

# Vysokohorský trénink

PhDr. Jan Cacek

Přednáška č. 7



# Cíl HAT

- zvýšit výkonnost tréninkem ve vysoké nadmořské výšce
- využití nízké koncentrace kyslíku v ovzduší (hypoxie)
- výzkumy reakcí lidského těla na VH zátěž patří k těm nejvíce rozporným



# Adaptace u obyvatel velehor

- horolezecké výpravy, obyvatelé And (Kečuové, Aymarové) a Himaláji (Šerpové, Tibeťané)

- **dlouhodobé vystavení organismu extrémní nadmořské výšce:**

- **negativní vliv na:**

- - oxidativní
- - anaerobní kapacitu svalstva

- množství oxidativních enzymů účastných v Krebsově cyklu (citrát-syntáza, CS) i v oxidaci tuků (3-hydroxyacyl-CoA dehydrogenáza, HAD) - **REDUKCE**

- snížení počtu mitochondrií
- 

- **Pozitivní vliv:**
- **zvětšení objemu plic**
- **zvýšení množství červených krvinek a krevního objemu**
- **Zmenšení svalového průřezu, a to při zachování množství vlásečnic obklopujících svalová vlákna**



- **Popsané reakce** = výsledkem snahy organismu o **úspornou činnost** při snížené dodávce kyslíku
- zmenšení svalových vláken má za následek zmenšení jejich povrchu, zlepšuje se zásobení redukováných mitochondrií kyslíkem z vlásečnic
- nedávným **objevem** je fakt, že horalé z And a zejména z Tibetu **syntetizují v těle ve zvýšené míře oxid dusnatý (NO)** NO = plyn, který rozšiřuje cévy ve tkáních
- **obyvatelé velehor ve zvýšené míře spoléhají na aerobní tvorbu energie ze sacharidů,**



- **zásoby tuků** ve svalech se u nich ani intenzivním vytrvaleckým tréninkem **nezvětšují** jak u obyvatel nízko položených oblastí
- **produkce energie oxidací glukózy** je v hypoxii ekonomičtější, protože nevyžaduje velké množství kyslíku jako je tomu u rozkladu tuků
- **Anaerobní glykolýza**
- silně redukována,
- vede k tzv. **laktátovému paradoxu**
- povýkonová koncentrace laktátu u horalů s rostoucí hypoxií nestoupá nebo dokonce klesá

# Závěr

- **dědičné** (přetrvávají i u generací vyrůstajících v nízké výšce)
- umožňují maximálně **úsporné využití kyslíku** při produkci ATP
- jsou **výhodné v hypoxickém prostředí**, které nedovoluje vysoké pracovní zatížení;
- **snižují však rychlost produkce ATP**
- limitují maximální pracovní kapacitu
- **nejsou přínosem pro intenzivní sportovní výkon** v nízké nadmořské výšce.

# Reakce na krátkodobé vystavení hypoxii

- VnV klesá barometrický tlak a v souvislosti s tím klesá i koncentrace vzduchu i kyslíku
- snížené nasycení krve kyslíkem = **hypoxemie** (pokles množství kyslíku v krvi)
- v **2500 m** klesá nasycenost krve kyslíkem z původních 96% na **91%**
- **V 5500 m** až na **73%**.





- **VO2 max klesá**

- (poklesem množství přijímaného kyslíku)

- **jev se začíná projevovat nad 1000 m,**
- u vysoce trénovaných osob nastupuje dříve než u netrénovaných
- (Terrados 1992 udává u elitních atletů pokles už při 900 m n. m.)
- **Průměrný pokles**
- **1% VO2 max. na každých 100 metrů od výšky 1500**
- 2000 m n. m. průměrný deficit u netrénovaného 5%,
- ale např. při studiu **keňských běžců** byl na stejné výšce dokumentován úbytek o **12%**.

# Klesá výkonnost

(s poklesem  $VO_2$  max)

- **individuální rozdíly determinovány pěti faktory:**
  1. **původní výše  $VO_2$  max. na nízké nadmořské výšce**
  2. **výše anaerobního prahu**
  3. **pohlaví**
  4. **množství aktivní tělesné hmoty**
  5. **změny v nasycení krve kyslíkem (tj. schopnost krve transportovat kyslík).**



## **menší vzrůst a ženy**

- ne tak výrazný pokles  $\text{VO}_2$  max jako u mužů
- nemají výrazné problémy s distribucí kyslíku do méně objemných svalů

## **Výhodný je**

- vysoký anaerobní práh
- dobrá transportní schopnost krve

**muži, lidé s vyšší hmotností, nízkou saturací krve kyslíkem a nízkým anaerobním prahem**

- výrazný pokles výkonnosti (Robergs a kol. 1998)

**V souvislosti s pozitivními adaptacemi se však výkon v hypoxii postupně zlepšuje**



# Sprinteři a VH

- při anaerobním výkonu nepotřebují tolik kyslíku
- **profitují z řidšího prostředí**
- klade **menší odpor tělu** (ale i vrhačskému náčiní!)
- Př. světový rekord Boba Beamona z Mexika 1968 (nadmořská výška 2265 m n. m.), který vydržel 23 let.



# Adaptace při sportovním tréninku v hypoxii

- Akutní adaptace = **zvýšení maximální tepové frekvence a zesílená hyperventilace** (zrychlené dýchání)
- **Hyperventilace**
  - ve zvýšené míře vydýcháván oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) z krve
  - vede k tzv. **respirační alkalóze** (zvýšení krevního pH) a kompenzačnímu vylučování  $\text{HCO}_3$  ledvinami
  - pokles  $\text{HCO}_3$  **zhoršuje pufrovací kapacitu**
  - zvyšuje koncentrace laktátu po výkonu
- **Delší pobyt v hypoxii** - chemismus krve se **normalizuje**, (pufrovací kapacita se zlepšuje a množství laktátu klesá)
- po aklimatizaci a zlepšení transportní kapacity krve dojde i k **poklesu klidové tepové frekvence**.

# Hormonální reakce na VnV

- vyšší **stimulace hormonu erythropoietin (EPO)**
- je zodpovědný za **tvorbu červených krvinek** a tím i zvýšení množství hemoglobinu, na který se váže kyslík
- množství hormonu se zvyšuje již po několika hodinách pobytu v hypoxii,
- zvýšení množství červených krvinek se projeví nejdříve po cca 5 dnech
- vrchol po 3-4 týdnech
  
- Běžný jedinec má **koncentraci hemoglobinu** v krvi 15,0-15,5 g/dl krve (ženy 13,5-14,0 g/dl)
- při tréninku v hypoxii zvýšení až na 18 g/dl
- zpočátku může domnělé zvýšení množství krvinek vyplývat i ze zahušťování krve
- účel zvýšit množství kyslíku při průtoku krve tkáněmi - není přínosná na nízké nadmořské výšce
- zvyšuje se i množství **2,3-difosfoglycerátu (2,3-DPG)**, látky, která pomáhá uvolňovat kyslík z červených krvinek a tak umožňuje pohotovější zásobování tkání

# Zlepšení oxidativní kapacity svalstva vlivem HAT

- lepší prokrvení svalů
- nárůstu počtu i velikosti mitochondrií ve svalech
- zvýšení aktivity oxidativních enzymů (citrát-syntáza)




# Stálost výše uvedených adaptací po návratu do nížiny

- **velmi rozdílná**
- **snížení množství laktátu** po výkonu je pouze dočasné
- po cca 14 dnech dojde k návratu na původní hodnoty
- způsobeno opětovným zhoršením pufrovací schopností krve,
- Při **výrazném navýšení koncentrace hemoglobinu** je možné udržet pufrovací kapacitu déle
- zvýšené množství červených krvinek totiž zmizí až po cca 110-120 dnech, (průměrná životnost krvinky)
- **tím klesne i VO<sub>2</sub> max.**
- nejdéle lze udržet hustotu mitochondrií, množství myoglobinu a prokrvení
- výkonnost vrcholí po cca 3 týdnech od návratu **(21 – 25 den)**
- **není prozkoumáno, zda opakované tréninky v hypoxii vedou k trvalejším adaptacím,**
- **v každém případě se snižují aklimatizační problémy**



# Trénink ve VnV

- **nutno zvážit zdravotní stav**
  - **zajistit dobrou výživu,**
  - **dostatek tekutin (v horách vládne nízká vlhkost vzduchu!)**
  - **kvalitní regeneraci**
  - **důležitá je dodávka železa, nízký příjem limituje vytváření hemoglobinu**
  - **Za optimální se považuje úroveň 2000-2500 m.**
- 

- **Délka pobytu - min 2 týdny, ideál 3-4 týdny**
- první 2-3 týdnů dochází k postupné aklimatizaci,
- výkonnostními a emočními výkyvy.
- **Zahájení tréninku: 2.-3. den**
- **intenzita** by měla vzrůstat postupně
- kontrolována za pomoci tepové frekvence
- dlouhé běhy nad úrovní anaerobního prahu by měly být dávkovány opatrně, aby nedošlo k přetrénování
- zařazením až ke konci druhého týdne
- V extrémních nadmořských výškách je lépe preferovat intervalový trénink
- poslední dny HAT intenzitu tréninku snižujeme
- po přechodu do nízkých výšek opět pomalu zvyšovat



# Rizika HAT

- **individuální adaptační schopnosti organismu**
- podle toho volit druh zatížení
- ne pro toho kdo nereaguje a trpí propadem výkonnosti
- nepříjemné pocity při tréninku v extrémní nadmořské výšce snižují **vůli trénovat** při vysoké intenzitě,
- vede k nedostatečnému zatížení („**podtrénování**“)
- výsledky z nadmořských výšek nad 3000 m často **kontraproduktivní**
- **vážná zdravotní rizika (plicní otok)**

- **Ideál pro zachování vysoké intenzity**
- rozkouskáváním tréninku **do intervalů**
- umožňují běh při relativně vysokém tempu
- Některé studie doporučují:
- zahájit trénink s vysokou intenzitou a postupně klesat na nižší úroveň



# Možnosti HAT

- 1. „ *living high-training high* “
- 2. „ *living high-training low* “ (*intenzita*)
- 3. „ *living low-training high* “ (*regenerace*)



# Možné zlepšení fyziol. parametrů

- čtyřtýdenní pobyt v nadmořské výšce 2500 m spojený s intenzivním tréninkem ve výšce 1250 m zvýšil u elitních běžců množství:
  - hemoglobinu v průměru o více než 10%
  - VO<sub>2</sub> max. o 3%,
  - postačuje k výraznému zvýšení výkonnosti až o 2% na trati 3 km.
- Jiné údaje dokonce hovoří o zlepšení výkonu v běhu na 3 míle (4,8 km) až o 35 sekund (7%)
- Další pozorování zjistila u netrénovaných mužů při šestitýdenním cvičení na ergometru (30 min. denně po 5 dní v týdnu) ve výšce 3850 m zvýšení VO<sub>2</sub> max. až o 11%, zvětšení objemu stehenní svaloviny o 5% a zvýšení počtu mitochondrií o 59%.