WWW.FISIOKINESITERAPIA.BIZ

ANATOMIA FUNZIONALE DELL’APPARATO RESPIRATORIO

INTRODUZIONE

L'apparato respiratorio ha la funzione di assicurare all'organismo un adeguato apporto di ossigeno e un'adeguata eliminazione di anidride carbonica in modo da mantenere le funzioni vitali di tutti gli apparati, organi e tessuti.

Per fare questo deve essere assicurato un "ricambio" continuo dell'aria presente nei polmoni.

GENERALITA'

L'apparato respiratorio, considerato nella sua globalità anatomo-funzionale, è costituito da:

1. Strutture nervose preposte alla regolazione del respiro (sistema nervoso centrale e periferico)

2. Strutture di contenimento (parete toracica e pleure)

3. Strutture idonee allo svolgimento degli scambi gassosi (vie aeree di conduzione e polmoni propriamente detti)

GENERALITA'

L'apparato respiratorio, considerato nella sua globalità anatomo-funzionale, è costituito da:

1. Strutture nervose preposte alla regolazione del respiro (sistema nervoso centrale e periferico)

2. Strutture di contenimento (parete toracica e pleure)

3. Strutture idonee allo svolgimento degli scambi gassosi (vie aeree di conduzione e polmoni propriamente detti)

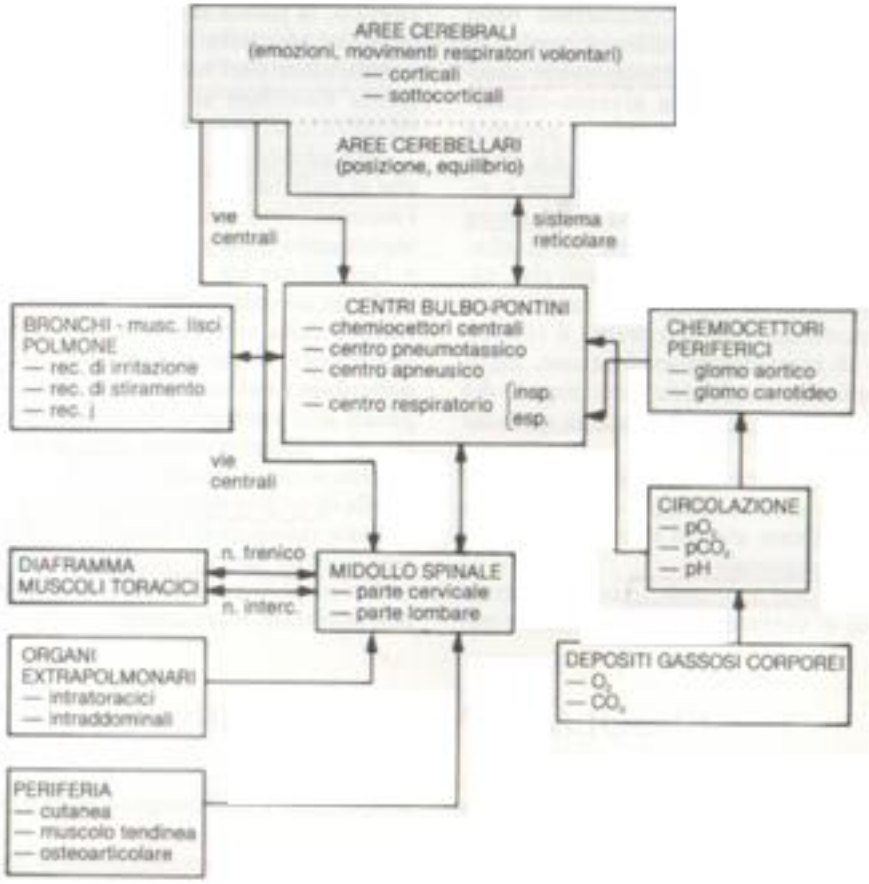
REGOLAZIONE DEL RESPIRO

L'uomo sano e adulto compie, in condizioni di riposo, 13-15 atti respiratori al minuto, cioè circa 780-900 atti all'ora e circa 20.000 in 24 ore. Tali atti si succedono ritmicamente sia nel corso della veglia che del sonno e noi non ci preoccupiamo minimamente di respirare, anzi non ce ne accorgiamo nemmeno (solo in condizioni patologiche si può avere una sensazione spiacevole dei propri atti respiratori, definita "dispnea").
Ciò è possibile grazie alla presenza di una struttura nervosa centrale che è stata battezzata "centro respiratorio bulbare".

REGOLAZIONE DEL RESPIRO

Il normale ritmo della respirazione può essere influenzato da vari stimoli, volontari ed involontari.
Gli stimoli volontari possono influenzare il respiro solo in misura trascurabile.
Infatti, la cessazione volontaria del respiro (apnea) è di breve durata.
La frequenza e la profondità della ventilazione possono essere anch'esse aumentate (iperventilazione) ma dopo poco il respiro riprende il suo ritmo naturale.
Molte situazioni determinano invece un aumento involontario della frequenza del respiro (per esempio fare una corsa).

CONTROLLO DELLA RESPIRAZIONE



Schema delle strutture e delle vie nervose che intervengono nel controllo della respirazione

REGOLAZIONE NERVOSA RIFLESSA DEL RESPIRO

1. Riflessi nasali (starnuto)
2. Riflessi faringei (riflesso di aspirazione)
3. Riflessi delle vie aeree respiratorie cioè laringe, trachea, bronchi, polmoni e pleure (tosse)
4. Riflessi di origine polmonare (riflesso di stiramento, nociocettivo e da irritazione)
5. Riflessi di origine vascolare, muscolare e chimica

GENERALITA'

L'apparato respiratorio, considerato nella sua globalità anatomo-funzionale, è costituito da:

1. Strutture nervose preposte alla regolazione del respiro (sistema nervoso centrale e periferico)

2. Strutture di contenimento (parete toracica e pleure)

3. Strutture idonee allo svolgimento degli scambi gassosi (vie aeree di conduzione e polmoni propriamente detti)

STRUTTURE DI CONTENIMENTO

Il passaggio di aria dall'ambiente esterno ai polmoni si realizza attraverso il movimento della cassa toracica. Infatti, l'espansione della parete toraco-diaframmatica determina la creazione di una pressione negativa a livello polmonare che permette all'aria esterna di entrare nelle vie aeree.
Il movimento della cassa toracica avviene grazie agli stimoli nervosi che attivano la contrazione dei muscoli inspiratori.

CICLO RESPIRATORIO NORMALE

Fisiologicamente, il ciclo respiratorio è composto da:

- Fase inspiratoria, assicurata dalla contrazione dei muscoli della gabbia toracica;
- Fase espiratoria, assicurata dal ritorno elastico della gabbia toracica.

MUSCOLI DELLA RESPIRAZIONE

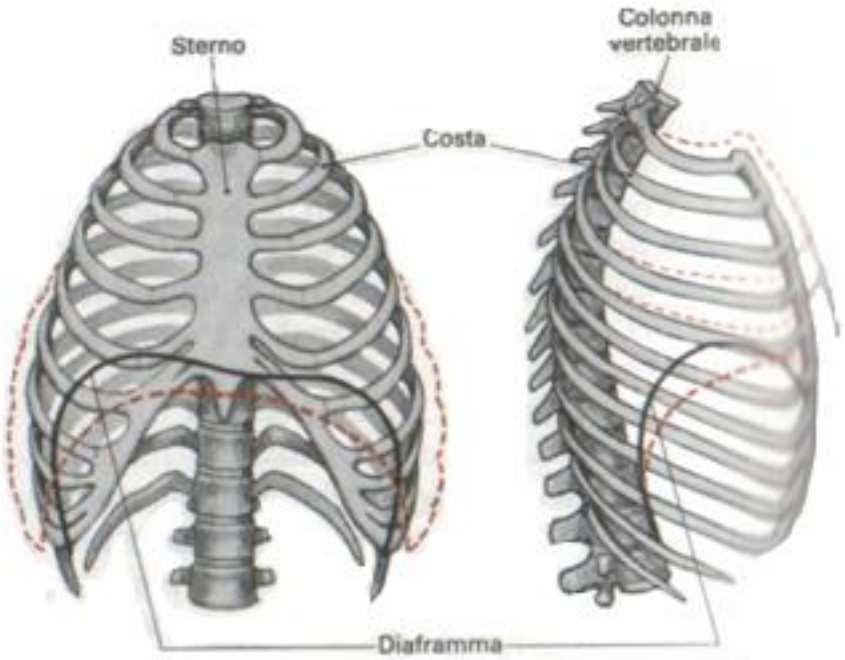
1. Muscoli inspiratori principali: diaframma, muscoli intercostali esterni e muscoli sovracostali

2. Muscoli inspiratori accessori: sternocleidomastoideo, scaleni, grande pettorale, piccolo pettorale, grande dentato, trapezio, muscoli delle ali del naso, della bocca e della glottide

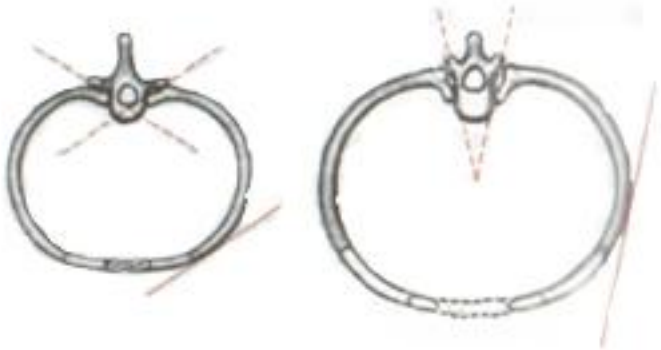
3. Muscoli espiratori: succlavio, sottocostali, intercostali interni, piccolo dentato, triangolare dello sterno, retto dell'addome

GABBIA TORACICA VISTA DI FRONTE E DI LATO

Le linee tratteggiate indicano le modificazioni della gabbia toracica e del diaframma nell'inspirazione



Il movimento delle coste "a manico di secchio" permette l'aumento degli spazi intercostali. Tuttavia, il maggiore aumento dell'altezza della gabbia toracica è dovuto al diaframma che si abbassa.



LE PLEURE

Le pleure sono 2 membrane sierose che rivestono separatamente ciascun polmone. La membrana interna, detta "pleura viscerale", è a diretto contatto con la superficie del polmone e lo riveste fino all'ilo. A tale livello, la pleura viscerale si continua con la membrana esterna detta "pleura parietale", la cui parete esterna è distesa sulle pareti interne delle logge pleuropolmonari. La faccia interna della pleura parietale e la faccia esterna della pleura viscerale delimitano la "cavità pleurale".

La pleura viene distinta in pleura costale, diaframmatica e mediastinica a seconda dei rapporti che contrae con le strutture circostanti.

STRUTTURA DELLE PLEURE

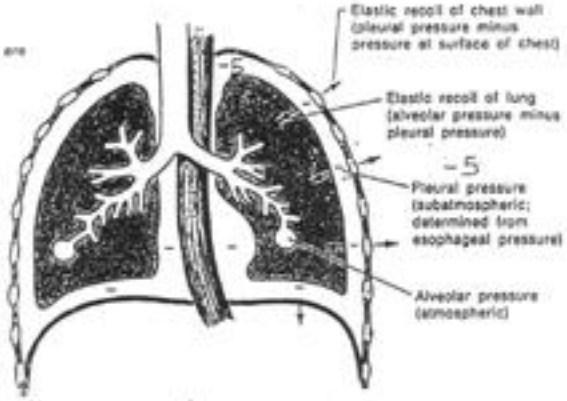
La pleura viscerale è formata da uno strato di cellule piatte, molto espanse (cellule mesoteliali), da uno strato sottomesoteliale di fasci collageni e da uno strato profondo ricco di fibre elastiche. La pleura viscerale ed il polmone sono divisi da connettivo lasso ricco di vasi e da connettivo fibroelastico che si continua nel connettivo interstiziale del polmone.

La pleura parietale ha struttura analoga. La parete esterna si continua con la fascia endotoracica, con il tessuto adiposo e linfonodale e con fascetti di cellule muscolari lisce.

I due foglietti pleurici sono divisi da un esile film di liquido pleurico.

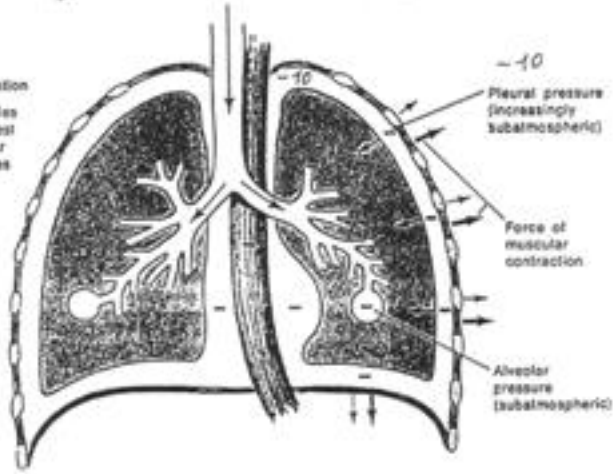
A. At rest

1) Respiratory muscles are at rest;
2) recoil of lung and chest wall are equal but opposite;
3) pressure along tracheobronchial tree is atmospheric.
4) There is no airflow



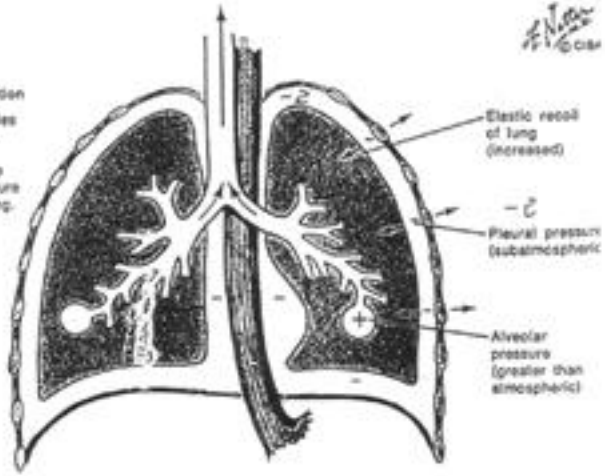
B. During inspiration

Inspiratory muscles contract and chest expands; alveolar pressure becomes subatmospheric with respect to pressure at airway opening. Air flows into lungs



C. During expiration

Inspiratory muscles relax; recoil of lung causes alveolar pressure to exceed pressure at airway opening. Air flows out of lung



GENERALITA'

L'apparato respiratorio, considerato nella sua globalità anatomo-funzionale, è costituito da:

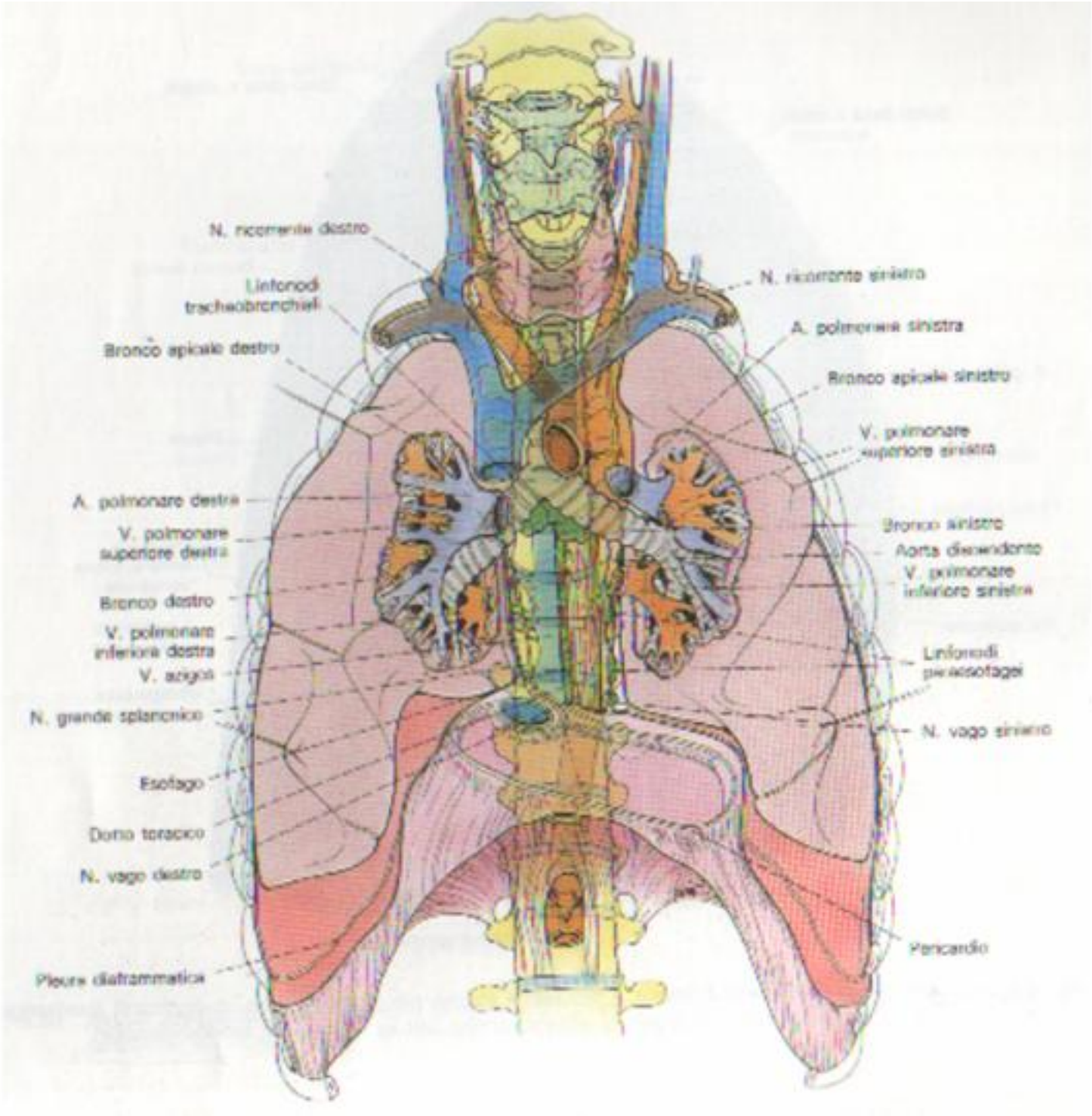
1. Strutture nervose preposte alla regolazione del respiro (sistema nervoso centrale e periferico)

2. Strutture di contenimento (parete toracica e pleure)

3. Strutture idonee allo svolgimento degli scambi gassosi (vie aeree di conduzione e polmoni propriamente detti)

I POLMONI

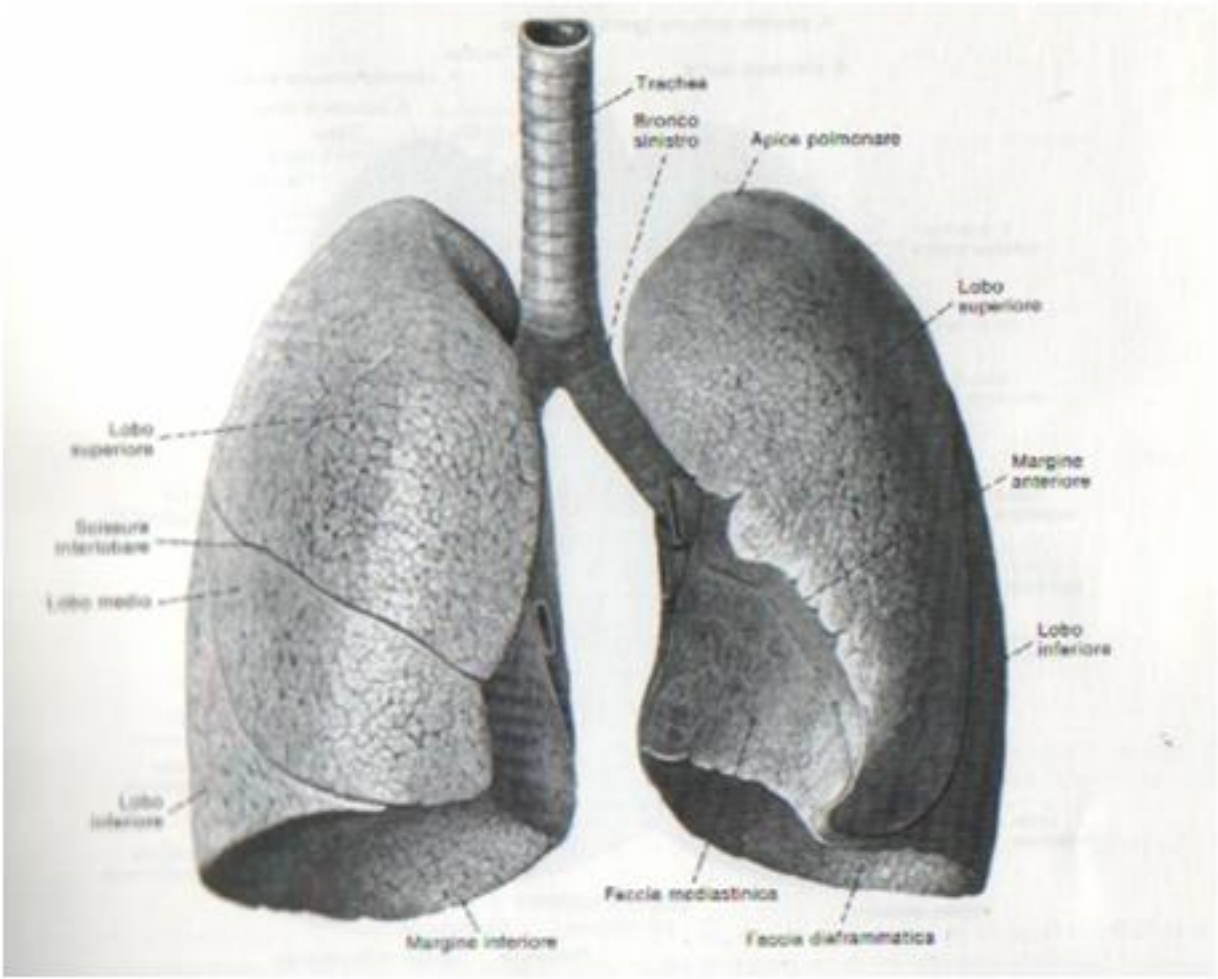
I polmoni sono gli organi in cui avvengono gli scambi gassosi fra aria e sangue. In numero di due, destro e sinistro, sono contenuti nelle logge pleuropolmonari della cavità toracica, separati da uno spazio mediano compreso tra la colonna vertebrale e lo sterno, *il mediastino*, che accoglie timo, grossi vasi, esofago, trachea e bronchi.


N. ricorrente destro
Linfonodi tracheobronchiali
Bronco apicale destro
A. polmonare destra
V. polmonare superiore destra
Bronco destro
V. polmonare inferiore destra
V. azygos
N. grande splancnico
Esofago
Dorso toracico
N. vago destro
Pleura diaframmatica
N. ricorrente sinistro
A. polmonare sinistra
Bronco apicale sinistro
V. polmonare superiore sinistra
Bronco sinistro
Aorta discendente
V. polmonare inferiore sinistra
Linfonodi peri-esofagei
N. vago sinistro
Pericardio

I LOBI POLMONARI

La superficie esterna del polmone è percorsa da scissure che si approfondano fino all'ilo dividendo l'organo in lobi.
A destra le scissure sono 2, una principale e una secondaria. Il polmone viene così diviso in 3 lobi, superiore, medio ed inferiore.
A sinistra l'unica scissura divide il polmone nel lobo superiore e nel lobo inferiore.

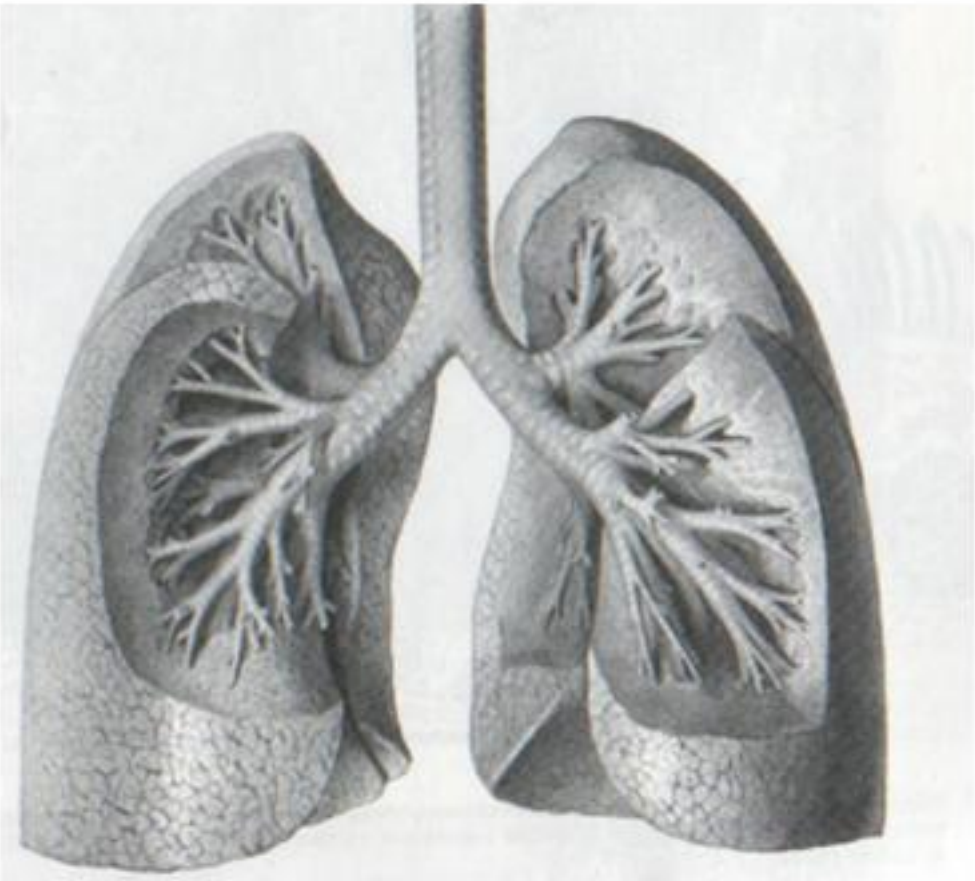
POLMONI VISTI IN PROIEZIONE ANTERIORE



SEGMENTI POLMONARI

I lobi polmonari hanno una vascolarizzazione e una ventilazione propri.
In rapporto alla ventilazione ed alla vascolarizzazione possono essere distinti e delimitati altri territori polmonari, definiti *zone* o *segmenti*.
I segmenti del polmone destro sono 10 (3 + 2 + 5);
I segmenti del polmone sinistro sono 8 (2 + 2 +4).

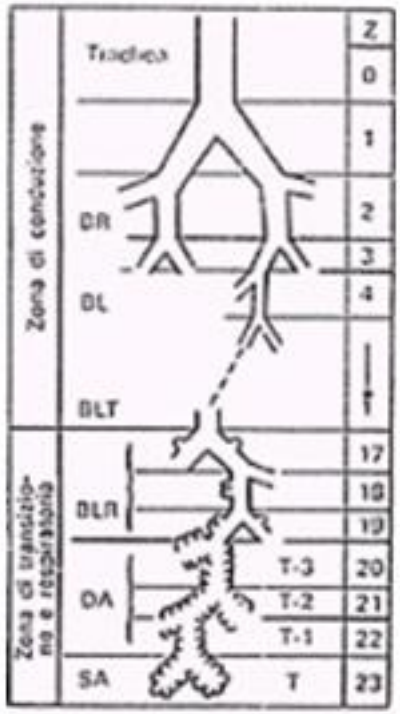
Albero tracheobronchiale e polmoni in proiezione anteriore. La demolizione del parenchima polmonare consente di seguire la distribuzione intrapolmonare dei bronchi nell'ambito dei diversi lobi.



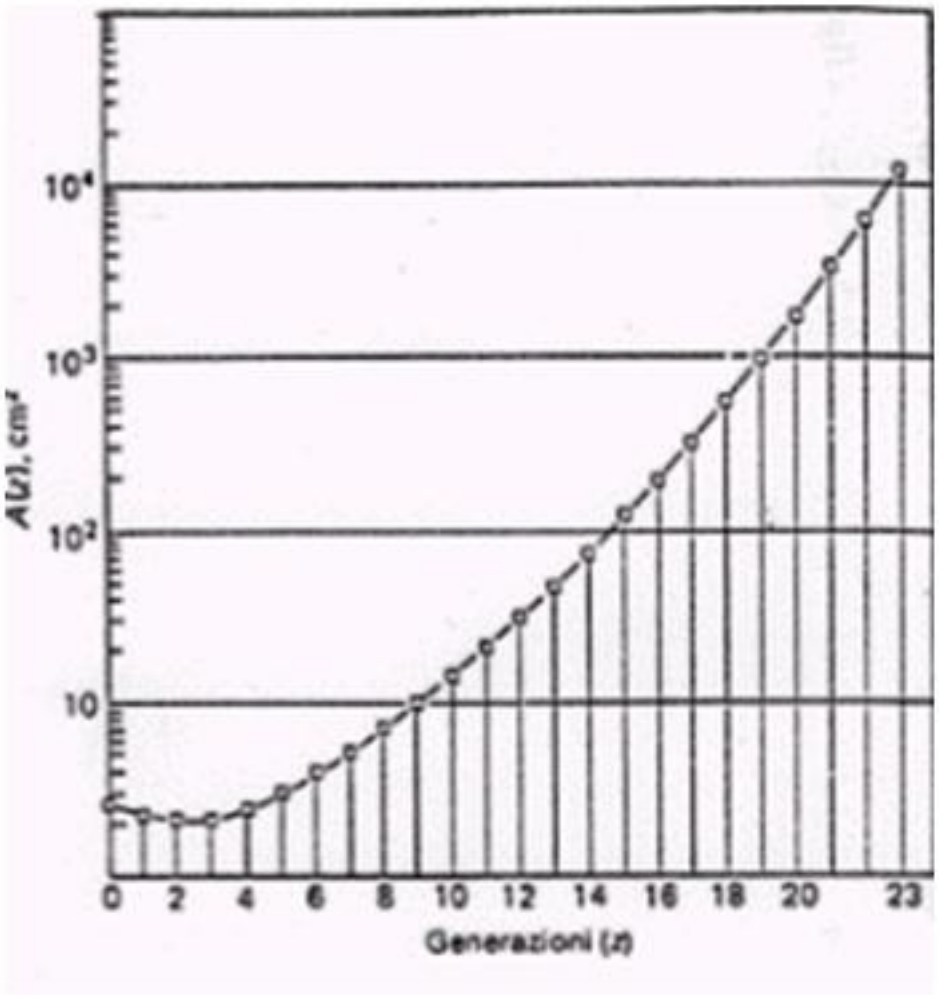
ANATOMIA DEL POLMONE

Vie aeree di conduzione: le vie aeree sono costituite da una serie di tubi che si ramificano, dividendosi in modo "dicotomico", in circa 23 generazioni bronchiali. Le prime 16-18 generazioni servono solo a condurre l'aria verso il parenchima polmonare dove avverrà lo scambio dei gas; il loro volume totale è di circa 150 ml ed è detto "spazio morto" poiché non contribuisce allo scambio dei gas.

Gli alveoli: le ultime 5-7 generazioni bronchiali sono collegate con gli alveoli, dove avviene lo scambio dei gas. Il polmone contiene circa 300 milioni di alveoli ognuno con un diametro di 1/3 mm per un volume complessivo di 5000-6000 cc. Gli alveoli sono avvolti dai capillari polmonari realizzando una superficie di scambio aria sangue di 50-100 m^2.



SUPERFICIE TOTALE DI SEZIONE DELLE VIE AEREE DEL POLMONE UMANO RISPETTO ALLE GENERAZIONI



VIE AEREE EXTRATORACICHE

Sono rappresentate dal naso e dai seni paranasali, dalla faringe, dal cavo orale, dalla laringe e dalla porzione extratoracica della trachea.

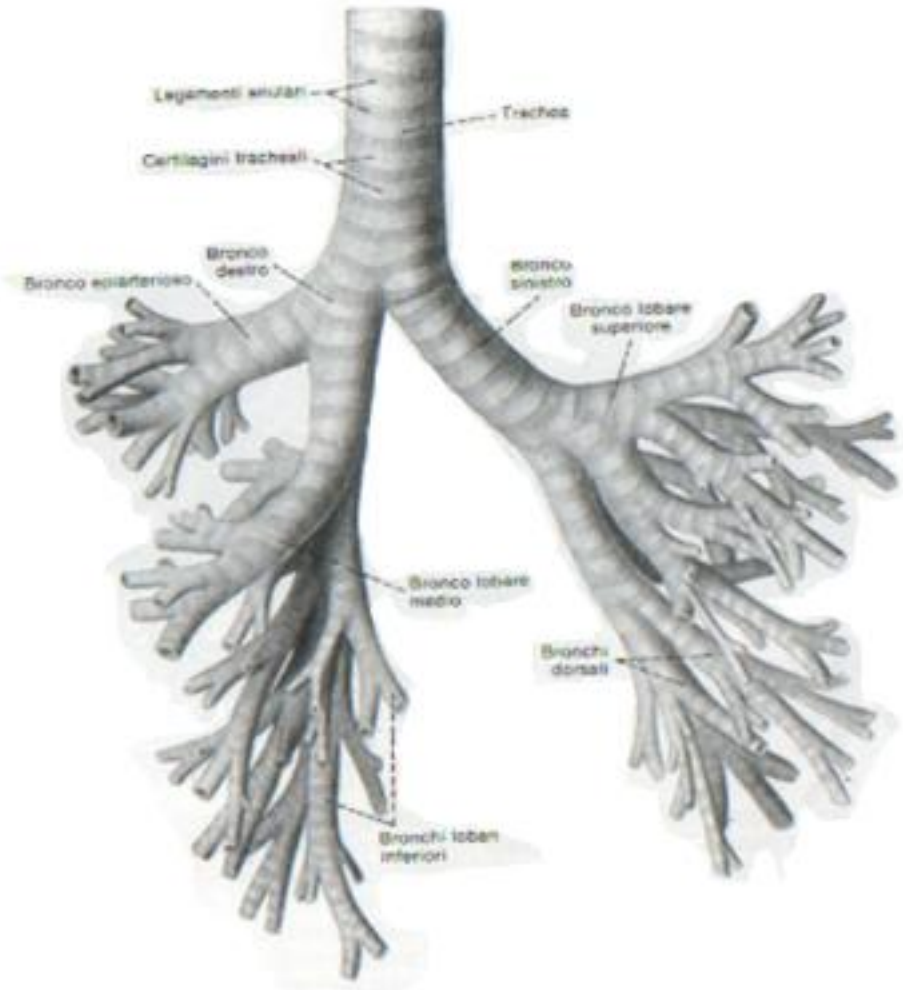
Tali strutture entrano a far parte dell'apparato respiratorio in quanto assolvono al compito di condurre l'aria fino alle vie aeree intratoraciche e agli alveoli.

Svolgono, inoltre, funzione di difesa attraverso il condizionamento, la filtrazione e la depurazione dell'aria.

VIE AEREE INTRATORACICHE

Sono rappresentate dalle "vie aeree intermedie" e "vie aeree inferiori".
Le vie aeree intermedie comprendono, oltre alla trachea, i bronchi principali (destro e sinistro), i bronchi lobari, segmentari, subsegmentari fino a i bronchi sopralobulari.
Le vie aeree inferiori cominciano dai bronchioli intralobulari che si dividono dicotomicamente (ogni ramo si sdoppia in rami di calibro uguale che formano tra loro un angolo ottuso o si dividono a T) fino ai bronchioli terminali. Il bronchiolo terminale rappresenta l'ultima porzione dell'albero bronchiale in cui non avvengono gli scambi gassosi. Dopo il bronchiolo terminale si trovano il bronchiolo respiratorio (in cui si cominciano ad intravedere i primi alveoli), i dotti alveolari e, quindi, i sacchi alveolari.

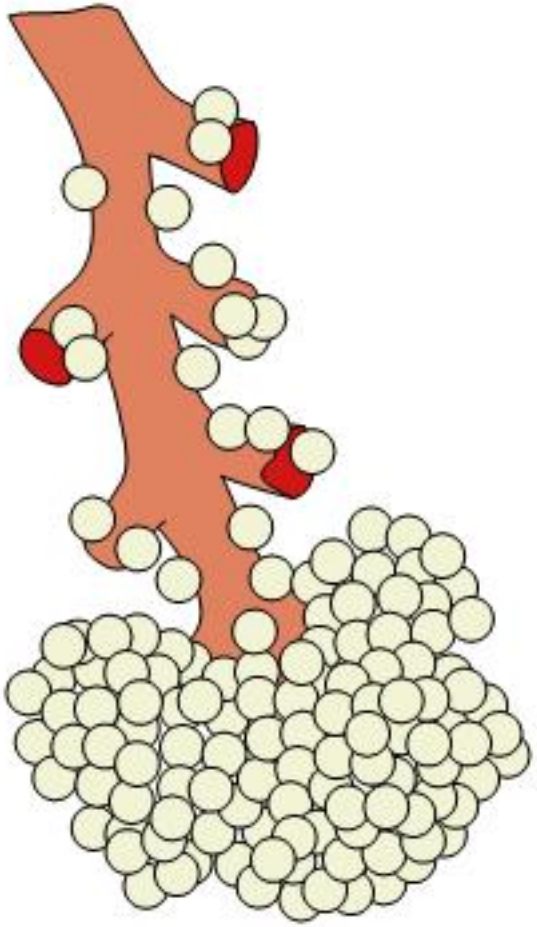
Conformazione generale dell'albero bronchiale e modalità di divisione dei bronchi.



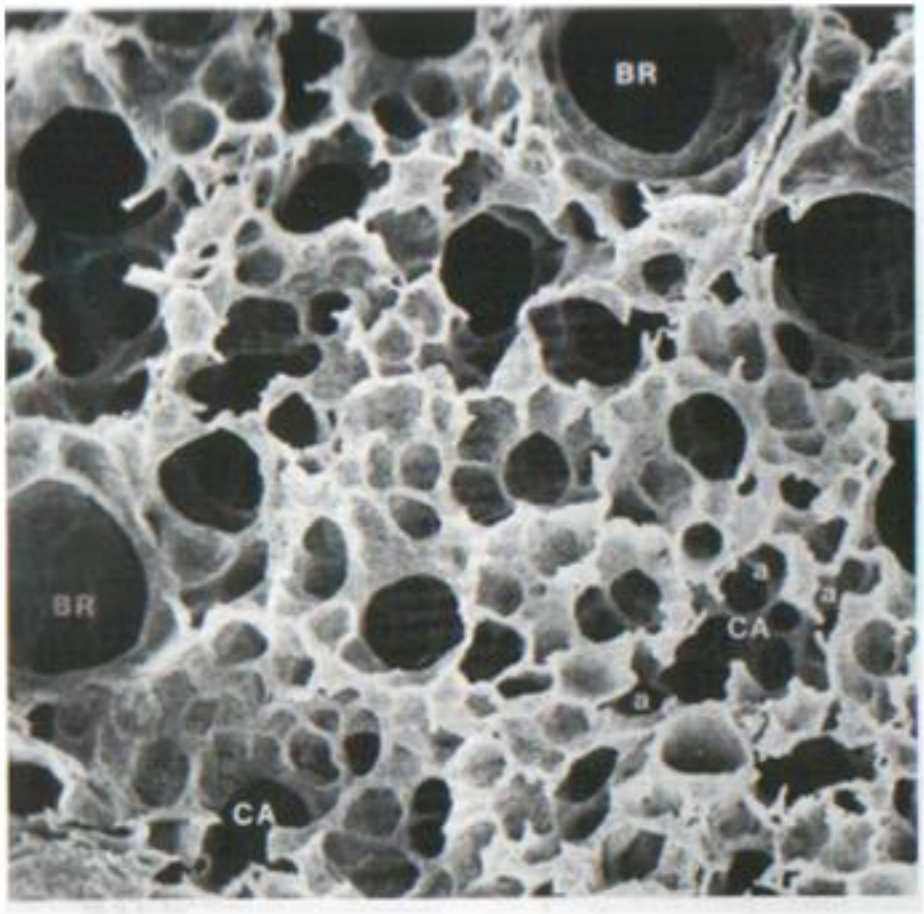
Dalla divisione monopodica dei bronchi di grosso calibro si passa alla divisione "dicotomica" dei bronchi più piccoli.

ACINO POLMONARE

Rappresenta l'unità funzionale del polmone. E' rappresentato dalla zona dell'albero respiratorio distale al bronchiolo terminale. Comprende, pertanto, i bronchioli respiratori di 1°, 2° e 3° ordine, i dotti alveolari di 1°, 2° e 3° ordine ed i sacchi alveolari.

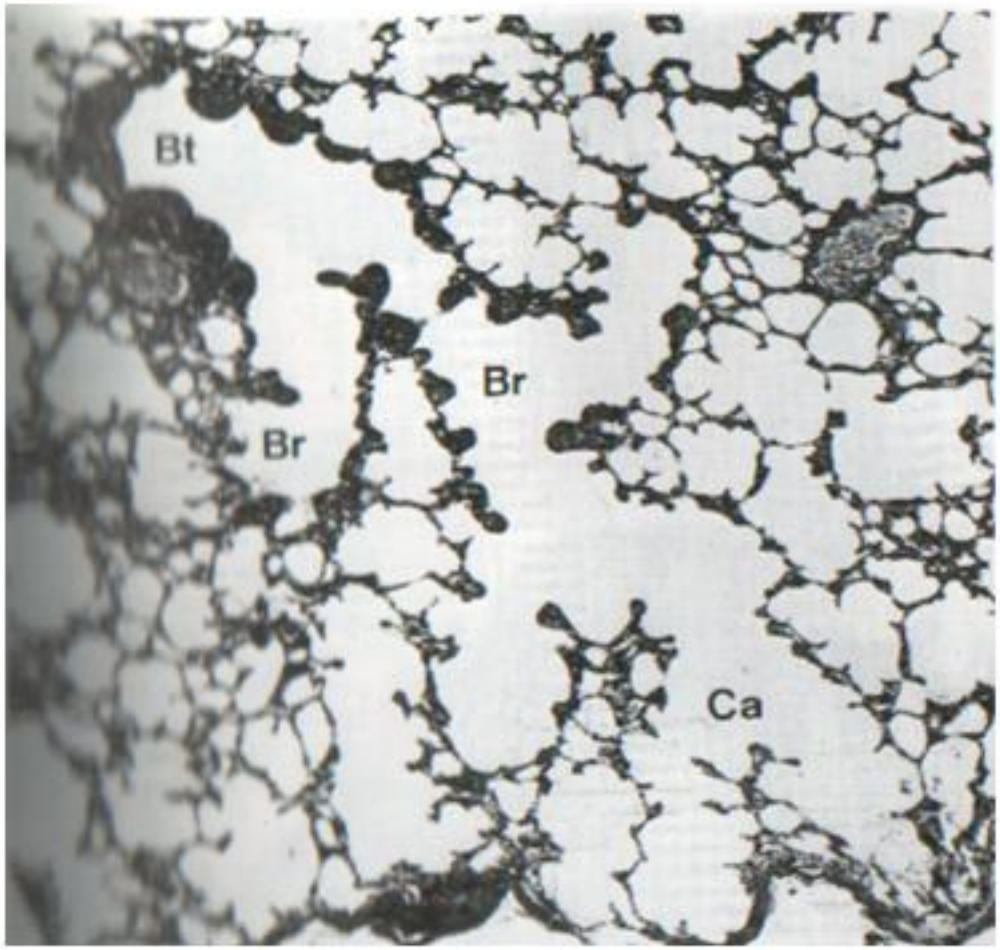


Sezione di parenchima polmonare al microscopio elettronico a scansione



BR: bronchioli respiratori; CA: condotti alveolari; a: alveoli.

Struttura del parenchima polmonare umano

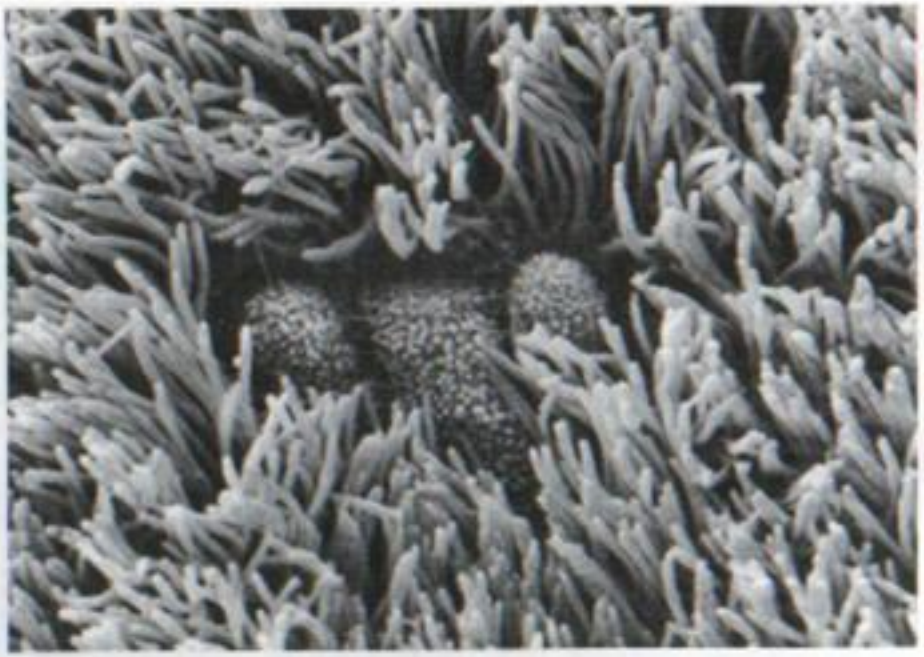


BT: bronchioli terminali; BR: bronchioli respiratori; CA: condotti alveolari.

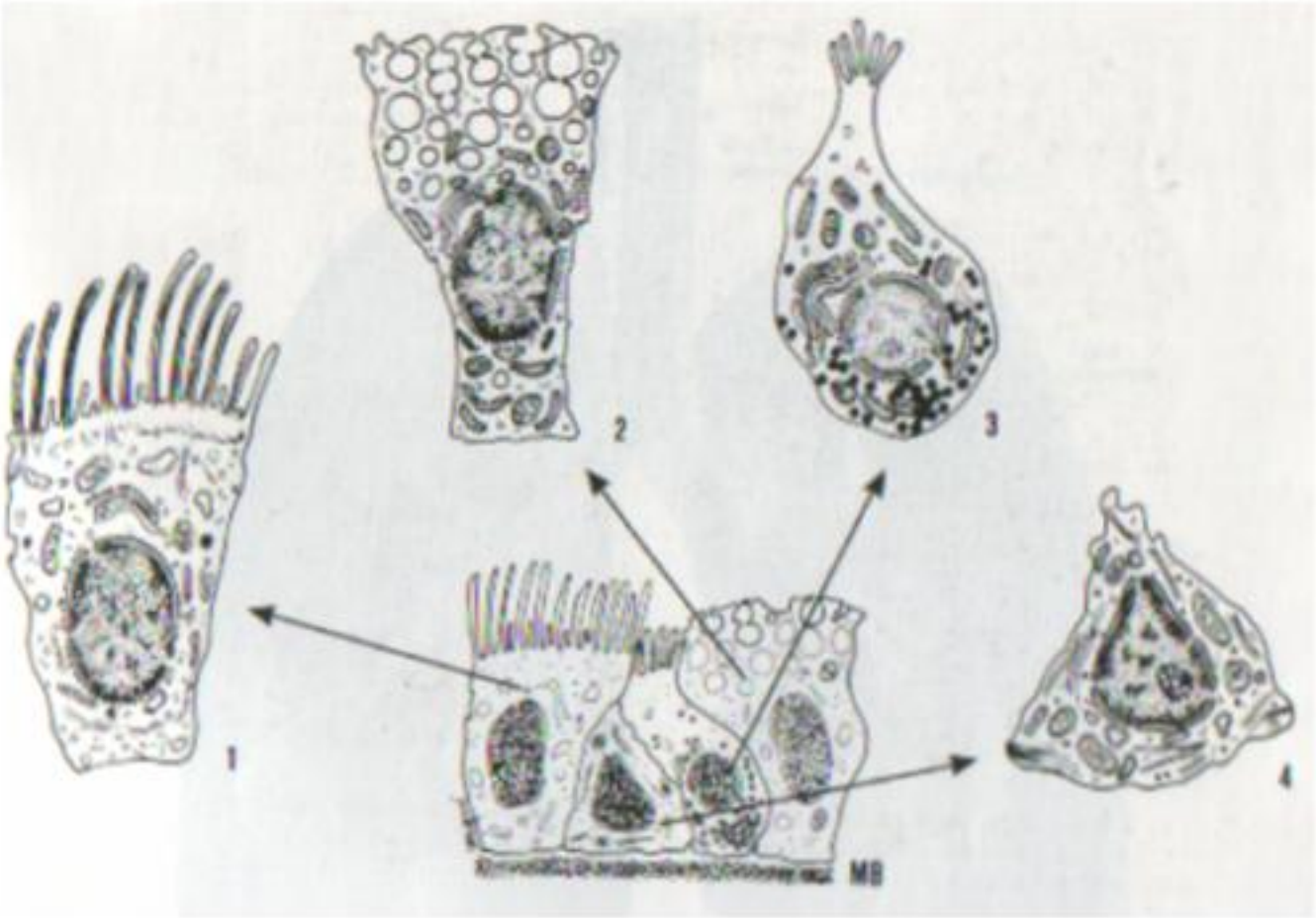
TONACA MUCOSA DELLE VIE AEREE EXTRATORACICHE

Le vie aeree extratoraciche sono ricoperte da una tonaca mucosa. Questa è rappresentata da un epitelio di rivestimento e da una tonaca propria.
L'epitelio di rivestimento è di tipo cilindrico pluristratificato, provvisto di ciglia vibratili. Il movimento delle ciglia crea un movimento di muco diretto verso l'esterno. Intercalate alle cellule cigliate si trovano le cellule caliciformi mucipare (in numero molto elevato a livello della trachea).
A livello della trachea si osservano, inoltre, cellule argentaffini e cellule con orletto striato (cellule assorbenti?, chemocettori?).

Superficie interna della trachea di ratto vista al microscopio elettronico a scansione



Superficie interna della trachea di ratto, vista al microscopio elettronico a scansione. Tra gli elementi cigliati, che risultano i più numerosi, si osserva, al centro del campo, un gruppo di cellule caliciformi mucipare la cui superficie libera è sollevata in corti microvilli. ×4500 (p.g.c. di P.M. Andrews).



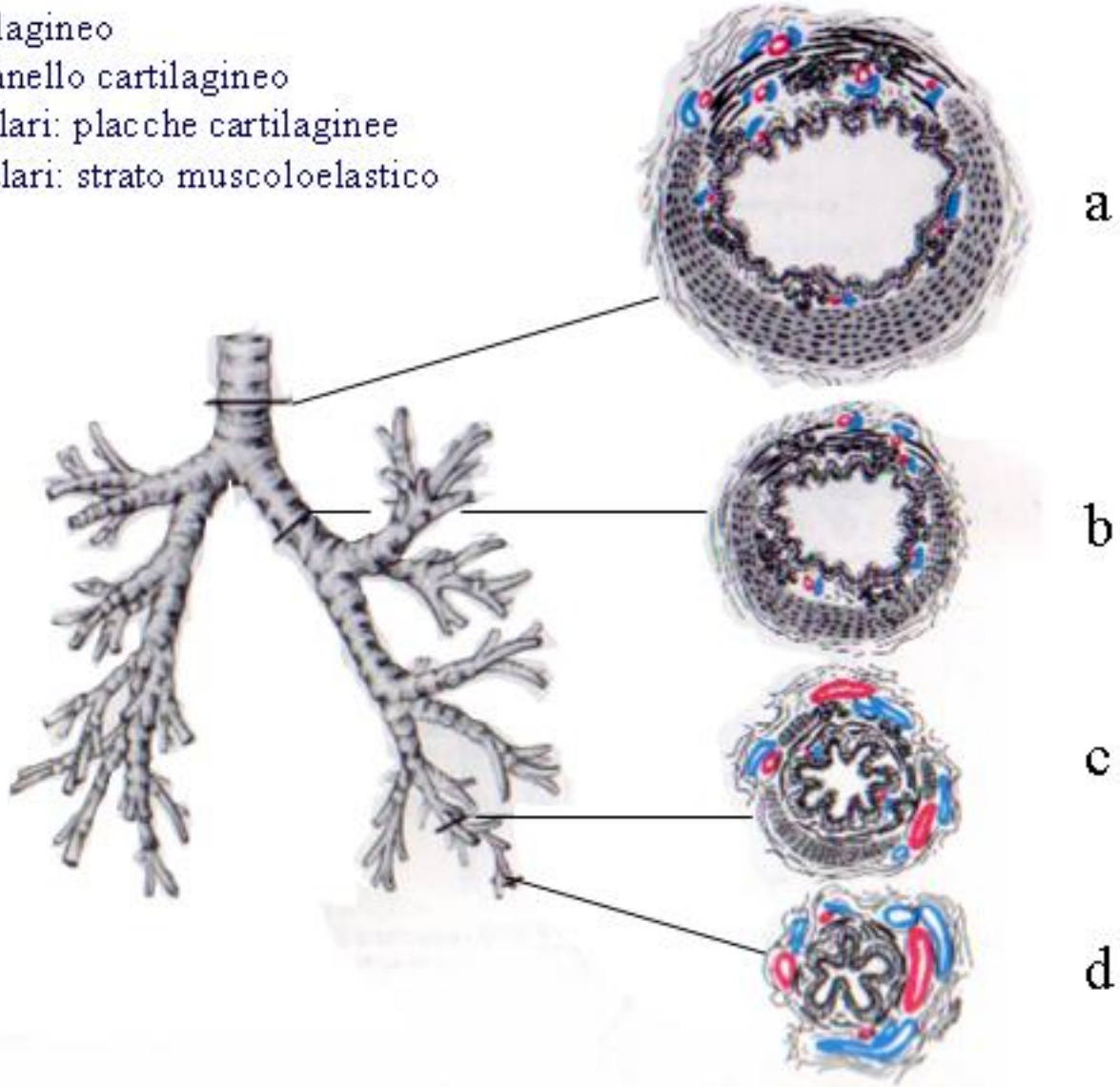
Rappresentazione schematica dei caratteri ultrastrutturali dell'epiteliorespiratorio bronchiale. MB: membrana basale; 1: cellula cigliata; 2: cellula caliciforme mucipara; 3: cellula argentaffine; 4: cellula basale.

VIE AEREE INTRATORACICHE

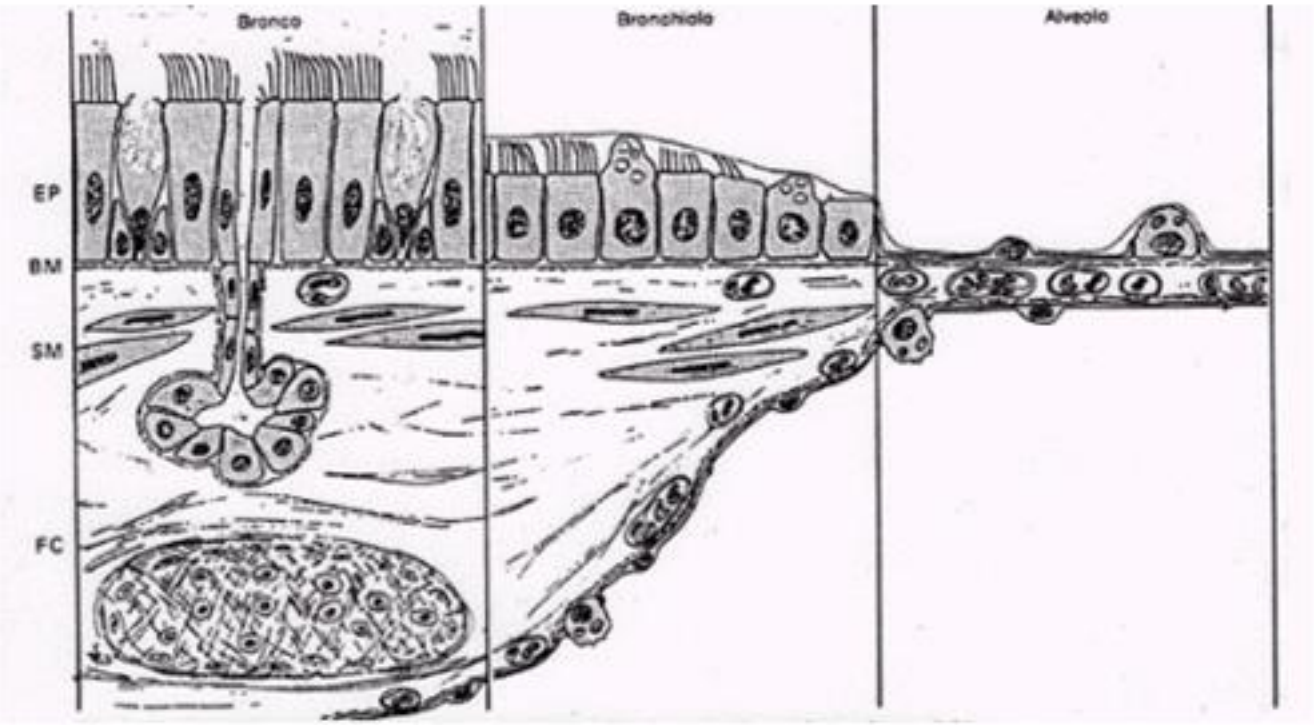
I bronchi principali hanno una struttura simile a quella della trachea. Nelle successive ramificazioni la struttura muta progressivamente. Si riduce la cartilagine e aumentano le componenti elastica e muscolare.
L'epitelio si assottiglia progressivamente divenendo, da cilindrico pseudostratificato cigliato, cubico e poi squamoso.
La muscolatura liscia scompare negli alveoli.

CARATTERISTICHE STRUTTURALI DELL'ALBERO TRACHEOBRONCHIALE

a: trachea: anello cartilagineo
b: bronchi principali: anello cartilagineo
c: bronchioli interlobulari: placche cartilaginee
d: bronchioli intralobulari: strato muscoloelastico



MODIFICAZIONI DELLA STRUTTURA PARIETALE DAI BRONCHI AGLI ALVEOLI



Epitelio di rivestimento delle vie aeree intratoraciche

Bronchi principali: epitelio cilindrico cigliato con cellule caliciformi

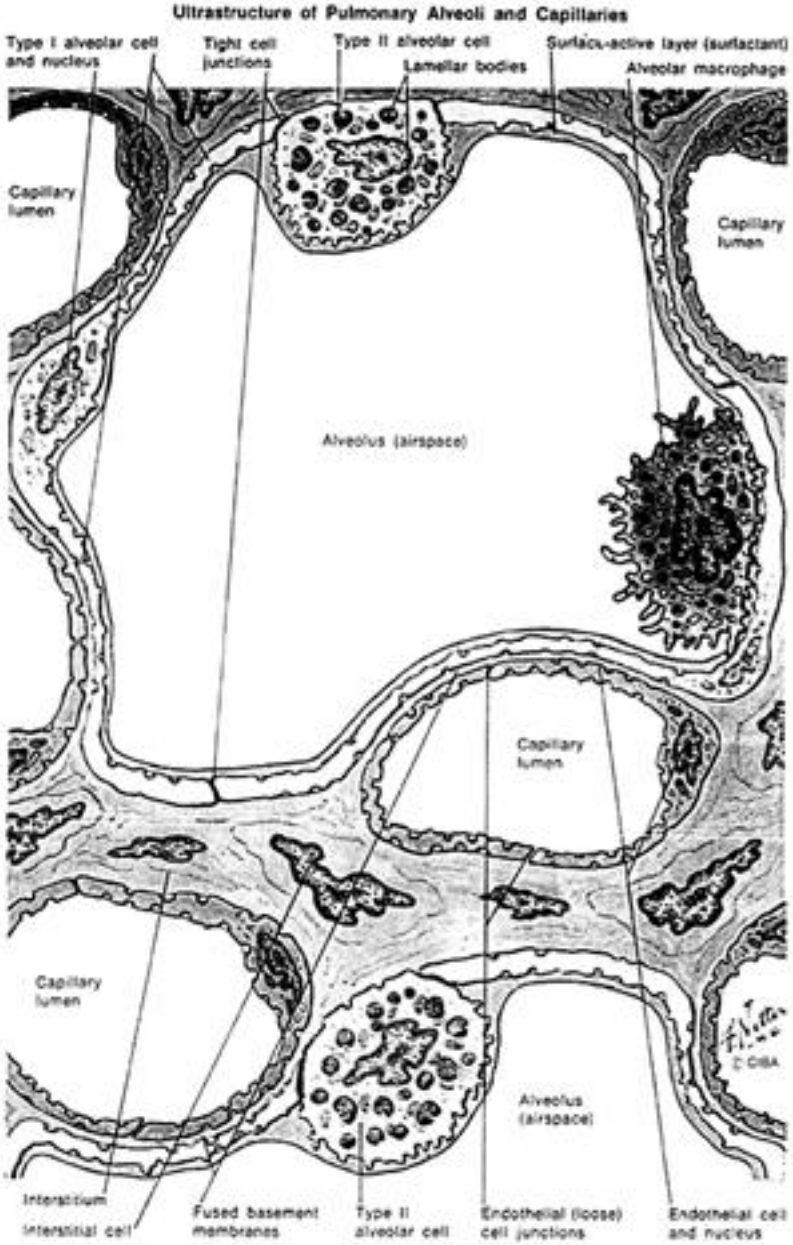
Bronchi lobulari: cilindrico semplice cigliato con cellule caliciformi sempre più rare. Compaiono cellule cilindriche non cigliate secernenti materiale mucoso ad azione fluidificante, dette cellule bronchiolari o cellule di Clara.

Bronchioli respiratori: epitelio cilindrico cigliato poi cubico e senza ciglia, privo di cellule mucipare.

Dotti alveolari: cellule cubiche non cigliate su cui gemmano gli alveoli.

Alveoli: epitelio semplice appiattito, costituito da Pneumociti di 1° tipo e Pneumociti di 2° tipo. Presenti macrofagi alveolari

Parete alveolo-capillare



ANATOMIA DEL SISTEMA DI SCAMBIO

- Velo di surfactante (prodotto dagli pneumociti di 2° tipo)
- Pneumociti di 1° tipo
- Interstizio alveolare
- Endotelio capillare
- Lume capillare con globuli rossi circolanti

VASI POMONARI

Nel polmone esistono due diversi sistemi vascolari: un sistema funzionale, quello dei vasi polmonari che costituiscono la piccola circolazione, e un sistema nutritizio, quello dei vasi bronchiali, che fa parte della grande circolazione. Tra i due sistemi si stabiliscono delle comunicazioni.

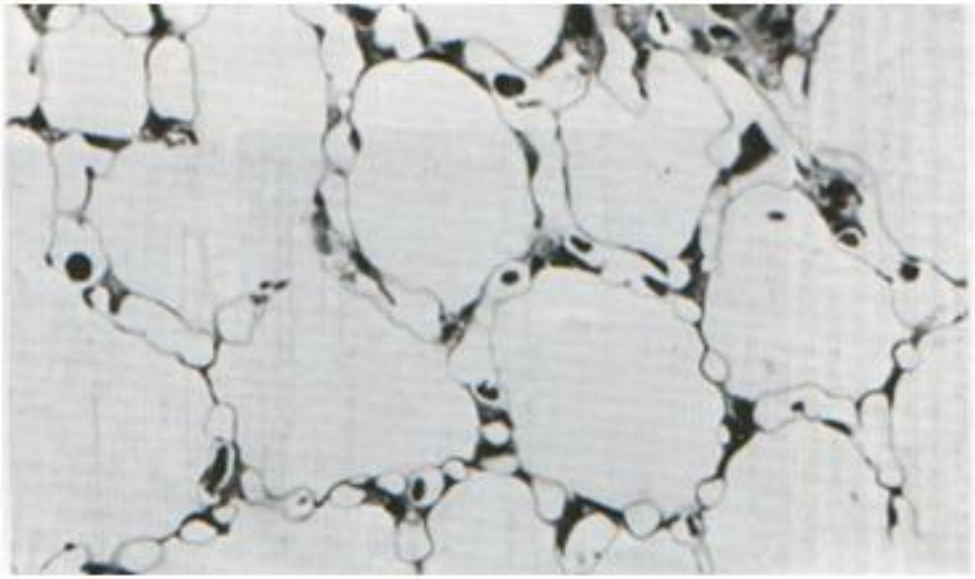
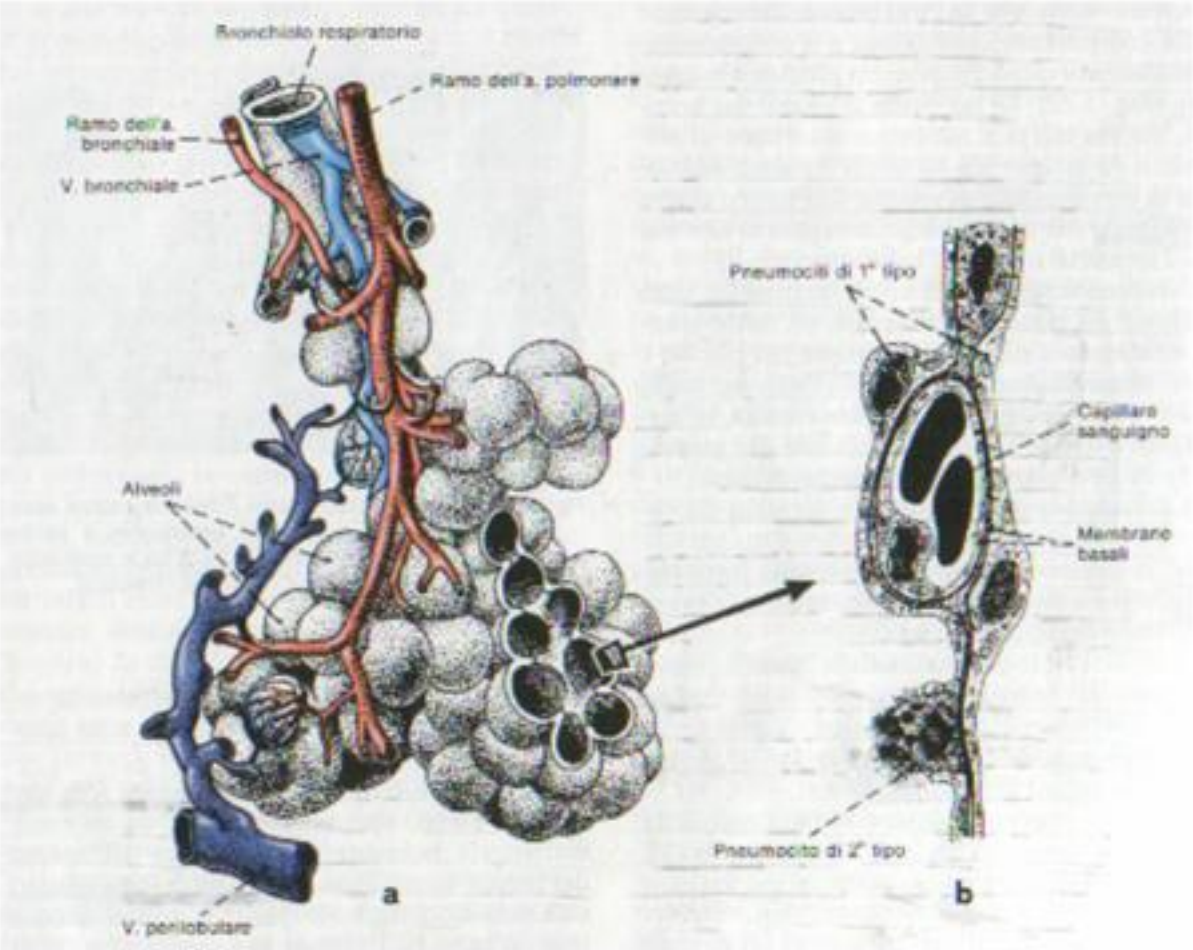
PERFUSIONE POLMONARE

- L'arteria polmonare riceve l'intera gittata del ventricolo destro e si suddivide nel polmone seguendo strettamente le vie aeree fino ai bronchioli più piccoli.
- I vasi sanguigni polmonari formano una densa rete di capillari che avvolge la parete degli alveoli. Il diametro di un capillare è di circa 10 micron e un globulo rosso impiega circa 1 secondo a transitarvi, attraversando 2-3 alveoli.
- E' a questo livello che avviene il processo di diffusione dell'ossigeno dall'aria al sangue e dell'anidride carbonica in senso inverso.
- Il sangue ossigenato lascia quindi il polmone attraverso le vene polmonari che si gettano nell'atrio sinistro.

Dati quantitativi sui vasi sanguigni intrapolmonari nell'uomo

Vasi	Volume (ml)	Area (m^2)	Referenza No.
Arterie (>500 μm di diametro)	68	0,4	57
Arteriole (13-500 μm)	18	1,0	57
Capillari (10 μm)	60-200	50-70	58
Venule (13-500 μm)	13	1,2	59
Vene (>500 μm)	58	0,1	59

ORGANIZZAZIONE DELLA RETE VASCOLARE PERIALVEOLARE



RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEL LOBULO POLMONARE