APARATUL RESPIRATOR

Aparatul respirator este constituit din totalitatea organelor care participă la realizarea schimburilor gazoase între aerul atmosferic şi mediul intern. Aceste schimburi gazoase, cunoscute în literatura medicală sub numele de ***hematoză*****,** asigură trecerea oxigenului atmosferic în mediul intern, fiind necesar procesului de respiraţie celulară şi 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 viaţă intrauterină sub forma unui diverticul pe faţa anterioară a intestinului primitiv cefalic. Diverticulul creşte rapid, se bifurcă şi dă naştere unor structuri tubulare epiteliale care vor edifica bronhiile principale. Acestea la rândul lor evoluează, se ramifică şi vor genera epiteliul arborelui bronşic şi alveolar. Restul elementelor structurale ale aparatului respirator se vor diferenţia din **mezenchimul splahnic** situat anterior de esofagul primitiv.

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

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

- **faza pseudoglandulară**, cuprinsă între săpămâna a V-a şi luna a IV-a în care se diferenţiază arborele traheo-bronşic până la nivelul bronhiolelor terminale;

- **faza canaliculară**, cuprinsă între luna a IV-a şi luna a VI-a când se diferenţiază bronhiolele respiratorii şi canalele alveolare;

- **faza alveolară**, cuprinsă între luna a VI-a fetală şi vârsta de 7-8 ani când se diferenţiază şi 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 şi invers, filtrează, încălzesc şi umidifiază aerul, reţin şi inactivează unele microorganisme prezente în aerul inspirat.

Căile aeriene **se clasifică** în:

- căi aeriene extrapulmonare (fosele nazale, rinofaringele, laringele, traheeea, bronhiile primitive);

- căi aeriene intrapulmonare (bronhiile lobare, segmentare, bronhiolele 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 şi bronhiolele).

I. Căile aeriene superioare.

1. Fosele nazale situate la nivelul piramidei nazale sunt prima porţiune a aparatului respirator. Ele sunt formate din **vestibulul nazal**, situat în partea anterioară a piramidei nazale şi **fosele nazale** propriu-zise, situate posterior. Fosele nazale se continuă posterior cu **rinofaringele**, iar lateral şi superior comunică cu o serie de căvităţi aerice numite **sinusuri** sau **cavităţi paranazale** (frontale, maxilare, etmoidale, sfenoidale). Pe tavanul foselor nazale se găseşte 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) şi septul nazal (median). El are un schelet osos şi cartilaginos, tapetat de o mucoasă particulară care face trecerea de la pielea feţei, 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, aşezat pe un corion papilar bogat în ţesut conjunctiv şi vase sanguine. În corion se găsesc numeroase glande seromucoase şi chiar glande sebacee, fire de păr numite vibrize, infiltraţii limfoide şi chiar foliculi limfatici mici.

Fosele nazale propriu-zise prezintă pe peretele lateral trei prelungiri osoase încurbate de ţesut osos spongios, constituind **cornetele nazale** (superior, mijlociu şi inferior). Spaţiile 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 reţinerea impurităţilor 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 şi un corion. Ea se continuă cu mucoasa sinusurilor paranazale.

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

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

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

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

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

Mucoasa olfactivă se află pe peretele posteo-superior al cavităţii nazale. Ea se întinde pe faţa inferioară a lamei ciuruite a etmoidului, partea superioară a septului nazal şi o parte din suprafaţa cornetului superior, totalizând o suprafaţă de circa 2,5-5 cm^2. Ea se distinge de mucoasa respiratorie a foselor nazale prin coloraţia galben palid.

Mucoasa olfactivă conţine protoneuronii analizatorului olfactiv. Structura şi funcţiile 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 găseşte o amigdală impară, amigdala faringiană, a cărei hipertrofie determină apariţia vegetaţiilor adenoide sau polipilor faringieni.

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

Mucoasa laringelui este formată din epiteliu şi corion, despărţite de o membrană bazală. În partea superioară a laringelui epiteliul este de tip pavimentos stratificat fără keratinizare, continuare a epiteliului faringian. Acelaşi tip de epiteliu se continuă şi la nivelul feţei linguale a epiglotei, corzilor vocale inferioare şi feţei interne a cartilajelor aritenoide. În restul laringelui epiteliul este de tip respirator şi se continuă inferior cu epiteliul traheei. Corionul mucoasei laringiene este bogat în ţesut conjunctiv lax şi vase de sânge şi poate deveni sediul edemului glotic în cazul unor afecţiuni alergice sau infecţioase.

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) şi corzile vocale inferioare (corzile adevărate).

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

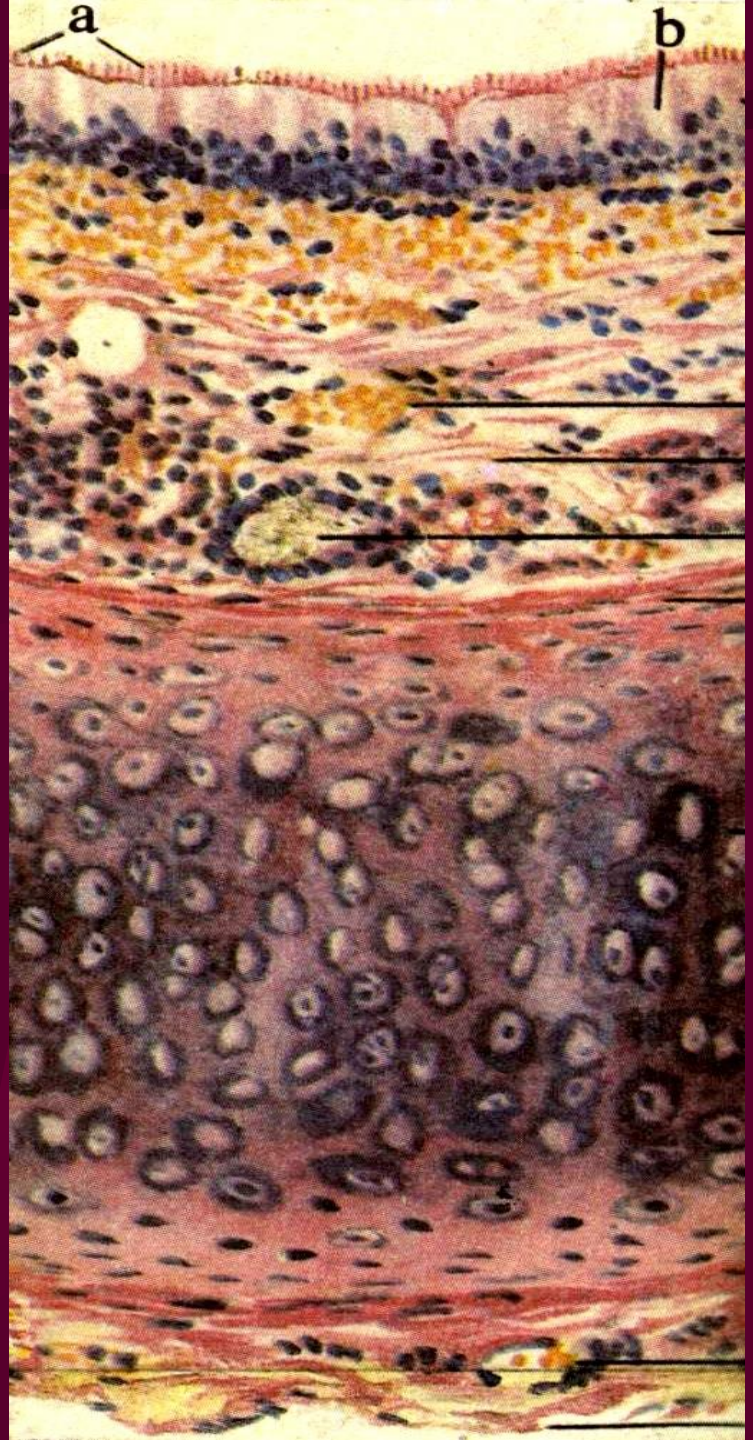
Laringele este nu numai o cale respiratorie ci şi principalul organ fonator.

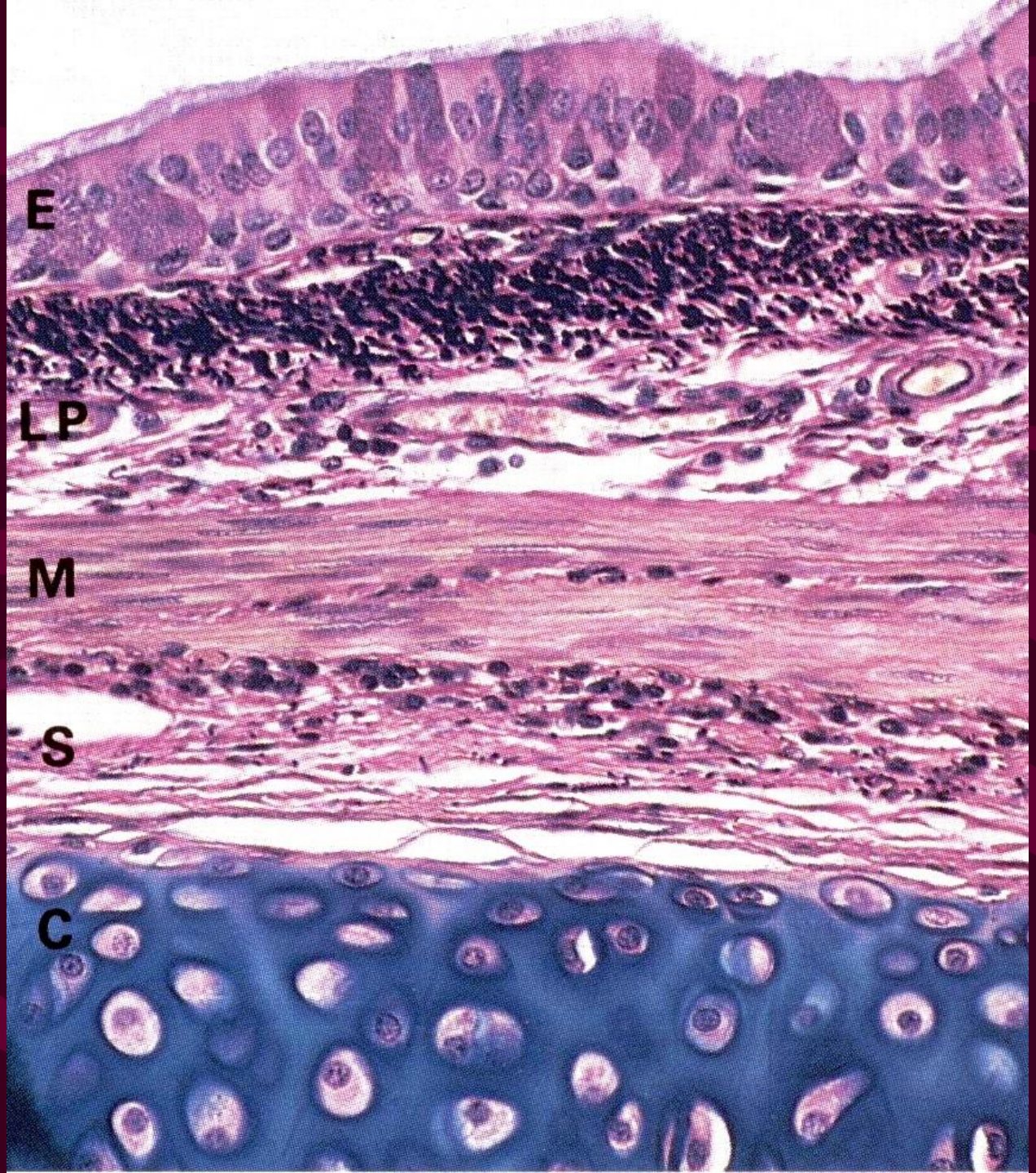
Traheea este un conduct aerian cu diametrul de circa 1,8-2,5 cm şi lungimea de 10-12 cm. Ea continuă laringele, întinzându-se până la nivelul 1/3 medii a mediastinului unde se bifurcă şi generează două bronhii primare. Locul de bifurcaţie al traheei poartă numele de carenă.

Traheea are o formă de cilindru, cu peretele posterior turtit. Acest aspect este realizat de prezenţa în peretele său a 16-20 de inele cartilaginoase, incomplete posterior, care formează o armătură parietală cu rolul de a menţine lumenul organului deschis atât în inspiraţie cât şi în expiraţie.

Peretele traheal este format din trei structuri concentrice numite tunici:

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


a
b


E
LP
M
S
C

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

Epiteliul traheal este un **epiteliu pseudostratificat cilindric, ciliat şi cu celule caliciforme**. Aspectul histologic pseudostratificat rezultă din faptul că în grosimea sa există celule cu înălţimi diferite. Unele celule (celulele ciliate) au aspect *cilindric*, ocupă toată grosimea epiteliului şi 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***. Deşi aspectul de ansamblu al epiteliului este cilindric, datorită înălţimii diferite a celulelor din structura sa, şi faptului că şi nucleii sunt dispusi la înălţimi diferite faţă de membrana bazală, epiteliul capătă aspect pseudostratificat. Trebuie arătat că, datorită aglomerării celulare în zona bazală, fiecare celulă este ataşată de membrana bazală prin fine prelungiri membrano-citoplasmatice care, uneori, iau aspectul de pseudopode.

La unele persoane, datorită unor iritaţii cronice (tabagism, noxe profesionale) apar mici zone în epiteliu în care celulele îşi 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.

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

Celulele cilindrice ciliate formează populaţia celulară majoritară. Sunt celule prismatice, având înălţimea de aproximativ 20 µm, iar diametrul circa 7 µm. Suprafaţa laterală formează interdigitaţii şi complexe joncţionale, în special desmozomi, cu celulele bazale şi intermediare.

Funcţia principală a acestor celule este asigurarea mişcării ritmice a cililor şi deplasarea stratului de mucus spre orofaringe. Această deplasare continuă asigură eliminarea particulelor aerogene reţinute de stratul de mucus, a celulelor sau resturilor celulare din căile profunde spre căile respiratorii superioare. Reânnoirea 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/mm^2 de epiteliu. În cazul unor iritaţii cronice sau infecţii pulmonare numărul acestora creşte, raportul devenind 1/3. O creştere rapidă a proporţiei de celule caliciforme se observă la 30 de minute după administrarea de pilocarpină, când mai mult de jumătate din celulele epiteliului bronşic 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.

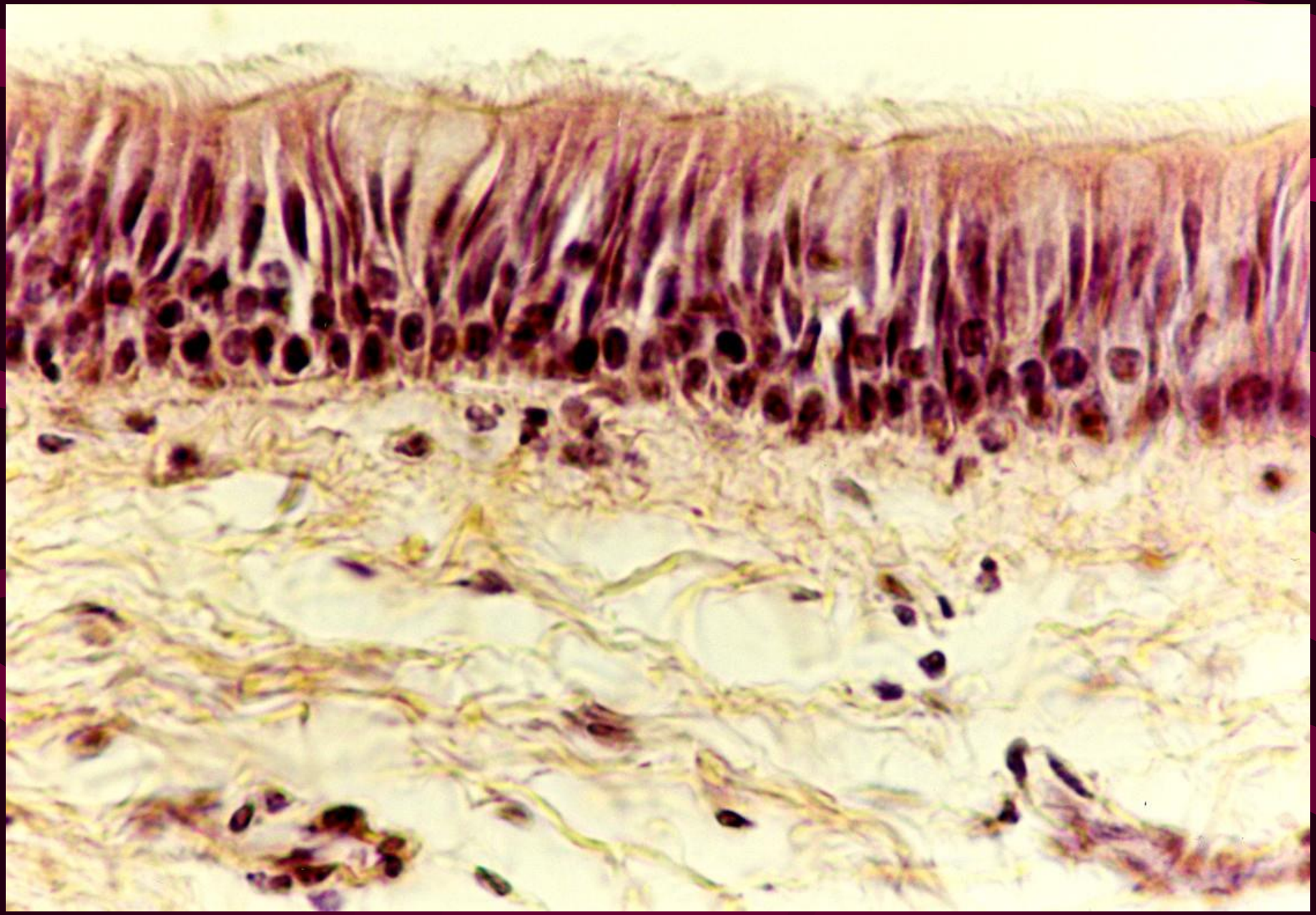
Celulele seroase (neciliate secretorii), considerate până nu de mult celule mucipare, au fost identificate electronomicroscopic ca ***elemente specifice epiteliilor traheobronşice***, prin prezenţa unui reticul endoplasmic foarte dezvoltat. Ele au fost identificate atât în epiteliul de suprafaţă cât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

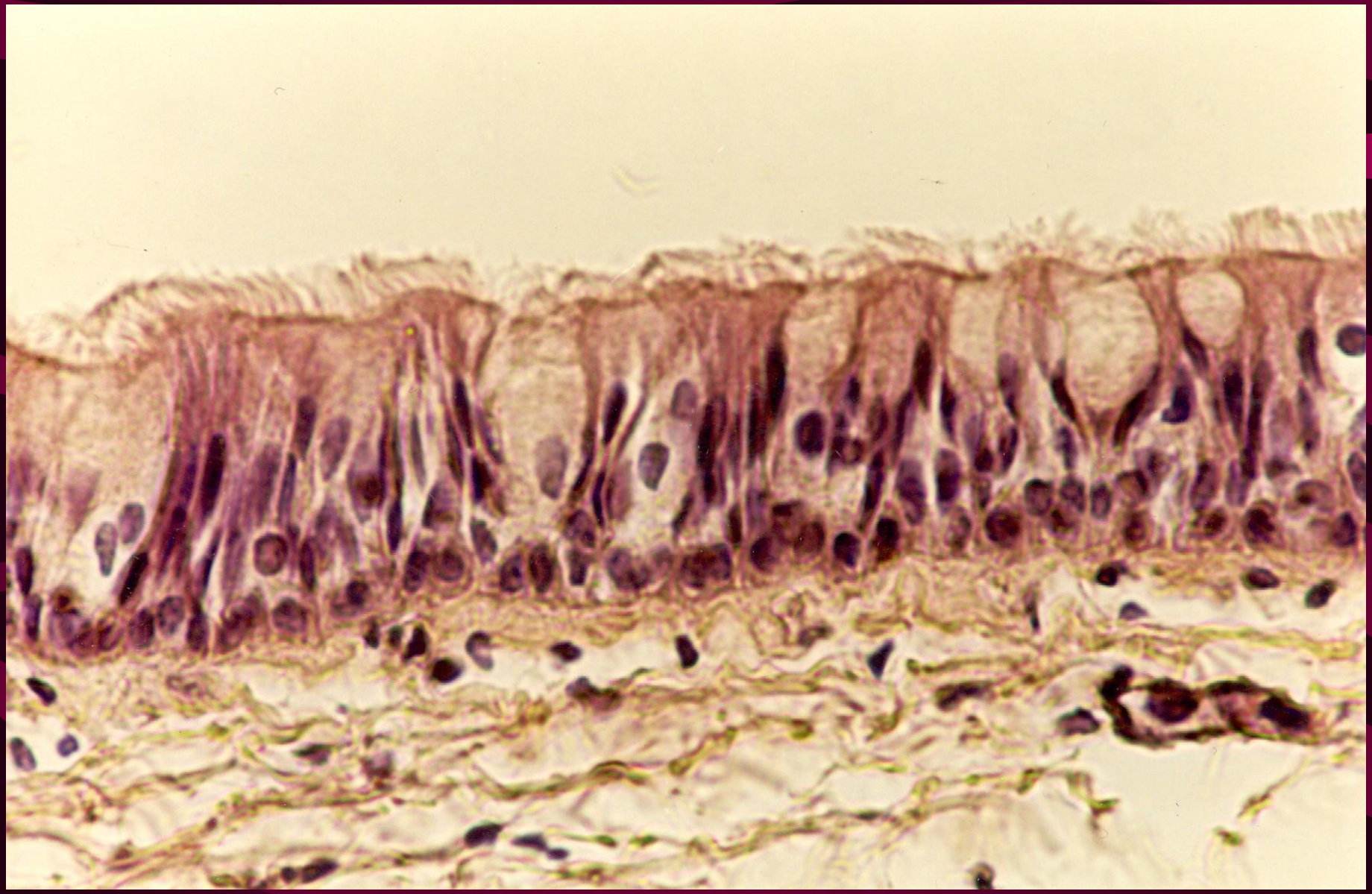
Funcţia acestor celule este încă insuficient cunoscută. Datorită faptului că prezintă în citoplasmă granule mici PAS-pozitive, se consideră că ele ar contribui la sinteza glicoproteinelor prezente în lichidul periciliar.

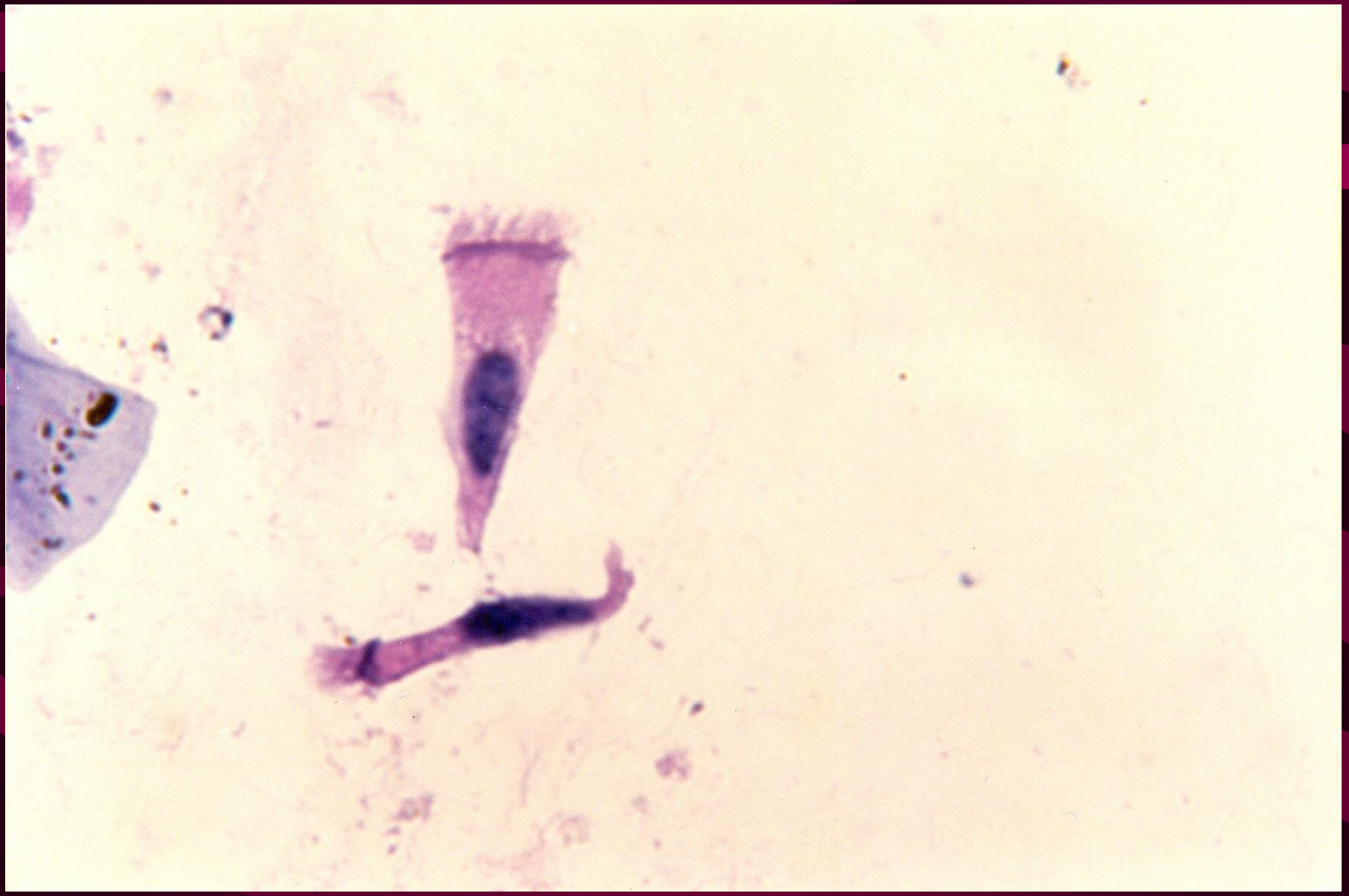
Celulele viloase sunt celule cilindrice înalte, cu polul bazal sprijinit pe membrana bazală, iar cu polul apical proeminent la suprafaţa epiteliului traheo-bronşic. La polul apical prezintă un mănunchi de **microvili** înalţi, uniformi distribuiți și mai denşi decât la celulele ciliate. Funcţia acestor celule nu este încă bine precizată, dar prezenta microvililor sugerează intervenţia celulelor viloase în procesul de absorbţie al unor constituenţi din lichidul de la suprafaţa epiteliului traheo-bronşic.

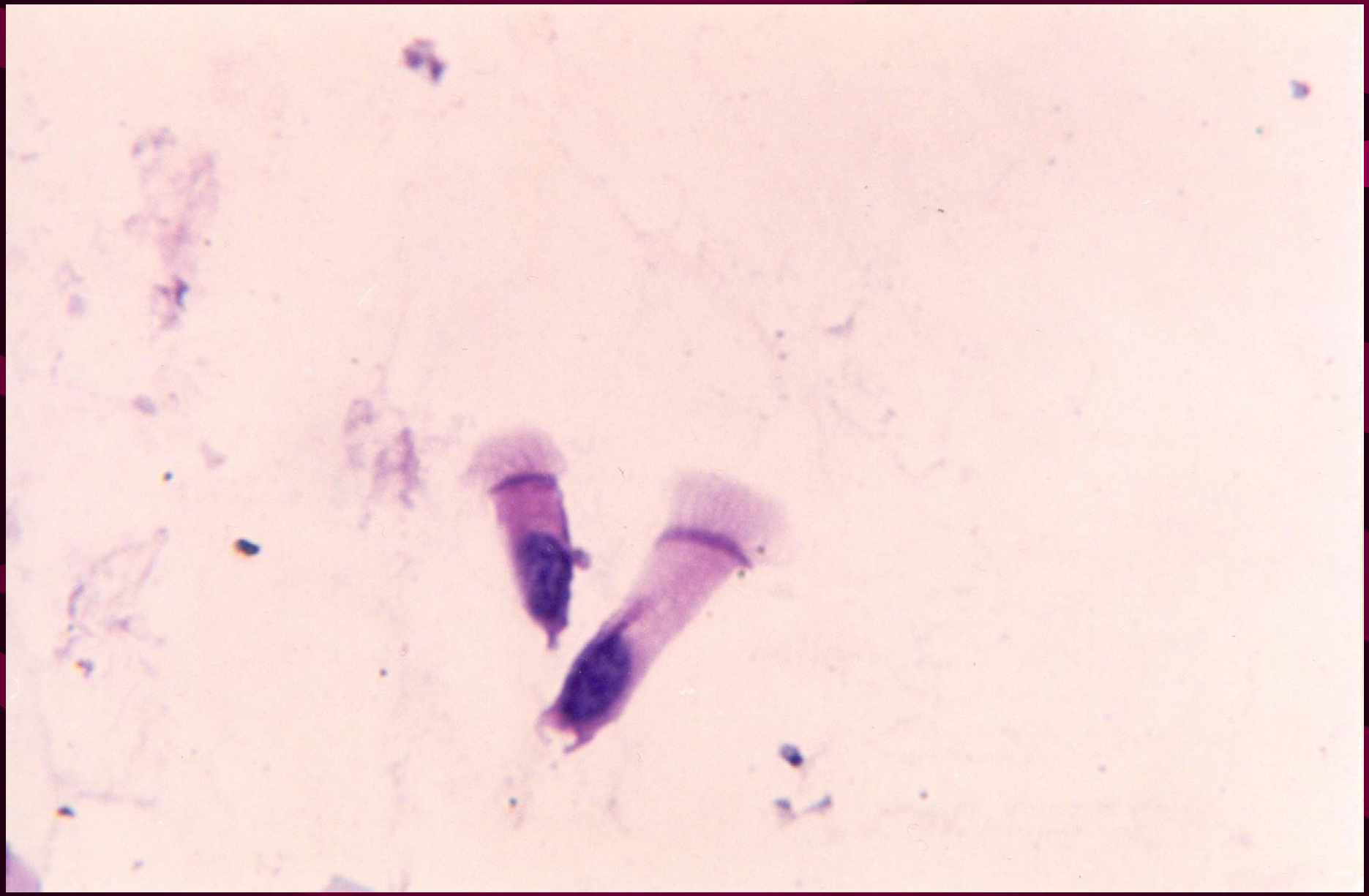
Celulele bazale sunt celule de înălţime mai redusă, formă neregulată (poliedrice, rotunde, ovalare) răspândite pe membrana bazală a epiteliului traheei, bronhiilor şi bronhiolelor. Mitozele acestor celule asigură menţinerea numărului constant de celule bazale şi asigură dezvoltarea celulelor intermediare. Ele constituie o populaţie celulară mai puţin diferenţiată, capabilă de a se divide şi a genera toate categoriile de celule prezente în grosimea epiteliului bronşic.

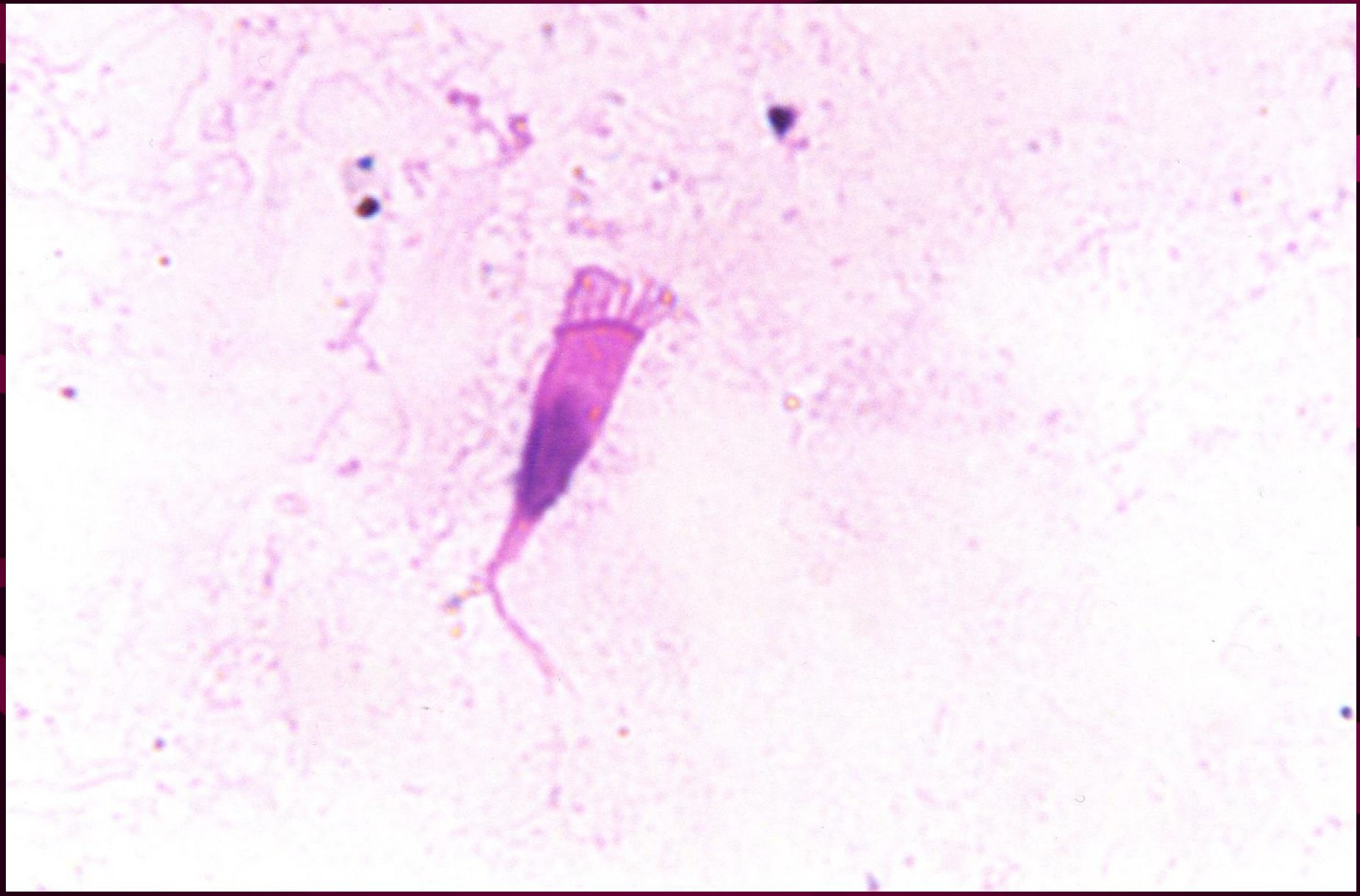
Celulele intermediare au o înălţime variabilă şi formează un strat de celule mai greu de definit morfologic deoarece nu prezintă particularităţi evidente la microscopul optic. Teoretic ele sunt mai înalte decât celulele bazale şi nu ajung cu polul apical la suprafaţa epiteliului. Ele reprezintă o populaţie celulară încă nediferenţiată, asemănătoare morfologic cu celulele bazale. Cele mai înalte celule dintre acestea prezintă, la microscopul electronic, semne de diferenţiere fie în celule ciliate, fie în celule caliciforme.











II. PLĂMÂNII

Plămânii, principalele organe ale hematozei, sunt situaţi în cavitatea toracică, fiind separaţi între ei prin mediastin şi delimitaţi la exterior de pleură. Greutatea medie a celor doi plămâni de adult este de circa 1060 grame la bărbat şi de circa 940 grame la femeie. Ea variază în funcţie de greutatea corporală, de înălţimea individului, de dezvoltarea cutiei toracice, vârstă, etc.

Diametrele plămânilor sunt de asemenea variabile în funcţie de starea de expiraţie sau inspiraţie, 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 conţin cei doi plămâni variază de la 4500 la 5000 de ml.

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

Plămânul drept este de regulă împărţit în **trei lobi** (superior, mijlociu şi inferior) separaţi între ei prin scizuri, în timp ce plămânul stâng este divizat doar în **doi lobi** (superior şi 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 conţine trei segmente, cel mijlociu doar două, în timp ce lobul inferior conţine 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 conţine patru segmente.

Fiecare segment conţine un număr variabil de **lobuli pulmonari**, separaţi 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 şi funcţional plămânul este împărţit în trei zone:

- **zona hilară**, lipsită de parenchim pulmonar, formată în întregime din bronhiile lobare, vasele mari de sânge, noduli limfatici, nervi şi ţesut 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 şi convergente, vase limfatice, ţesut conjunctiv în cantitate mai redusă şi lobuli pulmonari alimentaţi de bronhiole care se desprind direct din căile aeriene mari ale acestei zone.

- **zona corticală** sau externă, formată din ramificaţiile periferice ale arborelui bronşic care continuă elemenetele structurale ale lobulilor pulmonari.

Lobulii pulmonari sunt consideraţi **unităţile funcţionale ale pulmonului**, au o formă piramidală şi măsoară între 2 şi 7 cm.

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

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

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

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

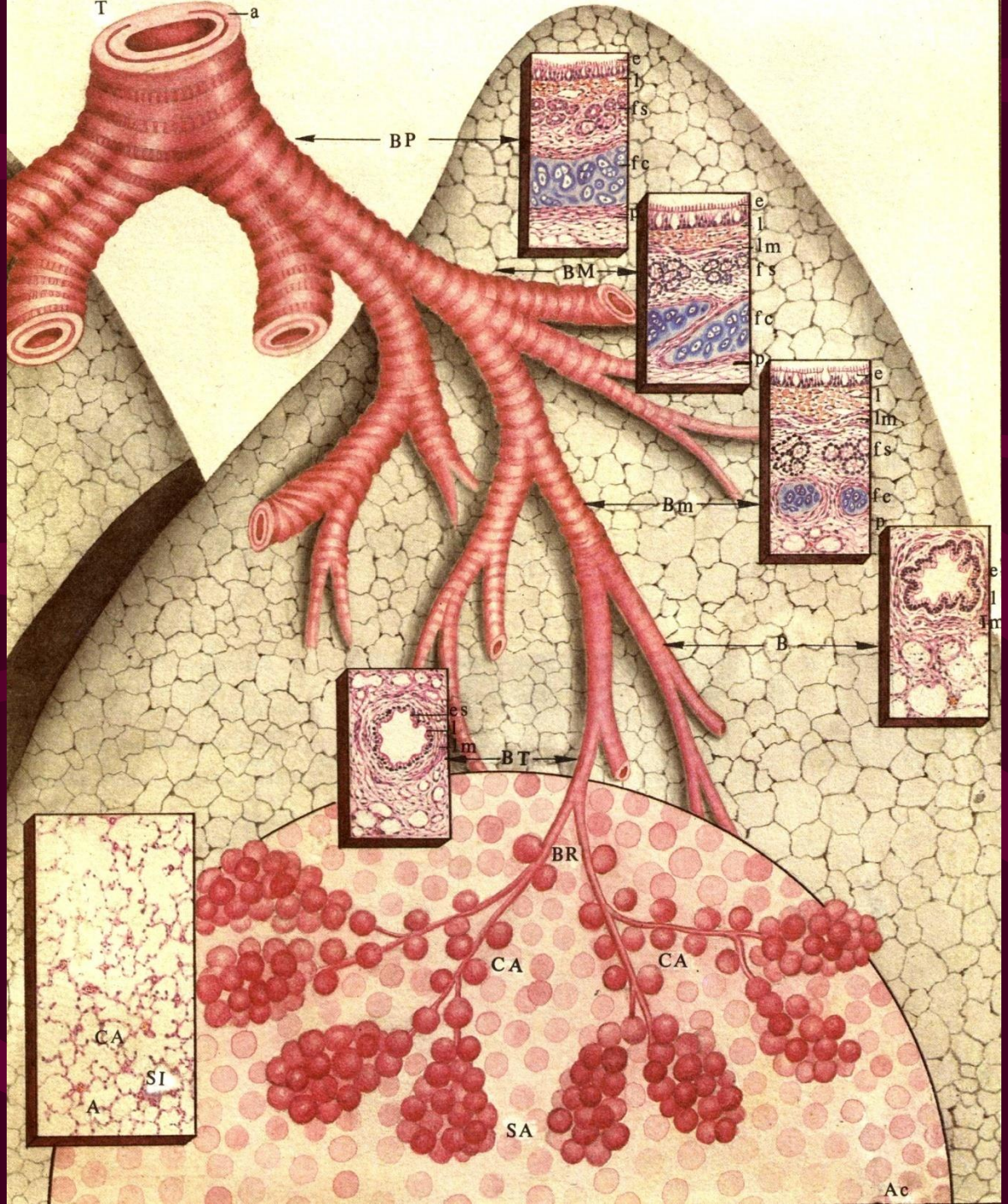
CĂILE RESPIRATORII INTRAPULMONARE

Căile aeriene intrapulmonare prezintă, din punct de vedere morfologic, multiple caractere comune, dar şi particularităţi 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 şi tunica mio-fibro-cartilaginoasă existând o ***tunică submucoasă***. Deoarece nu există nici o structură histologică care să delimiteze ţesutul 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.


T
a
BP
e
b
fs
fc
BM
e
l
lm
fs
fc
p
Bm
e
l
lm
fs
fc
p
B
e
l
lm
es
l
lm
BT
BR
CA
CA
CA
SI
A
SA
Ac

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 particularităţi faţă de alte căi ale arborelui traheobronşic.

A. **Tunica mucoasă** este alcătuită din epiteliu şi corion.

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

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

Celulele Kultschitzky (celulele K). Ultimul tip de celule identificate în epiteliul bronşic şi în glandele bronşice sunt ***celulele cromafine***. Ele aparţin 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 şi celule dendritice datorită multiplelor prelungiri pe care le prezintă.

Celulele K sunt celule de tip secretor deoarece au în citoplasmă **granule de secreţie 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 aparţin unui grup de celule care formează "sistemul APUD". În patologie celulele cromafine dau naştere unor tumori particulare denumite **carcinoide bronşice** şi se pare că intervin şi în dezvoltarea carcinoamelor bronho-pulmonare microcelulare.

Corionul mucoasei bronşice este un corion de apărare fiind format din ţesut conjunctiv lax bogat în celule aparţinând sistemului imun, fibre conjunctive (în special fibre elastice) şi substanţă fundamentală abundentă.

Celulele din corionul mucoasei bronşice sunt reprezentate de fibroblaste, limfocite, plasmocite, macrofage, mastocite, fibre musculare netede, adipocite. Proporţia acestor celule este variabilă de la un segment la altul al arborelui bronşic şi de la o stare la alta. Prezenţa unor antigene la suprafaţa epiteliului bronşic sau a unor gaze nocive atrage o creştere rapidă a celularităţii mucoasei bronşice. Dintre aceste celule o importanţă deosebită o au celulele aparţinând sistemului imunitar: limfocitele, plasmocitele, macrofagele şi mastocitele.

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

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

Plasmocitele sunt celule conjunctive care ia naştere prin diferenţierea locală a limfocitelor B. La nivelul aparatului respirator plasmocitele sintetizează şi secretă în special ***imunoglobuline A (Ig A)*** care, în drumul lor spre suprafaţa epiteliului de acoperire, primesc o componentă secretată de celulele epiteliale numită "piesă secretorie". În mucusul de la suprafaţa epiteliului 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 epiteliului. Numărul mastocitelor creşte în inflamaţiile cronice. Prin degranularea mastocitelor în cursul unor procese imune sau alergice se pot declanşa procese de bronhoconstricţie, vasodilataţie capilară şi edem, în mucoasa bronşică.

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

Glandele bronşice sunt asemănătoare glandelor salivare mixte mici, având un diametru sub 1 mm. Ele sunt neuniform răspândite în corionul bronşic atingând maximum de dezvoltare în bronhiile din generaţia a V-a, unde se găseşte cel puţin o glandă/mm^2 de mucoasă bronşică, după care numărul lor scade progresiv pe măsură ce se divide arborele bronşic iar calibrul căilor respiratorii scade.

Glandele bronşice sunt glande compuse, **sero-mucoase**, formate din lobuli tubulo-acinoşi înconjuraţi de ţesut conjunctiv lax. Atât la nivelul adenomerilor glandulari cât şi la nivelul ductului glandular s-au identificat **celule mioepiteliale**, dispuse între celulele acinoase sau ductale şi membrana bazală a glandei. Aceste celule sunt în contact cu terminaţiile nervoase libere vegetative şi intervin în evacuarea conţinutului glandular.

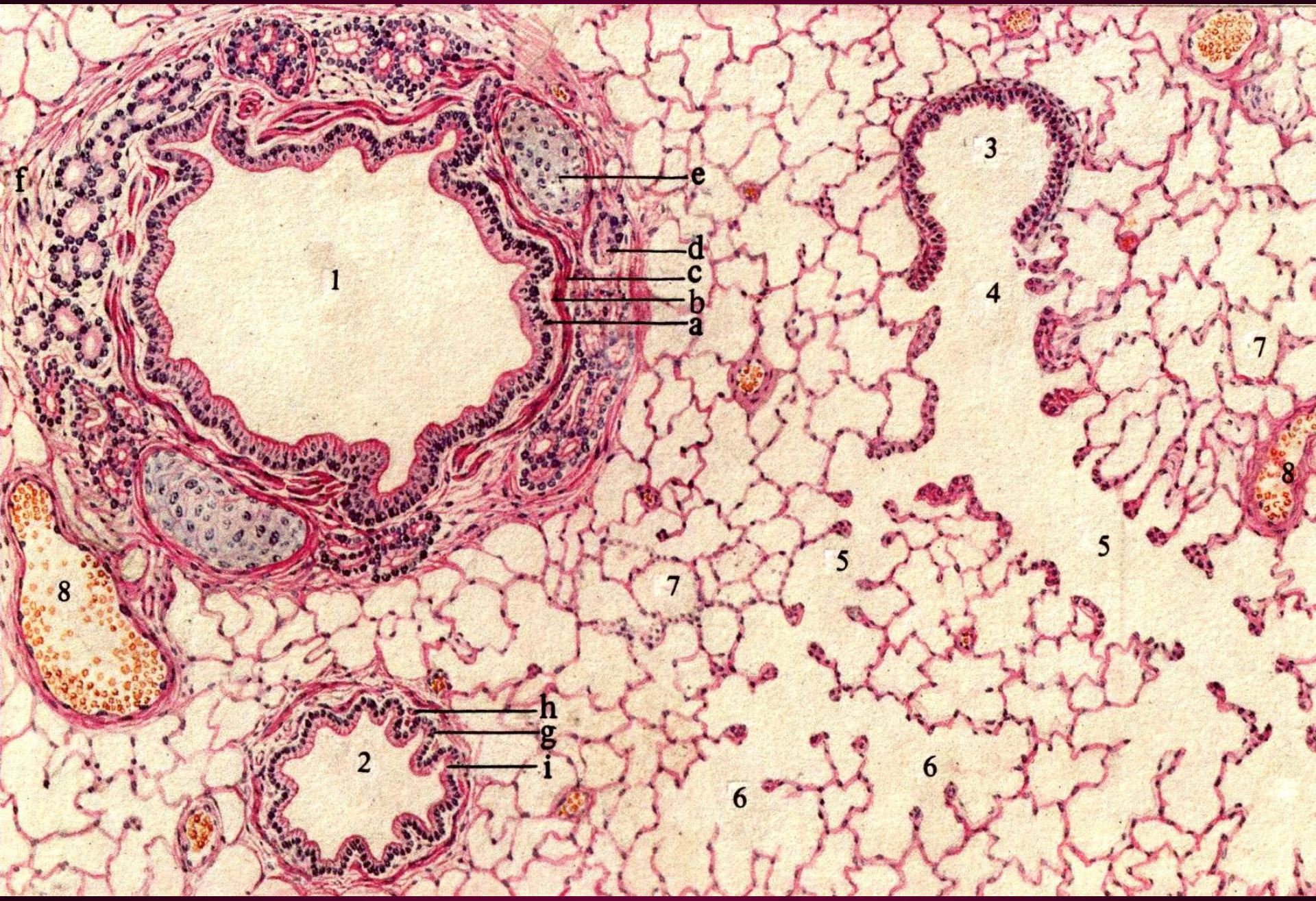
B. Tunica musculo-fibro-cartilaginoasă este formată din mai multe piese cartilaginoase de cartilaj hialin, izolate, dispuse în peretele bronşiei. Ele au forme şi mărimi diferite şi sunt învelite la suprafaţă de pericondru. Printre piesele cartilaginoase, mai ales în partea superficială a corionului se 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 conţine ţesut conjunctiv lax bogat în vase de sânge, vase limfatice şi terminaţii nervoase libere.

Bronhiile lobare prin diviziunea lor dau naştere **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 şi mai neregulate, în timp ce stratul celulelor musculare devine mai evident, situat între corion şi piesele cartilaginoase.

În corion pot apare infiltraţii limfoide sau chiar foliculi limfoizi de mici dimensiuni.


f
e
d
c
b
a
1
3
4
7
8
5
8
7
5
h
g
i
2
6
6

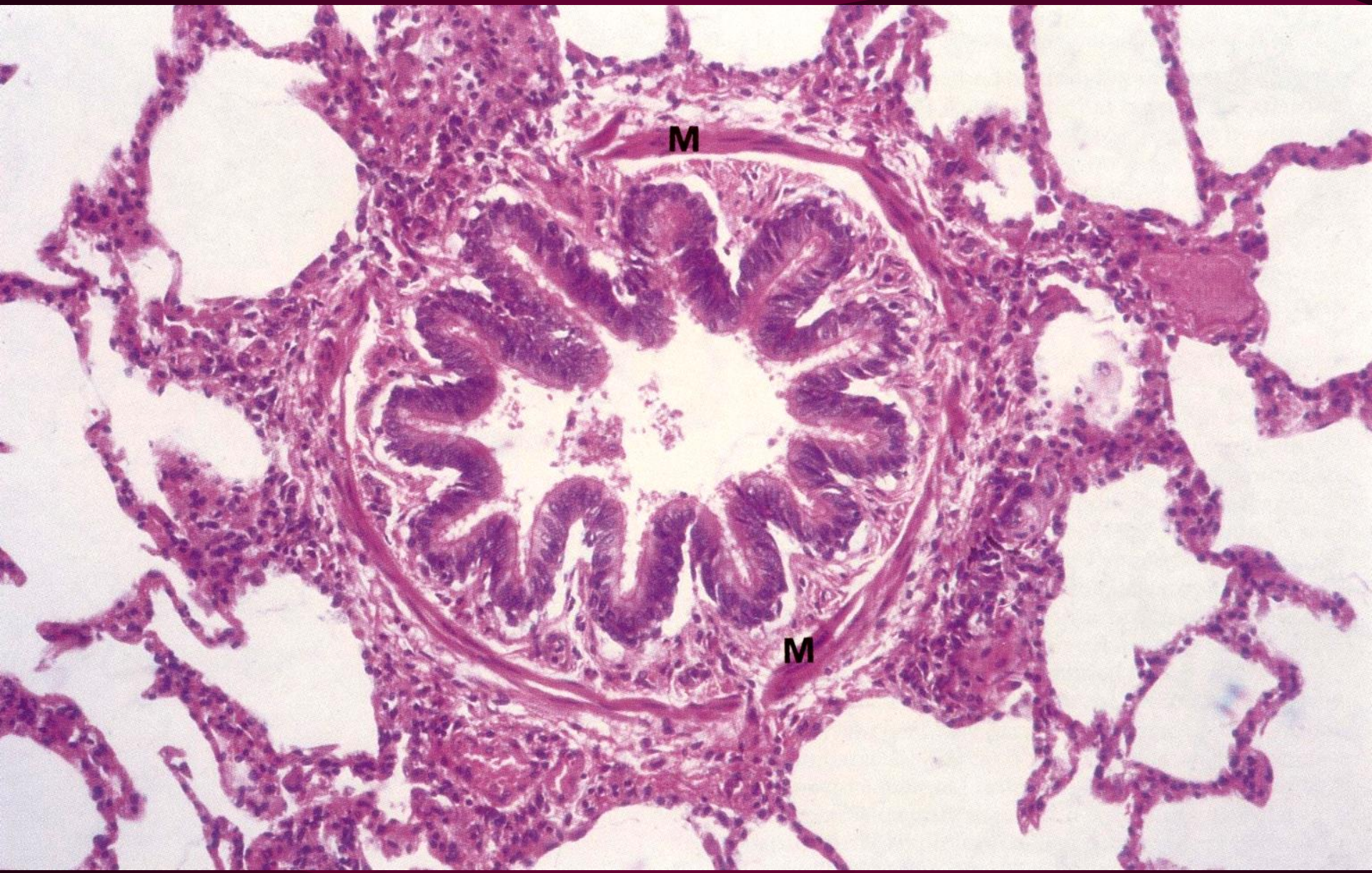
II. Bronhiolele sunt căi aeriene cu diametrul sub 1 mm. Aspectul lor structural diferă de cel al bronhiilor.

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

Corionul este mai puţin dezvoltat, dar conţine aceeaşi populaţie celulară prezentă şi la nivelul bronhiilor, **dar nu mai conține glande.**

Tunica mijlocie nu mai posedă piese cartilaginoase. În schimb fibrele musculare netede sunt mult mai numerose şi se organizează într-un strat gros, bine vizibil pe preparatele microscopice, formând **muşchiul lui Reissenssen**. Inervat de fibre nervoase parasimpatice acest muşchi joacă un rol deosebit în inspiraţie şi expiraţie. Când contracţia lui este puternică şi prelungită mecanica ventilatorie devine dificilă şi se produce criza de astm.

Tunica externă, adventicea, este subţire şi se continuă cu ţesutul conjunctiv al stromei pulmonare.


M
M

Bronşiolele terminale sunt ultimele ramificaţii ale arborelui bronşic care nu participă direct la hematoză. Ele au un diametru mic şi un perete foarte subţire. Epiteliul de suprafaţă este de tip cubic, fără celule ciliate, fără celule caliciforme şi cu rare celule cromafine. Sub epiteliu se găseşte un ţesut conjunctiv aglandular bine vascularizat şi cu fine terminaţii nervoase libere.

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

Adventicea este foarte redusă.

Bronşiolele terminale se continuă cu bronşiolele respiratorii.

Funcţiile arborelui bronşic sunt:

- conducerea aerului în expiraţie şi inspiraţie;
- încălzirea şi umidifierea aerului;
- filtrarea aerului de impurităţi cu ajutorul aparatului muco-ciliar;
- captarea şi distrugerea antigenelor din aerul inspirat;
- secreţia de imunoglobuline de tip Ig As.

ZONA SCHIMBURILOR GAZOASE

Este formată de elementele acinului pulmonar şi anume:

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

Bronşiolele respiratorii se disting de bronşiolele terminale prin prezenţa, din loc în loc, în peretele lor a alveolelor pulmonare, care întrerup epiteliul bronhiolar. Numărul alveolelor în peretele bronhiolelor respiratorii creşte pe măsură ce se îndepărtează de bronhiolele terminale. Epiteliul acestor bronşiole este un epiteliu continuu, cubic, aşezat pe o membrană bazală continuă. El nu mai conţine celule cu funcţie secretorie. Corionul este redus la un strat fin de ţesut conjunctiv lax în care se găsesc rare fibre musculare netede.

Canalele alveolare se formează din bronşiolele respiratorii şi au caracteristic faptul că prezintă pe toată circumferinţa alveole pulmonare. Locul în care se implantează alveolele pulmonare poartă numele de ***"picior de inserţie al alveolei"*** şi este prevăzut cu numeroase fibre elastice şi 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 şi se deschid în canalul alveolar.

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

- epiteliul alveolar;

- ţesutul conjunctiv stromal;

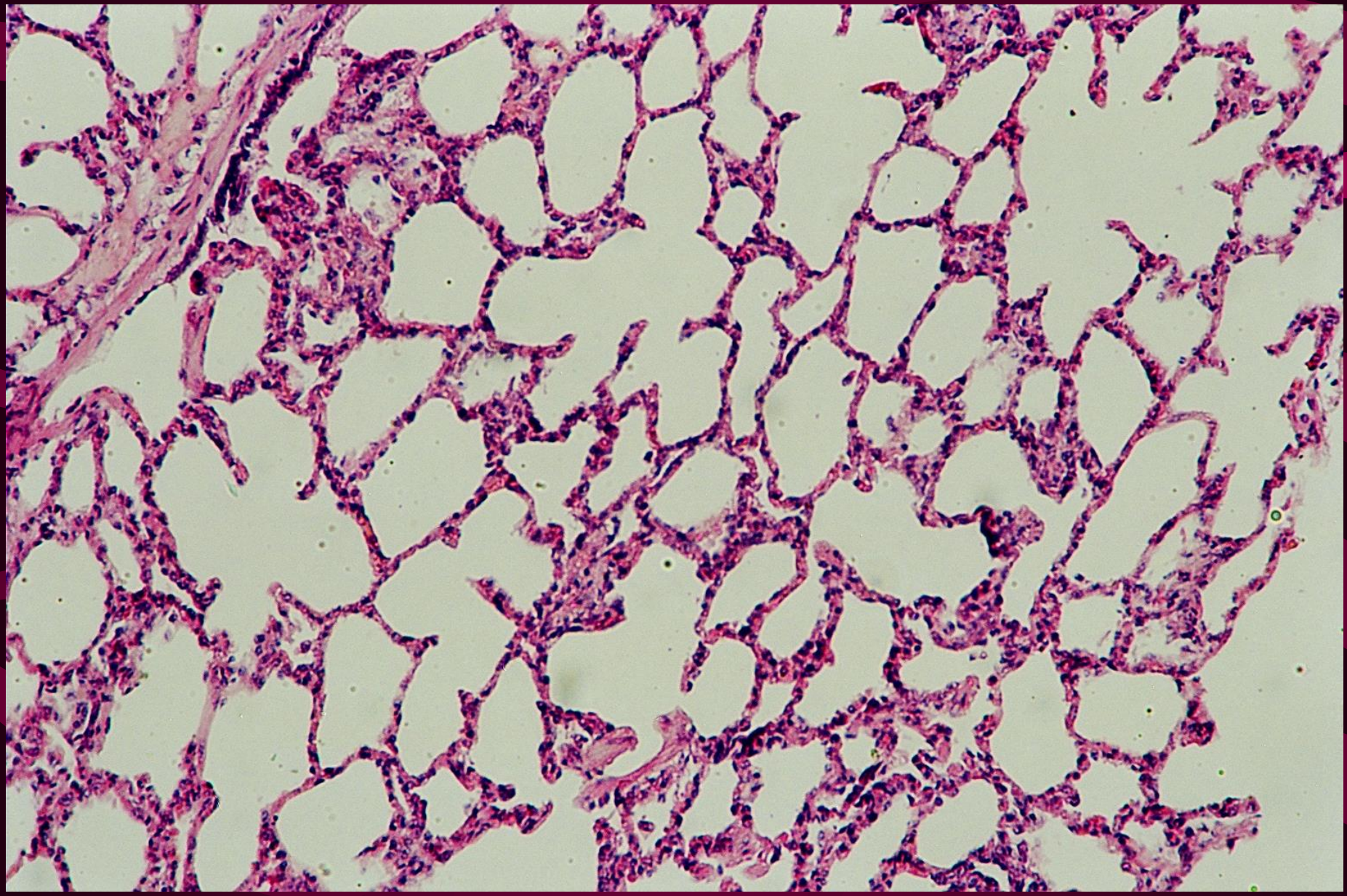
- capilarele sanguine.

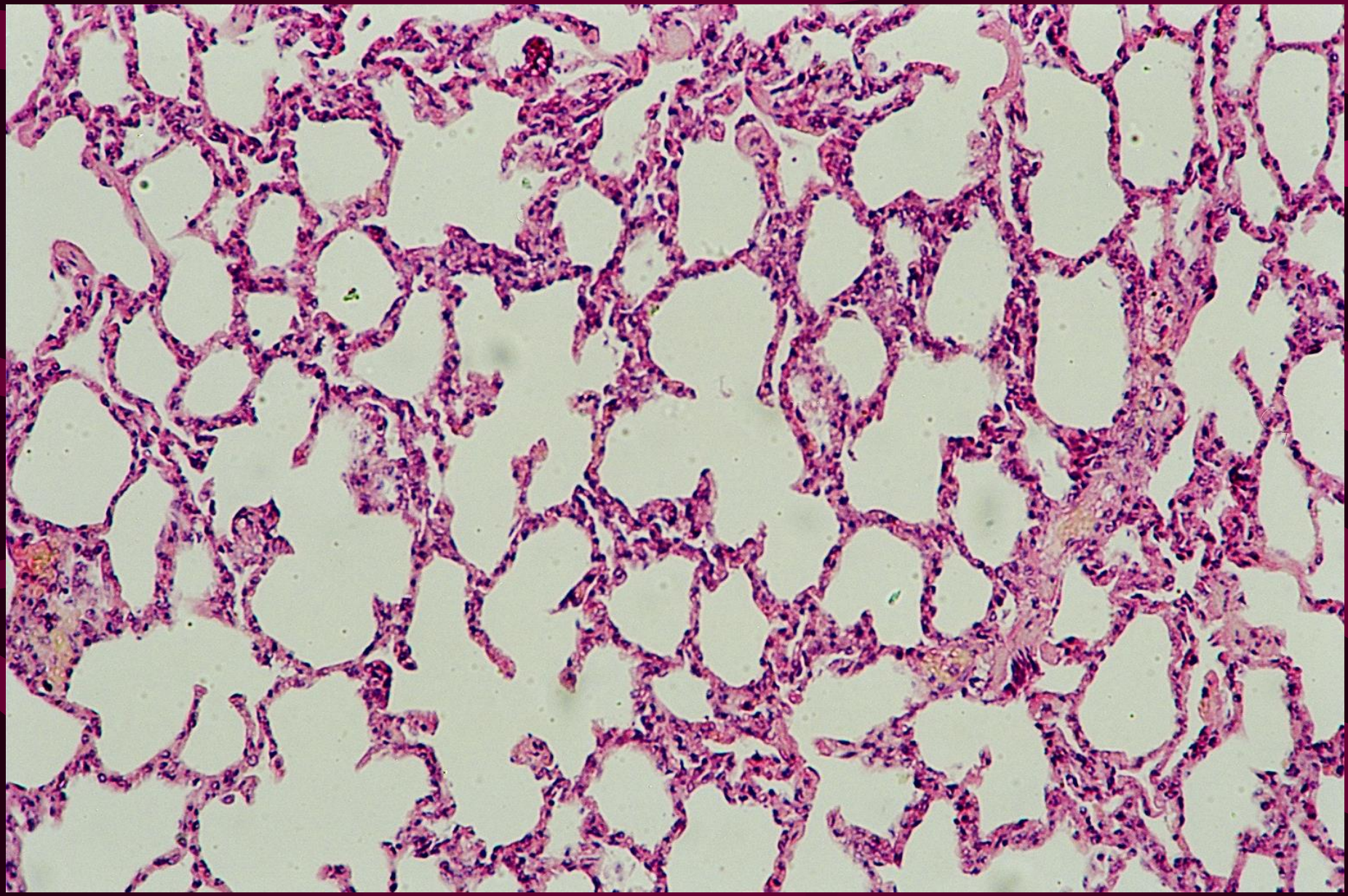
Epiteliul alveolar este un epiteliu continuu, turtit, care tapetează cavitatea alveolară. El este aşezat pe o membrană bazală continuă, subţire, evidentă numai la microscopul electronic. Celulele epiteliului alveolar denumite **pneumocite** sau **alveolocite** sunt celule turtite, joncţionate între ele.

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 citoplasmatice largi care formează adevărate "pânze citoplasmatice". Aceste prelungiri se extind pe distanţe de circa 50 µm de la nucleu şi se joncţionează cu prelungirile celulelor vecine. De asemenea, aceste prelungiri pot străbate porii Kohn şi să treacă de la o alveolă la alta. Prelungirile citoplasmatice ale alveolocitelor tip I conţin vezicule de pinocitoză şi rare organite citoplasmatice. Această dispunere a celulelor alveolare favorizează schimburile gazoase.

În ciuda înaltei diferenţieri impuse de funcţia de schimb gazos, alveolocitele plane asigură apărarea pereţilor alveolari împotriva factorilor nereţinuţi de pelicula de mucus din arborele traheobronşic 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 numeroşi microvili scurţi. Nucleul acestor celule este voluminos, neregulat, situat central. Citoplasma este abundentă şi prezintă toate organitele citoplasmatice

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

În unele condiţii celulele tip II prezintă proprietăţi fagocitare, în citoplasma lor evidenţiindu-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 fagociteaza particulele străine inhalate care au reuşit să pătrundă în lumenul alveolei pulmonare.

Surfactantul pulmonar. Suprafaţa internă a pereţilor alveolari este acoperită de un film subţire de lichid, rezultat din exudarea plasmei din capilare la care se adaugă fosfolipidele secretate de pneumocitele tip II. Surfactantul pulmonar este într-o continuă mişcare, primenindu-se continuu. O parte din el este resorbit şi trecut în capilare, iar o altă parte urcă spre arborele bronşic în cursul respiraţiei.

Acest lichid are funcţii multiple:

- previne colabarea alveolelor pulmonare în expir datorită tensiunii superficiale crescute;

- favorizează transportul gazelor respiratorii prin membrana alveolo-capilară;

- permite realizarea proceselor de pinocitoză şi endocitoză de către alveolocite;

- realizează un mediu optim pentru activitatea macrofagelor alveolare.

Stroma pulmonară

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

Ţesutul conjunctiv stromal este format fibre conjunctive, celule şi substanţă fundamentală. Fibrele conjunctive sunt formate în cea mai mare parte din **fibre elastice** care au o orientare plexiformă, fapt ce asigură variaţiile de volum ale pulmonului şi fac ca expiraţia fiziologică să aibă loc fără consum de energie. În caz de pneumotorax fibrele elastice sunt răspunzătoare de colabarea pulmonului spre hil. Pe masură ce organismul îmbătrâneşte fibrele elastice din stroma pulmonară se reduc cantitativ, devin mai dezorganizate şi sunt înlocuite cu fibre de colagen.

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

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

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

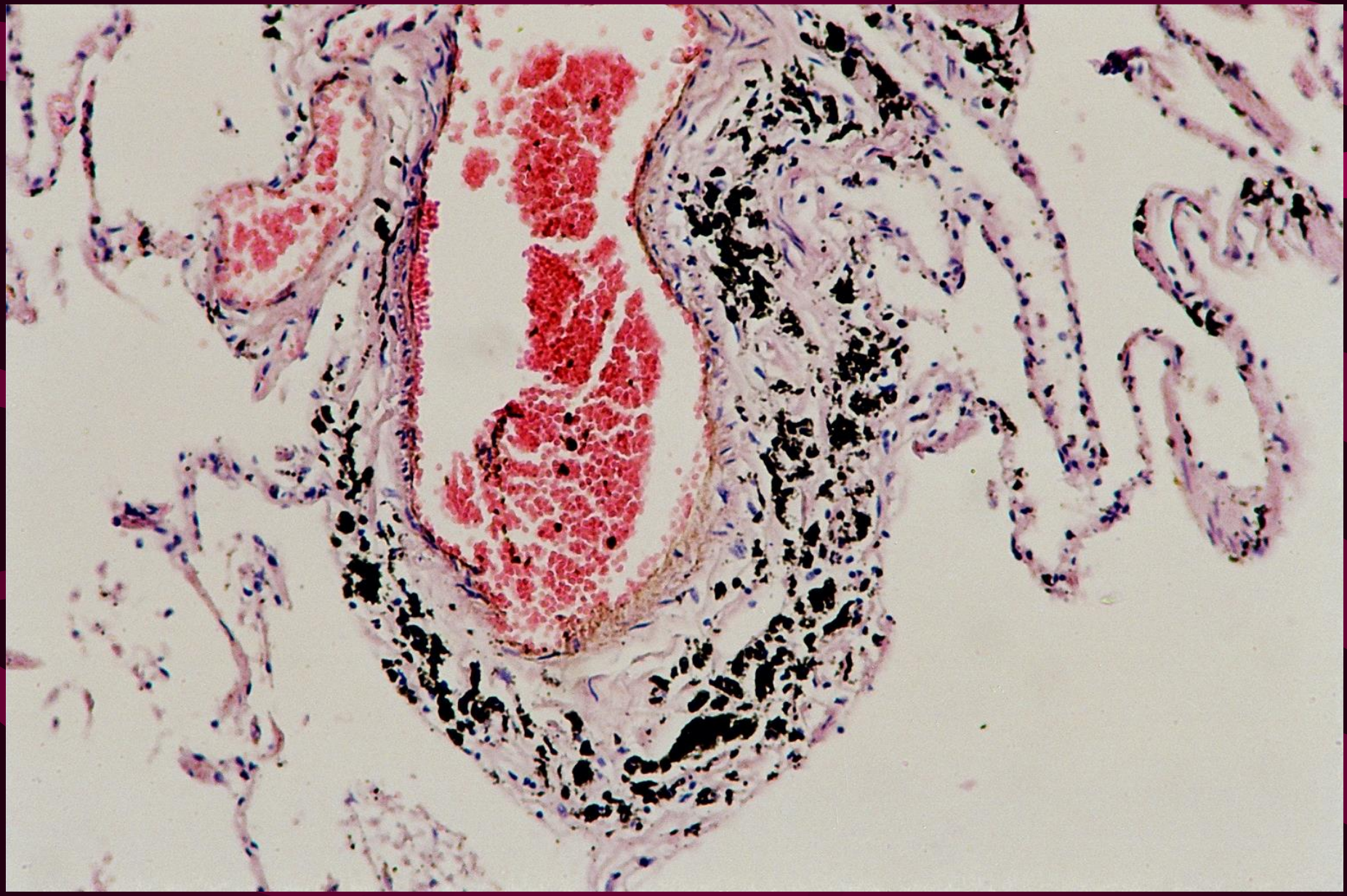
Substanţa fundamentală este mai abundentă la copil şi săracă la adult. Ea este formată în principal din glicozaminoglicani, proteoglicani şi glicoproteine structurale.

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

Dintre celulele stromei pulmonare, un aspect particular îl prezintă **macrofagele**. Aceste celule, cu originea în măduva hematopoietică, străbat peretele capilarului pulmonar şi 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 mobilităţii proprii, macrofagele trec din lumenul alveolei în stroma pulmonară unde rămân stocate în ţesutul conjunctiv perilobular, dând culoarea cenuşie sau neagră plămânului persoanelor expuse la noxe. La bolnavii cu insuficienţă cardiacă macrofagele înglobează pigemntul feric rezultat din degradarea unor hematii, devin "**celule cardiace**" şi dau culoarea brun - roşcată pulmonului.

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

Stroma pulmonară conţine şi o bogată reţea de **capilare sanguine**. Capilarele pulmonare sunt capilare tipice, cu diametrul de 6-8 µm, formate dintr-un endoteliu continuu, aşezat pe o membrană bazală subţire; periteliul lipseşte. Se apreciază că suprafaţa totală a reţelei capilare variază de la **90 la 150 m^2** În zonele unde se realizează hematoză, ţesutul conjunctiv septal dispare, astfel că membrana bazală a alveolei pulmonare vine în contact şi 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 şi 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.

Vascularizaţia pulmonului

Plămânul prezintă o bogată vascularizaţie sanguină şi limfatică.

Vascularizaţia sanguină este formată din două sisteme circulatorii diferite ca origine, debit şi importanţă. Există o circulaţie funcţională (circulaţia pulmonară) şi una nutritivă (circulaţia bronşică).

Circulaţia funcţională începe în ventriculul drept, de unde porneşte 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 emergenţă, sub crosa aortei, artera pulmonară se diveide în două ramuri: artera pulmonară dreaptă şi, respectiv, artera pulmonară stângă. Fiecare arteră pulmonară se divide, similar arborelui bronşic, rezultând artere lobare, segmentare, lobulare. Ultimele arteriole dau naştere unei vaste reţele de capilare care se dispun în septurile interalveolare. Aici se realizează hematoza.

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

Circulaţia nutritivă (circulaţia bronşică) ia naştere din aortă sau din arterele intercostale. Arterele bronşice, artere de tip muscular, trasportă circa 10% din sângele care ajunge la pulmon. Ele dau numeroase ramificaţii în jurul arborelui bronşic şi se termină la nivelul bronhiolelor respiratorii. Circulaţia bronşică formează numeroase reţele capilare peribronşice sau în peretele bronhilor şi bronşiolelor. Venele bronşice converg spre hilul pulmonului se deschid în venele azigos sau hemiazigos.

Între circulaţia pulmonară şi cea bronşică există numeroase anastomoze.

Circulaţia limfatică este foarte abundentă. Ea începe prin apariţia capilarelor limfatice în septurile interlobulare şi în spaţiile peribronhovasculare de la vârful lobulului. La nivelul septurilor intrealveolare nu exista capilare limfatice, ceea ce explică apariţia edemului pulmonar. Capilarele limfatice confluează şi formează vase limfatice care alcătuiesc două plexuri:

- un plex limfatic superficial dispus sub pleura viscerală;

- un plex limfatic profund care însoţeşte căile aeriene intrapulmonare, vasele pulmonare şi bronşice.

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

Inervaţia pulmonului este de tip vegetativ, simpatică şi parasimpatică. Inervaţia simpatică provine din ganglionii simpatici paravertebrali 2, 3 şi 4 toracali, iar cea parasimpatică din nervul vag. Fibrele vegetative formează un plex hilar antrior şi un plex posterior, din care se desprin fibre ce se distribuie arborelui bronşic, vaselor sanguine şi pleurei viscerale. Stimularea fibrelor vagale determină contracţia fibrelor musculare netede din pereţii căilor aeriene (bronhoconstricţie) şi creşterea secreţiei glandelor bronşice, în timp ce stimularea fibrelor simpatice determină relaxarea fibrelor musculare netede (bronhodilataţie).

Componenta senzitivă asigură inervaţia pleurei viscerale şi a pereţiilor bronhiilor. Parenchimul pulmonar nu prezintă fibre senzitive.

Pleura este formată dintr-o foiţă viscerală şi o foiţă parietală, opuse prin suprafeţele lor lumenale, care se continuă una cu alta la nivelul hilului pulmonar. Între cele două foiţe pleurale se formează o cavitate virtuală, cavitatea pleurală, care conţine o mică cantitate de lichid cu rol în dinamica mişcărilor respiratorii.

Histologic pleura este constituită din :

- mezoteliu;
- ţesutul conjunctiv submezotelial.

Mezoteliul este un epiteliu pavimentos simplu, continuu, cu funcţie de filtrare a plasmei, de secreţie, de absorbţie şi de fagocitoză a elementelor din lichidul pleural. Celulele mezoteliale au o grosime variabilă de la 2 la 8 µm. Ele se joncţionează prin interdigitaţii şi desmozomi. La polul apical, celulele mezoteliale prezintă microvilozităţi cu lungimea variabilă de la 0,5 la 3 µm, mai dezvoltaţi la nivelul foiţei viscerale. In citoplasmă prezintă organite puţine, neuniform răspândite, mai numeroase în jurul nucleului. Tot în citoplasmă prezintă frecvent vezicule de micropinocitoză.

Mezoteliul este aşezat pe o membrană bazală continuă care-l desparte de ţesutul conjunctiv submezotelial. Membrana bazală este formată din fibre de colagen, fibre de reticulină şi substanţă fundamentală bogată în glicozaminoglicani şi glicoproteine structurale.

Ţesutul conjunctiv submezotelial este un ţesut conjunctiv bogat în fibre elastice, colagene şi terminaţii nervoase. El este format fromat dintr-un plan fibro-elastic superficial, bogat în fibre elastice şi un plan fibro-elastic profund care conţine ţesut conjunctiv lax, numeroase vase de sânge şi limfatice, terminaţii nervoase libere şi rare celule conjunctive. Stratul profund se continuă cu ţesutul conjunctiv subpleural şi cu septurile interlobulare.

Pleura parietală, este formată din aceleaşi straturi, dar mai groase, mai puţin elastice, iar în exterior conţine numeroase adipocite.

În cavitatea pleurală se află o mică cantitate de lichid pleural care favorizează mişcările de inspiraţie şi expiraţie. În stări patologice cantitatea de lichid pleural poate creşte, boală care poartă numele de pleurezie.

Mecanismele de apărare bronhopulmonară

Mecanismele de apărare bronhopulmonară au rolul de a menţine homeostazia mediului intern şi de a asigura realizarea în condiţii optime a procesului de hematoză. Această funcţie presupune asigurarea permeabilităţi căilor respiratorii, asigurarea integrităţii segmentelor unde au loc schimburile gazoase, precum şi a vaselor sanguine din structura aparatului respirator.

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

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

Funcţiile non-respiratorii ale pulmonului

Pe lângă funcţia respiratorie, pulmonul îndeplineşte şi alte funcţii.

Funcţia metabolică a fost evidenţiată după ce s-a constata existenţa în celulele endoteliale ale capilarelor pulmonare a numeroase organite citoplasmatice, a unor substanţe vasoactive şi a unor vezicule de micropinocitoză. La realizarea acestei funcţii participă atât celulele endoteliale cât şi alte celule ale interstiţiului conjunctiv, în special mastocitele. La nivelul pulmonului **sunt inactivate** numeroase substanţe endogene ca: **serotonina**, **bradikinina, noradrenalina, diverse prostaglandine**. Alte substanţe endogene **sunt activate** la nivelul pulmonului: **plasminogenul este transformat în plasmină**, angiotensina I în angiotensină II datorită prezenţei unei enzime de conversie.

Funcţia de rezervor vascular. Datorită imensei reţele capilare pe care o conţine şi datorită faptului că sunt situaţi între cei doi ventriculi, plămânii joacă un rol esenţial în reglarea debitelor ventriculare. În caz de insuficienţă cardiacă capacitatea vasculară a pulmonului creşte foarte mult.

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

Funcţie hematopoietică. În cursul evoluţiei intrauterine, la nivelul pulmonului se produc, pentru o scurtă perioadă de timp, elemente figurate sanguine. La naştere sau la prematuri, parenchimul pulmonar poate conţine mici insule de ţesut hematopietic.