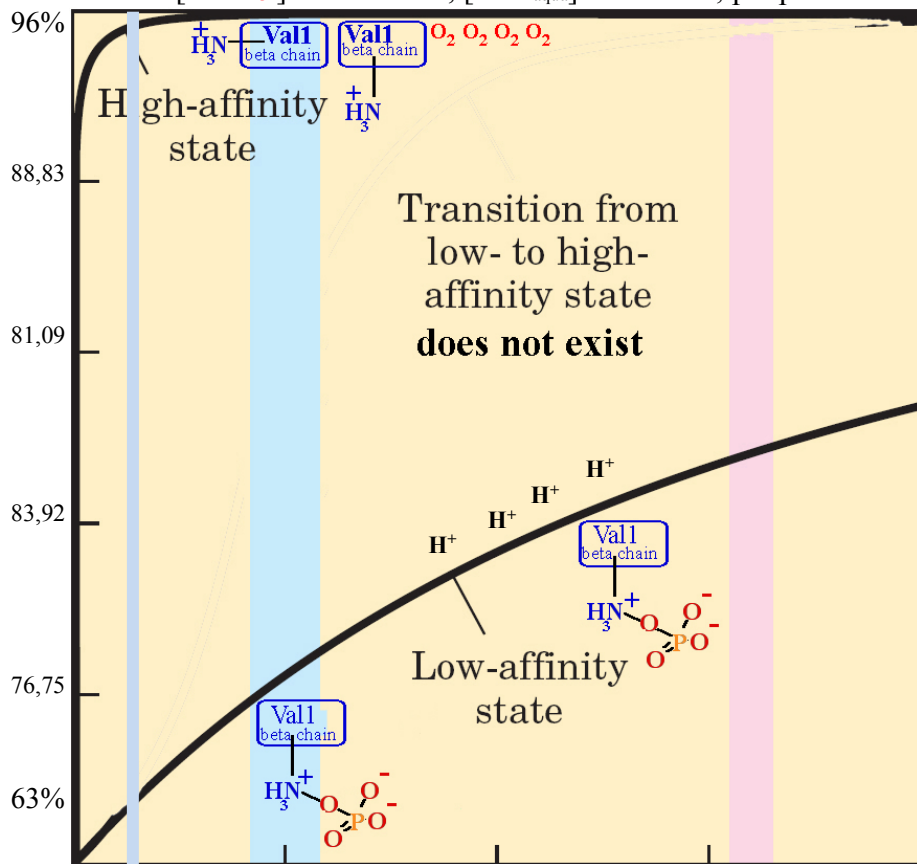


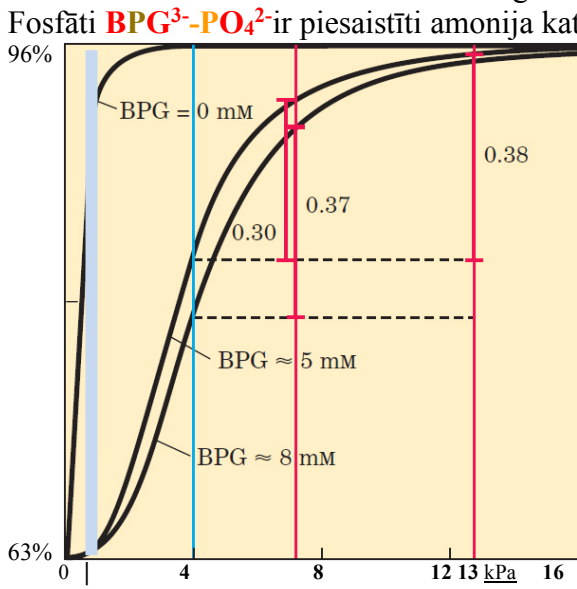
### O<sub>2</sub> un CO<sub>2</sub> asins ūdens šķīdums

Asins plazma, siekalas, asaras, sviedri [O<sub>2</sub><sub>aqua</sub>] = 6·10<sup>-5</sup> M = 0.00006 M gaisa kontaktā V<sub>O<sub>2</sub></sub>%=20,95%.  
 Asinīs hemoglobīnā akumulētais maksimāli [O<sub>2</sub><sub>Hb</sub>] = 82,6·10<sup>-3</sup> M = 0.0165 M reizes x1377 vairāk kā izšķīdis.  
 Bikarbonāta koncentrācija gāzes tilpumam V<sub>CO<sub>2</sub></sub>=58.5 mL/100 mL.no 100 mL asiņu tilpuma ir [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] = 0.0154 M, [CO<sub>2</sub><sub>aqua</sub>]=0.0076M; pie pH=7.36 un summā ir [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]+[CO<sub>2</sub><sub>aqua</sub>]=0.023 M.



Asiņu tilpums 5 L cilvēka ķermenī. Sarkano asins ķermenīšu-eritrocīta šūnu skaits 2,5·10<sup>14</sup>. Hemoglobīna molekulu skaits katrā eritrocīta šūnā 2,7·10<sup>8</sup> divi simti septiņdesmit miljoni. Skābekļa O<sub>2</sub><sub>aqua</sub> molekulu skaits katrā eritrocīta šūnā arteriālās asinīs 1,04·10<sup>9</sup> viens miljards ja piesātinājums ir 96%. 5L asiņu ir 0.413moli, 10,507L O<sub>2</sub> vai 13,22g. Arteriālā skābekļa koncentrācija asins plazmā [O<sub>2</sub><sub>aqua</sub>]=6·10<sup>-5</sup> M 37°C gāze 1,53 mL/L, bet ūdenī 20°C izšķīst CO<sub>2</sub>=2,102·10<sup>-4</sup> M vai 4,708 mL/L H<sub>2</sub>O no gaisa. Skābekļa O<sub>2</sub> tilpuma procents 20.95% veido spiedienu pO<sub>2</sub>=21,12 kPa. Venozā [O<sub>2</sub><sub>aqua</sub>]=0,426·10<sup>-5</sup> M; pO<sub>2</sub>=1,0 kPa vienības un arteriālā [O<sub>2</sub><sub>aqua</sub>]=6·10<sup>-5</sup> M; 16 kPa =>pO<sub>2</sub>=12,9 kPa units.

0 | venozā 4 kPa 8 kPa=3,7·10<sup>-5</sup> M 12 kPa=5,55·10<sup>-5</sup> M 16 kPa (15,96%) 21,12 kPa GAISS  
 1,0 kPa [O<sub>2</sub><sub>aqua</sub>]=0,426·10<sup>-5</sup> M arteriālā [O<sub>2</sub><sub>aqua</sub>]=6·10<sup>-5</sup> M | 12,9 kPa 7,442·10<sup>-5</sup> M=[O<sub>2</sub><sub>plasma</sub>]= 9,768·10<sup>-5</sup> M  
 Augstas tieksmes afinitātes **oksi** hemoglobīns Relaksētais četras skābekļa molekulas 4 O<sub>2</sub> ir adsorbētas  
 Zemas tieksmes afinitātes **deoksi** hemoglobīna T forma ir protonēta ar četriem 4 H<sup>+</sup>.



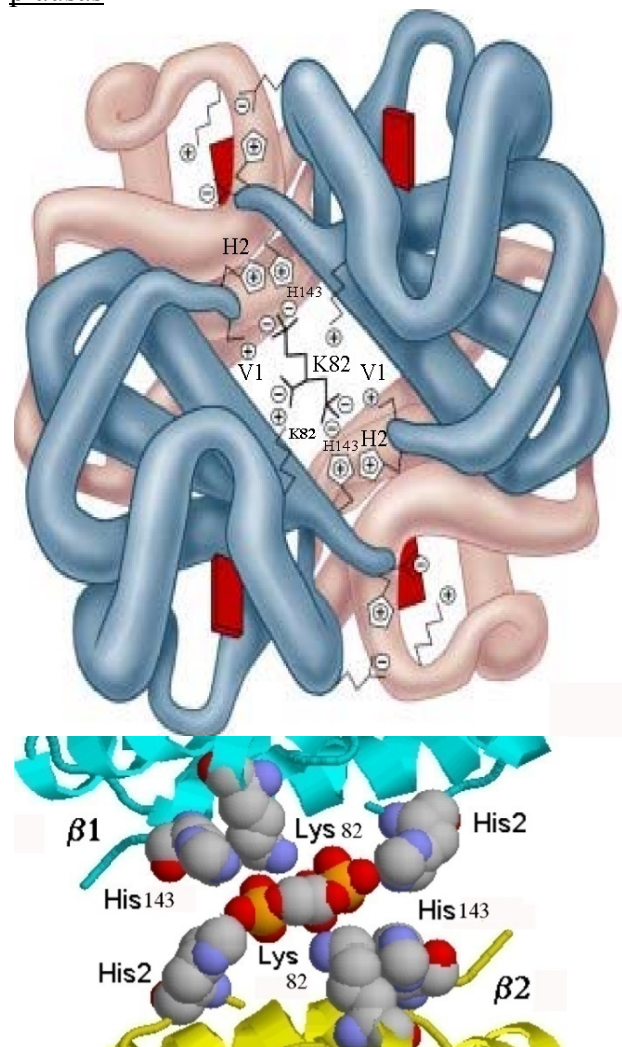
Fosfāti BPG<sup>3-</sup>-PO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ir piesaistīti amonija katjonam H<sub>3</sub>N<sup>+</sup> dobumā pie divu beta virkņu N-termināla Val 1 BPG<sup>5-</sup> dobuma ieejā maina **oksi** relaksēto R augstas tieksmes hemoglobīnu stāvokli uz zemas afinitātes hemoglobīnu **deoksi saspringto T** stāvokli, desorbējot četras skābekļa molekulas 4 O<sub>2</sub>. 33% no 96% adsorbētā skābekļa O<sub>2</sub> hemoglobīnā audos patērējas. Salīdzinot 5 L ūdens vides šķīduma asins plazmā 7,63mL O<sub>2</sub> ar 96% piesātinātā arteriālā hemoglobīnā adsorbēto skābekļa O<sub>2</sub> saturu 10,507 L no 96% atbrīvo33%=>3,502 L O<sub>2</sub>. Aktīvā 33% rezerve ir 3612/7,63=473 reizes lielāka par [O<sub>2</sub><sub>aqua</sub>]=6·10<sup>-5</sup>M arteriālo. Kalnos 2,3-bisfosfoglicerāta koncentrācija palielinās no 5 mM uz 8 mM nedaudz par 15% palielina [O<sub>2</sub><sub>aqua</sub>] atbildes līmeni. Tas uzlabo rezerves apjomu uz 33%+15%=48% un kalnu augstumā aklimatizētā aktīvā rezerve ir 5253,5/7,63=688,5 reizes lielāka, kas par 10% palielina skābekļa [O<sub>2</sub>] piegādi audiem. BPG palielinās no 5 mM uz 8 mM nedēļas laikā palielinot atdevi no [O<sub>2</sub>]=0,426·10<sup>-5</sup> M uz [O<sub>2</sub>]=0,433·10<sup>-5</sup> M

1,0 kPa [O<sub>2</sub>]=0,433·10<sup>-5</sup> M, arteriālā 6·10<sup>-5</sup> M 12,9kPa, 21,12 kPa [O<sub>2</sub>]=9,75·10<sup>-5</sup> M kontaktā ar gaisu.

7 dienu aklimatizācija augstkalnēs palielina 2,3 bisfosfāta glicerāta concentration from 5 mM to 8 mM. HIF (hypoxia induced factor) faktori uzlabo šūnas palielinot eritrocītu daudzumu asinīs.

$\text{H}_2\text{COPO}_3^{2-}\text{-HCOPO}_3^{2-}\text{-COO}^- \rightarrow \text{BPG}^{5-}$  ir glicerāta dihidroksi skābes sāls ar divu fosfātu 2,3-esteriem **homeostāzes** koncentrācijā  $[\text{BPG}^{5-}] = 5 \text{ mM}$  un ir glikolīzes metabolīts eritrocītos, kurš regulē  $[\text{O}_{2\text{aqua}}]$  koncentrācijas jutīgu līdzsvaru, pārbīdot slēdzi pārvērtībai no **oksi R uz deoksi T**, pazeminoties koncentrācijai zemāk par  $[\text{O}_{2\text{aqua}}] = 6 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  asins **plazmā**, jo **BPG<sup>5-</sup>** ieslīdot dobumā desorbē skābekļa 4  $\text{O}_2$  četras molekulas, adsorbējot 4  $\text{H}^+$  pie distālā histidīnā  $2 \cdot \text{His}_{63,58}$  slāpekļa atomiem un četrus bikarbonāta jonus:

$4\text{HCO}_3^- \cdot 4\text{O}_2 + (\text{H}^+_{\text{His}_{63,58}})_4 \text{betaVal1}(\text{NH}_4^+ \text{PO}_4^{2-})_2 \text{HbT} \text{G} \rightleftharpoons (\text{His}_{63,58})_4 \text{Arg}^+ \text{His}^+ \text{betaVal1}(\text{NH}_4^+)_2 \text{HbR}(\text{O}_2)_4 + 4\text{H}^+ + \text{BPG}^{5-}$   
audos **BPG<sup>5-</sup>** ieslīd dobumā desorbē  $4\text{O}_2$   $0,426 \cdot 10^{-5} \text{ M} < [\text{O}_{2\text{aqua}}] < 6 \cdot 10^{-5}$  sasniedz arteriālo koncentrāciju plaušās



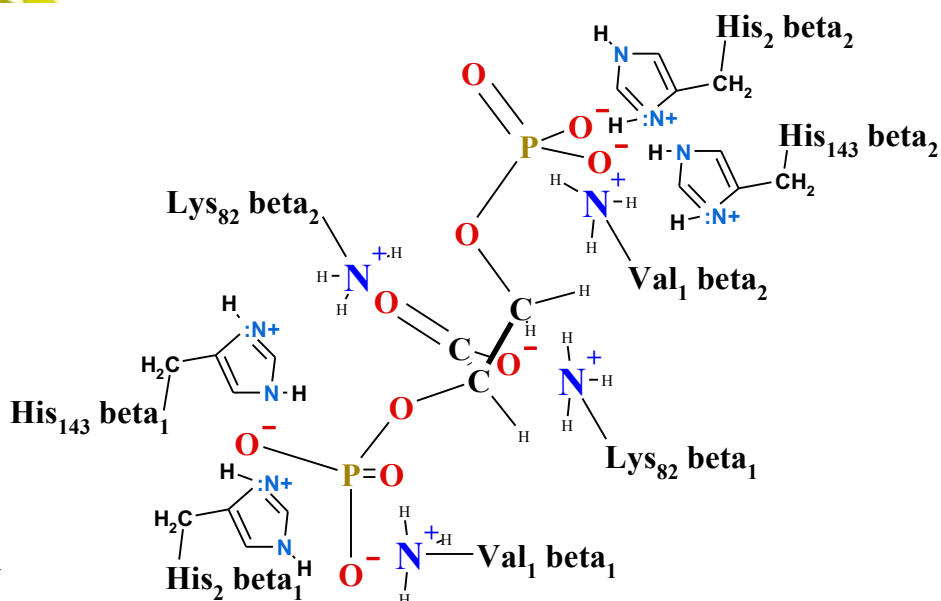
a) divi  $^+\text{H}_3\text{N-Lys82}$  nobeta1 un beta2 sub vienībām;

b) četru aminoskābju **His2; His143** pozitīvi  $^+\text{H-N-}$  lādēti atlikumi **His2; His143** nosubvienībām beta1 un beta2.

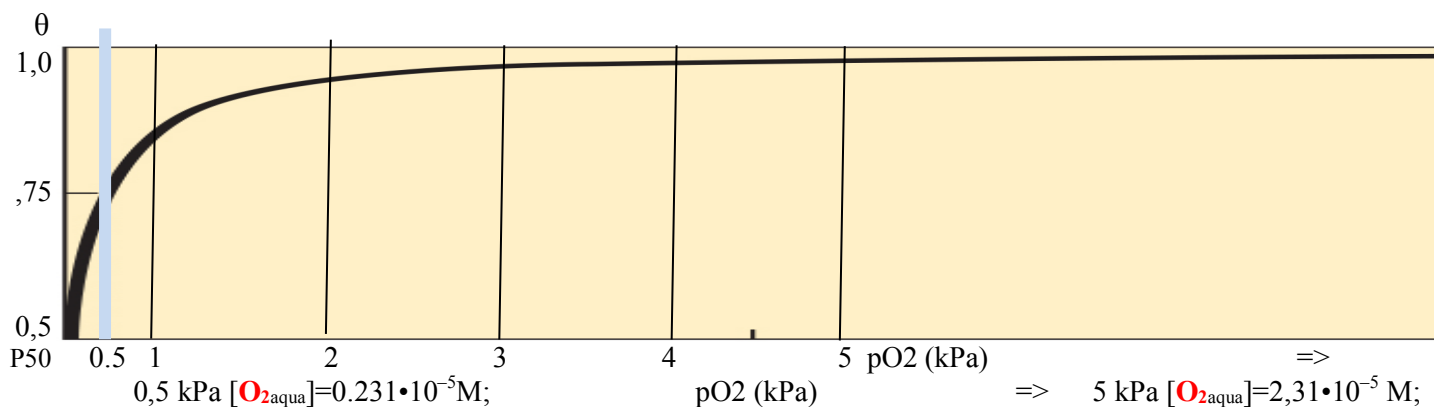
c) divas **N-terminālās** aminoskābes **Val 1** sub vienībās **beta1** un **beta2** ar pozitīvi lādētām aminoskābju grupām  $^+\text{H}_3\text{N-}$  tā kā **asiņu**  $\text{pH} = 7.36$ .

Veiciet animācijuskatā **View<sub>2</sub>** (ieejot "**Views**" izvēlnē lejup), kurā attēlots kristalogrāfiskais sānskats 2 koordināšu asis y-x no Beta<sub>1</sub>-Beta<sub>2</sub> gala. **Dzeltenās** krāsas krusti **x** ir **fosfātu -OPO<sub>3</sub><sup>2-</sup>** centri **deoksi** struktūrā bet ne **oksi Hb**. **Oksi Hb**, beta sub vienības satuvojas ciešāk kopā, izspiežot **fosfātus -OPO<sub>3</sub><sup>2-</sup>** (tādu kā **2,3-BPG<sup>5-</sup>**), un izraisa **N**-un **C-terminālu** pievilkšanos. **BPG<sup>5-</sup>** un inozitola 4,5-fosfāta (putnu eritrocītos) ļoti stipri saistās ar **deoksi** ceturtējo 4° struktūru; tā pēc tie nepieciešami līdzsvara novirzīšanai **deoksi Hb** virzienā, ar ko tie desorbē skābekli, samazinot tieksmi pēc  $\text{O}_2$ . Šādas regulējošas **fosfāta-OPO<sub>3</sub><sup>2-</sup>** grupas ļauj uzturēt  $[\text{O}_{2\text{aqua}}] = 6 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  koncentrāciju sākot no arteriālajām **asinīm** kontrolēti pārslēdz **oksi HbO<sub>2</sub>**, kurš efektīvi veidojas **plaušu** daļā, līdz **deoksi**  $[\text{O}_{2\text{aqua}}] = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  **venozās asinīs** Hb **audos** ar skābekļa desorbciju no hemoglobīna zaudējot vienu trešo daļu 33% no sākotnējā skābekļa daudzuma hemoglobīnā ar 96% aizpildījumu.

Dobumā iespraucas **2,3-BPG<sup>5-</sup>** ar pieciem mīnusa lādiņiem -5 negatīvi lādēta molekula un elektrostātiski pievienojas astoņiem pozitīvi lādētiem aminoskābju atlikumiem:



Mioglobīna okši – deoksi sajūgto (tandēmo) līdzsvaru ar oksidēšanos mitohondrijās virza vadošie enzīmi Krebsa cikla vai/un taukskābju beta oksidēšanās procesos ar desorbētā skābekļa  $O_{2\text{aqua}}$  patēriņu, izdaloties produktiem protonu un bikarbonāta  $H^+ + HCO_3^-$  veidā:



Mioglobīns homeostāzē vai fizioloģiskā stresā ar Krebsa ciklā patērēto skābekļa  $O_{2\text{aqua}}$  koncentrācijas samazināšanos un produktos izdalītā protonu un bikarbonāta daudzumu  $H^+ + HCO_3^-$  novirza līdzsvaru pa kreisi uz **deoksi** stāvokli tur pretim svaigi piegādāto skābekli adsorbējot novirza līdzsvaru pa labi atbrīvojot  $H^+ + HCO_3^-$



$$\theta = \frac{[O_{2\text{aqua}}]}{[O_{2\text{aqua}}] + 0,231 \cdot 10^{-5} \text{ M}}$$

mioglobīna fizioloģiski aktīvā aizpildījuma pakāpe

no 75% līdz 96% ar koncentrācijām  
 0,5 kPa  $[O_{2\text{aqua}}] = 0,231 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ ; un 5 kPa vienības  $[O_{2\text{aqua}}] = 2,31 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  ;  
 Fizioloģiski zemākā mioglobīna aizpildījuma pakāpe  $\theta = 0,75$  (teorētiski pastāv arī  $\theta = 0$ ) ir ar koncentrāciju citosolā  $[O_{2\text{aqua}}] = 0,231 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  , kas atbilst galējam fizioloģiskās slodzes (stresa) stāvoklim šūnā.

Homeostāzē, kad skābekļa patēriņš ir minimāls, mioglobīns ir par 96% aizpildīts ar skābekli , kas nodrošina citosola piesātināto koncentrāciju  $[O_{2\text{aqua}}] = 2,31 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  ar aizpildījuma pakāpi 96% no teorētiski 100% iespējamā.

Hemoglobīna – mioglobīna  $O_{2\text{aqua}} \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$  atspoles līdzsvara reakcijas kompleksi saistītas tandēmā ar Krebsa cikla vai/un beta oksidēšanās reakcijām kā arī ar karbo anhidrāzes Brensteda protolītisko līdzsvaru un membrānas šķērsojošiem protona, bikarbonāta kanālu līdzsvara procesiem un, bez šaubām, ar skābekļa un ūdens osmozi cauri akvaporīnu kanāliem stabilizē homeostāzes fizioloģiskos parametrus:

$$\text{pH} = 7,36;$$

$$\text{arteriālā } [O_{2\text{aqua}}] = 6 \cdot 10^{-5} \text{ M} \mid \text{koncentrācija}$$

$$\text{venozā } [O_{2\text{aqua}}] = 0,426 \cdot 10^{-5} \text{ M} \text{ koncentrācija};$$

$$\text{citosolā stresa } [O_{2\text{aqua}}] = 0,231 \cdot 10^{-5} \text{ M} \text{ un homeostāzes koncentrācija } [O_{2\text{aqua}}] = 2,31 \cdot 10^{-5} \text{ M};$$

$$[HCO_3^-] + [CO_{2\text{aqua}}] = 0,023 \text{ M}; [CO_{2\text{aqua}}] = 0,0076 \text{ M} \text{ fizioloģiskā homeostāzes koncentrācija šūnās:}$$

$$\text{vienā asinsrites ciklā producē daudzumu } [HCO_3^-] + [CO_2] = 0,05054 \text{ M} = [Hb_T \text{ sāls tiltiņš} (HCO_3^-)_{Hb}]$$

$$\text{un patērē } [O_{2Hb}] = 0,05054 \text{ M} \text{ daudzumu};$$

Diennakts patēriņš cilvēka organismā ir 500 g  $O_2$  daudzums 15,6 moli skābekļa;

Kāds ir izelpotā oglekļa dioksīda daudzums vienā diennaktī cilvēka organismam?

20,95	21,12	0,991951	3,25	1,503125	-5 M
	16	15,87121	%		
0,23125	1,503125	1,734375	0,866667	1 vienība	0,4625
	16	7,4	-5 M		
20,95	21,12	0,991951	4	1,85	-5 M
	16	15,87121	%		
0,23125	1,85	2,08125	0,888889		
	16	7,4	-5 M		
20,95	21,12	0,991951	5	2,3125	-5 M
	16	15,87121	%		
0,23125	2,3125	2,54375	0,909091		
	16	7,4	-5 M		
20,95	21,12	0,991951	8	3,7	-5 M
	16	15,87121	%		
0,23125	3,7	3,93125	0,941176		
	16	7,4	-5 M		
20,95	21,12	0,991951	12	5,55	-5 M
	16	15,87121	%		
0,23125	5,55	5,78125	0,960000		
	16	7,4	-5 M		
20,95	21,12	0,991951	13	6,0125	-5 M
	16	15,87121	%		
0,23125	6,0125	6,24375	0,962963		
	16	7,4	-5 M		
20,95	21,12	0,991951	12	5,55	-5 M
	16	15,87121	%		
0,4625	5,55	6,0125	0,923077		
	16	7,4	-5 M		

## Solubilities of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> in Body Fluids

