

# Změny atmosférického tlaku – vliv na lidský organismus

## Dysbarismy

**Dysbarismus** je obecný pojem popisující patofyziologické důsledky změn atmosférického tlaku na lidský organismus. Definice se vztahuje pouze na mechanické účinky. Mezi dysbarismy tedy nepočítáme výškovou hypoxii.

**Faktory ovlivňující míru odezvy či obtíží organismu:**

- **absolutní i relativní hodnota změny atmosférického tlaku,**
- **rychlost změny tlaku,**
- **pružnost stěn tělesné dutiny obsahující plyn,**
- **stupeň komunikace tělesné dutiny s okolím,**
- **objem tělesné dutiny,**
- **množství plynů rozpuštěných v tělesných tekutinách.**

## Středoušní dutina

- Typická fáze letu: **klesání**
- Eustachova trubice funguje jako **jednosměrný ventil**.
- Při výstupu vzduch v dutině expanduje - **vzniká přetlak** - vzduch uniká spontánně Eustachovou trubicí do nosohltanu. Přetlak vyklenuje bubínek - obtíže.
- Při klesání vzniká ve středoušní dutině **podtlak**, který není spontánně kompenzován cestou Eustachovy trubice. Podtlak vede ke vpáčení bubínku - obtíže. Rozdíl tlaků musí být vyrovnáván **aktivními manévry**.

### KLINICKÝ OBRAZ

- Pocit zalehnutí postiženého ucha.
- Pulzující zvuky v uchu.
- Pocit tlaku v uchu, postupně přecházející v intenzivní píchavou bolest.
- Zhoršení kvality sluchu.
- Závrať.
- Nausea.

### AKTIVNÍ MANÉVRY PRO VYROVNÁNÍ TLAKU

- **Běžné:**
  - polykání,
  - zívání,
  - žvýkání,
  - kroužení předsunutou dolní čelistí.
- **Intenzivní:**
  - Valsalvův manévr
  - Frenzelův manévr

#### Valsalvův manévr

Výdech proti sevřeným nosním křídílům a uzavřené ústní dutině při uzavřené epiglottis vede ke zvýšení nitroústního tlaku a ventilaci ET směrem do středouší.

#### POZNÁMKY:

- VM je nutno provádět krátce a intenzivně.
- VM je kontraindikován při bakteriálně komplikované rýmě.

### PREVENCE A LÉČBA

- Prevence: nelétat v akutní fázi onemocnění horních cest dýchacích s omezením jejich průchodnosti.
- Léčba:
  - Použití aktivních manévrů (viz V.).
  - Valsalvův manévr (viz V.).
  - Použití nosních kapek a opakování předchozího postupu.
  - Přerušování sestupu.
  - Po přistání odborné ORL ošetření.

## Vedlejší dutiny obličeje

- Čelní a čelistní
  - Individuální velikost a tvar
  - Čelní a čelistní dutiny komunikují volně s nosní dutinou.
- Typická fáze letu: **klesání**, výjimečně stoupání

- V případě omezení průchodnosti této komunikace např. zánětlivým onemocněním horních cest dýchacích, vážně možnost kompenzace tlakových změn.
- Důsledkem expanze a komprese vzduchu v dutinách vznikají baroobtěže.

#### KLINICKÝ OBRAZ:

- Pocit zaujatosti hlavy.
- Pocit tlaku v postižené dutině.
- Bolest postižené dutiny.

#### PREVENCE A LÉČBA

##### Prevence:

- neléhat v akutní fázi onemocnění horních cest dýchacích s omezením jejich průchodnosti.

##### Léčba:

- Použití aktivních manévrů.
- Valsalvův manévr.
- Použití nosních kapek a opakování předchozího postupu.
- Přerušování sestupu.
- Po přistání odborné ORL ošetření.

## Zažívací trakt

- Uzavřený prostor: dvanáctník, tenké a tlusté střevo a konečník.
- Zažívací trakt konstantně obsahuje asi 500 ml plynů (polykání a trávení potravy).
- Množství tohoto plynu je regulováno střevní peristaltikou.
- Při výstupu v nepřetlakové kabině dochází k **expanzi** plynů, která vyvolává baroobtěže.
- Typická fáze letu: **výstup**

#### KLINICKÝ OBRAZ:

- Pocit plnosti a nadýmání v břiše.
- Bolest břicha různé intenzity.
- Zrychlené povrchní dýchání.
- Bledá zpocená kůže.
- Pokles krevního tlaku.

#### PREVENCE A LÉČBA:

##### Prevence:

- Vyvarovat se příjmu potravin jejichž trávením vzniká zvýšené množství plynů.
- Vyprázdnění plynného a pevného obsahu střev.
- Vyprázdnění močového měchýře.
- Farmaka.

##### Léčba:

- Vyprázdnění plynného obsahu střev.
- Přerušování výstupu.

## Zuby

- Uzavřený prostor: **dřeňová dutina**
- Baroobtěže vznikají vzácně.
- Důvodem je **nesprávně provedená výplň** sanovaného zubu, obsahující vzduchovou bublinu.
- Vzduch expandující do dřeňové dutiny vyvolává baroobtěže.
- Typická fáze letu: **výstup**

#### KLINICKÝ OBRAZ:

- Bolest zpočátku nepřesně lokalizovaná, pak intenzivní až šokující bolest postiženého zubu - pulpitická bolest.

#### PREVENCE A LÉČBA:

##### Prevence:

- Řádně ošetřené, zdravé zuby

##### Léčba:

- Podání analgetika.
- Přerušování výstupu.
- Po přistání stomatologické ošetření.

## Hyroxie

**Hyroxie** je stav, kdy se organismu jako celku nebo jeho jednotlivým částem nedostává kyslíku.

**Anoxie** je absolutní nedostatek kyslíku ve tkáních.

**Hypoxemie** je nedostatek kyslíku v krvi.

DRUHY HYPOXIE:

### A. Hypoxická

- Pokles dílčího tlaku kyslíku ( $pO_2$ ) v tepenné krvi při poklesu atmosférického tlaku se stoupající výškou.
- Pokles koncentrace kyslíku ve vdechované směsi pod 21%.
- Poruchy transportu kyslíku do plic (nedostatečná ventilace plic, snížení průchodnosti dýchacích cest aj.).

### B. Anemická – transportní

- Snížení schopnosti krve přenášet kyslík v důsledku:
  - snížení počtu červených krvinek,
  - zhoršené funkce krevního barviva (hemoglobinu) v přenosu kyslíku.

### C. Stagnační

- Vlastní mechanismus transportu kyslíku není narušen, vážne však krevní zásobení tkání v důsledku:
  - zúžení tepenného řečiště (onemocnění, poranění)
  - srdečního selhávání, šokového stavu
  - +Gz přetížení

### D. Histotoxická

- Neschopnost tkání zužítkovat dodaný kyslík, způsobená:
  - alkoholem, případně některými drogami a kyanidy, které blokují látkovou přeměnu v buňkách

## HYPOXICKÁ HYPOXIE

### Příčiny

- A. Pokles  $pO_2$ .
- B. Pokles koncentrace  $O_2$  ve vdechované směsi.
- C. Hypoventilace
  - obstrukce dýchacích cest, paralýza dýchacích svalů, útlum dechového centra, povrchní dýchání, zvýšený odpor dýchacích cest nebo plicní tkáně, pneumothorax, emfyzem.
- D. Alveolokapilární blok difuze
  - pneumonie, fibróza
- E. Abnormální poměr ventilace - perfúze
  - emfyzem, atelektáza
- D. Intrakardiální pravolevé zkraty

### TRANSPORT PLYNU

Difuze plynů (Fickův zákon) závisí:

- přímo úměrně na:
  - rozdílu koncentrací,
  - rozpustnosti plynu.
- nepřímo úměrně na:
  - vzdálenosti mezi místy výměny,
  - druhé odmocnině molekulové váhy plynu.
- $CO_2$  difunduje 20 krát rychleji a snadněji než  $O_2$  !!!!

### TRANSPORT KYSLÍKU OBĚHOVÝM SYSTÉMEM

1. Fyzikálně rozpuštěn v krevní plasmě (1,5%).
2. Chemická vazba na hemoglobin (98,5%).

Vazebná kapacita:

- a) 1 g Hbgl. váže 1,39 ml ( tzn. 100 ml krve může transportovat 20 ml  $O_2$ ),
- b) vztah mezi saturací Hbgl a  $pO_2$  je vyjádřen „kyslíkovou disociační křivkou“ .

## KOMPENZAČNÍ REAKCE – DÝCHAČÍ SYSTÉM

- Kompenzační reakce - počátek od 4 900 ft. (1 500 m), max. odpověď 22 000 ft. (6 700m).
- Zvýšení minutové ventilace:
  - zvýšení dechové frekvence,
  - zvýšení dechového objemu:
  - pO<sub>2</sub> - 76 torr: dvojnás. zvýš. MV,
  - pO<sub>2</sub> - 44 torr: čtyřnás. zvýš. MV.
- Důsledek - rozvoj respirační alkalózy – posun disociační křivky kyslíku doleva.

## KOMPENZAČNÍ REAKCE – OBĚHOVÝ SYSTÉM

- Zvýšení minutového srdečního objemu:
- tachykardie – prvotní mechanismus (max. o 20-25% na výšce 20 000 ft),
- tepový objem se nemění,
- systolický TK se zvyšuje (střední tlak nezměněn - snížení periferní rezistence).
- Redistribuce krevního objemu
  - vzestup - koronární a mozkové řečiště,
  - redukce - ledviny, kůže a GIT,
  - periferní odpor v nepracujícím kosterním svalstvu se nemění,
  - pracující sval - nárůst prokrvení až o 100%.

## **Vzdušný obal Země z hlediska reakce organismu**

- 0 - 2 km: **Indiferentní pásmo**
  - Bez využití kompenzačních reakcí a bez obtíží.
- 2 - 4 km: **Zóna úplné kompenzace**
  - Kompenzační reakce plně dostačuje k úplnému pokrytí kyslíkových potřeb organismu.
- Nad 4 km: **Zóna neúplné kompenzace**
  - Kompenzační reakce nestačí k zabezpečení organismu kyslíkem - projeví se hypoxický stav.
  - Použití kyslíkových přístrojů
- 6 - 7,5 km: **Kritická zóna**: nemožný dlouhodobý pobyt
- 12 km: Inverze tlakového gradientu kyslíku
  - Nutnost použití přetlakové kabiny nebo systému přetlakového dýchání.

## **Faktory ovlivňující klinický obraz**

- Intenzita hypoxie:
  - absolutní pokles atmosférického tlaku
  - gradient
  - čas
- Přírozená 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
- 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

## Klinické příznaky hypoxie CNS

### EUFORICKÁ FÁZE

- Subjektivní pocity
  - euforie
  - pocit „lehké opilosti“
- Objektivní příznaky
  - prohloubené a zrychlené dýchání
  - zvýšení srdeční frekvence
  - hovornost, žertování
  - vystupňování aktivity
  - ztráta sebekontroly

### HYPOXICKÁ FÁZE

- Subjektivní příznaky
  - obtížné dýchání, úzkost, slabost, nevěle nausea, návaly horka a chladu, ztuhlost
- Objektivní příznaky
  - poruchy logického myšlení, snížení psychické výkonnosti
  - poruchy koncentrace
  - poruchy paměti a výbavnosti
  - poruchy vědomí,
  - cyanóza
  - poruchy nervosvalové koordinace, svalový třes
  - zvýšení minutového srdečního a ventilačního objemu

Karel JVARC

10 000 9998 9986 9979 9972 9965 9958  
9951 9944 9937 9930 9923 9916 9909  
9902 9895 9888 9881 9874 9867 9860  
9853 9846 9839 9832 9825 9818 9811  
9804 9797 9790 9783 9776 9769 9762  
9755 9748 ~~9741~~ 9734 9727 9720  
9713 9706 9699 9692 9685 9680 9670  
~~9673~~ 9668 9661 9654 9647 9640 9630  
9623 9616 9609 9602 9595 9588 9578  
9571 9564 9557 9550 9543 9536 9526  
9519 9512 9505 9498 9491 9484 9474  
9467 9460 9453 9446 9439 9432 9422  
9415 9408 9401 9394 9387 9380 9370  
9363 9356 9349 9342 9335 9328 9318  
9311 9304 9297 9290 9283 9276 9266  
9259 9252 9245 9238 9231 9224 9214  
9207 9200 9193 9186 9179 9172 9162  
9155 9148 9141 9134 9127 9117 9110  
9103 9096 9089 9082 9075 9065 9058  
9051 9044 9037 9030 9023 9013 9006  
8999 8992 8985 8978 8971 8961 8954  
8947 8940 8933 8926 8916 8909 8902  
8895 8888 8881 8874 8864 8857 8850  
8843 8836 8829 8822 8812 8805 8798  
8791 8784 8777 8770 8760 8753 8746  
8739 8732 8725 8715 8708 8701 8691  
8684 8677 8670 8660 8653 8646 8636  
8629 8622 8615 8605 8598 8591 8581  
8574 8567 8560 8550 8543 8536 8526  
8519 8512 8505 8495 8488 8481 8471  
8464 8457 8450 8440 8433 8426 8416  
8409 8402 8395 8385 8378 8371 8361  
8354 8347 8340 8330 8323 8316 8306  
8299 8292 8285 8275 8268 8261 8251  
8244 8237 8230 8220 8213 8206 8196  
8189 8182 8175 8165 8158 8151 8141  
8134 8127 8120 8110 8103 8096 8086  
8079 8072 8065 8055 8048 8041 8031  
8024 8017 8010 8000 7993 7986 7976  
7969 7962 7955 7945 7938 7931 7921  
7914 7907 7900 7890 7883 7876 7866  
7859 7852 7845 7835 7828 7821 7811  
7804 7797 7790 7780 7773 7766 7756  
7749 7742 7735 7725 7718 7711 7701  
7694 7687 7680 7670 7663 7656 7646  
7639 7632 7625 7615 7608 7601 7591  
7584 7577 7570 7560 7553 7546 7536  
7529 7522 7515 7505 7498 7491 7481  
7474 7467 7460 7450 7443 7436 7426  
7419 7412 7405 7395 7388 7381 7371  
7364 7357 7350 7340 7333 7326 7316  
7309 7302 7295 7285 7278 7271 7261  
7254 7247 7240 7230 7223 7216 7206  
7199 7192 7185 7175 7168 7161 7151  
7144 7137 7130 7120 7113 7106 7096  
7089 7082 7075 7065 7058 7051 7041  
7034 7027 7020 7010 7003 6996 6986  
6979 6972 6965 6955 6948 6941 6931  
6924 6917 6910 6900 6893 6886 6876  
6869 6862 6855 6845 6838 6831 6821  
6814 6807 6800 6790 6783 6776 6766  
6759 6752 6745 6735 6728 6721 6711  
6704 6697 6690 6680 6673 6666 6656  
6649 6642 6635 6625 6618 6611 6601  
6594 6587 6580 6570 6563 6556 6546  
6539 6532 6525 6515 6508 6501 6491  
6484 6477 6470 6460 6453 6446 6436  
6429 6422 6415 6405 6398 6391 6381  
6374 6367 6360 6350 6343 6336 6326  
6319 6312 6305 6295 6288 6281 6271  
6264 6257 6250 6240 6233 6226 6216  
6209 6202 6195 6185 6178 6171 6161  
6154 6147 6140 6130 6123 6116 6106  
6099 6092 6085 6075 6068 6061 6051  
6044 6037 6030 6020 6013 6006 6000  
5993 5986 5979 5969 5962 5955 5945  
5938 5931 5924 5914 5907 5900 5890  
5883 5876 5869 5859 5852 5845 5835  
5828 5821 5814 5804 5797 5790 5780  
5773 5766 5759 5749 5742 5735 5725  
5718 5711 5704 5694 5687 5680 5670  
5663 5656 5649 5639 5632 5625 5615  
5608 5601 5594 5584 5577 5570 5560  
5553 5546 5539 5529 5522 5515 5505  
5498 5491 5484 5474 5467 5460 5450  
5443 5436 5429 5419 5412 5405 5395  
5388 5381 5374 5364 5357 5350 5340  
5333 5326 5319 5309 5302 5295 5285  
5278 5271 5264 5254 5247 5240 5230  
5223 5216 5209 5199 5192 5185 5175  
5168 5161 5154 5144 5137 5130 5120  
5113 5106 5099 5089 5082 5075 5065  
5058 5051 5044 5034 5027 5020 5010  
5003 4996 4989 4979 4972 4965 4955  
4948 4941 4934 4924 4917 4910 4900  
4893 4886 4879 4869 4862 4855 4845  
4838 4831 4824 4814 4807 4800 4790  
4783 4776 4769 4759 4752 4745 4735  
4728 4721 4714 4704 4697 4690 4680  
4673 4666 4659 4649 4642 4635 4625  
4618 4611 4604 4594 4587 4580 4570  
4563 4556 4549 4539 4532 4525 4515  
4508 4501 4494 4484 4477 4470 4460  
4453 4446 4439 4429 4422 4415 4405  
4398 4391 4384 4374 4367 4360 4350  
4343 4336 4329 4319 4312 4305 4295  
4288 4281 4274 4264 4257 4250 4240  
4233 4226 4219 4209 4202 4195 4185  
4178 4171 4164 4154 4147 4140 4130  
4123 4116 4109 4099 4092 4085 4075  
4068 4061 4054 4044 4037 4030 4020  
4013 4006 3999 3989 3982 3975 3965  
3958 3951 3944 3934 3927 3920 3910  
3903 3896 3889 3879 3872 3865 3855  
3848 3841 3834 3824 3817 3810 3800  
3793 3786 3779 3769 3762 3755 3745  
3738 3731 3724 3714 3707 3700 3690  
3683 3676 3669 3659 3652 3645 3635  
3628 3621 3614 3604 3597 3590 3580  
3573 3566 3559 3549 3542 3535 3525  
3518 3511 3504 3494 3487 3480 3470  
3463 3456 3449 3439 3432 3425 3415  
3408 3401 3394 3384 3377 3370 3360  
3353 3346 3339 3329 3322 3315 3305  
3298 3291 3284 3274 3267 3260 3250  
3243 3236 3229 3219 3212 3205 3195  
3188 3181 3174 3164 3157 3150 3140  
3133 3126 3119 3109 3102 3095 3085  
3078 3071 3064 3054 3047 3040 3030  
3023 3016 3009 2999 2992 2985 2975  
2968 2961 2954 2944 2937 2930 2920  
2913 2906 2899 2889 2882 2875 2865  
2858 2851 2844 2834 2827 2820 2810  
2803 2796 2789 2779 2772 2765 2755  
2748 2741 2734 2724 2717 2710 2700  
2693 2686 2679 2669 2662 2655 2645  
2638 2631 2624 2614 2607 2600 2590  
2583 2576 2569 2559 2552 2545 2535  
2528 2521 2514 2504 2497 2490 2480  
2473 2466 2459 2449 2442 2435 2425  
2418 2411 2404 2394 2387 2380 2370  
2363 2356 2349 2339 2332 2325 2315  
2308 2301 2294 2284 2277 2270 2260  
2253 2246 2239 2229 2222 2215 2205  
2198 2191 2184 2174 2167 2160 2150  
2143 2136 2129 2119 2112 2105 2095  
2088 2081 2074 2064 2057 2050 2040  
2033 2026 2019 2009 2002 1995 1985  
1978 1971 1964 1954 1947 1940 1930  
1923 1916 1909 1899 1892 1885 1875  
1868 1861 1854 1844 1837 1830 1820  
1813 1806 1799 1789 1782 1775 1765  
1758 1751 1744 1734 1727 1720 1710  
1703 1696 1689 1679 1672 1665 1655  
1648 1641 1634 1624 1617 1610 1600  
1593 1586 1579 1569 1562 1555 1545  
1538 1531 1524 1514 1507 1500 1490  
1483 1476 1469 1459 1452 1445 1435  
1428 1421 1414 1404 1397 1390 1380  
1373 1366 1359 1349 1342 1335 1325  
1318 1311 1304 1294 1287 1280 1270  
1263 1256 1249 1239 1232 1225 1215  
1208 1201 1194 1184 1177 1170 1160  
1153 1146 1139 1129 1122 1115 1105  
1098 1091 1084 1074 1067 1060 1050  
1043 1036 1029 1019 1012 1005 995  
988 981 974 964 957 950 940  
933 926 919 909 902 895 885  
878 871 864 854 847 840 830  
823 816 809 799 792 785 775  
768 761 754 744 737 730 720  
713 706 699 689 682 675 665  
658 651 644 634 627 620 610  
603 596 589 579 572 565 555  
548 541 534 524 517 510 500  
493 486 479 469 462 455 445  
438 431 424 414 407 400 390  
383 376 369 359 352 345 335  
328 321 314 304 297 290 280  
273 266 259 249 242 235 225  
218 211 204 194 187 180 170  
163 156 149 139 132 125 115  
108 101 94 84 77 70 60  
53 46 39 29 22 15 5  
0

11. 1. 2001

ÚSTAV LETECKÉHO ZDRAVOTNICTVÍ  
PRAHA  
oddělení bezpečnosti letů

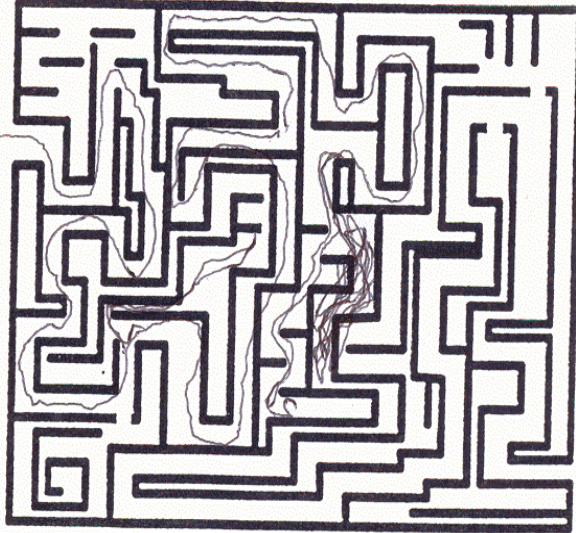
MUDr. Došal Pet.

MUDr. PET DOŠAL

# HYPOXIA WORKSHEET

sign your name VAVRA PAVEL  
what is your crew position? \_\_\_\_\_  
how do you correct for hypoxia symptoms? \_\_\_\_\_

CAN YOU FIND  
THE OXYGEN???



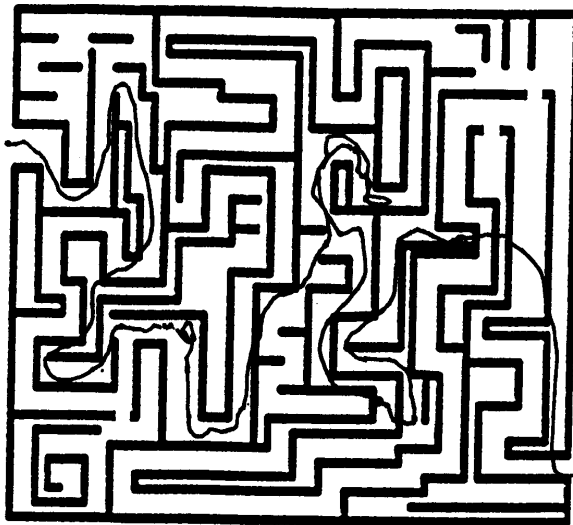
WHAT COLOR IS  
A LOW PRESSURE  
OXYGEN BOTTLE?

OXYGEN

# HYPOXIA WORKSHEET

sign your name Eduard HIRON  
what is your crew position? apt.  
how do you correct for hypoxia symptoms? \_\_\_\_\_

CAN YOU FIND  
THE OXYGEN???



WHAT COLOR IS  
A LOW PRESSURE  
OXYGEN BOTTLE?

OXYGEN



- Zrakový analyzátor
  - porucha černobílého vidění
  - porucha barevného vidění
  - porucha akomodace
  - porucha hloubkového vidění
  - zúžení zorného pole
- Sluchový analyzátor
  - zhoršení schopnosti rozumět mluvené řeči (analyticko-syntetická funkce CNS)
  - zvýšení sluchového prahu
- Vestibulární aparát
  - zvýšení latence odpovědi na změnu polohy

Fotopické vidění



Skotopické vidění



## Skotopické vidění - hypoxie



## Fotopické vidění

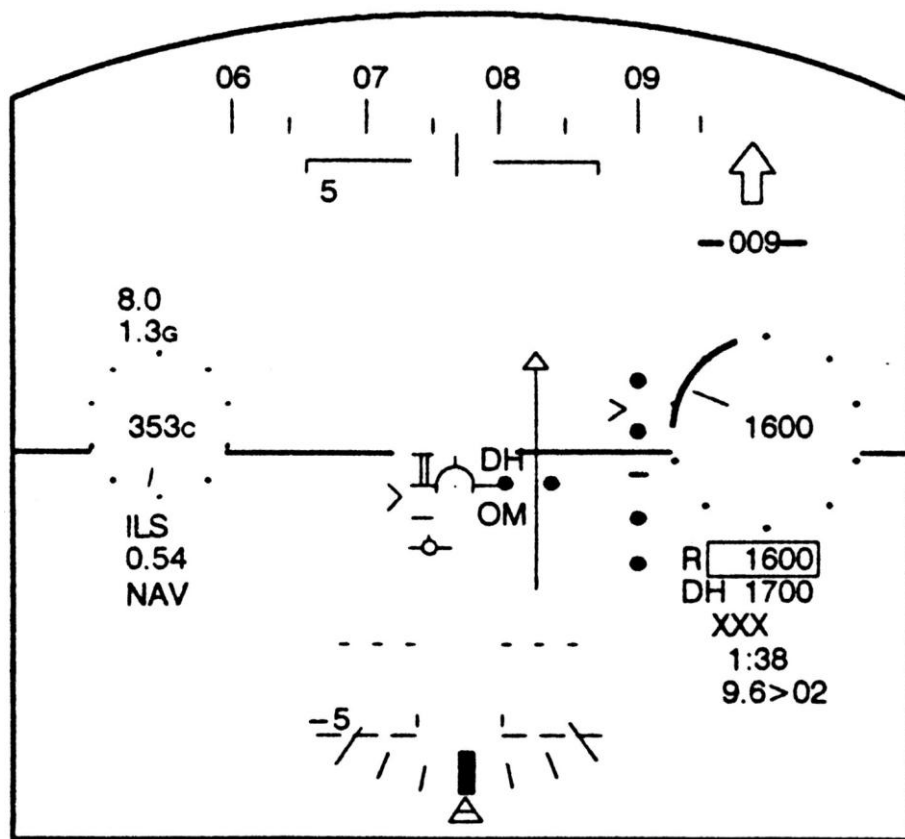


## Fotopické vidění - hypoxie

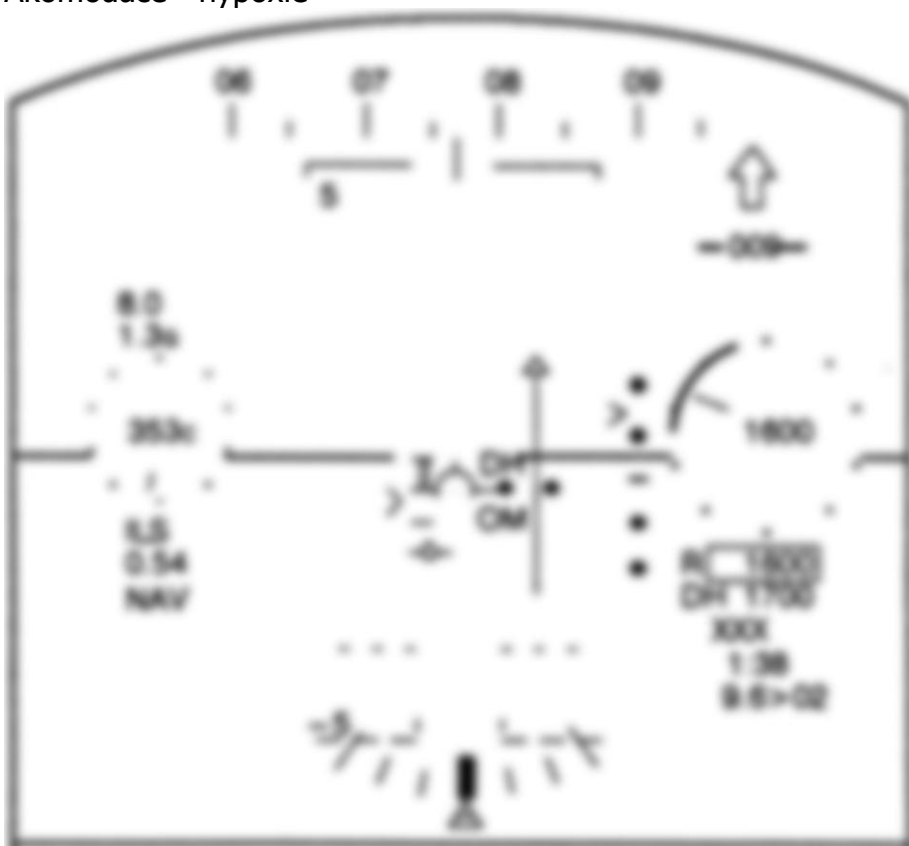




## Akomodace



## Akomodace - hypoxie



Zorné pole



Zorné pole - hypoxie



## DOBA UŽITEČNÉHO VĚDOMÍ

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

ft / km	aktivita	klid
18 000 / 5,4	20 min	30 min
25 000 / 7,5	2 min	3 min
30 000 / 9,0	45 s	75 s
45 000 / 13,5	12 s	20 s
56 000 / 16,8	12 s	12 s

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

## LÉČBA HYPOXIE

### I. Podání kyslíku

- Podání O<sub>2</sub> (náležitá koncentrace a pO<sub>2</sub>) vede k velmi rychlé úpravě stavu (přechodné bolesti hlavy).
- Pozor na hyperventilaci !!!
- Někdy se objeví přechodné zhoršení hypoxických příznaků po dobu 15 – 20 s = **kyslíkový paradox**:
  - většinou lehký průběh, ale může vyústit do klonických křečí až ztráty vědomí,
  - mechanismus není přesně znám.

### II. Snížení nadmořské výšky pod 4 000 m

## OCHRANA PROTI HYPOXII

### I. NESPECIFICKÁ

#### A. Adaptace

#### B. Aklimatizace:

- zvýšení difúzní kapacity plic
- zvýšení prokrvení důl. orgánů
- vzestup počtu cirkulujících červených krvinek (produkce erythropoetinu)
- vzestup erytrocytárního 2,3 difosfoglycerátu - pokles afinity Hb ke kyslíku - zvýšený výdej tkáním
- zvýšení množství mitochondrií
- zvýšení tkáňové cytochromoxydázy
- zmnožení myoglobinu (usnadnění pohybu kyslíku ve tkáních)
- renální kompenzace respirační alkalózy

### II. SPECIFICKÁ

#### A. Tlakové kabiny:

- výškové (s malou a vysokou tlakovou diferencí),
- regenerační.

#### B. Individuální kyslíkové přístroje:

- nepřetržitá dodávka kyslíku,
- "plicní automat,,
- systém přetlakového dýchání.

## **Klinický obraz**

- Expozice do 10 000 ft. (do 39 000 ft. kyslík)
  - bez příznaků, může být mírně zhoršena výkonnost při plnění nezvyklých úkolů
- Expozice do 15 000 ft. (do 42 000 ft. kyslík)
  - málo příznaků, příznaky lehkého stupně,
  - zhoršená zručnost (koordinace pohybů),
  - prodloužený pobyt - bolest hlavy,
  - snížená kapacita fyzické zátěže,

- extrémní teploty mohou vyvolat množství dalších příznaků hypoxie
- Expozice do 20 000 ft. (do 45 000 ft. kyslík)
  - jsou postiženy mentální schopnosti (zejména VNČ), oslabeny volní vlastnosti, schopnost kritického hodnocení
  - narušení autocenzury - neschopnost hodnocení vlastní výkonnosti - je potenciálně nebezpečné
  - zpomalení psychomotorického tempa,
  - emoční změny - euforická fáze (event. agresivita, morous)
  - hyperventilace
  - zrakové příznaky
  - 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
  - při velkém gradientu - ztráta vědomí
- Expozice nad 20 000 ft. (nad 45 000 ft. kyslík)
  - výše uvedené příznaky se vyvíjejí rychle
  - ztrátu vědomí předchází myoklonické záškuby horních končetin,
  - ztráta vědomí,
  - hypoxické křeče - intenzivní kontrakce – opistotonus

## Létání v dlouhé vlně - osobní pocity a poznatky plachtařů

Všechny lety bez kyslíku!! I když někteří měli přenosný dýchač s sebou, ale nepoužili ho.

### A) muž 62 let

- den před inkriminovaným letem létal 3 hodiny ve výšce 4200m
- vlastní let: do výšky 5000m stoupal velmi pomalu
- od 5000 do 6500m se stoupaní zrychlilo
- po dosažení této výšky urychleně sestoupil, není si vědom vůbec žádných obtíží.
- další poznatky:
  - při pobytech v Krnově a Mikulovicích si všiml radiokorespondence s kolegy v dlouhé vlně : nápadně obtížné vyjadřování (jako v opilosti), po přistání si toho vůbec nebyli vědomi
  - někteří si stěžovali na bolesti hlavy - ale při pobytu ve stejné výšce ne všichni - asi záleželo na osobní kondici

### B) muž 50 let

- po prvé před 10 lety za Pradědem nad Karlovou Studánkou do 4500m s převýšením 3000m, žádné účinky na sobě neshledal
- nejvýše nad Jeseníky před 2 roky ve výšce 5800m s převýšením 4200m, „moc dlouho se tam nezdržel“.Vliv na psychiku nepocíťoval, pouze nepříjemné brnění v prstech na rukou.
- před několika měsíci výstup v barokomoře rychlostí 160 ft – asi 50 m/sec. do 25000 ft (7600m), odepnut kyslík a řeší úkoly: ve 4.min. začal pociťovat lehké zpomalení myšlení, nevolnost, brnění prstů u rukou a tlak v břiše. Po 5 min. nasazen opět kyslík a rychlý sestup. Při něm zblednutí, studený pot, snížení tepové frekvence. Pozdní následek: při cestě domů 2x přešel metrem cílovou stanici - psychická nesoustředěnost.

### C) muž 22 let

sebehodnocení: hubený, bez zdravotních obtíží, příležitostně sportující

- první let: konec října, QNH 1015 a T ve 300m 13-15°C. Let trval 6 hod., z toho přes 4,5 hod. nad 5000m a z toho přes 2 hod. nad 6000m, max. dosažená výška 6700m - T-37 °C, v kabině



naměřil labor. teploměrem -29 °C. Oblečení: spodky, manšestrové kalhoty, kecky, troje tlusté ponožky, dvě fleecové mikiny, placht. klobouk. Nejvíce trpěly ruce bez rukavic a špičky nohou – nakonec pro nesnesitelnou bolest nohou sklesal rychle (vytratil 5000 m za 6 minut) - následek: bolest hlavy, která trvala až do půlnoci než šel spát

- druhý let: v podobných podmínkách, trval 4 hod., z toho 3 hod. nad 5000m a 2 hod. nad 6000m a nejvyšší dosažená výška 7100m. Přidal pletené rukavice, čepici a dvě vrstvy ponožek. Špičky nohou promrzly stejně a opět pro nesnesitelnou bolest sklesal a přistál. V předchozích dvou dnech nedostatek spánku (2x 5hod.), proto sám hodnotí větší účinek výšky.

#### Souhrn pozorování:

0-4500 m:	bez problémů, „smysly a mozek bez omezení“,
4500-5000 m:	pozoroval krátkodobě zrychlenou srdeční činnost (si 3min.), pak zklidnění, smysly a řeč normální,
5000-6000 m:	okolo 5500 m mírné otupění pozornosti, pocit klidu a maximální spokojenosti, mírné potlačení periferního vidění, řeč normální, rty ani lůžka nehtů nejevily známky modráni,
6000 m:	periferní vidění dále ustupuje, řeč velmi mírně zpomalená, úsudek znatelně zpomalený, rty ani nehtová lůžka nemodrají, pilotáž bez jakýchkoliv problémů,
6500 m:	periferní vidění nefunguje, řeč zpomalená (asi jako po 4 pivech), první stopy nedokonalé koordinace pilotáže (nedotáčení nebo přetáčení zatáček do kurzu), rty ani lůžka nehtů nemodrají,
7000 m:	tunelové vidění, pocit únavy, nepříjemně tísnivý pocit na hrudníku, mírné motání hlavy a celkový nepříjemný pocit, rty ani lůžka nehtů nemodrají.

#### Doporučení:

- nepřekračovat bez kyslíku 6000 m,
- u starších a nesportovců 5000 m,
- dlouhodobě se nezdržovat v 5000 m,
- vybavit se vyhříváním do bot.

*Výňatek z poznámek MUDr. Chaloupky (ÚCL) k přednášce „Medicínské aspekty létání ve velkých výškách“, Plachtařský seminář 2006 v Jablonném n. Orli.*