

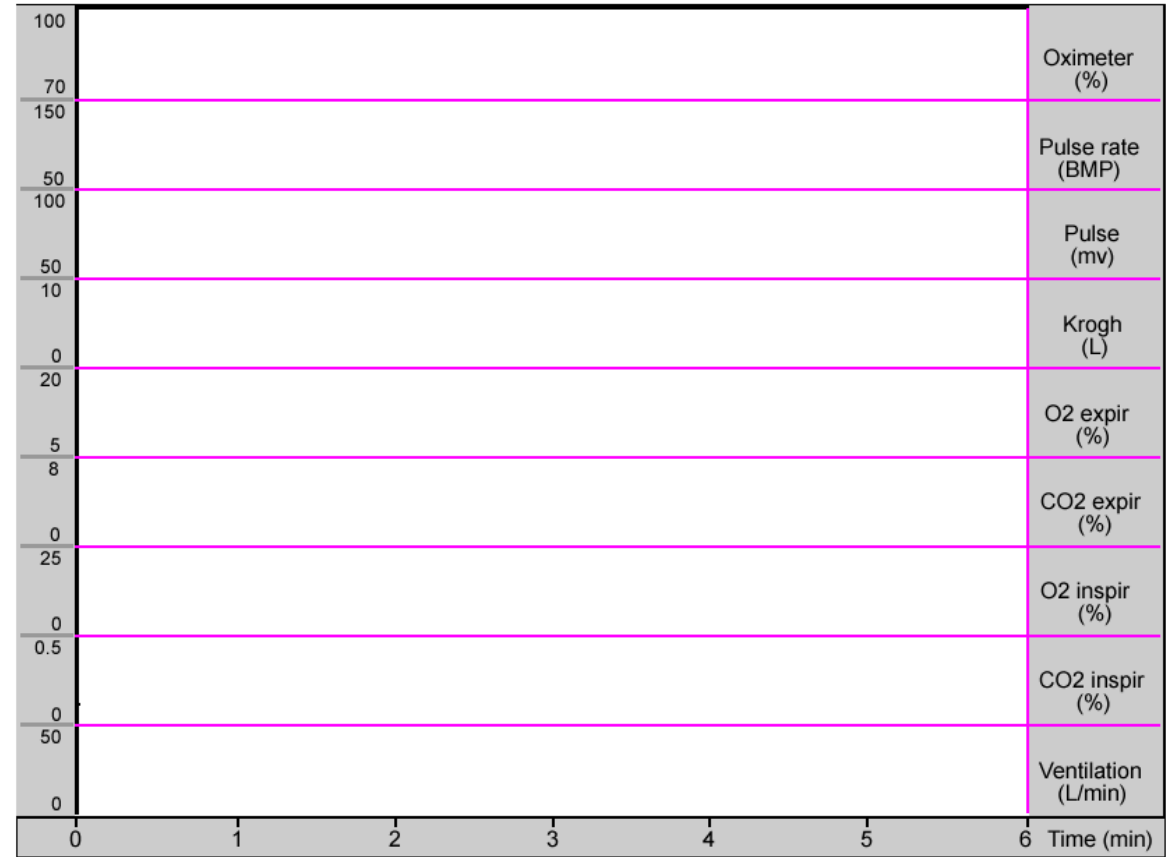
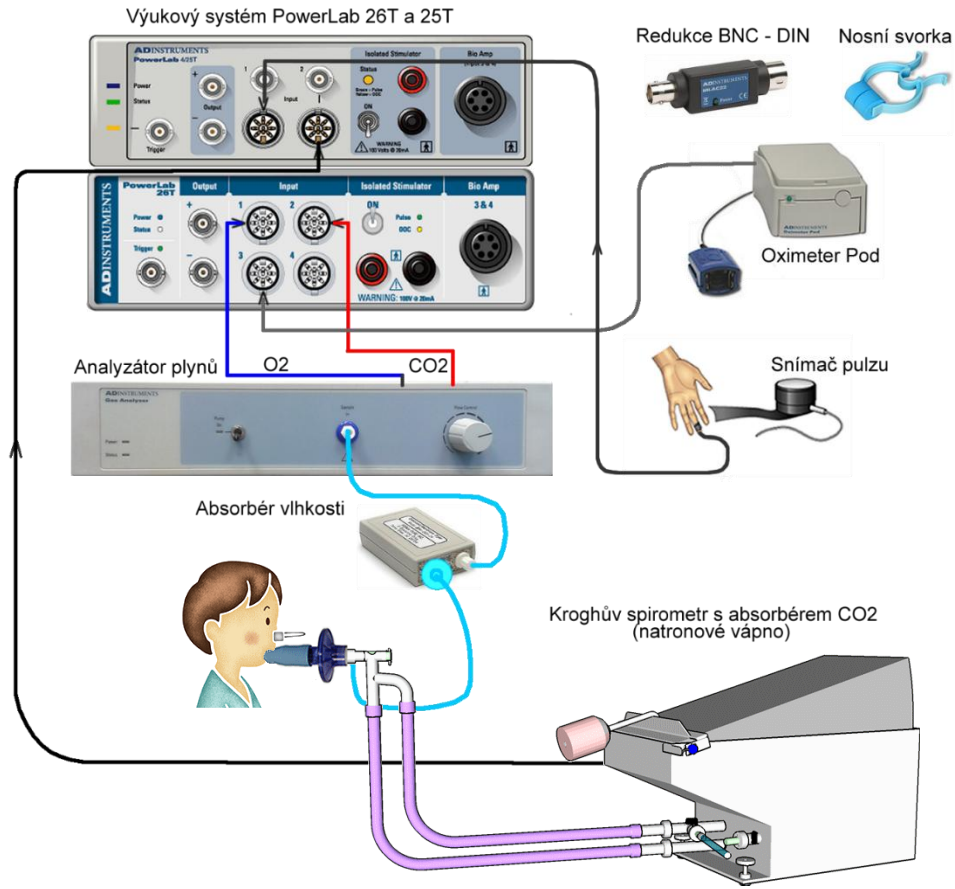
**M U N I**  
**M E D**

# **Hypoxie**

# Hypoxie, hypoxemie

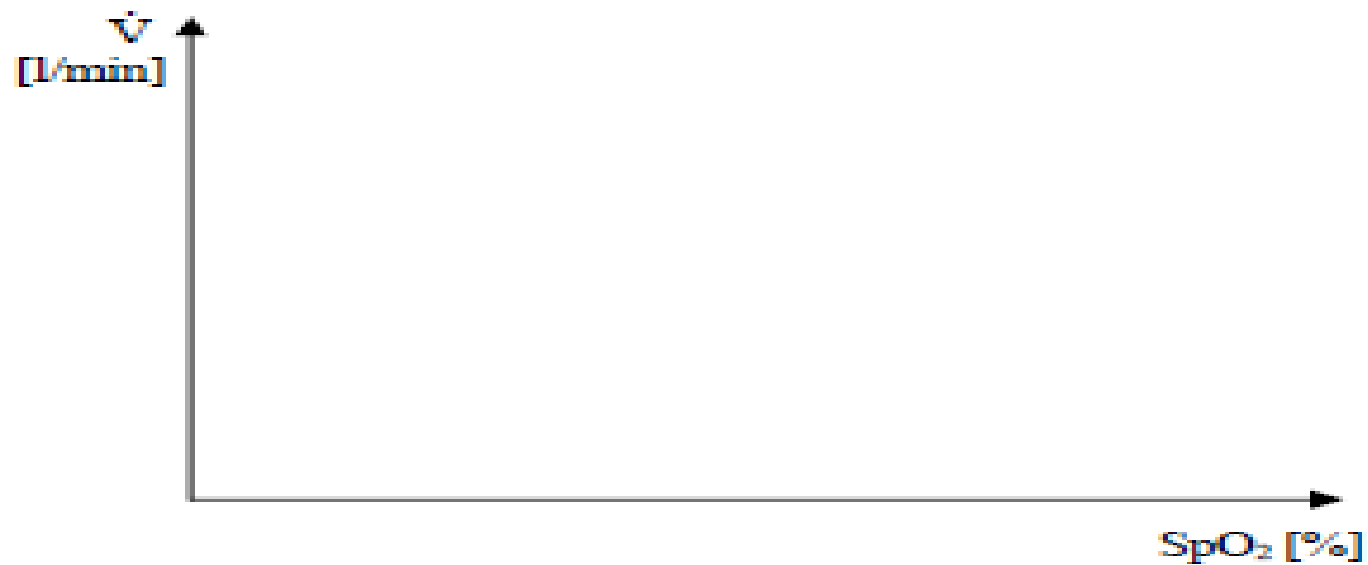
- **Hypoxie** je souhrnný název pro nedostatek kyslíku v těle nebo v jednotlivých tkáních.
- **Hypoxemie** - nedostatek kyslíku v arteriální krvi.
- **Anoxie** - úplný nedostatek kyslíku
- Nejčastější typy hypoxií:
  - *Hypoxická*:
    - fyziologie: při pobytu ve vyšších nadmořských výškách
    - patologie: hypoventilace při plicních nebo nervosvalových chorobách
  - *Transportní* (anemická) – snížená transportní kapacita krve pro kyslík (anémie, ztráta krve, otrava CO)
  - *Ischemická* (stagnační) – omezený průtok krve tkání (srdeční selhání, šokové stavy, uzávěr tepny)
  - *Histotoxická* – buňky nejsou schopny využít kyslík (otrava kyanidy – poškození dýchacího řetězce)

# Hypoxie. Sestava.



**Výsledky:**

Hypoxie								
<b>Osoba A</b>	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SpO <sub>2</sub> [%]								
$\dot{V}$ [l/min]								
<b>Osoba B</b>	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SpO <sub>2</sub> [%]								
$\dot{V}$ [l/min]								



# Klasifikace hypoxií

- Nedostatečná oxidace krve v plicích
- Plicní onemocnění
- Venózně-arteriální zkraty
- Porušený transport kyslíku krví do tkáně
- Nedostatečná schopnost tkáně využít kyslík

# Klasifikace hypoxií

- Nedostatečná oxidace krve v plicích (*hypoxická*)
- deficit kyslíku v okolním vzduchu (atmosféře)
  - hypoventilace (neuromuskulární onemocnění)



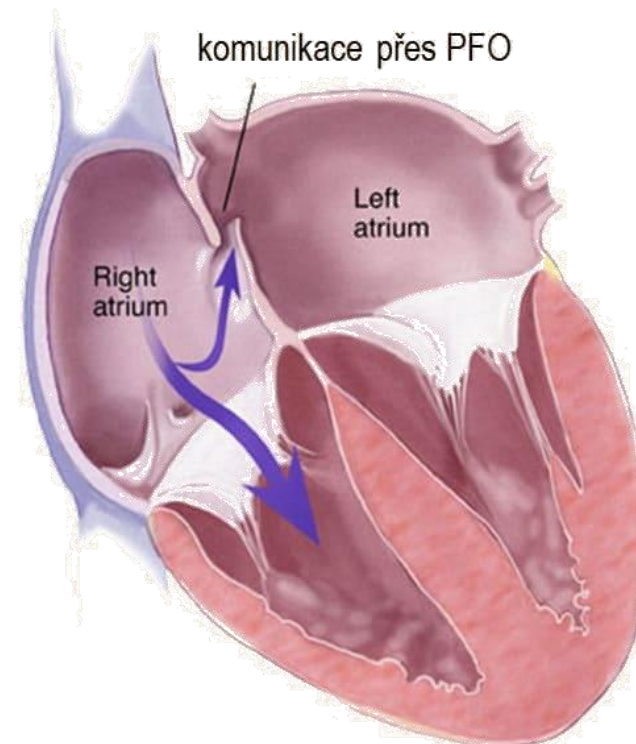
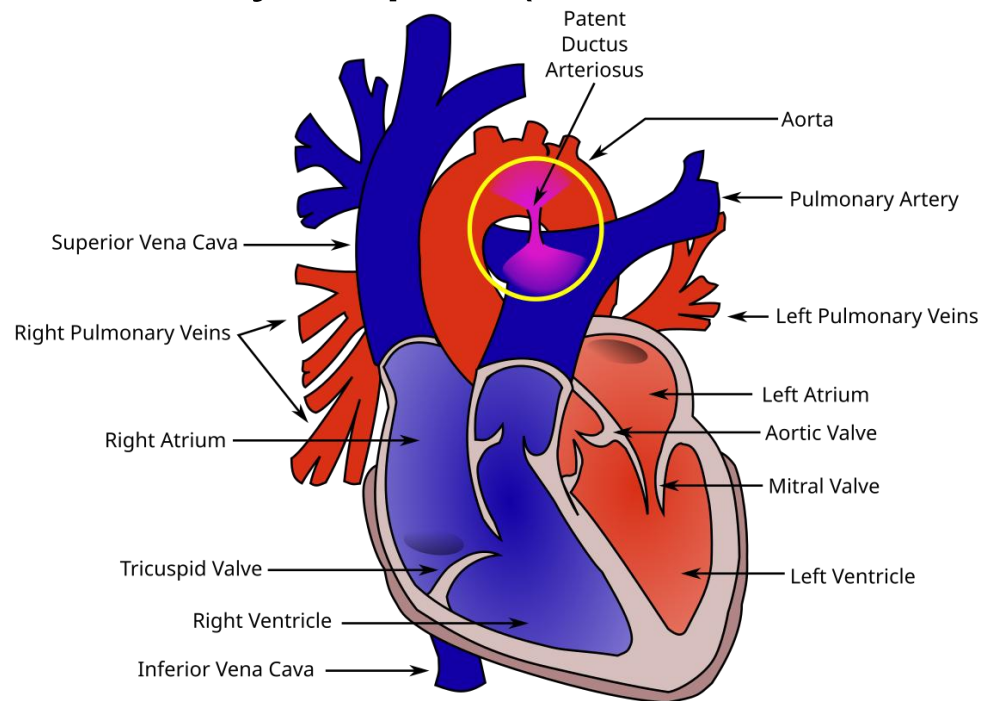
# Klasifikace hypoxií

Plicní onemocnění:

- hypoventilace v důsledku zvýšené rezistence dechových cest nebo plicní compliance

# Klasifikace hypoxií

- Venózně-arteriální zkraty:
- perzistující Botalova dučej
  - defekty septa (foramen ovale)





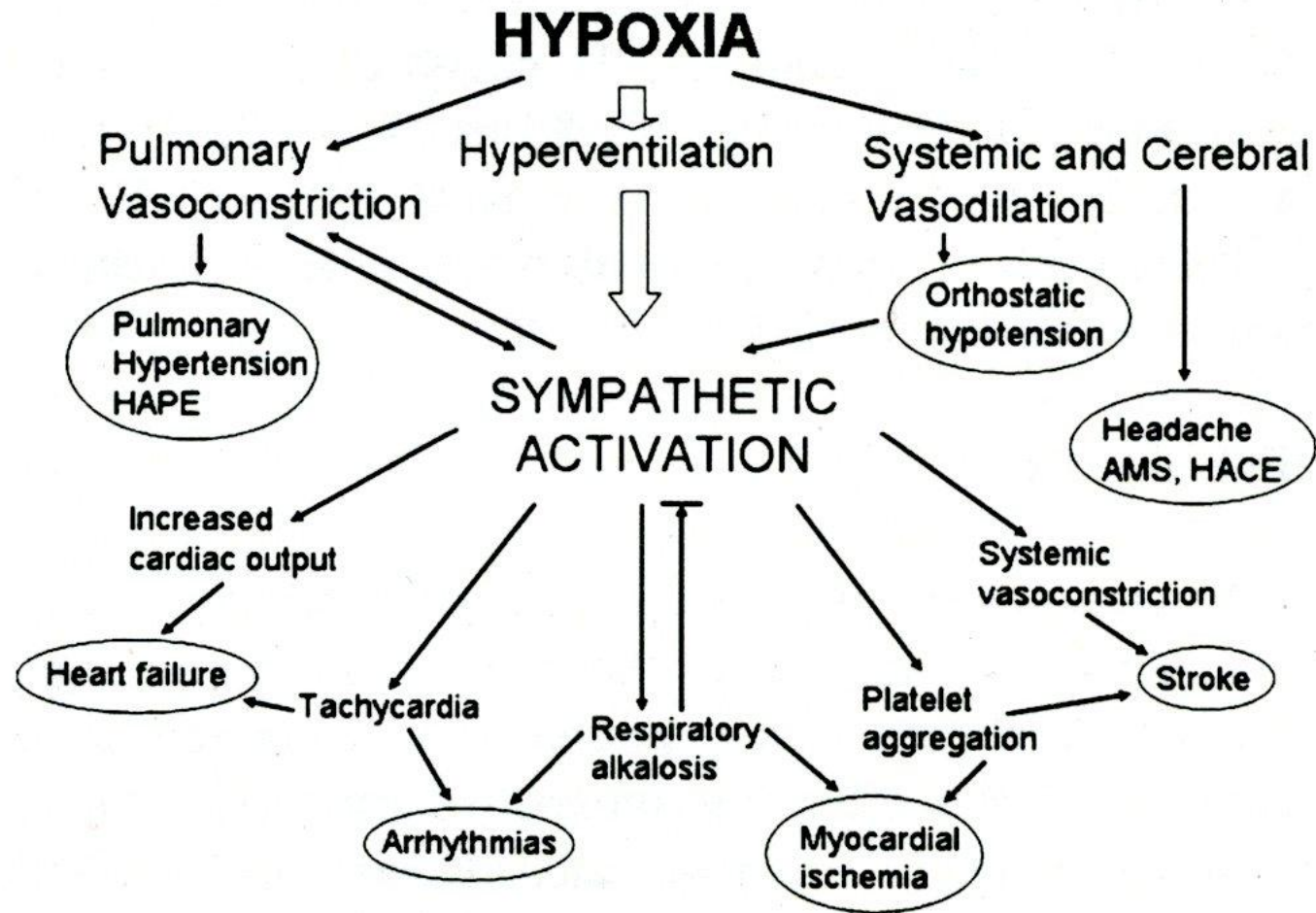
# Klasifikace hypoxií

Porušený transport kyslíku krví do tkáně (*anemická, transportní, cirkulační, ischemická*)

- anemie
- abnormální hemoglobin
- snížená teplota
- celkové kardiovaskulární onemocnění
- lokální poruchy cirkulace

# Klasifikace hypoxií

- Nedostatečná schopnost tkáně využít kyslík (*histotoxická*)
- blokáda enzymů respiračního řetězce
  - snížená kapacita buňky při využití kyslíku (toxicita, deficiency vitaminů, další faktory)



**Fig. 3** Important physiological and pathophysiological effects during acute exposure to hypoxia and their potential associations with clinical conditions (modified after Rimoldi et al. 2010 [32]). *AMS* acute mountain sickness, *HACE* high-altitude cerebral edema, *HAPE* high-altitude pulmonary edema

# Nadmořská výška

Nadmořská výška (m)	Barometrický tlak	pO <sub>2</sub> ve vzduchu (mmHg)	pCO <sub>2</sub> v alveolech (mmHg)	pO <sub>2</sub> v alveolech (mmHg)	Saturace (%)
0	760	159	40 (40)	104 (104)	97 (97)
3 048	523	110	36 (23)	67 (77)	90 (92)
6 096	349	73	24 (10)	40 (53)	73 (85)
9 134	249	47	24 (7)	18 (30)	24 (38)
12 192	141	29			
15 240	87	18			

*\*(čísla v závorkách představují aklimatizované hodnoty)*

# Pracovní kapacita ve vysoké nadmořské výšce

- Neaklimatizovaní 50%
- Aklimatizace po 2 měsících 68%
- Narození na horách 4 023 m, ale pracující v 5 182 m nad mořem 87%

# Výšková hypoxie

Mírný stupeň:

- CNS: euforie, ztráta orientace
- GIT: nevolnost
- Sensitivita: bolest hlavy
- Respirace: tachypnoe/hyperventilace
- TK: mírný vzestup
- TF: zvýšená, nepravidelná
- Sval: ztráta koordinace

# Výšková hypoxie

Střední stupeň:

- CNS: poruchy zraku, závrať, strach
- GIT: nevolnost
- Sensitivita: prekordiální bolest
- Respirace: po podání  $O_2$ , apnoe
- TK: výrazný vzestup
- TF: snižená, nepravidelná
- Sval: spasmy, ztuhlost

# Výšková hypoxie

Těžký stupeň:

- CNS: kóma
- GIT: nevolnost, zvracení
- Sensitivita: prekordiální bolest
- Respirace: útlum, Cheyn-Stokesovo dýchání
- TK: náhlý pokles
- TF: výrazně snižena, nepravidelná
- Sval: svalová slabost

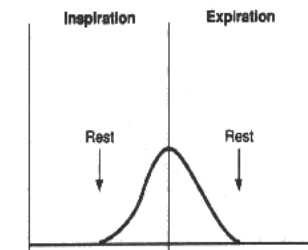


# Potápění

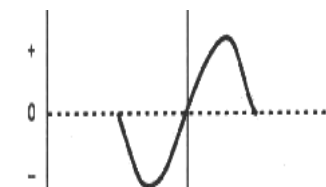


# Potápění

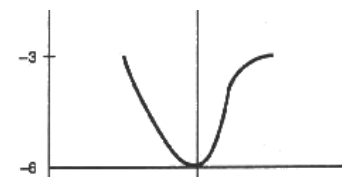
- Dochází ke zvyšování okolního tlaku – **hyperbarii** (úměrná hloubce ponoru); na každých 10m hloubky stoupne tlak o 100kPa
- Organismus se musí vyrovnat s nedostupností normálního přísunu vzduchu do plic
  - Dýchací svaly při vdechu musí překonat tlak vody na hrudník a přitom musí vyvinout dostatečný podtlak v dutině hrudní, aby se vdech uskutečnil
  - Usilovnou kontrakcí inspiračních svalů dosáhneme maximálního podtlaku asi 11kPa = hloubka 110cm (ve větších hloubkách není vdech možný, nutno použít dýchací přístroj, který nastavuje tlak vdechovaného vzduchu na úroveň tlaku okolní vody – dýchání s normálním úsilím)



Alveolární (pulmonální) tlak



Pleurální tlak (vždy záporný)



# Potápění - rizika

- **Dusíková narkóza** – je přítomna do hloubky 30-40m, projevy jako opilost (euforie, ztráta soudnosti, zábran, následuje únava, malátnost, bezvědomí)
- **Hyperoxie** – toxické účinky kyslíku
- Zvýšený okolní tlak **zmenšuje objem tělesných dutin vyplněných vzduchem** (středouší, vedlejší nosní dutiny, plíce-alveoly)
- Bolestivé vtahování bubínku pokud není postupně vyrovnáván tlak středouší s okolním tlakem
- Kolaps alveolů – prevence: dýchání vzduchu pod vyšším tlakem pomocí dýchacího přístroje

# Potápění

## – Krátkodobé

- Zadržení dechu, vzestup  $p\text{CO}_2$  nad 6,6 kPa – stimulace dechového centra, nucení k nádechu

## – Dýchání pomocí dýchací trubice (**šnorchlu**)

- Zvětšuje se objem anatomického mrtvého prostoru dýchacího – omezení alveolární ventilace (maximální délka 40cm, průsvit 2 cm)

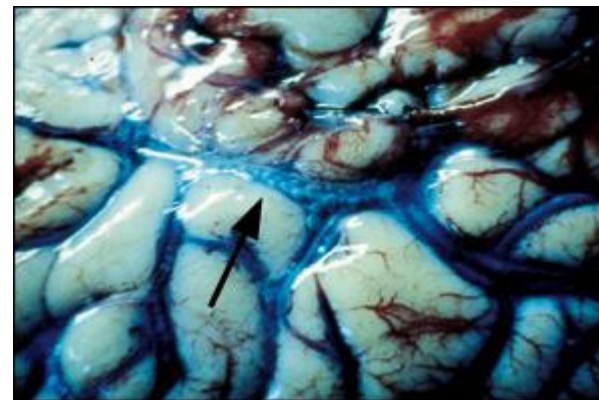
## – Déletrvající potápění – s dýchacím přístrojem:

- čistý kyslík (toxicita); stlačený vzduch – jen do hloubky 30-40m (velký podíl dusíku), do velkých hloubek – směs kyslíku a helia

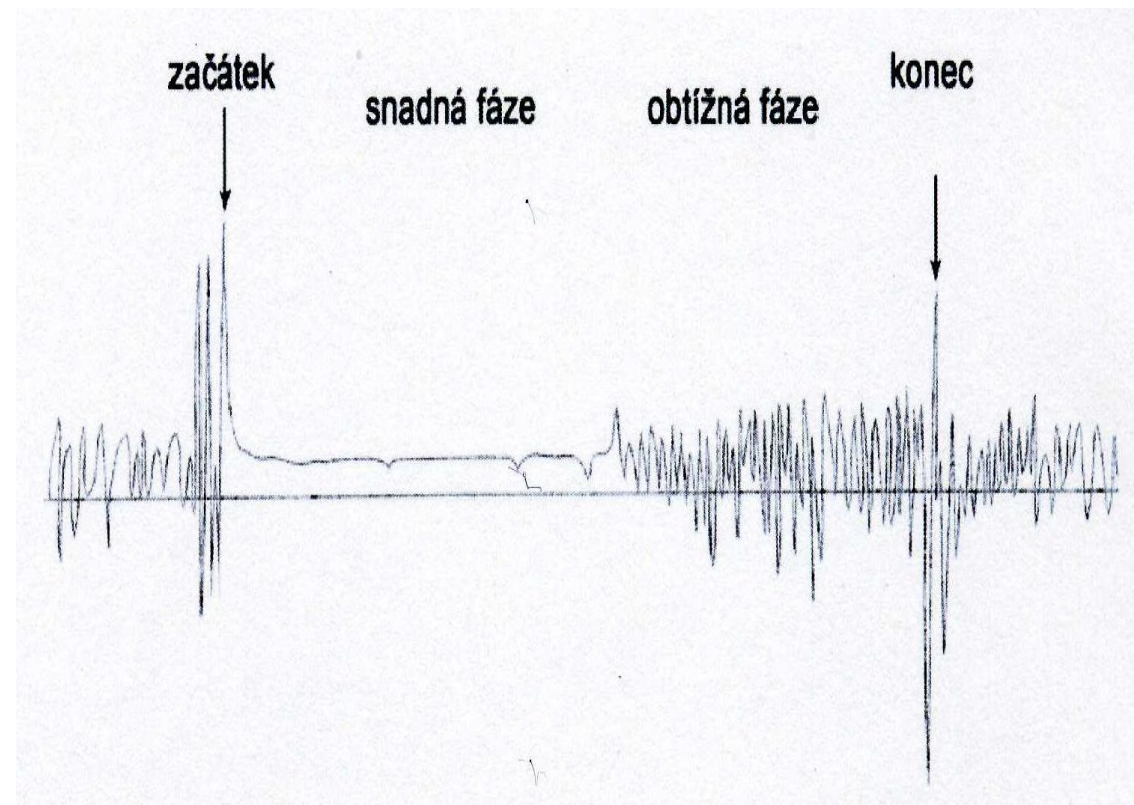
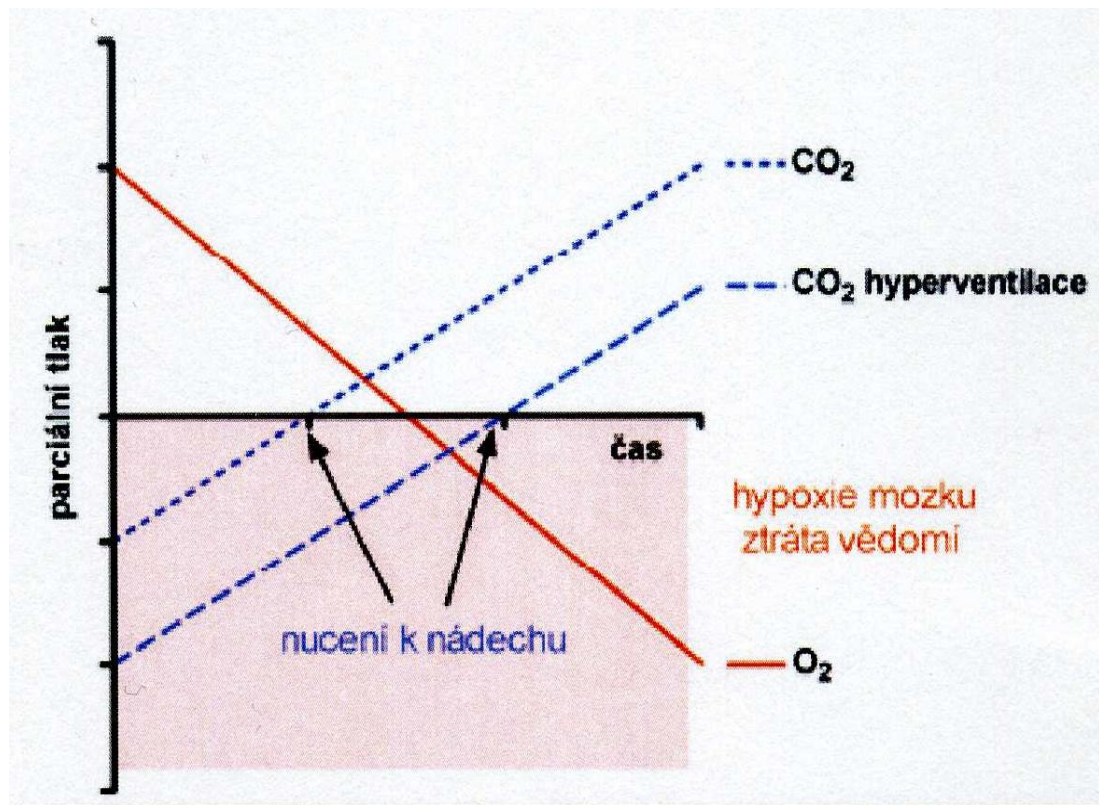


# Nemoc z dekomprese = kesonová nemoc

- Pokud člověk dýchá pod vodou vzduch pod vyšším tlakem delší dobu – stoupá množství dusíku rozpuštěného v tělesných tekutinách a tkáních (hlavně v tukové tkáni)
- Dostatečně pomalý návrat – difunduje kyslík z tkání do krve a je postupně vydýcháván
- Při rychlém vynoření – není čas k eliminaci dusíku a ten se hromadí ve formě bublinek ve tkáních a tekutinách
- Bublínky ve tkáních způsobují bolesti (kloubní), bublinky v krevním oběhu – ucpání drobných cév – dušnost, poškození myokardu nebo CNS
- Prevence: pomalé vynořování – 10m/min
- Léčba: okamžitá rekompresa v tlakové komoře následována pomalou dekompresí







# Cestování letadlem





# Cestování letadlem





# Cestování letadlem

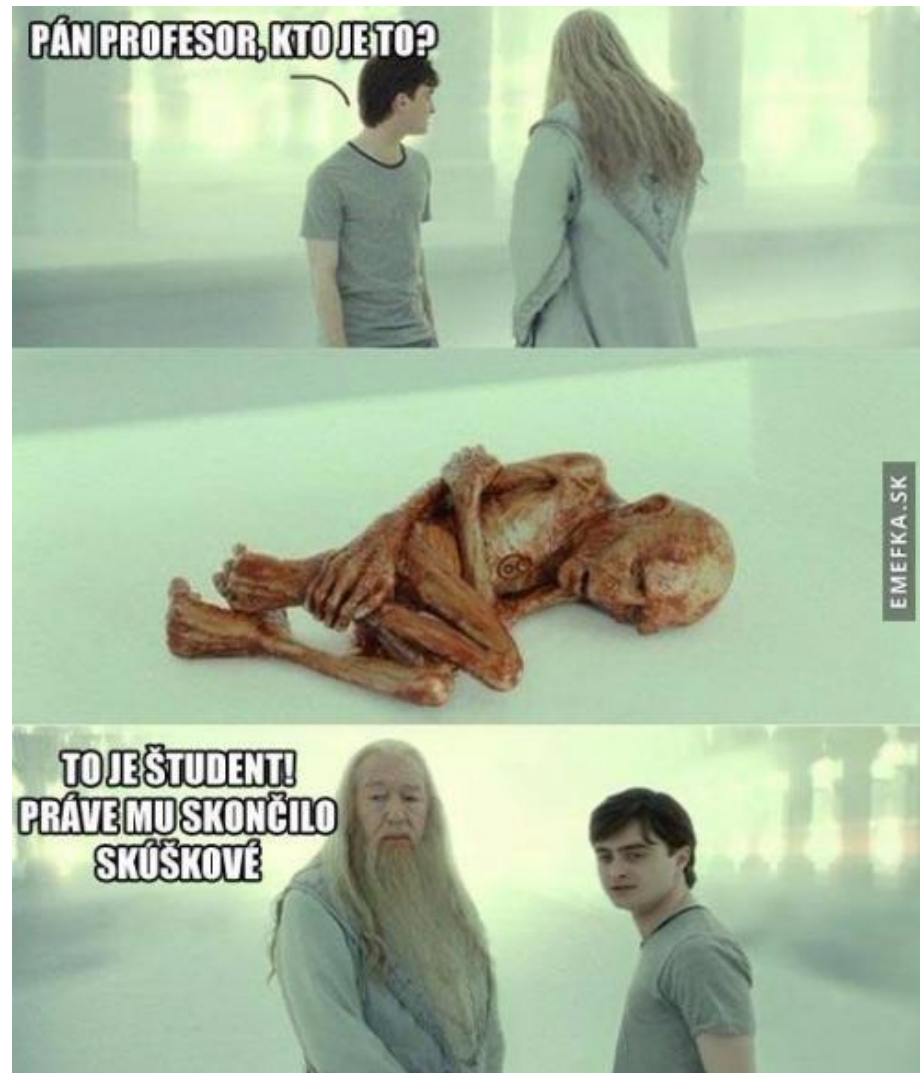


# Cestování letadlem

Zvýšené riziko:

- Pokles hemoglobinu pod 60 % fyziologické normy
- Těžký stupeň aterosklerózy
- Kardiální insuficience
- Respirační insuficience
- Dekompenzovaná hypertonie (hodnoty nad 200/100)

# Děkuji za pozornost



# Děkuji za pozornost

