

APARATUL RESPIRATOR

Aparatul respirator este constituit din totalitatea organelor care participă la realizarea schimburilor gazoase între aerul atmosferic și mediul intern. Aceste schimburi gazoase, cunoscute în literatura medicală sub numele de **hematoză**, asigură trecerea oxigenului atmosferic în mediul intern, fiind necesar procesului de respirație celulară și eliminarea dioxidului de carbon, rezultat din metabolismul celular, din mediul intern în aerul atmosferic.

Dezvoltarea aparatului respirator. Aparatul respirator se dezvoltă din **endoderm**. Primordiul aparatului respirator apare în săptămâna a III-a de viață intrauterină sub forma unui diverticul pe fața anterioară a intestinului primitiv cefalic. Diverticulul crește rapid, se bifurcă și dă naștere unor structuri tubulare epiteliale care vor edifica bronhiile principale. Acestea la rândul lor evoluează, se ramifică și vor genera epiteliul arborelui bronșic și alveolar. Restul elementelor structurale ale aparatului respirator se vor diferenția din **mezenchimul splahnic** situat anterior de esofagul primitiv.

Separarea mugurelui respirator de intestinul primitiv se produce în sens caudo-cranial: se separă inițial primordiile bronho-pulmonare și apoi traheea și laringele.

În decursul ontogenezei sale, aparatul respirator trece prin trei faze:

- **faza pseudoglandulară**, cuprinsă între săptămâna a V-a și luna a IV-a în care se diferențiază arborele traheo-bronșic până la nivelul bronhiolelor terminale;
- **faza canaliculară**, cuprinsă între luna a IV-a și luna a VI-a când se diferențiază bronhiolele respiratorii și canalele alveolare;
- **faza alveolară**, cuprinsă între luna a VI-a fetală și vârsta de 7-8 ani când se diferențiază și maturizează alveolele pulmonare.

STRUCTURA HISTOLOGICĂ A APARATULUI RESPIRATOR

Aparatul respirator este alcătuit din:

- **căile aeriene**
- **parenchimul pulmonar.**

Căile aeriene au o structură tubulară. Ele asigură *transportul aerului atmosferic* spre sacii alveolari și invers, *filtrează, încălzesc și umidificază aerul*, rețin și inactivează unele microorganisme prezente în aerul inspirat.

Căile aeriene **se clasifică** în:

- **căi aeriene extrapulmonare** (fosele nazale, rinofaringele, laringele, traheea, bronhiile primitive);
- **căi aeriene intrapulmonare** (bronhiile lobare, segmentare, bronhiiolele intralobulare, terminale, respiratorii, canalele alveolare).

O altă clasificare a căilor aeriene, frecvent utilizată în practica medicală,

- căi aeriene superioare (fosele nazale, rinofaringele, laringele);
- căi aeriene profunde (traheea, bronhiile și bronhiiolele).

I. Căile aeriene superioare.

1. Fosele nazale situate la nivelul piramidei nazale sunt prima porțiune a aparatului respirator. Ele sunt formate din **vestibulul nazal**, situat în partea anterioară a piramidei nazale și **fosele nazale** propriu-zise, situate posterior. Fosele nazale se continuă posterior cu **rinofaringele**, iar lateral și superior comunică cu o serie de cavități aerice numite **sinusuri** sau **cavități paranazale** (frontale, maxilare, etmoidale, sfenoidale). Pe tavanul foselor nazale se găsește localizată **mucoasa olfactivă**, segmentul periferic al analizatorului olfactiv.

Vestibulul nazal are o formă de trunchi de piramidă fiind delimitat de aripioarele nazale (lateral), osul maxilar (inferior) și septul nazal (median). El are un schelet osos și cartilaginos, tapetat de o mucoasă particulară care face trecerea de la pielea feței, la mucoasa de tip respirator a foselor nazale propriu-zise.

Mucoasa vestibulară este o continuare a structurii histologice a pielii, fiind constituită dintr-un epiteliu pavimentos stratificat fără keratinizare, așezat pe un corion papilar bogat în țesut conjunctiv și vase sanguine. În corion se găsesc numeroase glande seromucoase și chiar glande sebacee, fire de păr numite **vibrize**, infiltrații limfoide și chiar foliculi limfatici mici.

Fosele nazale propriu-zise prezintă pe peretele lateral trei prelungiri osoase încurbate de țesut osos spongios, constituind **cornetele nazale** (superior, mijlociu și inferior). Spațiile delimitate de cornetele nazale formează, împreună cu peretele lateral, **meaturile nazale**. Cornetele nazale imprimă coloanei de aer inspirate un regim aerodinamic turbulent ceea ce permite reținerea impurităților de dimensiuni mai mari (peste 7-10 μm) la nivelul foselor nazale. Structura osoasă a foselor nazale este tapetată de o **mucoasă** alcătuită dintr-un epiteliu și un corion. Ea se continuă cu mucoasa sinusurilor paranasale.

Epiteliul este de tip respirator, cilindric, pseudostratificat, ciliat și cu celule caliciforme. El este acoperit totdeauna de o peliculă de mucus produs de glandele seromucoase și de celulele caliciforme. În infecții ale căilor respiratorii superioare secreția de mucus este abundentă, datorită faptului că numărul celulelor caliciforme crește realizând adevărate insule glandulare pluricelulare intraepiteliale.

Corionul mucoasei nazale este un corion de apărare, aderent la periostul subiacent, bogat în celule de tip limfoplasmocitar și macrofagic. În corion se găsesc numeroase glande seromucoase, tubuloacinoase, ramificate care au rolul de a umidifia suprafața mucoasei nazale și respectiv, aerul inspirat.

Corionul mucoasei nazale dispune de un dispozitiv vascular particular, care asigură creșterea temperaturii aerului inspirat. Numeroase artere se anastomozează în partea profundă a corionului și formează un plex arterial din care pornesc ramificații ascendente spre epiteliul de acoperire sub care realizează o bogată rețea de capilare cu peretele continuu, de calibru mărit. Venele realizează două plexuri, unul superficial și altul profund. Între artere și vene există numeroase anastomoze, realizându-se la acest nivel un dispozitiv vascular comparabil cu cel din țesutul erectil al organelor genitale.

Trecând prin fosele nazale, aerul atmosferic **este purificat** cu ajutorul vibrizelor care rețin impuritățile de mari dimensiuni, a mucusului de la suprafața epiteliului de acoperire și a cililor epiteliali care bat continuu vehiculând mucusul de la suprafață spre faringe de unde este expectorat sau înghițit. De asemenea, aerul atmosferic **este încălzit** de sistemul vascular foarte dezvoltat al foselor nazale care acționează ca un "radiator" și **umidifiat**, astfel încât să se poată realiza procesul de hematoză.

Sinusurile feței sunt cavități situate în grosimea oaselor frontal, maxilar, etmoid și sfenoid. Ele comunică cu fosele nazale prin intermediul unor orificii înguste, nivel la care mucoasa nazală se continuă cu mucoasa sinusurilor. Infecțiile de la nivelul foselor nazale se pot propaga la nivelul mucoasei sinusale realizând sinuzite.

Mucoasa olfactivă se află pe peretele postero-superior al cavității nazale. Ea se întinde pe fața inferioară a lamei ciuruite a etmoidului, partea superioară a septului nazal și o parte din suprafața cornetului superior, totalizând o suprafață de circa 2,5-5 cm². Ea se distinge de mucoasa respiratorie a foselor nazale prin colorația galben palid.

Mucoasa olfactivă conține protoneuronii analizatorului olfactiv. Structura și funcțiile ei vor fi studiate la capitolul "analizatori".

2. Rinofaringele sau nazofaringele, situat în partea posterioară a coanelor nazale, reprezintă partea superioară a faringelui. El comunică larg cu orofaringele.

Rinofaringele este tapetat în cea mai mare parte a sa de o mucoasă de tip respirator care continuă mucoasa nazală. Din loc în loc se pot identifica insule de epiteliu pavimentos stratificat fără keratinizare. Pe peretele posterior mucoasa respiratorie este înlocuită cu o mucoasă de tip bucal.

La copii, pe linia mediană se găsește o amigdală impară, amigdala faringiană, a cărei hipertrofie determină apariția vegetațiilor adenoide sau polipilor faringieni.

Laringele este un organ tubular complex, cu aspect de trunchi de piramidă triunghiulară cu baza mare cranial și baza mică caudal, care leagă faringele de trahee. El prezintă în structura peretelui său trei tunici concentrice: mijlocie; - mucoasa sau tunica internă; tunica fibrocartilaginoasă sau tunica adventicea sau tunica externă.

Mucoasa laringelui este formată din epiteliu și corion, despărțite de o membrană bazală. În partea superioară a laringelui epiteliul este de tip pavimentos stratificat fără keratinizare, continuare a epiteliului faringian. Același tip de epiteliu se continuă și la nivelul feței linguale a epiglotei, corzilor vocale inferioare și feței interne a cartilajelor aritenoidale. În restul laringelui epiteliul este de tip respirator și se continuă inferior cu epiteliul traheei. Corionul mucoasei laringiene este bogat în țesut conjunctiv lax și vase de sânge și poate deveni sediul edemului glotic în cazul unor afecțiuni alergice sau infecțioase.

Mucoasa prezintă două perechi de repliuri care proemină în lumenul laringelui formând **corzile vocale**, separate între ele de ventriculul Morgagni: corzile vocale superioare (corzile false) și corzile vocale inferioare (corzile adevărate).

Tunica fibrocartilaginoasă constituie "scheletul laringelui". Ea este formată din mai multe piese cartilaginoase mari de tip hialin (tiroid, cricoid) și cartilaje mai mici de tip elastic (cartilajele epiglotice, aritenoidale, cuneiformele, corniculatelor), articulate între ele și legate prin ligamente și mușchii intrinseci ai laringelui. Acest schelet cartilaginos are rolul de a menține permanent glota deschisă. La partea superioară a laringelui, anexat feței sale anterioare proemină epiglota. Ea are formă de rachetă de tenis sau frunză, ancorându-se cu "pețiolul" în unghiul cartilajului tiroid.

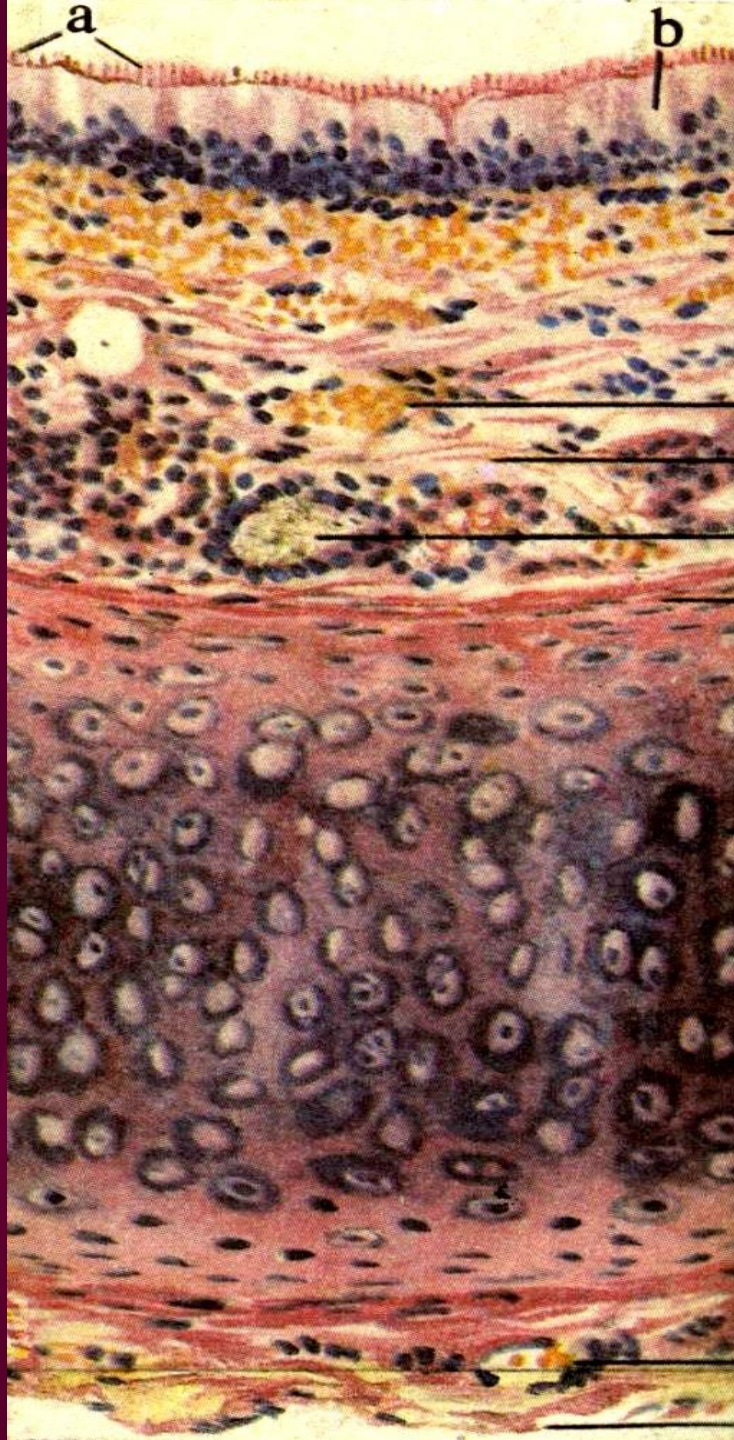
Laringele este nu numai o cale respiratorie ci și principalul organ fonator.

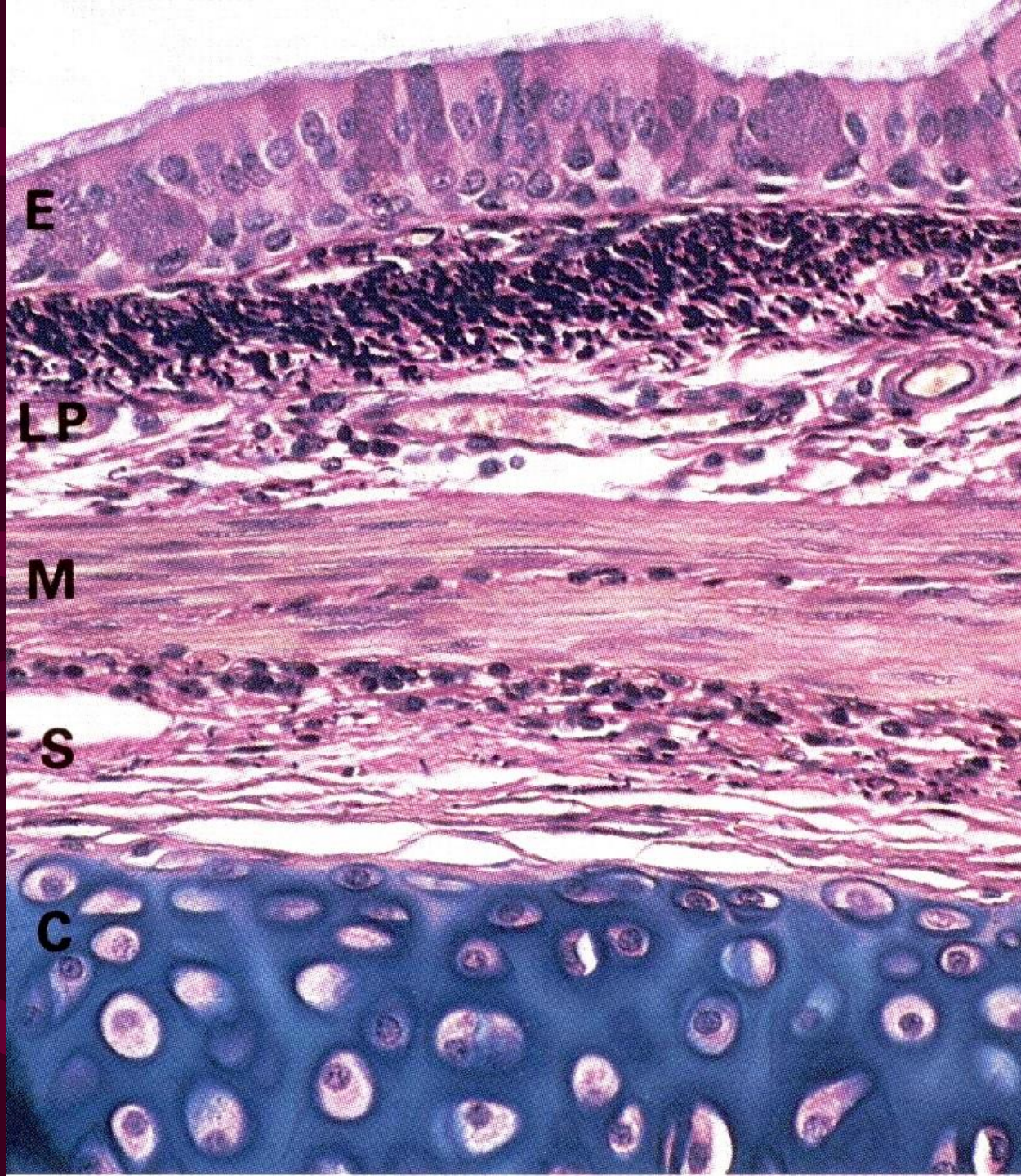
Traheea este un conduct aerian cu diametrul de circa 1,8-2,5 cm și lungimea de 10-12 cm. Ea continuă laringele, întinzându-se până la nivelul 1/3 medii a mediastinului unde se bifurcă și generează două bronhii primare. Locul de bifurcație al traheei poartă numele de carenă.

Traheea are o formă de cilindru, cu peretele posterior turtit. Acest aspect este realizat de prezența în peretele său a 16-20 de inele cartilaginoase, incomplete posterior, care formează o armătură parietală cu rolul de a menține lumenul organului deschis atât în inspirație cât și în expirație.

Peretele traheal este format din trei structuri concentrice numite tunici:

- tunica internă, mucoasa;
- tunica medie, fibro-musculo-cartilaginoasa;
- tunica externă, adventicea.





Mucoasa traheei este subțire, puțin ondulată, permițând traheei să-și modifice lumenul între anumite limite în cele două faze ale ciclului respirator sau la trecerea bolului alimentar prin esofag. Ea este formată din epiteliu și corion.

Epiteliul traheal este un **epiteliu pseudostratificat cilindric, ciliat și cu celule caliciforme**. Aspectul histologic pseudostratificat rezultă din faptul că în grosimea sa există celule cu înălțimi diferite. Unele celule (celulele ciliate) au aspect **cilindric**, ocupă toată grosimea epiteliului și prezintă la polul apical cili mobili. Alte celule, numite **celule intermediare**, nu ajung cu polul apical în lumenul organului, iar a treia categorie de celule, numite **celule bazale** au un aspect rotund, ovalar sau poliedric, sunt situate în partea profundă a epiteliului, pe membrana bazală. Printre aceste celule se găsesc celule mucoase, numite **celule caliciforme**. Deși aspectul de ansamblu al epiteliului este cilindric, datorită înălțimii diferite a celulelor din structura sa, și faptului că și nucleii sunt dispusi la înălțimi diferite față de membrana bazală, epiteliul capătă aspect pseudostratificat. Trebuie arătat că, datorită aglomerării celulare în zona bazală, fiecare celulă este atașată de membrana bazală prin fine prelungiri membrano-citoplasmatiche care, uneori, iau aspectul de pseudopode.

La unele persoane, datorită unor iritații cronice (tabagism, noxe profesionale) apar mici zone în epiteliu în care celulele își pierd aspectul morfologic de celule cilindrice devenind celule poliedrice. Se formează astfel o zonă de **metaplazie epidermoidă**, în care epiteliul cilindric pseudostratificat ciliat este înlocuit de un epiteliu pavimentos stratificat fără keratinizare (epiteliu de tip scuamos), asemănător epiteliului bucal sau esofagian.

Populația celulară majoritară a epiteliului traheal este formată din celule cilindrice și celule caliciforme. Printre acestea s-au mai identificat și alte tipuri de celule.

Celulele cilindrice ciliate formează populația celulară majoritară. Sunt celule prismatice, având înălțimea de aproximativ 20 μm , iar diametrul circa 7 μm . Suprafața laterală formează interdigitații și complexe joncționale, în special desmozomi, cu celulele bazale și intermediare.

Funcția principală a acestor celule este asigurarea mișcării ritmice a cililor și deplasarea stratului de mucus spre orofaringe. Această deplasare continuă asigură eliminarea particulelor aerogene reținute de stratul de mucus, a celulelor sau resturilor celulare din căile profunde spre căile respiratorii superioare. Reînnoirea celulelor cilindrice ciliate este relativ constantă, la 5-7 zile.

Celulele caliciforme, numite astfel după aspectul polului apical în formă de caliciu de floare, reprezintă 1/5 din numărul celulelor epiteliale sau circa 6 800 celule mucipare/mm² de epiteliu. În cazul unor iritații cronice sau infecții pulmonare numărul acestora crește, raportul devenind 1/3. O creștere rapidă a proporției de celule caliciforme se observă la 30 de minute după administrarea de pilocarpină, când mai mult de jumătate din celulele epiteliului bronșic devin celule mucipare. Viteza de reînnoire a acestor celule este mult mai mare decât a celulelor ciliate, fiind în jur de 36-48 de ore.

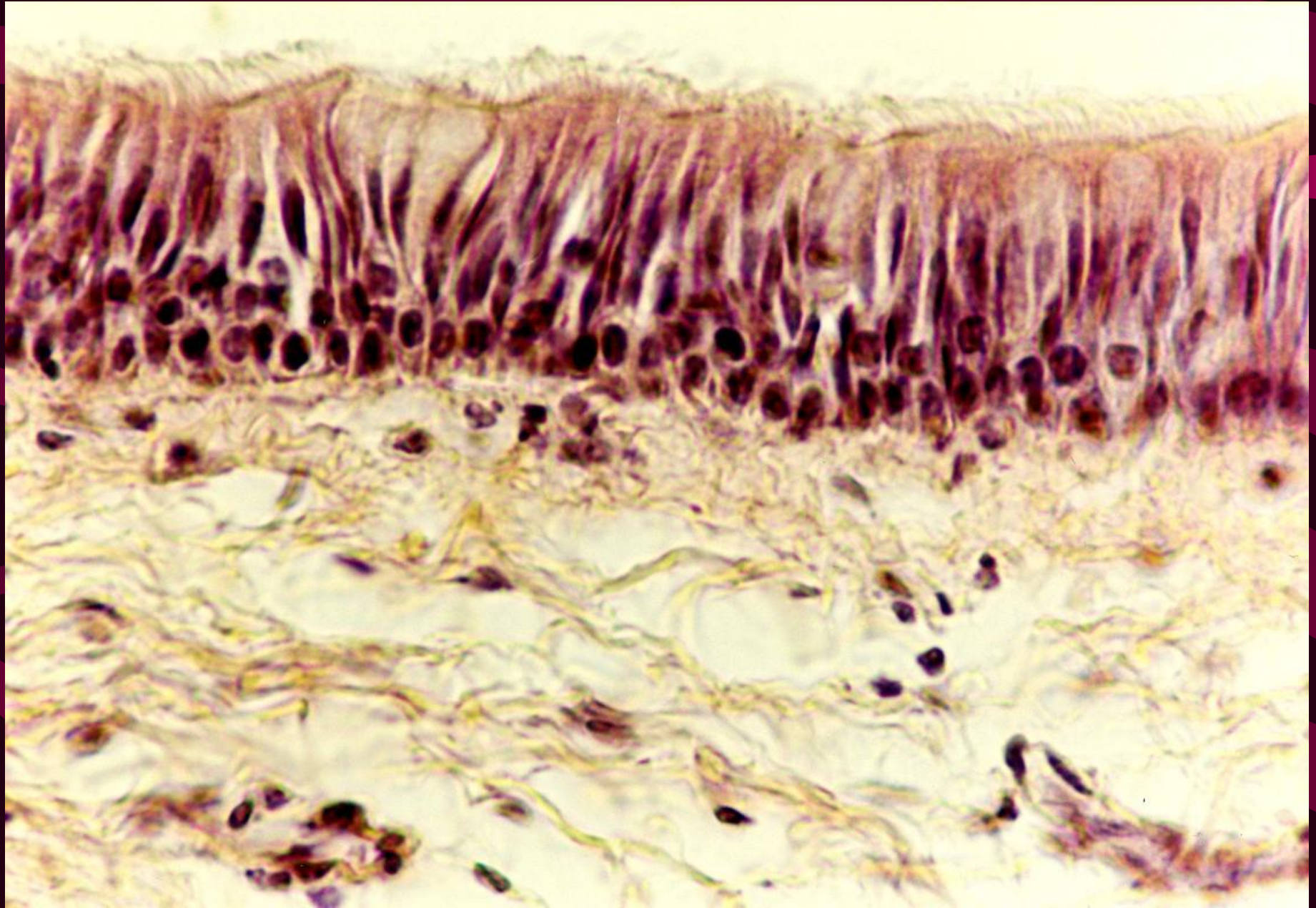
Celulele seroase (neciliate secretorii), considerate până nu de mult celule mucipare, au fost identificate electronomicroscopic ca ***elemente specifice epiteliilor traheobronșice***, prin prezența unui reticul endoplasmic foarte dezvoltat. Ele au fost identificate atât în epiteliul de suprafață cât și în glandele sero-mucoase ale bronhiilor.

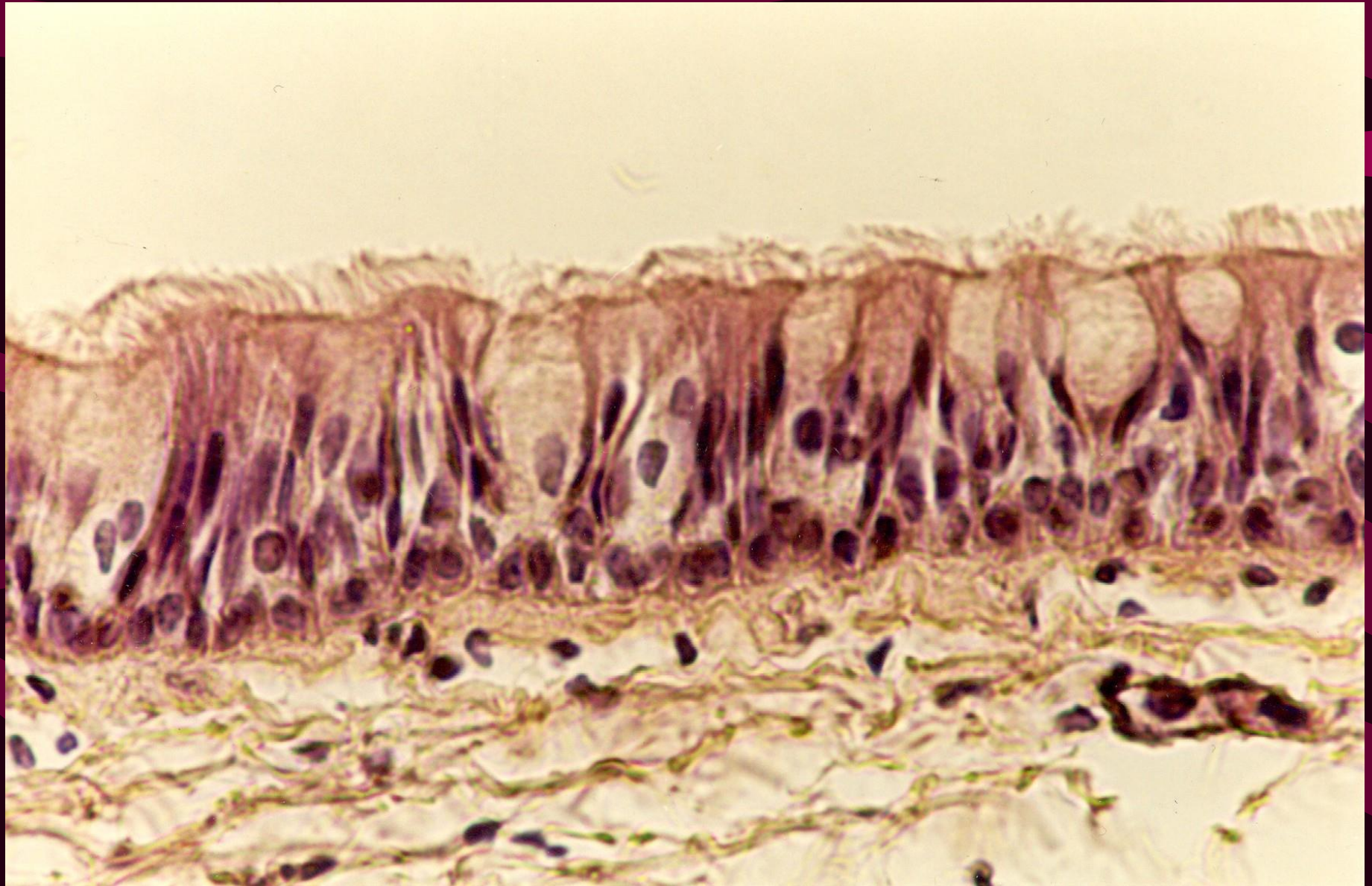
Funcția acestor celule este încă insuficient cunoscută. Datorită faptului că prezintă în citoplasmă granule mici PAS-pozitive, se consideră că ele ar contribui la sinteza glicoproteinelor prezente în lichidul periciliar.

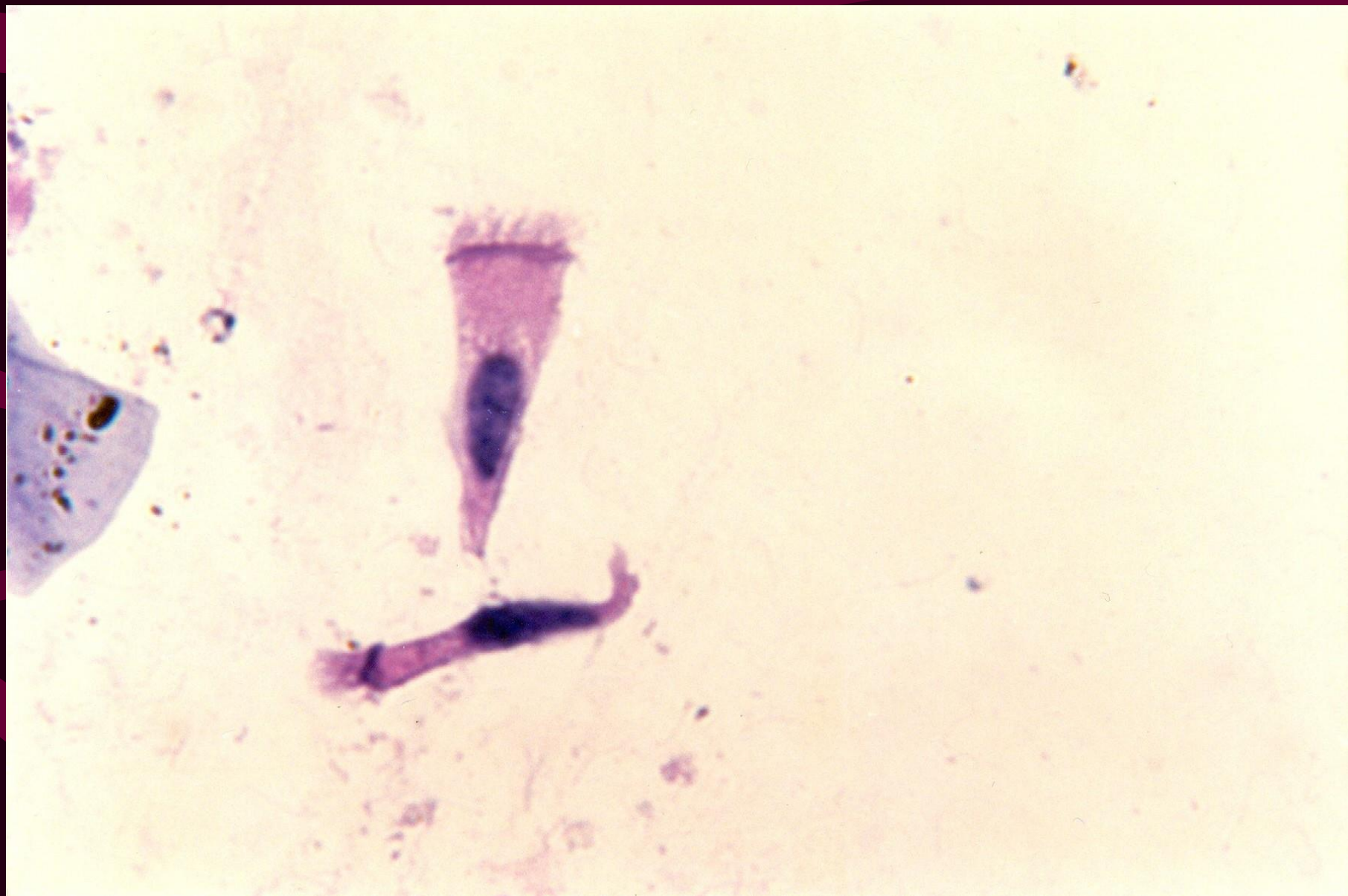
Celulele viloase sunt celule cilindrice înalte, cu polul bazal sprijinit pe membrana bazală, iar cu polul apical proeminent la suprafața epiteliului traheo-bronșic. La polul apical prezintă un mănunchi de **microvili** înalți, uniformi distribuiți și mai denși decât la celulele ciliate. Funcția acestor celule nu este încă bine precizată, dar prezenta microvililor sugerează intervenția celulelor viloase în procesul de absorbție al unor constituenți din lichidul de la suprafața epiteliului traheo-bronșic.

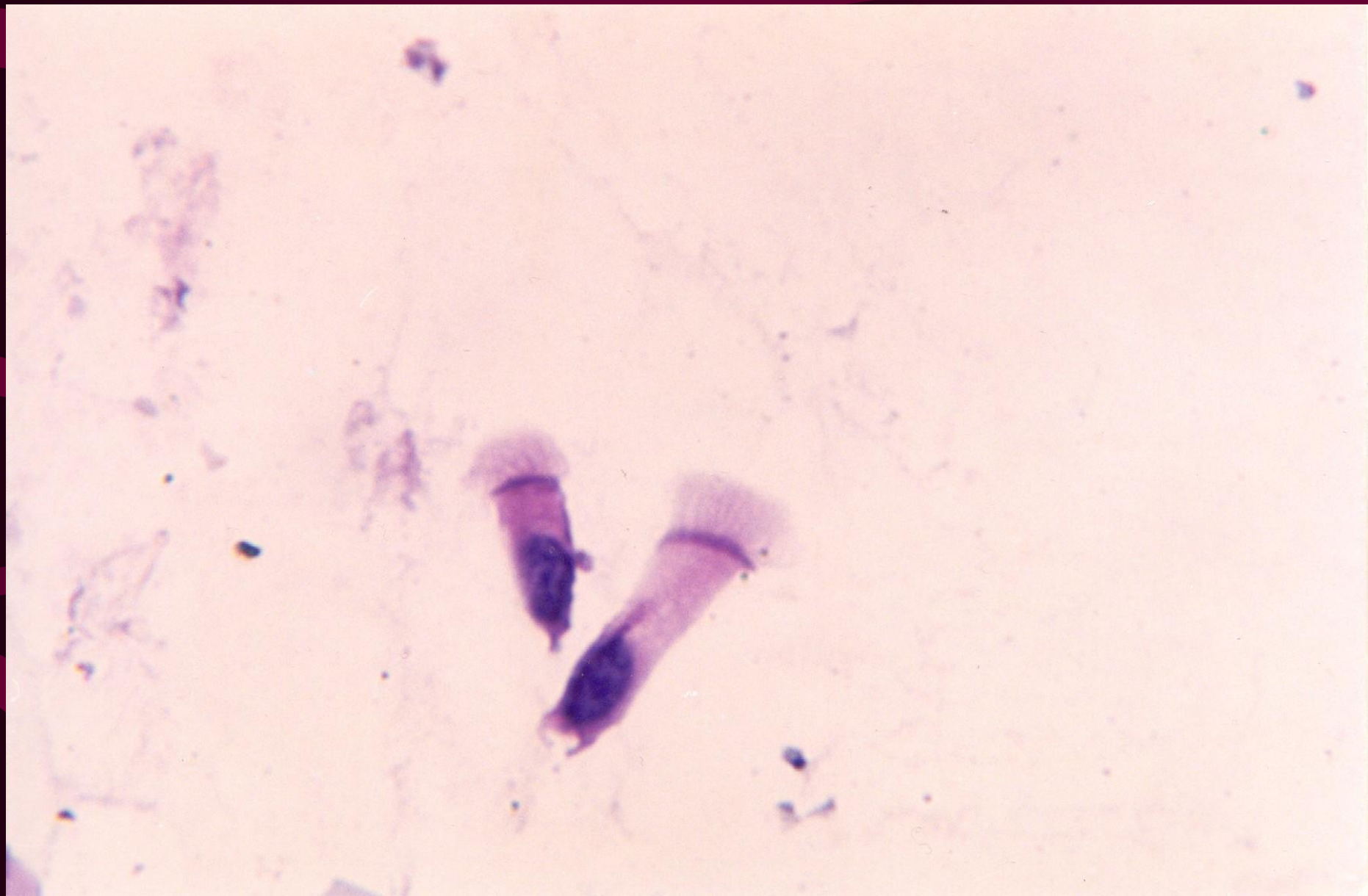
Celulele bazale sunt celule de înălțime mai redusă, formă neregulată (poliedrice, rotunde, ovalare) răspândite pe membrana bazală a epiteliului traheei, bronhiilor și bronhiolelor. Mitozele acestor celule asigură menținerea numărului constant de celule bazale și asigură dezvoltarea celulelor intermediare. Ele constituie o populație celulară mai puțin diferențiată, capabilă de a se divide și a genera toate categoriile de celule prezente în grosimea epiteliului bronșic.

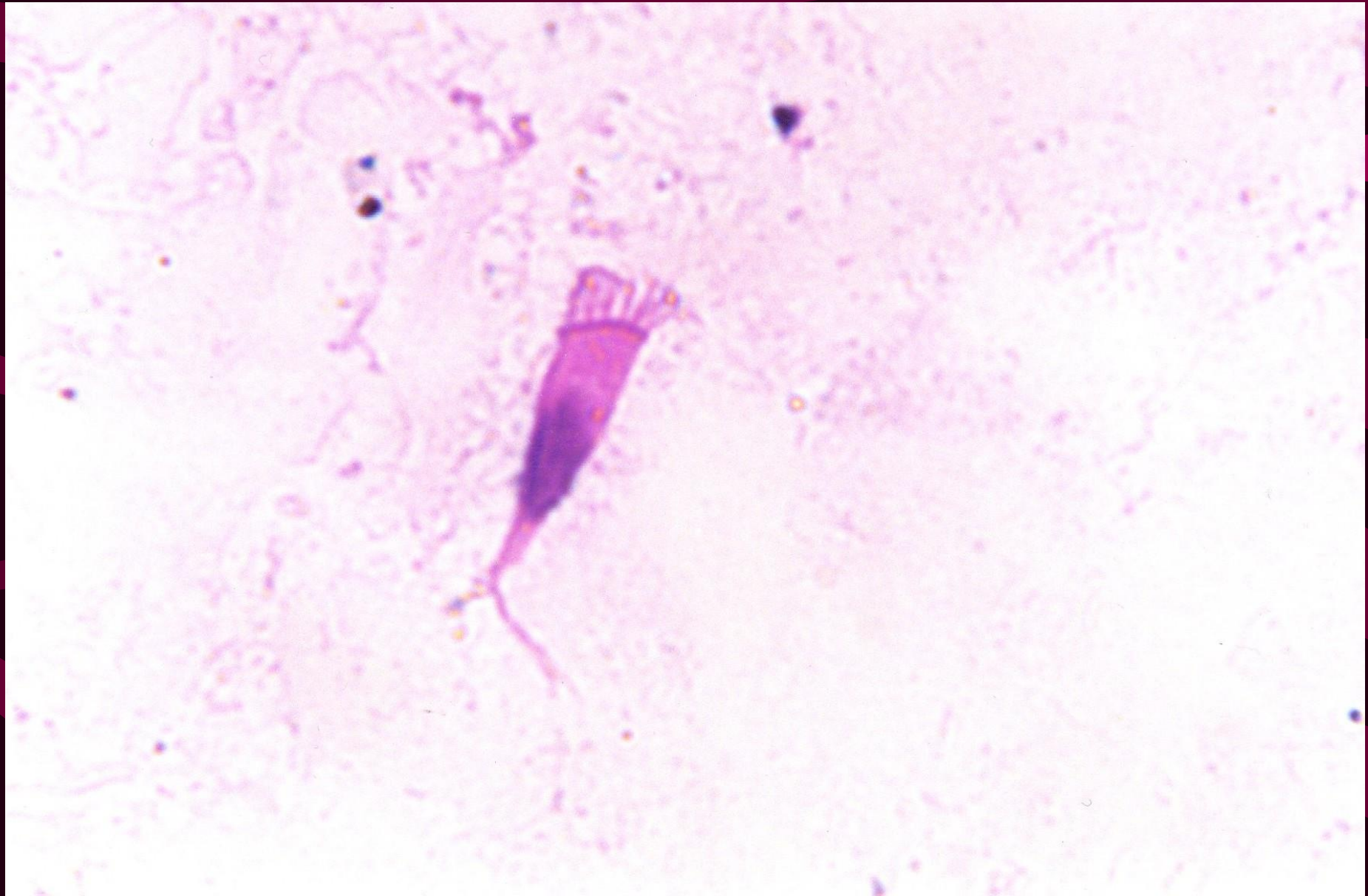
Celulele intermediare au o înălțime variabilă și formează un strat de celule mai greu de definit morfologic deoarece nu prezintă particularități evidente la microscopul optic. Teoretic ele sunt mai înalte decât celulele bazale și nu ajung cu polul apical la suprafața epiteliului. Ele reprezintă o populație celulară încă nediferențiată, asemănătoare morfologic cu celulele bazale. Cele mai înalte celule dintre acestea prezintă, la microscopul electronic, semne de diferențiere fie în celule ciliate, fie în celule caliciforme.











II. PLĂMÂNII

Plămânii, principalele organe ale hematozei, sunt situați în cavitatea toracică, fiind separați între ei prin mediastin și delimitați la exterior de pleură. Greutatea medie a celor doi plămâni de adult este de circa 1060 grame la bărbat și de circa 940 grame la femeie. Ea variază în funcție de greutatea corporală, de înălțimea individului, de dezvoltarea cutiei toracice, vârstă, etc.

Diametrele plămânilor sunt de asemenea variabile în funcție de starea de expirație sau inspirație, vârstă, sex, dezvoltarea cutiei toracice. Într-un inspir normal diametrul cranio-caudal al plămânului este de circa 25 cm, diametrul sagital la nivelul bazei de 15 cm, iar diametrul transversal al bazei de 10 cm.

Cantitatea maximă de aer pe care o conțin cei doi plămâni variază de la 4500 la 5000 de ml.

Consistența pulmonului este moale, spongioasă și foarte elastică. Pe măsură ce organismul înaintează în vârstă elasticitatea acestuia scade.

Plămânul drept este de regulă împărțit în **trei lobi** (superior, mijlociu și inferior) separați între ei prin scizuri, în timp ce plămânul stâng este divizat doar în **doi lobi** (superior și inferior).

Fiecare lob pulmonar este divizat într-un număr de **segmente** care variază ca număr de la un lob la altul. Astfel, lobul superior drept conține trei segmente, cel mijlociu doar două, în timp ce lobul inferior conține cinci segmente. Lobul superior stâng este format din trei segmente, lobul lingula este format doar din două segmente reduse ca volum, în timp ce lobul inferior stâng conține patru segmente.

Fiecare segment conține un număr variabil de **lobuli pulmonari**, separați între ei prin septuri conjunctive fine.

Fiecare unitate anatomică descrisă mai sus prezintă o cale aeriană proprie, astfel că numărul lobilor, segmentelor, lobulilor sau acinilor pulmonari este identic cu cel al căilor aeriene.

Din punct de vedere morfologic și funcțional plămânul este împărțit în trei zone:

- **zona hilară**, lipsită de parenchim pulmonar, formată în întregime din bronhiile lobare, vasele mari de sânge, noduli limfatici, nervi și țesut conjunctiv;
- **zona medulară** sau intermediară, situată în afara zonei hilare, cuprinde zona de plămân situată între bronhiile de ordinul 2-4; este formată în cea mai mare parte din bronhii, vase de sânge divergente și convergente, vase limfatice, țesut conjunctiv în cantitate mai redusă și lobuli pulmonari alimentați de bronhiole care se desprind direct din căile aeriene mari ale acestei zone.
- **zona corticală** sau externă, formată din ramificațiile periferice ale arborelui bronșic care continuă elementele structurale ale lobulilor pulmonari.

Lobulii pulmonari sunt considerați **unitățile funcționale ale pulmonului**, au o formă piramidală și măsoară între 2 și 7 cm.

Căile aeriene intrapulmonare încep cu bronhiile lobare și se continuă cu cele segmentare, lobulare, terminale și respiratorii. Începând de la hilul plămânului și până la bronhiola respiratorie, căile aeriene intrapulmonare se dicotomizează realizând circa **20-23 de generații** de căi respiratorii. Ramificațiile arborelui bronșic se fac sub diverse unghiuri, ceea ce are ca rezultat o curgere turbulentă a aerului inspirat. Această schimbare de direcție a aerului în căile aeriene intrapulmonare face ca unele particule materiale inerte sau bacterii să se lovească de pereții acestor căi și să fie reținute înainte de a ajunge la alveole.

Căile aeriene intrapulmonare se clasifică, după calibrul și structura lor morfologică în bronhii și bronhiole.

Bronhiile sunt căi aeriene cu diametrul mai mare de 1 mm. Ele au în structura peretelui lor **pieșe cartilaginease** de cartilaj hialin care previn colabarea în timpul actului respirator.

Bronhiiolele sunt căi aeriene cu diametrul sub 1 mm lipsite de cartilaj în structura peretelui lor.

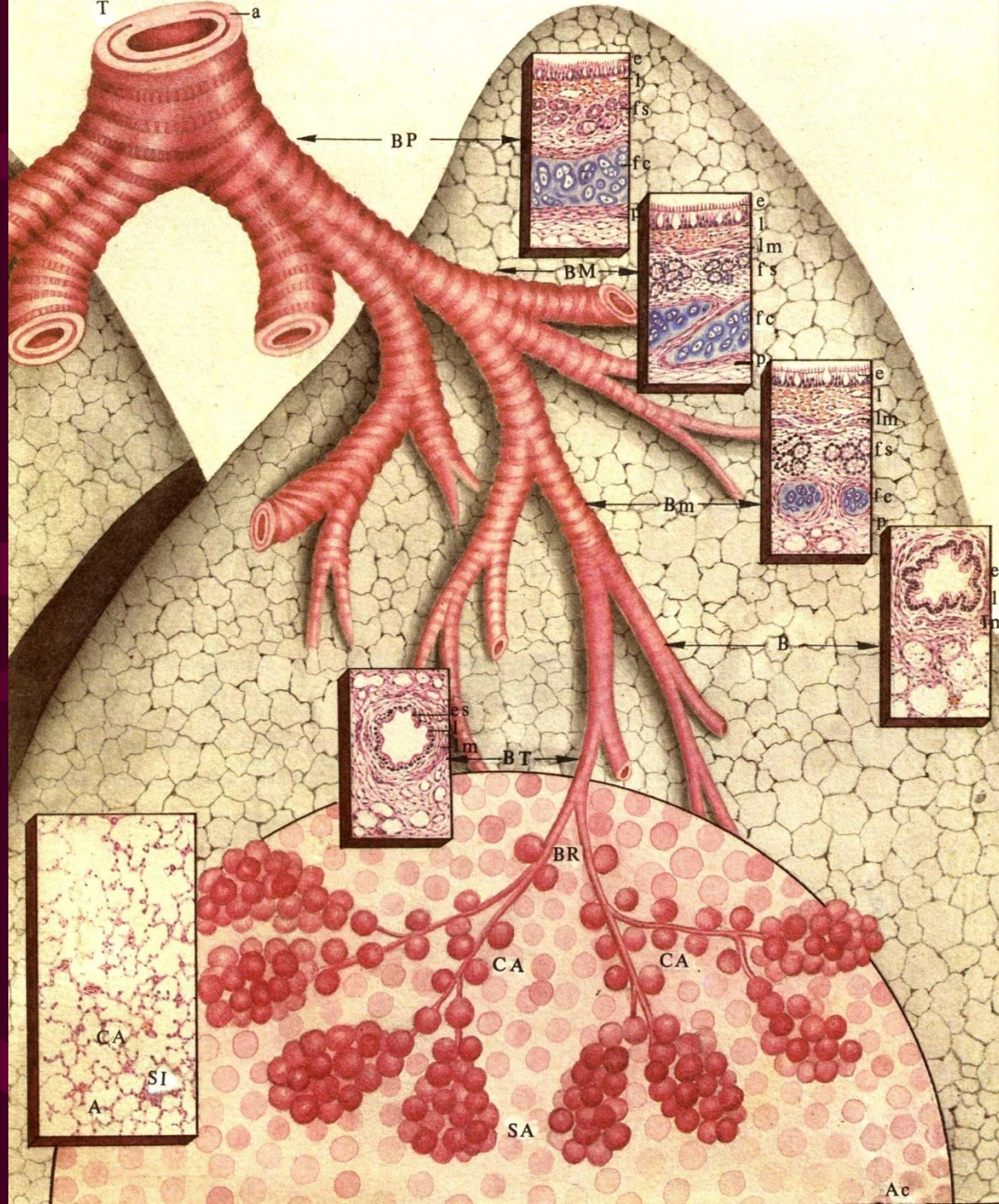
CĂILE RESPIRATORII INTRAPULMONARE

Căile aeriene intrapulmonare prezintă, din punct de vedere morfologic, multiple caractere comune, dar și particularități care le deosebesc de la o unitate structurală la alta.

Astfel, din punct de vedere morfologic, în structura căilor aeriene intrapulmonare se disting trei tunici concentrice:

- tunica mucoasă sau tunica internă;
- tunica mio-fibro-cartilaginoasă sau tunica medie;
- adventicea sau tunica externă.

Există autori care consideră că peretele căilor aeriene este structurat din patru tunici, între tunica mucoasă și tunica mio-fibro-cartilaginoasă existând o **tunică submucoasă**. Deoarece nu există nici o structură histologică care să delimiteze țesutul conjunctiv din corion de cel din partea profundă a tunici mucoase, considerăm că cea mai bună delimitare a acestor structuri histologice este cea redată mai sus.



I. Bronhiile lobare rezultă din ramificarea bronhiilor primitive. Ele sunt în număr de trei pentru pulmonul drept două pentru pulmonul stâng. Structural ele prezintă câteva particularități față de alte căi ale arborelui traheobronșic.

A. Tunica mucoasă este alcătuită din epiteliu și corion.

Epiteliul mucoasei bronșice este asemănător cu cel de la nivelul căilor aeriene superioare, fiind un epiteliu de tip cilindric pseudostratificat, ciliat și cu celule caliciforme. Printre aceste celule, care formează populația celulară majoritară s-au identificat și alte tipuri de celule: **celule bazale, celule intermediare, celule cilindrice ciliate, celulele Kultschitzky, celule seroase, celulele Clara.**

Celulele Clara sunt rare la nivelul bronhiilor și mai numeroase la nivelul bronhiolelor. Sunt celule înalte, cilindrice, cu polul apical ușor dilatat. În citoplasmă s-au identificat numeroase **granule secretorii** și organite implicate în sinteza de glicoproteine și fosfolipide.

Celulele Kultschitzky (celulele K). Ultimul tip de celule identificate în epiteliul bronșic și în glandele bronșice sunt **celulele cromafine**. Ele aparțin sistemului endocrin difuz, fiind similare ca structură cu alte celule prezente în tubul digestiv. Aceste celule sunt izolate, sau se găsesc sub formă de insule celulare, în contact cu membrana bazală. Se mai numesc și celule dendritice datorită multiplelor prelungiri pe care le prezintă.

Celulele K sunt celule de tip secretor deoarece au în citoplasmă **granule de secreție de tip endocrin**, dense la fluxul de electroni, limitate de o membrană proprie. Diametrul granulelor variază de la 100 la 300 nanometri. Echivalente ale celulelor enterocromafine din tubul digestiv, ele aparțin unui grup de celule care formează "sistemul APUD". În patologie celulele cromafine dau naștere unor tumori particulare denumite **carcinoide bronșice** și se pare că intervin și în dezvoltarea carcinoamelor bronho-pulmonare microcelulare.

Corionul mucoasei bronșice este un corion de apărare fiind format din țesut conjunctiv lax bogat în celule aparținând sistemului imun, fibre conjunctive (în special fibre elastice) și substanță fundamentală abundentă.

Celulele din corionul mucoasei bronșice sunt reprezentate de fibroblaste, limfocite, plasmocite, macrofage, mastocite, fibre musculare netede, adipocite. Proporția acestor celule este variabilă de la un segment la altul al arborelui bronșic și de la o stare la alta. Prezența unor antigene la suprafața epiteliului bronșic sau a unor gaze nocive atrage o creștere rapidă a celularității mucoasei bronșice. Dintre aceste celule o importanță deosebită o au celulele aparținând sistemului imunitar: limfocitele, plasmocitele, macrofagele și mastocitele.

Limfocitele reprezintă celulele esențiale ale imunității fiind capabile, la pătrunderea unui antigen, să se diferențieze și să genereze un răspuns imun specific. Ele intervin în activrea altor celule ale sistemului imun (macrofage, plasmocite) și au capacitatea de a se transforma în "celule cu memorie".

Macrofagele sau **histiocitele** sunt celule prezente în toate țesuturile conjunctive, găsindu-se din abundență în corionul mucoasei respiratorii.

Plasmocitele sunt celule conjunctive care ia naștere prin diferențierea locală a limfocitelor B. La nivelul aparatului respirator plasmocitele sintetizează și secretă în special **imunoglobuline A (Ig A)** care, în drumul lor spre suprafața epitelului de acoperire, primesc o componentă secretată de celulele epiteliale numită "piesă secretorie". În mucusul de la suprafața epitelului respirator cantitatea de Ig A secretorii este de circa 5-10 ori mai mare decât în sânge. Aceste imunoglobuline intervin în apărarea locală prin efect bactericid sau bacteriostatic.

Mastocitele reprezintă elementele celulare cu o reactivitate specială. Localizarea mastocitelor în structurile respiratorii este variată. Ele sunt mai abundente în straturile profunde ale mucoasei, perivascular, sau imediat sub membrana bazală a epitelului. Numărul mastocitelor crește în inflamațiile cronice. Prin degranularea mastocitelor în cursul unor procese imune sau alergice se pot declanșa procese de **bronhoconstricție**, **vasodilatație capilară** și **edem**, în mucoasa bronșică.

Corionul arborelui traheo-bronșic este un corion glandular, în structura sa fiind găsite glande tubulo-acinoase, sero-mucoase.

Glandele bronșice sunt asemănătoare glandelor salivare mixte mici, având un diametru sub 1 mm. Ele sunt neuniform răspândite în corionul bronșic atingând maximum de dezvoltare în bronhiile din generația a V-a, unde se găsește cel puțin o glandă/mm² de mucoasă bronșică, după care numărul lor scade progresiv pe măsură ce se divide arborele bronșic iar calibrul căilor respiratorii scade.

Glandele bronșice sunt glande compuse, **sero-mucoase**, formate din lobuli tubulo-acinoși înconjurați de țesut conjunctiv lax. Atât la nivelul adenomerilor glandulari cât și la nivelul ductului glandular s-au identificat **celule mioepiteliale**, dispuse între celulele acinoase sau ductale și membrana bazală a glandei. Aceste celule sunt în contact cu terminațiile nervoase libere vegetative și intervin în evacuarea conținutului glandular.

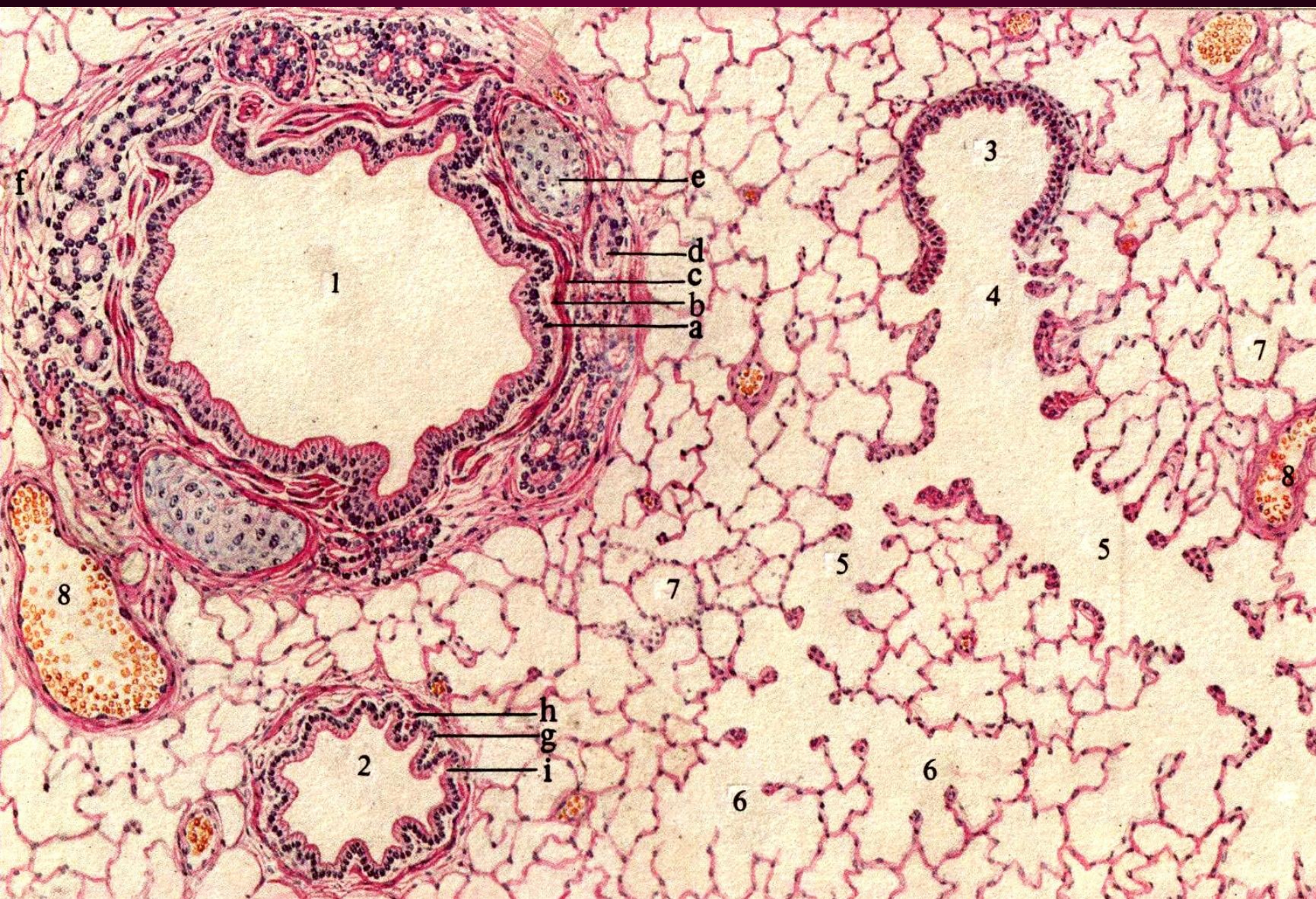
B. Tunica musculo-fibro-cartilaginoasă este formată din mai multe piese cartilaginoase de cartilaj hialin, izolate, dispuse în peretele bronșiei. Ele au forme și mărimi diferite și sunt învelite la suprafață de pericondru. Printre piesele cartilaginoase, mai ales în partea superficială a corionului se găsesc fibre musculare netede care tind să se dispună într-un strat continuu.

C. Adventicea este stratul conjunctivo-adipos care leagă bronhia de celelalte elemente structurale anatomice ale plămânului. Ea conține țesut conjunctiv lax bogat în vase de sânge, vase limfatice și terminații nervoase libere.

Bronhiile lobare prin diviziunea lor dau naștere **bronhiilor segmentare**. La nivelul plămânului drept se formează 10 bronhii segmentare, iar la nivelul plămânului stâng numai 8 bronhii segmentare.

Structura lor histologică este asemănătoare cu cea a bronhiilor lobare numai că piesele cartilaginoase devin din ce în ce mai mici și mai neregulate, în timp ce stratul celulelor musculare devine mai evident, situat între corion și piesele cartilaginoase.

În corion pot apărea infiltrații limfoide sau chiar foliculi limfoizi de mici dimensiuni.



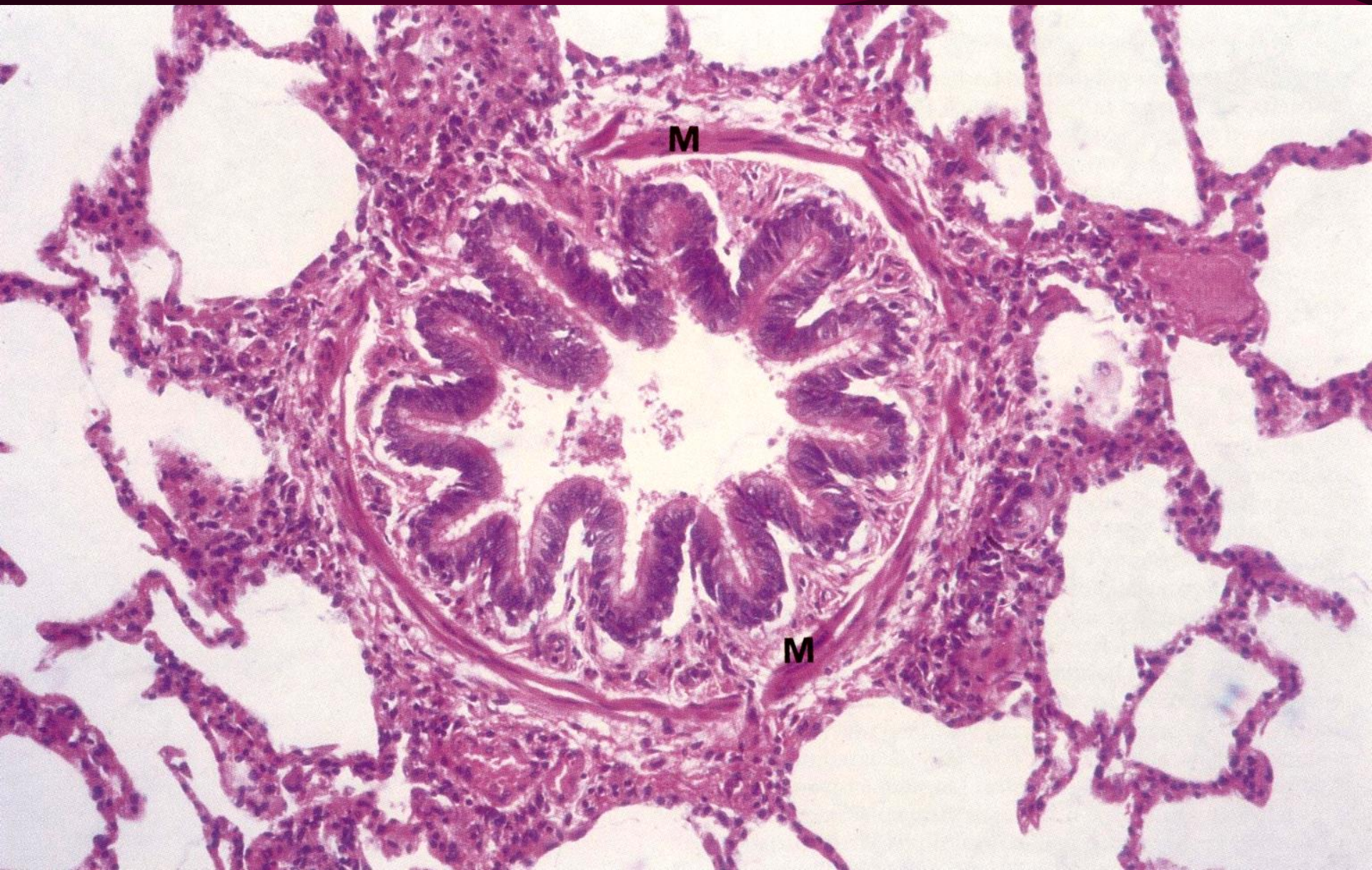
II. Bronhiiolele sunt căi aeriene cu diametrul sub 1 mm. Aspectul lor structural diferă de cel al bronhiilor.

Mucoasa este mult mai plicaturată decât la bronhii. În structura epitelului se găsesc celule ciliate, celule bazale și puține celule caliciforme, astfel încât epiteliul devine un epiteliu de aspect **cilindric simplu**, prin lipsa celulelor intermediare. Pe măsură ce lumenul bronhiiolelor devine din ce în ce mai mic, se reduce și numărul celulelor caliciforme. Printre celulele epitelului bronhiolar apar și **celule Clara**. Tot în epiteliul bronhiolar se găsesc, din ce în ce mai des, insule de **celule cromafine (K)**.

Corionul este mai puțin dezvoltat, dar conține aceeași populație celulară prezentă și la nivelul bronhiilor, **dar nu mai conține glande**.

Tunica mijlocie nu mai posedă piese **cartilaginoase**. În schimb fibrele musculare netede sunt mult mai numeroase și se organizează într-un strat gros, bine vizibil pe preparatele microscopice, formând **mușchiul lui Reissenssen**. Inervat de fibre nervoase parasimpatice acest mușchi joacă un rol deosebit în inspirație și expirație. Când contracția lui este puternică și prelungită mecanica ventilatorie devine dificilă și se produce criza de astm.

Tunica externă, adventicea, este subțire și se continuă cu țesutul conjunctiv al stromei pulmonare.



Bronșiolele terminale sunt ultimele ramificații ale arborelui bronșic care nu participă direct la hematoză. Ele au un diametru mic și un perete foarte subțire. Epiteliul de suprafață este de tip cubic, fără celule ciliate, fără celule caliciforme și cu rare celule cromafine. Sub epiteliu se găsește un țesut conjunctiv aglandular bine vascularizat și cu fine terminații nervoase libere.

Fibrele musculare din tunica medie sunt reduse numeric și nu mai influențează atât de puternic dinamica ventilatorie.

Adventicea este foarte redusă.

Bronșiolele terminale se continuă cu **bronșiolele respiratorii**.

Funcțiile arborelui bronșic sunt:

- conducerea aerului în expirație și inspirație;
- încălzirea și umidifierea aerului;
- filtrarea aerului de impurități cu ajutorul aparatului muco-ciliar;
- captarea și distrugerea antigenelor din aerul inspirat;
- secreția de imunoglobuline de tip Ig As.

ZONA SCHIMBURILOR GAZOASE

Este formată de elementele acinului pulmonar și anume:

- bronșiiolele respiratorii;
- canalele alveolare;
- alveolele pulmonare.

Bronșiiolele respiratorii se disting de bronșiiolele terminale prin prezența, din loc în loc, în peretele lor a **alveolelor pulmonare**, care întrerup epiteliul bronhiolar. Numărul alveolelor în peretele bronhiolelor respiratorii crește pe măsură ce se îndepărtează de bronhiiolele terminale. Epiteliul acestor bronșiiole este un epiteliu continuu, cubic, așezat pe o membrană bazală continuă. El nu mai conține celule cu funcție secretorie. Corionul este redus la un strat fin de țesut conjunctiv lax în care se găsesc rare fibre musculare netede.

Canalele alveolare se formează din bronșiiolele respiratorii și au caracteristic faptul că prezintă pe toată circumferința alveole pulmonare. Locul în care se implantează alveolele pulmonare poartă numele de "***picioar de inserție al alveolei***" și este prevăzut cu numeroase fibre elastice și fibre musculare netede, acestea din urmă alcătuind un "***sfincter terminal***".

Alveolele pulmonare sunt structurile parenchimului pulmonar la nivelul cărora se produc schimburile gazoase. Ele au un aspect saciform sau în cuib de rândunică și se deschid în canalul alveolar.

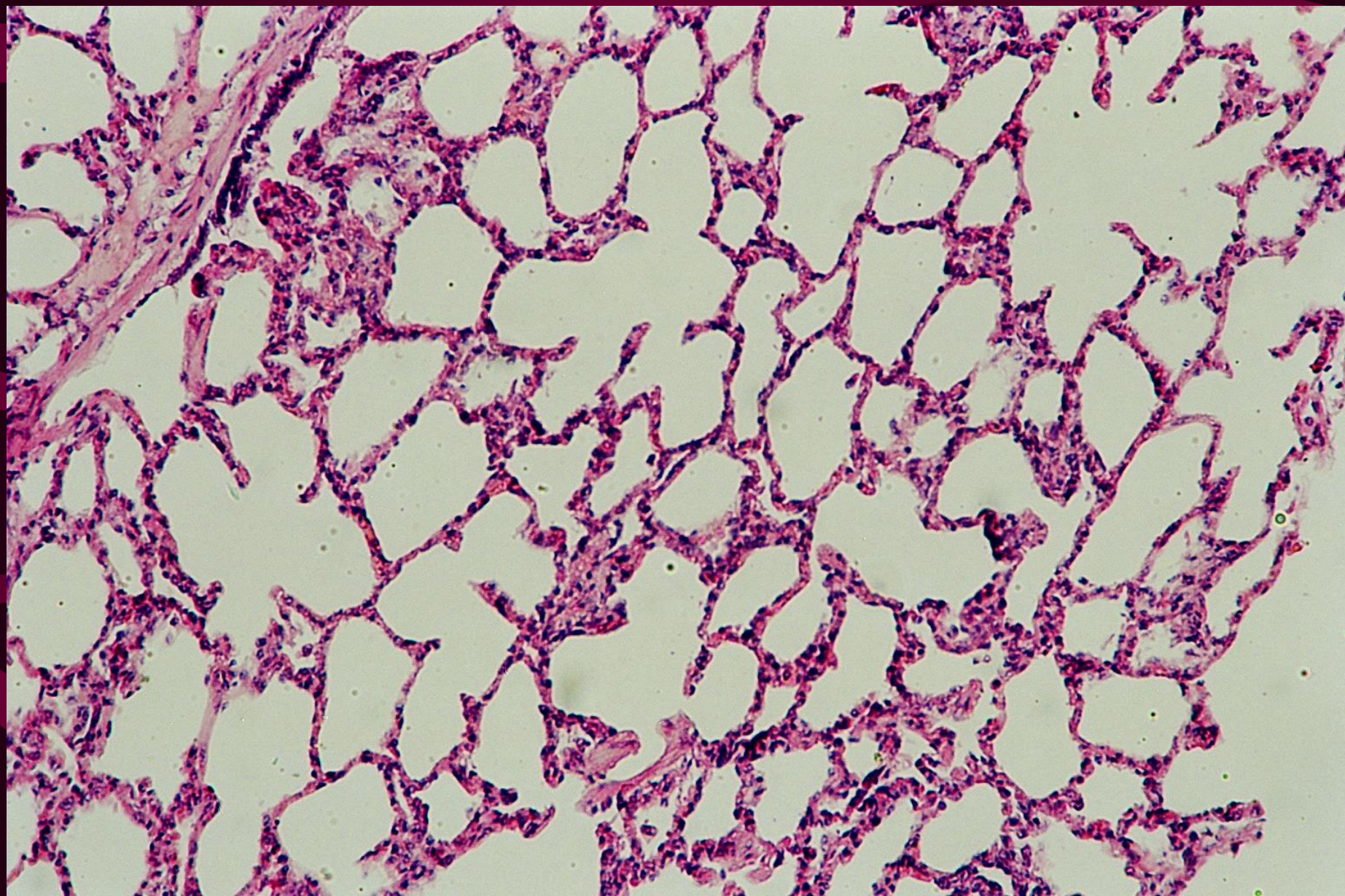
Din punct de vedere structural alveolele pulmonare prezintă o structură complexă, adaptată funcției de hematoză, formată din trei elemente:

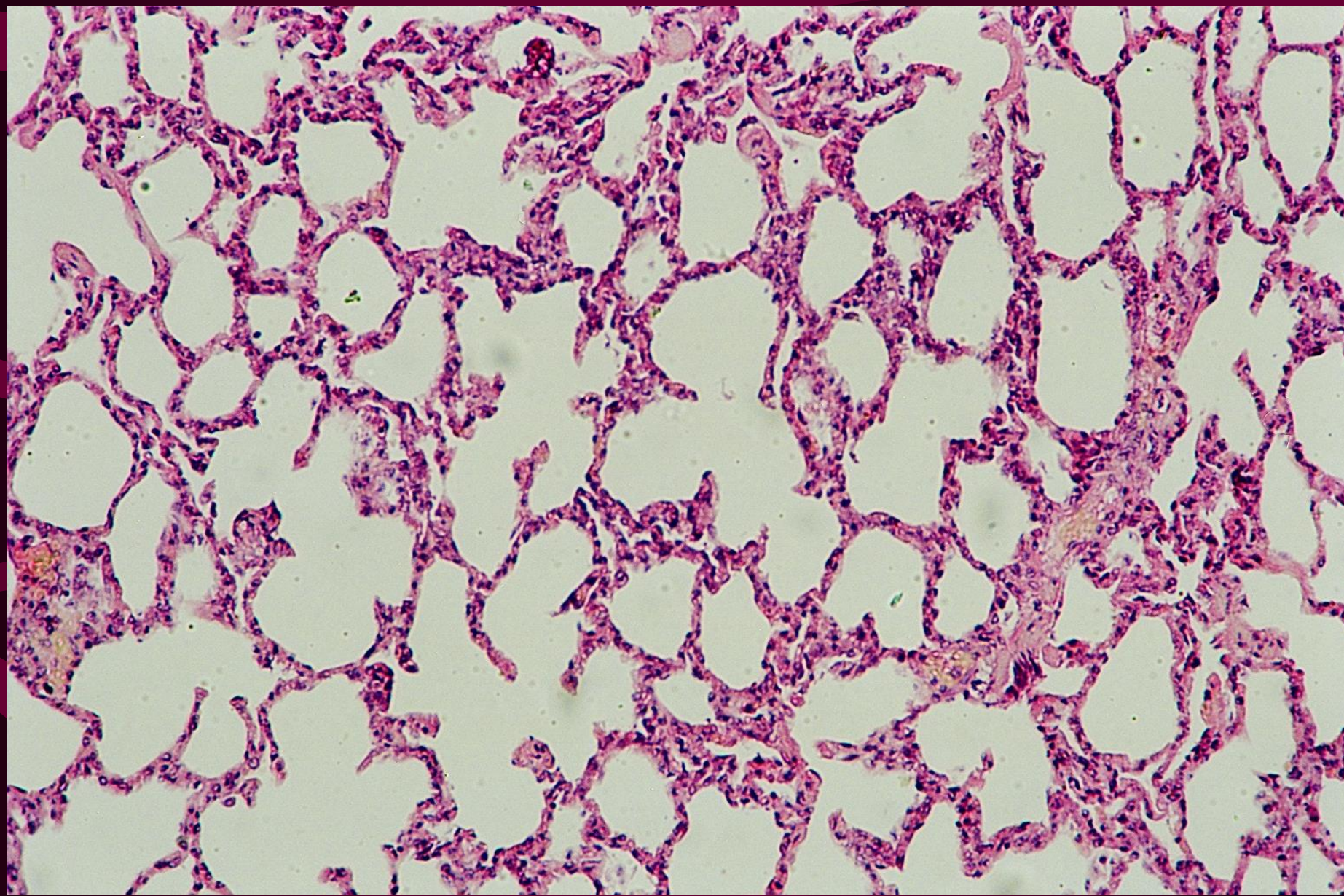
- epiteliul alveolar;
- țesutul conjunctiv stromal;
- capilarele sanguine.

Epiteliul alveolar este un epiteliu continuu, turtit, care tapetează cavitatea alveolară. El este așezat pe o membrană bazală continuă, subțire, evidentă numai la microscopul electronic. Celulele epitelului alveolar denumite **pneumocite** sau **alveolocyte** sunt celule turtite, jonctionate între ele.

În structura alveolei pulmonare s-au descris două tipuri de pneumocite:

- pneumocite de tip I sau membranare;
- pneumocite de tip II, globulare sau granulare.





Pneumocitele de tip I sunt cele mai numeroase, sunt aplatizate, greu vizibile în microscopia optică datorită grosimii extrem de reduse, de circa 0,4-0,6 μm . Nucleul acestor celule este situat central, de formă ovalată sau turtit, normocrom, asemănător nucleilor din celulele endoteliale. Pneumocitele tip I prezintă prelungiri citoplasmatiche largi care formează adevărate "pânze citoplasmatiche". Aceste prelungiri se extind pe distanțe de circa 50 μm de la nucleu și se jonctionează cu prelungirile celulelor vecine. De asemenea, aceste prelungiri pot străbate **porii Kohn** și să treacă de la o alveolă la alta. Prelungirile citoplasmatiche ale alveolocitelor tip I conțin vezicule de pinocitoză și rare organite citoplasmatiche. Această dispunere a celulelor alveolare favorizează schimburile gazoase.

În ciuda înaltei diferențieri impuse de funcția de schimb gazos, alveolocitele plane asigură apărarea pereților alveolari împotriva factorilor nerezinați de pelicula de mucus din arborele traheobronșic sau de macrofagele libere.

Pneumocitele tip II sunt celule de dimensiuni mai mari, în contact direct cu membrana bazală prin polul lor bazal. Ele proemină în lumenul alveolei pulmonare. Au o formă ovalară sau cubică. La polul apical prezintă numeroși microvili scurți. Nucleul acestor celule este voluminos, neregulat, situat central. Citoplasma este abundentă și prezintă toate organele citoplasmatică

Pneumocitele tip II secretă corpii lamelari prin merocrinie în cavitatea alveolară contribuind la realizarea **surfactantului pulmonar**, ele fiind adevărate celule secretorii .

În unele condiții celulele tip II prezintă proprietăți fagocitare, în citoplasma lor evidențiindu-se numeroase vacuole de pinocitoză.

Tot în peretele alveolar au fost remarcate **macrofage** care străbat această structură pentru a ajunge în lumenul alveolei. Macrofagele alveolare joacă un rol primordial în mecanismele de apărare ale pulmonului. Ele fagocitează particulele străine inhalate care au reușit să pătrundă în lumenul alveolei pulmonare.

Surfactantul pulmonar. Suprafața internă a pereților alveolari este acoperită de un film subțire de lichid, rezultat din exudarea plasmei din capilare la care se adaugă fosfolipidele secretate de pneumocitele tip II. Surfactantul pulmonar este într-o continuă mișcare, primenindu-se continuu. O parte din el este resorbit și trecut în capilare, iar o altă parte urcă spre arborele bronșic în cursul respirației.

Acest lichid are funcții multiple:

- previne colabarea alveolelor pulmonare în expir datorită tensiunii superficiale crescute;
- favorizează transportul gazelor respiratorii prin membrana alveolo-capilară;
- permite realizarea proceselor de pinocitoză și endocitoză de către alveolocite;
- realizează un mediu optim pentru activitatea macrofagelor alveolare.

Stroma pulmonară

Stroma pulmonară este formată din țesutul conjunctiv prezent în septurile interalveolare, țesutul conjunctiv periacinar și interlobular. La copii stroma pulmonară este mai laxă și redusă cantitativ, comparativ cu stroma pulmonară a adultului.

Țesutul conjunctiv stromal este format fibre conjunctive, celule și substanță fundamentală. Fibrele conjunctive sunt formate în cea mai mare parte din **fibre elastice** care au o orientare plexiformă, fapt ce asigură variațiile de volum ale pulmonului și fac ca expirația fiziologică să aibă loc fără consum de energie. În caz de pneumotorax fibrele elastice sunt răspunzătoare de colabarea pulmonului spre hil. Pe măsură ce organismul îmbătrânește fibrele elastice din stroma pulmonară se reduc cantitativ, devin mai dezorganizate și sunt înlocuite cu fibre de collagen.

Fibrele colagene sunt reduse cantitativ în septul interalveolar, dar sunt mai abundente periacinar și perilobular. Ele se găsesc în "piciorul de inserție" al alveolei pulmonare și perivascular.

Fibrele de reticulină se găsesc numai în membranele bazale ale alveolei și capilarelor.

La locul de inserție al alveolei pulmonare, în stromă, se găsesc uneori **1-2 fibre musculare netede**.

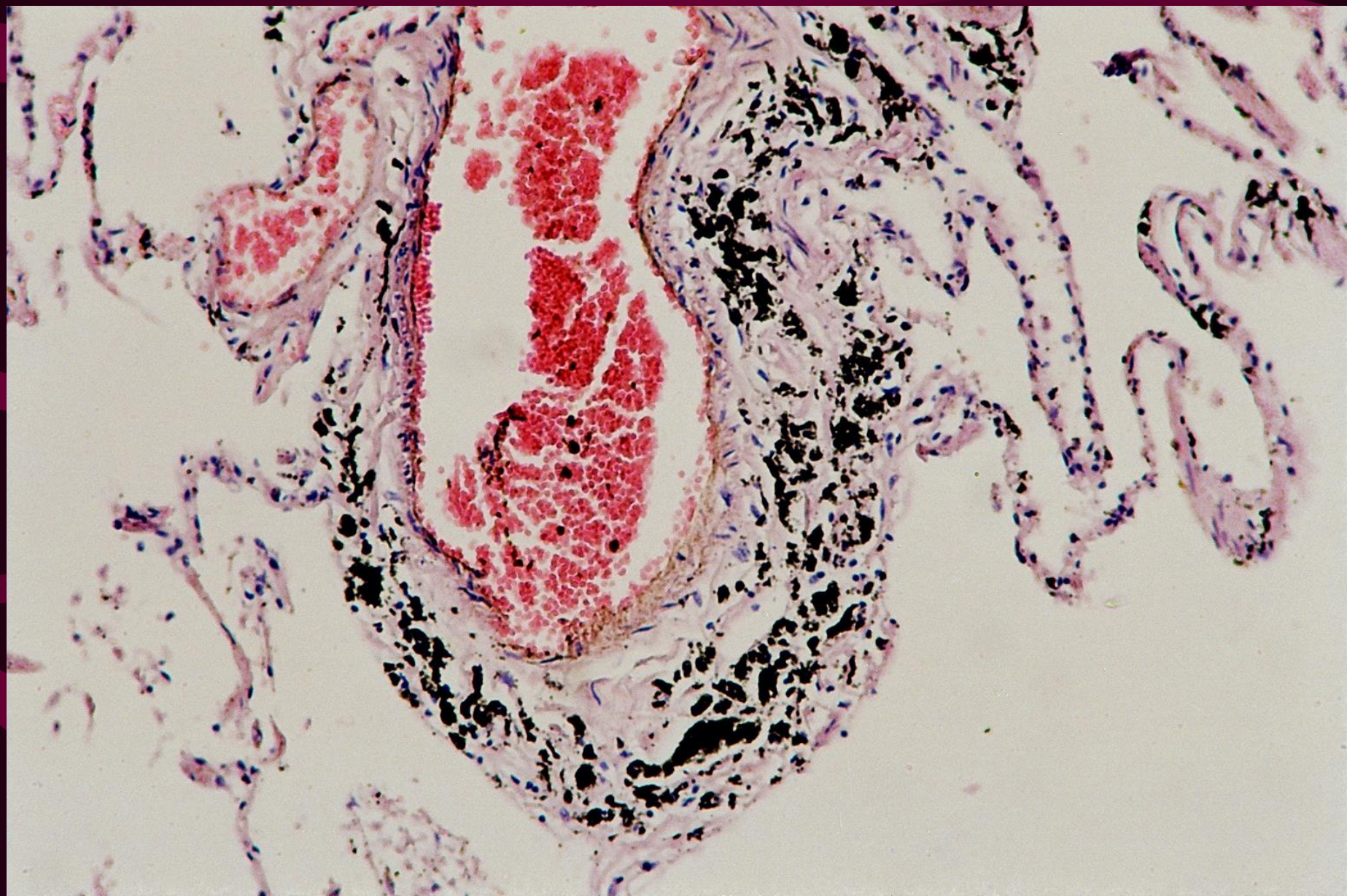
Substanța fundamentală este mai abundentă la copil și săracă la adult. Ea este formată în principal din glicozaminoglicani, proteoglicani și glicoproteine structurale.

Celulele conjunctive prezente în stroma pulmonară sunt, în mod normal, reduse cantitativ. Ele sunt reprezentate de rare **fibrocite**, **macrofage**, **mastocite**, **limfocite** **plasmocite** și **granulocite**. În procese inflamatorii pulmonare stroma este bogată în celule aparținând sistemului imun.

Dintre celulele stromei pulmonare, un aspect particular îl prezintă **macrofagele**. Aceste celule, cu originea în măduva hematopoietică, străbat peretele capilarului pulmonar și peretele alveolar, ajung în lumenul alveolei pulmonare unde fagocitează particulele străine ajunse o dată cu aerul inspirat. Cele mai multe se încarcă cu particule "inerte" (praf, cărbune, siliciu, asbest, bumbac, etc) devenind "celule cu praf". Datorită mobilității proprii, macrofagele trec din lumenul alveolei în stroma pulmonară unde rămân stocate în țesutul conjunctiv perilobular, dând culoarea cenușie sau neagră plămânului persoanelor expuse la noxe. La bolnavii cu insuficiență cardiacă macrofagele înglobează pigmentul feric rezultat din degradarea unor hematii, devin "**celule cardiace**" și dau culoarea brun - roșcată pulmonului.

În cazuri patologice macrofagele pulmonare pot fuziona rezultând celule gigante multinucleate (așa cum se întâmplă în TBC).

Stroma pulmonară conține și o bogată rețea de **capilare sanguine**. Capilarele pulmonare sunt capilare tipice, cu diametrul de 6-8 μm , formate dintr-un endoteliu continuu, așezat pe o membrană bazală subțire; periteliul lipsește. Se apreciază că suprafața totală a rețelei capilare variază de la **90 la 150 m²**. În zonele unde se realizează hematoză, țesutul conjunctiv septal dispare, astfel că membrana bazală a alveolei pulmonare vine în contact și chiar fuzionează cu membrana bazală a capilarului pulmonar, constituind o parte a "barierei aer-sânge".



Membrana alveolo-capilară sau "bariera aer-sânge" este formată din mai multe structuri microscopice prin care se fac schimburile de gaze respiratorii între mediul extern și mediul intern. Acestea sunt reprezentate de:

- surfactantul pulmonar;
- epiteliul alveolar;
- membrana bazală a alveolei fuzionată cu membrana bazală a capilarului;
- endoteliul capilar.

Grosimea acestei structuri este de circa 0,35 μm .

Vascularizația pulmonului

Plămânul prezintă o bogată vascularizație sanguină și limfatică.

Vascularizația sanguină este formată din două sisteme circulatorii diferite ca origine, debit și importanță. Există o circulație funcțională (circulația pulmonară) și una nutritivă (circulația bronșică).

Circulația funcțională începe în ventriculul drept, de unde pornește artera pulmonară. Artera pulmonară, arteră de tip elastic, duce la plămân sânge de tip venos (sărac în O_2 , încărcat cu CO_2). 90% din sângele transportat la pulmon este vehiculat prin artera pulmonară. Imediat după emergență, sub croșa aortei, artera pulmonară se divide în două ramuri: artera pulmonară dreaptă și, respectiv, artera pulmonară stângă. Fiecare arteră pulmonară se divide, similar arborelui bronșic, rezultând artere lobare, segmentare, lobulare. Ultimele arteriole dau naștere unei vaste rețele de capilare care se dispun în septurile interalveolare. Aici se realizează hematoza.

Capilarele pulmonare confluează și formează venule și apoi venele pulmonare care conduc sângele oxigenat în atriul stâng.

Circulația nutritivă (circulația bronșică) ia naștere din aortă sau din arterele intercostale. Arterele bronșice, artere de tip muscular, transportă circa 10% din sângele care ajunge la pulmon. Ele dau numeroase ramificații în jurul arborelui bronșic și se termină la nivelul bronhiolelor respiratorii. Circulația bronșică formează numeroase rețele capilare peribronșice sau în peretele bronhilor și bronșiolelor. Venele bronșice converg spre hilul pulmonului se deschid în venele **azigos** sau **hemiazigos**.

Între circulația pulmonară și cea bronșică există numeroase anastomoze.

Circulația limfatică este foarte abundentă. Ea începe prin apariția capilarelor limfatice în septurile interlobulare și în spațiile peribronhovasculare de la vârful lobulului. La nivelul septurilor intrealveolare nu există capilare limfatice, ceea ce explică apariția edemului pulmonar. Capilarele limfatice confluează și formează vase limfatice care alcătuiesc două plexuri:

- un plex limfatic superficial dispus sub pleura viscerală;
- un plex limfatic profund care însoțește căile aeriene intrapulmonare, vasele pulmonare și bronșice.

Cele două plexuri limfatice converg spre hilul pulmonului și-și trimit limfa în ganglionii hilari sau intertraheo-bronșici.

Inervația pulmonului este de tip vegetativ, simpatică și parasimpatică. Inervația simpatică provine din ganglionii simpatici paravertebrali 2, 3 și 4 toracali, iar cea parasimpatică din nervul vag. Fibrele vegetative formează un plex hilar anterior și un plex posterior, din care se desprind fibre ce se distribuie arborelui bronșic, vaselor sanguine și pleurei viscerale. Stimularea fibrelor vagale determină contracția fibrelor musculare netede din pereții căilor aeriene (bronhoconstricție) și creșterea secreției glandelor bronșice, în timp ce stimularea fibrelor simpatică determină relaxarea fibrelor musculare netede (bronhodilatație).

Componenta senzitivă asigură inervația pleurei viscerale și a pereților bronhiilor. Parenchimul pulmonar nu prezintă fibre senzitive.

Pleura este formată dintr-o foiță viscerală și o foiță parietală, opuse prin suprafețele lor lumenale, care se continuă una cu alta la nivelul hilului pulmonar. Între cele două foițe pleurale se formează o cavitate virtuală, cavitatea pleurală, care conține o mică cantitate de lichid cu rol în dinamica mișcărilor respiratorii.

Histologic pleura este constituită din :

- mezoteliu;
- țesutul conjunctiv submezotelial.

Mezoteliul este un epiteliu pavimentos simplu, continuu, cu funcție de filtrare a plasmiei, de secreție, de absorbție și de fagocitoză a elementelor din lichidul pleural. Celulele mezoteliale au o grosime variabilă de la 2 la 8 μm . Ele se jonctonează prin interdigitații și desmozomi. La polul apical, celulele mezoteliale prezintă microvilozități cu lungimea variabilă de la 0,5 la 3 μm , mai dezvoltate la nivelul foiței viscerale. În citoplasmă prezintă organite puține, neuniform răspândite, mai numeroase în jurul nucleului. Tot în citoplasmă prezintă frecvent vezicule de micropinocitoză.

Mezoteliul este așezat pe o membrană bazală continuă care-l desparte de țesutul conjunctiv submezotelial. Membrana bazală este formată din fibre de collagen, fibre de reticulină și substanță fundamentală bogată în glicozaminoglicani și glicoproteine structurale.

Țesutul conjunctiv submezotelial este un țesut conjunctiv bogat în fibre elastice, colagene și terminații nervoase. El este format dintr-un plan fibro-elastic superficial, bogat în fibre elastice și un plan fibro-elastic profund care conține țesut conjunctiv lax, numeroase vase de sânge și limfatice, terminații nervoase libere și rare celule conjunctive. Stratul profund se continuă cu țesutul conjunctiv subpleural și cu septurile interlobulare.

Pleura parietală, este formată din aceleași straturi, dar mai groase, mai puțin elastice, iar în exterior conține numeroase adipocite.

În cavitatea pleurală se află o mică cantitate de lichid pleural care favorizează mișcările de inspirație și expirație. În stări patologice cantitatea de lichid pleural poate crește, boală care poartă numele de pleurezie.

Mecanismele de apărare bronhopulmonară

Mecanismele de apărare bronhopulmonară au rolul de a menține homeostazia mediului intern și de a asigura realizarea în condiții optime a procesului de hematoză. Această funcție presupune asigurarea permeabilității căilor respiratorii, asigurarea integrității segmentelor unde au loc schimburile gazoase, precum și a vaselor sanguine din structura aparatului respirator.

La nivelul structurilor bronhopulmonare se disting patru mecanisme de apărare, corelate între ele, dar și cu o mare autonomie. Acestea sunt:

- apărarea mucociliară;
- apărarea macrofagică alveolară;
- apărarea proprie a pereților alveolari;
- apărarea mezenchimo-vasculară.

Funcțiile non-respiratorii ale pulmonului

Pe lângă funcția respiratorie, pulmonul îndeplinește și alte funcții.

Funcția metabolică a fost evidențiată după ce s-a constata existența în celulele endoteliale ale capilarelor pulmonare a numeroase organite citoplasmatiche, a unor substanțe vasoactive și a unor vezicule de micropinocitoză. La realizarea acestei funcții participă atât celulele endoteliale cât și alte celule ale interstițiului conjunctiv, în special mastocitele. La nivelul pulmonului **sunt inactivate** numeroase substanțe endogene ca: **serotonina, bradikina, noradrenalina, diverse prostaglandine**. Alte substanțe endogene **sunt activate** la nivelul pulmonului: **plasminogenul este transformat în plasmină, angiotensina I în angiotensină II** datorită prezenței unei enzime de conversie.

Funcția de rezervor vascular. Datorită imensei rețele capilare pe care o conține și datorită faptului că sunt situați între cei doi ventriculi, plămânii joacă un rol esențial în reglarea debitelor ventriculare. În caz de insuficiență cardiacă capacitatea vasculară a pulmonului crește foarte mult.

Funcție antiinfecțioasă. Prin mecanismele proprii de apărare, plămânul este capabil de a "steriliza" aerul inspirat, astfel ca homeostazia mediului intern să fie păstrată.

Funcție hematopoietică. În cursul evoluției intrauterine, la nivelul pulmonului se produc, pentru o scurtă perioadă de timp, elemente figurate sanguine. La naștere sau la prematuri, parenchimul pulmonar poate conține mici insule de țesut hematopietic.