

# Vliv prostředí na výkonnost vysokohorské prostředí

MUDr. Kateřina Kapounková, Ph.D.



Vliv prostředí může být hlavním faktorem  
ovlivňujícím výkonnost, výkon

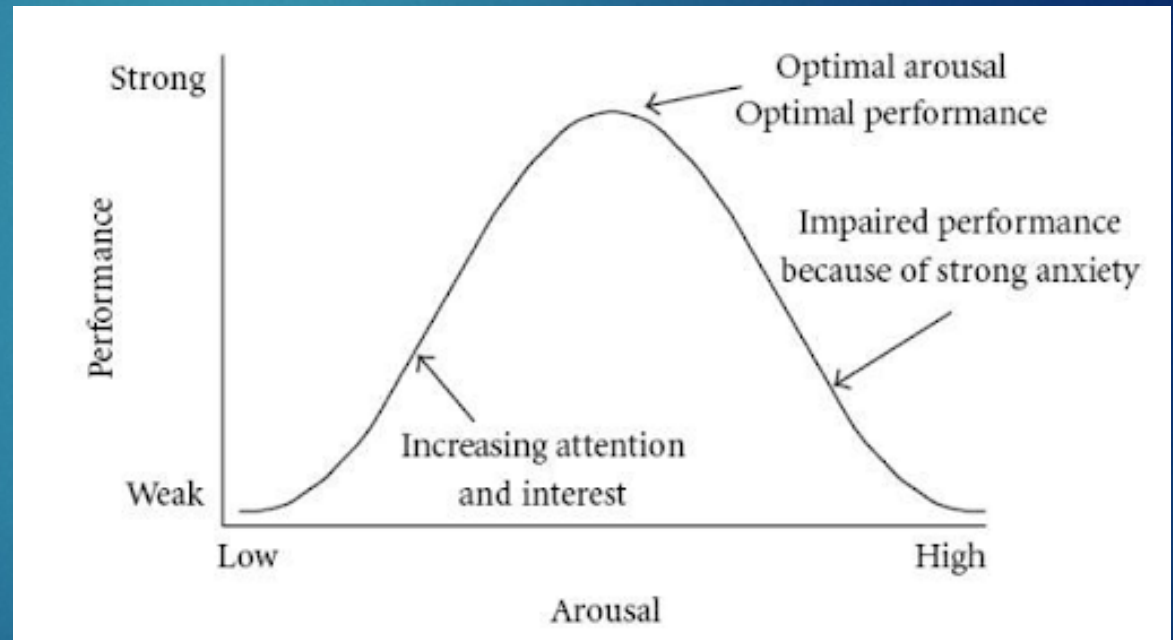


Skoro každá veličina zevního prostředí může nabýt  
extrémních hodnot



# Stádia odpovědi na extrémní expozici

- ▶ Akutní reakce .....vyčerpání
- ▶ Adaptace



"Vývojové" přizpůsobení

# Akutní reakce

- ▶ **Maximální využití rezerv**, nespecifická stresová odpověď

např. pád do ledové vody ( ohrožení homeostázi – značný tepelný výdej, hypotermie – poruchy srdečního rytmu)

- ▶ Nebývá trvale udržitelná
- ▶ Příliš dlouhá/silná expozice – vyčerpání

( př. Titanic )



# Adaptace (odolnost)



- ▶ **Selektivní rozvoj** nejvhodnějších specifických způsobů ochrany (aklimace = získané modifikace v reakci na jediný faktor - chlad)

*např. otužilci*

## **Základní typy chladové aklimace**

- **Metabolická a hormonální:** je málo prací, které by to sledovaly, nicméně zjištěna vyšší hladina thyroxinu (hormony štítné žlázy důležité pro rozvoj chladové aklimace) – vede ke zvýšené tvorbě tepla
- **Izolační-** zvyšuje se izolace (tuková vrstva, vazokonstrikce)
- **Hypotermická-** tvorba tepla, či izolace se nezvyšují – klesá tělesná teplota – organismus se adaptuje na nižší tělesnou teplotu

Má meze:

např. ani otužilci by nepřežili ztroskotání Titanicu

# ”Evoluční” přizpůsobení

- Druh (populace) po mnoho generací – genetická adaptace

např. Eskymáci



s přibývajícím chladem se u nich přímo úměrně zvyšuje látková výměna a s ní i tvorba tělesného tepla. Také tvář je uzpůsobena – tukem vystlané tváře (hlavně očnice), úzké a zešíkmené oční štěrby (mongolská řasa - epikant), snížený nosní profil. Menší třesová termogeneze

# Nízký parciální tlak O<sub>2</sub>

- **Vysoká nadmořská výška**

Nadmořská výška	% na tlak u hladiny moře
1000 m	89%
2000 m	79 %
3000 m	69%

- **Plicní a srdeční nemoci**
- **Letadla**
  - ▶ Dekomprese
  - ▶ V kabině normálně tlak ~1800-2500 m



## ▶ Výška 1 500 - 2 500 m:

- postižena **vytrvalost** ( limitace oxidativní produkce energie)
- výkony do 1 min ( hody, sprinty) nejsou ovlivněny( ATP,CP)
- akutní horská nemoc (AHN) se objevuje v 15% případů

## ▶ 2 500 - 5 300 m

- výskyt AHN : v 3 000 m je asi 20%  
v 3 500 m 40%
- nejvýše položené trvale obývané místo v Peru 5 100 m

## ▶ Extrémní výška > 5 300 m

Nelze se přizpůsobit

Pokles  $VO_2\text{max}$  lineárně s přibýváním nadmořské výšky: cca o 10 % na 1000 m ( negativní měřitelný efekt zaznamenán už ve výšce 1219 m)

prahová výška pro aklimatizaci je 2 500 m



# Další faktory ve velehorách

- ▶ **teplota vzduchu** - chlad ( $\sim 1^{\circ}\text{C}$  na 150 m)
- ▶ **↓ vlhkost** ( zvyšuje dehydrataci)
- ▶ **sluneční záření** (hlavně UV – asi o 30% na 1000 m výšky)
  - ▶ menší část odfiltrována vzduchem
  - ▶ odraz od sněhu
- ▶ **Koncentrace bakterií a alergenů** **↓** s výškou  
(sterilní vzduch )

Od 6000 m nelze získávat energii anaerobní glykolýzou a  
vážně tvorba  $\text{La}$  ( zdroj energie pro myokard)

# Akutní reakce na výšku

od 3 500 m:

▶ svalová únava

▶ malátnost

▶ mentální výkonnost ■

(úsudek, paměť, jemná motorika)

▶ přispívá k mortalitě ve velehorách

▶ pomalu reversibilní  
(kognitivní abnormality rok po Everestu)

▶ nauzea

▶ euforie

▶ bolesti hlavy – hlavní příznak

▶ Poruchy spánku – další častý příznak

▶ Tachykardie ( o více než 20% nad normu), hyperventilace, námahová dyspnoe, zvýšená diuréza, respirační alkalóza ( vlivem zvýšené ventilace se snižuje  $p\text{CO}_2$  v krvi )

aklimatizace je možná

# Akutní reakce na výšku

aklimatizovat se nelze

> 5 500 m:

▶ křeče

> 7 000 m:

▶ koma

(při  $S_{\text{aturaci O}_2}$   
~ 40-50 %)



# Průběh aklimatizace

= stupňovitě po etapách

Nadmořská výška	Délka aklimatizace
3 000 m	2 – 3 dny
4 000 m	3 – 6 dní
5 000 m	2 – 3 týdny
nad 5 300 m	nelze

## Doporučení

1. Nevystupovat rychle
2. Vyvarovat se anaerobní zátěže
3. Přespávat co nejniž – další noc jen o 300 – 400 m výše

1. hyperventilace

2. erythropoeza – stimuluje erythropoetin ( vyplavován díky nižšímu příjmu kyslíku – hypoxie ledvin)

3. ↑ difuze plynů do krve

4. vaskularizace tkání

O ukončení aklimatizace svědčí návrat TK ( klidová hodnota) k normálu

# Poruchy aklimatizace

- ▶ Akutní výšková nemoc (AHN)- selhání aklimatizace ( mírná forma)
- ▶ Výškový edém mozku ( HACE)- mozková forma AHN
- ▶ Výškový plicní edém (HAPE)- plicní forma AHN
- ▶ Chronická výšková choroba

# Akutní horská nemoc ( AHN)

- ▶ **Aklimatizace pomalejší** než výstup
- ▶ Častá, zejména po **náhlém výstupu** do výšky
  - 15-25 % lidí v 2000-3000 m
  - až 67% lidí v 4300 m
- ▶ Asi mírný **edém mozku, plic a nohou**- vazodilatace díky hypoxii
- ▶ Také oligurie ( snížené močení) nejasného původu, vede k retenci  $\text{Na}^+$  a vody ( otoky)

# Akutní horská nemoc: příznaky

- ▶ nástup obvykle do 6 hod, ale často až po 12-24 hod
- ▶ vrcholí 2-3 den
- ▶ příznaky (alespoň 3, abychom mohli hovořit o AHN)

Subjektivní příznaky	Závažnost příznaku	Skóre
bolest hlavy	nepřítomna	0
	mírná	1
	významná	2
	těžká, imobilizující	3
zažívací potíže	nepřítomny	0
	nechutenství či nauzea	1
	nauzea s občasným zvracením	2
	nauzea s profuzním zvracením	3
únavy	nepřítomna	0
	mírná	1
	významná	2
	těžká, imobilizující	3
závratě	nepřítomny	0
	mírné	1
	významné	2
	těžké, imobilizující	3
nespavost	nepřítomna	0
	mírná	1
	porucha usínání, opakované buzení	2
	úplná neschopnost spát	3

lehká AHN 1–3 body, středně těžká AHN 4–6 bodů, těžká AHN > 6 bodů; hodnotit 2x denně



# Akutní horská nemoc:

## lehká benigní forma

- ▶ Cefalea ( bolest hlavy)
- ▶ nespavost
- ▶ neúměrná únava
- ▶ Vertigo ( točení hlavy)
- ▶ nechutenství
- ▶ Nausea ( pocity na zvracení), zvracení

## těžká maligní forma

- ▶ extrémní únava
- ▶ ataxie ( poruchy koordinace)
- ▶ desorientace
- ▶ nesoustředěnost
- ▶ centrální cyanóza ( modré rty)
- ▶ klidová dyspnoe ( dušnost)
- ▶ kašel ( díky respirační alkalóze)
- ▶ tlak na hrudníku
- ▶ tachykardie
- ▶ palpitace
- ▶ edém nohou

# Akutní horská nemoc:

## léčba

- ▶ Obvykle spontánní ústup za 3-4 dny
- ▶ Dodávka kyslíku ( 6 – 10 ml/min)
- ▶ Diuretika (zvyšuje se odsun  $\text{HCO}_3$  močí – regulace alkalózy a napomáhá k odstranění otoků)
- ▶ **Klid**

Dexamethason (4 mg po 6 h)

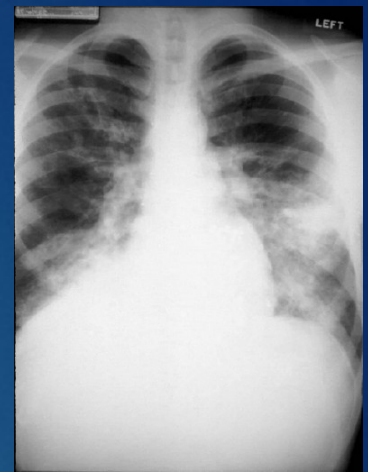
**Zastavit výstup** do odeznění!!!  
Nepomůže-li, sestoupit

# Akutní horská nemoc: **prevence**

- ▶ Pomalý výstup
  - ▶ (následující noc max o 600 m výš)
- ▶ **Hodně pít**, ne alkohol
- ▶ Inhibitor karboanhydrázy **acetazolamid (Diamox)** (250 mg 2x/d, začít předem)
  - ▶ **Exkrece bikarbonátu**
  - ▶ **pH** (~metabolická acidóza)
  - ▶ **Dýchání**
- ▶ **Dexamethason** (8 mg/d)
- ▶ Antioxidační vitamíny (A, E, C)

	Akutní výšková nemoc		Výškový plicní edém		Výškový edém mozku	
	prevence	léčba	prevence	léčba	prevence	léčba
sestup do nižších poloh, oxygenoterapie	+++	+++	+++	+++	+++	+++
acetazolamid	++	+			++	+
dexametazon (i.v., i.m., p.o.)	+	++			+	+++
inhibitory fosfodiesterázy-5 (sildenafil, tadalafil)			++	++		
blokátory kalciového kanálu (nifedipin aj.)	+		+	++		
salmeterol (inhal.)			+	+		
analgetika, antiflogistika, gabapentin	+	+				

# HAPE- plicní forma AHN



- ▶ Nekardiogenní plicní edém **sestup nutný**
- ▶ Velmi odlišný od jiných typů
- ▶ V prvních 2-4 dnech výstupu (obvykle rychlého) nad ~2500 m, nejčastěji 2. noc
- ▶ Incidence max.15%, asi víc u mužů
- ▶ Bez léčby fatální během hodin (výjimečně i s ní; nejčastější příčina smrti ve výšce), jinak kompletní uzdravení bez následků
- ▶ **Projevy** : začíná to - extrémní únava, slabost, kašel, dyspnoe v klidu

**Další příznaky:** Tachykardie, cyanóza, chrůpky na plicích, pálení za hrudní kostí, zvracení, horečka do 38,5; pokles diurézy ( močení) pod 0,5 l

Faktory přispívající ke vzniku HAPE: poloha vleže, tělesná námaha, chlad, snížená vitální kapacita, retence solí a tekutin, infekce dýchacích cest,

# HACE- Mozková forma AHN

sestup nutný

- ▶ edém mozku
- ▶ od vyšších výšek ( zpravidla od 3500 m)
- ▶ vzácný, někdy společně s HAPE
- ▶ po pokračování ve výstupu s akutní horskou nemocí
- ▶ **Projevy : připomínají hypotermii (snadná záměna)**
  - ▶ silná bolest hlavy
  - ▶ iracionalita, zmatenost, letargie
  - ▶ halucinace
  - ▶ cerebelární ataxie (chaotické pohyby jako při opici)



# Další zdravotní problémy

- ▶ periferní výškové **otoky**  
v 4 200 m z 18% ( ženy 28%, muži 14%)
- ▶ výšková **retinopatie** ( krvácení do sítnice)  
nad 4 000 m 50 - 90% ( v oblasti žluté skvrny – trvalá ztráta zraku )
- ▶ **trombózy**
- ▶ **embólie**
- ▶ **sněžná slepota** ( keratitis solaris)- popálení rohovky

Děti reagují na vysokou nadmořskou výšku stejně – aklimatizace probíhá stejně

Senioři – nebyl zaznamenán vyšší výskyt AHN

# Kontraindikace pro pobyt

Neexistují jednoznačná kritéria, ale kontraindikace u:

- ▶ Akutní onemocnění
- ▶ Jakékoliv onemocnění spojené s poruchou transportu kyslíku
- ▶ Těhotné ženy ( riziko potratu)
- ▶ Malé děti

Angína pectoris, náhrady chlopní, astma, CHOPN, plicní hypertenze, anémie, antikoagulační terapie, DM, Crohnova choroba, obezita