

Osnove biokemije

Seminar 5.

1

Točna rješenja zadaće 4.

1.	B	11.	C
2.	C	12.	A
3.	D	13.	B
4.	B	14.	C
5.	C	15.	C
6.	A	16.	D
7.	C	17.	C
8.	D	18.	D
9.	C	19.	D
10.	B	20.	B

2

1. Kakav efekt ima vezanje kisika za atom željeza u mioglobinu i hemoglobinu?
 - a) Vezanjem kisika, atom željeza će se pomaknuti iz ravnine porfirinskog prstena;
 - b) Vezanjem kisika, atom željeza će se primaknuti ravnini porfirinskog prstena;
 - c) Vezanjem kisika neće se ništa dogoditi budući da je atom željeza čvrsto ugrađen u strukturu porfirinskog prstena te se vezanjem kisika atom željeza ne pomiče.

2. Koji od sljedećih eksperimentalnih podataka ukazuje da je vezanje kisika na hemoglobin kooperativan proces?
 - a) Krivulja vezivanja Y/pO_2 (frakcija vezanih mjesta/parcijalni tlak kisika) je sigmoidnog oblika a ne hiperbola;
 - b) Činjenica da hemoglobin ima četiri podjedinice od kojih svaka može vezati kisik;
 - c) Činjenica da je hemoglobin izgrađen od $\alpha\beta$ dimera koje označavamo kao $\alpha_1\beta_1$ i $\alpha_2\beta_2$ te da ovi dimeri izgrađuju tetramer.

3

3. Kisik i 2,3-bisfosfoglicerat (2,3-BPG) ne mogu se istovremeno vezati za hemoglobin budući da:
 - a) 2,3-BPG je kompetitivni (konkurentni) inhibitor vezanja kisika za molekulu hemoglobina;
 - b) Struktura hemoglobina se mijenja vezanjem kisika i kad je vezan kisik, 2,3-BPG se više ne može vezati u molekulu hemoglobina;
 - c) Vezanjem 2,3-BPG blokira se kanal kojim kisik dolazi do hema.

4. U tkivu koje je metabolički vrlo aktivno (brzi metabolizam) nastaju velike količine protona i CO_2 . Zbog toga se:
 - a) Krivulja vezivanja kisika za hemoglobin (Y/pO_2) pomiče se prema većim pO_2 vrijednostima.
 - b) Krivulja vezivanja kisika za hemoglobin (Y/pO_2) pomiče se prema manjim pO_2 vrijednostima;
 - c) Krivulja vezivanja kisika mijenja oblik te iz sigmoidne krivulje nastaje hiperbola.

4

5. Osim što transportira kisik iz pluća u tkiva, hemoglobin je uključen u transport CO_2 iz tkiva u pluća. Kako se to odvija?
- CO_2 konkurira kisiku za vezno mjesto u molekuli hema;
 - CO_2 konkurira 2,3-BPG za vezno mjesto na hemoglobinu;
 - CO_2 reverzibilno reagira s amino skupinama aminokiselina molekule hemoglobina.
6. Svaka podjedinica hemoglobina može se promatrati kao da postoji ili u R-stanju ili u T-stanju. Koji je odnos ovih stanja u odnosu na vezanje kisika?
- Vezanjem kisika dolazi do promjene R-stanja u T-stanje;
 - Vezanjem kisika dolazi do promjene T-stanja u R-stanje;
 - Pretvorba R-stanja u T-stanje nije povezana s vezanjem kisika na hemoglobin.

5

7. Razlika između "zajedničkog" ("usklađenog") modela i "sekvencijskog" modela vezivanja kisika za hemoglobin je:
- Da li je prijelaz između T i R stanja "sve ili ništa" odnosno da li vezivanjem dolazi do prijelaznih stanja (smjese R i T stanja u jednoj molekuli);
 - Da li se u obzir uzimaju α i β podjedinice;
 - Da li se u obzir uzima vezivanje regulacijske molekule kao što je to 2,3-BPG;
8. U fetalnom hemoglobinu dvije β podjedinice su zamijenjene s dvije γ -podjedinice. Ovom zamjenom fetalni hemoglobin ($\alpha_1\gamma_1, \alpha_2\gamma_2$) ima veći afinitet za kisik nego što ga to ima majčin $\alpha_1\beta_1, \alpha_2\beta_2$ hemoglobin. Razlog tome je:
- Drugačiji način vezanja hema u γ -podjedinicama;
 - Smanjena kooperativnost između α - i γ -podjedinica;
 - Smanjen afinitet vezanja 2,3-BPG za fetalni hemoglobin.

6

9. Hemoglobin S, oblik hemoglobina koji dovodi do anemije srpastih stanica nastaje mutacijom u genu β -podjedinice. Ovom mutacijom dolazi do promjene strukture hemoglobina S budući da:
- Hidrofobna bočna skupina (R) jedne aminokiseline u "normalnom" hemoglobinu postaje pozitivno nabijena bočna skupina u hemoglobinu S;
 - Negativno nabijena bočna skupina jedne aminokiseline u "normalnom" hemoglobinu postaje pozitivno nabijena bočna skupina u hemoglobinu S;
 - Negativno nabijena bočna skupina jedne aminokiseline u "normalnom" hemoglobinu postaje hidrofobna bočna skupina u hemoglobinu S.
10. Molekularne posljedice za ljude koji imaju hemoglobin S jesu:
- Hemoglobin S stvara agregate i vlaknate precipitate kada molekula veže kisik;
 - Hemoglobin S stvara agregate i vlaknate precipitate kada se kisik otpušta s molekule;
 - Molekula hemoglobina S je manje topljiva od molekule normalnog hemoglobina te precipitira (taloži se) u plućima.

7

Zadatak 1.

Konstanta disocijacije vezanja kisika za mioglobin $K_d = 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$, pri čemu je konstanta definirana kao $K_d = [\text{Mb}][\text{O}_2]/[\text{MbO}_2]$. Konstanta brzine asocijacije kisika na mioglobin iznosi $k_a = 2 \times 10^7 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$.

- Kolika je brzina disocijacije?
- Koliko dugo će postojati kompleks MbO_2 ?

8

Rješenje zadatka 1.

a) $K_d = k_d/k_a \rightarrow k_d = k_a \cdot K_d = 10^{-6} \text{ (mol dm}^{-3}) \cdot 2 \times 10^7 \text{ (mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}) = 20 \text{ s}^{-1}.$

b) $1/k_d = t = 1/20 \text{ (s}^{-1}) = 0,05 \text{ s}.$

9

Zadatak 2.

Konstanta disocijacije kiseline pK_a djelomično ovisi o okolišu u kojem se kiselina nalazi. Predvidite utjecaj promjene okoliša na pK_a vrijednost bočnog ostatka glutaminske kiseline:

- a) Kada se u blizini nalazi bočni ostatak lizina;
- b) Kada je u blizini C-kraja proteina;
- c) Kada je u blizini bočni ostatak glutaminske kiseline.

10

Rješenje zadatka 2.

- a) pK_a se smanjuje
- b) pK_a se povećava
- c) pK_a se povećava

11

Zadatak 3.

Objasnite zašto mišići kita sadržavaju veliku količinu mioglobina.

12

Rješenje zadatka 3.

Kitovi plivaju velike udaljenosti bez da uzimaju zrak. Velika količina mioglobina u mišiću kita održava potrebnu zalihu O_2 između dva udisaja.

13

Zadatak 4.

Nakon što ste jedan ili više dana proveli na većoj nadmorskoj visini (3000 m) gdje je parcijalni tlak kisika iznosio 75 torr, koncentracija 2,3-bisfosfoglicerata (2,3-BPG) u eritrocitima je porasla. Koji utjecaj ima porast 2,3-BPG na vezanje kisika na hemoglobin? Objasnite zašto je povećanje koncentracije 2,3-BPG djelotvorno za boravak na većim nadmorskim visinama.

14

Rješenje zadatka 4.

Veća koncentracija 2,3-BPG pomaknuti će krivulju vezanja kisika udesno. Pomak prema desno (većim pO_2) pogodovat će disocijaciji kisika u tkivima a time će se povećati postotak kisika koji će ući u tkiva.

15

Zadatak 5.

Antitijelo (protutijelo) čvrsto veže antigen s $K_d = 5 \cdot 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$. Kod koje će koncentracije liganda frakcijsko zasićenje Y biti $Y = 0,2$?

16

Rješenje zadatka 5.

$$K_d = 5 \cdot 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$Y = 0,2$$

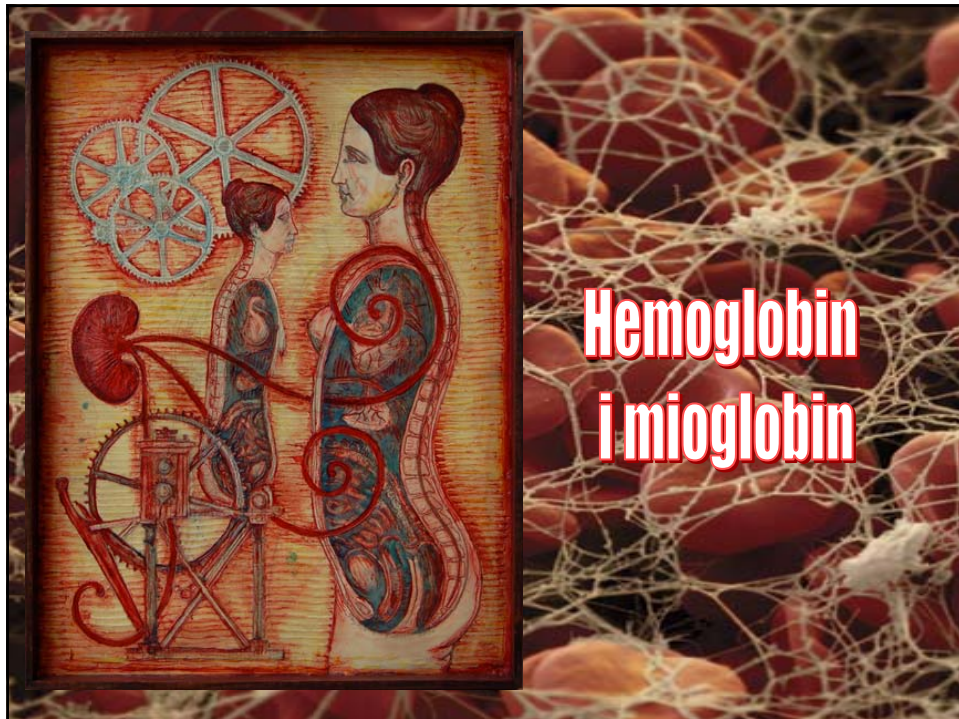
$$L = ?$$

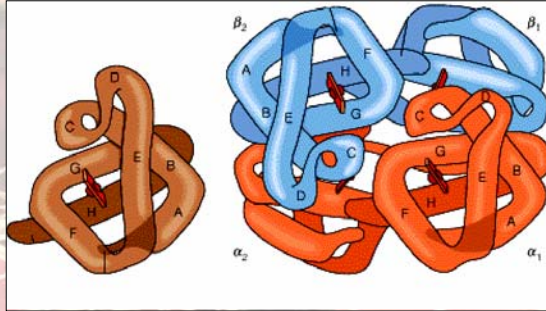
$$Y = L/(K_d + L) \text{ odnosno}$$

$$L = (YK_d)/(1-Y) = (0,2 \times 5 \cdot 10^{-8})/(1 - 0,2)$$

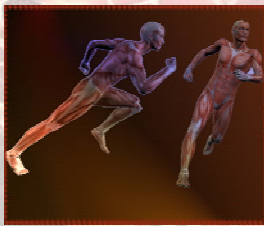
$$L = 1 \times 10^{-8} / 0,8 \approx 1,25 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$$

17





mioglobin



-mišićno
skladište kisika

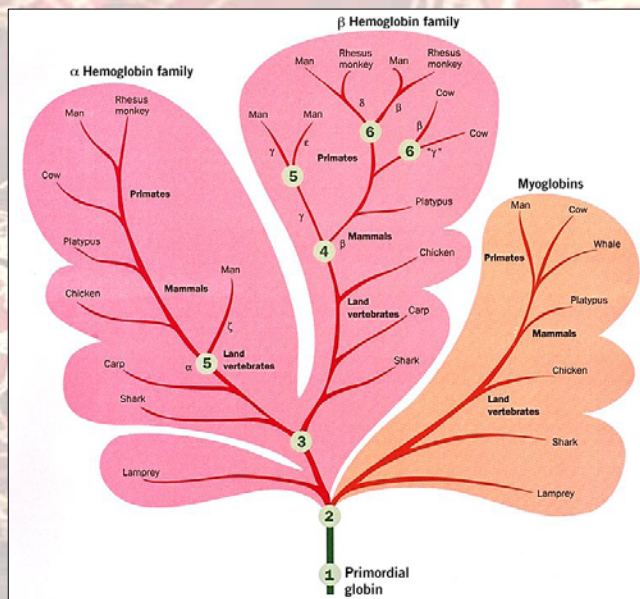


hemoglobin

- prienos plinova

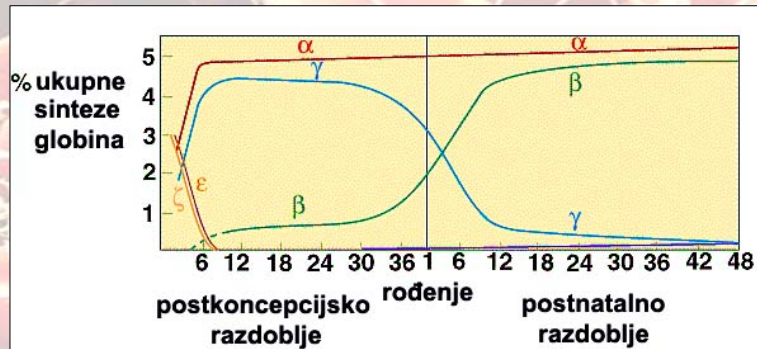
• 97% kisika prenesenog krvlju
vezano je za hemoglobin
(samo 3% se prenosi u
otopljenom slobodnom obliku
plazmom)

• 23% CO₂ koji se prenosi
krvlju vezano je za hemoglobin
(70% CO₂ prisutno je u krvnom
transportu u obliku HCO₃⁻,
samo 7% u obliku otopljenih
molekula CO₂)



Zajedničko evolucijsko
ishodište hemoglobina
i mioglobina

Globinski lanci - proteinski dio molekule



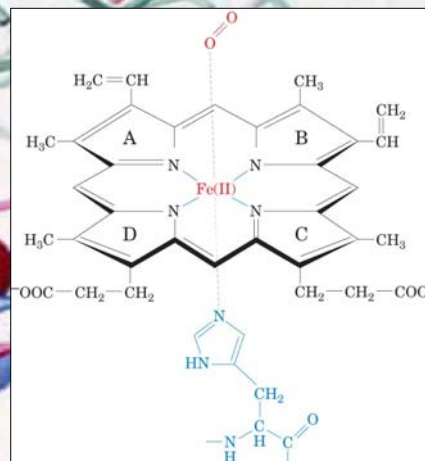
Hem

-neproteinski (prostetički) dio molekule

-heterociklički prsten hema je derivat porfirina koji se sastoji od 4 pirolna prstena (A-D) povezana metenskim mostovima

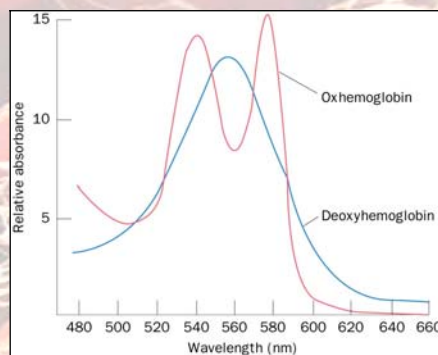
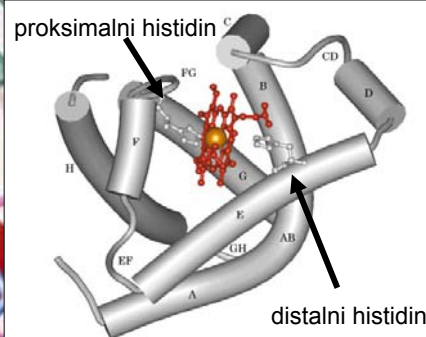
- **protoporfirin IX**: porfirin, 4 metilna, 2 propionatna i 2 vinilna supstituenta

- **HEM**: protoporfirin IX sa centralnim Fe atomom

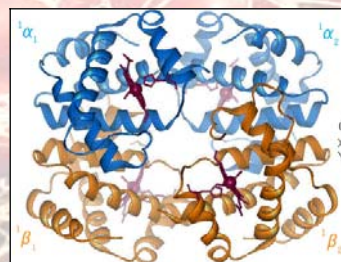
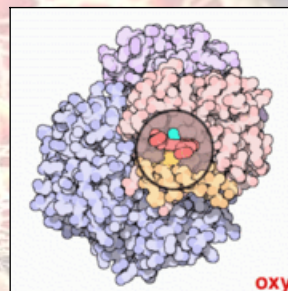


Oksidacijska stanja željeza u hemu

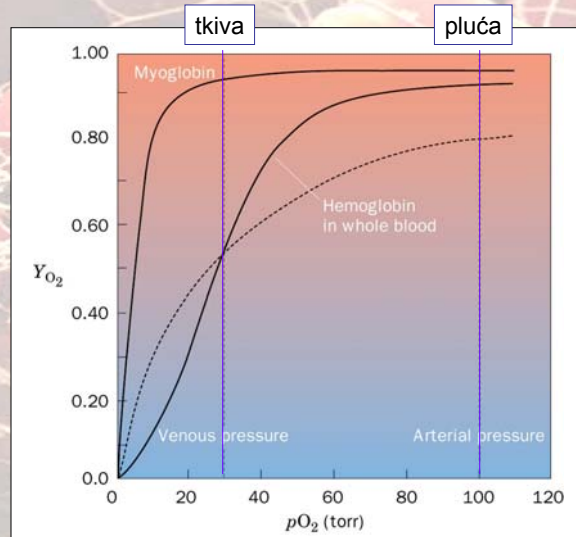
- Hemoglobin Fe(II) bez vezanog kisika - deoksihemoglobin
- Hemoglobin Fe(II) s vezanim kisikom - oksihemoglobin
- Hemoglobin Fe(III) ne veže kisik - ferihemoglobin; methemoglobin
- Hemoglobin s vezanim CO_2 - karbaminohemoglobin



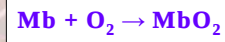
Vidljivi apsorpcijski spektar
oksigeniranog i
deoksigeniranog Hb



Vezanje kisika na Hb i Mb

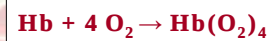


Mioglobin



- hiperbolična zavisnost
- nekooperativno vezanje kisika

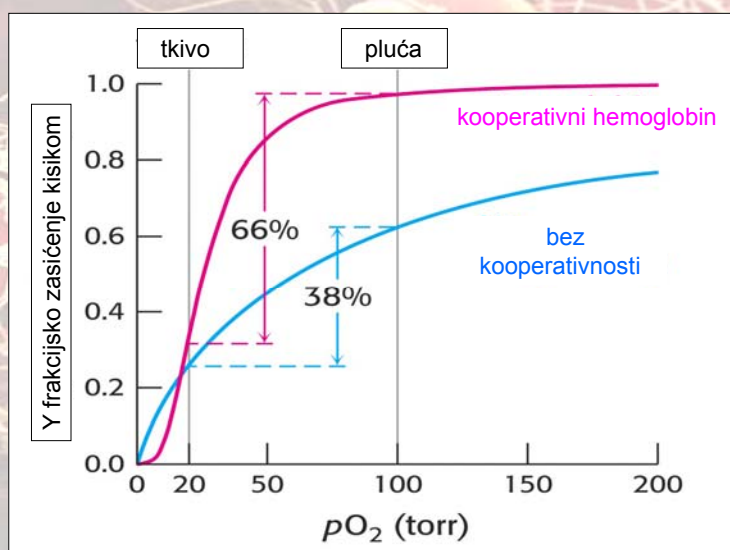
Hemoglobin



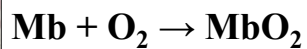
- sigmoidalna zavisnost
- pozitivno kooperativno vezanje kisika

Krivulje disocijacije kisika hemoglobina i mioglobina

Pozitivno kooperativnim djelovanjem hemoglobin otpušta u tkivima dvostruko više kisika u odnosu na nekooperativno otpuštanje kisika.



Vezanje kisika na Hb i Mb

mioglobin

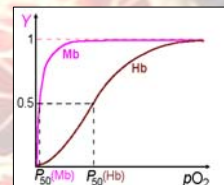
$$K = \frac{[\text{Mb}][\text{O}_2]}{[\text{MbO}_2]} \quad Y = \frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{MbO}_2] + [\text{Mb}]}$$

$$Y = \frac{p(\text{O}_2)}{p(\text{O}_2) + P_{50}}$$

Tipične vrijednosti:

 $p(\text{O}_2)$ u arterijama = 100 torr $p(\text{O}_2)$ u venama = 30 torr P_{50} za Hb = 26 torr P_{50} za Mb = 1 torr n za Hb = 2,8 – 3,0

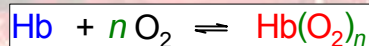
Vezanje kisika na Hb i Mb

hemoglobin

A. Hill je pokazao da se eksperimentalna krivulja može aproksimirati izrazom:

$$Y = \frac{(p\text{O}_2)^n}{(p\text{O}_2)^n + (P_{50})^n}$$

koji odgovara:



Ovaj izraz za ravnotežu pretpostavlja da su sva vezna mjesta na hemoglobinu identična, ne razlikuju mjesta 1, 2, 3, n !!!

Broj n naziva se **Hillov koeficijent (općenito koeficijent kooperativnosti)** i za hemoglobin u eritrocitima ne iznosi 4 nego $n = 2.8$

Hillov dijagram

... je prikaz $\log \frac{Y}{1-Y}$ u ovisnosti o $\log pO_2$.

Iz jednadžbe za Y računamo:

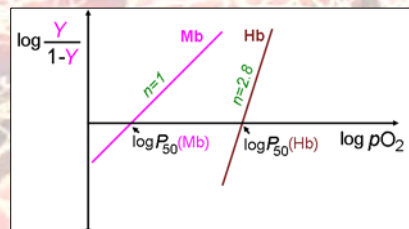
$$\frac{Y}{1-Y} = \frac{(pO_2)^n}{(pO_2)^n + (P_{50})^n} = \frac{(pO_2)^n}{(P_{50})^n}$$

Logaritmiranjem obje strane ovog izraza dobiva se **Hillova jednadžba**:

$$\log \frac{Y}{1-Y} = n \log pO_2 - n \log P_{50}$$

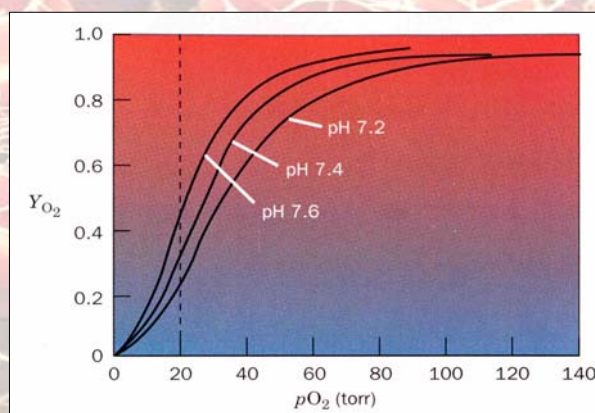
Iz Hillove jednadžbe slijedi da je prikaz $\log \frac{Y}{1-Y}$ u

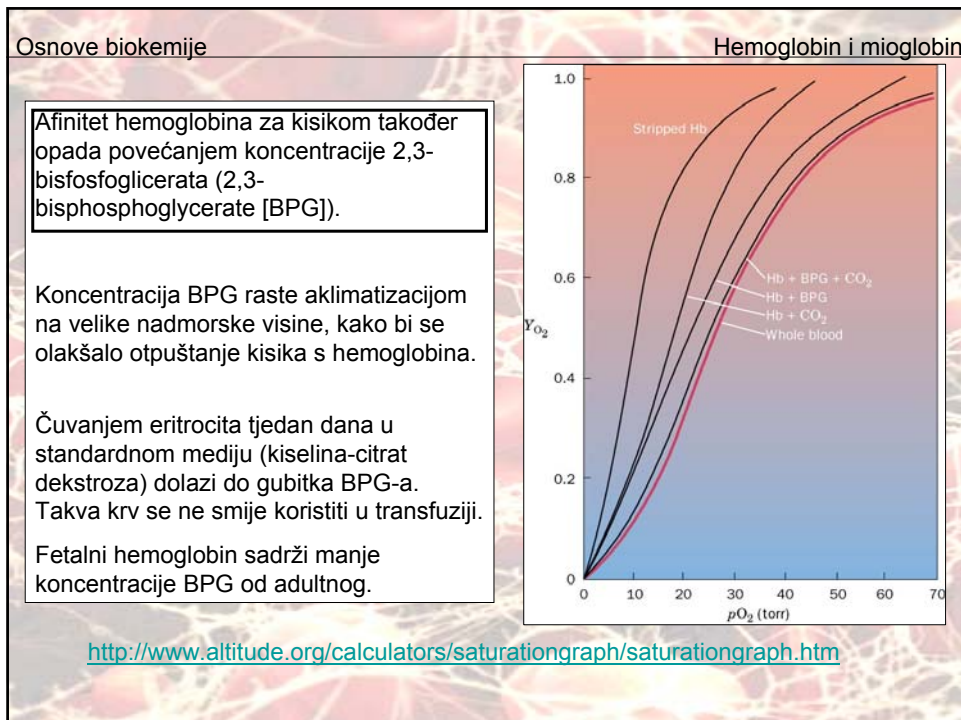
ovisnosti o $\log pO_2$ pravac s koeficijentom smjera n i odsječkom na ordinati $-n \log P_{50}$, iz čega slijedi da je **odsječak na osi x jednak $\log P_{50}$** .

**Bohrov efekt**

Afinitet hemoglobina za kisikom opada povećanjem:

1. koncentracije H_3O^+ (zakiseljavanjem)
2. povećanjem koncentracije (parcijalnog tlaka) CO_2





Osnove biokemije

Hemoglobin i mioglobin

Funkcionalne razlike između hemoglobina i mioglobina

Hemoglobin	Mioglobin
Alosterički protein.	Nije alosterički protein.
Vezanje kisika je pozitivno kooperativno, krivulja disocijacije kisika je sigmoidalna.	Vezanje kisika nije kooperativno, krivulja disocijacije kisika je hiperbolična.
Afinitet za kisik ovisi o koncentraciji H_3O^+ i CO_2	-
Organski fosfati (BPG) utječu na afinitet hemoglobina za kisik.	-

1. Parcijalni tlak kisika u kapilarama aktivnog mišića iznosi 20 mmHg.
 a) Izračunajte frakcijsko zasićenje Y mioglobina i hemoglobina pri ovim uvjetima.
 (P_{50} mioglobina = 1,0; P_{50} hemoglobina = 26; $n = 2,8$)
 b) Koji je značaj izračunatih vrijednosti za fiziološku ulogu mioglobina u mišiću?

$$Y_{Mb} = \frac{pO_2}{pO_2 + P_{50}} = \frac{20}{20 + 1} = 0,952$$

$$Y_{Hb} = \frac{(pO_2)^n}{(pO_2)^n + (P_{50})^n} = \frac{(20)^{2.8}}{(20)^{2.8} + (26)^{2.8}} = 0,324$$

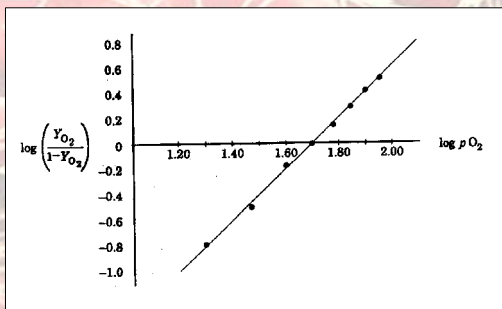
b) S obzirom da hemoglobin ima manje frakcijsko zasićenje od mioglobina pri zadanim uvjetima, hemoglobin će "iskrcati" kisik mioglobinu.

2. Analiziran je uzorak krvi i dobivena su sljedeća mjerenja:

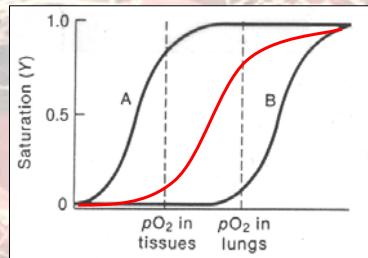
pO_2	20	30	40	50	60	70	80	90
Y	0,14	0,26	0,39	0,50	0,59	0,66	0,72	0,76

Koliko iznosi P_{50} i Hillova konstanta za ovaj uzorak krvi? Može li se reći da je to normalan uzorak krvi?

pO_2	$\log pO_2$	$Y/1-Y$	$\log (Y/1-Y)$
20	1.30	0.16	-0.80
30	1.48	0.35	-0.46
40	1.60	0.64	-0.19
50	1.70	1.00	0.00
60	1.78	1.44	0.16
70	1.84	1.94	0.29
80	1.90	2.57	0.41
90	1.95	3.17	0.50



3. Dobar prenositelj kisika mora biti sposoban vezati kisik u plućima i dopremiti ga u periferna tkiva. Na slici su prikazane krivulje disocijacije kisika molekula A i B. Objasnite zašto navedene molekule ne mogu biti dobri prenositelji kisika. Nacrtajte kako bi trebala izgledati krivulja disocijacije kisika dobrog prenositelja.



4. Glutation je tripeptid koji se sastoji od glutaminske kiseline, cisteina i glicina, a ima ga mnogo u ljudskim eritrocitima kao i u mnogim ostalim tkivima. Reducirani glutation (GSH) je reducens jer se njegove -SH skupine mogu oksidirati do disulfidnih skupina. Ako glutation koji se nalazi u eritrocitima nije u reduciranom obliku, eritrociti gube sposobnost transporta kisika. Zašto?

Rj.: Reducirani glutation održava Fe hemoglobina u (+2) stanju.

Fe hema, oksidacijom do ferri (+3) stanja tvoreći methemoglobin, više ne može reverzibilno vezati kisik.

5. BPG ima ulogu u adaptaciji na velike visine.

Kakav je učinak povećane razine BPG-a na količinu kisika dovedenog u mišiće kod osobe koja živi na 3000m u usporedbi s osobom koja živi na razini mora? Pretpostavite da je na 3000 m porast razine BPG-a povisio P_{50} s 26 torra na 35 torra i da alveolarni pO_2 iznosi 67 torra, a pO_2 u kapilarama mišića je 20 torra. Na morskoj razini alveolarni pO_2 iznosi 100 torra a pO_2 u mišićima je 20 torra. Hillov koeficijent iznosi 2.8.

Upotrijebivši jednadžbu $Y = \frac{(pO_2)^n}{(pO_2)^n + (P_{50})^n}$

Povišena razina BPG-a na 3000 m mijenja P_{50} i daje ΔY (razlika u frakcijskom zasićenju hemoglobina kisikom u plućima prema tkivima) 0.69. ΔY na razini mora iznosi 0.65. Stoga, povećanje razine BPG-a rezultira sličnom opskrbom kisikom u tkivima kada je alveolarni pO_2 značajno smanjen. Općenito, što je veći ΔY , bolja je opskrba kisikom.

6. Jedna molekula 2,3-bisfosfoglicerata veže se na jednu molekulu hemoglobina i to u centralnu "šupljinu" hemoglobina. Da se BPG veže na površinu proteina, bi li interakcija između BPG i hemoglobina bila jača ili slabija? Objasnite svoj odgovor.

Rješenje: BPG se veže za Hb elektrostatskim interakcijama. Te interakcije između negativno nabijenih fosfata BPG-a i pozitivno nabijenih ogranaka Hb-a su puno jače u unutrašnjem hidroforbnom okruženju nego što bi bile na površini, gdje bi ih voda oslabila na BPG i na pozitivno nabijene ogranke. Sila elektrostatskih interakcija (Coulombov zakon) je obrnuto proporcionalna dielektričnoj konstanti medija. Stoga, elektrostatske interakcije su puno stabilnije u unutrašnjosti nego na površini.



<http://www.sciencedaily.com/releases/2007/05/070512113724.htm>

<http://medind.nic.in/maa/t03/i1/maat03i1p45.pdf>

1. Reakcija ima konstantu ravnoteže $K_{eq} = 50$. Kada se reakcija odvija u prisutnosti odgovarajućeg enzima, konstanta brzine reakcije (u desno) povećava se 20 puta. Što će biti s konstantom brzine reakcije u suprotnom smjeru (u lijevo)?
 - a) neće se mijenjati;
 - b) povećati će se 20 puta;
 - c) smanjiti će se 20 puta.
2. Za reakciju $A + B \rightarrow C + D$, slobodna energija se izračunava jednadžbom $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln [C][D]/[A][B]$ (1). Kada se jednadžba (1) može pisati kao $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K_{eq}$ (jednadžba 2.)?
 - a) uvijek;
 - b) kada je $\Delta G = 0$;
 - c) kada je $K_{eq} = 1$.
3. Koja je tvrdnja točna o ulozi enzima u enzimskoj katalizi?
 - a) Enzim povećava konstantu ravnoteže;
 - b) Enzim smanjuje energiju aktivacije;
 - c) Enzim povećava energiju prijelaznog stanja kako bi se prijelazno stanje što prije razgradilo.

4. Promjenu strukture enzima tijekom vezanja supstrata u aktivno mjesto, nazivamo:

- a) Denaturacijom enzima;
- b) Inhibicijom enzima;
- c) Induciranom prilagodbom.

5. Prema dogovoru, koje uvjete za biokemijske reakcije uključuje standardna promjena slobodne energije, $\Delta G'^{\circ}$?

- a) $\Delta G = 0$;
- b) $T = 310\text{ K}$ ($37\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- c) $\text{pH} = 7,0$.

6. Ako je $K'_{\text{eq}} = 10^{-1}$ za reakciju koja se provodi pri $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, tada je ΔG ove reakcije:

- a) $\Delta G > 0$ i reakcija je endergona;
- b) $\Delta G < 0$ i reakcija je egzergona;
- c) ΔG ove reakcije ne možemo odrediti budući da nemamo dovoljno podataka te reakcija može biti ili egzergona ili endergona.

41

7. Koja je tvrdnja najtočnija o aktivnom mjestu enzima?

- a) Aktivno mjesto zauzima značajan dio ukupnog volumena enzima;
- b) Supstrati se vežu u aktivno mjesto isključivo pomoću vrlo jakih privlačnih sila između supstrata i enzima;
- c) Aktivno mjesto je trodimenzionalni utor u enzimu u koje se može vezati supstrat određenog geometrijskog oblika.

8. Koji izraz opisuje enzim kojem nedostaje esencijalna mala molekula koja je potrebna kako bi se provela katalitička aktivnost?

- a) kofaktor;
- b) apoenzim;
- c) holoenzim.

42

9. Koji od navedenih kemijskih spojeva (i iona) **nije** bitna sastavnica nekih enzima?

- a) tiamin;
- b) Zn^{2+} ;
- c) Na^+ .

10. Koja tvrdnja **nije** točna o analozima prijelaznog stanja?

- a) Analози prijelaznog stanja po svojem geometrijskom obliku komplementarniji su (sličniji su) obliku prijelaznog stanja nego što su to, po svojem geometrijskom obliku, supstrati.
- b) Analози prijelaznog stanja slabo se vežu za enzim te se vrlo sporo pretvaraju u produkt.
- c) Analози prijelaznog stanja dobri su inhibitori enzima.

43

Zadatak 1.

Zašto se energija aktivacije ne računa u konačnoj promjeni slobodne energije neke reakcije (ΔG)?

44

zadatak 1.

Energija koja se ulaže da se dostigne prijelazno stanje (energija aktivacije, $\Delta G^\ddagger$) oslobađa se kada se prijelazno stanje pretvara u produkt.

45

Zadatak 2.

Analoge prijelaznog stanja koji se koriste kao inhibitori enzima, kao i katalitička protutijela, često je teško sintetizirati. Zašto?

46

Rješenje zadatka 2.

Prijelazna stanja su vrlo nestabilna. Zbog toga su molekule koje liče tim prijelaznim stanjima također vrlo nestabilne molekule te ih je teško sintetizirati.

47

Zadatak 3.

Izračunajte promjene standardnih slobodnih energija ako su zadane sljedeće konstante ravnoteža reakcija (K'_{eq}):

- K'_{eq}
- a) 1
 - b) 10^{-5} ;
 - c) 10^4 ;
 - d) 10^2 ;
 - e) 10^{-1} .

48

Zadatak 3.-rješenje

$$\Delta G'^{\circ} = -RT \ln K'_{eq}$$

$$\frac{\Delta G'^{\circ}}{RT}$$

- a) 0;
- b) 28,47;
- c) -22,78;
- d) -11,39;
- e) 5,69

49

Zadatak 4.

U reakciji:

glukoza 1-fosfat $\leftrightarrow$ gukoza 6-fosfat ,
reaktanti i produkti čije su početne koncentracije iznosile 1 mol dm^{-3}
su izmješani i reakcija se provodila do ravnoteže pri 25°C . Kada je
dostignuta ravnoteža izmjerene su sljedeće koncentracije:
glukoza 1-fosfat = $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$
glukoza 6-fosfat = $0,19 \text{ mol dm}^{-3}$

Izračunajte K'_{eq} i $\Delta G'^{\circ}$ ove reakcije.

50

Zadatak 4.-rješenje

$$K'_{eq} = [G6P]/[G1P] = 0,19/0,01 = 19$$

$$\Delta G'^{\circ} = -RT \ln K'_{eq} = -8,3 \times 298 \times \ln 19 = -7,28 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

51

Zadatak 5.

Izomerizacija dihidroksiaceton-fosfata (DHAP) u gliceraldehid-3-fosfat (GAP) ima konstantu ravnoteže od 0,0475 pri standardnim uvjetima (298 K, pH 7).

a) Izračunajte $\Delta G'^{\circ}$ reakcije izomerizacije;

b) izračunajte ΔG ove reakcije kada je početna koncentracija DHAP $2 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$, a početna koncentracija GAP je $3 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$.

52

Zadatak 5.-rješenje

- a) $K_{eq} = 0,0475$, $T = 298 \text{ K}$, $R = 8,3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 $\Delta G'^{\circ} = -RT \ln K_{eq} = -(298) \times (8,3) \ln 0,0475 = -(2\,473,4) (-3,05) =$
 $= 7536,5 \text{ J/mol} = 7,54 \text{ kJ/mol}$ (endergona reakcija)
- b) $\Delta G = \Delta G'^{\circ} + RT \ln (3 \times 10^{-6}) / (2 \times 10^{-4}) = 7,54 + 298 \times 8,3 \ln 1,5 \times 10^{-2} =$
 $= 7,54 - 10,39 = -2,85 \text{ kJ/mol}$ (egzergona reakcija!)