

Anatomia & Fisiologia dell'Apparato Respiratorio

Marco Biolato, Roberto Caffarelli, Lorenzo Masi e Daniela Sessa

Ricreato in formato pdf dal [Dott. Luigi Vicari](#)



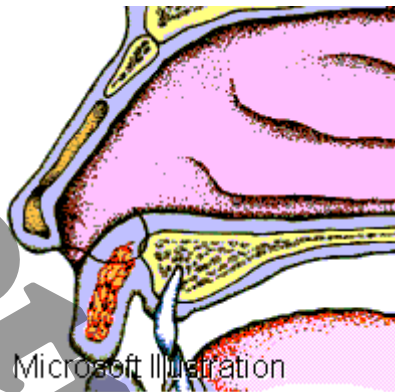
L'organismo umano necessita di una grande quantità di energia per ogni tipo di attività e per la sopravvivenza stessa. Gli elementi che ingeriamo contengono energia, immagazzinata sotto forma di energia chimica. Gli elementi si combinano con l'ossigeno, liberando quella quantità di energia di cui l'organismo necessita. Per questo la respirazione è altrettanto indispensabile quanto l'alimentazione. Anzi, mentre senza mangiare e senza bere si sopravvive qualche giorno consumando il grasso del nostro corpo, senza respirare si sopravvive pochi minuti. Oltre a far penetrare nel nostro organismo l'ossigeno, il nostro apparato respiratorio si occupa anche di depurarlo dall'anidride carbonica: prodotto di scarto dell'attività delle cellule. Esso è costituito da una serie di organi, detti vie aeree, attraverso i quali l'aria arriva nei polmoni: qui avviene l'ematosi, cioè lo scambio tra l'ossigeno dell'aria e l'anidride carbonica del sangue.

Anatomia

L'apparato respiratorio è costituito da:

- Le Vie respiratorie o aeree, che comprendono il naso, la faringe, la laringe, la trachea, i bronchi e tutte le loro successive diramazioni. Hanno lo scopo principale di condurre l'aria fin nei polmoni, di riscaldarla e di liberarla dalle impurità.
- I Polmoni, gli organi principali della respirazione, in cui avviene l'ematosi. La loro struttura è formata dall'insieme degli alveoli e delle ramificazioni bronchiali, e sono rivestiti da una membrana detta pleura. Un muscolo a forma di cupola, il diaframma, separa la cavità toracica da quella addominale.

Il Naso



Ha forma di piramide triangolare: presenta una radice situata tra le sopracciglia, due facce laterali fisse nella metà superiore e mobili in quella inferiore (ali del naso), due solchi laterali, un margine anteriore (dorso) e una base in cui si aprono le narici.

Lo scheletro del naso è costituito dalle ossa nasali, dai mascellari e da lamine cartilaginee; esternamente è ricoperto dalla cute e dal tessuto sottocutaneo in cui si trovano alcuni muscoli mimici. Internamente, il naso è rivestito dalla cute, al livello delle narici, e dalla mucosa nella parte superiore.

Il naso è sede del senso dell'olfatto, localizzato nella mucosa che riveste la parte superiore delle fosse nasali, inoltre partecipa alla respirazione filtrando, riscaldando e inumidendo l'aria inspirata, e alla fonazione, conferendo un particolare timbro a determinati suoni (nasali).

La Faringe

E' un canale muscolo-membranoso verticale che si estende dalla base del cranio alla sesta vertebra cervicale comunicante, in basso, anteriormente con la laringe e la trachea e posteriormente con l'esofago. La faringe è divisa in tre porzioni: la rinofaringe (o epifaringe), orofaringe e ipofaringe. E' costituita da una fitta muscolatura fatta di fibre longitudinali che accorciano e dilatano il canale, e di fibre a semicerchio che lo restringono. Partecipa alle funzioni respiratoria, digerente e fonatoria.

La Laringe

Alla sommità della colonna tracheale vi è la laringe, il centro principale della voce dove si trovano le corde vocali. La laringe trasforma l'aria in suoni modificando la forma e la disposizione dei suoi anelli cartilaginei. E' meno voluminosa ed ha un contorno quasi cilindrico nei bambini e nelle donne, aumenta di volume nell'uomo adulto.

E' composta da vari tratti cartilaginei articolati e mobili per azione di muscoli striati. Congiunto al primo semi-anello della trachea vi è un anello completo detto cricoide (krikos = anello) ed a formare la parete posteriore della laringe contribuisce la piastrina della cricoide che porta sopra di sé due cartilagini triangolari dette aritenoidi.

L'epiglottide è una porzione della laringe costituita da una fibro-cartilagine mobile posta appena sotto la base della lingua; suo compito è di chiudere le vie respiratorie durante la deglutizione. L'epiglottide è di forma triangolare ed in stato di riposo è disposta con la base in alto e l'apice

diretto in basso. Al momento del passaggio del bolo alimentare l'epiglottide esegue un movimento all'indietro e in basso e chiude l'apertura superiore della lingua impedendovi ogni penetrazione di alimenti.

Una parte della laringe compresa tra le due corde vocali è la glottide che appare come una strozzatura. La glottide si allarga nell'inspirazione e si restringe nell'espiazione sino a chiudersi negli spazi. Si stringe e si accorcia nei suoni acuti, e compie il procedimento opposto nella produzione di suoni gravi.

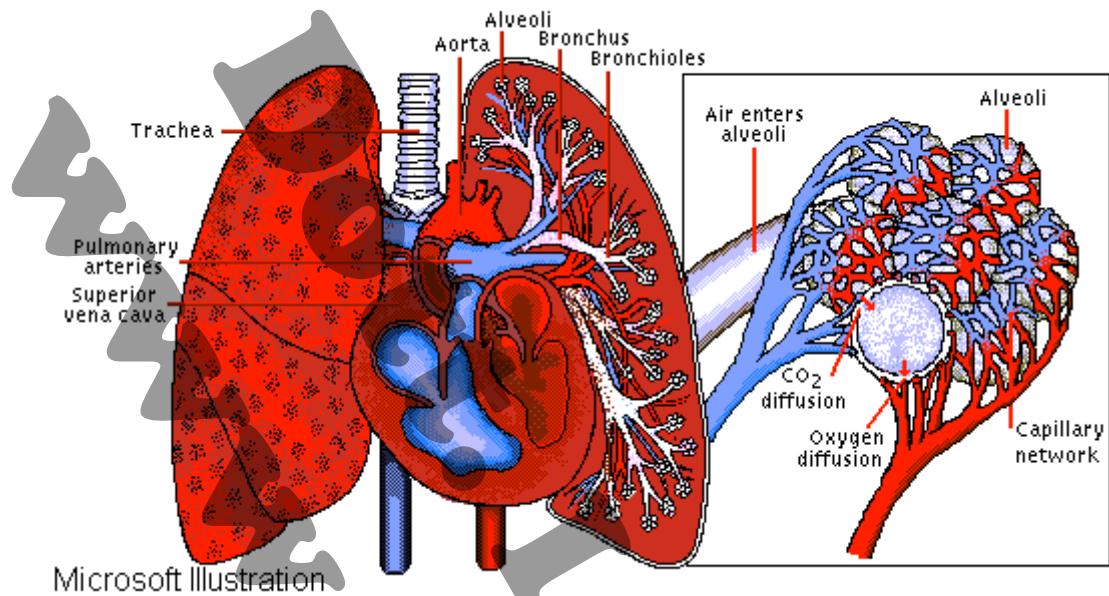
La Trachea



E' un canale rigido che scende attraverso il collo, fino al torace. E' costituito da una parete cartilaginea suddivisa in vari anelli a cui si alternano degli anelli membranosi; gli anelli variano da un numero di 16 ad uno di 20. In questo modo la trachea riesce ad essere allo stesso tempo resistente per non disperdere l'aria che corre al suo interno e flessibile per non intralciare i movimenti del tronco e del collo. Gli anelli cartilaginei sono in realtà dei semi-anelli; il tratto che manca è compensato da una membrana ricca di fibre muscolari. In questo modo l'esofago, che scorre dietro la trachea, non trova una parete resistente che ostacoli la dilatazione al passaggio del bolo alimentare.

All'interno il tubo tracheale è rivestito interamente da una mucosa, che mantiene la superficie umida, e da piccole ciglia vibratili che oscillano dall'alto in basso rimuovendo lentamente i granuli estranei e facilitandone con il muco l'espettorazione. Dal tubo tracheale nascono due diramazioni: i bronchi.

I Bronchi

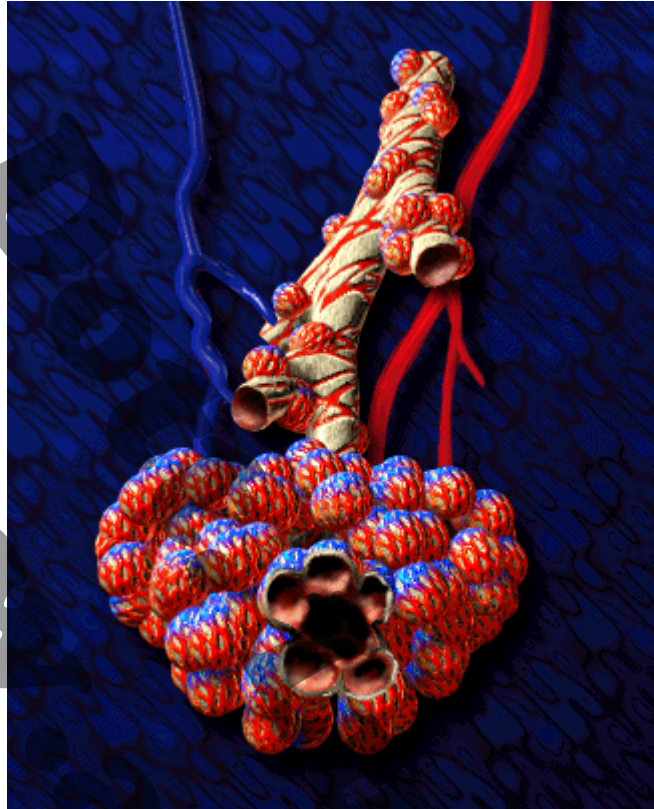


Si formano dalla divisione in due della trachea. Ogni bronco si suddivide a destra ed a sinistra in bronchi sempre più sottili sino ai bronchioli terminali; al termine di queste diramazioni si trovano gli alveoli polmonari. Anche essi sono strutturati, come la trachea, da anelli cartilaginei, man mano che si assottigliano modificano la loro struttura: gli anelli cartilaginei si riducono a piastrine fino a scomparire del tutto nei bronchi capillari, che hanno solamente una parete fibro-muscolare.

I Polmoni

Sono gli organi principali della respirazione, e occupano le due metà della gabbia toracica lasciando libero uno spazio mediano (mediastino) in cui si trova il cuore e scorre l'esofago. I polmoni hanno l'aspetto di due masse spugnose ed elastiche a forma semi-conica con superficie liscia di un colore che varia dal rosa al grigio a seconda dell'età. Essi poggiano sul diaframma (v. scheda). Alcuni solchi profondi intaccano la superficie polmonare: il polmone di destra è diviso da questi solchi in tre lobi (il lobo è la parte di un organo delimitata da incisura, cioè depressioni con limiti netti poste sul margine dell'organo stesso) e quello di sinistra in due.

I bronchioli terminali sono così sottili che il loro calibro arriva a misurare meno di un millimetro; ciascuno di questi termina con una specie di grappolo, detto infundibolo o vescicola polmonare. Ogni grappolo è formato da tante piccole cavità a forma di sacchetti, dette alveoli polmonari; possiamo paragonare ogni infundibolo ad un grappolo d'uva ed ogni alveolo ad uno degli acini. Gli infundiboli sospesi ai bronchi capillari sono migliaia ed ognuno di questi possiede centinaia di alveoli; in uno spazio relativamente piccolo, grazie ad una particolare disposizione anatomica, è racchiusa una superficie enorme, che può raggiungere i 200 metri quadrati. Questa è la superficie respiratoria: è sottilissima ed entro essa si estendono le reti dei capillari sanguigni con cui termina l'arteria polmonare.



L'arteria polmonare in realtà porta sangue venoso; è chiamata arteria per il verso con cui procede il sangue (dal cuore alla periferia). Nel suo breve percorso, l'arteria si divide in due rami che raggiungono ciascuno un polmone e vi penetrano dentro ramificandosi allo stesso modo delle ramificazioni bronchiali; possiamo dire che nel polmone vi sia una doppia, fitta ramificazione: quella bronchiale per il trasporto dell'aria e quella vasale per il circolo del sangue. In corrispondenza dei bronchioli capillari, i capillari dell'arteria polmonare recanti sangue venoso formano con le loro reti maglie molto strette, che sporgono per metà dentro la cavità degli infundiboli piena di aria ossigenata. Il sangue è ora separato dall'aria soltanto dall'endotelio del capillare e dall'epitelio che tappezza internamente l'alveolo: il sangue aggira il nucleo delle cellule dell'epitelio (che è la parte più densa della cellula) e viene a contatto con l'ossigeno; può avvenire così l'ematosi. Il sangue abbandona l'anidride carbonica ed il vapore acqueo e prende l'ossigeno (le sostanze chimiche hanno la caratteristica di mescolarsi in modo uniforme). I capillari arteriosi vanno poi a raccogliersi nelle vene polmonari (vene per il fatto che procedono dalla periferia al centro, ma che in realtà contengono sangue arterioso). Le quattro vene polmonari vanno poi a sfociare nell'atrio sinistro del cuore, che distribuirà il sangue arterioso per tutto il corpo umano.

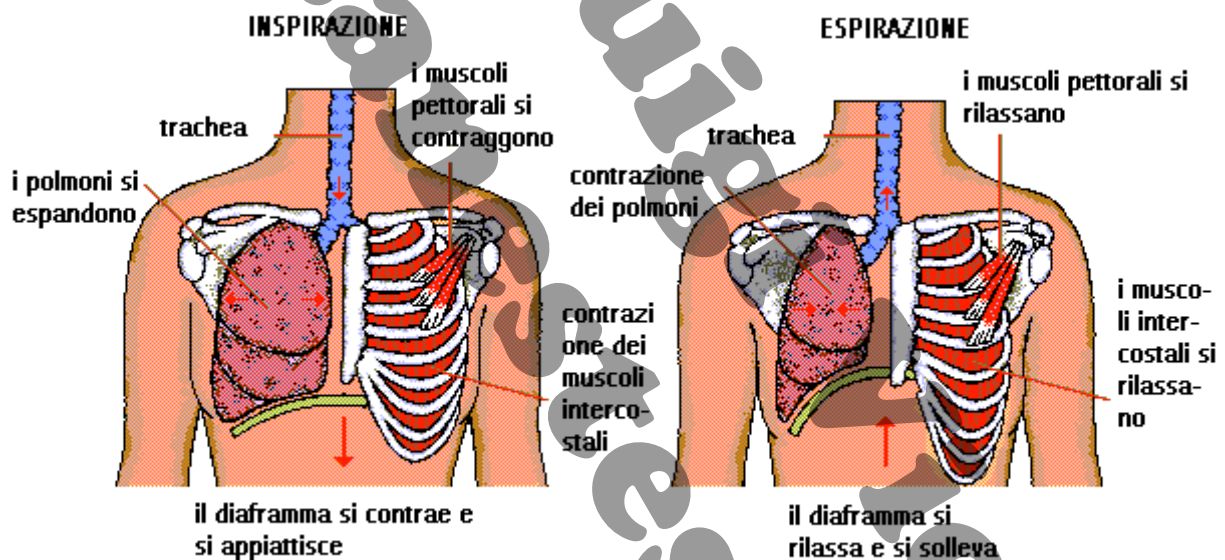
La Pleura

Durante il meccanismo respiratorio la gabbia toracica si amplia e si restringe; il polmone, che è racchiuso in essa, è obbligata a seguirla. Ciò avviene perché il polmone aderisce alle pareti del torace, in modo tale da consentirgli di restare discontinuo dalle pareti e di strisciare sulle stesse dilatandosi e restringendosi in totalità con ventilazione di tutti i suoi spazi interni. Ciò si deve ad una membrana sierosa detta pleura che da una parte aderisce alla superficie del polmone (pleura viscerale) e dall'altra alle pareti toraciche (pleura parietale). La superficie della pleura è liscia, umida e rivestita dall'endotelio a cellule appiattite, da cui trasuda siero; due lamine pleurali vengono a contatto tra di loro nel movimento di espansione del torace, scorrendo facilmente l'una sull'altra.

FISIOLOGIA

La fisiologia è quella parte della biologia che studia il funzionamento delle strutture del corpo umano. Riguardo all'apparato respiratorio, studia il modo in cui l'aria entra nei polmoni e come avviene lo scambio tra l'O₂ e la CO₂. L'atto della respirazione avviene in due tempi, inspirazione ed espirazione, tra i quali avviene una breve pausa. I movimenti del torace sono regolati dal diaframma e dai muscoli intercostali. Durante l'inspirazione l'aria ricca di ossigeno penetra nel nostro organismo e, attraverso le vie respiratorie, arriva nei polmoni. Negli alveoli polmonari avviene lo scambio, detto ematosi, tra l'ossigeno dell'aria e i prodotti di rifiuto del metabolismo organico (anidride carbonica e vapore acqueo), trasportati dal sangue che per questo fatto viene detto venoso. Una volta avvenuta l'ematosi, l'aria con i prodotti di scarto viene emessa tramite l'espirazione, mentre il sangue (detto ora arterioso) trasporta l'ossigeno alle cellule di tutto l'organismo, dalle quali riceverà nuovi prodotti di rifiuto; il ciclo potrà così ricominciare. Quella che noi chiamiamo respirazione tecnicamente si divide in respirazione interna ed esterna: per respirazione esterna si intende lo scambio di ossigeno e di anidride carbonica da parte dell'apparato respiratorio in toto, mentre la respirazione interna è lo scambio gassoso che avviene tra le cellule e l'ambiente esterno che lo circonda

Meccanica della Respirazione



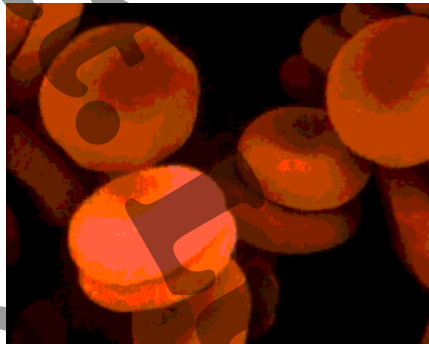
I polmoni e la parete toracica sono strutture elastiche. Normalmente, lo spazio tra i polmoni, e la parete toracica non contiene che un sottile strato di liquido. La pressione in questo spazio intrapleurico è subatmosferica (inferiore ad un'atmosfera) e i polmoni strettamente aderiscono alla parete toracica.

L'inspirazione è un processo attivo: il diaframma si abbassa, mentre i muscoli costali espandono il torace. La pressione intrapleurica, che all'inizio è di circa -2.5 mm Hg, scende a -6 mm Hg. Per questi due fattori i polmoni sono obbligati ad espandersi per seguire il movimento della cassa toracica. All'interno degli alveoli, e conseguentemente nel resto delle vie aeree, si forma una pressione leggermente negativa e l'aria entra nei polmoni. Terminata l'inspirazione, i polmoni si ritraggono con un movimento elastico riportando la parete toracica nella posizione espiratoria. Durante questo processo, che viene chiamato espirazione, la pressione dell'aria nei polmoni è

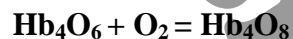
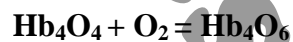
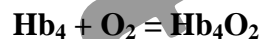
leggermente positiva, e ciò determina la fuoriuscita di aria. L'espiazione, nel respiro tranquillo, è passiva, nel senso che nessuno dei muscoli che riducono il volume del torace si contrae. Invece nella prima parte dell'atto espiratorio vi è una lieve contrazione di questi muscoli.

Nell'uomo adulto, la frequenza degli atti espiratori (inspirazione, espiazione, pausa) è di 16-20 al minuto. Il ritmo respiratorio può essere più o meno frequente. Possiamo controllare volontariamente solo in parte la frequenza e la quantità d'aria che inspiriamo; possiamo bloccare volontariamente per qualche tempo la respirazione ma, quando nel sangue la quantità di anidride carbonica è in eccesso, siamo obbligati a respirare anche indipendentemente dalla nostra volontà.

Trasporto dell'Ossigeno



Negli alveoli polmonari l'ossigeno dell'aria si combina con il nostro sangue, e più precisamente con l'emoglobina. L'emoglobina è un pigmento del sangue formato dalla globina (una proteina) e dall'eme (un gruppo prostetico, cioè costituito da sostanze diverse dagli amminoacidi). La struttura dell'emoglobina si suddivide in quattro sottounità, ciascuna delle quali contiene un eme; al centro di ogni eme vi è un atomo di Fe allo stato ferroso (valenza + 2). E' con questo atomo che si lega, reversibilmente, l'O₂; il ferro resta allo stato ferroso, in quanto più che un'ossidazione, si ha un'ossigenazione. L'ossigenazione dell'emoglobina (che prende il nome di ossiemoglobina) avviene nel seguente modo:



La seguente reazione richiede meno di 0.01 sec.; l'O₂ si lega prima con il primo eme, poi con il secondo, e così via. Dopo che un eme si è legato con l'ossigeno, tende ad avvicinarsi all'eme successivo; questo fa sì che il secondo eme abbia molta più affinità a legarsi con l'ossigeno rispetto al precedente. Con la curva di dissociazione dell'ossiemoglobina indichiamo la percentuale di saturazione nell'O₂ dell'emoglobina, in funzione di PO₂; in virtù del fenomeno sopra citato, ha una caratteristica forma sigmoidale.

PO ₂ (mm Hg)	% di sat. di Hb
10	13.5
20	35
30	57
40	75
50	83.5
60	89
70	92.7
80	94.5
90	96.5
100	97.5

Due condizioni importanti influenzano la curva di dissociazione dell'ossiemoglobina, e sono il pH e la temperatura (T). L'aumento di quest'ultima o una diminuzione del pH diminuiscono la capacità di trasporto dell'ossigeno a parità di PO₂, spostando verso destra la curva. Viceversa, una diminuzione di T o un aumento di pH spostano la curva verso sinistra.

Nel riposo i tessuti rimuovono circa 4.6 ml di ossigeno, mentre nel lavoro muscolare, quando la curva di dissociazione della HbO₂ tende rapidamente verso l'alto nella regione delle basse pressioni di PO₂, rimuovono una quantità maggiore di ossigeno.

Trasporto dell'Anidride Carbonica

La solubilità di CO₂ nel sangue è 20 volte quella di O₂, e quindi in soluzione si trova molta più anidride carbonica che ossigeno. La CO₂ che passa per diffusione nei globuli rossi viene rapidamente idratata e trasformata in acido carbonico (H₂CO₃). L'H₂CO₃ quindi si dissocia in H⁺ e HCO₃⁻; H⁺ viene tamponato (principalmente dall'emoglobina), mentre HCO₃⁻ si diffonde nel plasma. Il pH del sangue scende da 7,40 a 7,36. Nei polmoni questi processi si invertono e vengono scaricati negli alveoli, a riposo, 200 ml di CO₂ ogni minuto, che aumentano vistosamente durante una qualsiasi attività muscolare.

La curva di dissociazione dell'anidride carbonica ha l'aspetto di un'iperbole, ripida nella parte iniziale e più morbida una volta superato il 50% del volume dell'anidride carbonica assorbita dal sangue.