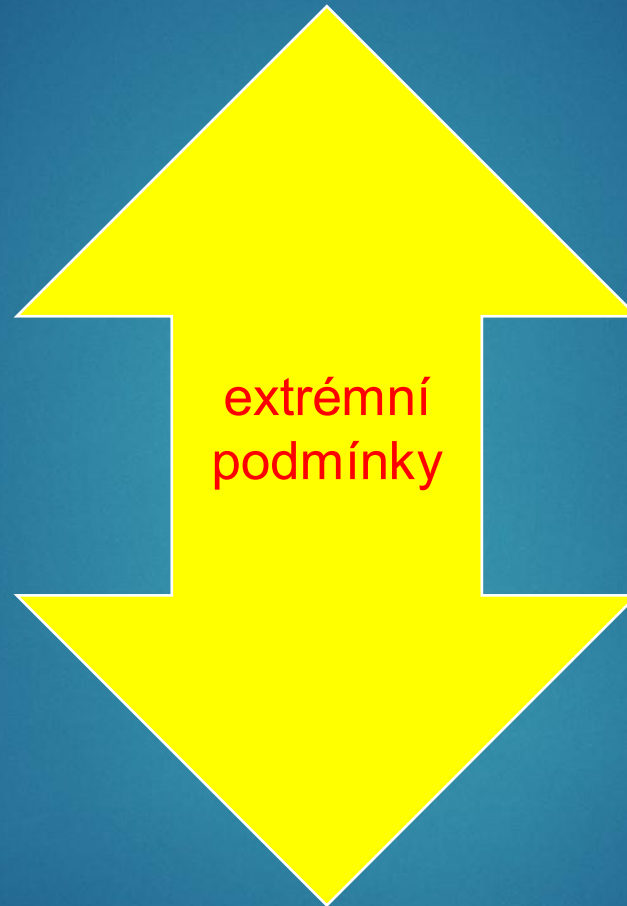


# Vliv prostředí na výkonnost vysokohorské prostředí

MUDr. Kateřina Kapounková, Ph.D.  
MUDr. Zdeněk Pospíšil



Vliv prostředí může být hlavním faktorem ovlivňujícím  
výkonnost, výkon

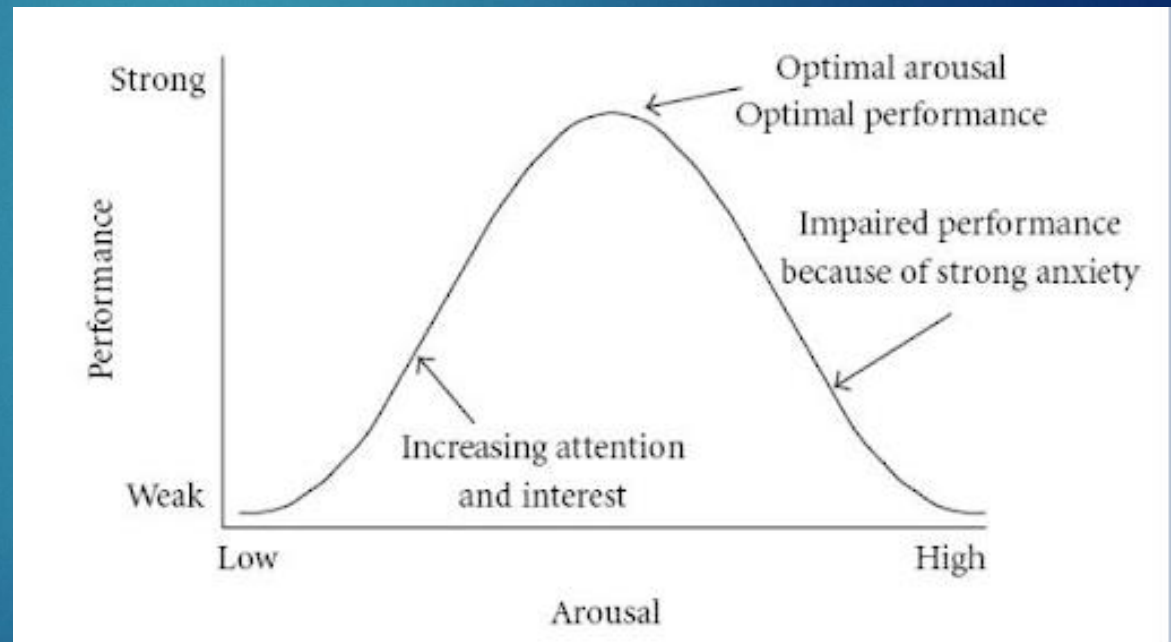


Skoro každá veličina zevního prostředí může nabýt  
extrémních hodnot



# 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 vážne tvorba 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
nospavost	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**

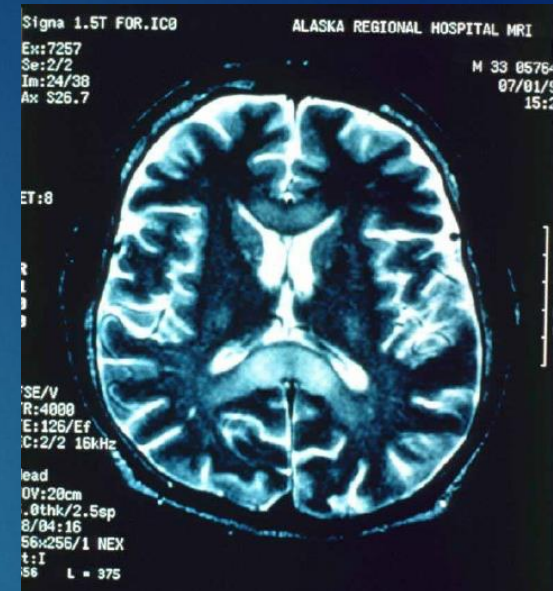
**Další příznaky:** Tachykardie, cyanóza, chrůpky na plicích, pálení za hrudní kostí, zvracení, horečka do 38,5; pokles diurézy ( močení) pod 0,5 l

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