

## La respirazione

Le cellule di tutti gli organismi assumono ossigeno (O<sub>2</sub>) per l'ossidazione delle sostanze nutritive, che vengono scisse in acqua (H<sub>2</sub>O) e anidride carbonica (CO<sub>2</sub>).

Questo è il meccanismo della respirazione, che fornisce alla cellula l'energia necessaria per completare le sue funzioni. I gas che intervengono sono l'ossigeno (O<sub>2</sub>), che viene incamerato, e l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), che viene invece eliminata.

Nell'uomo, come del resto in moltissimi altri organismi (specialmente vertebrati), vi è una **respirazione esterna**, con scambio di O<sub>2</sub> e di CO<sub>2</sub> tra atmosfera e sangue, e una **respirazione interna**, con scambio di O<sub>2</sub> e di CO<sub>2</sub> tra sangue e cellule.

## Le vie respiratorie

L'aria entra nel corpo attraverso la **bocca (cavità orale)** o le **narici** e raggiunge la **faringe**. Questa regione iniziale dell'apparato respiratorio è detta complessivamente **cavità oro-rino-faringea**.

Le **cavità nasali** sono tappezzate dall'**epitelio olfattivo**; qui dentro l'aria si riscalda, si inumidisce e si purifica, grazie proprio all'epitelio olfattivo che trattiene la polvere in essa contenuta.

Attraversa le **fosse nasali**, per poi arrivare alla **faringe**; nella parte inferiore di questa cavità si aprono due tubi: l'**esofago** (che serve a portare il bolo alimentare verso lo stomaco) e la **laringe**, cui fa seguito la **trachea**.

La **laringe** è formata da **quattro pezzi**, di cui il più grande è la **cartilagine tiroidea**, che sporge in avanti, formando il cosiddetto **pomo di Adamo**. All'interno della laringe ci sono le **corde vocali**, due ripiegamenti di tessuti elastici che **vibrano** al passaggio dell'aria, **producendo i suoni**.

Davanti all'apertura della laringe vi è l'**epiglottide** che si abbassa quando passa il bolo alimentare proprio per non farlo transitare nella laringe. L'epiglottide si alza quando l'aria entra nella laringe.

Alla laringe fa seguito la **trachea**, un **tubo lungo circa 12 cm**, formato da una **serie di semi-anelli cartilaginei**; essa scorre parallela all'esofago e, **all'altezza della 3<sup>a</sup> vertebra toracica**, si divide nei **due rami dei bronchi**; questi ultimi si ramificano nei polmoni formando rami sempre più piccoli e più numerosi (**bronchioli**).

Le **pareti della trachea e dei bronchi** sono tappezzate da un **epitelio ciliato** che **trattiene il pulviscolo**, emesso con gli starnuti o con i colpi di tosse.

## I polmoni

I **polmoni** sono organi spugnosi, a forma quasi concava, che occupano la cavità toracica dall'altezza delle spalle a quella del diaframma. Il **polmone destro** ha **tre lobi**, il **polmone sinistro** ne ha **due**.

Ciascun polmone è circondato dalle **pleure** (o **membrane pleuriche**) che costituiscono un sacco (**cavità pleurica**) delimitato da **due membrane sierose**, vicine tra loro.

La prima (**pleura parietale**) aderisce intimamente, verso l'esterno, contro la gabbia toracica, i muscoli intercostali ed il muscolo diaframma; la seconda (**pleura viscerale**) aderisce intimamente contro la superficie dei polmoni.

Lo spazio tra le due membrane (**cavità pleurica**) contiene un liquido (**liquido interpleurico**) che impedisce l'attrito e lo sfregamento diretto durante la respirazione.

Il **liquido interpleurico** si trova ad una pressione che è leggermente inferiore a quella dell'aria che inspiriamo: si attiva quindi una respirazione che è complessivamente governata in modo involontario.

La **pleurite** è dovuta ad un'**infiammazione delle pleure**, per cui si può provocare una frizione piuttosto fastidiosa e dolorosa.

Nella **regione cardiaca**, le pleure si separano e formano una cavità (**mediastino**) dove si colloca il **cuore**.

I **bronchi** si ramificano in **bronchioli**; questi, a loro volta, continuano a ramificarsi, formando i **bronchioli respiratori a fondo cieco**. Le pareti, costituite da una sottile membrana, presentano microscopiche concamenrazioni (**alveoli polmonari**). La **rete dei capillari sanguigni** si distribuisce a livello degli alveoli, dove avviene lo **scambio dei gas respiratori tra aria e sangue**. I polmoni contengono più di 700 milioni di alveoli, ciascuno dei quali ha un diametro di circa 10 micron.

### **La meccanica respiratori**

I **polmoni** sono costituiti dalle ramificazioni dei bronchioli, dagli alveoli, dai vasi sanguigni e dai vasi linfatici: essi **non sono forniti di una muscolatura propria** e così non prendono parte al movimento respiratorio.

Il meccanismo di espansione e di contrazione è dovuto ai **muscoli della gabbia toracica** ed al **muscolo diaframma**, muscolo che separa la cavità toracica da quella addominale. Quando il **diaframma** è **rilassato** forma una **cupola con la convessità rivolta verso l'alto**.

Durante l'**inspirazione**, il **diaframma si appiattisce** e fa sì che la **cavità toracica aumenti di lunghezza**; contemporaneamente, i **muscoli intercostali esterni** si contraggono, **spingono in avanti lo sterno** e **sollevano le costole**; la **gabbia toracica si dilata** e aumenta di larghezza. Con l'aumento di volume, la pressione diminuisce e i polmoni si dilatano, facendo entrare l'aria.

Dopo l'inspirazione abbiamo l'**espirazione**, fase durante la quale si ha il **rilassamento del diaframma** e dei **muscoli intercostali**, il volume dei polmoni diminuisce, aumenta la pressione dell'aria in essi contenuta e così l'aria (meglio: una buona parte di essa) viene espulsa all'esterno.

Nella **respirazione forzata**, il **diaframma** viene spinto in alto dai **muscoli addominali** e la **cassa toracica** si restringe grazie ai **muscoli intercostali interni**, che **spingono indietro lo sterno** e **abbassano le costole**.

La più grande quantità di aria che viene introdotta nei polmoni e poi emessa in una respirazione forzata è di circa **3500 cm<sup>3</sup> (capacità vitale)**. Anche dopo una respirazione forzata resta comunque sempre nei polmoni una certa quantità di aria (da 1000 a 1500 cm<sup>3</sup> circa) detta **aria residuale** che, sommata alla capacità vitale, dà la **capacità totale** (circa 4000 – 4500 cm<sup>3</sup>).

Durante un **normale atto respiratorio**, quando l'organismo è in condizione di riposo, entrano ed escono mediamente **500 cm<sup>3</sup> di aria**.

### **Riproduzione sperimentale del meccanismo respiratorio**

La meccanica respiratoria può essere riprodotta sperimentalmente.

Prendiamo un recipiente, lo mettiamo rovesciato, su un treppiede di sostegno, e facciamo sì che abbia un tappo chiuso da un setto di gomma, che può essere tirato in basso o premuto verso l'alto. Il tappo ha un tubo che comunica con l'esterno ed è collegato ad un palloncino.

Il tubo corrisponde alla trachea, il setto al muscolo diaframma, il palloncino al polmone, l'intero recipiente alla cavità toracica.

Se tiriamo in giù il setto, il volume del recipiente aumenta e l'aria entra, gonfiando il palloncino (**fase di inspirazione**); quando lasciamo che il setto ritorni nella sua posizione di riposo, il volume del recipiente diminuisce, il palloncino si contrae e l'aria che vi è contenuta esce all'esterno (**fase di espirazione**).

### **Il trasporto dei gas respiratori**

I gas sono parzialmente solubili nei liquidi; a temperatura costante quanto maggiore è la pressione che un gas esercita su di un liquido, tanto più aumenterà la quantità di gas disciolta nel liquido stesso.

Se però la pressione diminuisce, il liquido perderà parte del gas che verrà immesso nell'ambiente, fino a quando, in seguito ad un nuovo aumento di pressione non si ritorni a raggiungere un nuovo equilibrio. Questa condizione non si raggiunge togliendo tutto il gas emesso ed è chiaro che il liquido perderà tutto il gas che aveva.

La pressione di un gas che un liquido emette viene definita tensione.

L'epitelio degli alveoli polmonari è riccamente irrorato da capillari derivati dall'arteria polmonare, che proviene a sua volta dal ventricolo destro del cuore e contiene sangue povero di ossigeno.

La parete degli alveoli polmonari è umida e sottile; consente il passaggio dell'ossigeno dall'aria al sangue e dell'acqua e dell'anidride carbonica dal sangue all'aria. La diffusione delle molecole di ossigeno dall'aria attraverso la parete alveolare è dovuta alla maggiore pressione (= maggiore concentrazione) dell'ossigeno negli alveoli rispetto alla minore concentrazione di quello contenuto nel sangue.

L'ossigeno si lega al ferro del gruppo eme dell'emoglobina, formando la ossiemoglobina, che viene trasportata dal sangue ben ossigenato ai tessuti. Erroneamente questo viene definito «sangue arterioso».

Quando il sangue arriva nei distretti periferici, l'emoglobina si priva di ossigeno che viene ceduto alle cellule, i globuli rossi interessati ritornano agli alveoli. Erroneamente questo viene definito «sangue venoso».

A livello del mare, la pressione atmosferica assume il valore medio di 760 mmHg. Con l'aumento dell'altitudine, la pressione atmosferica e la pressione parziale dell'ossigeno diminuiscono. Pertanto, la differenza tra la pressione dell'ossigeno presente localmente nell'aria e la sua tensione nel sangue diminuisce. A grandi altezze, il sangue riceve poco ossigeno e così l'organismo va incontro ad una lenta asfissia (anossia).

La capacità totale di ossigeno nel sangue è di circa 1200 cm<sup>3</sup> e si calcola che si diffondano da 100 a 350 cm<sup>3</sup> di ossigeno per ogni circuito completo eseguito dal sangue.

In un'ora, il corpo a riposo utilizza 15 litri di ossigeno, mentre sotto sforzo si arriva anche ai 20 litri.

Il passaggio della anidride carbonica e dell'acqua a livello degli alveoli polmonari vede una situazione inversa rispetto a quella dell'ossigeno. L'anidride carbonica ed il vapor acqueo hanno, nei capillari in arrivo dalle arterie polmonari, una pressione maggiore di quella degli stessi gas negli alveoli. E' così che avviene il passaggio dai capillari, agli alveoli, all'aria che viene espirata.

L'anidride carbonica viene prodotta nelle cellule, durante le reazioni del catabolismo cellulare (= ossidazione delle sostanze organiche), e quindi la sua concentrazione (= tensione, pressione parziale) è maggiore rispetto a quella che riscontriamo nel sangue ben ossigenato. Perciò, nella grande circolazione, l'anidride carbonica si diffonde dalle

cellule ai capillari e viene trasportata con il sangue «venoso» sia sotto forma di ione bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) idrosolubile, sia in combinazione con l'emoglobina (carbossi-emoglobina); arrivata agli alveoli, come già detto, viene eliminata con l'espiazione.