

1 – FUNÇÕES

O sistema respiratório permite o transporte do O_2 para o sangue, a fim de ser distribuído para as células, e a retirada do CO_2 , dejetado do metabolismo celular, do sangue para o exterior. Ele está envolvido na fala e nele ocorre ainda o olfato e, implicado com este, a percepção de sabores mais apurados.

2 – CONSTITUINTES

O sistema respiratório (Figura 9.1) pode ser dividido em uma porção condutora, que conduz o ar para os locais onde se dão as trocas gasosas, uma porção respiratória, onde se dão as trocas gasosas, e ainda uma porção transitória, entre essas duas porções, com ambas funções.

A *porção condutora* é formada por: cavidade nasal, faringe, laringe, traqueia, brônquios primários (principais ou extrapulmonares), brônquios secundários (ou lobares), brônquios terciários (ou segmentares), bronquíolos (primários) e bronquíolos terminais. A *porção transitória* consiste nos bronquíolos respiratórios, e a *porção respiratória*, nos ductos e sacos alveolares.

2.1 – Cavidade nasal

A cavidade nasal (ou fossas nasais) contém o vestíbulo, a área olfatória e a área respiratória.

O *vestíbulo* corresponde à porção interna do nariz e, como o nome diz, é a entrada do sistema

respiratório. O *epitélio* é *estratificado pavimentoso*. A presença de *pelos* protege contra a entrada de poeira. Há *glândulas seromucosas*, cuja secreção serosa umidifica as paredes e o ar. A *cartilagem hialina* dá sustentação.



Figura 9.1 - Ilustração do sistema respiratório. Cortesia de Eliane de Oliveira Borges.

Na parte superior da cavidade nasal, há a *área olfatória*. O *epitélio* é *pseudoestratificado colunar*, constituído pelas *células olfatórias*, que são neurônios bipolares, pelas células de sustentação, colunares e com microvilos, e pelas células basais, que originam as células olfatórias e as células de sustentação.

A secreção serosa das *glândulas de Bowman* dissolve as substâncias odoríferas para permitir a sua percepção pelas células olfatórias e, pelo seu fluxo contínuo, remove os compostos que estimularam o olfato, evitando respostas repetidas e mantendo os receptores aptos para novos estímulos.

A maior parte da cavidade nasal é a *área respiratória* e é assim denominada porque o seu *epitélio* é típico do sistema respiratório, ou seja, *pseudoestratificado colunar ciliado e com células caliciformes*.

O muco secretado pelas células caliciformes aprisiona as partículas de pó e é deslocado pelo batimento dos cílios para a faringe, onde é engolido.

Além das células colunares ciliadas, das células caliciformes e das células basais, esse epitélio possui células endócrinas, que atuam sobre as terminações nervosas e sobre as células vizinhas do trato respiratório, regulando a secreção do muco e o batimento dos cílios, entre outras funções.

A área superficial é aumentada pelos *cornetos* (ou *conchas*), três expansões ósseas que tornam as paredes laterais da cavidade nasal irregulares, e pelos *seios paranasais*, cavidades nos ossos da face em comunicação com a cavidade nasal. Eles são revestidos pelo epitélio respiratório, e o muco é drenado para as fossas nasais.

O tecido conjuntivo da cavidade nasal e dos seios paranasais é ricamente vascularizado, permitindo a umidificação e o aquecimento da mucosa e do ar. Possui *glândulas seromucosas*, cuja secreção serosa contribui para a umidificação e contém enzimas, como a amilase e a lisozima, e a secreção mucosa suplementa a secreção produzida pelas células caliciformes para aprisionar as partículas de poeira.

Há muitas células de defesa, sendo os eosinófilos abundantes nas pessoas com rinite alérgica.

A lâmina própria da cavidade nasal apóia-se no periósteo subjacente.

2.2 – Faringe

Posterior à cavidade nasal, há a nasofaringe, a primeira porção da faringe, cujo *epitélio* também é *pseudoestratificado colunar ciliado e com células caliciformes*. Sob este, há a *tonsila nasofaríngea*. As células do tecido linfóide examinam antígenos inalados e desencadeiam a resposta imunológica. O ar também passa pela orofaringe, que, pelo atrito do alimento, é revestida por epitélio estratificado pavimentoso.

2.3 – Laringe

É um tubo com 4cm de comprimento e de diâmetro, que impede a entrada de alimentos e líquido para o sistema respiratório e permite a produção de sons.

Seu *epitélio* é *pseudoestratificado colunar ciliado e com células caliciformes* e, nas superfícies superior e lateral da epiglote, que fazem contato com o bolo alimentar na sua passagem para o esôfago, e nas pregas vocais, que sofrem o atrito da passagem do ar durante a fala, é *estratificado pavimentoso*.

A lâmina própria contém *glândulas seromucosas* (não nas pregas vocais), e, assim como na cavidade nasal, a secreção mucosa dessas glândulas e das células caliciformes retém as partículas de poeira e é deslocada para a faringe pelo batimento dos cílios.

Há peças de *cartilagem*, sendo as maiores (tireoide, cricoide e a maior parte das aritenóides) *hialinas* e as demais, inclusive a epiglote, *elásticas*. As cartilagens mantêm a laringe aberta, permitindo a passagem do ar e, em virtude da ação dos músculos intrínsecos da laringe, de músculo estriado esquelético, podem se mover, impedindo a entrada de alimento durante a deglutição.

As *pregas vocais* também se movimentam graças ao *músculo estriado esquelético*: o músculo vocal, que se liga aos músculos intrínsecos da laringe. E há ainda, entre o epitélio e o músculo vocal, o ligamento elástico, contribuindo para a sua ação.

2.4 – Traqueia

Possui 10 a 12cm de comprimento e 2 a 3cm de diâmetro.

É revestida por *epitélio pseudoestratificado colunar ciliado e com células caliciformes* (Figura 9.2). O tecido conjuntivo subjacente é ricamente vascularizado (Figura 9.3), o que umidifica e aquece o ar, e tem glândulas seromucosas. A secreção das células caliciformes e das glândulas forma um tubo mucoso, que é deslocado em direção à faringe pelo batimento ciliar, retirando as partículas inspiradas. Os cílios não alcançam a camada de muco. Interposto entre eles há o fluido seroso.

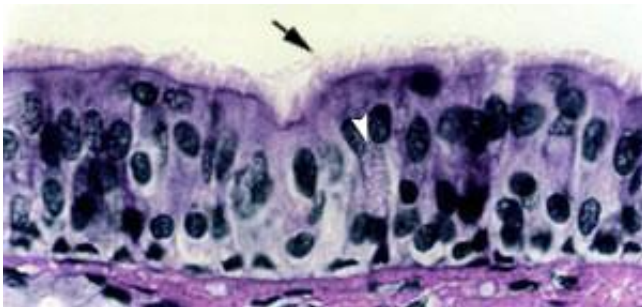


Figura 9.2 - Epitélio da traqueia. As partículas inaladas são capturadas pelo muco produzido pelas células caliciformes (\blacktriangleright), e esse muco é deslocado pelos cílios (\blacktriangleright) em direção à faringe. HE. 550x.

A traqueia apresenta 15 a 20 peças de *cartilagem hialina* (Figura 9.3) em C, com as extremidades unidas por músculo liso. Como na laringe, os anéis cartilagosos evitam o colapso da parede. A contração do músculo diminui a luz, aumentando a velocidade do fluxo de ar.

A traqueia é envolvida por tecido conjuntivo frouxo, comum aos órgãos vizinhos, como o esôfago e a tireoide. Portanto, é a *adventícia*.

2.5 – Brônquios

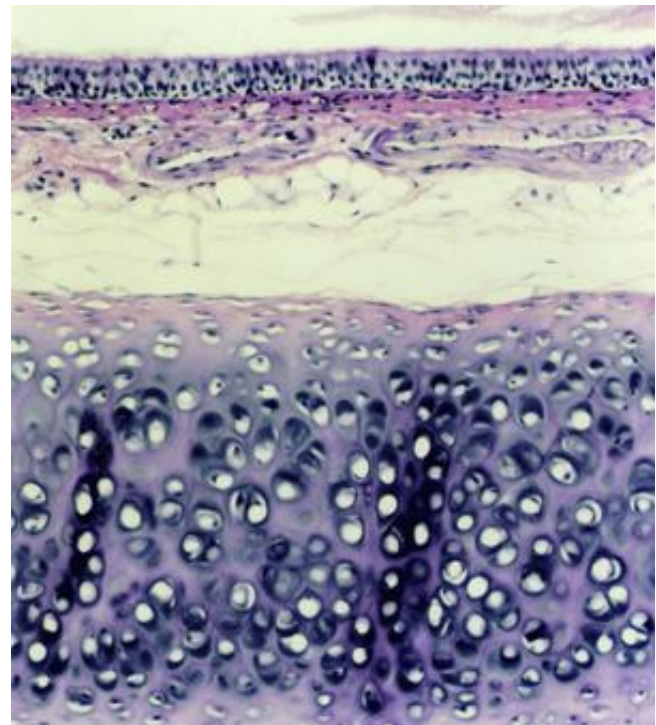


Figura 9.3 - Corte de traqueia, mostrando o muco sobre a superfície, o epitélio pseudoestratificado colunar ciliado e com células caliciformes, o tecido conjuntivo com muitos vasos sanguíneos e células adiposas e a cartilagem hialina. HE. 137x.

A traqueia bifurca-se nos brônquios primários (principais ou extrapulmonares), que, ao entrarem nos pulmões, ramificam-se em três brônquios secundários no pulmão direito e dois no esquerdo: um para cada lobo pulmonar, por isso, são também chamados brônquios lobares. Eles se ramificam nos brônquios terciários (ou segmentares).

O *epitélio é pseudoestratificado colunar ciliado e com células caliciformes* nos ramos mais calibrosos e *simplex colunar ciliado e com células caliciformes* nos ramos menores.

Nas bifurcações da árvore brônquica, as células de defesa podem se acumular na lâmina própria, formando nódulos linfáticos.

Há também *glândulas seromucosas*, mas diferente da traqueia, há pedaços de *cartilagem hialina* e não

uma peça inteira em C, e o *músculo liso* está disposto internamente à cartilagem (Figura 9.4).

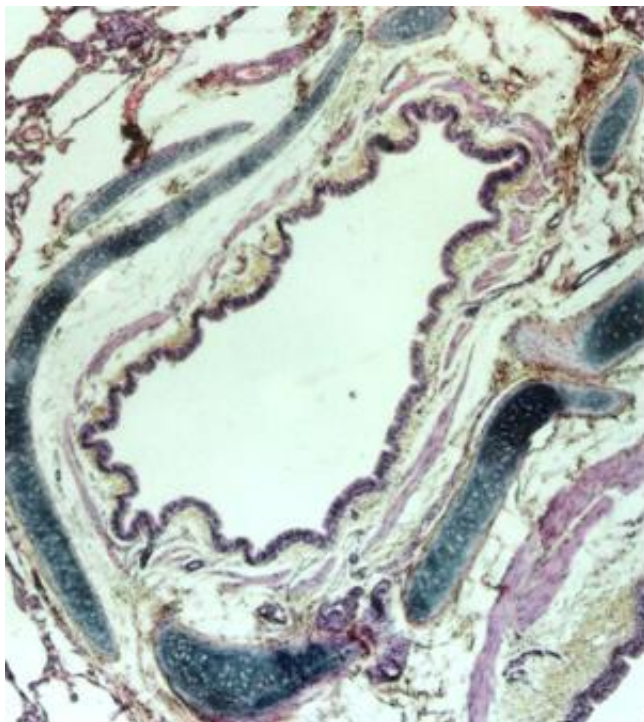


Figura 9.4 - Brônquio intrapulmonar. HE. 55x.

Além de transportar o ar, a árvore brônquica aquece-o pela presença de vasos sanguíneos na sua proximidade, umidifica-o pela secreção serosa das glândulas e limpa-o através do muco das células caliciformes e das glândulas seromucosas e dos cílios.

2.6 – Bronquíolos

A ramificação dos brônquios terciários resulta nos bronquíolos (primários). Cada bronquíolo ramifica-se em cinco a sete bronquíolos terminais, e cada um destes origina um ou mais bronquíolos respiratórios. Distalmente há uma simplificação das estruturas constituintes e uma diminuição da altura do epitélio.

Os *bronquíolos* (primários) são revestidos por *epitélio simples colunar* ou *cúbico, ciliado e com*

células caliciformes ocasionais. Não possuem glândulas, nem cartilagem, mas o *músculo liso* é espesso (Figura 9.5).

A contração do músculo liso dos bronquíolos, sem a presença das peças cartilaginosas para manter a luz aberta, leva à interrupção da passagem do ar durante a *crise asmática*.

Os *bronquíolos terminais* (Figura 9.6) são de *epitélio simples cúbico ciliado, com células de Clara*. Essas células não são ciliadas, e o ápice tem forma de cúpula, com grânulos de secreção. Elas possuem REL e mitocôndrias abundantes.

As células de Clara produzem oxidases e antiproteases, que protegem contra toxinas inaladas; lisozima, que tem ação bactericida, e *surfactante*, um complexo lipoproteico (fosfolipídios, glicosaminoglicanos e proteínas) que reduz a tensão superficial dos bronquíolos, evitando o seu colapamento.

Os bronquíolos terminais apresentam ainda feixes de músculo liso.

Nos *bronquíolos respiratórios*, o *epitélio* é *simples cúbico ciliado ou não*, interrompido por *células pavimentosas* (Figura 9.6), que correspondem aos alvéolos e permitem as trocas gasosas.

Nutrientes e O₂ entram nos pulmões com as *artérias brônquicas*, ramos da aorta torácica, e o sangue a ser oxigenado com as *artérias pulmonares* (Figura 9.5). Elas se ramificam, acompanhando a árvore brônquica e originam capilares contínuos no nível dos bronquíolos respiratórios, onde se anastomosam. Os capilares confluem em vênulas, e estas, em veias que desembocam nas *veias pulmonares*, as quais levam o sangue oxigenado para o coração a fim de ser distribuído para os tecidos.

2.7 – Ductos alveolares, sacos alveolares e alvéolos

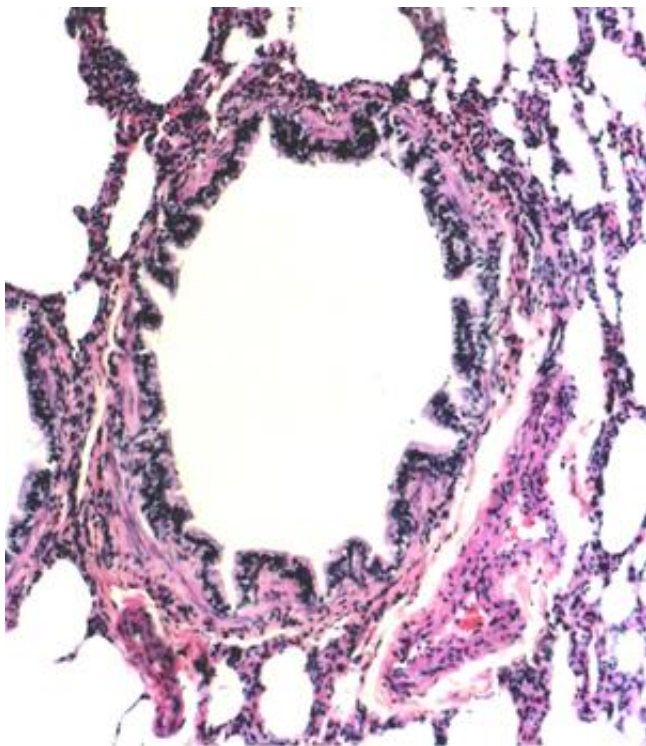


Figura 9.5 - Bronquíolo e, ao redor, alvéolos e um ramo da artéria pulmonar. A morfologia desse vaso difere daquela da circulação sistêmica por causa da baixa pressão do sangue. HE. 137x.

Os bronquíolos respiratórios continuam como *ductos alveolares*, condutos constituídos por alvéolos, portanto, de *epitélio simples pavimentoso*. Entre a abertura de dois alvéolos existe um coxim espesso, com fibras colágenas e elásticas e células musculares lisas. Os ductos alveolares terminam nos *sacos alveolares*, também de alvéolos (Figura 9.6).

O *alvéolo* é um espaço delimitado por epitélio simples pavimentoso, formado pelos pneumócitos tipo I e tipo II.

Os *pneumócitos tipo I* são células pavimentosas, cuja pequena espessura facilita a difusão do O_2 para o sangue. Estão unidas por junções de oclusão, o que evita a passagem de fluido extracelular para a luz do alvéolo.

Os *pneumócitos tipo II* (ou *células septais*) são células cúbicas, com núcleo esférico e citoplasma

vacuolizado ao microscópio de luz, devido à presença de corpos lamelares com o *surfactante pulmonar*, que é exocitado da célula e recobre a superfície dos alvéolos, diminuindo a tensão superficial, o que facilita a expansão na inspiração e evita o seu colapamento na expiração.

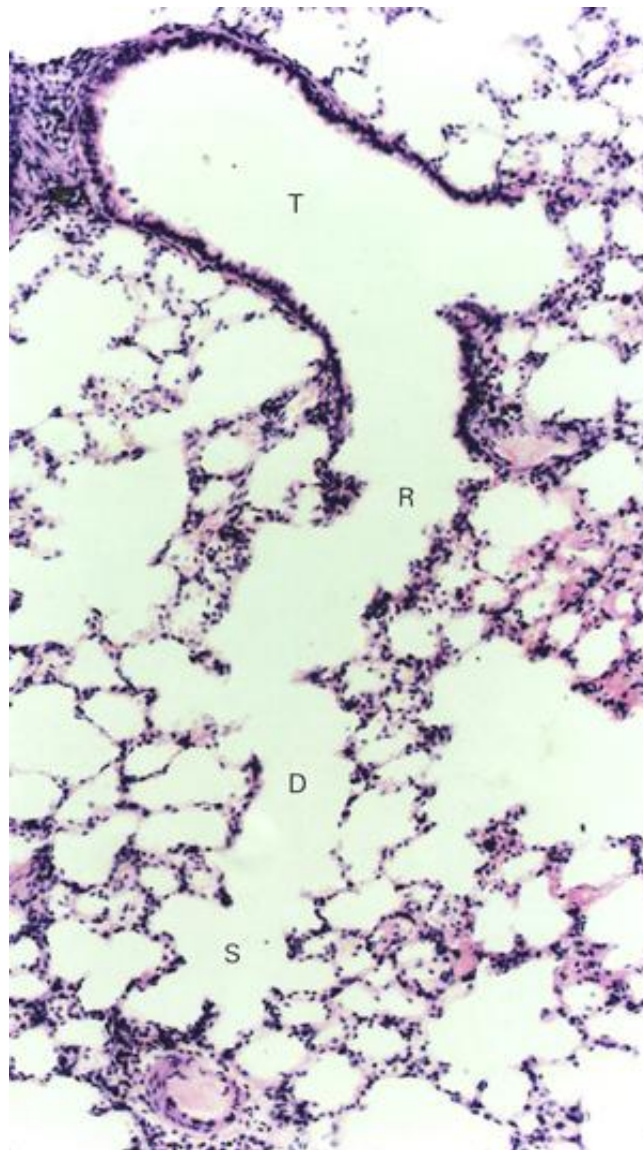


Figura 9.6 - Bronquíolo terminal (T), com epitélio simples cúbico e músculo liso; bronquíolo respiratório (R), ainda de epitélio simples cúbico, mas já com alvéolos; ducto alveolar (D) e saco alveolar (S), constituídos por alvéolos. HE. 137x.

Os pneumócitos do tipo II são capazes de se dividir e de se diferenciar em pneumócitos do tipo I, o que é importante para recuperar o parênquima pulmonar em caso de dano.

Entre os alvéolos, há um pouco de tecido conjuntivo, onde correm os capilares. Essa região é o *septo interalveolar*. O O₂ presente no alvéolo difunde-se para os capilares, onde se liga à hemoglobina do eritrócito. Para tanto, ele atravessa o epitélio do alvéolo, a lâmina basal subjacente, o tecido conjuntivo, a lâmina basal do capilar e o endotélio. Muitas vezes a lâmina basal do epitélio do alvéolo funde-se à dos capilares, facilitando as trocas gasosas. O CO₂ presente no sangue pode ser eliminado do organismo fazendo o caminho inverso e do alvéolo será levado ao exterior pelas vias respiratórias.

No tecido conjuntivo, ainda são encontrados macrófagos, os *macrófagos alveolares* (ou *células de poeira*). Eles migram entre os pneumócitos tipo I e entram na luz do alvéolo, onde fagocitam substâncias estranhas, bactérias e o surfactante em excesso e secretam enzimas, como lisozima, colagenase, elastase e hidrolases ácidas.

Depois da fagocitose, os macrófagos permanecem no interstício, aderem ao muco e são empurrados pelos cílios para a traqueia ou entram nos bronquíolos respiratórios e terminais, onde passam para os vasos linfáticos e então para os linfonodos.

O tecido conjuntivo do *septo interalveolar* é mínimo, apresenta fibras reticulares, que dão sustentação ao parênquima pulmonar, e fibras elásticas, que permitem a expansão dos pulmões durante a inspiração e, com a sua retração, ajudam a expelir o ar dos alvéolos.

Na *fibrose intersticial*, os fibroblastos do *septo interalveolar* aumentam em número e secretam um excesso de colágeno e elastina que leva ao espessamento do interstício, o que aumenta a rigidez do pulmão, limita a expansão e prejudica as trocas gasosas.

3 – QUESTIONÁRIO

- 1) No trajeto do ar pelo sistema respiratório, como ele é limpo de impurezas, aquecido e umedecido?
- 2) Por que a laringe, a traqueia e os brônquios têm peças cartilaginosas?
- 3) Qual é o tipo de epitélio dos alvéolos e dos capilares para facilitar as trocas gasosas entre a luz do alvéolo e o sangue?
- 4) Qual é a substância que facilita a expansão dos alvéolos durante a inspiração e evita que eles colabem durante a expiração? Ela é secretada por quais células?

4 – REFERÊNCIAS

- ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. *Molecular Biology of the cell*. 4.ed. New York: Garland Science, 2002. p.1272-1274.
- GARTNER, L. P.; HIATT, J. L. *Tratado de Histologia em cores*. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. p.351-371.
- GENESER, F. *Histologia: com bases moleculares*. 3.ed. Rio de Janeiro: Médica Panamericana/ Guanabara Koogan, 2003. p.423-438.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.339-358.
- KIERSZENBAUM, A. L. *Histologia e Biologia celular: uma introdução à Patologia*. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p.375-399.
- OVALLE, W. K.; NAHIRNEY, P. C. *Netter Bases da Histologia*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p.333-352.
- ROSS, M. H.; KAYE, G. I.; PAWLINA, W. *Histology: a text and atlas*. 4.ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2003. p.568-601.
- STEVENS, A.; LOWE, J. *Histologia humana*. 2.ed. São Paulo: Manole, 2001. p.159-176.