



H b

stavba, funkce

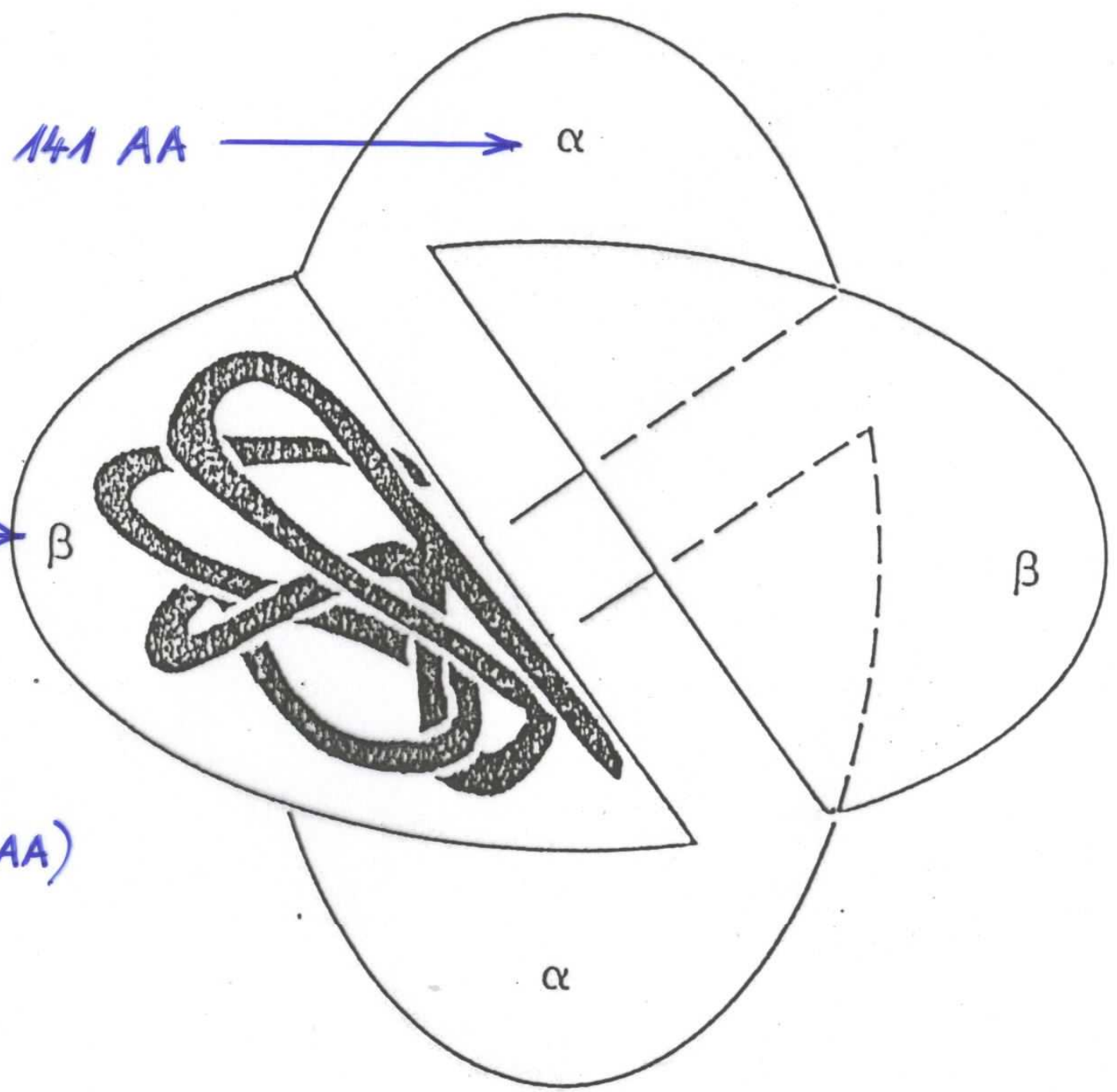
© Biochemický ústav LF MU (V.P.) 2009

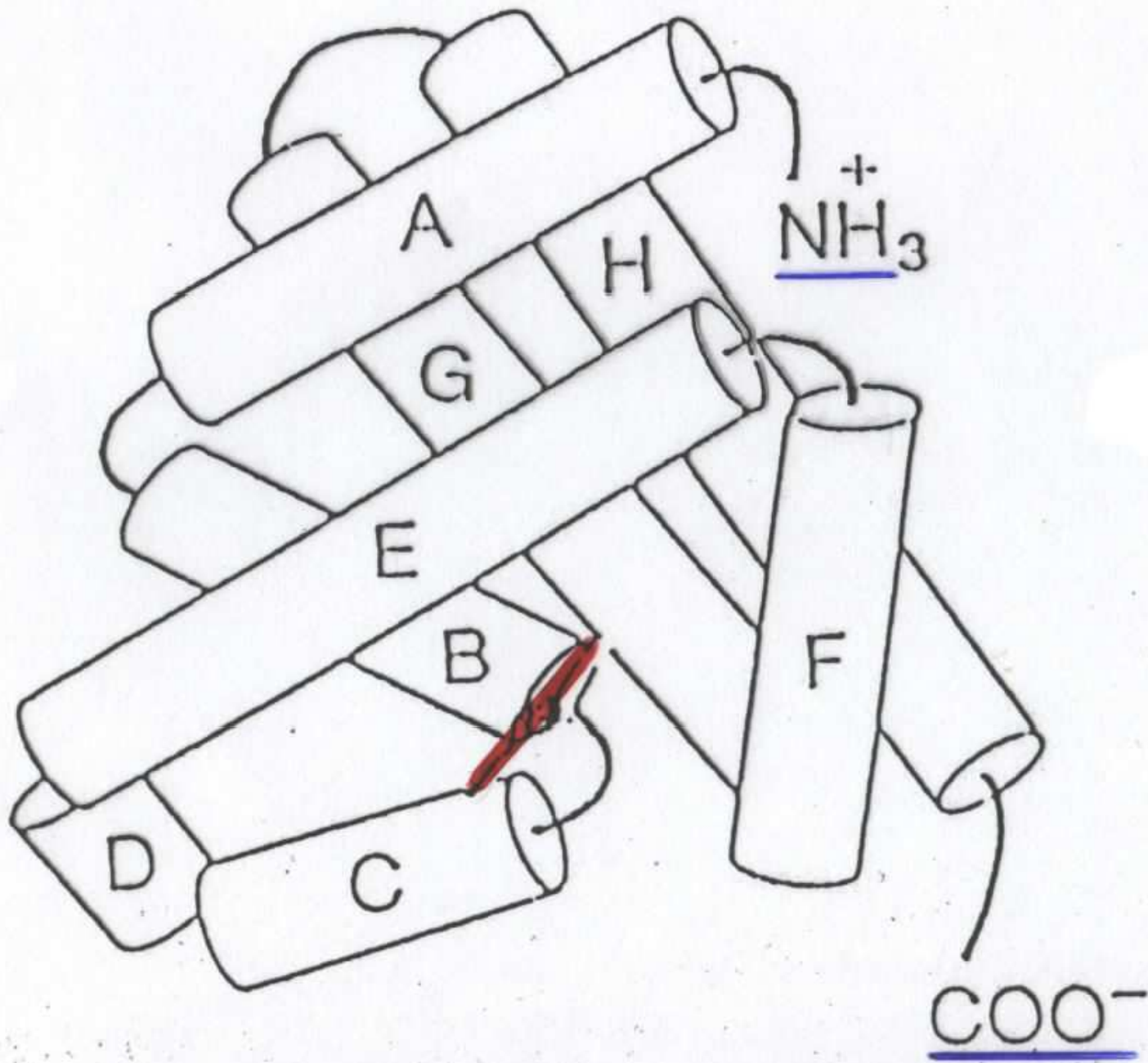
141 AA → α

146 AA → β

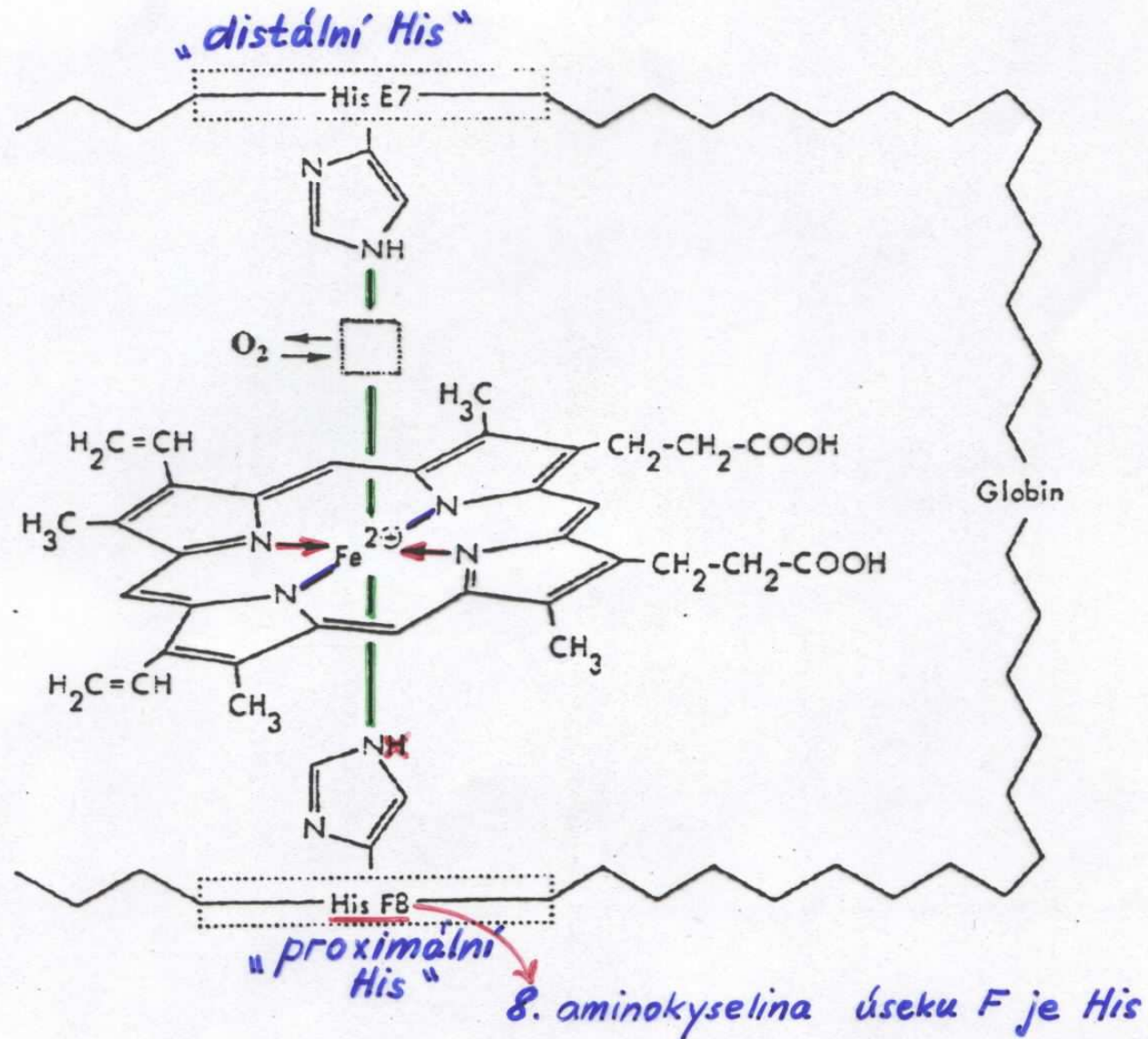
$M_r = 64.000$

(myoglobin 150 AA)





Struktura hemu



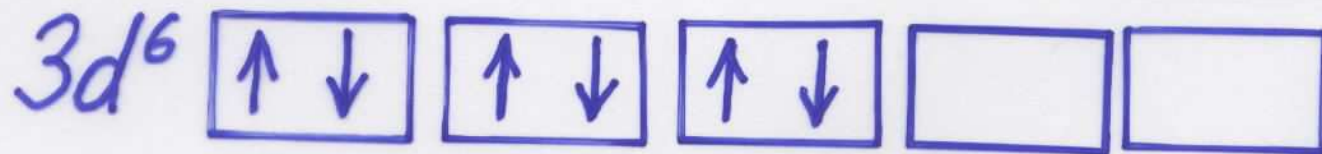
Fe (n-1)d VIII → 8 valenčních e⁻

Fe²⁺

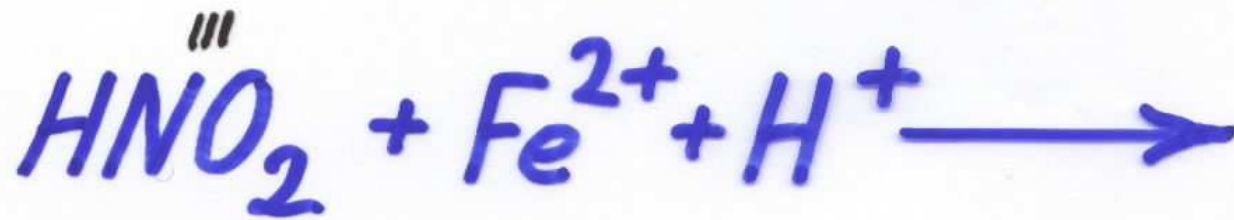


„vysokospinový stav“

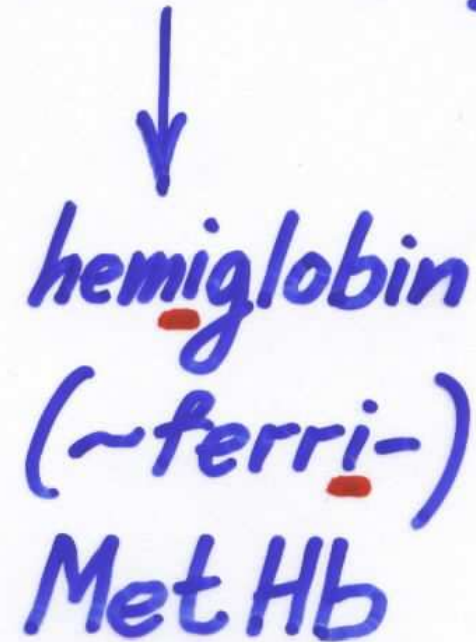
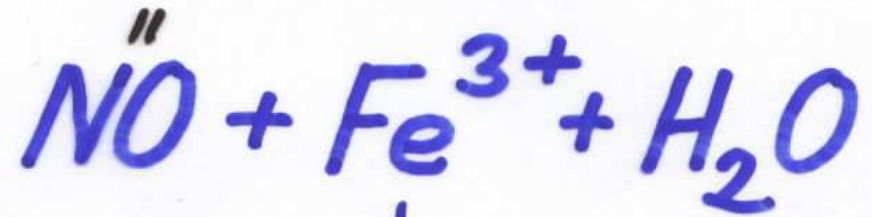
(součet spinů je vysoký)
větší objem Fe



„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+} .

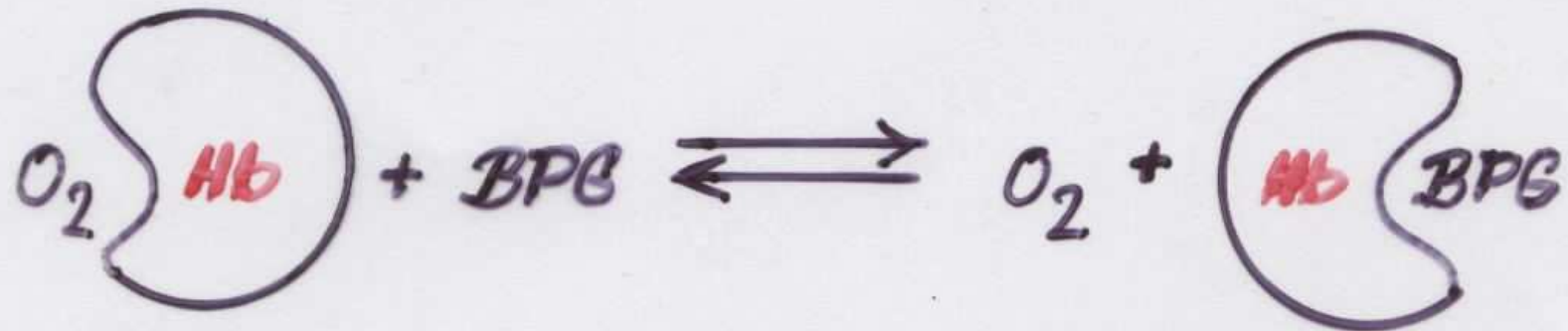
Fe^{2+} zároveň přináší do molekuly hemu 2 kladné náboje, „ztracené“ při odnětí 2 H^+ .

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.

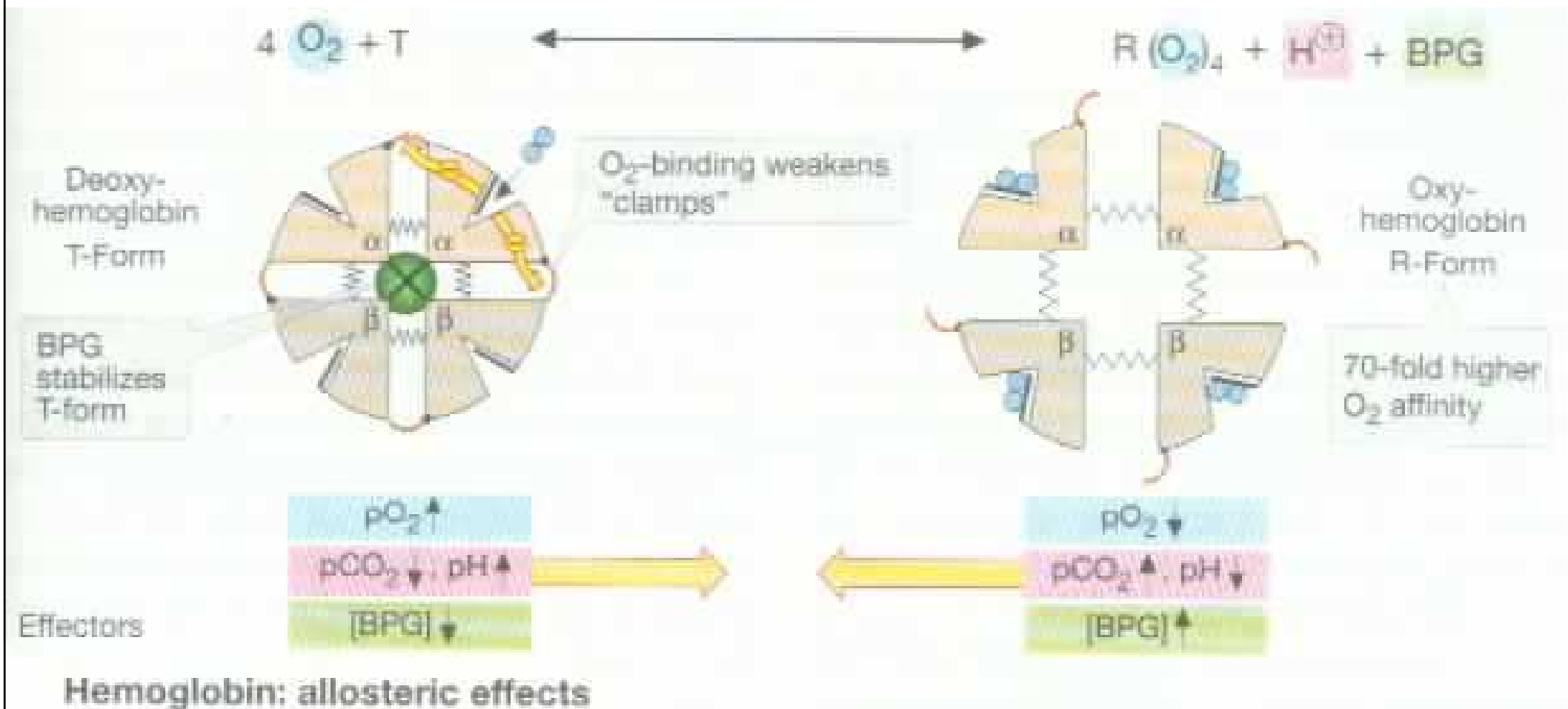
Hem pak jako kation váže anionty (např. CN^- , ale nemůže už vázat elektricky neutrální molekuly – není tedy schopen přenášet kyslík).

Tyto skutečnosti jsou významné mj. pro toxikologii.

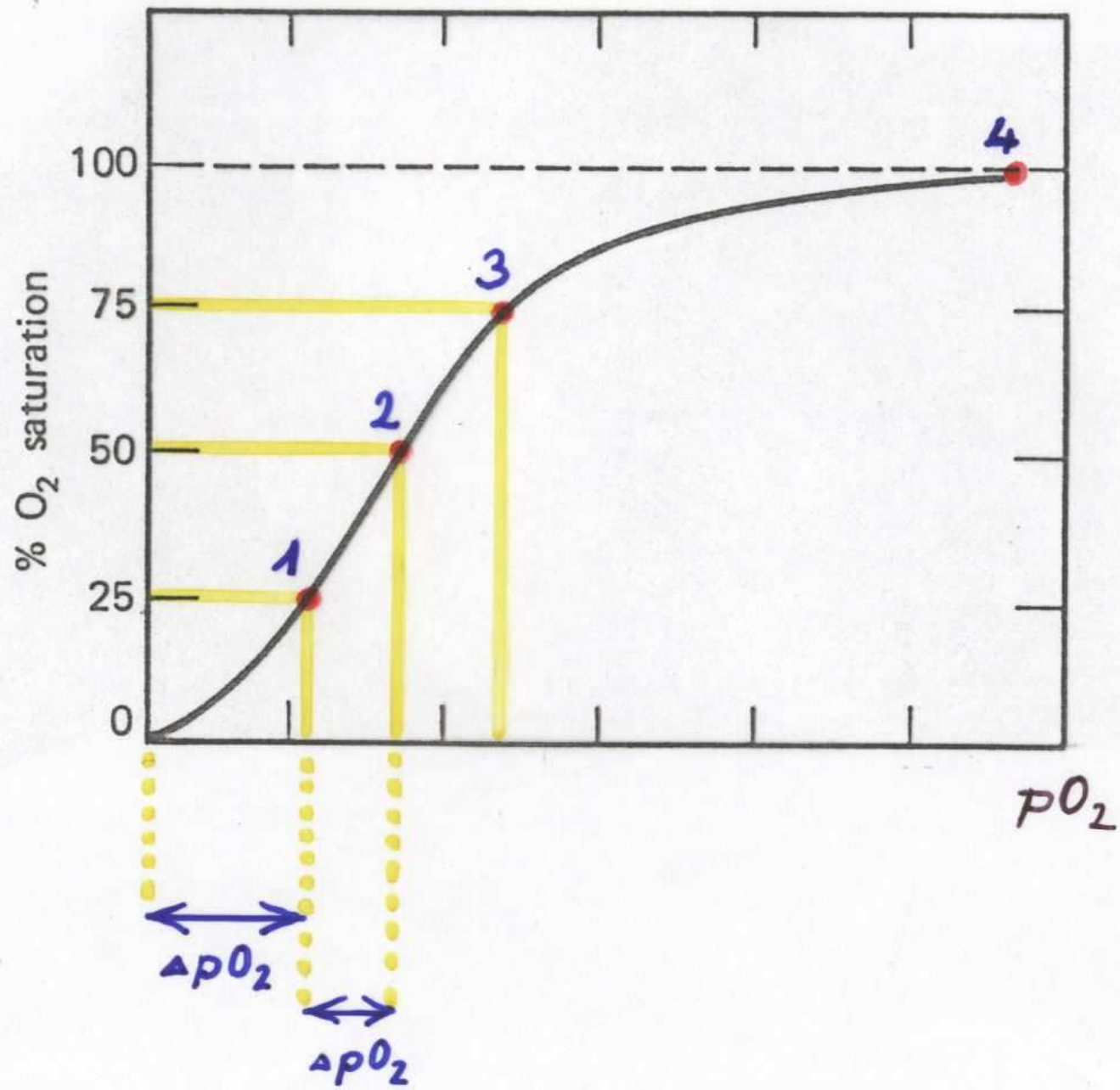


Bohrův efekt = snížení afinity kyslíku k Hb
při nízkém pH

T-forma Hb (BPG) a R-forma Hb (O₂):



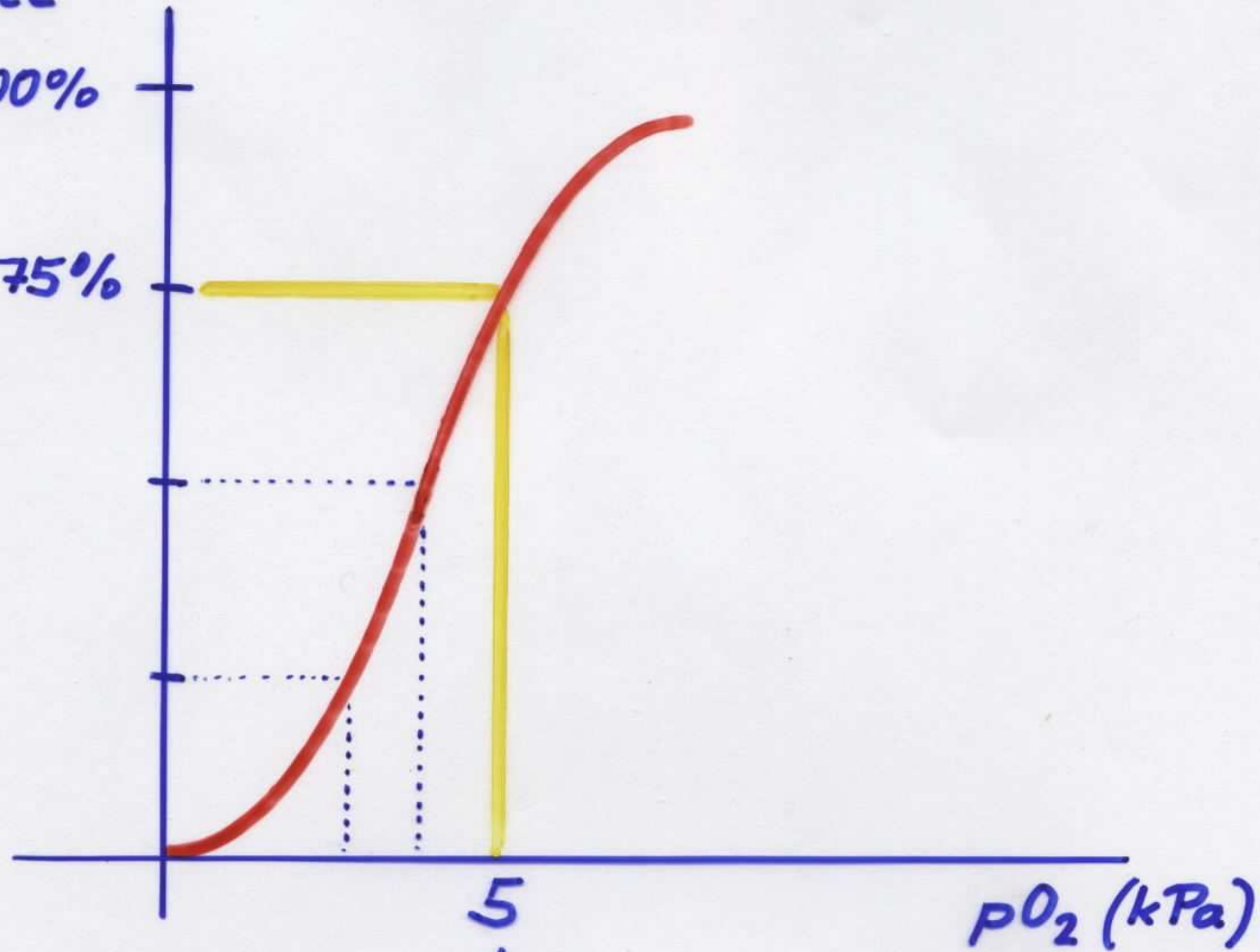
tense [tens] napjatý
release [ri'li:s] uvolnění



saturace

100%

75%



5

pO_2 (kPa)

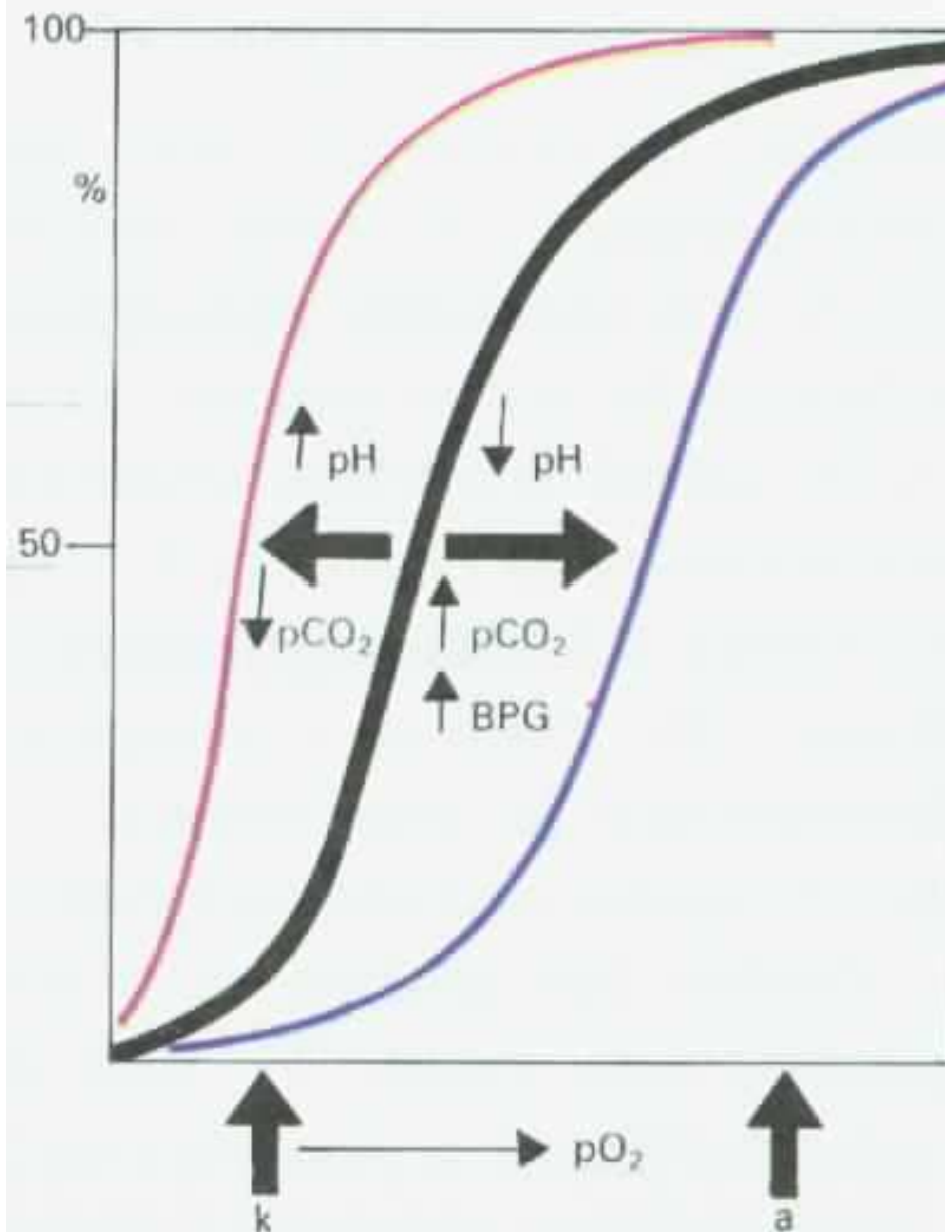
↑
smíšená venózní krev

1 O_2 \approx Hb O_2 tetrameru

Podmínky, ovlivňující posun disociační křivky :

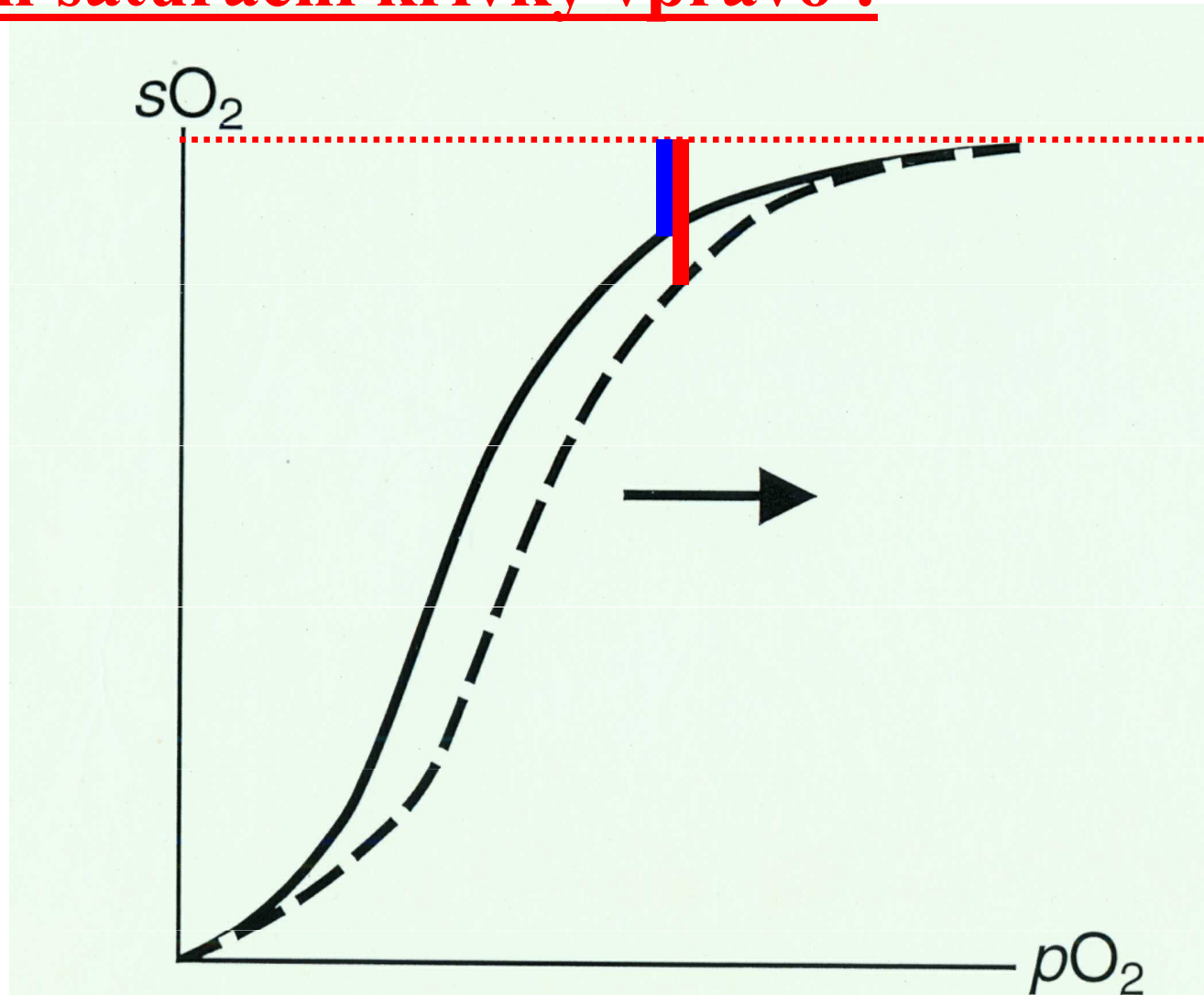


CO Hb
Met Hb
HbF
↓ teplota
↓ BPG



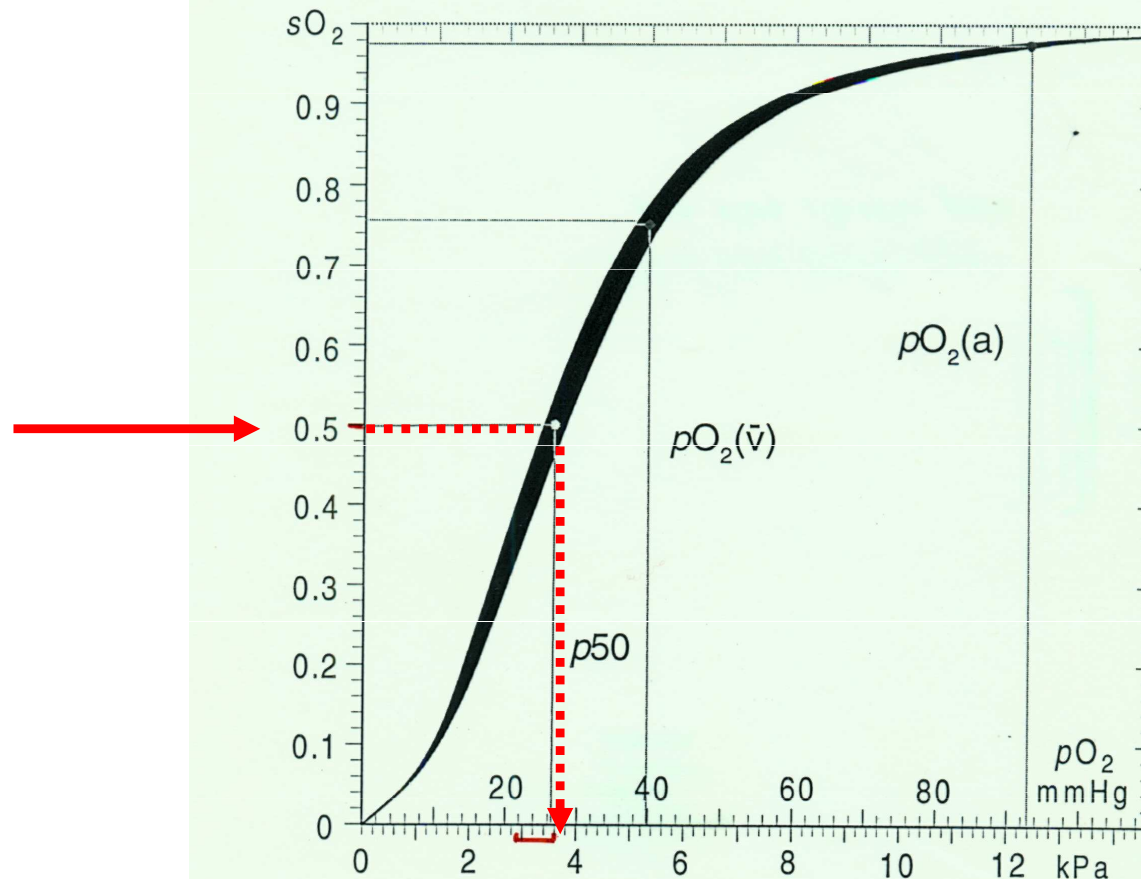
Sulf Hb
↑ teplota

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)]

sO₂

SATURAČNÍ
křivka

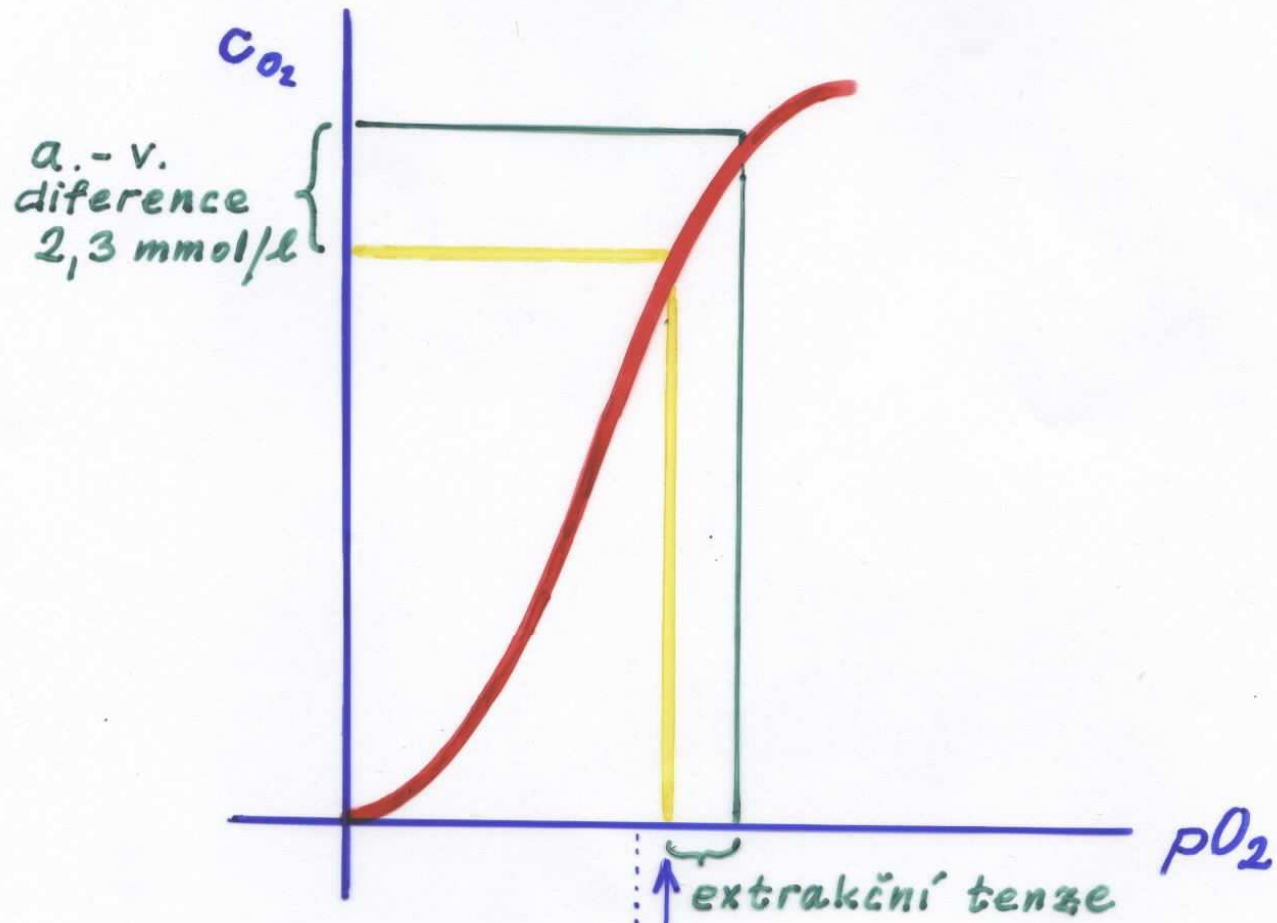
pO₂

cO₂

mmol/l

ABSORPČNÍ
křivka

pO₂



5 kPa

< 4,5 kPa znesnadněné uvolňování O₂
impeded release of oxygen

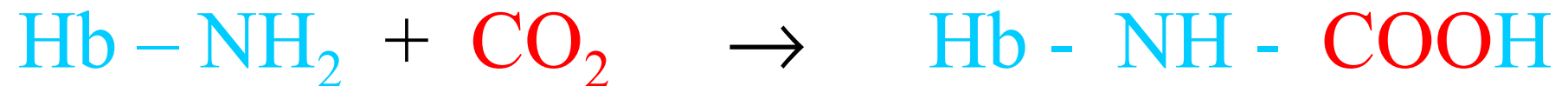
hrozí tkáňová hypoxie !

Transport CO₂ krví :

1/ 85 % HCO₃⁻

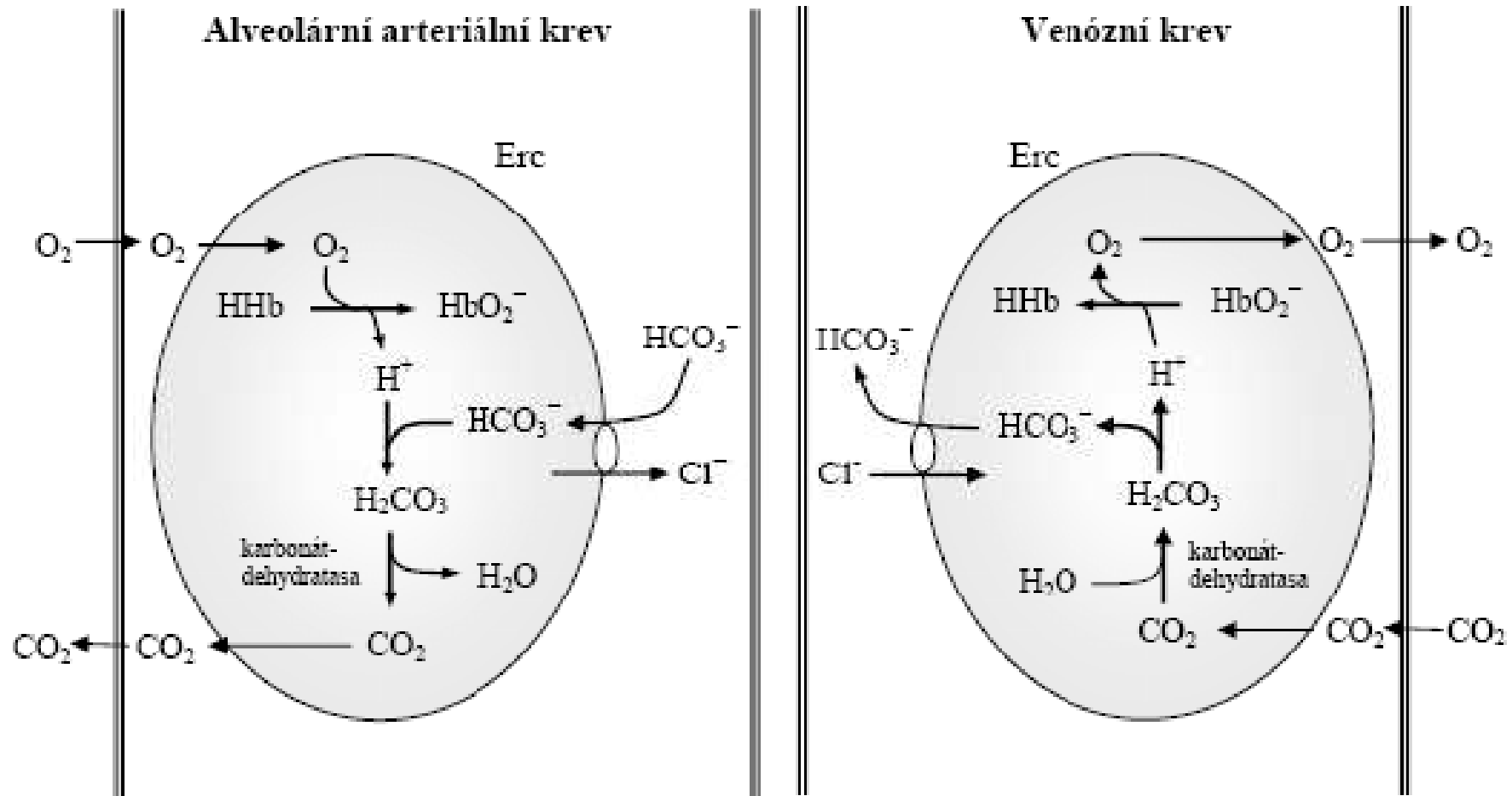
2/ 10 % karbamát

3/ 5 % fyzikálně rozpuštěný
(chemicky nezreagovaný CO₂)



karbaminová kys. = karbamová kys. = amino.mravenčí H₂N - COOH

Přenos O_2 a CO_2 :



pO₂ arteriální krve (aB-pO₂):

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

pO₂ arteriální krve (aB-pO₂):

aB-pO₂ se snižuje s přibývajícím věkem

cB-pO₂ hodnoty jsou přibližně o 10-20 % nižší

aB-pO₂ 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

O₂ Hb = oxyhemoglobin

CO Hb = karbonylhemoglobin

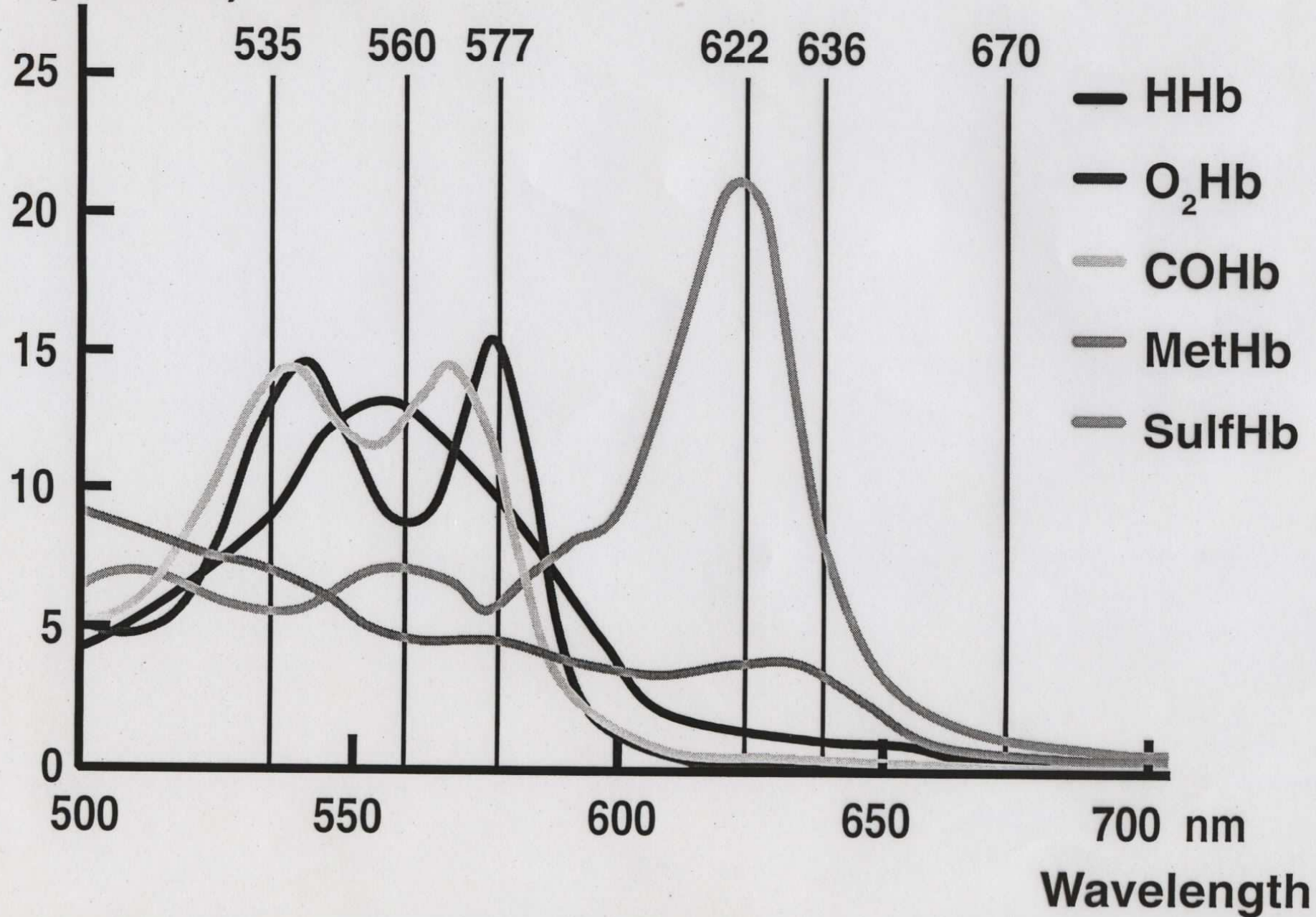
Met Hb = methemoglobin

Sulf Hb = sulfhemoglobin

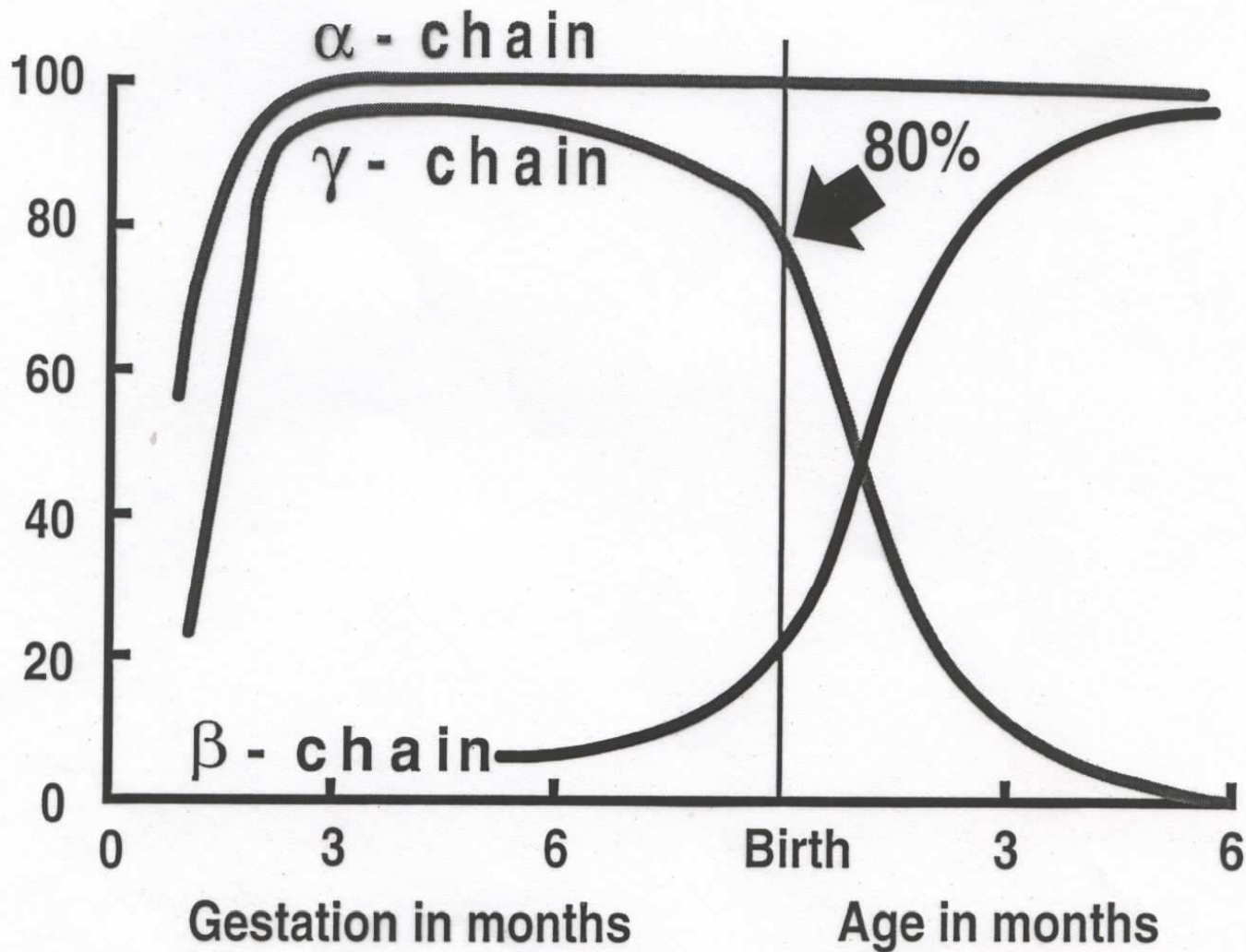
Od koncentrace **celkového Hb** jsou odečteny všechny formy Hb neschopné přenášet kyslík (CO Hb + Met Hb + Sulf Hb).

Součet (O₂Hb + H Hb) pak představuje Hb využitelný pro přenos kyslíku = „aktivní (efektivní) Hb“

**Molar Absorptivity
(Extinction Coefficient)
(mmol/L)⁻¹ cm⁻¹**



Fetal Hemoglobin



Složení vzduchu (1) :

	objemová %
O ₂	20,9
CO ₂	0,03
N ₂	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).

