



Catene carboniose (alimenti)= energia potenziale

Ossidazione catene carboniose= energia attuale (termica e cinetica)

Vita=
Alimenti + O₂

FIGURE 1: Detail of the engraving in the frontispiece of Harvey's *Exercitationes de generatione animalium* (1651), showing

Respirazione

- ◉ Organismi unicellulari
O₂ diffonde dall'ambiente esterno
- ◉ Metazoi dotati di un sistema specializzato per canalizzare O₂ contenuto nell'atmosfera o disciolto in acqua entro organismo (primitivo apparato respiratorio)

Respirazione

- Uccelli mammiferi : apparato respiratorio sistema complesso protetto dentro organismo a garantire condizioni stabili di scambio fra O_2 ricco nell'ambiente esterno e CO_2 abbondante in tessuti
- Il sangue è il mezzo di trasporto che consente all' O_2 introdotto con il sistema respiratorio e CO_2 rilasciata dai tessuti di entrare e uscire dall'organismo

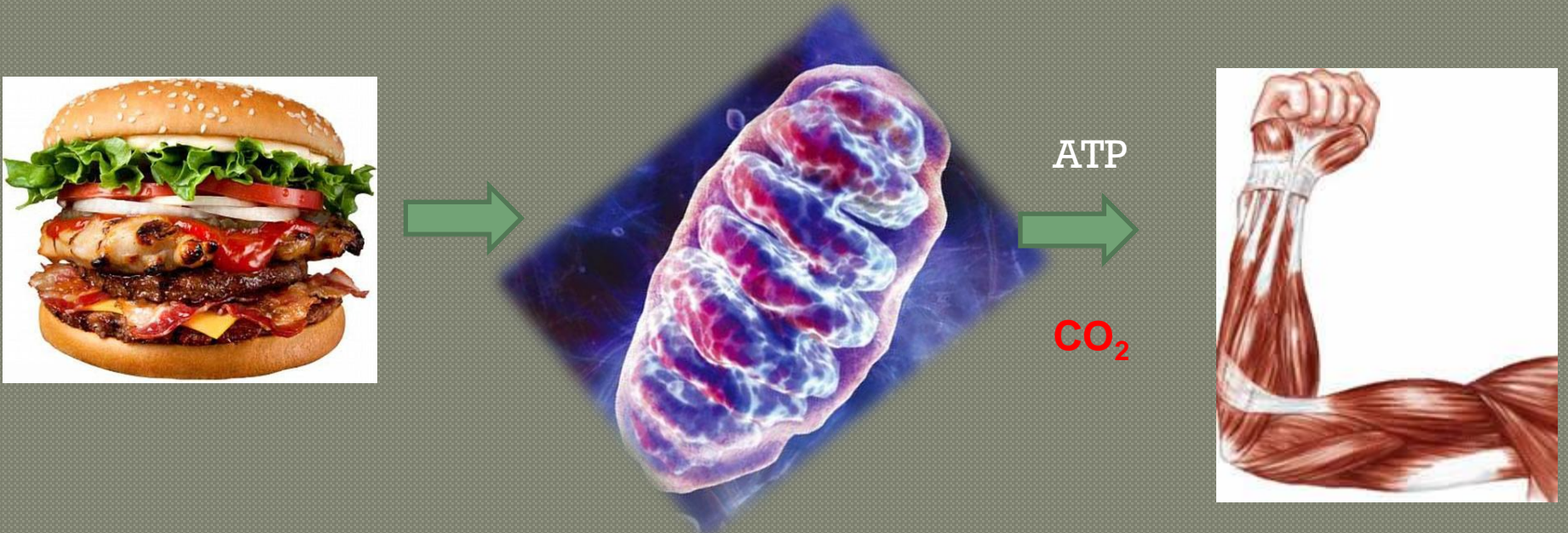
Funzioni del sistema respiratorio

- 1) **Scambi gassosi**
- 2) **Omeostasi acido basico**
- 3) **Termoregolazione**
- 4) **Escrezione sostanze endogene/esogene**

Scambi gassosi

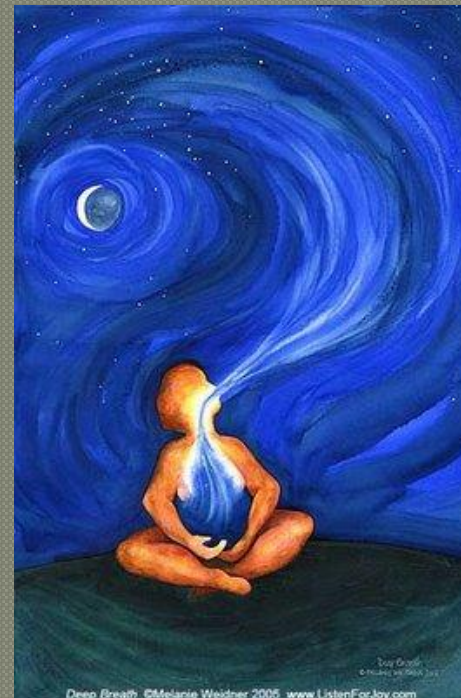
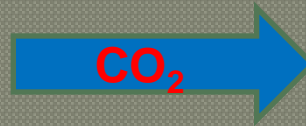
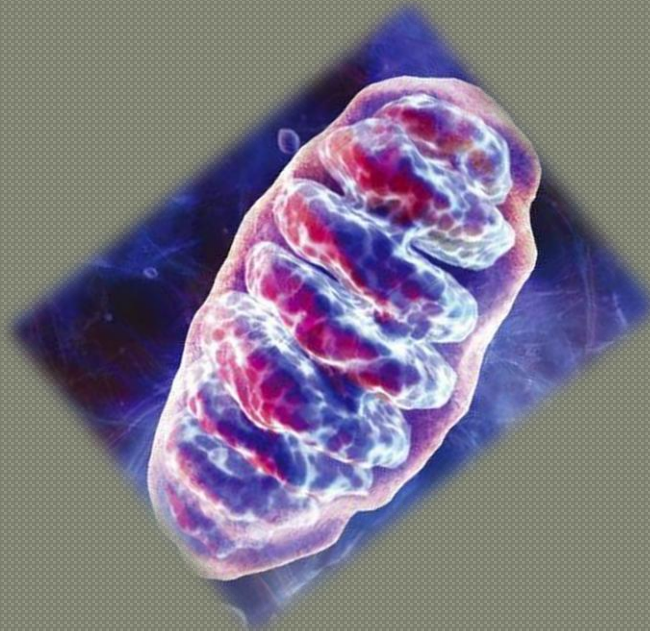
Sistema respiratorio permette di fornire O_2 ai tessuti

O_2 serve a trasformare energia chimica introdotta con alimenti in energia cinetica/termica attraverso reazione combustione:



Scambi gassosi

Sistema respiratorio deve anche eliminare la CO_2 che si forma durante reazioni di ossidazione. La CO_2 è un catabolita pericoloso per l'organismo



EVENTI coinvolti nella funzione respiratoria

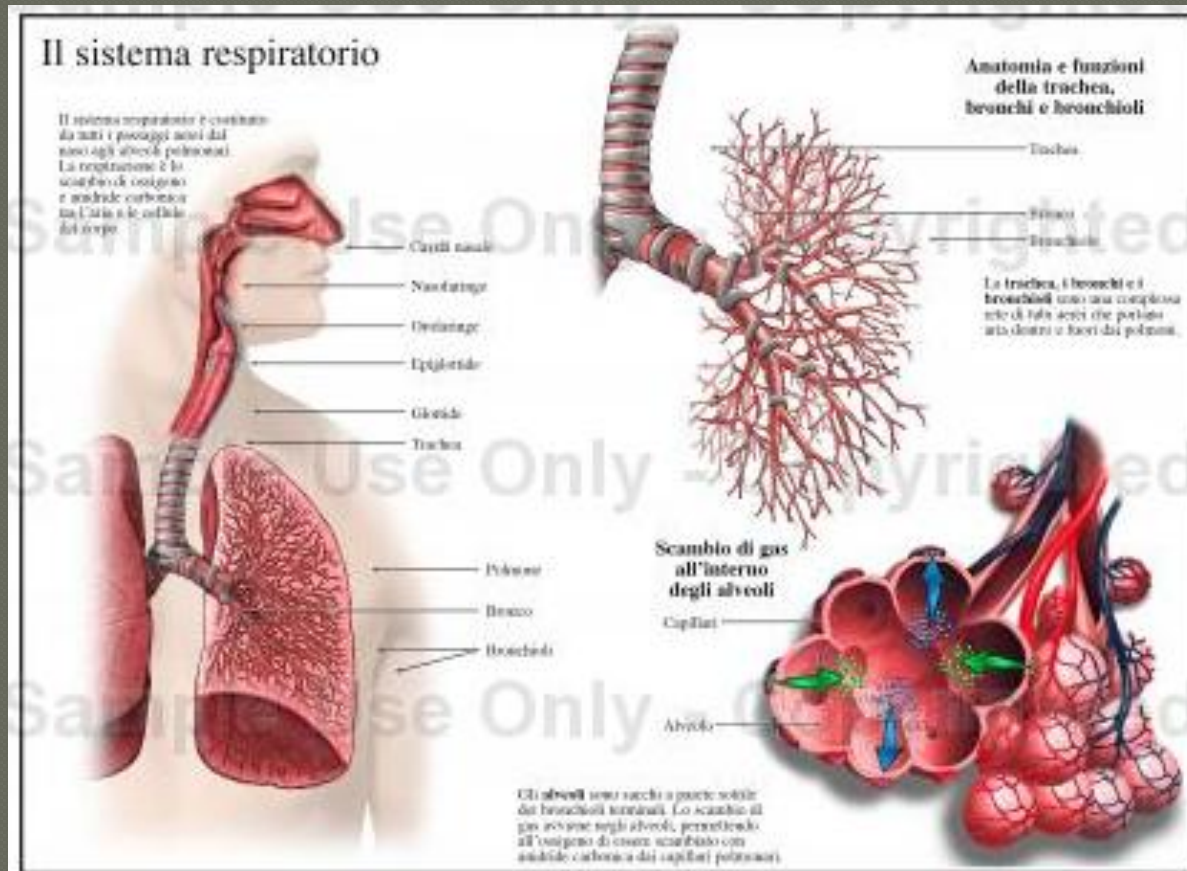
- **VENTILAZIONE POLMONARE**
movimento di aria atmosferica
all'interno del polmone e viceversa

Atmosfera:
miscela di gas con
21% O_2
75% N_2



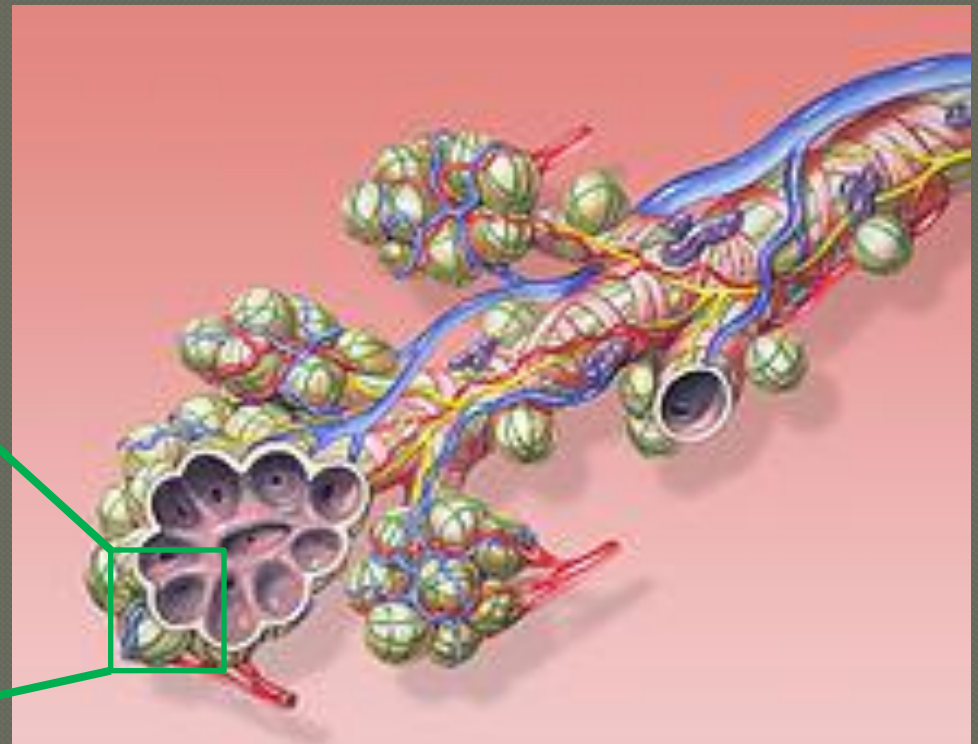
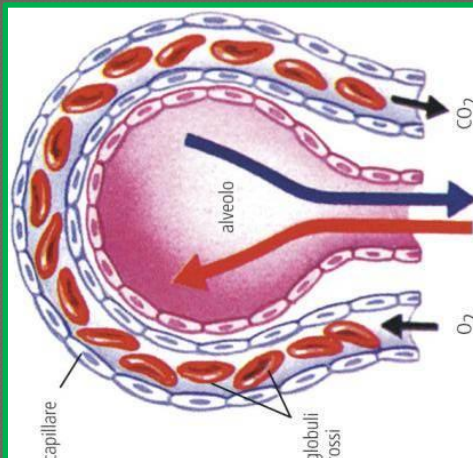
EVENTI coinvolti nella funzione respiratoria

- **VENTILAZIONE POLMONARE** movimento di aria dall'atmosfera all'interno del polmone e viceversa
- **DISTRIBUZIONE** movimento dell'aria attraverso vie aeree superiori ed inferiori fino a raggiungere l'alveolo



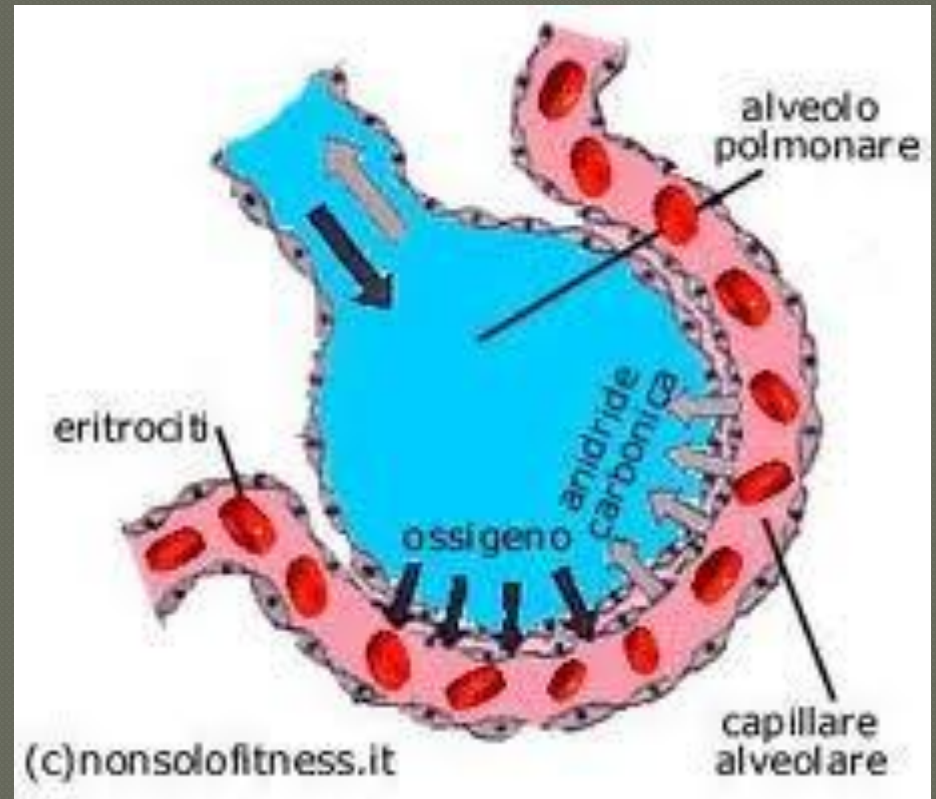
EVENTI coinvolti nella funzione respiratoria

- **VENTILAZIONE POLMONARE** movimento di aria dall'atmosfera all'interno del polmone e viceversa
- **DISTRIBUZIONE** movimento dell'aria attraverso vie aeree superiori ed inferiori fino a raggiungere l'alveolo
- **PERFUSIONE**
flusso sanguigno alveolare



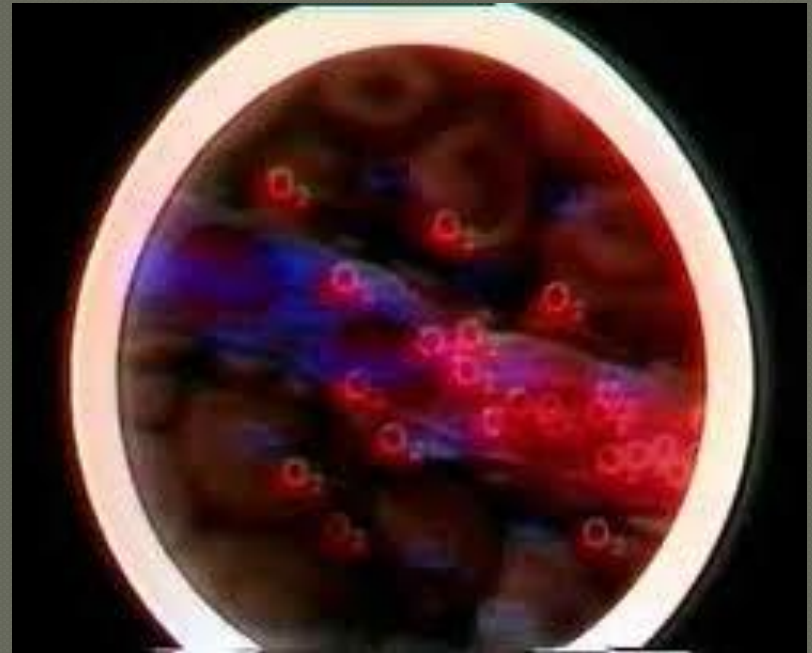
EVENTI coinvolti nella funzione respiratoria

- **VENTILAZIONE POLMONARE** movimento di aria dall'atmosfera all'interno del polmone e viceversa
- **DISTRIBUZIONE** movimento dell'aria attraverso vie aeree superiori ed inferiori fino a raggiungere l'alveolo
- **PERFUSIONE** flusso sanguigno alveolare
- **DIFFUSIONE o SCAMBI GASSOSI** movimento di O_2 e CO_2 attraverso la membrana respiratoria



EVENTI coinvolti nella funzione respiratoria

- **VENTILAZIONE POLMONARE** movimento di aria dall'atmosfera all'interno del polmone e viceversa
- **DISTRIBUZIONE**
movimento dell'aria attraverso vie aeree superiori ed inferiori fino a raggiungere l'alveolo
- **PERFUSIONE**
flusso sanguigno alveolare
- **DIFFUSIONE • SCAMBI GASSOSI**
movimento di O_2 e CO_2 attraverso la membrana respiratoria
- **TRASPORTO**
trasferimento di O_2 e CO_2 nel sangue



EVENTI coinvolti nella funzione respiratoria

- **VENTILAZIONE POLMONARE** movimento di aria dall'atmosfera all'interno del polmone e viceversa

- **DISTRIBUZIONE**

movimento dell'aria attraverso vie aeree superiori ed inferiori fino a raggiungere l'alveolo

- **PERFUSIONE**

flusso sanguigno alveolare

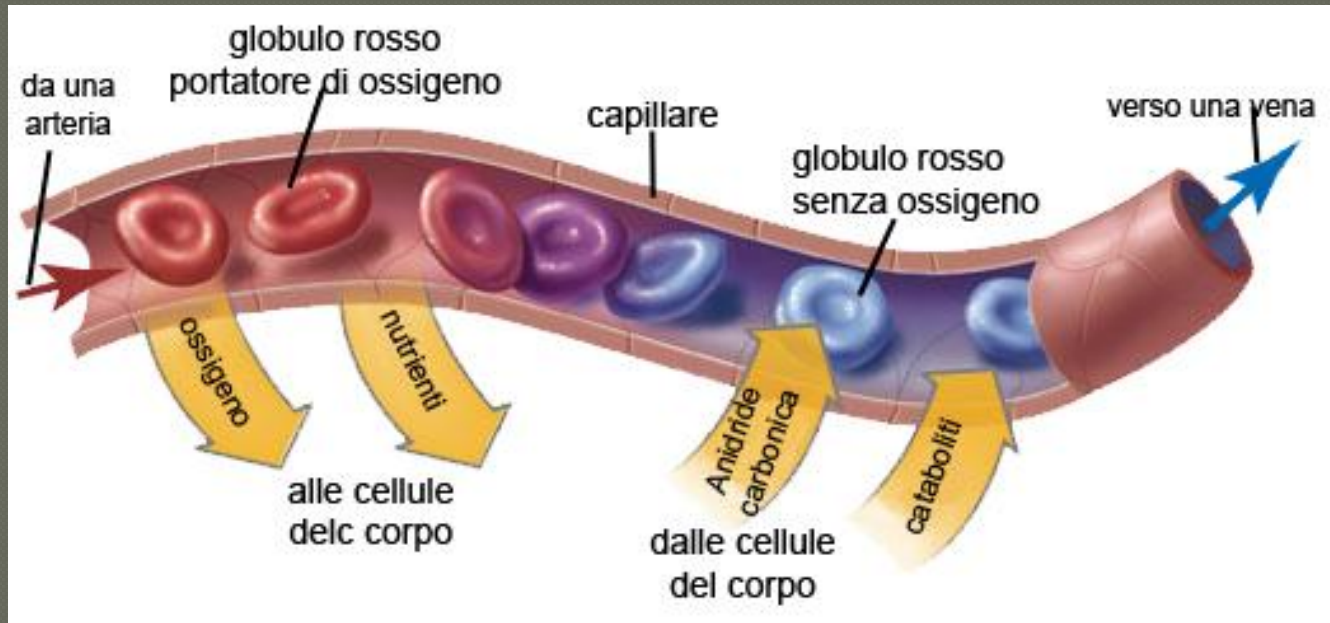
- **DIFFUSIONE o SCAMBI GASSOSI**

movimento di O_2 e CO_2 attraverso la membrana respiratoria

- **TRASPORTO**

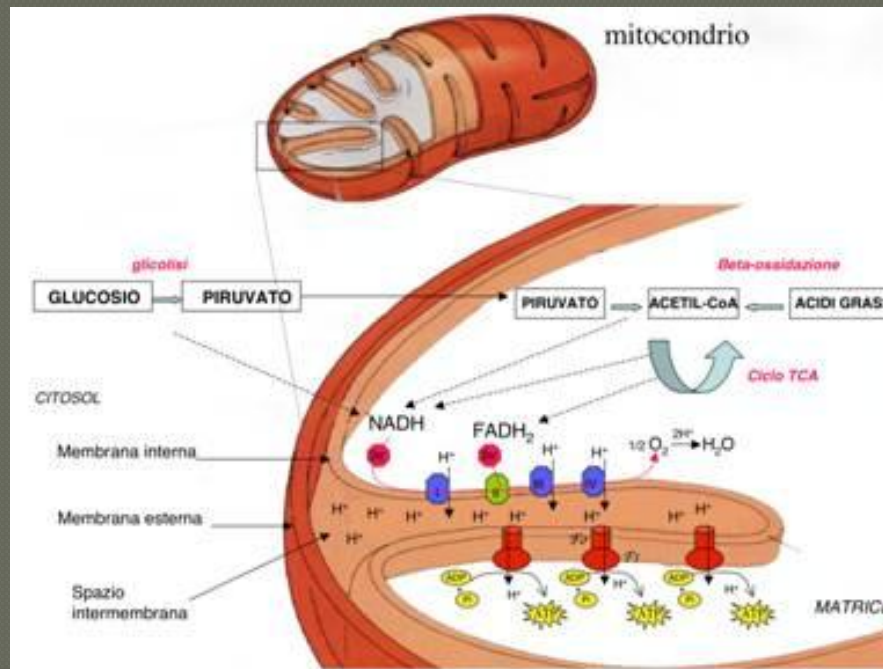
trasferimento di O_2 e CO_2 nel sangue

- **DIFFUSIONE tissutale** movimento di O_2 e CO_2 attraverso la membrana cellulare

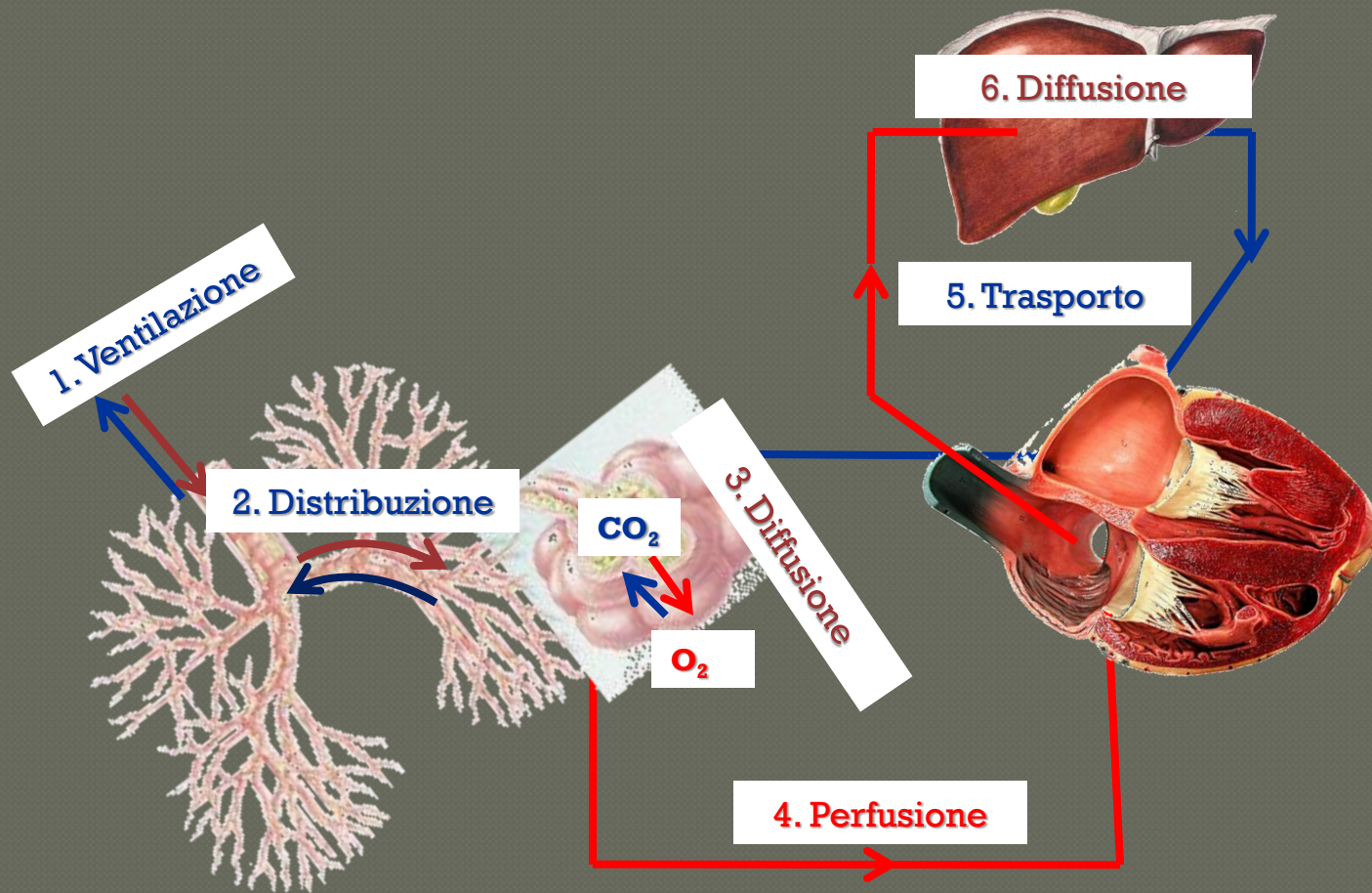


EVENTI coinvolti nella funzione respiratoria

- **VENTILAZIONE POLMONARE** movimento di aria dall'atmosfera all'interno del polmone e viceversa
- **DISTRIBUZIONE** movimento dell'aria attraverso vie aeree superiori ed inferiori fino a raggiungere l'alveolo
- **PERFUSIONE** flusso sanguigno alveolare
- **DIFFUSIONE o SCAMBI GASSOSI** movimento di O_2 e CO_2 attraverso la membrana respiratoria
- **TRASPORTO** trasferimento di O_2 e CO_2 nel sangue
- **DIFFUSIONE tessutale** movimento di O_2 e CO_2 attraverso la membrana cellulare
- **RESPIRAZIONE CELLULARE**



EVENTI coinvolti nella funzione respiratoria



Scambi gassosi= forniscono O_2 per metabolismo cellulare

- Consumo basale o **metabolismo basale** = dispendio energetico di un organismo a riposo (funzioni vitali e funzione cellulare) = $M^{0,75}$

<

O_2 consumato/Kg peso

>



Scambi gassosi= forniscono O_2 per metabolismo cellulare

- Consumo O_2 e produzione CO_2 si modifica al modificarsi dell'attività dei tessuti e quindi varia con l'attività animale.



O_2 consumato/Kg peso



Scambi gassosi= forniscono O₂ per metabolismo cellulare

- Consumi max O₂ (V O₂ max) sono legati al metabolismo del tessuto muscolare.
- Si determina in funzione del peso corporeo (direttamente proporzionale) e in base alla predisposizione aerobica della specie (cavallo vs bovino, cane grossa taglia vs capra)

<

VO₂ max consumato/Kg peso

>



Scambi gassosi

- Effetto dell'esercizio muscolare su consumo di O_2 nel cavallo



Scambi gassosi

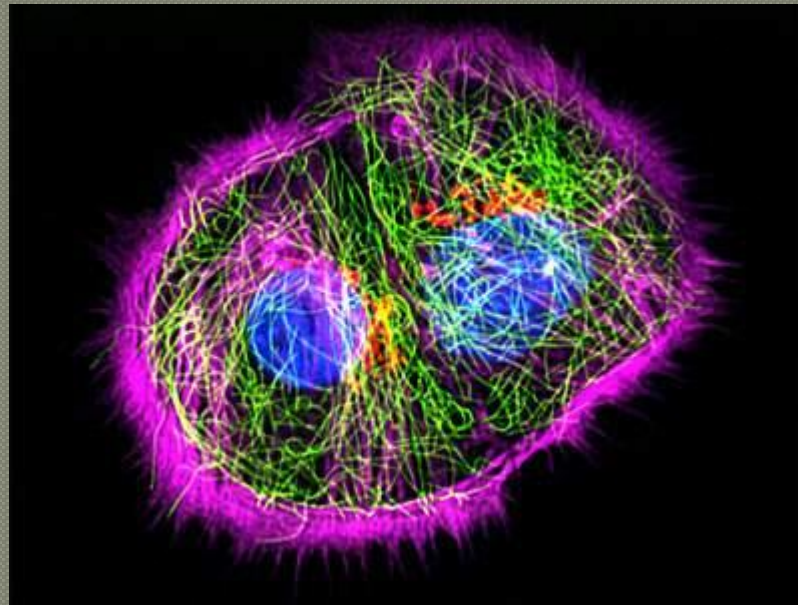
- Il costo energetico della respirazione aumenta in presenza di malattie respiratorie. Questo comporta una diminuita disponibilità d'energia che l'animale può destinare all'attività fisica (riluttanza al lavoro), prima, e alla funzione metabolica necessaria per il mantenimento del peso corporeo, poi.



Funzione respiratoria

Omeostasi acido-base

E' essenziale che l'organismo mantenga costante il pH dei liquidi corporei per mantenere su livelli ottimali il funzionamento cellulare (enzimi cellulari).



Funzione respiratoria

Omeostasi acido-base

Il pH del sangue arterioso è di un animale sano è 7,4.

Le variazioni di pH ematico compatibili con la vita sono comprese fra 6,6 e 7,8.

L'organismo, tuttavia, evita di raggiungere questi estremi grazie ad un meccanismo puntuale di controllo del pH che coinvolge il sangue l'attività di due apparati emuntori (renale e respiratorio).

Funzione respiratoria

Omeostasi acido-base

Nel sangue sono presenti diversi sistemi tampone che evitano rapide variazioni di pH:

- Proteine plasmatiche
- Emoglobina
- Fosfati
- Bicarbonato.

Funzione respiratoria

Omeostasi acido-base

Il più efficiente è il bicarbonato.

L'efficienza di questo sistema tampone dipende dal fatto che:

- Bicarbonato è presente a grandi concentrazioni nel sangue (24 mEq/ml)
- I reni e polmoni possono regolarne la concentrazione ematica

- Il bicarbonato è presente a grandi concentrazioni perché si forma in seguito alla reazione di idratazione della CO_2



- L'apparato respiratorio elimina costantemente CO₂.
- Cambiamenti della F(x) respiratoria modificano la PCO₂ nel sangue \longrightarrow pH.

POLMONI

TESSUTI



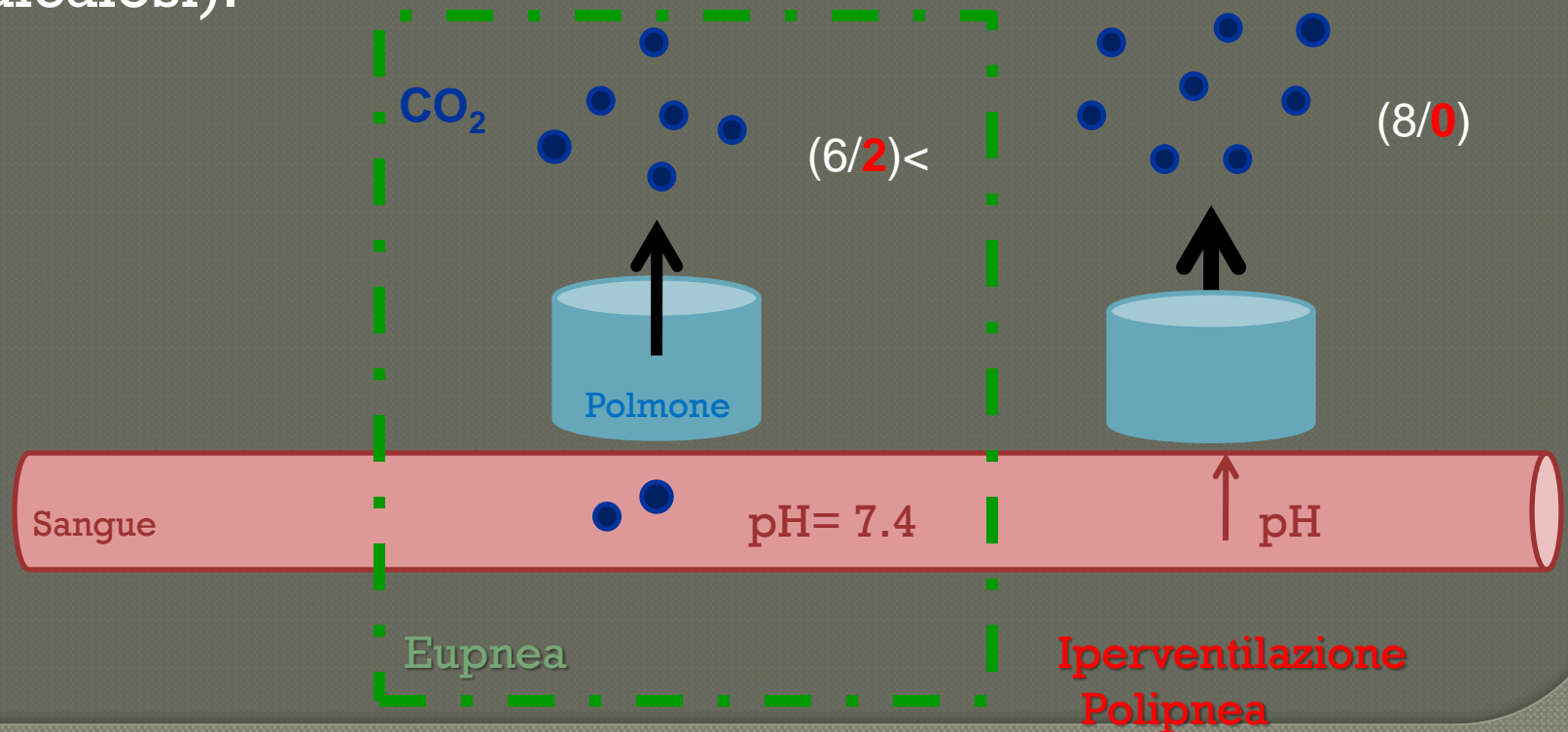
$\xrightarrow{\text{red}}$ Tessuti e sangue venoso

$\xleftarrow{\text{green}}$ Polmoni e sangue arterioso

- I polmoni determinano rapidi cambiamenti nel pH del sangue.
- In condizioni patologiche il polmone può perdere la sua funzione di controllo dell'omeostasi acido-basica

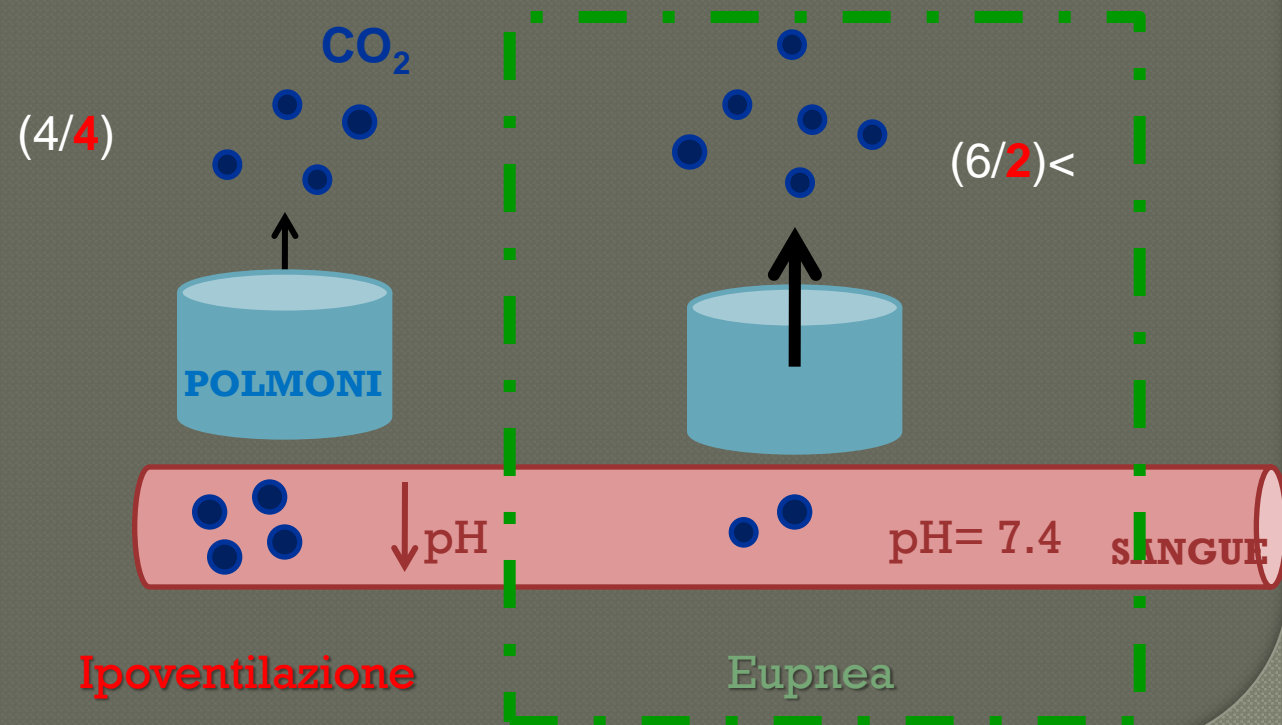
Iperventilazione

- Se la ventilazione aumenta e la CO_2 eliminata è maggiore di quella prodotta (iperventilazione) la $P_{\text{arteriosa}} \text{CO}_2$ diminuisce ed il pH del sangue aumenta (alcalosi).

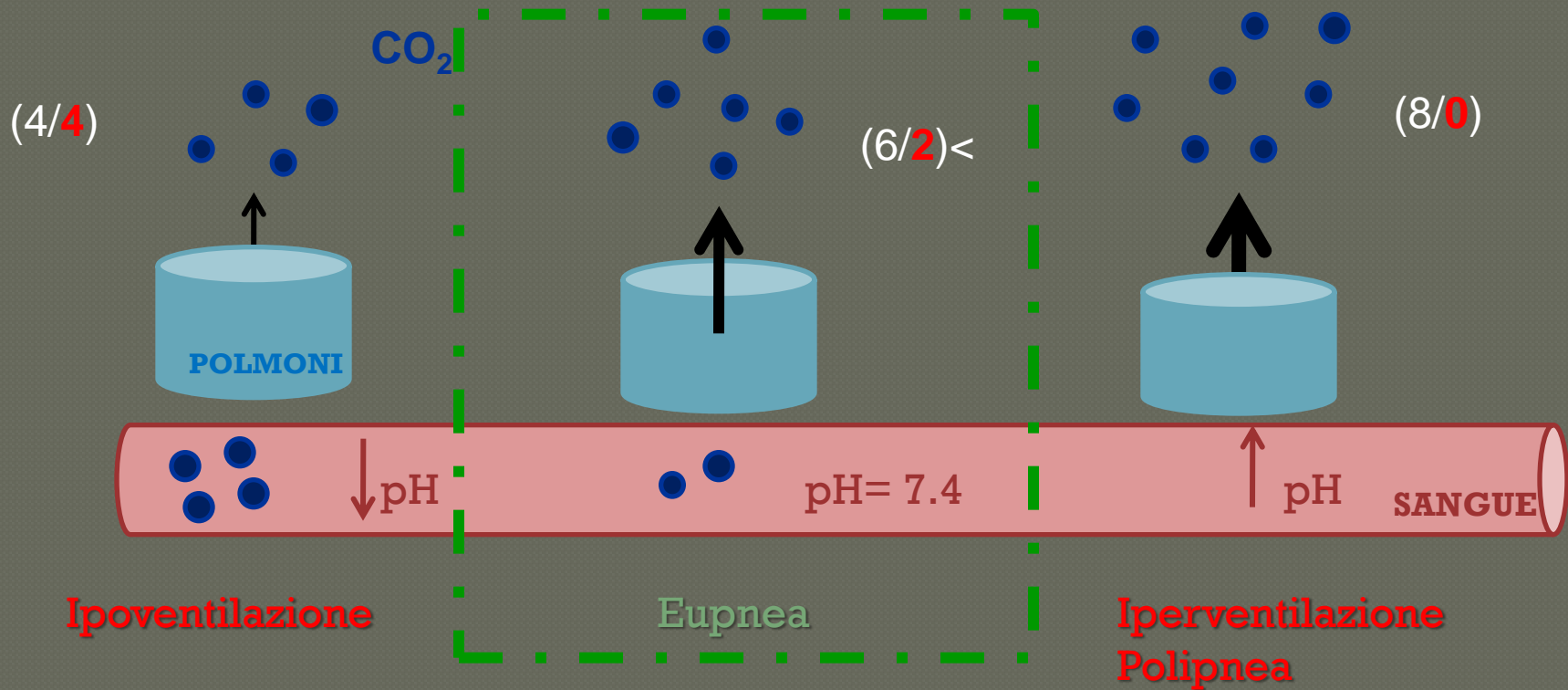


Ipoventilazione

- Se la ventilazione diminuisce ed viene eliminata meno CO_2 rispetto a quella prodotta (ipoventilazione) la $P_{\text{arteriosa}} \text{CO}_2$ aumenta ed il pH del sangue diminuisce (acidosi).



Omeostasi acido-base





Omeostasi acido-base

Il sistema respiratorio può modulare la sua funzione modificando due principali parametri
frequenza respiratoria e profondità del respiro.

Omeostasi acido-base

frequenza = numero atti respiratori / minuto

Specie animale	Condizioni	Atti al minuto
	Riposo	20
	Esercizio	160/200
	Riposo	30/40
	Sonno	15/25

profondità del respiro=

Vol. aria introdotto in ciascun atto respiratorio

Volume tidalico o Volume corrente = Volume d'aria che entra o esce dall'apparato respiratorio durante ogni ciclo respiratorio compiuto da un organismo in condizioni di riposo. **10 ml/Kg** (in soggetto di media taglia= 500 ml aria)

Volume di riserva inspiratoria = Massimo volume di aria che può essere mobilizzato durante un atto respiratorio forzato. **60 ml/Kg** (in soggetto di media taglia=3000 ml)

Omeostasi acido-base

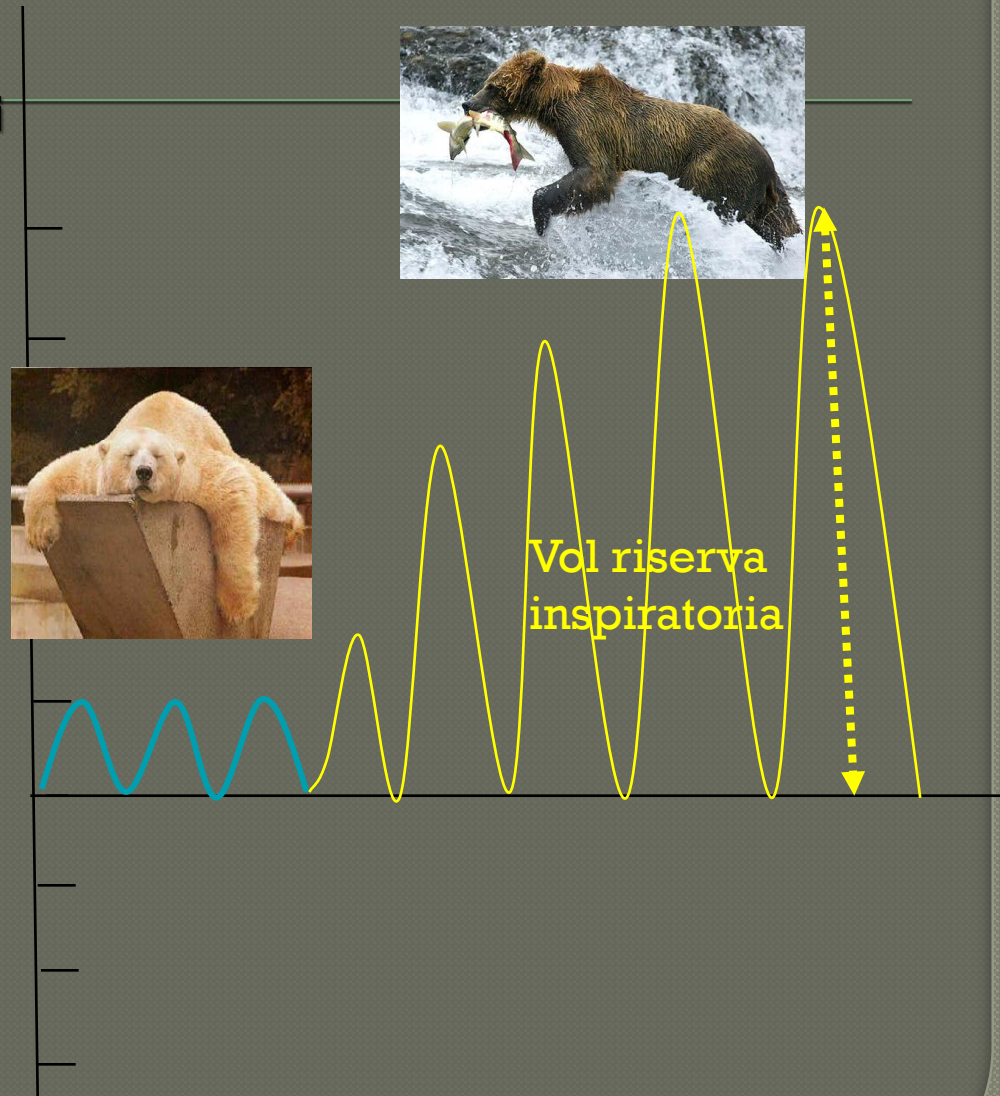
Litri

3

2

1

0



Funzione respiratoria

Termoregolazione

Pesci, rettili anfibi sono animali pecilotermi



Mammiferi e uccelli sono omeotermi.



Funzione respiratoria

Termoregolazione

Per mantenere la temperatura del corpo costante in presenza di cambiamenti della temperatura ambientale sono richiesti meccanismi che equilibrano il continuo modificarsi delle immissioni (entrate) ed emissioni di calore (uscite).

Funzione respiratoria

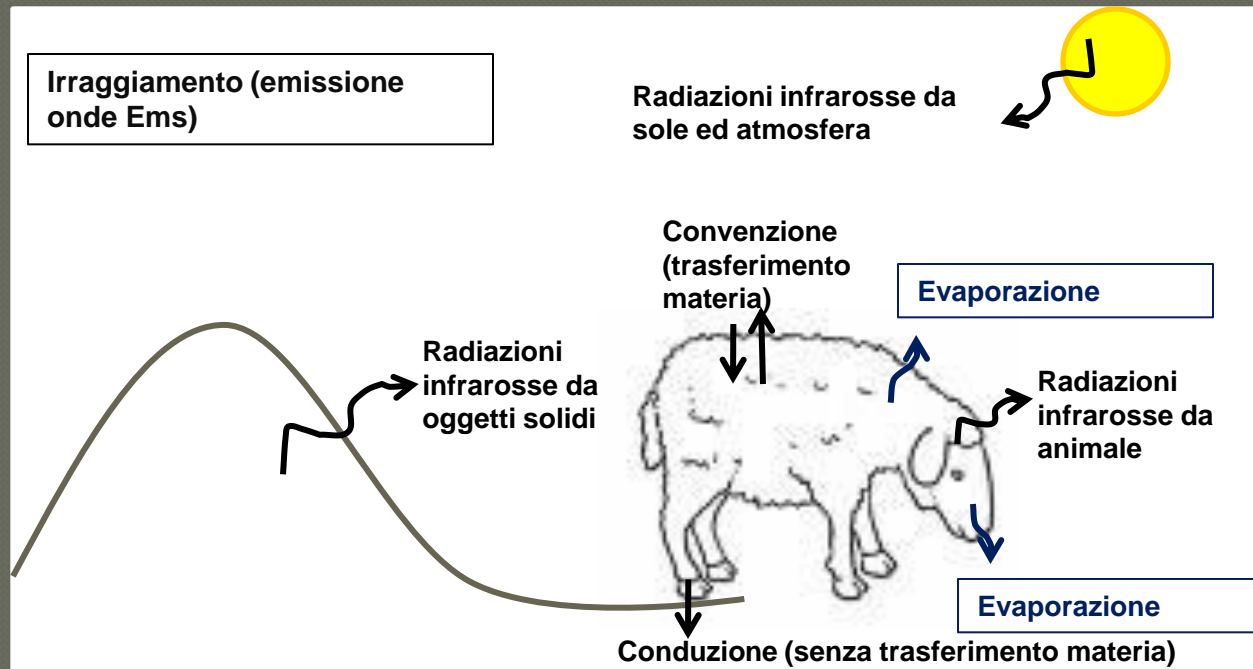
Termoregolazione

Fra i meccanismi di emissione (uscita) ricordiamo la perdita di calore attraverso il meccanismo d'evaporazione che avviene quando l'acqua allo stato liquido è convertita in vapor acqueo ed allontanata dal corpo.

**Con evaporazione di 1 lt di H₂O
si disperdono 580 Kcal .**



Termoregolazione



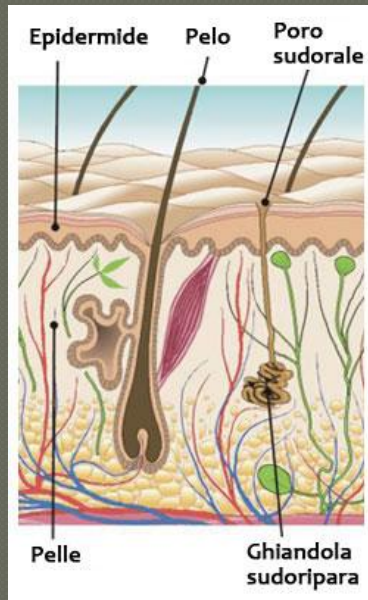
- L'evaporazione è un meccanismo di emissione di calore proprio dei sistemi biologici

Termoregolazione



- L'evaporazione è un meccanismo di emissione di calore proprio dei sistemi biologici e si realizza quando l'acqua presente nel sudore, saliva e secrezioni delle vie respiratorie si trasformano in vapore acqueo all'aumentare della temperatura ambientale

Termoregolazione



- Evaporazione garantita da attivazione delle ghiandole sudoripare e funzione respiratoria.

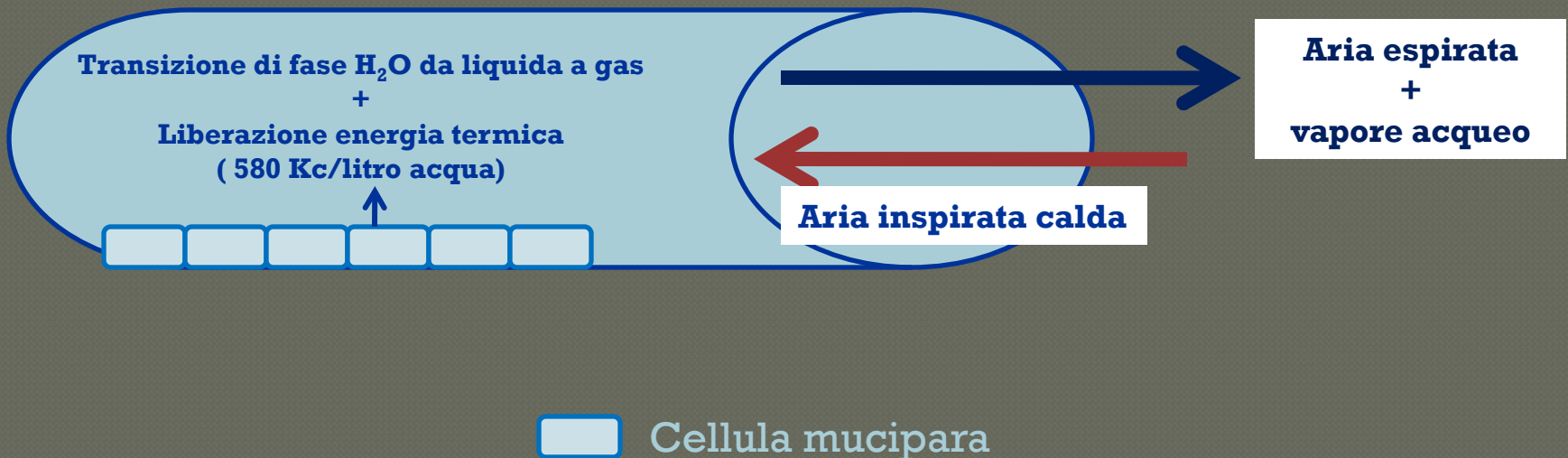
Termoregolazione



- In alcuni animali (cane, maiale) le ghiandole sudoripare sono poco sviluppate per cui maggior incidenza di evaporazione attraverso funzione respirazione

Termoregolazione

- L'entrata (inspirazione) di aria calda nelle vie aerifere superiori e nell'albero tracheo-bronchiale (via aerifere inferiori) entrambi ricoperte da cellule mucipare determina il processo di evaporazione del secreto. L'acqua contenuta nel secreto mucoso evapora ed il vapore acqueo viene poi allontanato nella fase espiratoria successiva.



Termoregolazione

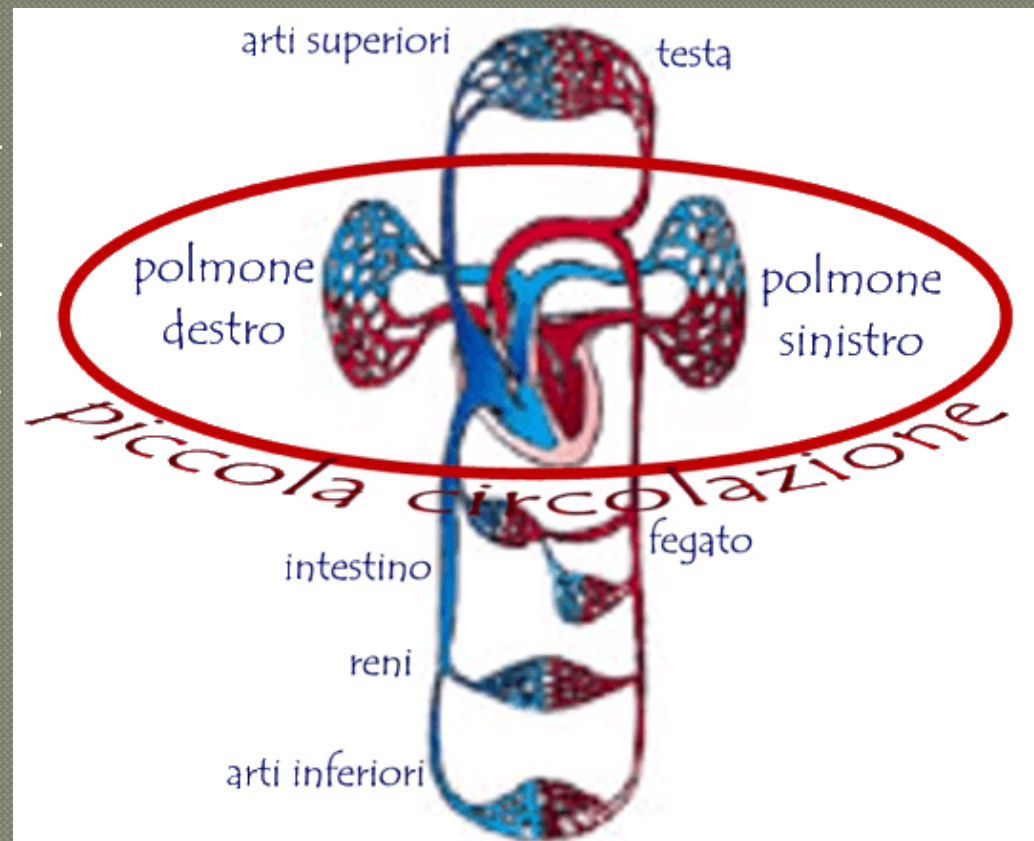
- L'alterazione a carico dei sistemi di termoregolazione portano negli animali omeotermi a variazioni di temperature corporee.

Specie animale	Temperatura corporea media
 	37,7 e 37,4
 	38,9 e 38,6
	39,2
 	39,1
 	38,3 e 38,6

Funzione respiratoria

Metabolismo sostanze endogene ed esogene

Il polmone riceve tutta la gittata cardiaca destra ed inoltre il letto capillare polmonare è dotato di un'ampia superficie endoteliale. Questa organizzazione fa assumere all'apparato respiratorio un ruolo determinante nel depurare il sangue.



Funzione respiratoria

Metabolismo sostanze endogene ed esogene

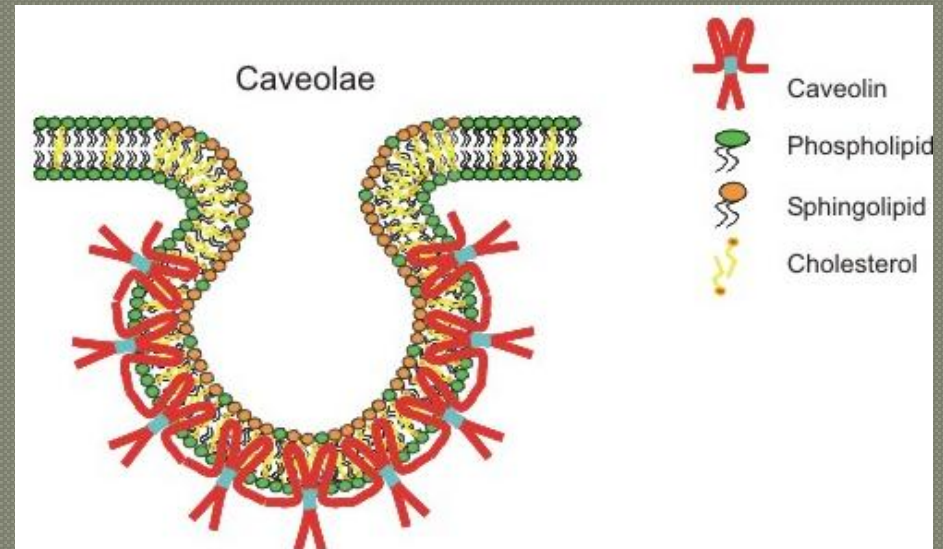
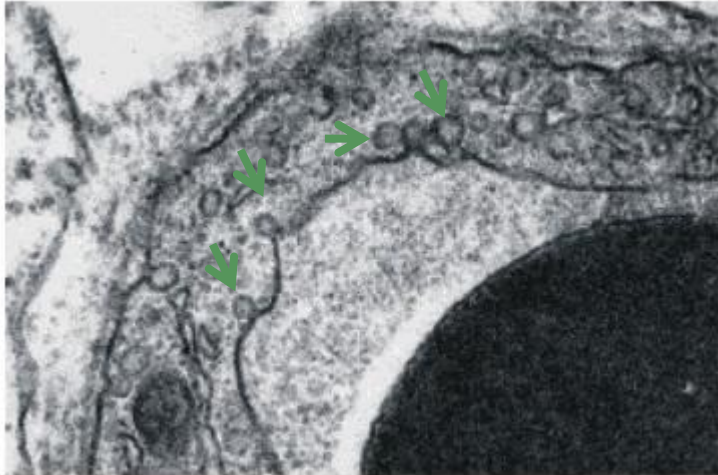
Su questa ampia superficie capace di metabolizzare sostanze che vi entrano in contatto si realizza l'azione depuratoria del polmone che riesce a inattivare molte sostanze presenti nel sangue siano esse endogene o esogene, volatili o non.

- ★ Le prostaglandine vengono totalmente metabolizzate quando passano attraverso il circolo polmonare diventando biologicamente inattive.
- ★ Sostanze endogene volatili vengono eliminate durante funzione respiratoria (corpi chetonici; acetone)
- ★ L'endotelio polmonare rimuove anche sostanze esogene nocive e questo può esporre il tessuto polmonare a gravi patologie (es. Crotalaria contiene tossine che possono indurre ipertrofie delle arteriole polmonari e quindi ipertensione polmonare)
- ★ Alcuni farmaci vengono trasformati a livello polmonare. Questo può comportare alcuni effetti positivi sfruttati da un punto di vista farmacologico (es. antibiotici polmonari): trasformazione può produrre attivazione biologica della molecola e/o attività metabolica polmonare concentra la molecola nel distretto

Funzione respiratoria

Metabolismo sostanze endogene ed esogene

L'estesa superficie endoteliale viene ulteriormente amplificata dalla presenza delle caveole. Le caveole sono intreflessioni a carico della superficie cellulare. La membrana si introflette creando delle nicchie entro cui si concentrano numerose proteine ad attività enzimatica.



Funzione respiratoria

Metabolismo sostanze endogene ed esogene

Il polmone riceve tutta la gittata cardiaca destra ed inoltre il letto capillare polmonare è dotato di un'ampia superficie endoteliale (caveole e relativa attività enzimatica). Questa organizzazione fa assumere all'apparato respiratorio un ruolo determinante nel depurare il sangue dalle sostanze presenti siano esse endogene o esogene, volatili o non.

Funzione respiratoria

Metabolismo sostanze endogene



Può inattivare completamente diverse molecole a funzione ormale:

bradichinina

serotonina,

in parte la noradrenalina

altre sostanze vasoattive

prostaglandine

Funzione respiratoria

Metabolismo sostanze endogene ed esogene

- ★ Sostanze endogene volatili vengono eliminate durante funzione respiratoria (corpi chetonici; acetone)

Funzione respiratoria

★ L'endotelio polmonare rimuove anche sostanze esogene nocive e questo può esporre il tessuto polmonare a gravi patologie (es. *Crotalaria* pianta tropicale contiene tossine che possono indurre ipertrofie delle arteriole polmonari e quindi ipertensione polmonare)



Funzione respiratoria

★ Alcuni farmaci vengono trasformati a livello polmonare.

Questo viene sfruttato da un punto di vista farmacologico (es. antibiotici polmonari).

Antibiotici polmonari sono sintetizzati in modo da venir captati dall'endotelio capillare posto a livello polmonare. Qui possono venire attivati dopo trasformazione enzimatica. Oppure, sfruttando questo meccanismo essi si concentrano nel distretto entro cui devono svolgere la loro azione farmacologica dopo essere stati riconosciuti dalle strutture caveolari.

