

Figura 23.9 Anatomia macroscopica dei polmoni.

telio colonnare pseudostratificato ciliato nei condotti più grandi e prossimali. Procedendo distalmente diventa più sottile (le cellule crescono tanto alte) e degrada in colonnare semplice e finalmente in epitelio cuboide semplice. I bronchioli non hanno ghiandole mucose e cellule caliciformi, ma sono dappertutto ciliati. È importante specificare che nelle vie aeree le ciglia sono presenti più abbondantemente che le ghiandole mucose e le cellule caliciformi. Que-

storia, dà la possibilità all'aria di spostarsi più facilmente e più rapidamente, in modo che gli alveoli possano essere ventilati in proporzione con le richieste condizionate dall'esercizio fisico. L'aumento del flusso dell'aria è in proporzione maggiore dell'aumento dello spazio morto. I bronchioli esercitano il controllo maggiore sul flusso dell'aria per due motivi: (1) essi sono i componenti più numerosi della porzione di conduzione; (2) con la loro muscolatura liscia ben sviluppata e per la

sto assicura che il muco prodotto dalle cellule ghiandolari, che cola distalmente, possa essere catturato dalle ciglia che si muovono e rimosso dalla via aerea. Oltre che dall'epitelio, la mucosa dei bronchioli è formata principalmente da muscolo liscio. Le contrazioni spastiche di questa muscolatura nel momento della morte determinano l'aspetto ondulato del lume dei bronchioli nella maggior parte dei preparati istologici (fig. 23.10a).

Ogni bronchiolo si divide in 50-80 **bronchioli terminali**, i rami finali della divisione in condotti; ci sono circa 65.000 bronchioli terminali in ogni polmone. Essi hanno un diametro di circa 0,5 mm. Da ogni bronchiolo terminale si formano due o più **bronchioli respiratori** più piccoli, che hanno alveoli che si sviluppano dalle loro pareti. I bronchioli respiratori sono l'inizio della sezione respiratoria. Le loro pareti presentano scarso tessuto muscolare liscio, e le pareti più sottili presentano un epitelio di rivestimento non ciliato. Ogni bronchiolo respiratorio si divide in 2-10 formazioni allungate con parete sottile chiamate **dotti alveolari** e anche essi presentano sulla loro parete gli alveoli (fig. 23.10). I dotti alveolari e le divisioni più piccole presentano un epitelio semplice squamoso non ciliato. I dotti terminano nei **sacchi alveolari**, che sono alveoli organizzati a grappoli d'uva e disposti intorno ad uno spazio centrale denominato **atrio** (fig. 23.10a). La distinzione tra un dotto alveolare e l'atrio è data dalla loro forma, il primo è infatti un condotto allungato, l'atrio invece presenta uguale lunghezza e larghezza. A volte è un giudizio soggettivo considerare uno spazio come un dotto alveolare o come un atrio.

L'aria nella porzione di conduzione del tratto respiratorio non può scambiare i gas con il sangue e per questo motivo il lume di questa parte è chiamato **spazio morto respiratorio**. In uno stato di rilassamento, le fibre nervose parasimpatiche (del nervo vago) stimolano la muscolatura mucosa e mantengono le vie aeree parzialmente ristrette. Questo riduce al minimo lo spazio morto, cosicché una gran parte dell'aria inspirata arriva agli alveoli, dove può ossigenare il sangue. Durante l'esercizio fisico, i nervi del simpatico rilassano la muscolatura liscia e dilatano le vie aeree. Anche se questo aumenta lo spazio morto respi-

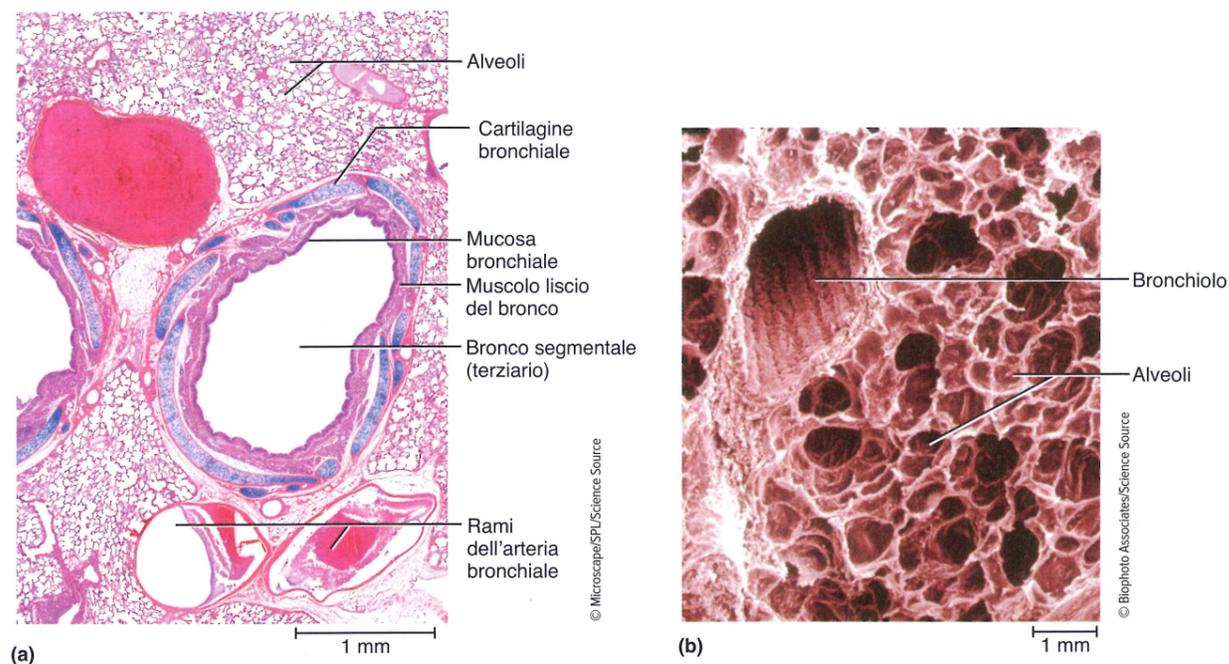


Figura 23.10 Istologia del polmone. (a) Microscopio ottico. (b) Microscopio elettronico a scansione. Notare il tessuto spugnoso del polmone. • Istologicamente, come potete spiegare che il grande passaggio nel centro della parte (a) è un bronco e non un bronchiolo?

mancanza di cartilagine, essi possono cambiare il loro diametro relativo più delle vie aeree più grandi. Il restringimento dei bronchioli è detto **broncocostrizione** e la dilatazione è detta **broncodilatazione**.

Come è stato descritto nel capitolo 20, i polmoni ricevono sangue sia dalle arterie polmonari sia dalle arterie bronchiali. I rami dell'arteria polmonare seguono strettamente l'albero bronchiale nel loro percorso fino ai capillari che circondano gli alveoli (fig. 23.11), dove avvengono gli scambi gassosi. I rami delle arterie bronchiali servono i bronchi, i bronchioli e qualche altro tessuto polmonare (vedi p. 581). I polmoni sono i soli organi che ricevono sia sangue polmonare sia sangue sistemico.

Alveoli

Ogni polmone umano è una massa spugnosa con circa 150 milioni di piccole sacche, gli alveoli, che forniscono circa 70 m² di superficie per gli scambi gassosi. Un **alveolo** è una sacca con un diametro di circa 0,2-0,5 mm (fig. 23.11). Sottili ed ampie cellule chiamate **pneumociti (tipo I)** coprono circa il 95% della superficie alveolare. La loro sottigliezza consente la rapida diffusione dei gas tra gli alveoli e il sangue. Il rimanente 5% della superficie alveolare è coperto da **pneumociti (tipo II)** tondi o cuboidali. Anche se esse coprono una superficie minore, sono in numero maggiore delle cellule alveolari squamose. Per analogia con i prodotti cotti al forno, noi possiamo paragonare le forme e le aree di superficie delle cellule alveolari del tipo I e quelle del tipo II a quelle, rispettivamente, di un pasticcio in crosta sottile arrotolato e di una focaccina. Le grandi cellule alveolari hanno due funzioni: (1) riparano l'epitelio alveolare quando le cellule alveolari squamose sono danneggiate, e (2) secernono il **surfattante polmonare**, una miscela di fosfolipidi e proteine che ricopre gli alveoli e i bronchioli più piccoli e impedisce

loro di collapsare quando si espira. Senza tensioattivi, le pareti degli alveoli in sgonfiamento tenderebbero ad attaccarsi insieme come fogli di carta bagnata, e sarebbe molto difficile dilatare nuovamente gli alveoli nelle inspirazioni successive (vedi Approfondimento 23.4).

Le cellule più numerose nel polmone sono i **macrofagi alveolari (cellule spazzine)**, che vagano tra il lume degli alveoli e il tessuto connettivo. Queste cellule mantengono gli alveoli liberi dai detriti fagocitando le particelle di polvere che sono riuscite a sfuggire all'intrappolamento attuato dal muco nei tratti superiori delle vie respiratorie. Nei polmoni che sono infetti o sanguinanti, i macrofagi fagocitano anche i batteri e le cellule del sangue libere. Ben 100 milioni di macrofagi alveolari periscono ogni giorno e sono portati via dall'apparato mucociliare per essere inghiottiti e digeriti, in modo da liberare i polmoni dal loro carico di detriti.

Ogni alveolo è circondato da molti capillari sanguigni forniti dall'arteria polmonare. La barriera tra l'aria contenuta nei polmoni ed il sangue, chiamata **membrana respiratoria**, è costituita solo da cellule squamose alveolari, cellule squamose endoteliali dei capillari, e dalla loro membrana basale (fig. 23.11b). La membrana respiratoria ha uno spessore totale di soli 0,5 μm, in contrasto con il diametro di 7 μm degli eritrociti che passano attraverso i capillari.

È molto importante evitare l'accumulo di liquido negli alveoli, in quanto i gas diffondono troppo lentamente attraverso il liquido per ossigenare sufficientemente il sangue. Eccezione fatta per un sottile strato di acqua sulla parete alveolare, gli alveoli sono tenuti asciutti dall'assorbimento dei liquidi in eccesso attuato dai capillari sanguigni e dagli abbondanti capillari linfatici dei polmoni. I polmoni hanno un drenaggio linfatico più esteso di qualsiasi altro organo del corpo. Questo evita che siano invasi dal loro liquido sieroso.