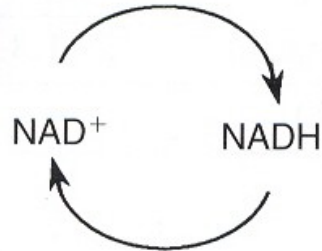


Metabolismus kyslíku v organismu

Aerobic Metabolism

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

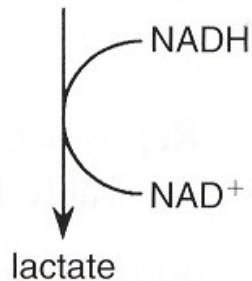


Oxidative phosphorylation in mitochondria rapidly oxidize NADH back to NAD⁺.

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
	20.9%	kyslík
	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

FiO₂

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

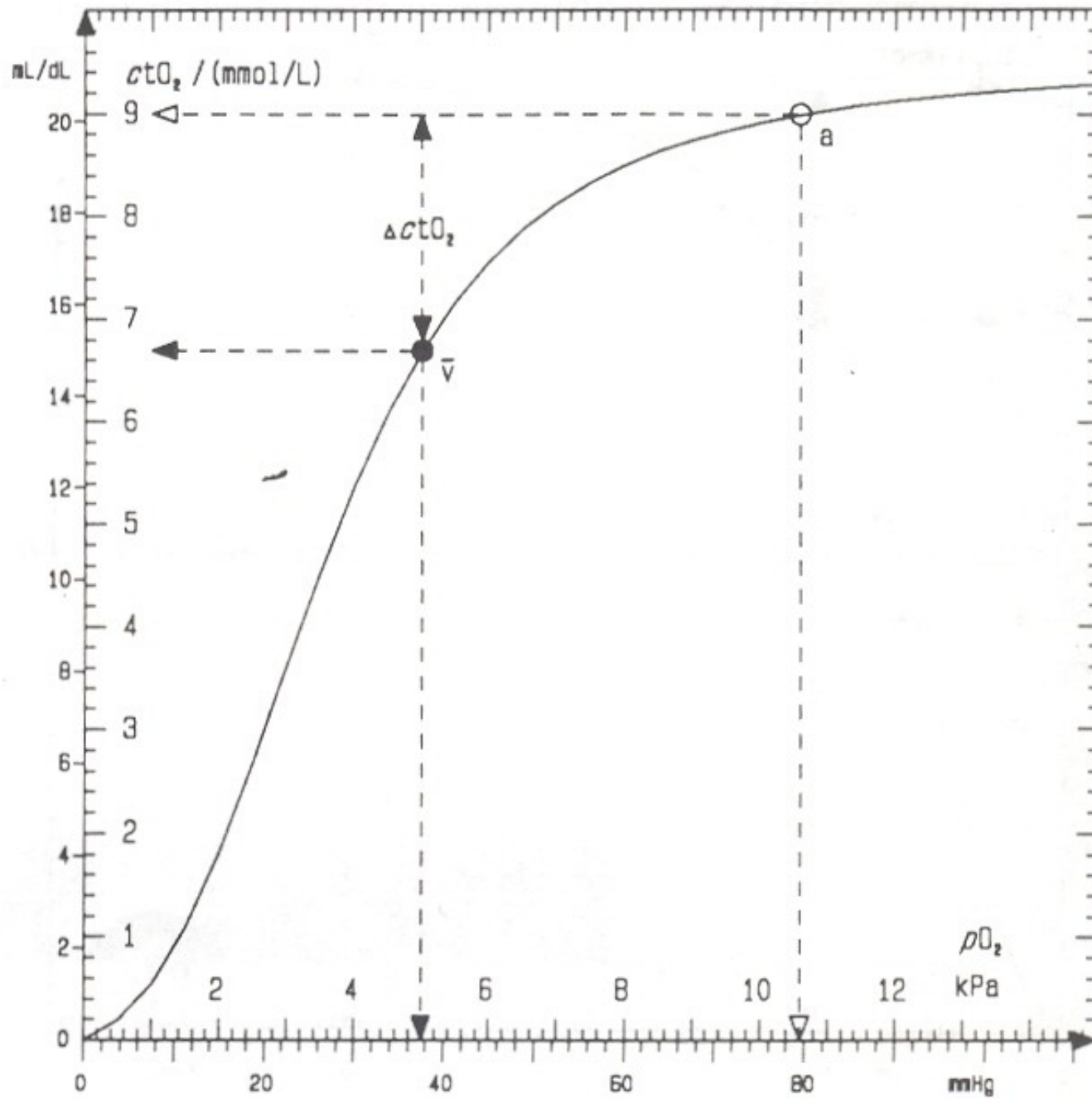
karbonylhemoglobin
methemoglobin

Disociační křivka kyslíku

Saturační křivka hemoglobinu

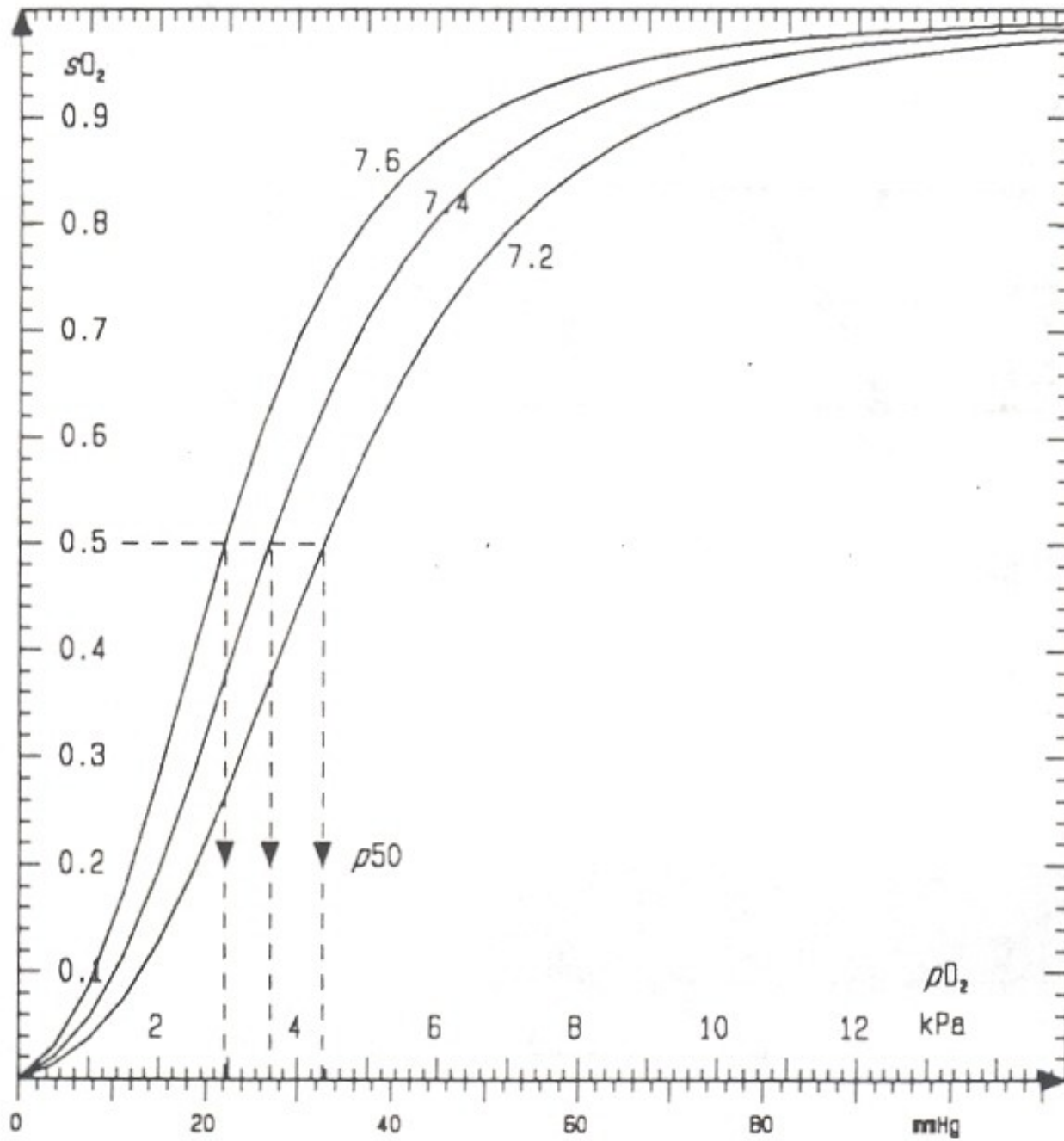
Vztah mezi pO_2 a saturací hemoglobinu kyslíkem

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