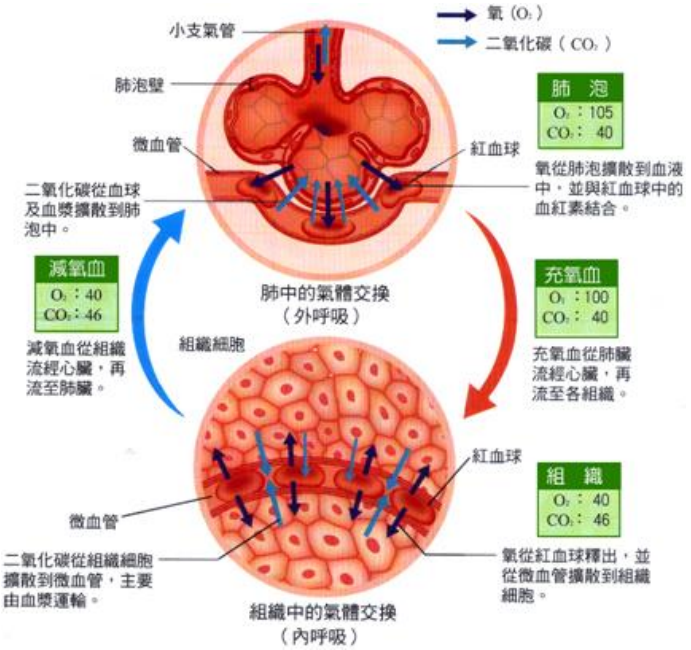
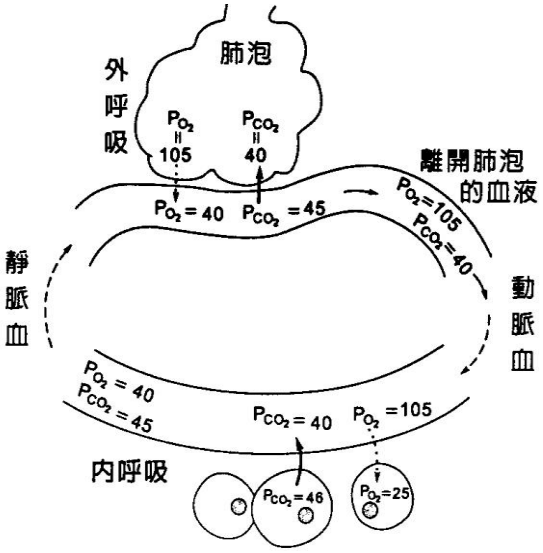
7-2 氣體的交換與運輸

氣體交換

	交換場所	氣體	氣體分壓	氣體移動方向
外呼吸	肺中（肺呼吸）	氧氣	肺泡＞肺微血管	肺泡→肺微血管
		二氧化碳	肺微血管＞肺泡	肺微血管→肺泡
內呼吸	組織細胞間（組織呼吸）	氧氣	微血管＞細胞內	微血管→細胞
		二氧化碳	細胞內＞微血管	細胞→微血管



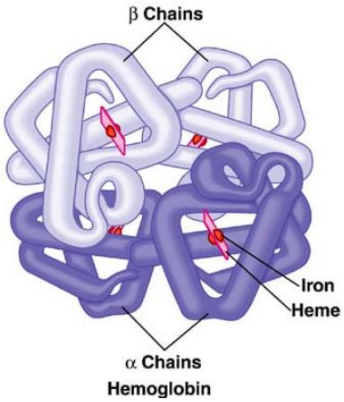


氧氣的交換與運輸

一、 約 2%氧氣直接溶於血漿被運輸。

二、 約 98%氧氣與血紅素結合運輸。

1. 血紅素由四個次單元組成。
   每個次單元由一個血基質與一個球蛋白構成。
2. 一分子血紅素含有四個亞鐵離子，共可攜帶四個氧分子。
   →一紅血球中有 25 億個以上的血紅素



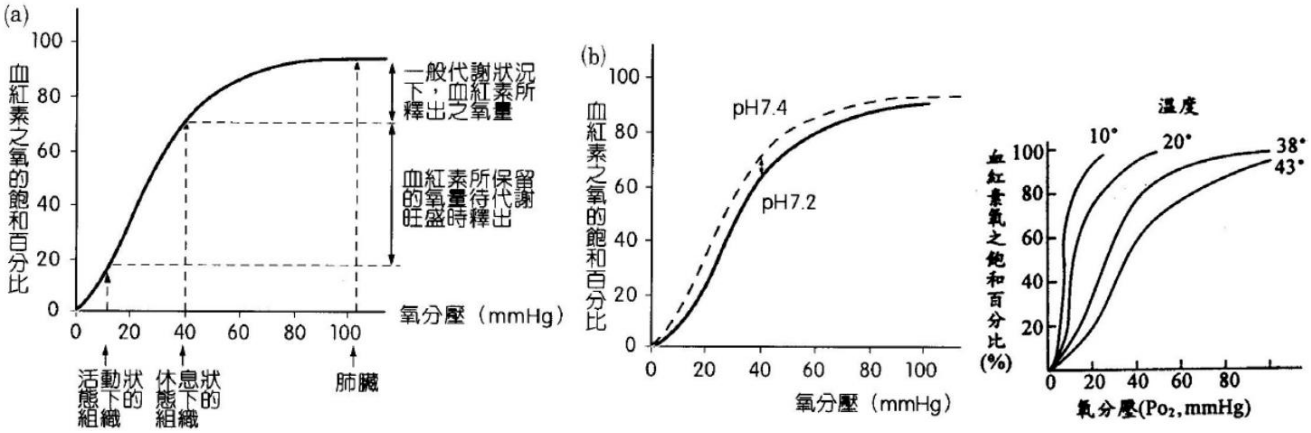
3. 血紅素對氣體親和力：一氧化碳＞氧氣＞二氧化碳
4. 氧氣和血紅素的結合為可逆反應：$Hb + O_2 \leftrightarrows HbO_2$

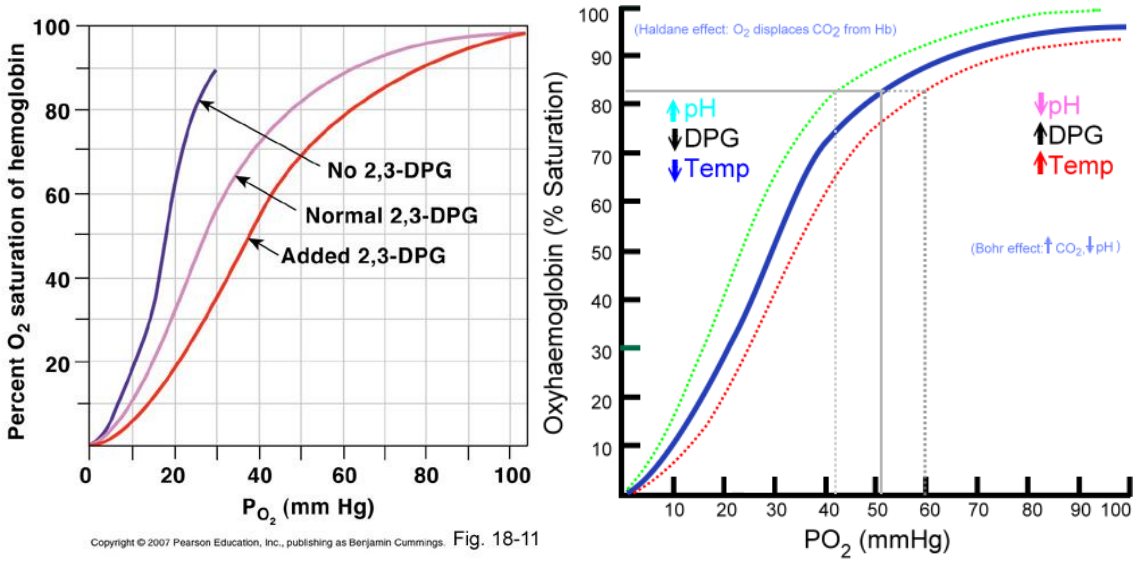
$$Hb + O_2 \underset{(O_2\text{濃度降低或 } CO_2\text{濃度升高時})}{\overset{(O_2\text{濃度較高時})}{\rightleftharpoons}} HbO_2$$

（血紅素）　　（氧合血紅素）

5. 影響血紅素與氧氣結合率的因素

血液氧氣分壓	依照勒沙特列原理，氧氣分壓越高，反應越傾向合成氧合血紅素。
血液酸鹼值	血液中二氧化碳濃度增加時，氫離子濃度也會增加，造成血液酸鹼值下降，血紅素攜氧能力下降。 →又稱為波爾效應
溫度	溫度上升時，血紅素釋出氧氣量增加。
2,3-二磷酸甘油酸濃度（DPG 或 BPG）	1. 為肝醣水解的中間產物，可和血紅素結合並改變結構，降低血紅素對氧氣的親和力。 2. 當組織缺氧時，紅血球會產生較多的二磷酸甘油酸，使血紅素釋出氧氣。





※其他可攜帶氧氣的分子

1. 肌紅素
   (1) 存在於大多數脊椎動物的肌肉中。
   (2) 肌紅素為紅棕色的分子，僅具一血基質與一球蛋白。
   →一分子肌紅素可攜帶一分子氧氣
   →攜氧能力比血紅素更強
   (3) 潛水哺乳類動物通常具有較大的脾臟、大量肌紅素、潛水時心搏減緩的特徵，可增加儲氧量、降低耗氧量，故可在水下待較久的時間。

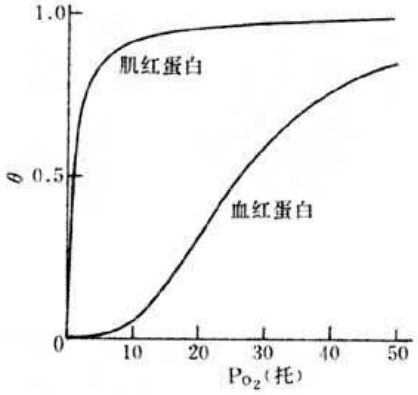
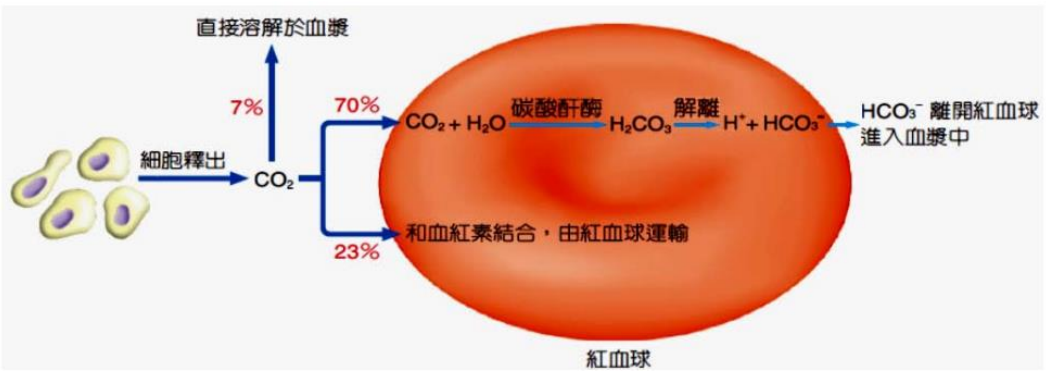


图 3 肌红蛋白和血红蛋白的氧结合曲线

2. 血青素：
   (1) 存在於部份無脊椎動物（多數軟體動物及部份節肢動物）中。
   (2) 血青素含兩個亞銅離子與兩個輔基，僅攜帶一分子氧氣。
   →攜氧能力為血紅素的 25%
   (3) 血青素未攜氧時亞銅離子呈現無色，和氧結合後亞銅離子氧化為銅離子，呈現青藍色。

※快肌（白肌）與慢肌（紅肌）

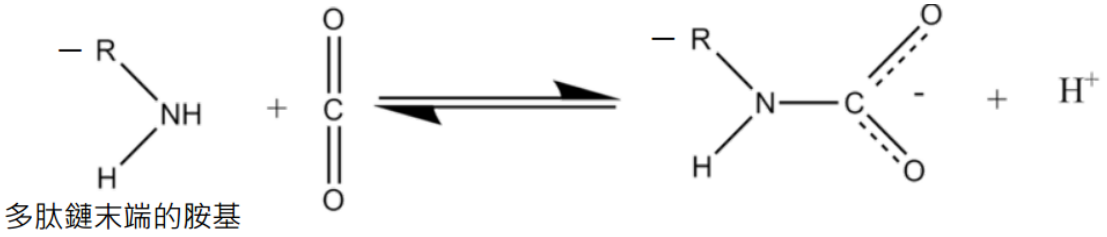
	快肌（白肌）	慢肌（紅肌）
肌紅素含量	少	多
粒線體含量	少	多
微血管密度	少	多
收縮速度	快速	稍慢
收縮持久性	易疲勞	不易疲勞



二氧化碳的交換與運輸

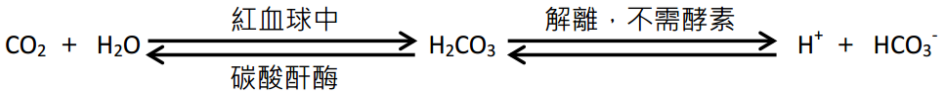
一、 約 7%二氧化碳直接溶於血漿被運輸。

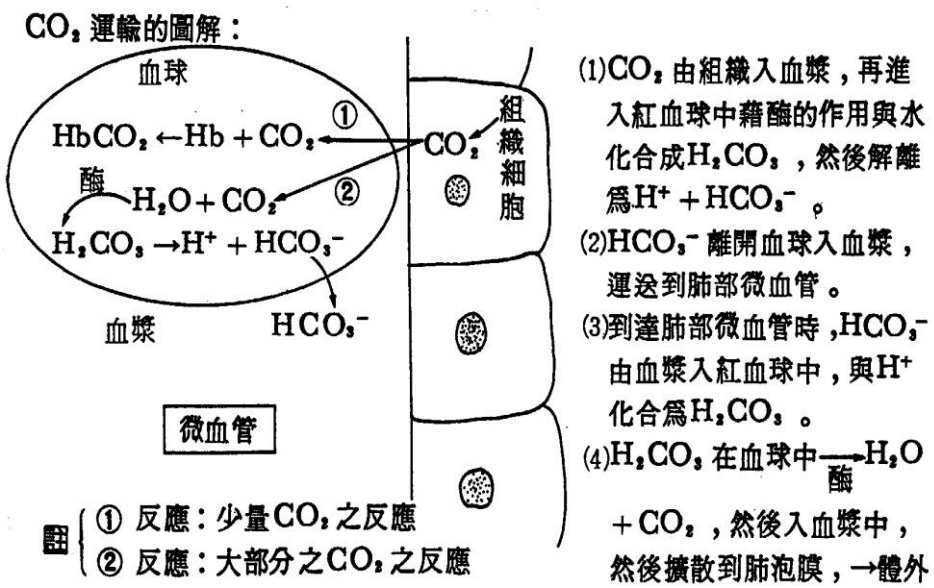
二、 約 23%二氧化碳與血紅素結合，形成碳醯胺基化合物：$Hb + CO_2 \leftrightarrows HbCO_2$。
→和血紅素多肽鏈末端的胺基結合，結合後仍呈暗紅色



多肽鏈末端的胺基

三、 約 70%二氧化碳進入紅血球，藉紅血球中的碳酸酐酶催化與水結合為碳酸，再遇水解離為碳酸氫根離子與氫離子：$CO_2 + H_2O \leftrightarrows H_2CO_3 \leftrightarrows H^+ + HCO_3^-$





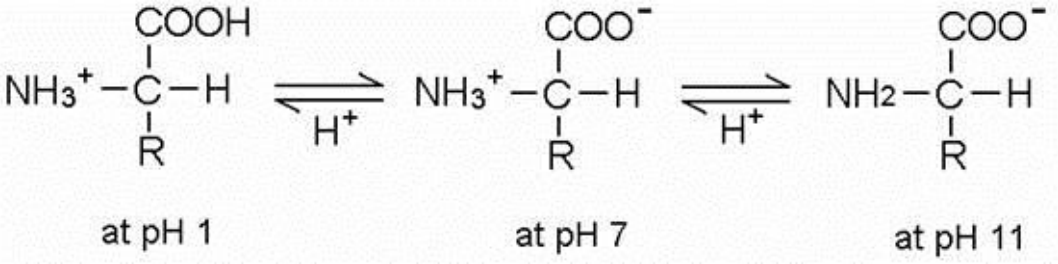
呼吸與體液酸鹼度恆定的關係

一、 正常的血液酸鹼值約維持在 7.35～7.45 之間。

1. 動脈血液酸鹼值低於 7.35 時稱為酸血症，造成酸中毒。
→酸鹼值低於 7.0 時，中樞神經傳導受抑制，可能導致昏迷或死亡
2. 動脈血液酸鹼值高於 7.45 時稱為鹼血症，造成鹼中毒。
→促進突觸傳遞，引起神經過度興奮，嚴重可能導致死亡

二、 體液酸鹼值的恆定維持

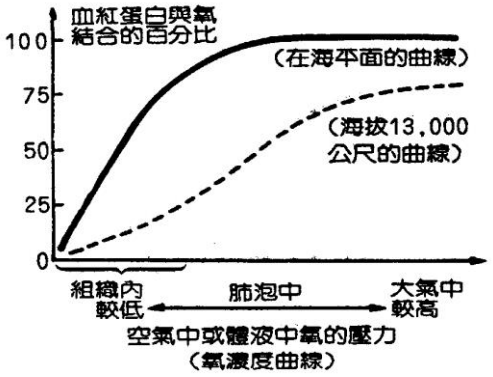
血液緩衝系統	1. 碳酸—碳酸氫鹽：為血漿和組織液中最主要的緩衝物質 氫離子增加時，碳酸氫根可和氫離子結合，維持酸鹼平衡 2. 酸性—鹼性磷酸鹽：鹼性磷酸鹽（$NaHPO_4^-$）可和氫離子結合形成酸性磷酸鹽（NaH_2PO_4）

	3. 蛋白質：酸性環境中，羥基可和氫離子結合 鹼性環境中，胺基可釋出氫離子 血紅素也可與氫離子結合，形成 HbH 
呼吸運動	血液二氧化碳濃度增加→血液酸鹼值過低→刺激中樞及周邊化學受器→刺激呼吸中樞→增加呼吸頻率→排出體內過多的二氧化碳
腎臟排泄	1. 腎小管可分泌氫離子並再吸收鈉離子。 2. 近曲小管可回收 90%的碳酸氫根。

三、 高地的影響與適應

1. 高山症
   a. 成因：因高地空氣稀薄、氧氣分壓低，使血紅素和氧氣的結合率降低。
   b. 症狀：缺氧引發心跳加速、呼吸困難、頭痛、精神不佳、噁心想吐等症狀。
   c. 呼吸性鹼中毒：因過度換氣，導致體內二氧化碳濃度不足。

大氣之 O_2 分壓	150 mmHg
肺之 O_2 分壓	105 mmHg
動脈之 O_2 分壓	100 mmHg
組織之 O_2 分壓	40 mmHg
靜脈之 O_2 分壓	40 mmHg



2. 高山適應：久居高山者，身體會產生調適機制以適應高山環境
   a. 肺體積增加、肺泡數量增加、肺泡微血管數量增加。
   b. 腎臟分泌紅血球生成素，使紅血球數目增加。
   c. 紅血球生成更多 2,3-DPG，增加氧合血紅素的解離率