

# Hypoxie



**Petr DOŠEL**

**Ústav leteckého zdravotnictví Praha**



# ATMOSFÉRA



# Složení atmosféry

• Plyn	%
• <b>Dusík</b>	<b>78,09</b>
• <b>Kyslík</b>	<b>20,95</b>
• <b>Argon</b>	<b>0,93</b>
• <b>CO<sub>2</sub></b>	<b>0,03</b>
• Neon	$1,82 \times 10^{-3}$
• Helium	$5,24 \times 10^{-4}$
• Krypton	$1,14 \times 10^{-4}$
• Vodík	$5,00 \times 10^{-5}$



# ÚVOD

- **Hypoxie** je jedno z největších zdravotních rizik létání.
- Je definována jako nedostatečné zásobení krve, buněk a tkání kyslíkem, což má za následek poruchy či omezení jejich funkcí.
- Narušuje funkci především centrálního nervového systému a může vést k bezvědomí a smrti.

# Dělení hypoxií

- **Ischemická či stagnační hypoxie**
  - důsledek redukce průtoku tkáněmi, výměna plynů v plicích je zachována
- **Histotoxická hypoxie**
  - neschopnost tkání využívat kyslík v oxidativních procesech
- **Anemická hypoxie**
  - redukce vazebné kapacity krve pro kyslík
- **Hypoxická hypoxie**
  - Pokles  $pO_2$ .
  - Pokles koncentrace  $O_2$  ve vdechované směsi.
  - Poruchy činnosti respir. syst., intrakardiální pravolevé zkraty



# Hypoxická h. za letu

- Hypox.h je nejzávažnější rizikový faktor za letu ve výškách.
- Již 25% pokles pO<sub>2</sub> (FL 80) vede k detekovatelným poruchám funkce lidského organismu (psychofyzilogická výkonnost).
- RD na FL nad 390 - vede ke ztrátě vědomí v průběhu 25 s. a smrti během 6 min.
- Tři základní příčiny
  - VÝSTUP DO VÝŠKY bez dodávky O<sub>2</sub>
  - PORUCHA kyslíkového systému
  - DEKOMPRESSE KABINY
- Hypoxie ovlivňuje zásadně systémy:
  - respirační
  - kardiovaskulární
  - nervový

# Kompenzační reakce organismu

- **Respirační systém**

- hyperventilace (dechová frekvence a dechový objem)

- **Oběhový systém**

- tachykardie

- zvýšení TK

- redistribuce krevního objemu

# VZDUŠNÝ OBAL ZEMĚ

## Z HLEDISKA REAKCE ORGANISMU

- 0 - 2 km: **Indiferentní pásmo.**
- 2 - 4 km: **Zóna úplné kompenzace.**
- nad 4 km: **Zóna neúplné kompenzace.**
- 6 - 7,5 km: **Kritická zóna.**
  - Použití kyslíkových přístrojů.
- 12 km: **Inverze tlakového gradientu O<sub>2</sub>.**
  - Nutnost použití přetlakové kabiny nebo systému přetlakového dýchání.



# Faktory ovlivňující klinický obraz

- **Intenzita hypoxie:**
  - absolutní pokles atm. Tlaku
  - gradient
  - čas
- **Přirozená odolnost vůči hypoxii**
  - geneticky podmíněna - nedá se zvýšit
- **Fyzická zátěž**
- **Teplota:**
  - chlad zvyšuje účinky hypoxie (zvyšuje požadavky na metabolismus)
- **Zdravotní stav**
  - dlouhodobý - diagnózy (ICHS, obstrukční plicní choroby atd.)
  - aktuální - interkurentní onemocnění

# Faktory ovlivňující klinický obraz

- **Léky, alkohol**
  - antihistaminika zhoršují stav
- **Životospráva**
  - odpočinek, únava fyzická i psychická, nedostatek spánku, negativní emoce (strach, obavy, hněv apod.)
- **Faktory mikroklimatu**
  - vibrace, hluk - velmi nízký vliv



# HYPOXIE - Příznaky

- **0 – 1500 m:** bez obtíží a příznaků hypoxie
- **Nad 1500 m:** poruchy světlocitu (nočního vidění)
- **Nad 2500 m:** poruchy barvocitu, málo příznaků, příznaky lehkého stupně, zhoršená koordinace pohybů, prolongovaný pobyt - bolest hlavy, snížená kapacita fyzické zátěže,



# HYPOXIE - Příznaky

- **Nad 3000 m:**
  - euforie, aktivita, zvýšené sebevědomí,
  - poruchy hloubkového vidění,
  - mírné omezení zorného pole,
  - poruchy akomodace,
  - zhoršení sluchové ostrosti,
  - zvýšení sluchového prahu
  - ↑ srdeční a dechové frekvence,



# **HYPOXIE - Příznaky**

- **Nad 4000 m:**
  - dechový dyskomfort,
  - euforie, zvýšená aktivita,
  - bolest hlavy
  - parestezie končetin a rtů
  - tremor, tetanie prstů a mimických svalů
  - centrální i periferní cyanóza
  - poruchy pohybové koordinace - neschopnost jemných pohybů
  - ztráta kontaktní citlivosti
  - jsou postiženy mentální schopnosti (VNČ), oslabeny volní vlastnosti
  - zpomalení psychomotorického tempa



# HYPOXIE - Příznaky

- **Nad 5000 m:**

- úzkost, slabost, nevěle, návaly horka a chladu,
- **narušení psychiky:**
  - poruchy logického myšlení
  - poruchy pozornosti
  - zpomalení psychomotorického tempa a rozhodování
  - poruchy paměti
  - ztráta sebekritičnosti
  - schopnost kritického hodnocení
  - ztráta autocenzury - neschopnost hodnocení vlastní výkonnosti - je potenciálně nebezpečné





# **HYPOXIE - Příznaky**

- **7500 m:**
  - výše uvedené příznaky se vyvíjejí rychle
  - ztráta logického myšlení
  - porucha až ztráta vědomí (předchází myoklonické záškuby HK)
  - hypoxické křeče - intenzivní kontrakce - opistotonus
- **12 000 m:**
  - ztráta vědomí v průběhu 20 -25 s,
  - smrt během 6 min.



# DOBA UŽITEČNÉHO VĚDOMÍ

- Interval, který uplyne od redukce tenze kyslíku ve vdechovaném vzduchu po kterou je člověk schopen racionální činnosti.

## Doba užitečného vědomí

<u>ft (km)</u>	<u>aktivita</u>	<u>klid</u>
–18 000 (5,4)	<b>20min</b>	<b>30min</b>
–25 000 (7,5)	<b>2min</b>	<b>3min</b>
–30 000 (9,0)	<b>45 s</b>	<b>75 s</b>
–45 000 (13,5)	<b>12 s</b>	<b>20 s</b>
–56 000 (16,8)	<b>12 s</b>	<b>12 s</b>

– Pozn.: 6s doba cirkulace + 6s O<sub>2</sub> rezerva



# PŘÍČINY

## Individuální

**Nepřipravenost**

**Nekázeň**

## Technické

**Nevhodná sestava kyslíkové soupravy**

**Přerušení spojů v kyslíkovém systému**

**Selhání regulátoru koncentrace kyslíku**

**Únava materiálu**

## Systemové

**Nízká kultura bezpečnosti**

**Nedodržení kontrolního postupu**

[Šulc,2012]



# SOUČASNOST

## Podíl hypoxických příhod na incidentech a závažných incidentech (v %)

Vojenské letectvo

**24 – 30**

Civilní letecká doprava

**0,3**

Všeobecné letectví

**4,2**

# ATMOSFÉRA





# ZÁVĚR

- **Hypoxie je zášudný a potenciálně velmi nebezpečný stav.**
- **Má málo výrazných varovných příznaků.**
- **Subjektivně se obtížně rozpoznává.**
- **Proto je demonstrace jejích účinků velmi užitečná.**
- **Hypoxie není třeba se bát, je ji třeba respektovat.**





# ZÁVĚR

- **Proto je na základě výzkumu, zkušeností a poznatků z leteckých nehod potřeba konstruovat systémy, tvořit postupy, školit a cvičit personál za účelem eliminace veškerých rizikových faktorů, které by mohly mít fatální následky.**

DĚKUJI ZA POZORNOST

