

Vliv prostředí na výkonnost - potápění



MUDr. Kateřina Kapounková, Ph.D

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: PaO_2 30-35 mmHg
 - ▶ Korejské lovkyně perel: 2 min (20-30 m, 20x za hodinu)
 - ▶ Free divers: 8 min. 6 sec. (před p
což vede k tlumení dýchacího ce
později nadechnout)



Historie potápění

- ▶ Mušle nalezené při archeologických vykopávkách ukazují, že lidé se potápěli již před desítkami tisíc let.
- ▶ V 9. století o potápění psal Homér
- ▶ K potápění používány **potápěčské zvony**
 - první zmínka už 332 př. Kr. Alexandr Veliký sestupuje pod vodu v „sudu s okny“ a pozoruje své potápěče
- ▶ **POTÁPĚČSKÉ ZVONY** Potápěčský zvon je zespod otevřená nádoba naplněná vzduchem, zajištěná a zatížená proti převržení a zavěšená na laně či řetězu, který umožňuje pobyt a práci pod vodou. Ve své nejjednodušší podobě se jedná o nejstarší známé zařízení pro delší práci pod vodní hladinou.



- ▶ V polovině 18. století jsou používány **potápěčské obleky s přívodem vzduch** z ponořených nádrží v Great Yarmouthu v Anglii. Doktor Freminet předvádí ve Francouzské akademii roku 1772 potápěčský přístroj podobného typu. O dva roky později je s tímto oblekem uskutečněn v Le Havru 50-ti minutový sestup.
- ▶ další postup byl dostat se **pod vodu s vlastním plynem**. Potápěč si nese svoji zásobu dýchací směsi s sebou. Nezávislé potápěčské přístroje můžeme rozdělit do dvou skupin:
 - a) s uzavřeným dýchacím okruhem
 - b) s otevřeným dýchacím okruhem



► **Přístroje s uzavřeným dýchacím okruhem** se skládají:

- ze zásobníku dýchací směsi
- dýchacího vaku
- pohlcovacího zařízení na CO₂
- dávkovače

Potápěč nadechuje dýchací směs z vaku a vdechuje přes pohlcovač znovu do vaku

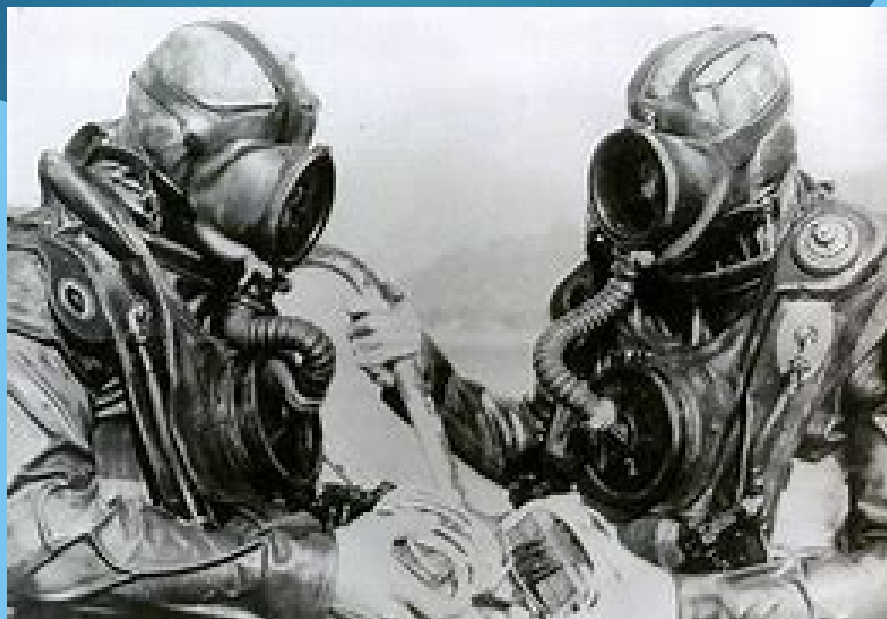
V roce 1878 vyvinul Henry Fleuss (Angličan) přístroj s uzavřeným okruhem (1879 uskutečnil první ponor s nitroxem v Temži)

Vylepšený Fleussův přístroj byl během I. světové války používán v Royal Navy jako záchranný přístroj pro únik z ponorek.

► **V přístrojích s otevřeným okruhem** dýchá potápěč vzduch ze zásobníku. Vzduch vydechuje většinou přímo do vody. Vydýchaný vzduch není nijak regenerován.

Vývoj dýchacích přístrojů s otevřeným okruhem je pro sportovní potápěče nejdůležitější

- ▶ první účinný a bezpečný přístroj s otevřeným okruhem pro potápěče vyvinut v r 1943 – SCUBA (J. Cousteau, E. Gagnon)
- ▶ Technické řešení tohoto zařízení prošlo četnými inovacemi, avšak jeho princip zůstal nedotčen



- ▶ Od té doby se věnuje potápění stále více osob – roste i počet úmrtí
 - v USA 3-9 úmrtí/ 100 000 potápěčů ročně, nejčastější příčina utonutí (60%), poškození plic

Potápění v ČR

- ▶ První zmínku o potápění je od Tomáše z Klauzenburku (16. století).
- ▶ Zřejmě prvním (sportovním potápěním) u nás jsou sestupy studenta brněnské techniky Göntnera Nouackha do Šenkova syfonu v jeskyni Býčí skála (1912).
- ▶ Opravdový rozvoj sportovního potápění v ČR začíná až po II. světové válce.
- ▶ V roce 1954 – 1956 vznikají při ROH první kroužky sportovního potápění.
- ▶ V roce 1954 začínají vyrábět Chotěbořské strojírny n.p. potápěčské soupravy PL 40.
- ▶ V roce 1961 je na trh uvedena první československá automatika pro sportovní potápění (Rekord AV 1 konstruktéra Slavíčka) Svazarm jako 46. řádný člen. Od
- ▶ roku 1969 vyrábí v Československu potápěčskou výstroj SPORTKLIMET, později AQUACENTRUM PRAHA

Patofyziologie potápění – co může nastat

Respirační problémy

Nedostatek kyslíku: jsou nejlépe patrný při postupném snižování jeho parciálního tlaku v dýchací směsi

- ▶ Parciální tlak O₂ ve vzduchu při normálním atmosférickém tlaku činí asi 21 kPa. Parciální tlak O₂ ve směsi nesmí poklesnout **pod 16 kPa**

pO ₂	příznaky
14 kPa	první příznaky (ospalost, neschopnost jasného úsudku, nepřesná koordinace pohybů, rozjaření)
12 kPa	pocit nepohodlí, rychlé dýchání
10 kPa	někteří jedinci ztrácejí vědomí
6 kPa	ztráta vědomí u všech osob. Pod touto úrovní může rychle nastat smrt

Toxicita CO₂

- ▶ Přebytek CO₂ ve tkáních (hyperkapnie), může při potápění nastat buď v důsledku zvýšené hladiny CO₂ v těle nebo v dýchací směsi
- ▶ Příčiny:
 - nedostatečná ventilace plic (nejčastější příčina)
 - zvýšená tvorba CO₂ při práci (usilovné plavání apod.)
 - špatná funkce pohlcovače CO₂ u přístroje s uzavřeným nebo polouzavřeným okruhem
 - znečištění dýchací směsi CO₂

Přebytek CO₂ má odlišný princip působení na centrální nervovou soustavu oproti hypoxii, ale může se projevit obdobnými příznaky (otupělost, neschopnost jasného myšlení, ztráta vědomí a celkové křeče – možné zaměnit s otravou kyslíkem)

Hyperventilace

- ▶ Při hyperventilaci je výdej CO₂ z těla vyšší než jeho tvorba (celkové množství v těle se snižuje). Vidíme často 2 typy:
 - Emoční hyperventilace
 - Volní hyperventilace
- ▶ Fyziologickým důsledkem poklesu hladiny CO₂ je oslabení činnosti dechových center
- ▶ Při pomalejším poklesu hladiny CO₂ (nastává při emoční hyperventilaci) - zužují se mozkové cévy a klesá průtok krve mozkem (o 30% i více) - příznaky: točení hlavy, závratě, mravenčení, pálení či mrazení na kůži nebo v těle a může v krajním případě vyústit v bezvědomí

Tuková pneumonie (TP)

TP může být způsobena tím, že potápěč vdechuje vzduch obsahující mikrokapénky oleje (používá se na mazání válců kompresoru)

olejové mikrokapénky prostupují do plic (zůstávají velmi dlouhou dobu)

Opatření - pod vodou

- ▶ **Tlak ↑ o 1 atm na každých 10 m** – důležitá je hloubka potápění

- pozor na zvětšení mrtvého prostoru (ztížené dýchání)
- tlak vody na hrudník – znemožněno dýchání

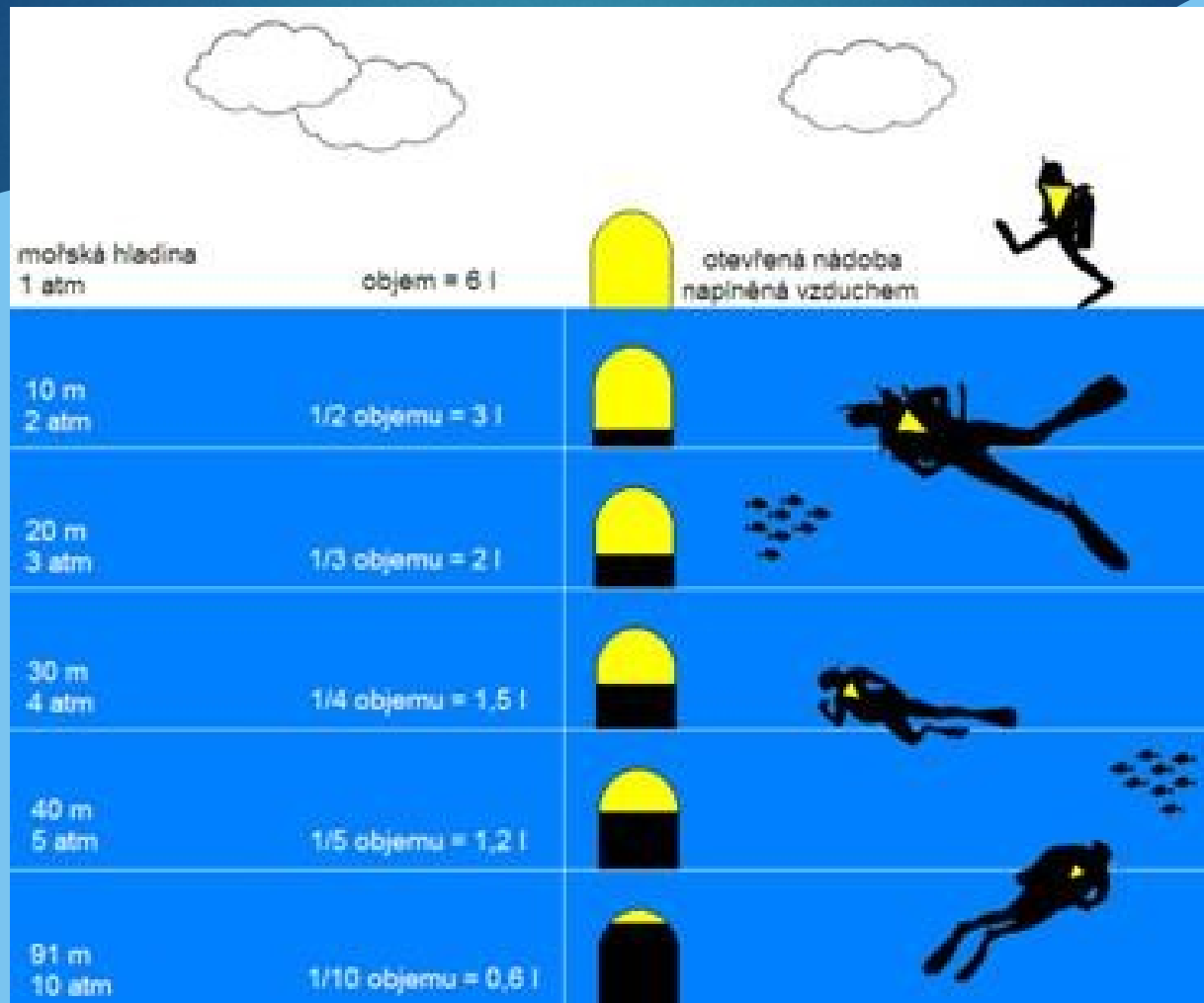
Tlak vytvářený mořskou vodou je přibližně o 3% vyšší

- ▶ **Aby plíce nekolabovaly**, musí vdechovaná směs přicházet pod **tlakem** jako je tlak vody

- ▶ Při zvýšeném tlaku stoupá i pN₂- dochází k rozpouštění v krvi více než při normálním tlaku (v 60m asi 70x více)

- je-li návrat pomalý – N₂ difunduje do alveolů – je vydechován
- je-li návrat rychlý – bublinky N₂ ucpávají cévky (plynová embolie)

Ukázka jak se s hloubkou ponoru mění objem plic



- ▶ Tlak v každém vzduchem vyplněném prostoru těla (dutině) musí sledovat změny okolního tlaku - jinak na stěně tohoto prostoru dojde tlakem k destrukci stěny
- ▶ Při potápění je potřeba zabezpečit, aby se tlak v těchto dutinách mohl plynule přizpůsobit vnějšímu tlaku vody. Potápěči do velkých hloubek používají speciální směsi, kde je doplněním inertního plynu (obvykle helia) parciální tlak kyslíku snížen
- ▶ Aby plíce nekolabovaly, musí vdechovaná směs přicházet pod zvýšeným tlakem
- ▶ Zdravotní problémy spojené s potápěním mají různou závažnost
 - nejčastější je postižení uší a vedlejších dutin nosních (barotrauma středouší)
 - méně časté, ale o to závažnější je dekompresní postižení vnitřního ucha

Zdravotní problémy u potápění



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:
 - ▶ Rekompresa a pomalá dekomprese v hyperbarické komoře
 - ▶ Lze zrychlit hyperbarickým O_2
 - ▶ nedodává se žádný další N_2
 - ▶ O_2 diffuse O_2 do ucpaných oblastí
- ▶ Prevence
 - ▶ pomalé vynořování
 - ▶ dny/týdny v přetlakové nádrži



Barotrauma

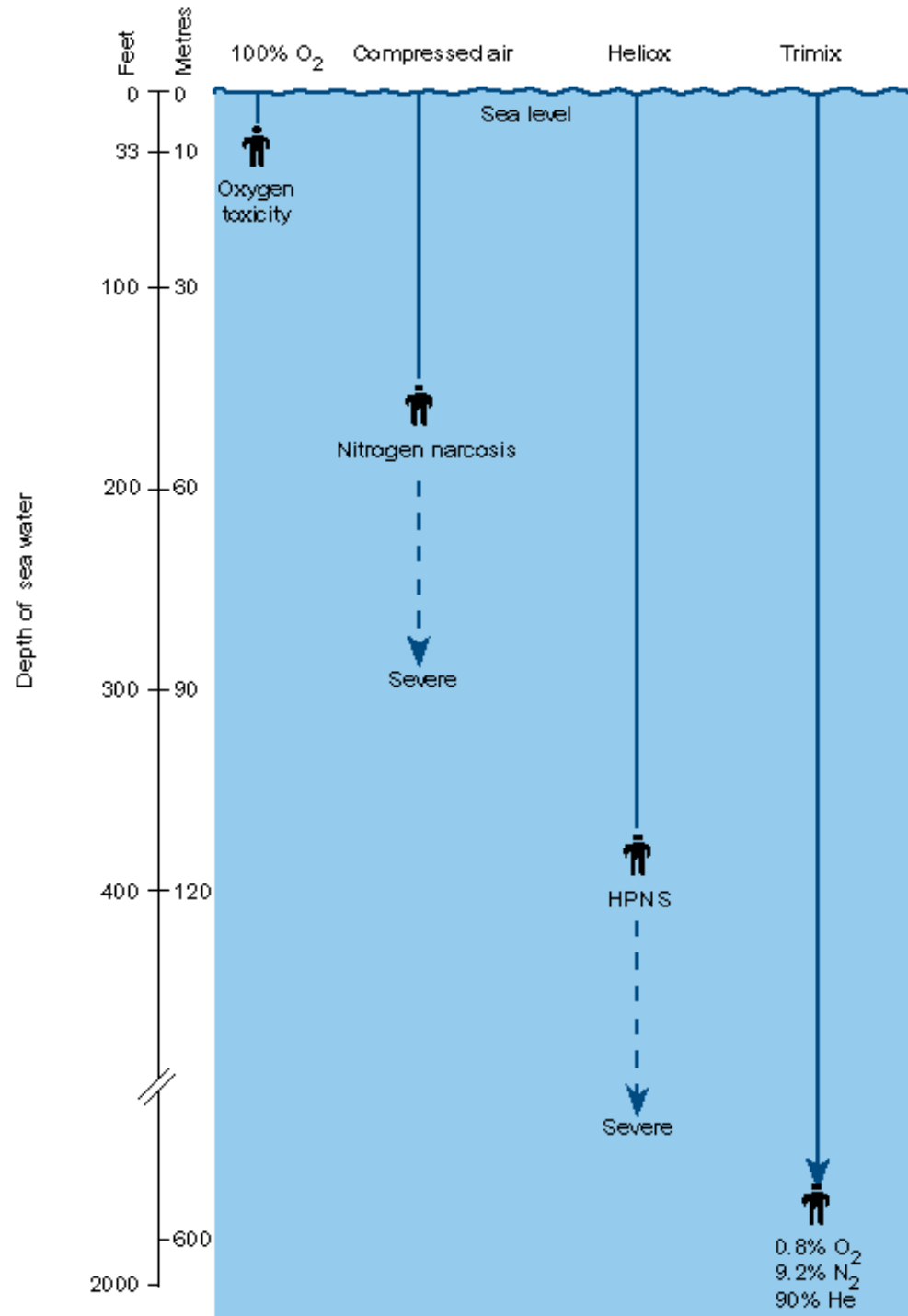
= patologické změny vznikající přetlakem plynů v tělních dutinách

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

Vysokotlakový nervový syndrom (HPNS)

- ▶ Dostavuje se pod 130 m ponoru
- ▶ Hyperexcitace nervů zvýšeným 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)