

## 血液による酸素と二酸化炭素の運搬

### 1 酸素の運搬

- 血液は酸素 O<sub>2</sub> を肺から組織に運ぶ。
- O<sub>2</sub> の大部分はヘモグロビン Hb によって運ばれる。

ガスが血液に溶解している状態は物理的溶解（分子状態）と化学的溶解（血液中の物質と化学的に結合）がある。酸素の物理的溶解は 0.29ml/dl であり非常に少ない。化学的溶解では O<sub>2</sub> はヘモグロビンと結合して存在する。還元ヘモグロビンは O<sub>2</sub> と結合するとオキシヘモグロビン HbO<sub>2</sub> となる。全ヘモグロビンに対するオキシヘモグロビンの割合を酸素飽和度（HbO<sub>2</sub> / (Hb + HbO<sub>2</sub>））と呼ぶ。酸素分圧の上昇は酸素飽和度を上昇させ、正常では酸素分圧 100mmHg では約 98% の飽和度である。1g の Hb は 1.34ml の酸素と結合するので、100ml 中の Hb は 15g とすると 1.34ml × 15g = 約 20ml を運搬することができる。1 分間の心拍出量が約 5l とすると約 1 分間で 10l の酸素を運ぶことができる。安静時では通常 250ml の酸素消費量なので、十分な供給量である。Hb と O<sub>2</sub> との結合は 4 分子のヘムに O<sub>2</sub> 分子が 1 個ずつ結合して最終的に Hb<sub>4</sub>O<sub>8</sub> となる。

### 2 二酸化炭素の運搬

- 組織では O<sub>2</sub> が消費されて二酸化炭素 CO<sub>2</sub> が生じる。
- CO<sub>2</sub> は拡散して血漿、赤血球中に入り運ばれる。
- CO<sub>2</sub> は重炭酸イオン HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> として運ばれるのが約 70% である。

二酸化炭素の物理的溶解は約 10% である。70% は重炭酸イオン HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> として運ばれる。組織で生成された CO<sub>2</sub> は拡散（酸素の 20 倍）によって血漿、赤血球に入る。この時の反応は CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>（炭酸） → H<sup>+</sup>（水素イオン） + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>（重炭酸イオン）となる。この反応は赤血球中の炭酸脱水酵素 carbonic anhydrase によって加速される。生成された H<sup>+</sup> は酸素を切り離れた還元ヘモグロビンと結合して、HHb となり、H<sup>+</sup> を緩衝する。また赤血球から HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>（重炭酸イオン）は血漿中に放出されて、血液のアルカリ性の維持に働く。また血漿中の H<sup>+</sup> と結合して緩衝する。また CO<sub>2</sub> は Hb のアミノ基（NH<sub>2</sub> 基）に結合し、CO<sub>2</sub> + Hb-NH<sub>2</sub> → H<sup>+</sup> + カルバミノ結合 Hb-NHCO<sup>-</sup> となって運ばれるのが約 20% ほどある。肺に達すると、この反応は逆向きに進み炭酸 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> から H<sub>2</sub>O と CO<sub>2</sub> が生じ CO<sub>2</sub> は拡散により肺胞内に放出される。

	動脈血	静脈血
酸素分圧 PO <sub>2</sub> mmHg	100	40
酸素飽和度 SO <sub>2</sub> %	98	75
Hb との結合 ml/dl	19.5	15.1
物理的溶解 ml/dl	0.29	0.12
O <sub>2</sub> 含有量 ml/dl	19.80	15.22

CO <sub>2</sub> 分圧 PCO <sub>2</sub> mmHg	40	46
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> として ml/dl	43.8	46.3
カルバミノ化合物	2.6	3.4
物理的溶解	2.6	3.0
CO <sub>2</sub> 含有量	49.0	52.68
PH	7.4	7.36