

MUNI
SPORT

Hypoxický trénink

Jan Cacek

Historie

- již okolo roku 400 př. n. l. - spíše zaměřeno na chladné podmínky v těchto oblastech
- Toricelli, 1644 vynalezl rtuťový barometr, kterým se dal přesně zaměřit atmosférický tlak
- Pascal 1648 dokázal snížení barometrického tlaku ve vyšší nadmořské výšce
- Lavoiser 1777 popsal kyslík a jiné plyny, které jsou součástí atmosférického tlaku
- John Sutton - laboratorní testy s vojáky v hypobarické komoře (Suchý, 2012)
- Vysoký zájem o trénink ve vyšší nadmořské výšce nastal před Olympijskými hrami v Mexiku, které se konaly ve vysoké nadmořské výšce 2 300 metrů
- OH Mexiko - zaznamenána vysoká úspěšnost sprinterů a skokanů ale také běžců z Keni či Etiopie tedy tzv. „altitude-base country“ - úspěšní na středních a dlouhých tratích a například Keňané získali 39 % medailí z vytrvalostních disciplín

Hypoxie

- souhrnný název pro **nedostatek kyslíku v těle**
- stav organismu, kdy jsou tělesné tkáně nedostatečně okysličovány vlivem špatné funkčnosti některého článku dopravy kyslíku k buňkám
- různé příčiny a v klinické praxi je **rozdělujeme podle místa, kde dochází k poruše kyslíku**
- dělení hypoxie do čtyř typů podle Barcroftova schématu (Silbernagla a Despopoulosa, 2004).

- **Hypoxemická (anoxická) hypoxie (též hypoxická hypoxie)** – je způsobena *snížením obsahu kyslíku v arteriální krvi*, například při pobytu ve vyšších nadmořských výškách, ale také *při poruchách výměny plynů v alveolách a při dalších chorobách jako jsou astma, cystická fibróza, pneumotorax nebo plicní emfyzém*.
- **Anemická hypoxie** – charakterizuje se normálním arteriálním parciálním tlakem kyslíku. Zapříčiňuje ji *nedostatečný počet funkčních erytrocytů či hemoglobinu a schopnost vázat a přenášet kyslík*. Typická při anémii, která se vyjadřuje nedostatkem železa, při velké krevní ztrátě, u otravy oxidem uhelnatým.
- **Cirkulační (ischemická nebo stagnační) hypoxie** – *nastává při nedostatečném prokrvení tkání* (celková nebo místní porucha oběhového systému). Příčiny mohou být ischemie, šok, embolie, cirkulační šok či totální srdeční selhání.
- **Cytotoxická (histotoxická) hypoxie** - při této hypoxii je *ke tkáním dopravován dostatek kyslíku, ale cílové buňky nejsou schopné kyslík správně využít a využít z důvodu otravy různými toxiny*. Nastává například při otravě alkoholem, drogami (Silbernagl a Despopoulosa, 2004).

Fyzikální aspekty tréninku ve vyšší nadmořské výšce

- Millet a kol. (2012) **hypoxie může být navozena dvěma způsoby:**
- **hypobarická hypoxie** - snížení barometrického tlaku znamená i snížení parciálního tlaku jednotlivých plynů = naturální prostředí vyšších nadmořských výšek.
- **hypoxie vyvolaná v nížinách** - může být jak normobarická, tak hypobarická (podíl kyslíku na složení vzduchu klesá pod 20 %, ale barometrický tlak zůstává na své normální hodnotě (760 mm Hg).
- VHP (vysokohorské prostředí)
 - pokles barometrického tlaku vzduchu (je v souladu s nadmořskou výškou) a taktéž ovlivňuje možnost využívat atmosférický kyslík.
 - O₂ je organismem transportován ve vazbě na hemoglobin obsažený v červených krvinkách (na úrovni hladiny moře, je veškerý hemoglobin saturován kyslíkem na oxyhemoglobin).
 - S rostoucí n. výškou dochází k poklesu nasycení hemoglobinu kyslíkem, a tím klesá přísun kyslíku do tkání (Suchý a kol, 2009).
 - Barometrický tlak vzduchu můžeme vyjádřit jako sílu (vytvářenou hmotností vzduchu), která působí kolmo na libovolně orientovanou plochu. Dá se naměřit ve dvou veličinách, a to sice v hektopascalech (hPa = 100 Pa; 1 Pa = síla 1N působící na plochu 1 metru čtverečního) nebo v torrech, a to při použití rtuťových barometrů
 - Pokud budeme stoupat nadmořskou výškou, tak o každých 1000 výškových metrů se barometrický tlak sníží o 12 %. S výškou nedochází jen ke snížení tlaku, ale také teploty, a to cca o 1°C na 150 metrech výšky. Dále dochází ke snížení vzdušné vlhkosti, čímž znásobujeme výdej vody ze sliznic průdušek při dýchání a schopnosti atmosféry absorbovat sluneční záření (ultrafialové záření se každých 1000 výškových metrů zvyšuje o 25-30 %).
 - Tyto působící vlivy vyvolají akutní reakce lidského organismu, ale také trvalejší adaptační změny (k těm dochází po určité době). Jediné, co se s rostoucí výškou nemění je podíl tří hlavních plynů, které jsou v atmosféře (kyslík (O₂) = 20, 948 %, dusík (N₂) = 78, 084 %, oxid uhličitý (CO₂) = 0, 031 % (www. meteocentrum. cz).

4 Specifické formy tréninku

Vliv hypoxie na vazbu a transport kyslíku

- **Míra využití kyslíku při produkci energie** = z nejzásadnějších faktorů, které podmiňují úspěch u silově vytrvalostních a vytrvalostních sportů.
- faktor znám jako VO_2 , - jak moc je účinný oběhový a dýchací systém
- Mnozí autoři považují hypoxický trénink za akcelerátor VO_2 max (maximální spotřeby kyslíku), který je způsobený nárůstem počtu červených krvinek
- Robergs a kol. (1998) akutně sníží VO_2 max při vystavení organismu hypoxickému tréninku
- Při 1200 m. n. m. dojde ke snížení asi o 5 – 10 % a od nadmořské výšky 1600 metrů dochází při každých 1000 metrech výšky pokles o 9 - 11
- **Transportní systém kyslíku v lidském těle** (neboli spotřeba kyslíku organismem) lze rozdělit na periferní a centrální fyziologické faktory
 - Periferní faktory kontrolují rychlost vyplavení kyslíku z krve do pracujících svalů.
 - Centrální faktory skrze krev ovlivňují rychlost dodávky kyslíku ze srdce do pracujících svalů (Wilber, 2001).
-

Vliv hypoxie na oběhový a dýchací systém

- Oběhový systém slouží k tomu, aby rozváděl krev po organismu.
- v hypoxickém prostředí, oběhový systém snaží snížení parciální tlak kyslíku kompenzovat dopravou zvýšeného objemu krve, a to za pomoci zvýšeného systolického srdečního objemu, minutového srdečního objemu a tepové frekvence (Wilmore a kol., 2008).
- Dýchání podléhá regulaci = zajišťuje vhodnou koncentraci kyslíku, oxidu uhličitého a vodíkových iontů, a to jak v krvi, tak ve tkáních.
 - Nervové buňky mozkového kmene jsou citlivé na vzestup koncentrace oxidu uhličitého a vodíkových iontů,
 - akutní hypoxie, která znamená pokles parciálního tlaku kyslíku, stimuluje dýchání přes periferní chemoreceptory, a to zejména přes karotická tělíška (to je tkáň, která je umístěna v krkavici tedy v tepně, směřující od hlavy).
 - **Zvýšená plicní ventilace je jednou z prvních fyziologických odpovědí organismu na akutní hypoxii.**
 - již po několika minutách může nastat hyperventilace
 - V klidu se ventilace zvyšuje až při poklesu parciálního tlaku kyslíku ve vdechovaném vzduchu pod 50 – 60 mmHg - v hypoxickém prostředí odpovídá výšce 3000 m. n. m. (do 3000 m. n. m. je hyperventilace dočasná, zatímco nad 3000 m. n. m. je stálá).
 - Při fyzické zátěži k hyperventilaci dochází již při hypoxii odpovídající podstatně nižší výšce.
 - Po několika dnech strávených v hypoxickém prostředí dochází k **tzv. plateau hyperventilaci**, po které se dýcháním vrací k hodnotám v normoxii. Wilmore a kol. (2008)

Vliv hypoxie na krevní obraz

- na prvním stupni všech reakcí, které upravují přenos kyslíku krví mezi pracujícím svalstvem a plícemi, je hormon **erythropoetin** jinak známý jako EPO (má glykoproteinovou povahu a tvoří se z 10 % v játrech a v 90 % v ledvinách).
- Tvorba erythropoetinu je **závislá na receptorech v ledvinách**.
- receptory v ledvinách zaznamenají hypoxickou situaci, začnou stimulovat tvorbu erythropoetinu, což tělu dává **signál pro nárůst tvorby erytrocytů** (červených krvinek) **v kostní dřeni**,
- **narůstá vazebná kapacita krve pro kyslík** a jeho dodávání k různým tělesným tkáním, a to včetně svalstva.
- Již po jedné hodině vystavení organismu hypoxii **začíná nárůst tvorby erythropoetinu**.
- Vzestup erythropoetinu lze změřit již po třech hodinách v hypoxickém prostředí a podle Bolka (2008a)
- maximální produkce erythropoetinu mezi **10. až 30. hodinou od přesunu do hypoxického prostředí**.
- **X** Podle výzkumu Cedara (1999) nastává maximální produkce až za **72 hodin**, přičemž větší nárůst tvorby erythropoetinu nastává při vyšší míře hypoxie.

- Tvorba erythropoetinu je citlivá na pokles parciálního tlaku kyslíku pO_2 ve vzduchu a v arteriální krvi = hypoxické prostředí je jedním z největších podnětů na zvýšení počtu erytrocytů.
- Bolek (2008) - maximální retikulocytóza probíhá po 8 – 10 dnech od vystavení organismu hypoxickému prostředí a zvyšování se počtu červených krvinek pokračuje až 6 týdnů.
- tvorbu a životnost červených krvinek ovlivňuje, a to velmi významně **disponibilita substrátů nezbytných pro syntézu hemoglobinu**, a to zejména:
 - aminokyseliny, železo
 - B2 – nezbytný pro normální fungování a životnost erytrocytů,
 - B6 – syntéza hemu (nebílkovinná složka hemoglobinu, která obsahuje atom železa a krevní tetrapyrrolové barvivo),
 - B12 – důležitý pro zrání červených krvinek, společně s kyselinou listovou je důležitý při buněčném dělení a diferenciaci,
 - C – důležitý pro metabolismus železa a k udržování hladiny sérového feritinu.

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 Himalájí (Šerpové, Tibeťané)
- dlouhodobé vystavení organismu extrémní nadmořské výšce má **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 redukovaných 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

- **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

- **Adaptace 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 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
 - 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%**

- <http://www.sportcenter.sk/stranka/adaptace-a-problematika-treninku-v-hyoxicke-m-prostredi>



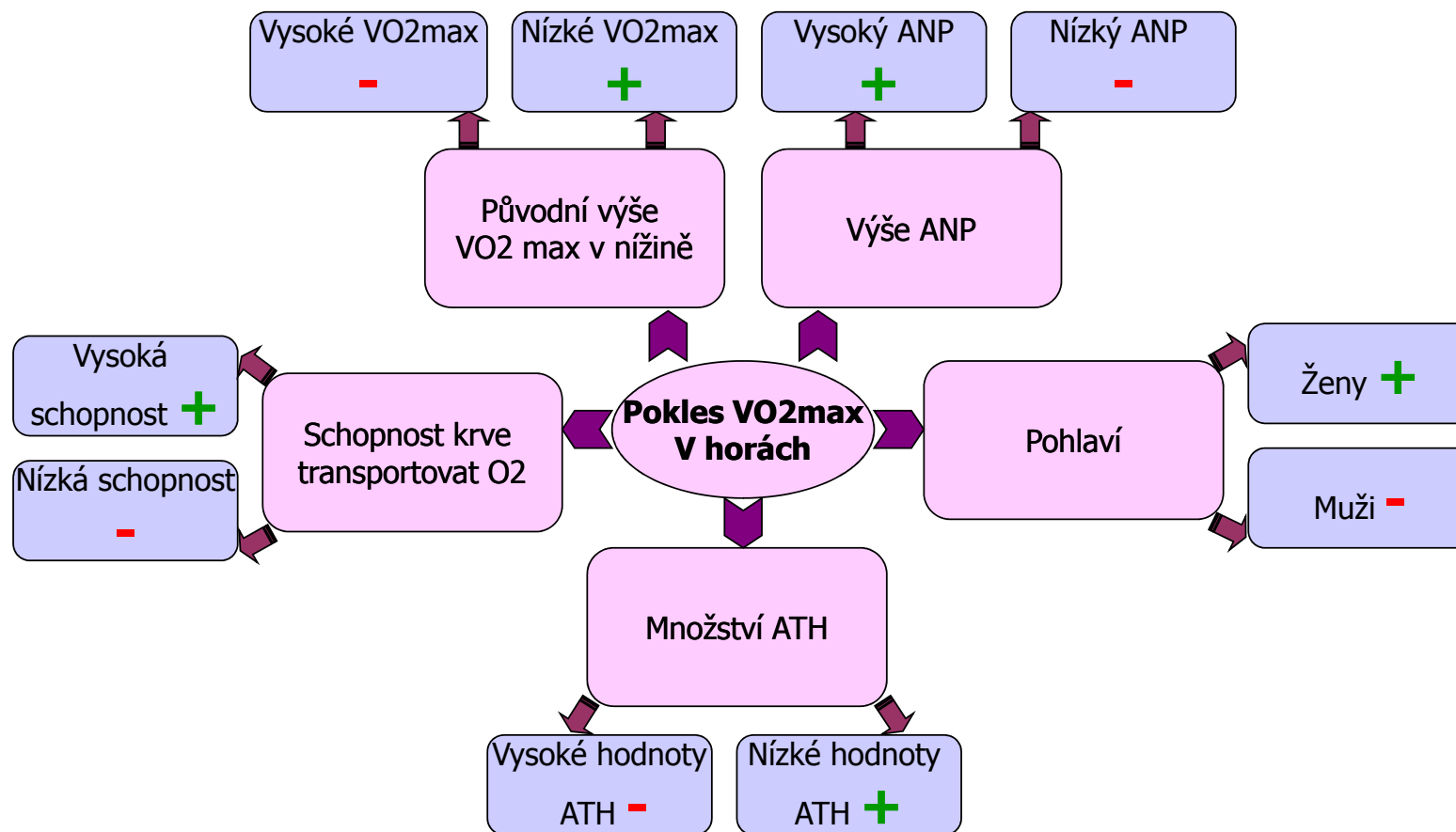
- **VO2 max klesá**
 - (poklesem množství přijímaného kyslíku)
- **jev se začíná projevovat nad 1000 m,**
 - u vysoce trénovaných osob nastupuje dříve než u netrénovaných
 - Terrados 1992 udává u elitních atletů pokles už při 900 m n. m.
- **Průměrný pokles**
 - 1% **VO2 max.** na každých **100 metrů** 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 VO2 max)

- **individuální rozdíly determinovány pěti faktory:**
 - 1. původní výše VO2 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).**

- Výrazný pokles VO2max v závislosti na rostoucí nadmořské výšce

+ Relativně malý pokles VO2max v závislosti na rostoucí výšce



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 (CO₂) z krve
 - vede k tzv. **respirační alkalóze** (zvýšení krevního pH) a kompenzačnímu vylučování HCO₃ ledvinami
 - pokles HCO₃ **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

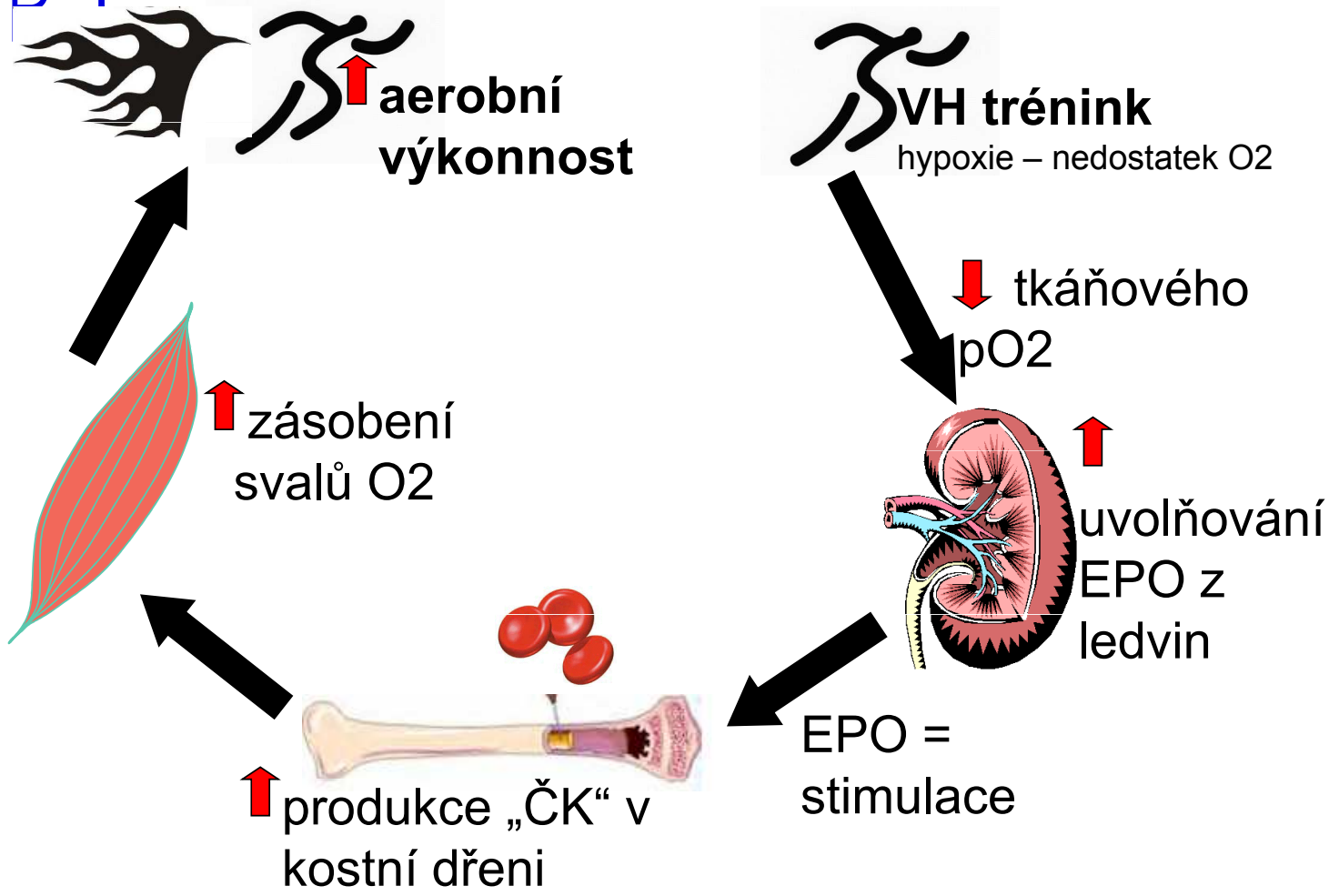
- vyšší **stimulace hormonu erythropoietin (EPO)**
- je zodpovědný za **tvorbu červených krvinek** a tím i zvýšení množství hemoglobinu, na který se váže kyslík
- množství hormonu se zvyšuje již po několika hodinách pobytu v hypoxii,
- zvýšení množství červených krvinek se projeví nejdříve po cca 5 dnech
- 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

MUNI
SPORT

Předpokládaný efekt vysokohorského tréninku



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 schopnosti 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 VO₂ 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 3-6 týdnů**
- první 2-3 týdny dochází k postupné aklimatizaci,
 - výkonnostní a emoční 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
- V extrémních nadmořských výškách je lépe preferovat intervalový trénink
- poslední dny HAT intenzitu tréninku snižujeme
- po přechodu do nízkých výšek opět pomalu zvyšovat

Fáze akomodace

- příjezdová reakce, krátkodobá euforie
- trvá přibližně **3 až 8** dnů
- je vlastně krátkodobou, bezprostřední reakcí organismu na hypoxickou zátěž
- projevuje se výraznějším poklesem výkonnosti organismu
- 1. a 2. den v reakcích organismu převažují vagotonní tendence
- později již začíná vlastní aklimatizační proces

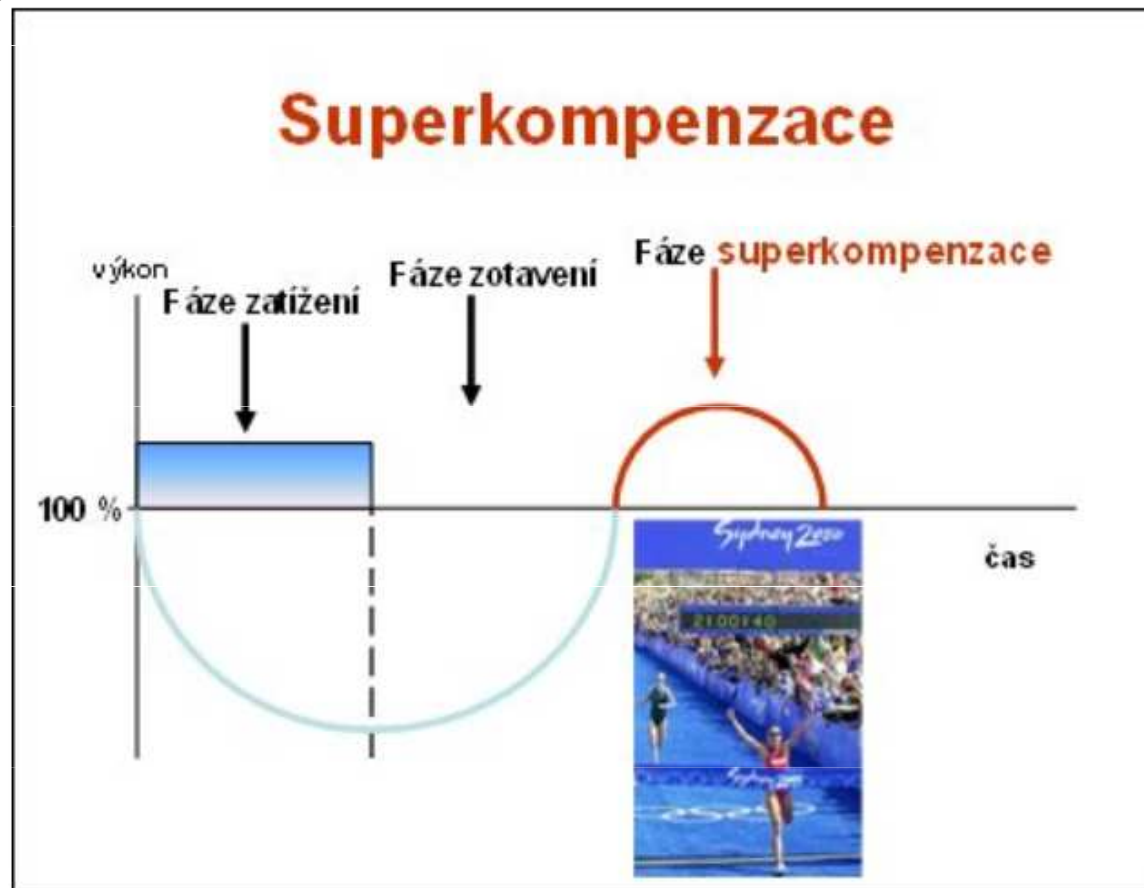
Fáze adaptace

- trvá cca **8** dní
- charakterizována změnami v organismu
- dochází již ke specifickým metabolickým, převážně humorálním reakcím
- výkonnost se zvyšuje, dostává se skoro na úroveň normální nadmořské výšky

Fáze aklimatizace

- **začíná** přibližně kolem **16 až 17** dne
- charakter komplexního přizpůsobení organismu
- zahrnuje funkční i organické změny pobytu
- v tyto dny může ještě dojít v důsledku možné krize k přechodnému krátkodobému poklesu výkonnosti
- <http://www.sportcenter.sk/stranka/adaptace-a-problematika-treninku-v-hypoxickem-prostredi>

- <http://www.sportcenter.sk/stranka/adaptace-a-problematika-treninku-v-hypoxickem-prostredi>



VH trénink - různé záměry:

- **kondiční trénink**
- **speciální příprava**
- **zdravotně-profylaktické funkce**
 - podmínkou dosažení potřebného stavu je plánovat ho a realizovat s určitou **vstupní úrovní trénovanosti**(přípravný trénink v nížině)
 - Před vlastním příjezdem do vyšších poloh se doporučují alespoň dva dny volna
 - opakované pobyty mají pro výkon větší význam

Stavba tréninku

- Stavba tréninku - **I. fáze 1. - (4.) 6. den**
- trénink musí plně zohlednit možné obtíže prvních dnů
- nikdy by nemělo dojít k vynechání této fáze
- při opakovaných pobytech však může být i zkrácena
- charakteristickým znakem **snížená intenzita zatížení (pod 75% VO_{2max})**
- energetické krytí převážně aerobní
- vstupní **hodnoty objemu mohou být kolem 60 % zatížení z nížin**, podle fyziologické reakce i vyšší (**až tři fáze denně po 40-60 min.**)
- zvláštní **opatrnost je na místě třetí den**, počáteční únava bývá vystřídána subjektivním pocitem euforie - v tomto stavu je lepší trénink mírnit
- vysoce intenzivní trénink v prvních dnech může průběh aklimatizace a účinek tréninku spíše narušit a vést až k případnému přepětí
- **Suchý a Dovalil**

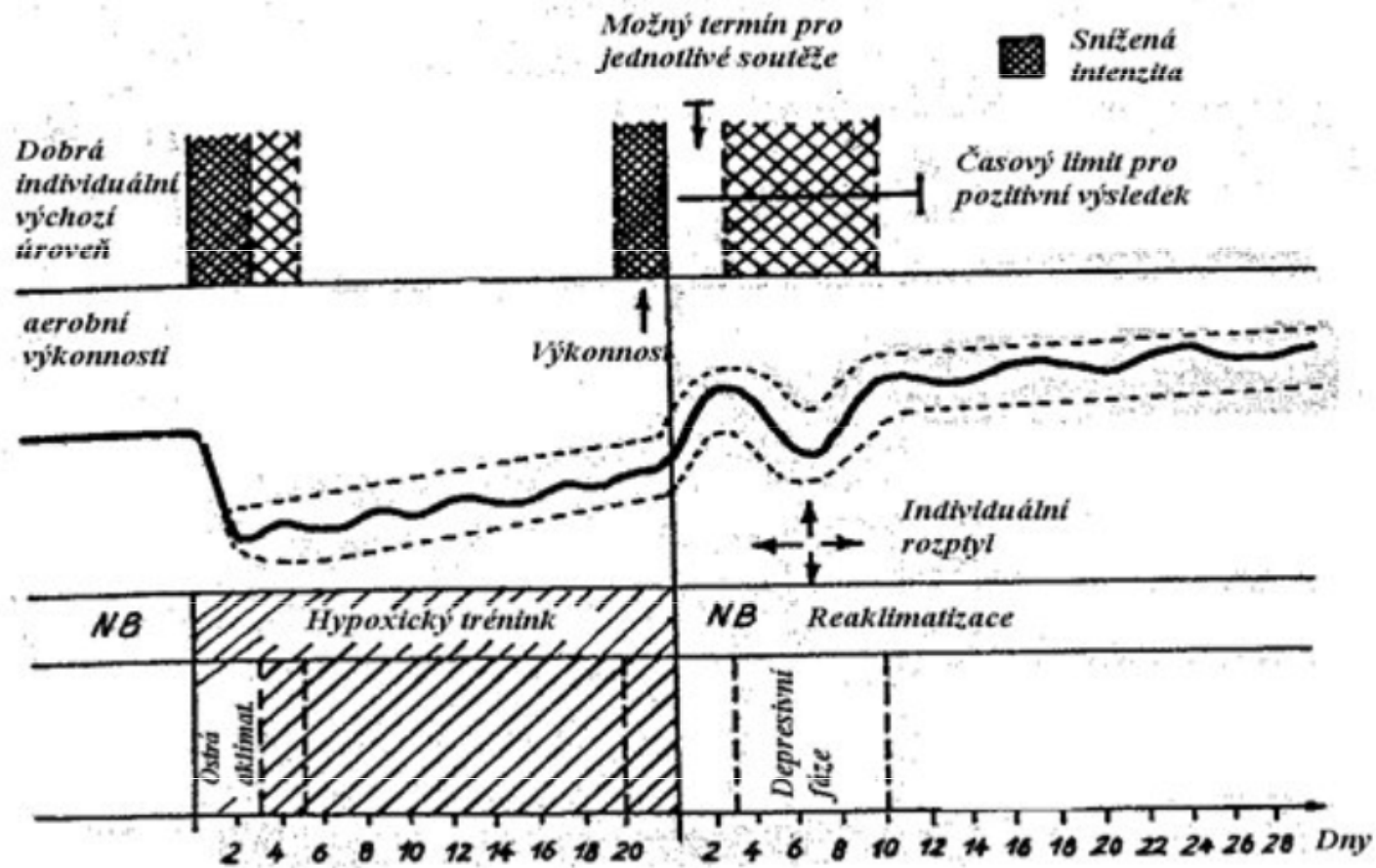
- Stavba tréninku - **II. fáze (4.) 6. den – (8.) 12. den**
- **zvyšující se zatížení**
- dvoufázový a třífázový denní trénink v **náročnějším aerobním režimu**
- pečlivě kontrolovat **postupně rostoucí intenzitu**
- stanovení základní intenzity pro trénink
- intenzita zatížení na **ANP** a z ní odvozené další tréninkové intenzity **nejdříve od 5. dne** pobytu ve vysokohorském prostředí
- ověření správnosti stanovení těchto intenzit zatížení má podstatně větší roli než v nížině
- **pro udržení rychlostních schopností pravidelně zařazovat v nevelkém objemu ATP-CP zatížení.**
- k zachování pohybového rytmu, frekvence a rychlosti pohybu by neměly vymizet **podněty neuromuskulární povahy**
- ke **konci je možný i méně náročný LA trénink**
- **intervaly odpočinku se oproti nížině při všech typech zátěží zpočátku více a postupně méně prodlužují**
- při volbě metod se od počátečního spíše souvislého zatížení (fartleková a střídavá metoda) **přechází k intervalovému tréninku**
- z hlediska cvičení se uplatňují **prostředky specifické**
- **Suchý a Dovalil**

Stavba tréninku - III. fáze 12. až 21. den

- v průběhu třetího týdne vysokohorského pobytu lze **postupně přecházet k tréninku obvyklému v nížině**, včetně **úseků v závodním tempu**
- osvědčuje se zakončit tuto fázi tréninkovou jednotkou ve **formě testu**
- např.: dvě zátěže kratší než vlastní závodní disciplína předpokládanou závodní intenzitou s dostatečným vloženým odpočinkem
- **Doporučení k závěru vysokohorského pobytu**
- **plán návratu do nížiny** by měl kvůli optimální reaklimatizaci během **posledních 2 – 3 dnů zahrnovat opětovné snížení intenzity**
- aerobním zatížením sledujeme především uvolnění a regeneraci, v malém objemu lze připustit rychlostní stimuly
- plánuje-li se následný **závod ve vyšších polohách**, doporučuje se zařadit obvyklý vyladovací mikrocyklus
- **Suchý a Dovalil**

Reaklimatizace

- Pozitivní efekty předchozího tréninku v hypoxickém prostředí **pozvolna mizí po 5 až 6 týdnech** pobytu v nížině.
- Křivka výkonnosti má obvykle vlnovitý průběh a výkonnost není stabilní (Fuchs a Reiss 1990).
- Základní tréninková doporučení k **reaklimatizaci**:
 - Bezprostředně po návratu (**2. – 4. den**) se doporučuje orientovat na lehčí zatížení s důrazem na regeneraci
 - Startovat (s rizikem) bývá doporučováno jen v méně důležitých – přípravných závodech
 - **4. až 10. den** je považován (v důsledku reaklimatizačních procesů) za fázi výkonnostní deprese
 - od **10. dne** výkonnost většinou stoupá.
- **Optimum výkonnosti se dá očekávat v rozmezí tří až čtyř dnů okolo 21. dne**
 - Suchý a Dovalil



– Fuchs a Weiss In Suchý a Dovalil

Na co nezapomenout

- Hydratace
- Železo (viz. Vodičková)
- Ověřit efekt
- Monitoring zotavení
- Mechanická specifčnost cvičení vs fyziologické adaptace!!!!
- Individualizace

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**
- rozkouskovaním 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*)

Alternativa hypoxického tréninku

- *Spát v hypoxických domech nebo stanech a trénovat v přirozených podmínkách*
- *Spát a trénovat v hypoxických domech nebo stanech*
- *Spát v přirozených podmínkách a trénovat v hypoxických domech nebo stanech*
- *Intermitentní hypoxický trénink*

Hypoxický stan

- Simulovaná nadmořská výška
3000 m.n.m.



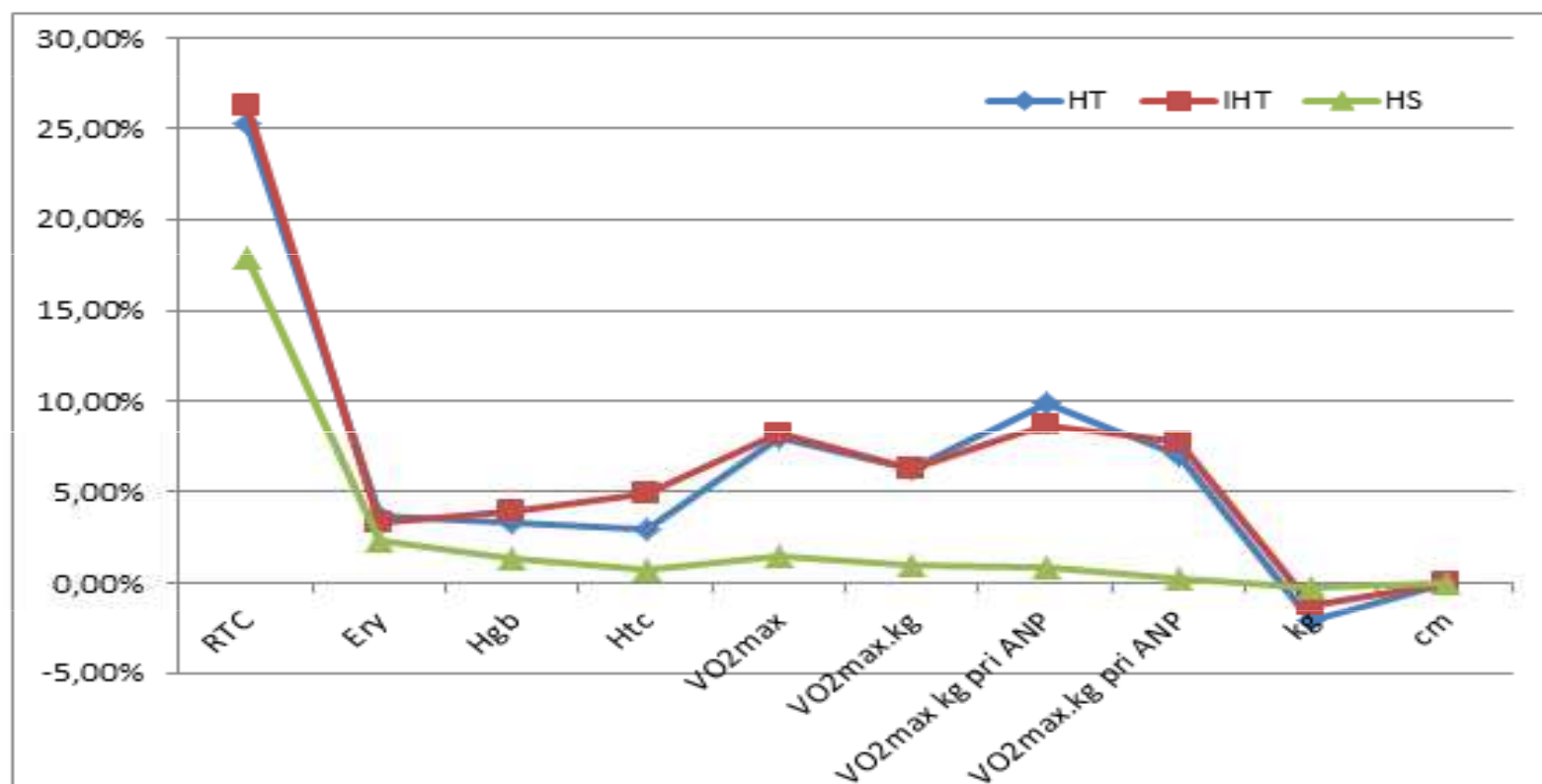
2000 – 2200 m.n.m.



Metoda	RTC	Ery	Hgb	Htc	VO ₂ max	VO ₂ max/kg	VO ₂ max/kg pri ANP	VO ₂ max pri ANP	kg	cm
%diodiel pred-p o HT	22,6%	2,4%	3,9%	3,8%	8,3%	6,9%	11,1%	7,3%	-1,7%	0,0%
%diodiel pred-p o IHT	32,3%	2,6%	2,1%	3,8%	7,0%	6,0%	7,8%	6,9%	-1,2%	0,0%
%diodiel pred-p o HS	17,9%	2,3%	1,3%	0,7%	1,5%	1,0%	0,8%	0,3%	-0,3%	0,0%

Pupiš, 2012

RTC	Ery	Hgb	Htc	VO ₂ max	VO ₂ max/kg	VO ₂ max/kg at ANT	VO ₂ max at ANT	kg	cm
25,30%	3,70%	3,30%	3,00%	8,00%	6,20%	9,90%	7,00%	-2,10%	0,00%
26,20%	3,30%	3,90%	4,90%	8,20%	6,30%	8,70%	7,70%	-1,20%	0,00%
17,90%	2,30%	1,30%	0,70%	1,50%	1,00%	0,80%	0,30%	-0,30%	0,00%



Možné zlepšení fyziol. parametrů

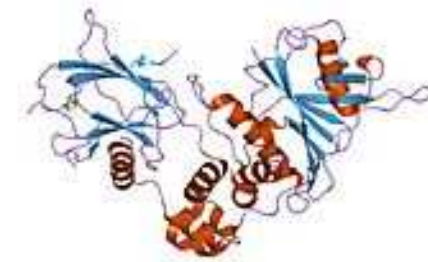
- čtyřtýdenní pobyt v nadmořské výšce 2500 m spojený s intenzivním tréninkem ve výšce 1250 m zvýšil u elitních běžců množství:
 - hemoglobinu v průměru o více než **10%**
 - VO₂ max. o **3%**,
 - postačuje k výraznému zvýšení výkonnosti až o **2% na trati 3 km.**
- Jiné údaje dokonce hovoří o zlepšení 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 VO₂ max. až o 11%, zvětšení objemu stehenní svaloviny o 5% a zvýšení počtu mitochondrií o 59%.

Hypoxie vs. doping

Lippi et. al. (2006) označil hypoxii za dopingovou metodu

- Techniky krevního dopingu rozdělil následovně:
 - Krevní transfúze.
 - Substance stimulující erytropoézu.
 - **Hypoxický trénink.**
 - Krevní substance.
 - Suplementy.
 - Genetický doping.

– *EPO*



– *HIF-1 α* - hypoxií indukovaný faktor 1 α

– *Reguluje syntézu EPO*

– *Hepcidin*

– regulátor metabolismu železa



Snášenlivost tréninku ve vyšší nadmořské výšce u dětí a mládeže podle Pahuda (1986) In Suchý a Dovalil:

- názory na vhodnost přípravy se liší (pokud trvale bydlí do 1000 m.n.m.)
- pro věk 10 let – 2000 m.n.m., pro 14 let – 2500 m.n.m., pro 16 let – 3000 m.n.m.
- pro 18 let a více – bez omezení