

## 到達目標

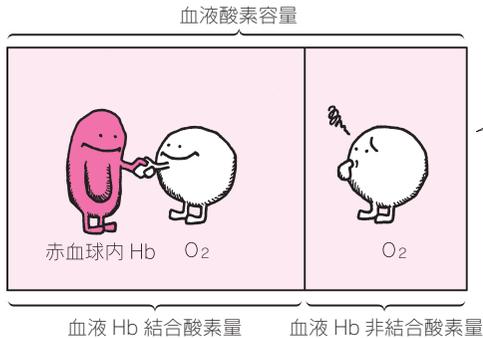
## 9

血液による酸素と二酸化炭素の運搬の仕組みを説明できる。

## Point

- O<sub>2</sub>の大部分は赤血球中のヘモグロビン (Hb、血色素) によって運搬されている。
- CO<sub>2</sub>の大部分は赤血球内の炭酸脱水酵素によって重炭酸イオンに変化して運搬される (そのままの形で血液に溶解して運搬されるのはわずか5%にすぎない)。
- PaCO<sub>2</sub> ↑、pH ↓、体温 ↑、2,3-DPG ↑ などにより Hb 酸素解離曲線は右にシフトし、Hbの酸素親和性は低下し、末梢組織への酸素供給が容易になる。これを Bohr 効果と呼ぶ。

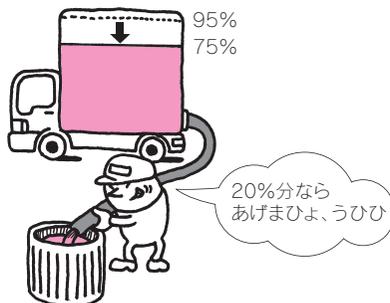
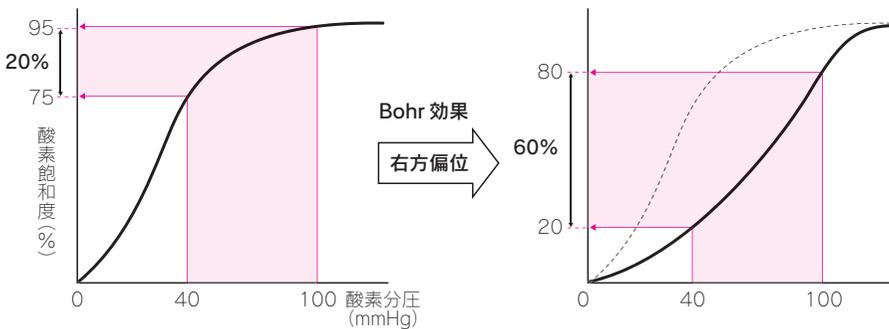
図 12 血液酸素飽和度



的を射た Point 解説とユニークで印象的なイラストの組合せにより、難しい知識の習得が容易になっています。

- 血液酸素飽和度 (SaO<sub>2</sub>) = 血液酸素量のうち何%が血液ヘモグロビンと結合しているか
- 正常では 動脈血 SaO<sub>2</sub> = 100%  
静脈血 SaO<sub>2</sub> = 70%
- ※動脈血酸素飽和度 (PaO<sub>2</sub>) と混同しないこと。

図 13 酸素解離曲線の右方移動



- Bohr 効果により酸素解離曲線が右方偏位すると末梢に酸素を供給しやすくなる。

□□ 30



ヘモグロビン酸素解離曲線の右方移動がみられるのはどれか。

- A PaCO<sub>2</sub> の低下
- B 血液 pH の上昇
- C 体温上昇
- D 2,3-DPG の低下
- E 乳酸の低下

質の高いオリジナル新作問題を多数収録。  
必要な知識を最小限に絞り込んだ解説です。  
医師国試の基礎知識の整理にも最適です。

□ 解法ガイド

ヘモグロビン酸素解離曲線は、酸素分圧に対してヘモグロビンがどのくらい酸素と結合しているかを示している。酸素分圧を横軸に、ヘモグロビンの酸素飽和度を縦軸にとったグラフにおいて、ヘモグロビン酸素解離曲線は S 字曲線をしており、酸素分圧が 40～70 Torr くらいまでは急峻に酸素飽和度が増加するが、それ以上の分圧になると傾きは緩やかとなり、分圧の上昇に対して酸素飽和度の増加はわずかとなる。また、いくつかの条件で、ヘモグロビン酸素解離曲線は右に移動し、同じ酸素分圧でも酸素飽和度が低下する。ヘモグロビン酸素解離曲線が右にシフトすることを Bohr 効果という。Bohr 効果が現れる条件は、

- ① PaCO<sub>2</sub> ↑
- ② pH ↓
- ③ 体温 ↑
- ④ 2,3-DPG (2,3-ジホスホグリセリン酸) ↑

である。こうした条件の際に、ヘモグロビンからよりたくさんの酸素が離れて、末梢組織に供給されやすくなるわけである。したがって、この Bohr 効果を引き起こす条件は、組織が酸素を必要としている状態であると考えると理解しやすい。例えば、PaCO<sub>2</sub> ↑ は、組織での代謝が活発になっていて、よりたくさんの酸素が必要とされている状態であると考えられる。pH ↓ も PaCO<sub>2</sub> ↑ によって、 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$  という反応の右方シフトが起こっているためと考えれば理解できる。実際は、酸素と結合していないデオキシヘモグロビンは、酸素と結合したオキシヘモグロビンと比べて H<sup>+</sup> と強く結合する。したがって、酸性条件ではヘモグロビンは酸素と結合しにくくなり、酸素解離曲線は右に移動するのである。体温 ↑ も代謝の亢進を意味し酸素需要が増している状態と考えられる。2,3-DPG はグルコースの代謝過程で生じる産物であり、その増加はブドウ糖代謝が亢進していて酸素が必要な状態であることを意味する。このように、組織での酸素需要が増加した状態の際に、ヘモグロビン酸素解離曲線は右にシフトし、ヘモグロビンと酸素の親和性は低下し、よりたくさんの酸素がヘモグロビンから離れて組織に供給されるような合目的性がみられるのである。

□ 選択肢考察

- A PaCO<sub>2</sub> の上昇によって右にシフトする。(×)
- B 血液 pH の低下によって右にシフトする。(×)
- C 体温上昇はヘモグロビン酸素解離曲線を右に移動させる。(○)
- D 2,3-DPG の上昇によって右にシフトする。(×)
- E 乳酸が増加すると pH は低下するので、ヘモグロビン酸素解離曲線は右に移動する。(×)