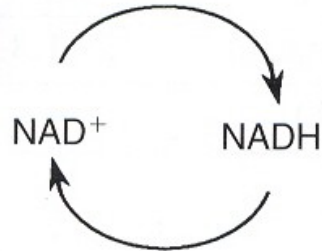


# **Metabolismus kyslíku v organismu**

## Aerobic Metabolism

1 mol glucose  $\longrightarrow$  pyruvate  $\longrightarrow$  acetyl-CoA  $\longrightarrow$  citric acid cycle

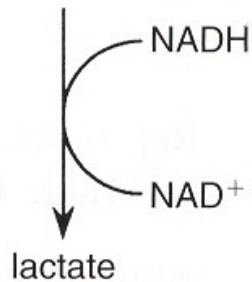


Oxidative phosphorylation in mitochondria rapidly oxidize NADH back to NAD<sup>+</sup>.

38 mol ATP produced

## Anaerobic Metabolism

1 mol glucose  $\longrightarrow$  pyruvate  $\not\longrightarrow$  acetyl-CoA



Without oxidative phosphorylation, NADH accumulates, which favors conversion of pyruvate to lactate.

2 mol ATP produced

## Účinná respirace/oxygenace tkání záleží na

- dostatečném  $pO_2$  ve vdechovaném vzduchu
- ventilaci / perfuzi
- výměně plynů v plicích
- vazbě kyslíku na hemoglobin
- srdečním výdeji

## ***hypoxická hypoxie***

- dostatečné množství a parciální tlak kyslíku ve vdechovaném vzduchu
- adekvátní ventilace-výměna alveolárního vzduchu
- optimální poměr ventilace / perfuze na úrovni plicního paretchnymu
- efektivní difuze kyslíku z alveolárního vzduchu přes alveolo-kapilární membránu do krve

## ***anemická/transportní hypoxie***

- dostatečné množství funkčního (efektivního) hemoglobinu v krvi
- optimální afinita a vazba kyslíku na hemoglobin

## ***cirkulační/ischemická hypoxie***

- adekvátní minutový srdeční výdej

## ***histotoxická hypoxie***

- účinné uvolnění kyslíku do tkání a buněk
- aerobní metabolismus buňky

## Složení suchého atmosferického vzduchu

|     |              |               |
|-----|--------------|---------------|
|     | 78%          | dusík         |
|     | <b>20.9%</b> | <b>kyslík</b> |
|     | 0,03%        | oxid uhličitý |
| cca | 1,0%         | inertní plyny |

# Kyslíkový gradient

|                     | $pO_2$ [kPa] |
|---------------------|--------------|
| atmosferický vzduch | 19,9         |
| alveolární vzduch   | 14,6         |
| arteriální krev     | 13,3         |
| venózní krev        | 5,3          |
| mitochondrie        | 2,7          |

**FiO<sub>2</sub>**

Frakční inspirační kyslík

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| atmosferický vzduch.....            | 0,21 |
| arteficiální ventilace obvykle..... | 0,4  |
| čistý kyslík .....                  | 1,0  |

# Mrtvý prostor

- anatomický mrtvý prostor (dýchací cesty)
- alveolární mrtvý prostor (neperfundované alveoly)



# Možné příčiny hypoxie

## Atmosferický vzduch

### Nízký parciální tlak kyslíku

**vysoká nadmořská výška** – vysoké hory, výškové lety  
**spotřebovaný kyslík** – hoření v uzavřeném prostoru

## hypoventilace

**útlum dechového centra** (Morfin)

**slabost dýchacích svalů** (vyčerpané osoby)

**bolest při dýchání** (poranění hrudníku, pleuritida)

# Možné příčiny hypoxie

## Difuze kyslíku přes alveolokapilární membránu

plicní edém  
fibrotický proces

## Poměr ventilace / perfuze

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| alveolární ventilace je přibližně | 4 l/min. |
| srdeční výdej průměrně            | 5 l/min  |
| V/P poměr =                       | 0,8      |

# Možné příčiny hypoxie

## hemoglobin

**Koncentrace celkového hemoglobinu**  
anémie

**Efektivní koncentrace hemoglobinu**

**oxyhemoglobin**

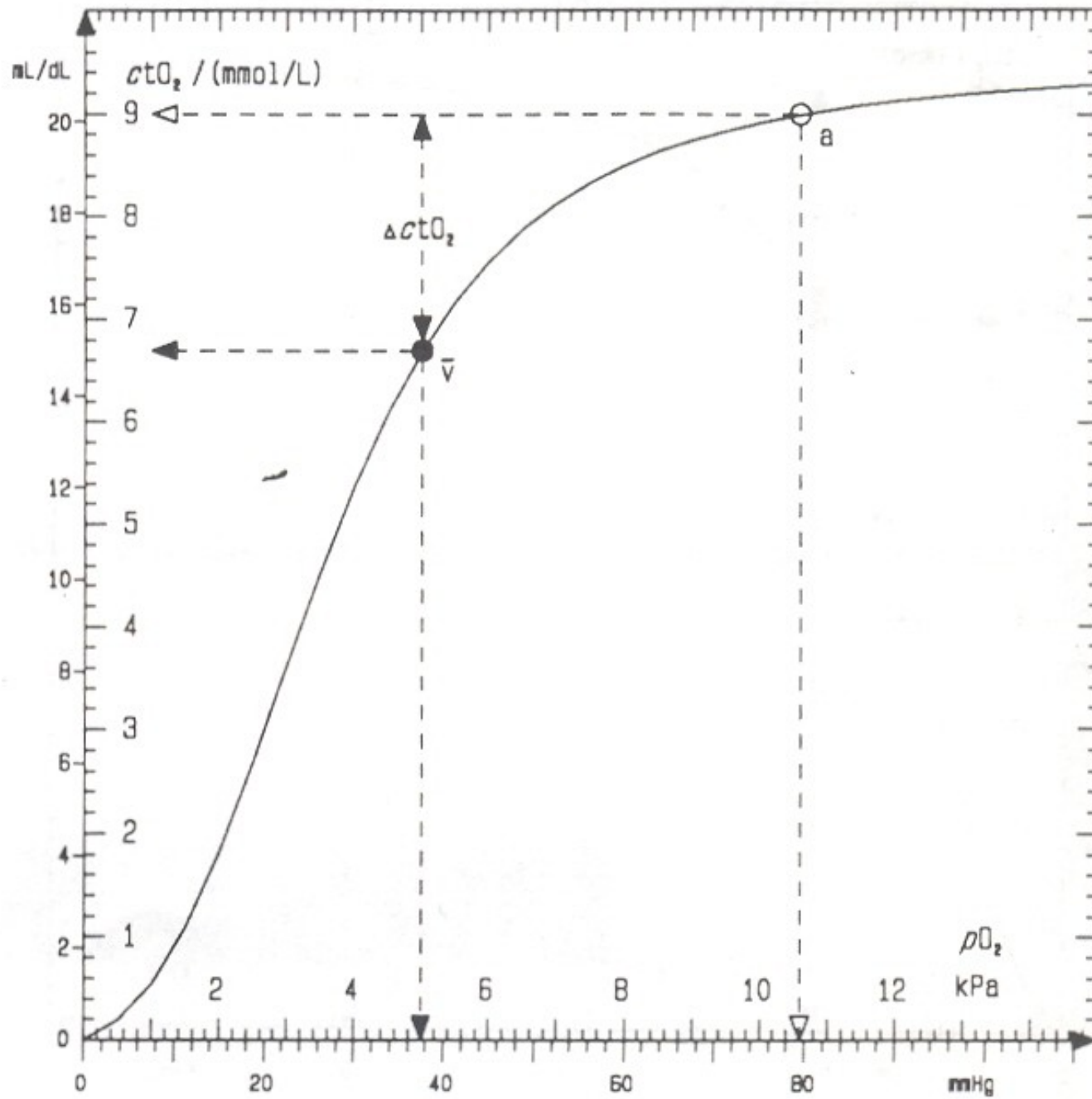
karbonylhemoglobin  
methemoglobin

# **Disociační křivka kyslíku**

## **Saturační křivka hemoglobinu**

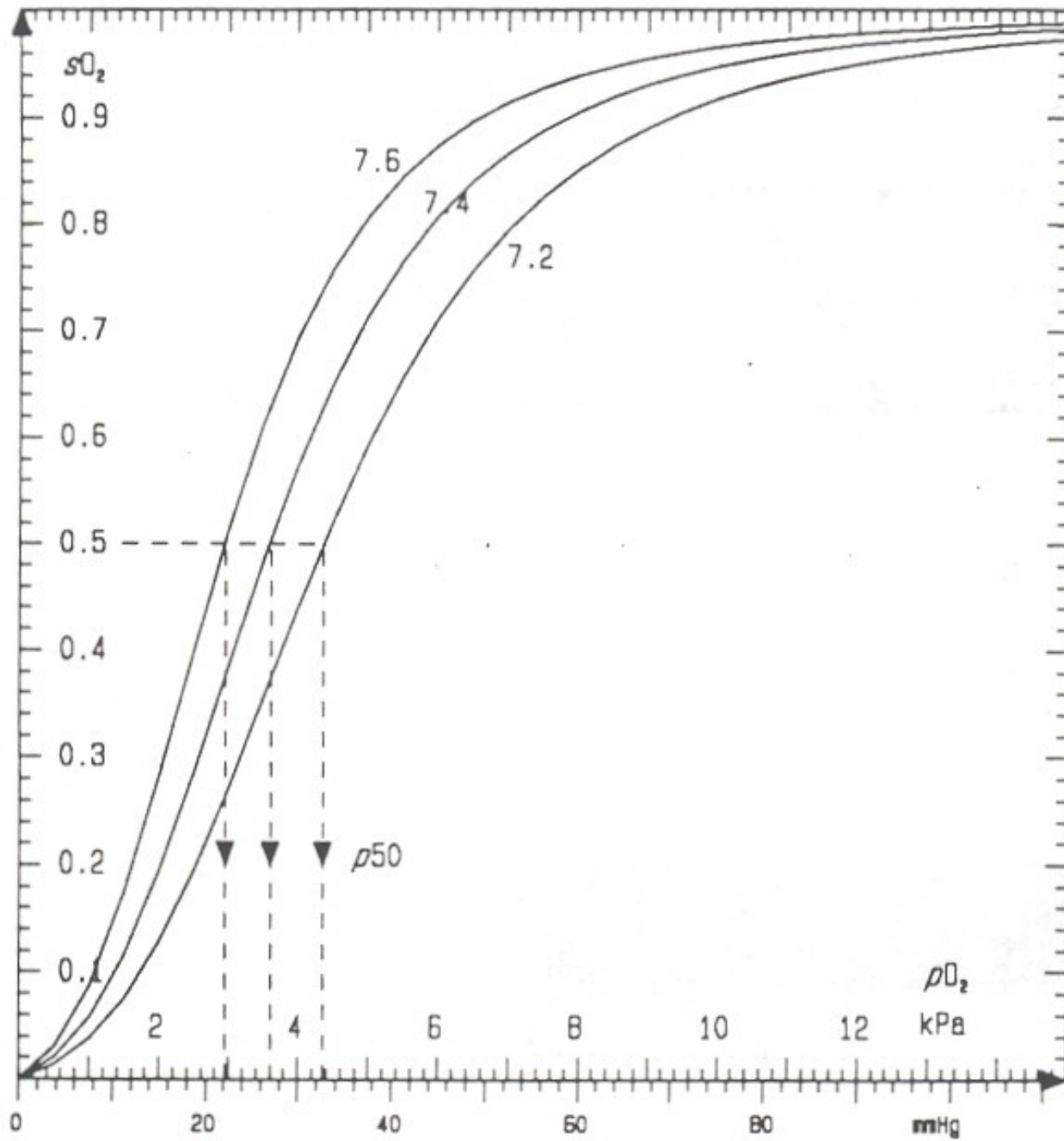
Vztah mezi  $pO_2$  a saturací hemoglobinu kyslíkem

Poloha disociační křivky kyslíku  
odráží afinitu kyslíku k hemoglobinu.



**afinitu kyslíku k hemoglobinu snižuje:**  
(posun křivky doprava)

- zvýšená teplota
- snížené pH
- zvýšený  $p\text{CO}_2$
- zvýšení koncentrace 2,3-difosfoglycerátu v erytrocytech



# Možné příčiny hypoxie

## Srdeční výdej

srdeční selhání  
infarkt myokardu

## Prokrvení tkání

hypovolemie  
šok  
centralizace krevního oběhu



# Respirační insuficience

## *Chronická respirační insuficience*

- **parciální**, postihující dodávku kyslíku (hypoxie)
- **globální** spojená i s retencí oxidu uhličitého (hyperkapnie a respirační acidóza)

## *Akutní respirační insuficience*

**syndrom akutní dechové tísně-ARDS** (adult respiratory distress syndrom) je závažný stav spojený s vysokou úmrtností. Často bývá spojen s šokovým stavem (šoková plíce) i jako součást multiorgánového selhání různé etiologie.

# Hypoxie

Nedostatek kyslíku ve tkáních

**Kys. mléčná** - produkt anaerobního metabolismu

## Vliv vysoké nadmořské výšky

Složení atmosferického vzduchu je stejné u hladiny moře i na Mount Everestu, liší se pouze barometrický tlak a tím i parciální tlak kyslíku. Snížený  $pO_2$  působí hypoxii, která vyvolává řadu adaptačních reakcí. Při dlouhodobějším pobytu ve vyšší nadmořské výšce se jedná především o zvýšenou tvorbu erytropoetinu (EPO) v ledvinách s následnou stimulací tvorby hemoglobinu a erytrocytů s výsledným zvýšením kyslíkové kapacity krve. Zvyšuje se i 2,3-bisfosfoglycerát, který usnadňuje uvolňování kyslíku do tkání. Těchto adaptačních mechanismů se využívá při přípravě vysokohorských horolezců ale často i pro zvýšení kyslíkové výkonnosti u různých vrcholových sportovních disciplín.

# Potápění

S opačnou problematikou se potýkají potápěči. S hloubkou ponoru pod hladinu se dramaticky zvyšuje tlak a tím i  $pO_2$  vdechovaného vzduchu až do toxických hodnot. Při dýchání vzduchu o stejném složení jako je atmosferický vzduch tak hrozí hyperoxie. Pro potápění do větších hloubek se proto používá směs plynů, která obsahuje menší podíl kyslíku (tzv. Trimix). Nadbytečný dusík a kyslík je v této směsi nahrazen netečným plynem (heliem).

# Biologický materiál pro měření kyslíku

Nejvhodnější materiál pro měření kyslíku je arteriální krev  
(arteriální punkce je relativně invazivní výkon)

Arterializovaná kapilární krev z ušního lalůčku.

Odběr krve musí být proveden anaerobně



Blood gas

LOT 5094201

Exp. 2007-10







# Energetický výdej a krytí energetické potřeby

Potřeba energie se liší - od pacienta k pacientovi  
od choroby k chorobě  
z hodiny na hodinu

# Výpočet základního energetického výdeje

Harris-Benedict (rovnice)

výška (cm) .... váha(kg).... věk(roky).... pohlaví (M/F)

|                     |         |
|---------------------|---------|
| 1°C nad 37°C.....   | + 10 %  |
| střední stres ..... | + 30 %  |
| závažný stres.....  | + 100 % |

# Nepřímá kalorimetrie

Těsný vztah mezi energetickým výdejem a spotřebou kyslíku

## Měření spotřeby kyslíku

rozdíl mezi obsahem kyslíku  
ve vdechovaném a vydechovaném vzduchu

# Nepřímá kalorimetrie

$$\text{O}_2 \text{ [l/min]} \times 1440 \times 4,83 \times 4,18 = \text{kJ}$$

Energetický ekvivalent  
[kcal/l spotřebovaného kyslíku]

|                |           |
|----------------|-----------|
| glukóza.....   | 5,05 kcal |
| tuk.....       | 4,69 kcal |
| bílkovina..... | 4,49 kcal |