ug/l.
- ▶ Kontrola hladiny dalších parametrů (např. solubilní transferinový receptor nebo transferin) před odjezdem a někdy i po příjezdu.
- ▶ Pravidelná konzumace potravin s vysokým obsahem železa (mléko, vejce, ryby, hovězí maso, vepřové maso, játra, špenát).
- ▶ Na zvýšení absorpce železa je doporučeno ho užívat s vitamínem C.

V případě potřeby doplnění železa je nutné kontaktovat lékaře se žádostí o předpis Fe na recept. Volně prodejné léky neobsahují dostatečnou dávku Fe tak, aby byla schopna pokrýt potřebu při vysokohorském tréninku.

## Zvýšené riziko infekcí

- ▶ Zvýšené riziko infekcí horních cest dýchacích vzhledem ke zvýšenému vdechování suchého a chladného horského vzduchu.

### Prevence:

- ▶ Dostatečné oblečení i v relativně teplých dnech.
- ▶ Bariérová ochrana – roušky a dodržování základních hygienických standardů.
- ▶ Dostupnost základních léků pro řešení akutních infekcí a adekvátní terapie astmatu a alergií (pokud jsou přítomny).
- ▶ Dostatečné oblečení i v relativně teplých dnech.
- ▶ Konzultace s lékařem ohledně preventivních či terapeutických léků a osobní lékárníčky pro použití v případě vzniku akutních obtíží.

## Sluneční záření a spáleniny

- ▶ Tenčí vrstva atmosféry a absence prachu způsobuje silnější záření než v nížině.
- ▶ Suchý vzduch snižuje obrannou schopnost pokožky prostřednictvím vodních par.
- ▶ Vysoká intenzita ultrafialového záření má řadu nežádoucích účinků, především na kůži a oči.

### Prevence:

- ▶ Opalovací krémy s vysokým faktorem
- ▶ Slunečné brýle s dostatečnou UV ochranou
- ▶ Oblečení s dlouhým rukávem

## Přetížení

- ▶ Častý stav, pokud se nedodrží prevence a pomalá adaptace.
- ▶ Nutno dbát na regenerační intenzity a celkové zpomalení v tréninku oproti normální výšce.
- ▶ Dlouhé přetěžování či opakované přetížení může způsobit přetrénování, celkovou únavu organismu a zpomalení regeneračních procesů.

### Příznaky přetížení:

- ▶ Akutní horská nemoc
- ▶ Snížení výkonnosti
- ▶ Spavost/nespavost
- ▶ Nechutenství
- ▶ Bolesti v oblasti srdce
- ▶ Bolesti hlavy
- ▶ Vyšší hladina močoviny
- ▶ Pokles hmotnosti způsobený těžkou až chronickou únavou

## Prevence a terapie:

- ▶ Trénink odpovídající aklimatizačním procesům.
- ▶ Při výraznějším přetížení organismu se doporučuje přesun do nížiny do odeznění komplikací.

Zvažte vybavení osobní lékárníčkou, kde budete mít k dispozici všechny potřebné léky. Ušetříte si třeba hledání blízké lékárny či čekání na pondělní ráno, až bude otevřeno. Na vysokohorském kempu řešte všechny onemocnění rychle a více aktivně než v nízké výšce.

## Návrat do nízké výšky

- ▶ Správné načasování návratu z vysokohorského kempu před soutěží je zásadní pro úspěch sportovce.
- ▶ Obvykle se udává, že výkon je maximální v prvních 3-5 dnech a pak od 12. dne dále.
- ▶ Realita je ale taková, že jsou závodníci, kteří mají naopak maximální výkonnost 5-10 den či jiní co jsou schopni maximálního výkonu do 24-48 hod po návratu.
- ▶ Jediný správný postup je zjištění individuální reakce závodníka a přizpůsobení režimu jeho profilu.
- ▶ Zajímavé je, že přestože se téměř 50 % hemoglobinu získaného za 3-4 týdny na výškovém soustředění po 24 dnech v nížině ztratí, je výkonnost stále vyšší. Jde nejspíše o vyšší tréninkové zatížení a následnou vyšší glykolytickou aktivitu.
- ▶ Hb mass pozitivně souvisí s  $VO_2\text{max}$  – předpokládané trvání zvýšeného  $VO_2\text{max}$  po návratu z nadmořské výšky je 25-35 dní.

Chronické a akutní stavy únavy ze samotného soustředění či cesty/jetlagu na soutěž se sčítají. Ačkoli je typická životnost erytrocytů červených krvinek 90-120 dní, aktivní destrukce nově vytvořených červených krvinek – neocytolýza – vyvolává v nížině urychlenou destrukci již během 5-7 dní po návratu na úroveň moře, proto také efekt na červenou krevní řadu nelze očekávat v rámci měsíců, ale jen týdnů.

Časový průběh rozpadu nehematologických adaptací je poměrně neznámý.

Plánování dalšího kempu začíná vlastně návratem a zhodnocením kempu předcházejícího.

## Závěr

V uvedeném textu jsme se snažili nastínit teoretický základ a praktické provedení tréninku ve vysoké nadmořské výšce. Přestože na první pohled byly napsány stohy dokumentů, studií a učebnic, tak je třeba s pokorou říci, že naše znalosti jsou velmi malé, neboť se problematice systematicky věnuje jen úzká skupina odborníků i trénérů. Jsme teprve na počátku dlouhé cesty a každé vysokohorské soustředění, které absolvujete, přispívá troškou do mlýna vědomostí o této úžasné metodě. Vy sami jste součástí tvorby těchto doporučení a v každém dalším vydání, která jistě přijdou, budeme reflektovat vaše postřehy a znalosti. Do té doby vám přejeme, aby vás všechna vysokohorská soustředění posunula nejen výkonnostně, ale i odborně.

## Literatura:

Angermann Matthias, Baumberger Daniel, Birrer Christof, Mannhart Claudio, Perret med Christian, Schlegel Jon, Wehrli, M. (2005). Impressum Herausgeber Swiss Olympic Association Haus des Sportes. [www.swissolympic.ch](http://www.swissolympic.ch).

Garvican-Lewis, L.A., Halliday, I., Abbiss, C.R., Saunders, P.U., Gore, C.J. (2015). Altitude Exposure at 1800 m Increases Haemoglobin Mass in Distance Runners. (Vol. 14, Issue 2, pp 413-417). *Sports Sci Med*. PMID: 25983592; PMCID: PMC4424472.

Girard, O., Peeling, P., Racinais, S., & Périard, J. D. (2024). Combining Heat and Altitude Training to Enhance Temperate, Sea-Level Performance. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 19, Issue 3, pp. 322–327). Human Kinetics Publishers Inc. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0250>.

Gore, C.J., Sharpe, K., Garvican-Lewis, L.A., Saunders, P.U., Humberstone, C.E., Robertson, E.Y., Wachsmuth, N.B., Clark, S.A., McLean, B.D., Friedmann-Bette, B., Neya, M., Pottgiesser, T., Schumacher, Y.O., Schmidt, W.F. (2013). Altitude training and haemoglobin mass from the optimised carbon monoxide rebreathing method determined by a meta-analysis. (Vol. 47, Issue 1). *Br J Sports Med*. PMID: 24282204; PMCID: PMC3903147.

Millet, G. P., & Brocherie, F. (2020). Hypoxic Training Is Beneficial in Elite Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(2), 515–518. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002142>.

Mujika, I., Millet, G. P., Zelenkova, I., & Bourdillon, N. (2023). Hemoglobin Mass and Blood Volume in Swimming: A Comparison Between Highly Trained, Elite, and World-Class Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 18(11), 1357–1361. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0133>.

Mujika, I., Sharma, A. P., & Stellingwerff, T. (2019). Contemporary Periodization of Altitude Training for Elite Endurance Athletes: A Narrative Review. In *Sports Medicine* (Vol. 49, Issue 11, pp. 1651–1669). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01165-y>.

Nummela, A., Eronen, T., Koponen, A., Tikkanen, H., & Peltonen, J. E. (2021). Variability in hemoglobin mass response to altitude training camps. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 31(1), 44–51. <https://doi.org/10.1111/sms.13804>.

Nybo, L., Rønnestad, B., & Lundby, C. (2024). High or hot—Perspectives on altitude camps and heat-acclimation training as preparation for prolonged stage races. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 34(1). <https://doi.org/10.1111/sms.14268>.

Sharma, A. P. (2022). Factors Affecting Sea-Level Performance Following Altitude Training in Elite Athletes. In *Journal of Science in Sport and Exercise* (Vol. 4, Issue 4, pp. 315–330). Springer. <https://doi.org/10.1007/s42978-022-00198-6>.

Stellingwerff, T. (2019). NUTRITION RECOMMENDATIONS FOR ALTITUDE TRAINING. *Sports Science Exchange*, 32(199), 1–5.

Stellingwerff, T., Peeling, P., Garvican-Lewis, L. A., Hall, R., Koivisto, A. E., Heikura, I. A., & Burke, L. M. (2019). Nutrition and Altitude: Strategies to Enhance Adaptation, Improve Performance and Maintain Health: A Narrative Review. In *Sports Medicine* (Vol. 49, pp. 169–184). Springer. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01159-w>.

Thienen, R. van, & Hespel, P. (2016). Enhanced muscular oxygen extraction in athletes exaggerates hypoxemia during exercise in hypoxia. *J Appl Physiol*, 120, 351–361. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00210.2015.-High>.

Westmacott, A., Sanal-Hayes, N. E. M., McLaughlin, M., Mair, J. L., & Hayes, L. D. (2022). High-Intensity Interval Training (HIIT) in Hypoxia Improves Maximal Aerobic Capacity More Than HIIT in Normoxia: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114261>.



## **Trénink ve vysoké výšce**

Metodický materiál

Vydavatel: VICTORIA Vysokoškolské sportovní centrum  
Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy

ISBN: 978-80-88627-07-4 (brožováno)

ISBN: 978-80-88627-08-1 (online; pdf)

Autor:

MUDr. Jiří Dostal

Redigovala:

Mgr. Lenka Kovářová, Ph.D., MBA, LL.M.

