

# Hb

# stavba, funkce

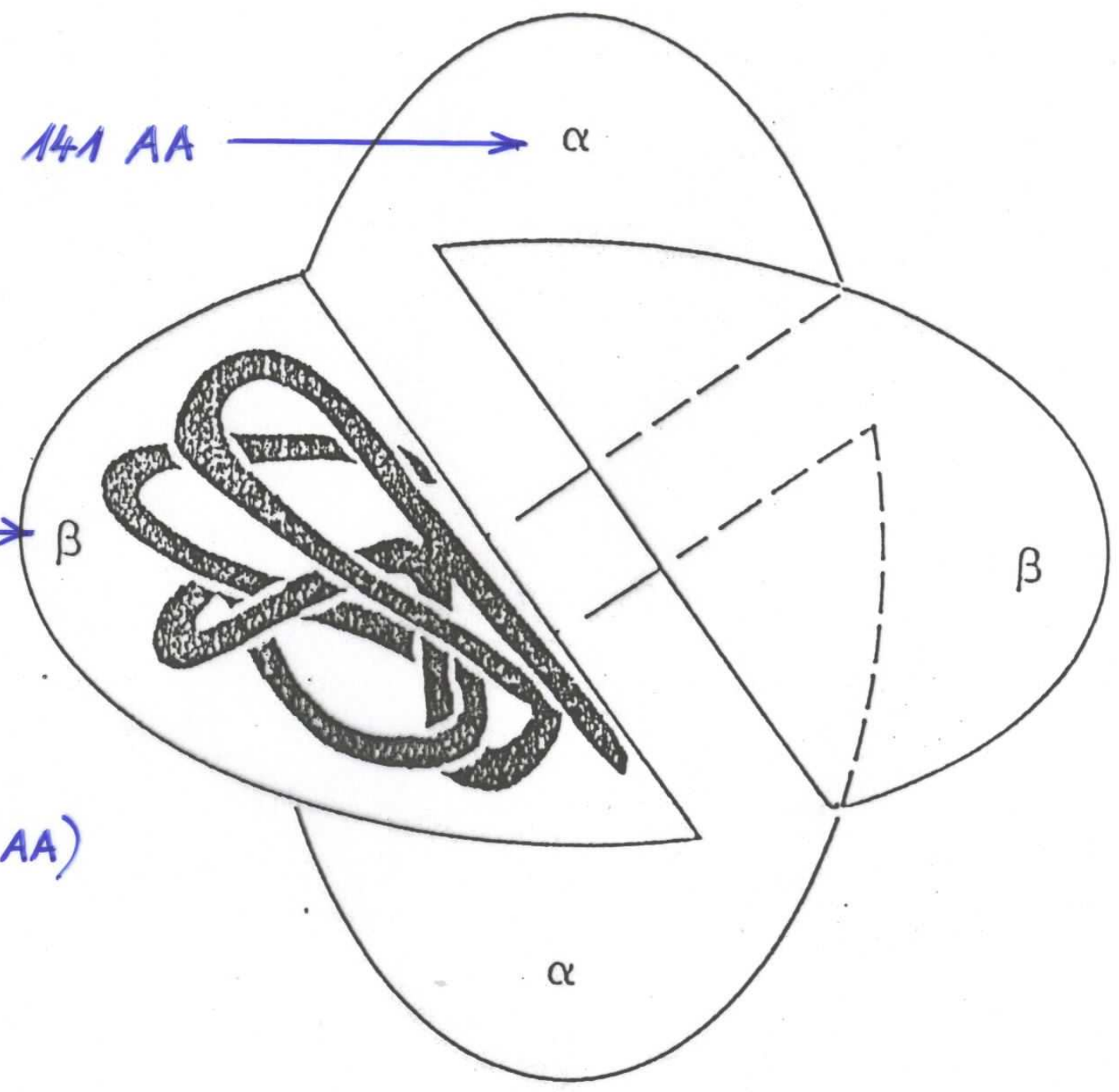
© Biochemický ústav LF MU (V.P.) 2007

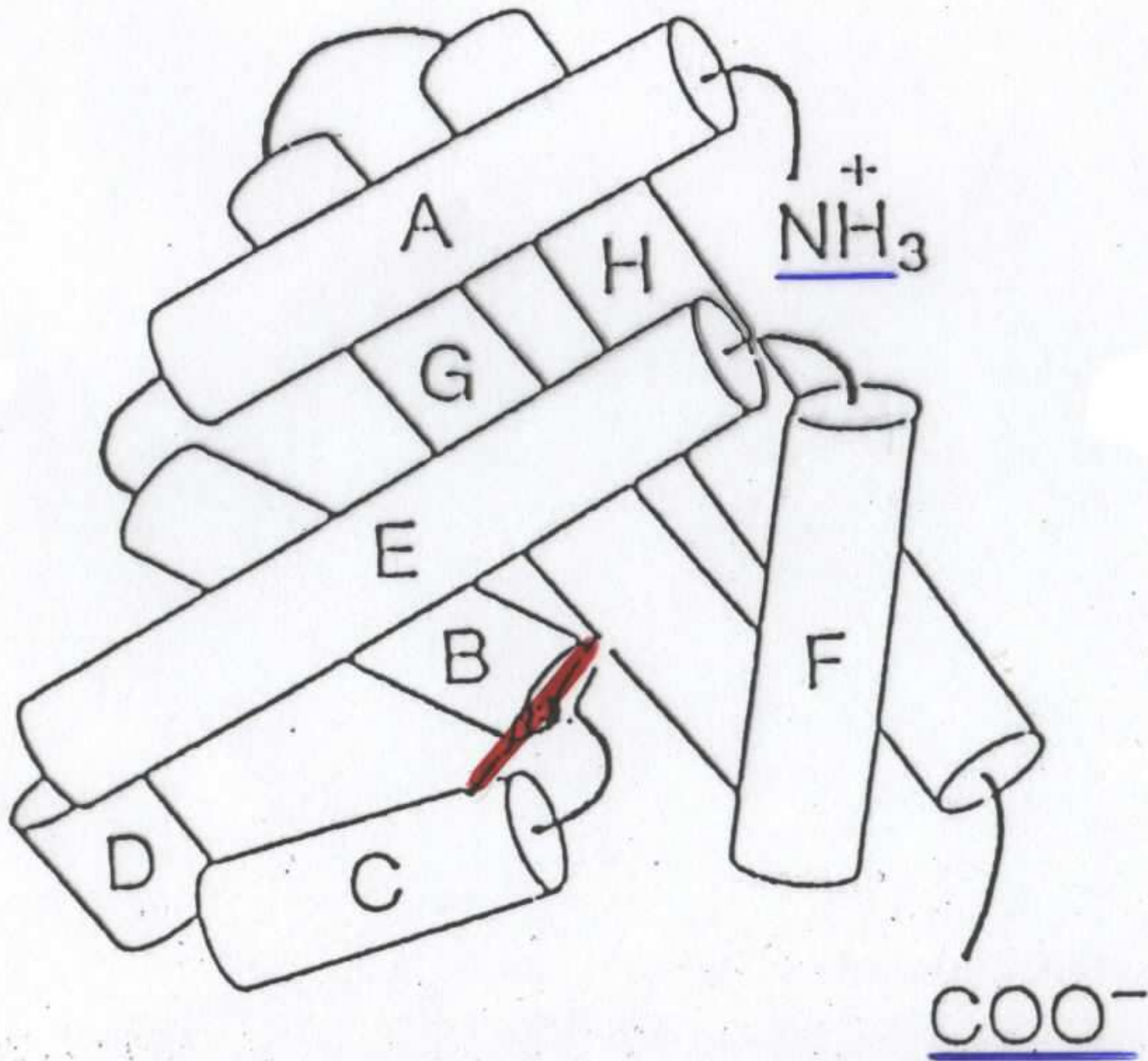
141 AA →  $\alpha$

146 AA →  $\beta$

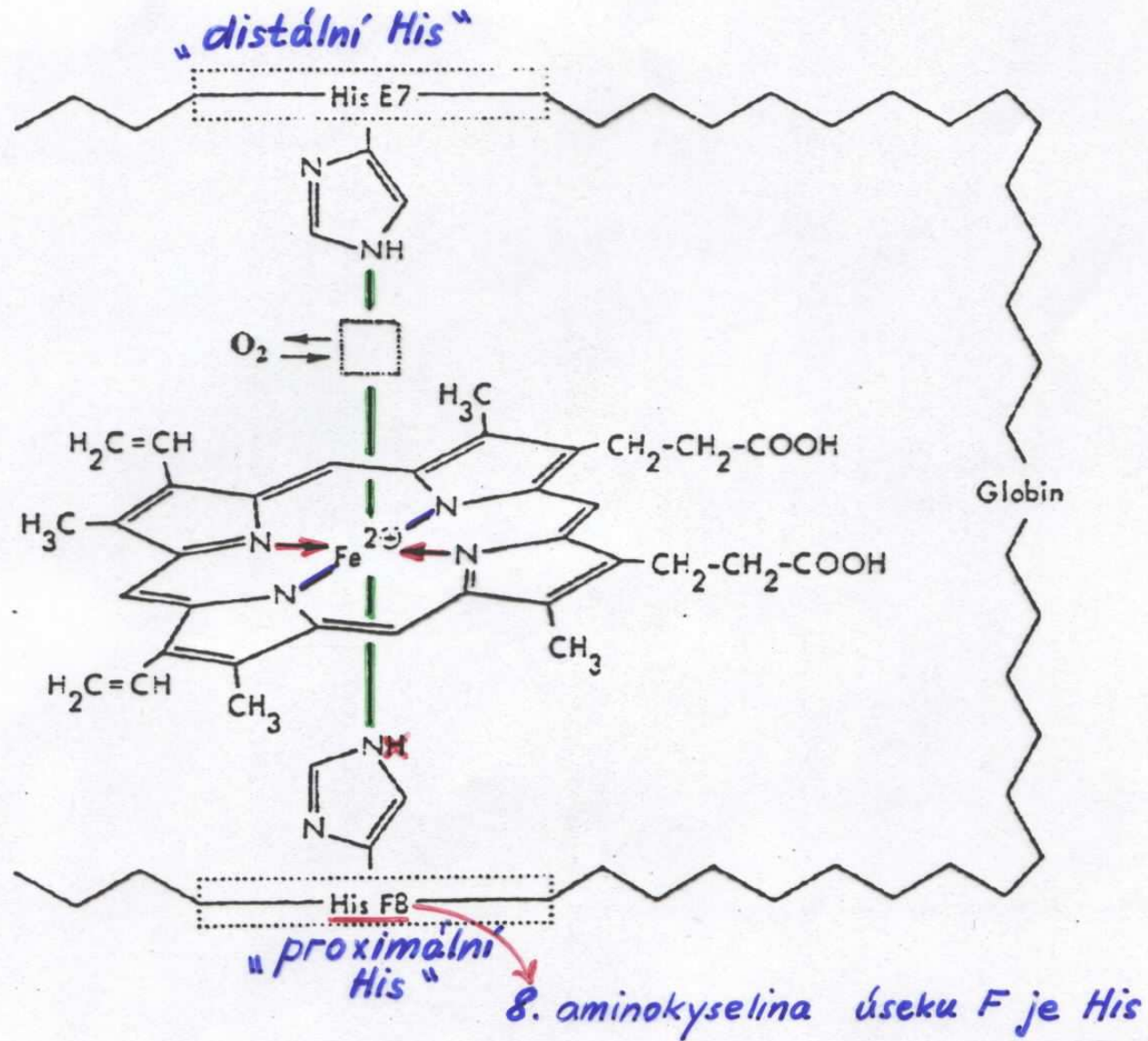
$M_r = 64.000$

(myoglobin 150 AA)





# Struktura hemu



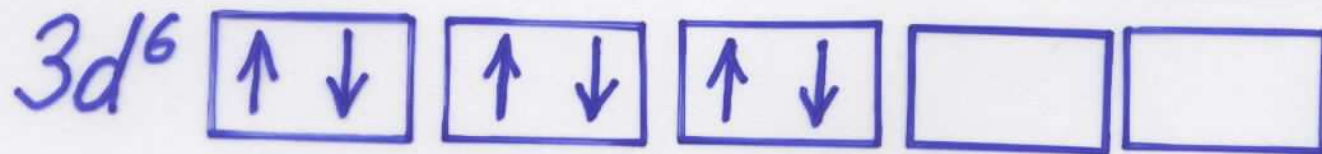
Fe (n-1)d VIII → 8 valenčních e<sup>-</sup>

Fe<sup>2+</sup>

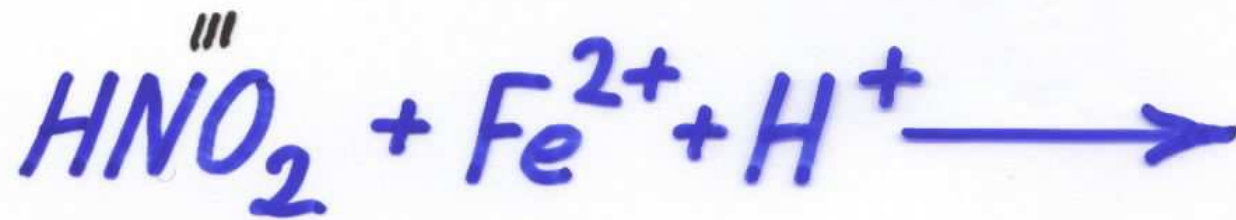


„vysokospinový stav“

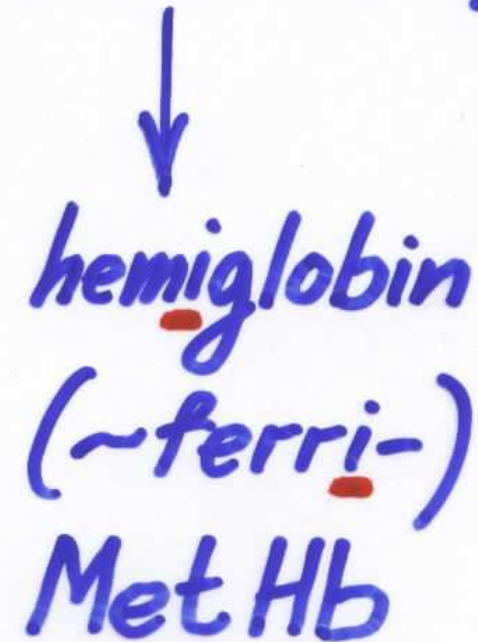
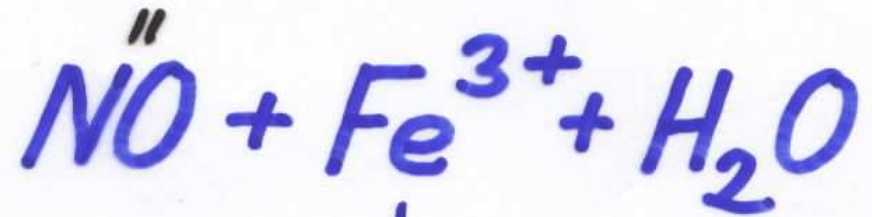
(součet spinů je vysoký)  
větší objem Fe



„nízkospinový stav“



ferrosi-



ferr-

# Železo v hemu - poznámka

Železo je vázáno v tetrapyrrolovém kruhu tak, že formálně byla dvě pyrrolová jádra zbavena na svých dusících  $H^+$ . Takto vznikl na každém ze dvou dusíků volný elektronový pár. Dvojice elektronů je využita (na každém z obou jader) k vytvoření dativní kovalentní vazby s  $Fe^{2+}$ .

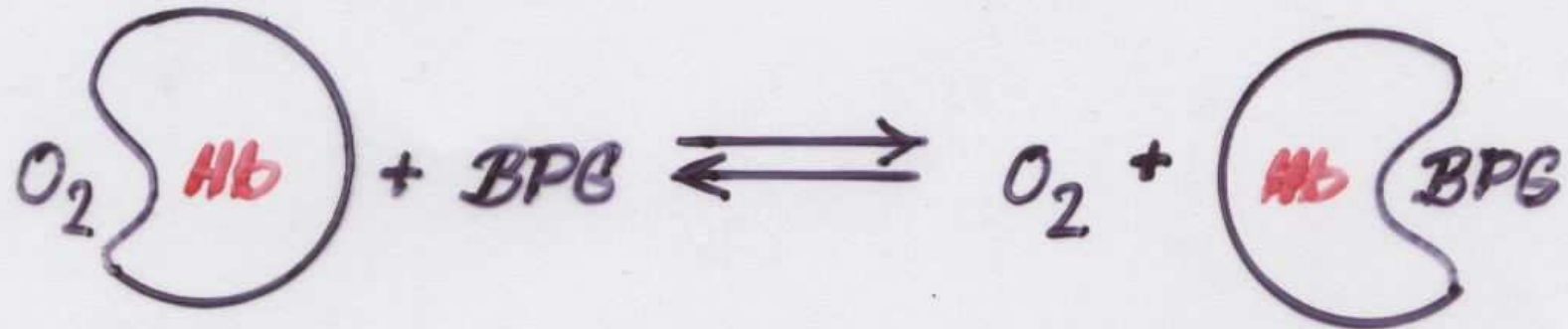
$Fe^{2+}$  zároveň přináší do molekuly hemu 2 kladné náboje, „ztracené“ při odnětí 2  $H^+$ .

**Hem v hemoglobinu je tedy elektricky neutrální a váže také elektricky neutrální molekuly ( $O_2$ ,  $CO$ ).**

Oxidace železa na  $Fe^{3+}$  ( $\rightarrow$  hemoglobin, methemoglobin) vede k získání 1 kladného náboje v molekule hemu.

Hem pak jako kation váže anionty (např.  $CN^-$ , ale nemůže už vázat elektricky neutrální molekuly – není tedy schopen přenášet kyslík).

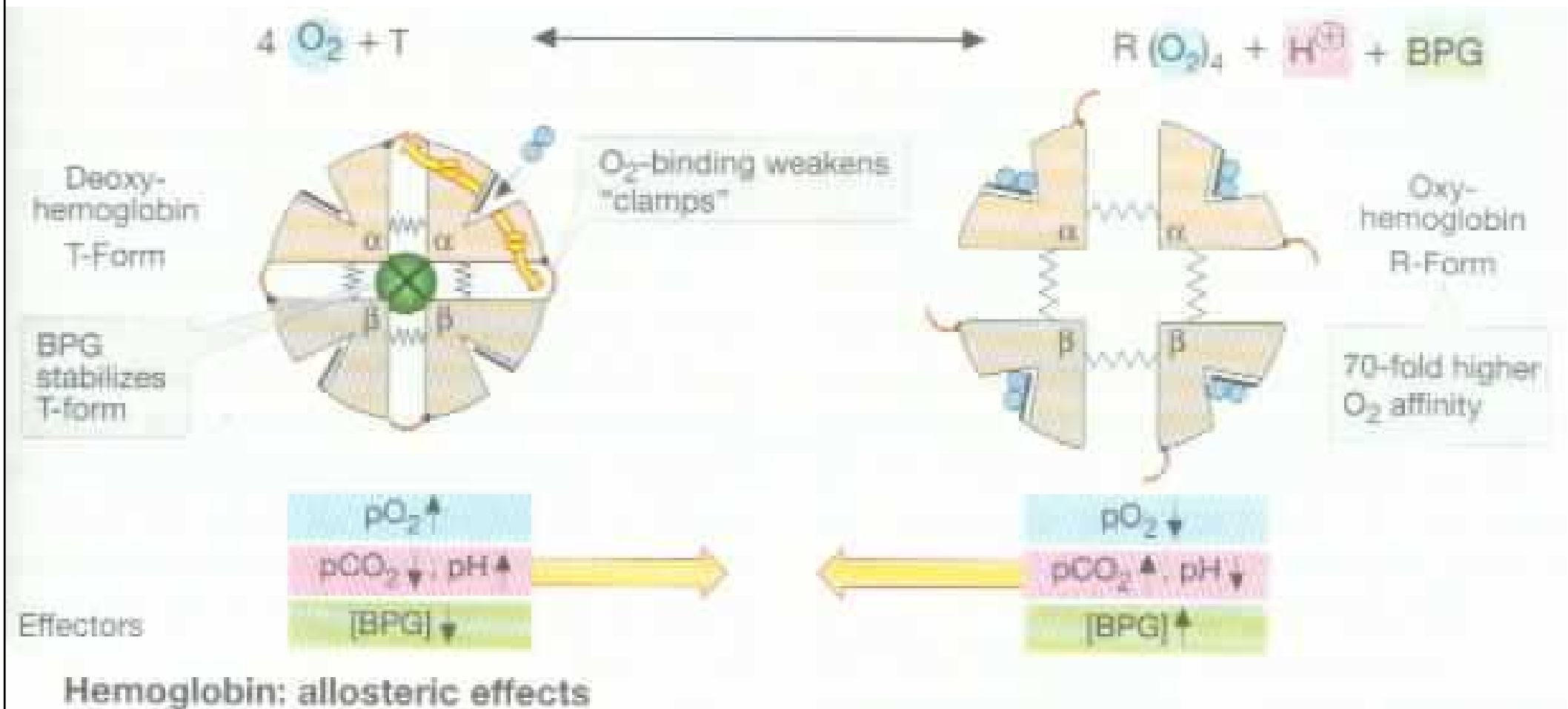
Tyto skutečnosti jsou významné mj. pro toxikologii.



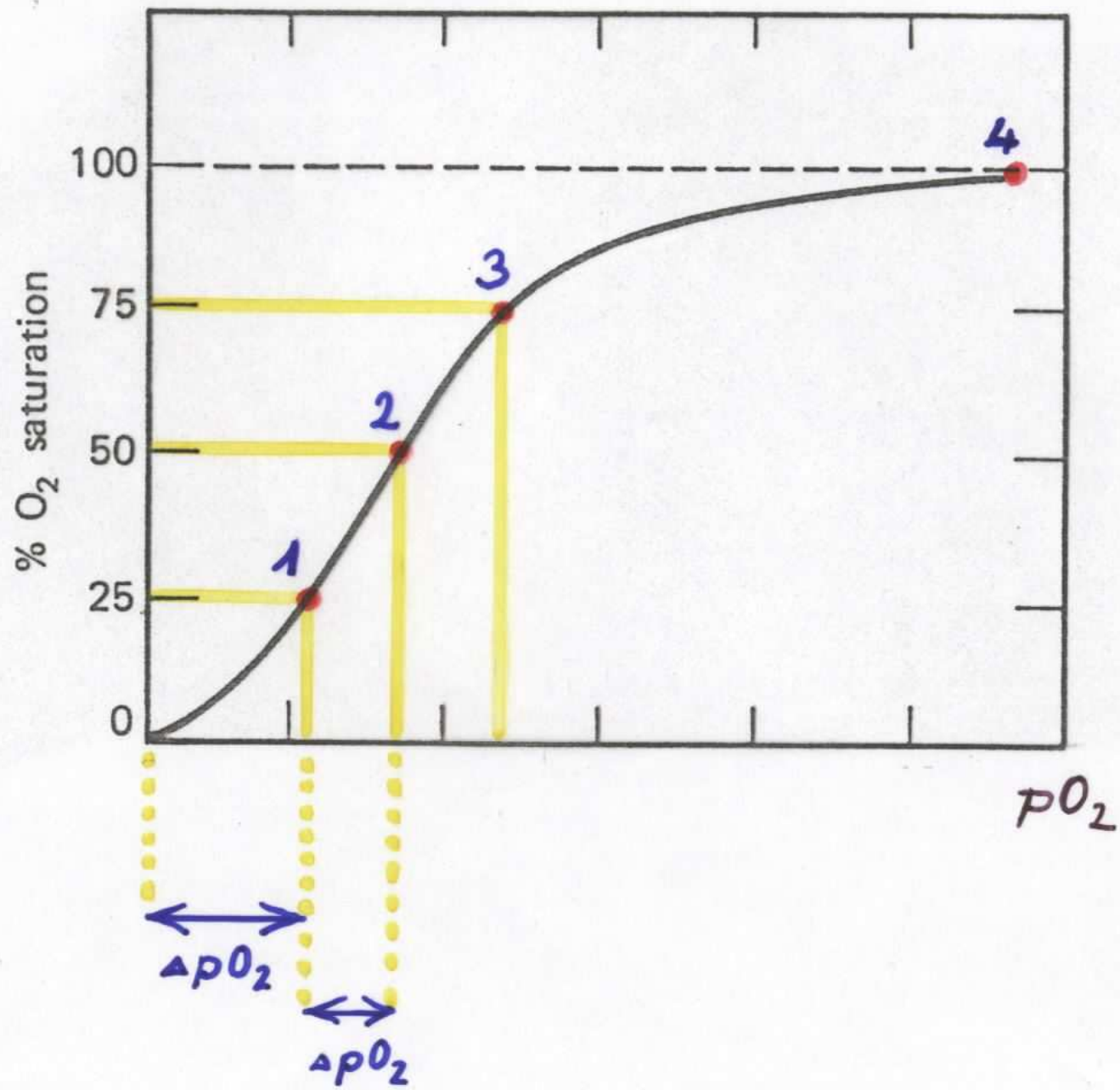
Bohrův efekt = snížení afinity kyslíku k Hb  
při nízkém pH



# T-forma Hb (BPG) a R-forma Hb (O<sub>2</sub>):



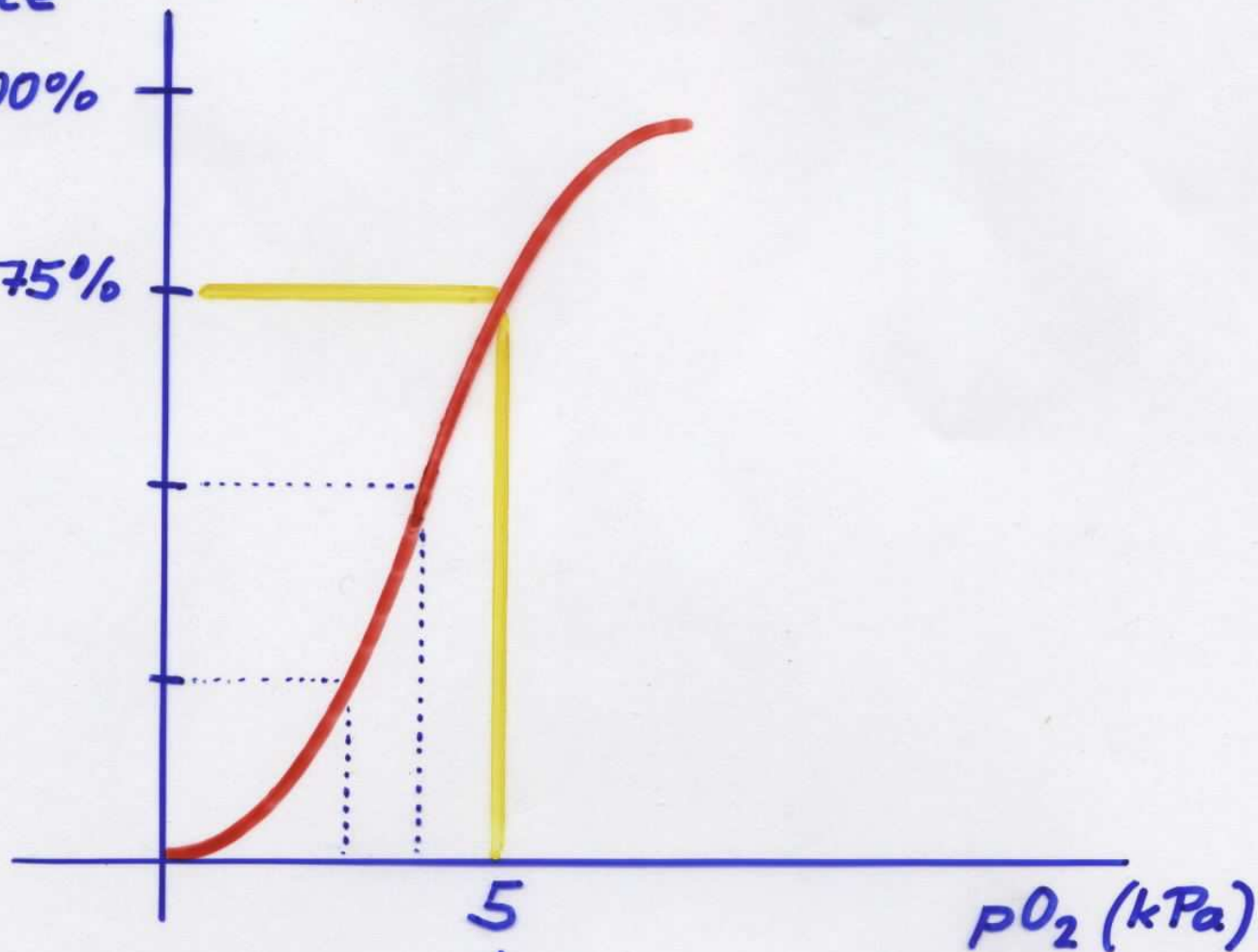
tense [tens] napjatý  
release [ri'li:s] uvolnění



saturace

100%

75%



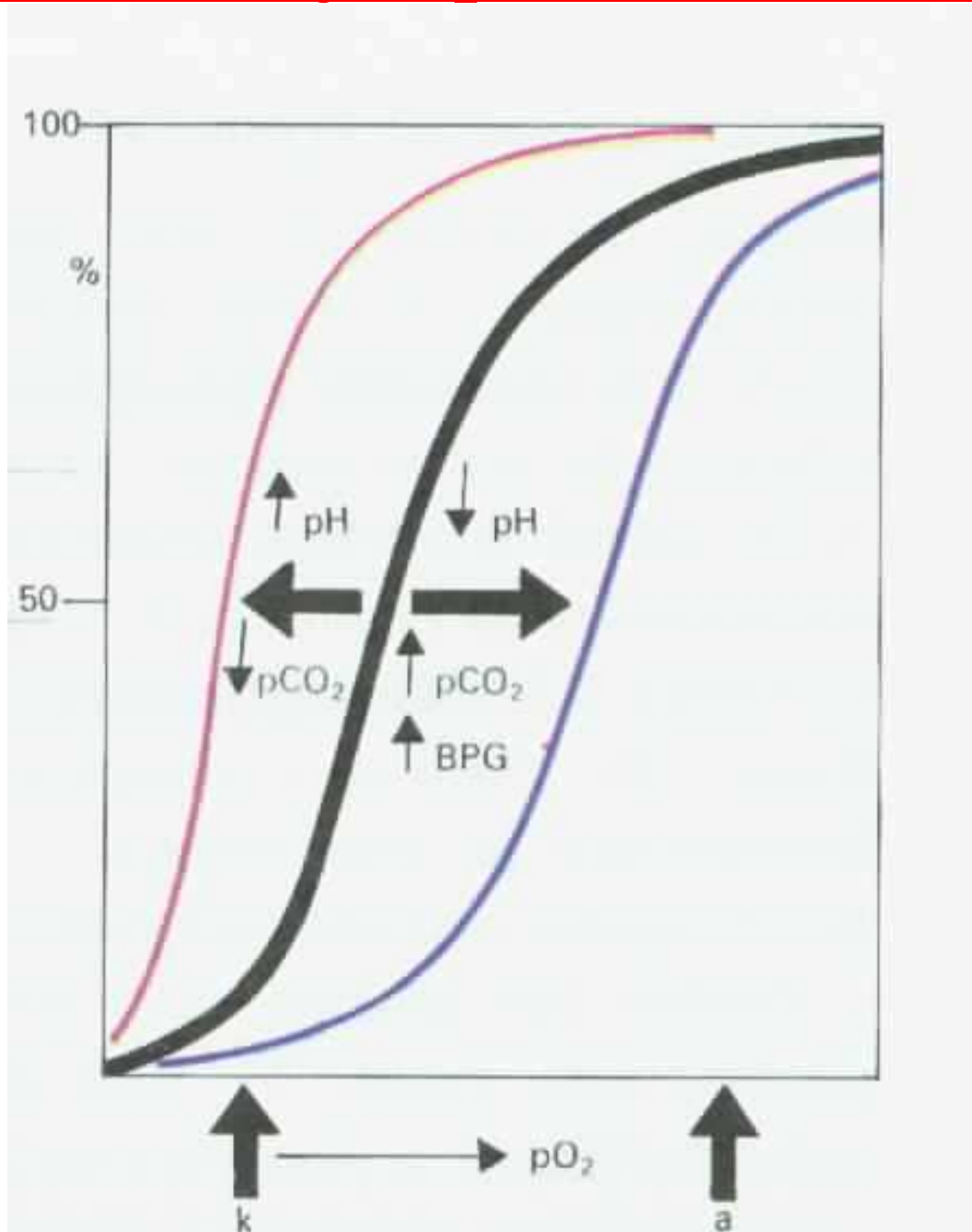
smíšená venózní krev

1  $O_2$   $\approx$  Hb $O_2$  tetrameru

# Podmínky, ovlivňující posun disociační křivky :

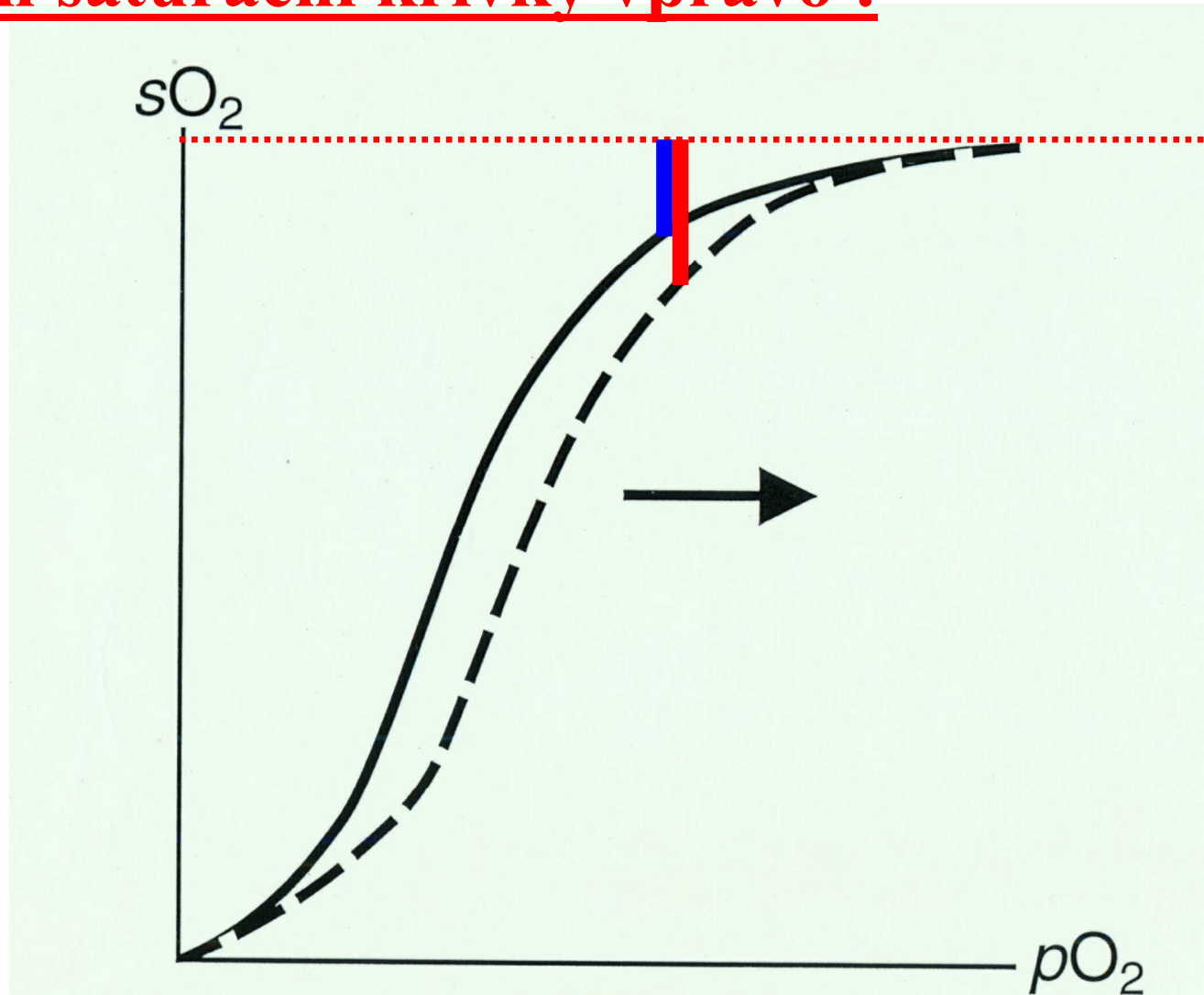


CO Hb  
Met Hb  
HbF  
↓ teplota  
↓ BPG



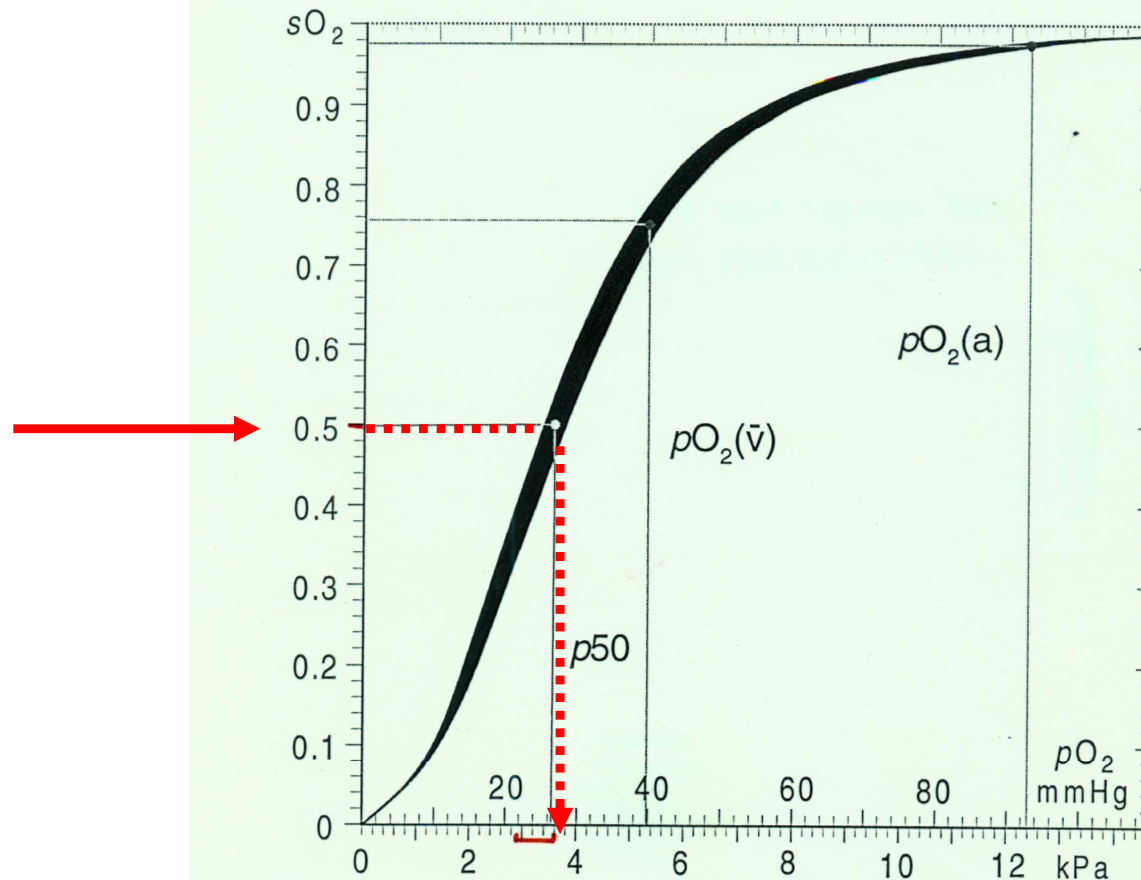
Sulf Hb  
↑ teplota

**Zvýšené množství uvolněného kyslíku**  
**posunem saturační křivky vpravo :**



**Křivka v původní poloze umožňuje za daného  $pO_2$  uvolnit množství kyslíku odpovídající modré úsečce. Posunem křivky vpravo se množství dostupného kyslíku zvětší na hodnotu odpovídající úsečce červené.**

# Vyjádření polohy saturační křivky :



Poloha/posun saturační křivky se vyjadřuje parciálním tlakem kyslíku, který přísluší 50 % nasycení Hb kyslíkem („hodnota p50“), je to poloha inflexního bodu křivky.

[ Normální hodnota p50 je ~ 3,25 kPa (2,9 - 3,6 kPa) ]

sO<sub>2</sub>

SATURAČNÍ  
křivka

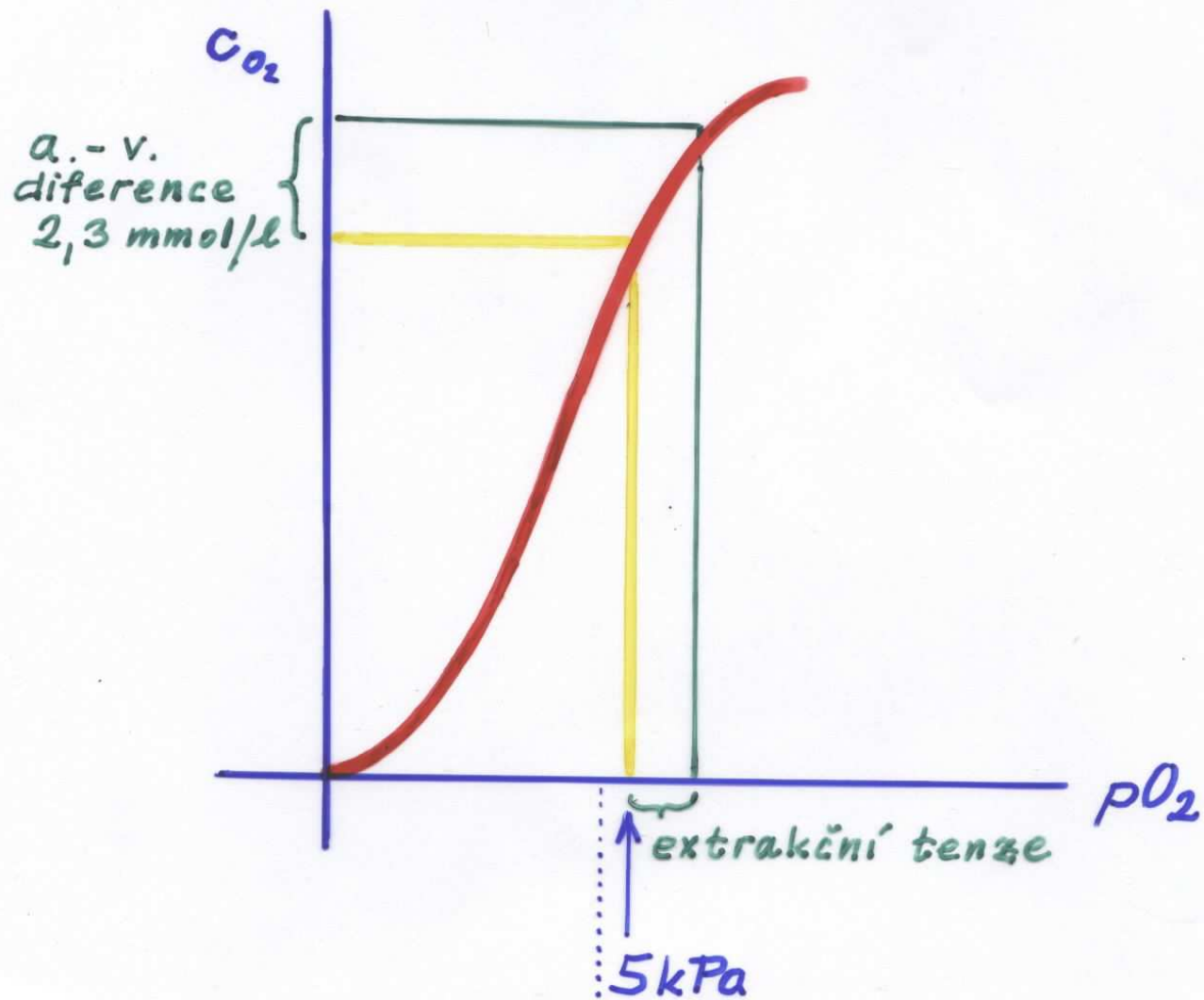
pO<sub>2</sub>

cO<sub>2</sub>

mmol/l

ABSORPČNÍ  
křivka

pO<sub>2</sub>



< 4,5 kPa znesnadněné uvolňování O<sub>2</sub>  
impeded release of oxygen

hrozí tkáňová hypoxie !

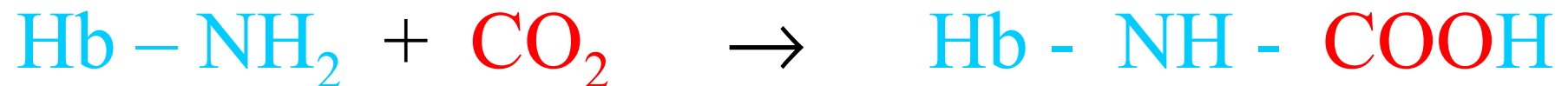


## Transport CO<sub>2</sub> krví :

1/ 85 % HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

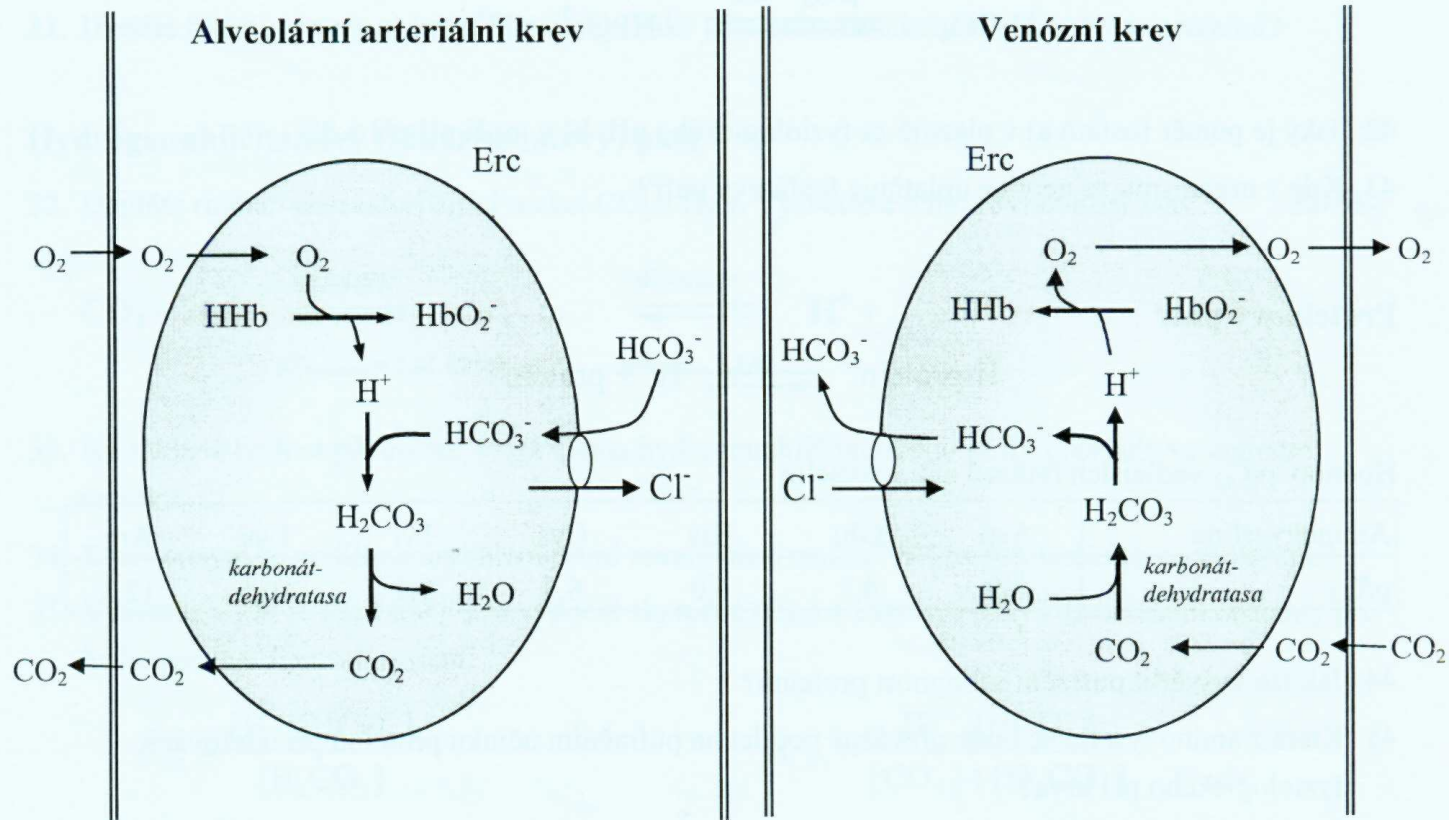
2/ 10 % karbamát

3/ 5 % fyzikálně rozpuštěný  
(chemicky nezreagovaný CO<sub>2</sub>)



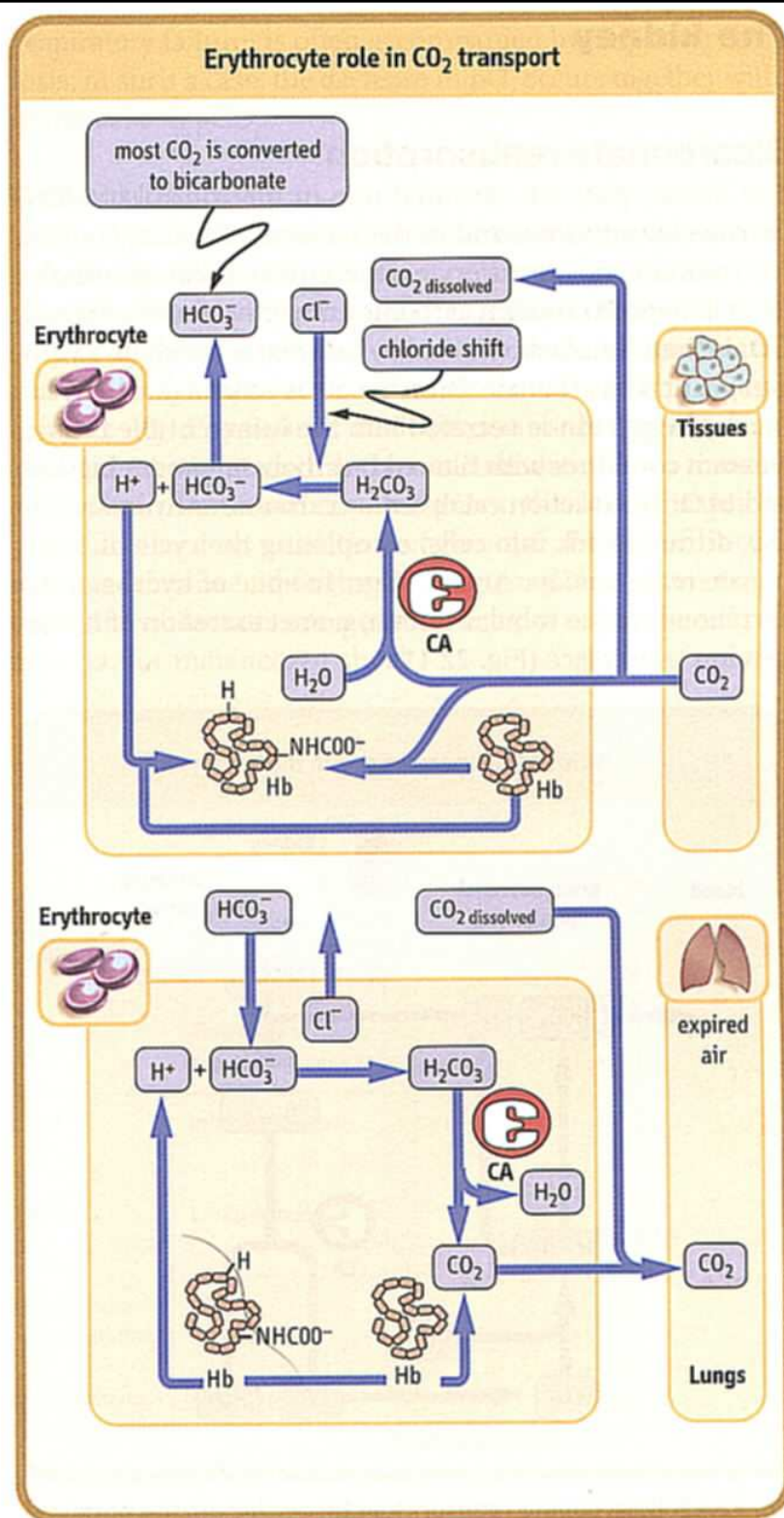
karbaminová kys. = karbamová kys. = amino.mravenčí H<sub>2</sub>N - COOH

# Přenos O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> :



Parciální tlaky plynů při klidovém dýchání

	vdechovaný vzduch	vydechovaná směs	arteriální krev	venózní krev
$pO_2$ (kPa)	21	15,3	12–13,3	4,6–6,0
$pCO_2$ (kPa)	0,03	4,4	4,6–6,0	5,3–6,6



**karbonátdehidratasa**  
**(karboanhidratasa)**

**( carbonic anhydrase,  
 carbonate hydro-lyase  
 EC 4.2.1.1 )**

## pO<sub>2</sub> arteriální krve (aB-pO<sub>2</sub>):

věk	průměr	rozpětí
20 - 29	12,66 kPa	10,66 – 14,66
30 - 39	12 kPa	10,4 – 14,4
40 - 49	11,46 kPa	10 – 13,86
50 - 59	10,93 kPa	9,46 – 13,33
60 - 69	10,4 kPa	8,66 – 12,66

# pO<sub>2</sub> arteriální krve (aB-pO<sub>2</sub>):

aB-pO<sub>2</sub> se snižuje s přibývajícím věkem

cB-pO<sub>2</sub> hodnoty jsou přibližně o 10-20 % nižší

aB-pO<sub>2</sub> hodnoty se u ležících nemocných snižují proti uvedeným asi o 1,33 kPa

symbolika: a = arterial [a:'tiəriəl]  
B = blood [blad]  
c = capillary [kə'piləri]  
p = partial pressure [pa:ʃl preʃə]  
v = venous [vi:nəs]

# Zastoupení jednotlivých forem Hb :

Tzv. oxymetry měří při vlnových délkách odpovídajících jednotlivým absorpčním maximům: ( - viz následující )

**H Hb** = redukovaný hemoglobin

**O<sub>2</sub> Hb** = oxyhemoglobin

**CO Hb** = karbonylhemoglobin

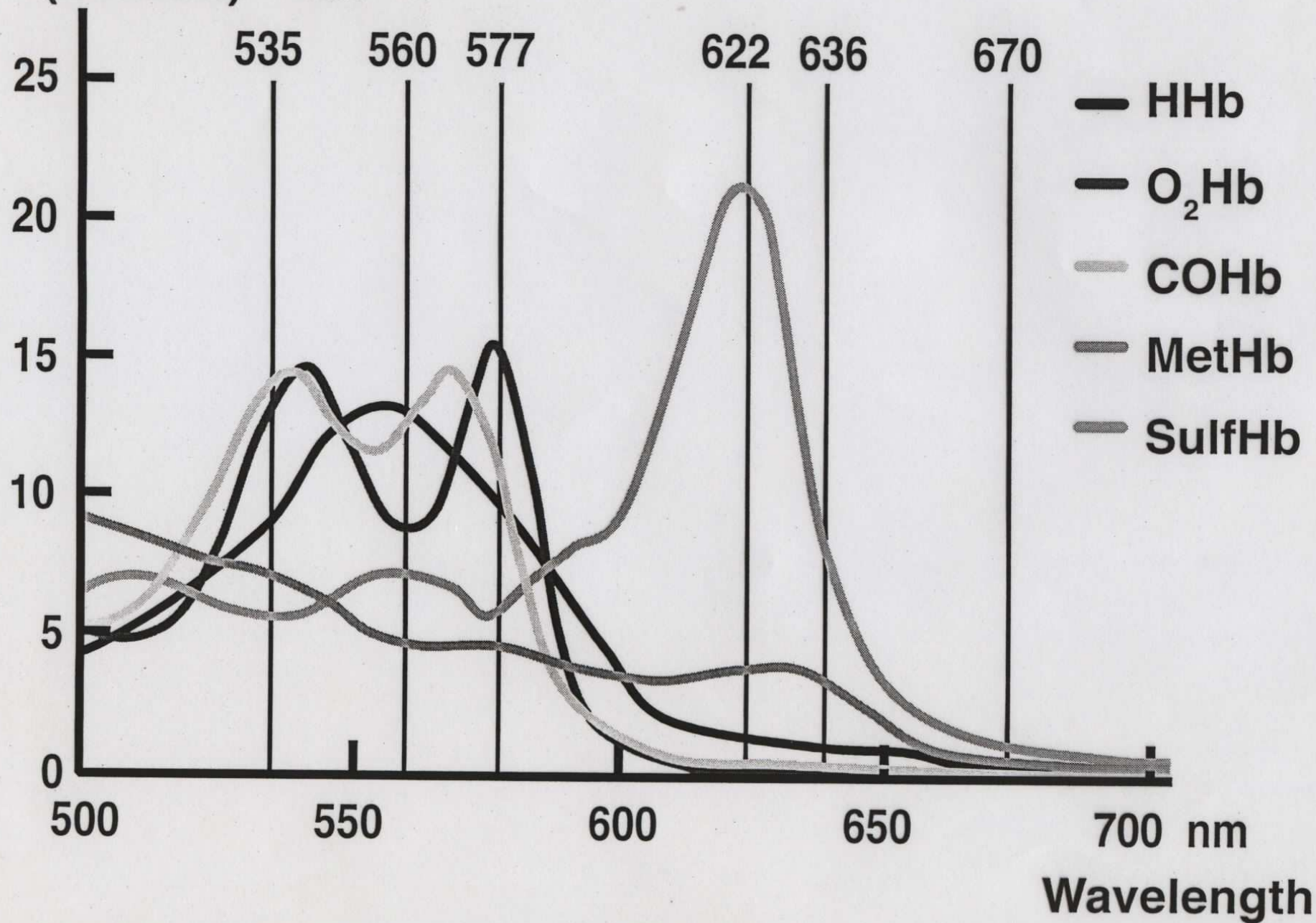
**Met Hb** = methemoglobin

**Sulf Hb** = sulfhemoglobin

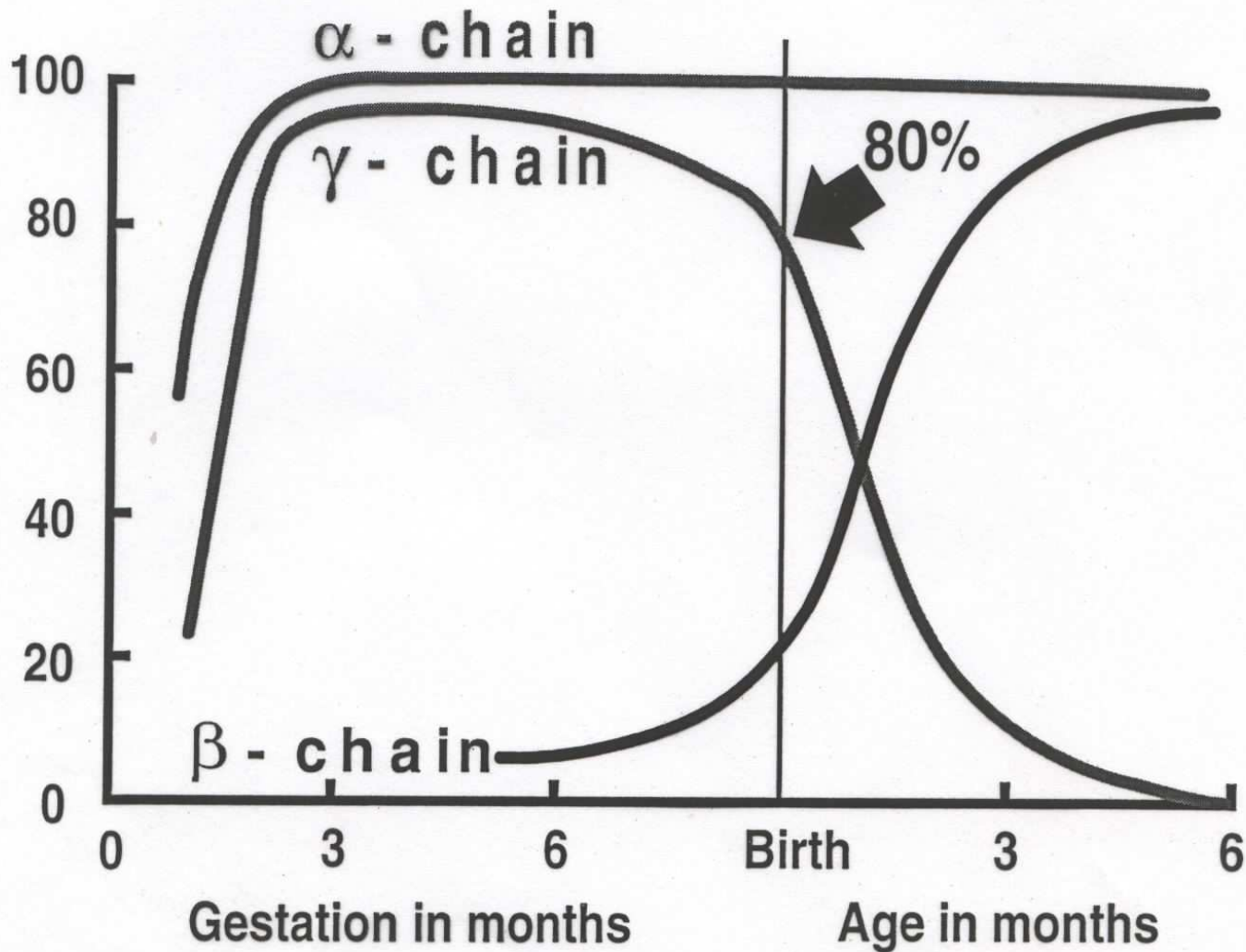
Od koncentrace **celkového Hb** jsou odečteny všechny formy Hb neschopné přenášet kyslík ( CO Hb + Met Hb + Sulf Hb ).

Součet ( O<sub>2</sub>Hb + H Hb ) pak představuje Hb využitelný pro přenos kyslíku = „aktivní (efektivní) Hb“

**Molar Absorptivity  
(Extinction Coefficient)  
(mmol/L)<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>**



# Fetal Hemoglobin





## Složení vzduchu (1) :

	objemová %
O <sub>2</sub>	20,9
CO <sub>2</sub>	0,03
N <sub>2</sub>	78,1
inertní plyny	0,9

## Složení vzduchu (2) :

	vdech	výdech
$p_{O_2}$	21 kPa	15,33 kPa
$p_{CO_2}$	0,03 kPa	4,4 kPa
$p(N_2 + \text{inertní plyny})$	79,4 kPa	75,33 kPa
$p_{H_2O}$	0,76 kPa	6,27 kPa

Součet parciálních tlaků je v obou případech 101,3 kPa .  
Vydechovaný vzduch je zcela nasycen vodní parou (údaj  $p_{H_2O}$  pro alveoly plicní a 37°C).

