



MASARYKOVA UNIVERZITA

Vliv prostředí na výkonnost vysokohorské prostředí, potápění

MUDr. Kateřina Kapounková, Ph.D.

MUDr. Zdeněk Pospíšil



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace studijního oboru
Regenerace a výživa ve sportu
(CZ.107/2.2.00/15.0209)



Vliv prostředí může být hlavním faktorem
ovlivňujícím výkonnost, výkon

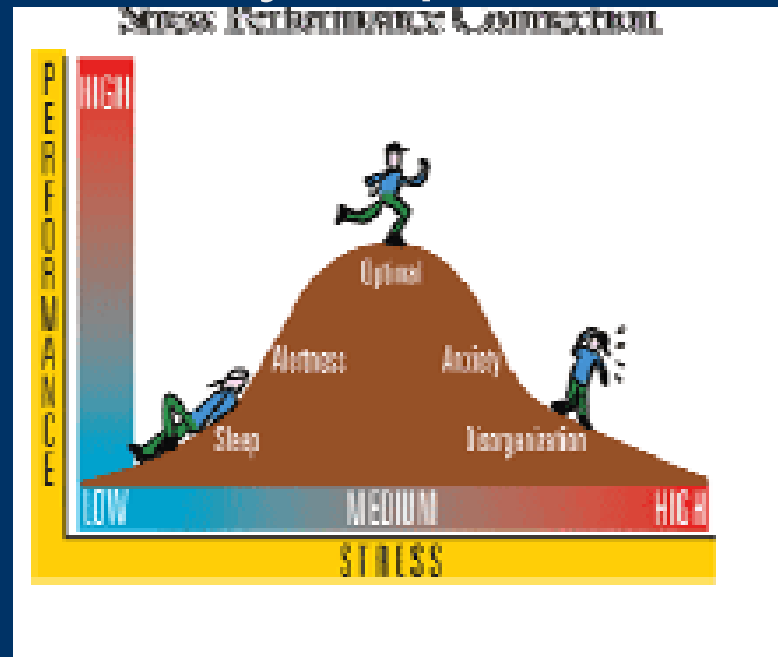


Skoro každá veličina zevního prostředí může nabýt
extrémních hodnot



Stádia odpovědi na extrémní expozici

- Akutní reakcevyčerpání
- Adaptace



"Vývojové" přizpůsobení

Akutní reakce

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

např. pád do ledové vody

- Nebývá trvale udržitelná
- Příliš dlouhá/silná expozice – vyčerpání (Titanic)

Adaptace (odolnost)

- **Selektivní rozvoj** nejvhodnějších specifických způsobů ochrany (aklimace)

např. otužilci

Složka

- metabolická
- izolační
- hypotermická



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 očníce), úzké a zešíkmené oční štěrby (mongolská řasa - epikant), snížený nosní profil. Menší třesová termogeneze

Nízký parciální tlak O_2

- **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 do 2 500 m:

- postižena **vytrvalost** (limitace oxidativní produkce energie)
- výkony do 1 min (hody, sprinty) nejsou ovlivněny(ATP,CP)
- ANH v 15%

■ 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

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:

aklimatizace je možná

- 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
- tachykardie, hyperventilace, námahová dyspnoe, noční probouzení, zvýšená diuréza, respirační alkalóza

Akutní reakce na výšku

aklimatizovat se nelze

> 5 500 m:

■ křeče

> 7 000 m:

■ koma

(při S_aO_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

1. hyperventilace

2. erythropoeza - erythropoetin

3. ↑ difuze plynů do krve

4. vaskularizace tkání

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 nejasného původu - retence Na^+ a vody

Akutní horská nemoc: příznaky

- **nástup obvykle do 6 hod**, ale často až po 12-24 hod
- **vrcholí 2-3 den**
- **příznaky (alespoň 3)**

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
únava	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
- nespavost
- neúměrná únava
- vertigo
- nechutenství
- nausea, zvracení

těžká maligní forma

- extrémní únava
- ataxie
- desorientace
- nesoustředěnost
- centrální cyanóza (rty)
- klidová dyspnoe
- kašel
- tlak na hrudníku
- tachykardie
- palpitace
- edém nohou

Akutní horská nemoc:

léčba

- Obvykle spontánní ústup za 3-4 dny
- O₂ (6 – 10 ml/min)
- Diuretika
- Klid
- Zastavit výstup do odeznění!!!
- Nepomůže-li, sestoupit

Dexamethason (4 mg po 6 h)

Akutní horská nemoc: **prevence**

- Pomalý výstup
 - (následující noc max 600 m výš)
- **Hodně pít**, ne alkohol
- Inhibitor karboanhydrázy **acetazolamid (Diamox)** (250 mg 2x/d, začít předem)
 - ↑ exkrece bikarbonátu
 - ↓ pH (~metabolická acidosa)
 - ↑ 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



sestup nutný

- Nekardiogenní plicní edém
- 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**

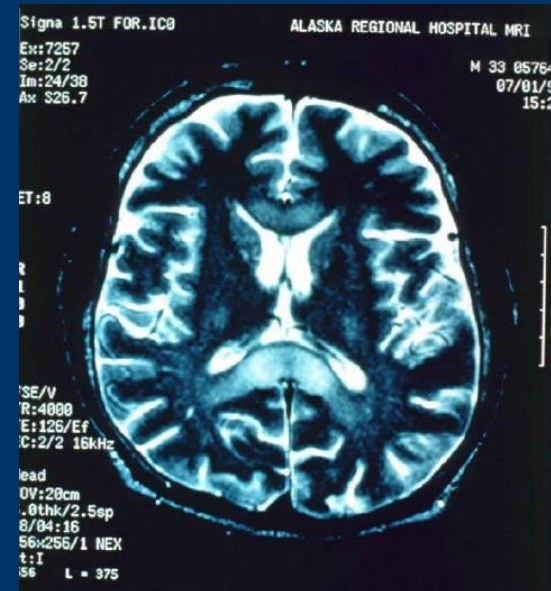
Další příznaky: Tachykardie, cyanóza, chrůpky na plicích, pálení za hrudní kostí, zvracení, horečka do 38,5; , pokles diurézy pod 0,5 l

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**

- **embolie**

- **sněžná slepota** (keratitis solaris)- popálení rohovky

Kontraindikace pro pobyt

Neexistují jednoznačná kritéria

- Akutní onemocnění
- Jakékoliv onemocnění spojené spojené s poruchou transportu O

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

Vysoký tlak: potápění



Jak dlouho vydrží pod vodou:

- Vorvani a delfíni: 2 hod
- Velryby a tuleni: 18 min
- Bobr, kachna: 15 min
- Krysa, králík, kočka, pes: 2-4 min
- Člověk: ~1 min
 - Akvabely: PaO₂ 30-35 mmHg
 - Korejské lovkyně perel: 2 min (20-30 m, 20x za hodinu)
 - Free divers: 8 min. 6 sec.



Pod vodou

- **Tlak \uparrow o 1 atm na každých 10 m** – důležitá je hloubka potápění
- **Aby plíce nekolabovaly**, musí vdechovaná směs přicházet pod \uparrow tlakem jako je tlak vody

Dekompresní (Kesonová) nemoc

- při vynořování **tvorba bublinek** v krvi a tkáních supersaturovaných plynem rozpuštěným během expozice ↑ tlaku (analogie s otevřením šampusu)
- **povrch bublinek je thrombogenní** -> vznik komplexů bublinky-proteiny-destičky
- problémy, až po delší expozici (několik hodin), když to plicní cirkulace nestačí odfiltrovat

Projevy :

bolesti svalů, kloubů; až i paralýza, kolaps, bezvědomí; dyspnea (často předchází vážnější problémy), plicní edém, embolie

Dekompresní nemoc

- Až po delší expozici
 - dusíku to trvá dlouho, než saturuje tělesné tekutiny (špatná rozpustnost)
 - zejména málo vaskularizovaný tuk (N_2 se v něm rozpouští nejvíc)
- Pohyb to zhoršuje
- He se hůř rozpouští než N_2



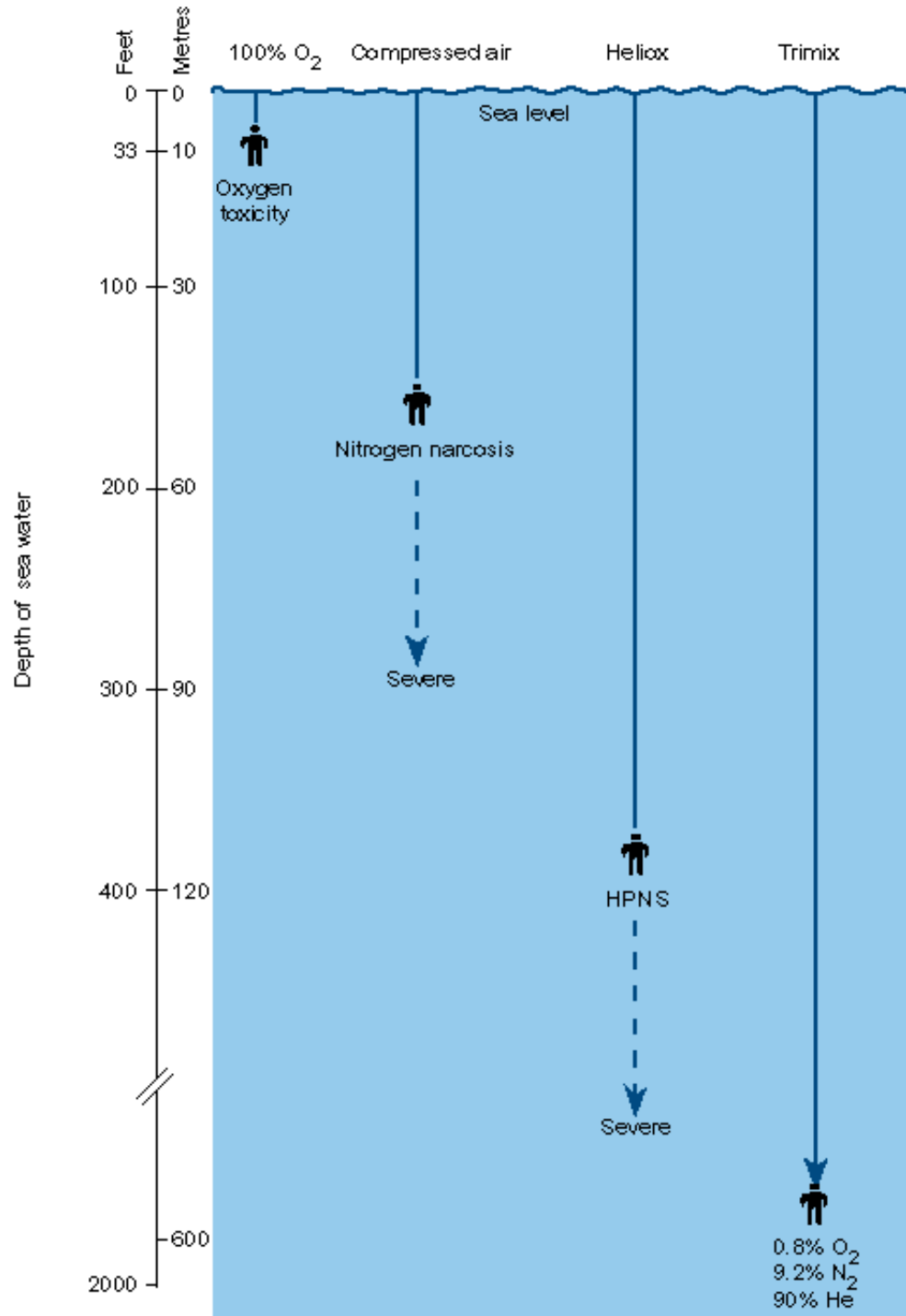
Dekompresní nemoc

- Léčba:
 - Rekomprese a pomalá dekomprese v hyperbarické komoře
 - Lze zrychlit hyperbarickým O_2
 - nedodává se žádný další N_2
 - \uparrow difuze O_2 do ucpaných oblastí
- Prevence
 - pomalé vynořování
 - dny/týdny v přetlakové nádrži

Vysokotlakový nervový syndrom (HPNS)

- Pod 130 m
- Hyperexcitace nervů tlakem
 - třes rukou
 - nausea, závratě
- Horší při rychlejším ponořování
- Omezují to tlumivé účinky N₂ (“Trimix”)

Hloubka potopení s různými plyny



Sportovní potápění

Konstantní zátěž : potopení vlastními silami (100m, 124-ploutve)

Volný ponor (ručkování): 120 m

Variabilní zátěž (zátěž s odhozením, nahoru po laně) 142m

Bez omezení: (zátěž, nahoru vztlakové zařízení) :214 m

Rekord v **potápění s dýchacím přístrojem**: 318 m (12 hod)

Barotrauma

= patologické změny vznikající přetlakem plynů v tělních dutinách

- nosní dutiny
- zubní kazy
- střední ucho (při ucpání Eustachovy trubice)
- střevní plyny
- alveoly (pokud se při vynořování nevydechuje)