



# Pohybová aktivita a vysokohorské prostředí

**MUDr. Martin Komzák, Ph.D.**

**23.10.2018**

# Vysoká nadmořská výška

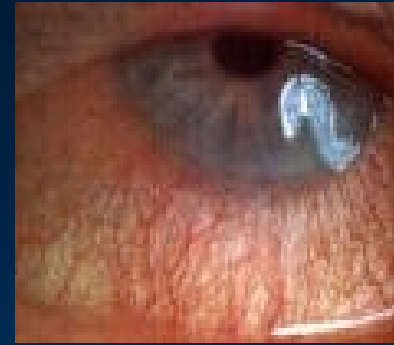
- Od 2500 m. n. m.
- Extrémní výšky od 5300 m.n.m.
- Složení vzduchu je konstantní do výšky 10 km - troposféra (O<sub>2</sub> 21%..)  
(normální tlak při hladině moře 101,325 kPa – 760 mmHg)
- Klesá barometrický tlak – vzduch „řídne“  
→ zhoršuje se dostupnost pro organismus = **HYPOBARICKÁ HYPOXIE**





# Zvláštnosti vysokohorského prostředí

- ↑ intenzita záření
- ↑ proudění (vítr)
- ↓ tlak vzduchu
- ↓ hustota vzduchu
- ↓ teplota vzduchu
- ↓ vlhkost vzduchu



- Výkon trvá řadu hodin až dnů, vyžaduje psychickou a fyzickou zdatnost, teoretické znalosti

# Kompenzační mechanismy organismu

- Plíce: hlavní úloha v časně i pozdní odpovědi na vysokou výšku
- ↑ minutové ventilace 80 – 120l/min, tím se zvýší spotřeba kyslíku dýchacím svalem a tím dochází rychleji k únavě
- další orgány podílející se na adaptaci:  srdce, ledviny, krev
- ↑ minutového srdečního objemu - 20l a více, tepová frekvence 170 – 220 tepů/min
- ↑ počtu Ery (↑ sekrece erytropoetinu)
- ↑ mitochondrií, myoglobinu, cytochromoxidázy

# Patofyziologie ventilace a výměny plynů v HA

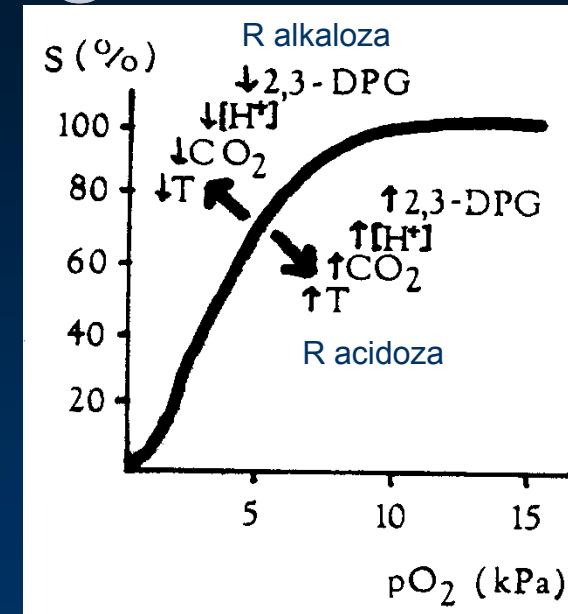
- ↓ barometrického tlaku => stimulace periferních i centrálních chemoreceptorů - ↑ ventilace = Hypoxic ventilatory response (HVR)
- Ventilace v klidu roste s prodlužující se dobou pobytu v nadmořské výšce
- ↑ ventilace vede ke:
  - = ↑ svalové práce => ↑ spotřeby kyslíku
  - = ↑ průtoku krve pracujícím respiračním svalstvem => „odejme“ část CO pro ostatní svaly, limituje další svalovou práci, časný nástup únavy

# Patofyziologie výměny plynů

- ↓ barometrického tlaku => ↓ p alv. (A) O<sub>2</sub>
- ↓ p art. (a) O<sub>2</sub>
- ↓ alveolokapilární gradient
- ↑ CO => zkrácení času pro navázání O<sub>2</sub>  
„↓ capillary transit time“
- ↑ extravaskulární tekutiny v plicích
- ↑ hemokoncentrace (slabý diuretický efekt hypoxie, ↑ erytropoetinu, ↑ počtu Ery)

# Disociační křivka hemoglobinu

- Ihned po výstupu do HA:
- ↑ ventilace, respirační alkalóza, posun disoc. křivky Hb **doleva** => zlepšení navázání O<sub>2</sub> v plicích, než uvolnění v tkáni
- Za 1 – 2 dny po výstupu do HA:
- ↑ 2,3 diphosphoglycerát + renální kompenzace alkalózy => posun dis. křivky **doprava** => zlepšení uvolňování kyslíku v tkáních
- > 5 000m:
- Extrémní hyperventilace => alkalóza , křivka se posunuje **doleva** => zlepšení navázání O<sub>2</sub> v plicích, zhoršení uvolňování v tkáni





# Patofyziologie plicního vaskulárního systému

- Hypoxie => hypoxická plicní vazokonstrikce (HPV),  $\uparrow$  tlaku v plicnici ( $P_{paO_2}$ ), tlak v levé síni – nejsou jednoznačné výsledky

# AKLIMATIZACE

- = proces přizpůsobování nižšímu tlaku O<sub>2</sub> a překonávání změn, které vyvolá nadmořská výška
- od 2500 m.n.m.
- nad 5300 – 5500m se nelze přizpůsobit, lze po určitou dobu tolerovat
- po úspěšné aklimatizaci na dosaženou výšku je nutné se nově dosažené výšce znovu přizpůsobit
- doba potřebná na aklimatizaci je individuálně odlišná a závislá na nadmořské výšce

# FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ AKLIMATIZACI

- Rychlost výstupu
- Dosažená absolutní výška
- Překonaný relativní výškový rozdíl
- Zdravotní stav jedince
- Hypoxic ventilatory respons
- Nezáleží na zdatnosti jedince!  
(VO<sub>2</sub>max)

# PRINCIPY AKLIMATIZACE

- „ne tak vysoko“ max. 300 – 400m/den, každých 1000m nadm. výšky + jeden den
- „ne tak rychle“
- „lézt výše, spát níže“
- „poslouchej svoje tělo“
- dostatek tekutin – min. 2 – 3 l/den  
NE HYPERHYDRATACE


DOSTATEČNÁ AKLIMATIZACE A NEPODCENĚNÍ  
PŘÍZNAKŮ = PREVENCE NEMOCÍ Z VÝŠKY



# FYZIOLOGICKÉ ZMĚNY PŘI VÝSTUPU DO VYSOKÉ NADMOŘSKÉ VÝŠKY

- Zvýšení srdeční frekvence
- Nadměrné rychlé dýchání
- Pocit nedostatku vzduchu (dušnost) při námaze, mizí při odpočinku
- ↑ močení
- Změna rytmu dýchání v noci - periodické dýchání
- Časté probouzení, zvláštní sny

# FYZIOLOGICKÉ ZMĚNY PŘI VÝSTUPU DO VYSOKÉ NADMOŘSKÉ VÝŠKY

- Pokles  $VO_2\text{max}$  o 10% na 1000m
  - Alterace oxidativní výkonnosti
  - Síla, výbušnost, skoky – bez alterace
  - Zvýšení hustoty kapilár ve svalu
  - Pokles počtu svalových vláken o 11-25%
  - Vyšší diuréza
- 

# ZNÁMKY DOBŘE PROBÍHAJÍCÍ AKLIMATIZACE

- Zpomalení srdeční frekvence (ráno po probuzení)
- Přetrvává nadměrné dýchání během odpočinku i práce (ne dušnost!)
- Zvýšená diuréza
- (periodické dýchání)



# Trénink ve výšce

- Smysl má rozcvičení a regenerace v hypoxii, ale samotný trénink v normoxii
- Trénink ve výšce vede k nevýznamnému zvýšení výkonnosti
- Nejlépe je bydlet ve výšce, ale trénovat v nížině





# Závod ve výšce

- Buď do 24 hodin po příjezdu
- Po této době dojde k dehydrataci (zvýšená diuréza), poruchám spánku...
- Smysl má trénink minimálně 2 týdny ve výšce (lépe 4-6 týdnů)
- Nejlépe je bydlet ve výšce, ale trénovat v nížině

Děkuji za pozornost







# Nemoc z výšky = High Altitude Illness

Akutní horská nemoc – Acute Mountain Sickness (AMS) – mild, moderate, severe

Výškový otok mozku – High Altitude Cerebral Edema (HACE)

Výškový otok plic – High Altitude Pulmonary Edema (HAPE)

Výškový otok plic a mozku - HAPE + HACE

Subakutní horská nemoc

Chronická horská nemoc



# Kdo je ohrožen?

- Trekaři, horolezci, horští vůdci
- Nosiči
- Poutníci



# AMS – Acute mountain sickness

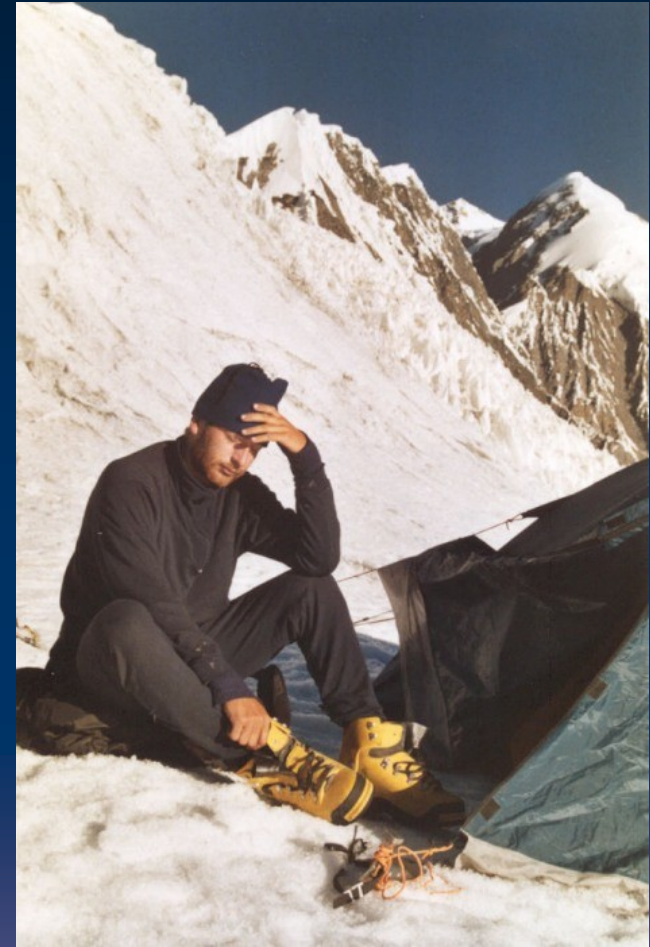
- 22 – 53% cestovatelů ve výškách od 1850 do 4210 m
- vyšší incidence je ve vyšších nadmořských výškách
- Mild, moderate, severe  $\approx$  HACE
- Typicky se nad 2500m, počátek za 6 – 10 hodin po výstupu
- Příznaky: Lake Louise AMS Scoring system



# AMS příznaky

## Nespecifické

- **Bolest hlavy** +
  - Ztráta chuti k jídlu, nauzea až zvracení
  - Vyčerpání
  - Závrať
  - Nespavost





# Lake Louise Scoring System

- **AMS = nadmořská výška nad 2500m + bolest hlavy + minim. jeden další příznak, minim. skóre = 3**
- **1. bolest hlavy** (0 není, 1 lehká, 2 střední, 3 těžká, zneschopňující)
- **2. GIT symptomu** (0 nejsou, 1 nechut' k jídlu nebo nausea, 2 nausea nebo zvracení, 3 těžká nauzea a zvracení)
- **3. Únava a vyčerpání** (0 ....3)
- **4. Závrat'** (0 ...3)
- **5. Špatné spaní** (0 spí jako obvykle, 1 spí hůř než obvykle, 2 často vzhůru, špatná noc, 3 neschopen usnout)



AMS - nadmořská výška 5200m, překonaný relativní  
výškový rozdíl: 1000m za cca 6 hod

# AMS - Terapie

- Mild:
  1. Nepokračovat ve výstupu
  2. Paracetamol nebo NSAID, event. antiemetika
  3. Acetazolamid 250 mg á 12 hod
- Moderate:
  1. Při zhoršování příznaků sestup
  2. Kyslík – SpO2 > 90%
  3. Acetazolamid 250 mg á 12 hod
  4. Dexamethazon 4mg á 6 hod
  5. Analgetika, antiemetika



# HACE – high altitude cerebral edema

Příznaky: jako u AMS + ...

- Poruchy rovnováhy
- Dezorientace, zmatenost
- Změna chování a myšlení
- Typicky nad 4000m
- Při pozdním zahájení léčby  
– herniace mozkové tkáně  
a smrt



# AMS, HACE – rizikové faktory

- Rychlý výstup
- Předchozí onemocnění výškovou nemocí a otokem mozku
- Alkohol
- Léky na spaní během adaptace na výšku
- Obezita
- Místo trvalého pobytu pod 900 m.n.m.
- Věk < 40 let
- Fyzická námaha
- Infekce respiračního traktu
- Nízká saturace krve kyslíkem
- Nízká HVR

# Severe AMS, HACE - TERAPIE

## HACE:

- SESTUP!!
- O<sub>2</sub> (2 – 4l/min)
- Dexamethazon 8mg p.o., i.m., i.v.,  
dále 4mg á 6 hod
- Acetazolamid, neopiátová analgetika,  
antiemetika
- Přenosná přetlaková komora – není-li  
možný sestup

# AMS, HACE - patofyziologie

## 1. Redistribuce tekutin

- ↑ sympatická aktivita (retence Na<sup>+</sup>, H<sub>2</sub>O)
- ↑ aldosteronu
- ↑ ADH

## 2. Mozková autoregulace - vazodilatace cév mozku – odpověď na hypoxii

- ↑ CBF, ↑ P<sub>cap</sub>,
- ↑ BBB permeabilita (↑ produkce cytokinů, VEGF, iNOS)
- ↑ ICP ⇒ otok mozku (vazogenní)

## 3. Uvolňování neuromodulátorů

- bradykinin, substance P + ↑ objemu krve = bolest hlavy

## 4. Angiogeneze (VEGF, HIF 1 $\alpha$ ) X dexamethason

## 5. Hypoxic Ventilatory Respons

# High altitude pulmonary edema - HAPE

- Nekardiogenní plicní edém
- Incidence: 0,2 – 15% HA cestovatelů
- Obvykle nad 3000m, 2 – 5. den výstupu, bez předchozích symptomů AMS a HACE





# VÝŠKOVÝ OTOK PLIC - příznaky

- 2 {
- Snížená fyzická výkonnost
  - Kašel (suchý → růžové zpěněné sputum)
  - **Dušnost v klidu**
  - Tlak na hrudi

+

- 2 {
- Cyanóza
  - **Chrůpky nebo pískoty**
  - Tachykardie > 110/min
  - Tachypnoe > 20/min
  - Horečka max. 38° C

# HAPE - vyšetření

- Rtg:
  - Intersticiální plicní edém
  - Normální srdeční stín
  - Rozšíření průměru a. pulmonalis
- UZ: ocas komety
- Elevace leukocytů  
(nad 14 tis. = infekce)
- EKG:
  - Srdeční osa doprava
  - Ventrikulární hypertrofie
- Pokles saturace



# HAPE - TERAPIE

- SESTUP!!
- Klid, minimální námaha, tepelný komfort
- O<sub>2</sub> 4 - 6l/min => SaO<sub>2</sub> > 90 (měření pulsním oxymetrem)
- Nifedipin 60 mg SR á 24 hod
- Přenosná přetlaková komora

# HAPE - rizikové faktory

- Rychlost výstupu a dosažená výška během dne
- Předchozí onemocnění HAPE
- Infekce respiračního traktu
- Alkohol, prášky na spaní během adaptace
- Chlad
- Nadměrná fyzická námaha ( $\uparrow$  CO, plicní HT)
- $\downarrow$  HVR
- Plicní hypertenze, mitrální stenóza, levopravé zkraty (defekty síňokomorové přepážky, otevřený ductus arteriosus), vrozené ageneze a. pulmonalis

# HAPE - patofyziologie

## 1. Plicní autoregulace při hypoxii

- vasokonstrikce prekapilárních arteriol,  $\uparrow$  Pcap
- $\uparrow$  sympatické aktivity - venokonstrikce
- $\uparrow$  ADH, aldosteron

⇒  $\uparrow$  hydrostatického tlaku a extravazace do intersticia a alveolů

## 2. „Transepiteliální mechanismus“ - Na<sup>+</sup> kanál s aktivním transportem udržuje alveolus v „suchém“ stavu

aktivitu  $\uparrow$ : beta mimetikum Salmeterol (Serevent)

$\downarrow$ : hypoxie, hypotermie, genetika

## 3. Rovnováha endotelin (vasokonstrikce) - NO (vasodilatace)

# PŘENOSNÁ PŘETLAKOVÁ KOMORA

©říjen 2009



# PŘENOSNÁ PŘETLAKOVÁ KOMORA

- Přenosné zařízení sloužící k akutní léčbě těžkých forem nemocí z výšky (těžká akutní horská nemoc, výškový otok plic a výškový otok mozku)
- Krátkodobé zlepšení stavu
- Nenahrazuje transport!
- Použití do 7000m
- Léčba min. 2 hodiny
- „Sestup“ o 1500 – 2500m v závislosti na nadmořské výšce (např. 4250m → 2100m)



# Použití

- Jediná kontraindikace je zástava dechu a oběhu (nutnost KPR)
- Pouze těžké formy AI, při použití u lehké AMS zpomaluje aklimatizaci
- Nutný nácvik použití pro všechny zúčastněné osoby (→ hyperkapnie, ruptura bubínku)
- Nejsou data, která by určovala kdy a kam vzít komoru

## Doporučení:

- Cesty do vysokých nadmořských výšek, kde nelze rychle sestoupit nebo není možná evakuace helikoptérou. (př. sestup vede přes sedla, do kterých je nutné znovu vystupovat..)
- Do nejvyššího možného kempu (AI nejčastěji vzniknou, jste-li vysoko, sestup s komorou do nižších kempů je snazší a rychlejší, než výstup)



# Postup

- Při problémech s vyrovnáváním tlaku ve středouší – dekogescenční nosní kapky nebo sprej (xylomethazolin atd.), pomalu natlakovat
- Před uložením do vaku se musí postižený vymočit a vyprázdnit
- S výhodou je použít pulsní oxymetr, umístit viditelně pod okno
- Poloha dle stavu: pacient v bezvědomí = zotavovací, HAPE = v polosedě, ve svahu, zajistit!!!
- Kyslíkovou bombu je možno umístit do vaku, nehrozí výbuch, průtok cca 4 – 6l/min
- Tepelný komfort!!!
- Ve vaku roste rychle vlhkost vzduchu, přizpůsobte oblečení
- Při rychlém zrušení přetlaku musí pacient vydechnout!!! Nesmí zadržovat vzduch (barotrauma)
- Nutný přístup dostatku čerstvého vzduchu - neužívat komoru ve stanu nebo malých prostorech, obzvlášť jsou-li zde vařiče nebo lampy za chodu

# Komplikace během léčby

- CO<sub>2</sub> intoxikace (nutné udržovat průtok > 40l/min, pumpovat 8 – 12/min)
- Nuzea a zvracení (antiemetika, plastický sáček)
- Netolerance polohy v leže (HAPE, polosed)
- Klaustrofobie (psychologická podpora)
- Únik vzduchu (set na opravu s sebou, před každou cestou kontrola)

# Certec

- 8 stlačení pumpy / min
- Účinný tlak 165 – 220 / mbar
- Hmotnost 4,8kg
- Dlouhý zip, snadné uložení těžce nemocného pacienta
- [www.certec.eu.com](http://www.certec.eu.com)



Okno pro pozorování  
pacienta

manometr

Přetlakové ventily

Madla pro  
transport nebo  
zajištění komory  
ve svahu



Hustilka  
Nožní, ruční

# Gamow bag



- 12 pumpování za minutu
- účinný tlak 104 – 139 mbar
- hmotnost 6,5 kg
- nesnadné uložení těžce nemocného pacienta
- [www.chinookmed.com](http://www.chinookmed.com)



# Portable altitude chamber (PAC)

- Hodnoty tlaku a pumpování srovnatelné s Gamow bag
- nesnadné uložení těžce nemocného nebo nespolupracujícího pacienta
- [www.trecksafe.com.au](http://www.trecksafe.com.au)













0666  
1582





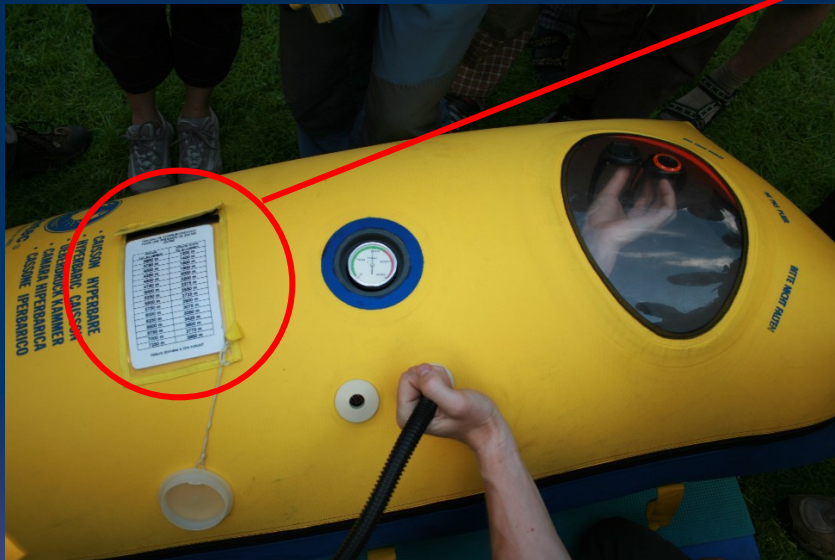


TABLEAU DE CORRESPONDANCE  
POUR UNE PRESSION DE 220 MB  
ENTRE

Altitude Ext. au caisson	Altitude fictive Int. au caisson
3500 m	1200 m
3750 m	1400 m
4000 m	1600 m
4250 m	1800 m
4500 m	2000 m
4750 m	2200 m
5000 m	2375 m
5250 m	2550 m
5500 m	2725 m
5750 m	2900 m
6000 m	3075 m
6250 m	3250 m
6500 m	3425 m
6750 m	3600 m
7000 m	3775 m
7250 m	3950 m

Valeurs données à titre indicatif

# Léková profylaxe nemocí z výšky

- V současné době na základě BEM
- Indikace:
  - U osob zvýšeně vnímavých k některé z forem výškové nemoci (HAPE, HACE)
  - Není-li možné dodržet pravidla aklimatizace (transport do B.C., záchranná akce, přilet letadlem)
- Každé použití léků, vč. kyslíku, k jinému, než léčebnému účelu ~ **DOPING!**
- WADA: listina zakázaných látek – Acetazolamid, Dexamethazon

# Pulsní oxymetrie

- Nemůže nahradit klinické zhodnocení
- Pomůže odlišit AI od pro výšku některých typických potíží (migréna, výškový kašel, zánět průdušek)

## Hodnocení POX:

- Nelze se opírat o absolutní hodnoty
- Měření individuálně odlišné, hodnocení opakovaných měření u téže osoby v závislosti na výšce, stupni aklimatizace a zátěži za standardních podmínek
- Výška: do 1500m – není pokles SaO<sub>2</sub>, do 3000m > 90%, do 5000m >75% v klidu
- Diference: klid – zátěž < 15%, v klidu je SaO<sub>2</sub> ↑
- SaO<sub>2</sub> je po aklimatizaci ↑, než po příchodu do výšky
- Těžká AMS, HAPE, HACE vždy pokles SaO<sub>2</sub>
- SaO<sub>2</sub> < 80% 5% chyba, < 50% = bezvědomí, akutní ohrožení života

# „ZLATÁ PRAVIDLA“ O AHN

- I. Každé onemocnění ve výšce se považuje za výškovou nemoc, dokud se neprokáže něco jiného
- II. S příznaky nemoci z výšky nikdy nepokračujte ve výstupu! Zůstaňte, dokud příznaky zcela nevymizí
- III. Pokud se vám dělá hůře, okamžitě sestupte! Nečekejte do rána! Sestupte na výšku, kde jste se naposledy po probuzení cítili dobře.
- IV. Nikdy nenechávejte osobu s výškovou nemocí o samotě!



# Vyšetření horolezců

- Vyloučit závažné onemocnění – srdce, plic, krve – anemie, metabolické a neurologické (epilepsie)
- < 40 let
  - Anamnéza, fyzikální vyš., laboratoř
  - Zátěžové vyšetření, výpočet  $W170/kg$  (výkon ve watech/kg t. hm., které testovaná osoba dosáhne při tepové frekvenci 170 tepů/min)
- > 40 let
  - Jako předchozí skupina
  - Zátěžové EKG (arytmie, změny ST úseku), reakce TK na zátěž
- Odpověď na hypoxii při zátěži
- Měření HVR v klidu není dostatečný prediktivní faktor

# Vyšetření horolezců - závěr

- „Horolezci jsou nehomogenní skupina sportovců s různým přístupem k hodnocení jejich způsobilosti k odvětví, které provádí.
- My můžeme jen poradit, doporučit a protože se jedná někdy o svérázné osobnosti, nelze vždy předpokládat, že budou doporučení respektovat.
- Nemůžeme jim to zakázat, jen popřát hodně štěstí.“

© MUDr. Igor Herrmann, 17. Pelikánův seminář

- Předepisování léků na expedici:  
[www.horosvaz.cz](http://www.horosvaz.cz) -> medicína -> doporučení LK  
č. 4 + přílohy (formulář a seznam lékařů)

# Výživa - energie

## Nižší příjem

- Nechutenství
- Porucha trávení
- Malabsorbce

## Vyšší výdej

Vzestup  
energetického  
výdeje

- Tělesná práce
- Chladné prostředí

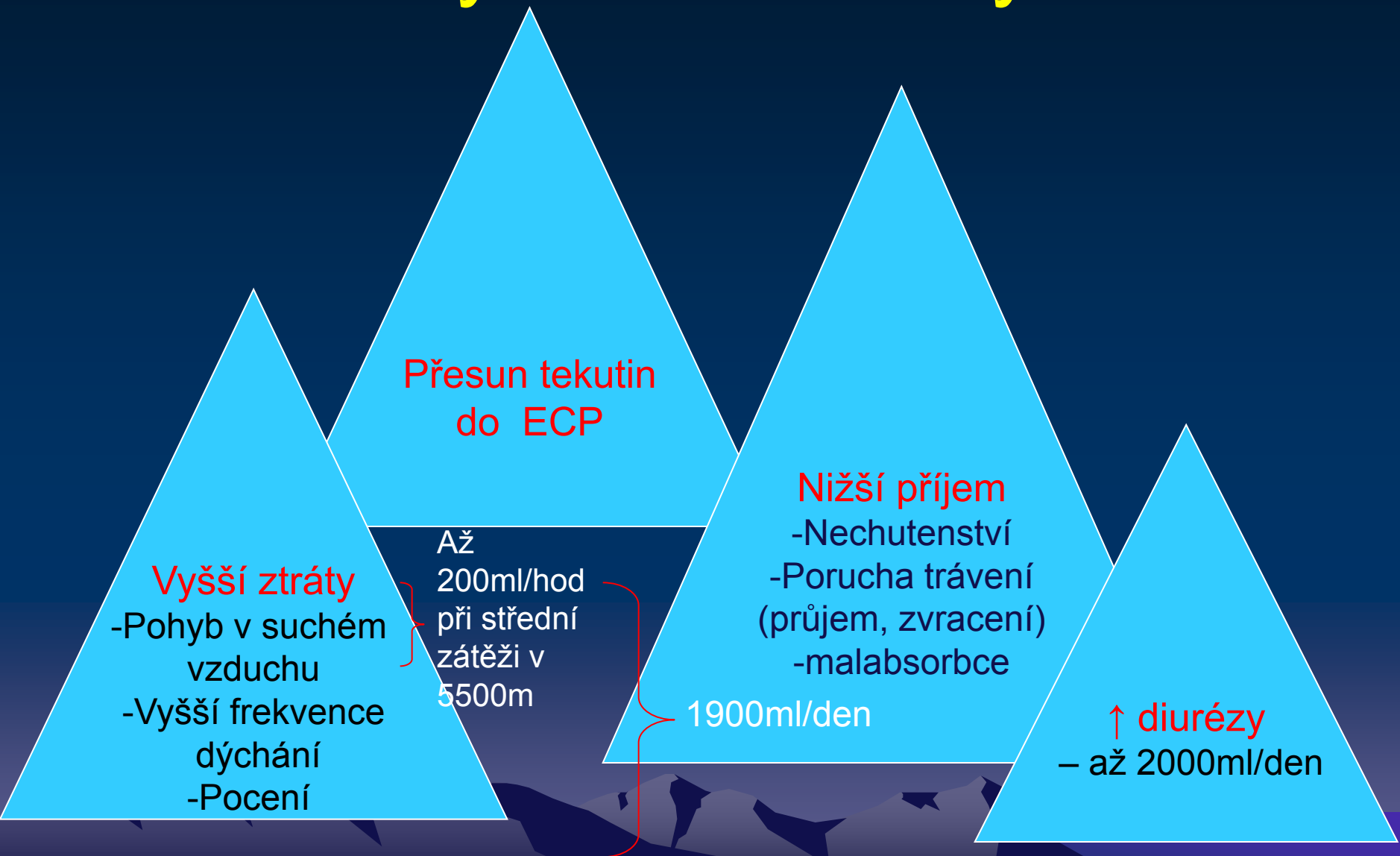
(1000m chůze do kopce  
ve sněhu – 150kcal/kg)

## Nárůst bazálního metabolismu

↑ o 17%

↑ 200 – 300 kcal/den  
4300 m.n.m.)

# Výživa - tekutiny



# Dieta x hladovění

- Hladovění
  - Úbytek hmotnosti – svaly!
  - Dehydratace
  - Psychické změny
  - Ztráta výkonnosti
  - Nemoc
- Dieta
  - Dietní opatření mohou jen zmírnit dopady katabolismu na organismus a oddálit je



# Dietní opatření

- Energetický obsah:
  - Denní spotřeba energie 4000 – 6000 kcal/den
  - Sacharidy menší náročnost na aerobní metabolismus (70% energ. potřeby krýt sacharidy)
- Forma:
  - Se stoupající výškou klesá chuť k jídlu, nechutenství při AMS
  - Chuťově atraktivní pokrmy, rozmanité pokrmy
  - Sacharidy ráno a při výkonu, bílkoviny, tuky večer a po výkonu
  - Živiny doplňovat i při dyspeptických potížích (nápoje s obsahem polysacharidů)
- Balení: energetické tyčinky, gely, instantní pokrmy, jednotlivé porce v potravinovém balíčku, nízká hmotnost (NE NA ÚKOR ROZMANITOSTI!)
- Alespoň 1 teplý pokrm denně

# Další specifické horské problémy

- Polytrauma v horách
- Vyčerpání
- Poškození UV zářením – sněžná slepota
- Omrzliny
- Hypotermie
- Laviny
- Blesk
- Cestovní medicína





















