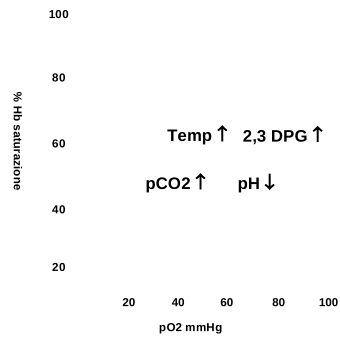


Fisiologia respiratoria: fattori determinanti la satO₂



FISIOLOGIA RESPIRATORIA: PREMESSE

- Il polmone serve agli scambi gassosi
- O₂ e CO₂ si muovono tra aria e sangue per semplice diffusione
- In un liquido esposto ad un gas, il gas stesso avrà ad equilibrio raggiunto la stessa P (pressione parziale) che ha nelle fasi gassose
- La P parziale di un gas in una miscela di gas si trova moltiplicando la sua concentrazione per la pressione totale

ESEMPIO: l'aria secca ha una concentrazione di O₂ del 21% e una pressione totale a livello del mare (pressione barometrica) di 760 mmHg circa ⇒ la PO₂ (a livello del mare) nell'aria secca è pertanto 21/100 x 760mmHg ≈ 160mmHg.

FISIOLOGIA RESPIRATORIA: Fattori determinanti l'ossigenazione cellulare

Respirazione esterna (trasporto di molecole di O₂ dall'aria ambiente al sangue)

OSSIGENAZIONE

Trasporto O₂ nel sangue

Respirazione interna

FISIOLOGIA RESPIRATORIA:
respirazione esterna

Due aspetti importanti dell'unità funzionale respiratoria:

- **simmetria** (sia gas che sangue contribuiscono in eguale misura al mantenimento di PaO_2 e $PaCO_2$)
- **semplicità** (lo scambio gassoso non richiede energia, ma si verifica per semplici processi di diffusione, legati a differenze di pressione parziali)

FISIOLOGIA RESPIRATORIA:
respirazione esterna

Fattori determinanti la PaO_2 (pressione parziale di O_2 nel sangue arterioso):

- **FiO_2** (concentrazione di O_2 nell'aria inspirata)
- **Ventilazione** (delle singole unità) e la **distribuzione** (non tutte le unità ricevono quote di ventilazione ed hanno costanti di tempo uguali)
- **Perfusione**
- **Diffusione**

FISIOLOGIA RESPIRATORIA:
respirazione esterna

Cause di ipossiemia

- Riduzione della pO_2 nell'aria inspirata
- Ipoventilazione
- Disomogeneità rapporto ventilazione/perfusione
- Alterazione della diffusione

Vie aeree di conduzione e zona respiratoria

FISIOLOGIA RESPIRATORIA: ventilazione

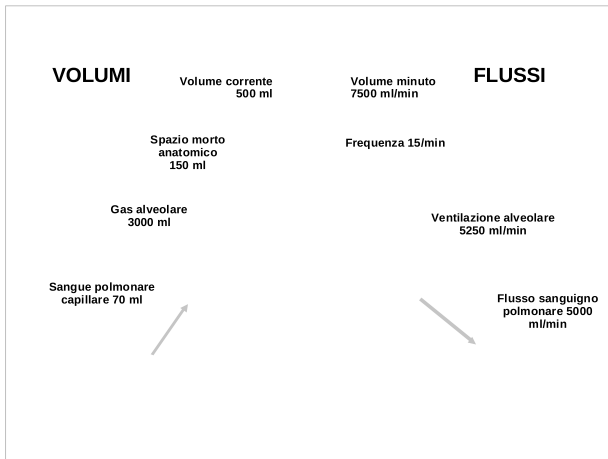
V_T volume corrente (tidal volume)
 V_D volume dello spazio morto (dead space)
 V_A volume alveolare

$V_T = V_A + V_D$ oppure $V_A = V_T - V_D$

FISIOLOGIA RESPIRATORIA: ventilazione

\dot{V}_E volume minuto
 \dot{V}_D ventilazione dello spazio morto (dead space)
 \dot{V}_A ventilazione alveolare

$\dot{V}_E = \dot{V}_A + \dot{V}_D$ oppure $\dot{V}_A = \dot{V}_E - \dot{V}_D$



FISIOLOGIA RESPIRATORIA: ventilazione

Ipoventilazione

Riduzione del volume di gas di rinnovo che giunge agli alveoli nell'unità di tempo (ventilazione polmonare)

Se il consumo di O₂ a riposo non si riduce proporzionalmente si determina ipossiemia

Si ha sempre ↑ della PaCO₂ perchè:

$$PaCO_2 = (\dot{V}_{CO_2} / \dot{V}_A) \times k$$

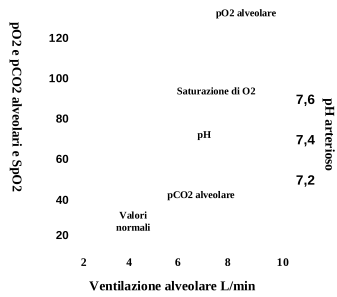
Dove: \dot{V}_{CO_2} : produzione di CO₂
 \dot{V}_A : ventilazione alveolare
 k : costante

FISIOLOGIA RESPIRATORIA: ventilazione

Ipoventilazione, cause:

- Depressione del centro respiratorio da farmaci (barbiturici, oppioidi, anestetici)
- Malattie del midollo
- Malattie dei motoneuroni delle corna anteriori (poliomielite)
- Malattie della giunzione neuromuscolare (miastenia gravis)
- Malattie dei muscoli respiratori (distrofia muscolare progressiva)
- Alterazioni della gabbia toracica
- Ostruzione delle vie aeree superiori
- Sindrome di Pickwick

FISIOLOGIA RESPIRATORIA: ventilazione



FISIOLOGIA RESPIRATORIA: diffusione

Legge di Fick

La velocità di trasferimento di un gas attraverso una lamina di tessuto è direttamente proporzionale a una costante di diffusione, all'area del tessuto e alla differenza di concentrazione del gas fra i due suoi lati (o alle differenze di pressioni parziali) ed inversamente proporzionale allo spessore del tessuto

$$V_{\text{gas}} = D \frac{A \times (P_1 - P_2)}{T}$$

V_{gas} = velocità di trasferimento del gas

D = costante di diffusione

A = area del tessuto T = spessore del tessuto

$P_1 - P_2$ = differenze di pressioni parziali del gas fra i due lati

FISIOLOGIA RESPIRATORIA: diffusione

La costante di diffusione è direttamente proporzionale alla solubilità del gas ed inversamente proporzionale alla radice quadrata del suo peso molecolare.

$$D \propto \frac{\text{Sol}}{\sqrt{\text{PM}}}$$

D = costante di diffusione

Sol = solubilità del gas

PM = peso molecolare

FISIOLOGIA RESPIRATORIA: diffusione

Alterazione della diffusione

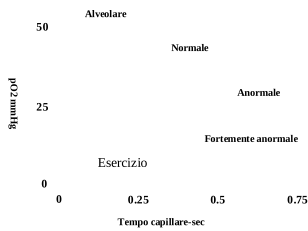
A riposo la pO_2 del sangue capillare raggiunge quella del gas alveolare dopo circa 1/3 del tempo totale di contatto disponibile nel capillare (3/4 di sec) → ELEVATO TEMPO DI RISERVA

Durante lavori muscolari impegnativi la riduzione del tempo di contatto fino ad 1/3 garantisce comunque un completo equilibrio

FISIOLOGIA RESPIRATORIA: diffusione

Alterazione della diffusione

Impossibilità di raggiungere un completo equilibrio tra pO_2 del sangue capillare e quella dei gas alveolari



FISIOLOGIA RESPIRATORIA: diffusione

Alterazione della diffusione, cause:

- Diminuzione superficie di scambio
 - enfisema
 - pneumotorace
 - blocco vie aeree tipo broncopolmonite o atelettasie
- Alterazioni della barriera alveolo-capillare
 - edema interstiziale
 - fibrosi
 - pneumoconiosi
 - collagenopatie

FISIOLOGIA RESPIRATORIA: shunt

PO₂ aria inspirata 150 mmHg

PAO₂ (alveolare) 100 mmHg

PaO₂ (arteriosa) 95 mmHg

La PaO₂ non è la stessa del gas alveolare per due ragioni:

1. Diffusione incompleta
2. Shunt

Una parte del sangue raggiunge il sistema arterioso senza passare attraverso zone ventilate del polmone (arterie bronchiali-vene polmonari, sangue venoso coronarico-vene Tebesio-ventricolo sin)

FISIOLOGIA RESPIRATORIA: shunt

Non si corregge con la somministrazione di O₂ puro

Lo shunt non determina ↑ della Pa CO₂: i chemocettori centrali stimolano l'iperventilazione se ↑ della Pa CO₂

Calcolo entità di shunt: $Q_s/Q_t = (C_c - C_a)/(C_c - C_v)$

- Dove:
- Q_s: quota shunt
 - Q_t: flusso ematico totale
 - C_c: contenuto di O₂ nei capillari terminali
 - C_a: contenuto di O₂ nel sangue arterioso
 - C_v: contenuto di O₂ nel sangue venoso misto

FISIOLOGIA RESPIRATORIA

Disomogeneità del rapporto ventilato/perfusione

La ventilazione ed il flusso ematico, nei vari distretti polmonari, NON SONO UNIFORMI

Non tutti gli alveoli hanno infatti lo stesso calibro o la stessa posizione o lo stesso contenuto di fibre elastiche o di surfactant. Inoltre sono soggetti ad una diversa forza di gravità (quelli alle basi schiacciati da tutto il peso del polmone, quelli apicali dilatati in partenza).

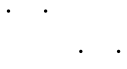
Vi è anche un diverso flusso ematico che dipende dalla:

1. Gravità (o pressione idrostatica)
2. Pressione intralveolare

FISIOLOGIA RESPIRATORIA

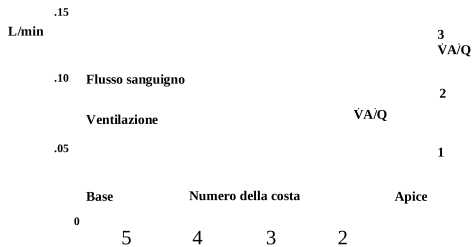
Disomogeneità del rapporto ventilazione/perfusione

Esiste una disomogeneità del rapporto ventilazione/perfusione nel polmone in posizione eretta con rapporto che va diminuendo dagli apici (3,3) alle basi (0,63).



FISIOLOGIA RESPIRATORIA

Disomogeneità del rapporto ventilazione/perfusione



Distribuzione della ventilazione e del flusso sanguigno lungo un polmone eretto: il rapporto VA/Q diminuisce dall'apice alla base del polmone

FISIOLOGIA RESPIRATORIA

- Quindi: per avere una buona ossigenazione sanguigna il sangue deve passare dove il polmone è ben ventilato.
- Se passa dove non è ventilato non si ossigena e "inquina" il sangue che è correttamente ossigenato e la ossigenazione che si ottiene è bassa.
