



# 呼吸の基礎・呼吸不全

呼吸器内科 長尾大志

# 呼吸の基礎

- 鼻腔・口腔～咽頭～喉頭～気管～気管支～(約15～17回分岐)～肺胞
- 肺胞の数は健康な人の両肺あわせて3億個
- 胸郭を動かすことで肺=肺胞に伸び縮みをさせ、ガス交換を行う

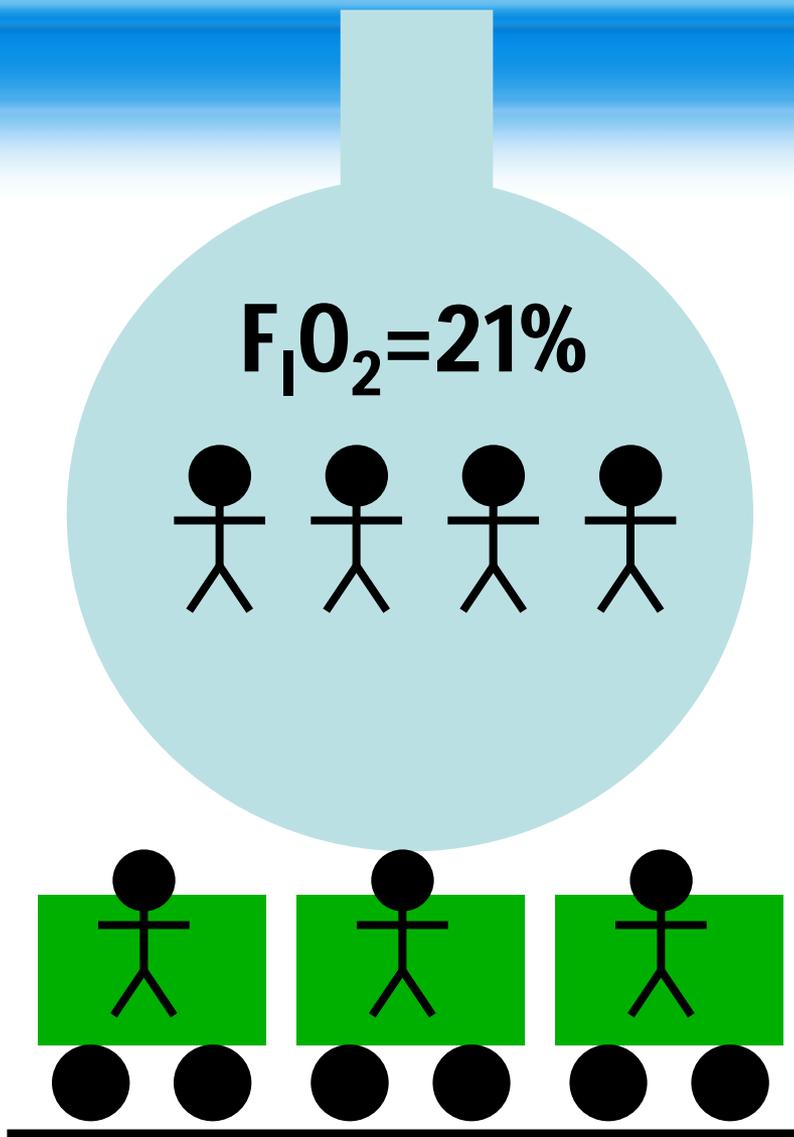
# 正常の肺



- 呼気、吸気で肺はふくらみ、しぼむ。
- 1分間に12~20回
- 通常はあまり抵抗なく行われる

# 酸素と二酸化炭素

- 酸素：ヘモグロビンが能動的に輸送する→  
肺胞の数と $FiO_2$ で決まる
- 二酸化炭素：→肺胞の中の二酸化炭素が薄いほど出て行きやすい→換気量で決まる



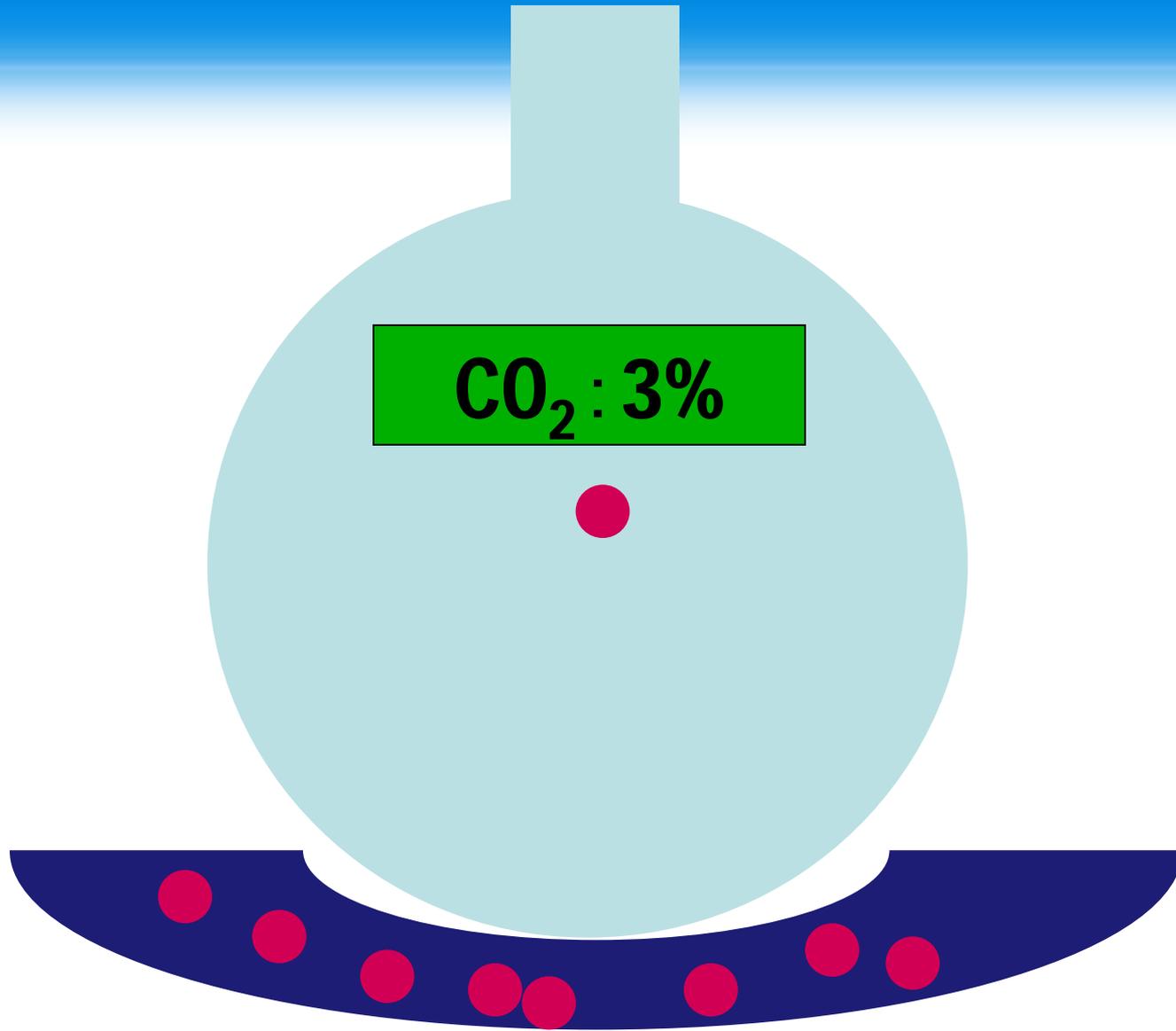
Stick figure :  $O_2$

Green rectangle on wheels : Hb

$$\text{Stick figures} - \text{Stick figures} = A-aDO_2$$

# O<sub>2</sub>に関して

- 動脈血中のO<sub>2</sub> (PaO<sub>2</sub>)を決める大きな要素はF<sub>I</sub>O<sub>2</sub>である。
- 呼吸回数を増やして、換気量を上げててもPaO<sub>2</sub>はあまり変わらない。



# CO<sub>2</sub>に関して

- 動脈血中のCO<sub>2</sub> (PaCO<sub>2</sub>)を決める大きな要素は換気量である。
- 呼吸回数を増やして、換気量を上げるとPaCO<sub>2</sub>は速やかに減少する。

# 低酸素血症の治療

- $F_{I}O_2$ を上げる→酸素投与
- 有効な肺胞の数を増やす→ ???

# CO<sub>2</sub>に関してはどうか

- 換気量を上げれば、換気できない肺胞の分も健全な肺胞が補い、CO<sub>2</sub>を正常に保つことが可能である。

# I 型呼吸不全 ( $\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$ )

- 肺胞がやられる病気(肺炎、心不全、肺気腫、肺線維症、結核など)では、肺胞と血管のバランスが崩れる＝換気血流不均等
- ガス交換が出来なくなる→呼吸ドライブがかかる→換気↑
- 酸素交換は換気↑では補いきれない
- 二酸化炭素交換は換気↑で対応可能

# I 型呼吸不全 ( $\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$ )

- 換気血流不均等が起こると、ふつうに呼吸していたのでは間に合わなくなり、動脈血ガス (特に酸素分圧) が異常になる
- 二酸化炭素分圧は、病気以外の場所で換気さえ出来ていればある程度保たれる

# I 型呼吸不全 ( $\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$ )

- $\text{PaO}_2$  (動脈血ガス酸素分圧) が  $60\text{mmHg}$  を下回る ( $\text{SpO}_2 < 90\%$ ) と生命の危険である
- そのため治療として酸素を投与する
- ただし、後述の II 型呼吸不全 ( $\text{CO}_2$  が高い) の場合、あまり多くの酸素を与えると  $\text{CO}_2$  が急にたまる  $\text{CO}_2$  ナルコーシスとなり昏睡、呼吸停止となるため、注意が必要

## Ⅱ型呼吸不全 ( $\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$ )

- 「肺胞の病気」では、まずⅠ型呼吸不全が起こるのだが...
- 呼吸不全が慢性に経過すると、換気応答がだんだん鈍ってくる
- 呼吸筋疲労などもあり、換気が不良になる  
→  $\text{CO}_2$ 蓄積が起こってくる

## Ⅱ型呼吸不全 ( $\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$ )

- 慢性にⅠ型呼吸不全が続くとき以外に、以下の状態では、  
分時換気量 = 1回換気量 × 呼吸回数  
が減少し、 $\text{PCO}_2$ が上昇する
- 気管支の病気（喘息、肺気腫など、閉塞性障害）
- 呼吸筋に問題があるとき
- 中枢性換気応答低下状態

## Ⅱ型呼吸不全 ( $\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$ )

分時換気量 = 1回換気量 × 呼吸回数

- 閉塞性障害---1回換気量の低下
- 呼吸筋障害---1回換気量の低下
- 換気応答低下---呼吸回数減少
- 慢性呼吸不全---呼吸回数減少

## Ⅱ型呼吸不全 ( $\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$ )

- $\text{CO}_2$ は「炭酸ガス」なので、たまるとpH(ペーハー)が低下する＝血液が酸性になる＝アシドーシス
- pH<7.25になると生命の危険が生じるので、治療として人工呼吸を行う
- 確実に $\text{CO}_2$ を減らす方法は、今のところ人工呼吸のみである。

# 肺機能の基礎

**pH=7.350~7.450**

**PaCO<sub>2</sub>(動脈血ガス二酸化炭素分圧)**  
**=35~45mmHg**

**PaO<sub>2</sub>(動脈血ガス酸素分圧)**  
**=80~100mmHg**

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(重炭酸イオン)**  
**=22~26mEq/L**

# 肺機能の基礎

pH=7.350~7.450

pHが低い→酸性:アシドーシス(酸:acid)

pHが高い→アルカリ性:アルカローシス

pHに影響するのは肺と腎

肺:CO<sub>2</sub>(酸性物質)の値が変わる

腎:HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(アルカリ性物質)の値が変わる

# 肺機能の基礎

pH=7.350~7.450

pHが低い: アシドーシス (酸: acid)

pHに影響するのは肺と腎

肺:  $\text{CO}_2$ の値が変わる:  $\text{CO}_2 \uparrow$  でpH  $\downarrow$

腎:  $\text{HCO}_3^-$ の値が変わる:  $\text{HCO}_3^- \uparrow$  でpH  $\uparrow$

# 肺機能の基礎

**pH=7.350~7.450**

**PCO<sub>2</sub>=35~45mmHg**

PaCO<sub>2</sub>が上昇すると、酸が増えるのでpHは低下

→呼吸性アシドーシス

PaCO<sub>2</sub>が低下すると、酸が減るのでpHは上昇

→呼吸性アルカローシス

# 肺機能の基礎

**PaO<sub>2</sub>** (動脈血ガス酸素分圧)  
= 80 ~ 100 mmHg

酸素モニターで測るSpO<sub>2</sub> (サチュレーション) は  
PO<sub>2</sub>の代用になる (95 ~ 100% が正常値)

# ミニテスト



- 血液ガスの解釈

pH	PaCO <sub>2</sub>	PaO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
7.402	40.3	56.7	24.3
7.210	77.5	69.9	32.7
7.502	24.5	48.1	14.6

# 小テスト

- 新入院のAさん、35歳、病名は肺炎。これまで著患を知らない。SpO<sub>2</sub>は80%である。
- まず、何をするか？

## 小テスト2

- Bさん、87歳、肺気腫で以前から入退院を繰り返している。前回入院時の血ガスはpH 7.340, PaCO<sub>2</sub> 52.3, PaO<sub>2</sub> 67.0であった。在宅酸素療法を行っている。
- 今回救急車で来院、意識混濁、顔色不良、浅薄呼吸である。
- まず、何を？