الفصل التاسع

الجهاز التنفسى

Respiratory System

الفصـــل التاســع
الجهـــاز التنفســـى
Respiratory System

يقوم الجهاز التنفسي في أي حيوان ـ في المقام الأول ـ بتزويد الخلايا الجسمية بأكسيجين الهواء، كما يقوم بتخليص الخلايا من ثاني اكسيد الكربون الناتج من عمليات التنفس الخلوي. ويكون الدم في الفقاريات بمثابة الوسيط الذي يقوم بنقل الاكسيجين وثاني اكسيد الكربون بين الرئتين وخلايا الجسم.

يبـدأ الجهاز التنفسي بفتحتي الانف الخارجيتين يليهما التجويفان الانفيان ثم البلعوم التنفسي فالحنجرة فالقصبة الهوائية فالشعبتان فالرئتان.

ويمكن تقسيم الجهاز التنفسي من الناحية الوظيفية الى جزئين:

١ ـ الجزء التوصيلي الذي يتكون من شجرة من الانابيب التي توصل الهواء من الخارج الى الجزء الثاني ويتم في هذا الجزء تنقية وتكييف الهواء ليصبح مناسباً لانسجة الرئة من حيث درجة الحرارة ودرجة الرطوبة والنظافة.

٢ ـ الجزء التنفسي وفيه يتم تبادل الغازات بين الهواء والدم ويتكون من الشعيبات التنفسية وتفرعاتها حتى الحويصلات الهوائية.

تجـويفـا الأنـــف Nasal cavities

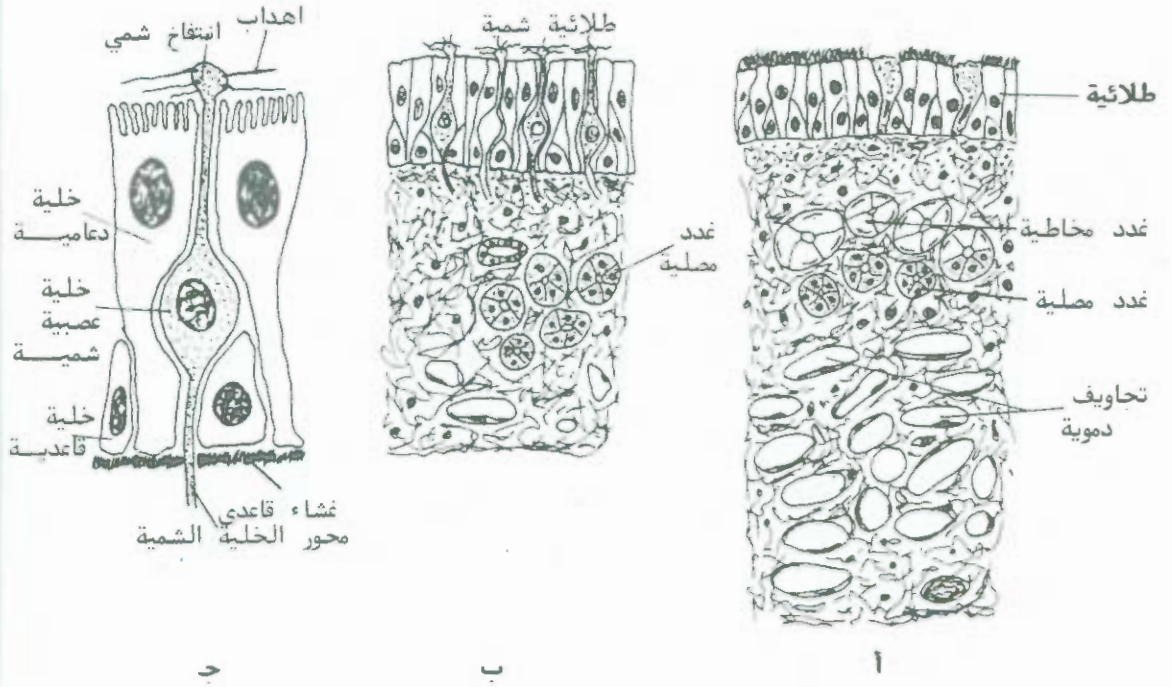
يبـطن كل تجويف من تجويفي الانف بغشـاء مخاطي يتكـون من طلائية وطبقـة خاصة، ويفصله عن التجويف الآخر الحاجز الانفي الذي يكون غضروفياً في جزئه الامامي وعظمياً في جزئه الخلفي. وينقسم كل تجويف الى ثلاث مناطق هي:

١ ـ **منطقة الدهليز** Vestibule : وهي الجزء الذي يلي فتحة الانف الخارجية مباشرة وتتصل بطانته بالجلد الخارجي، ويبطن الدهليز بنسيج طلائي مصفف حرشفي متقرن يشبه بشرة الجلد ويحتوي على شعر سميك وغدد جلدية. ويقوم الشعر السميك بحجز ما قد يدخل مع هواء الشهيق من شوائب.

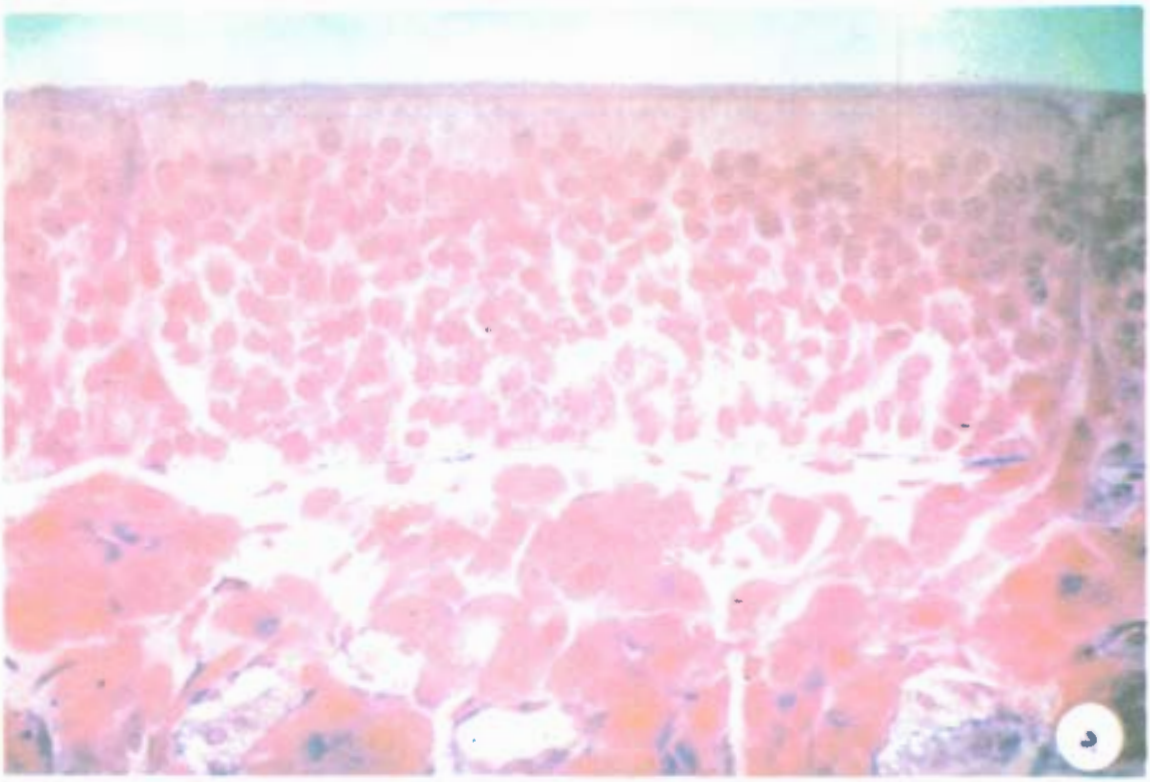
٢ ـ **المنطقة التنفسية** Respiratory region : وتكوّن أغلب تجويف الانف، وتتكون بطانتها من النسيج الطلائي المصفف الكاذب المهدب الغني بالخلايا الكأسية. أما الطبقة الخاصة فتتكون من نسيج ضام مفكك يحتوي على العديد من الأوردة الجيبية التي تمتلىء بالدم في حالات الزكام فتتسبب في غلق تجويف الانف، ويقـوم الدم في هذه الاوردة بتهيئة الهواء الداخل لتصبح درجة حرارته مناسبة لدرجة حرارة الجسم. ويوجـد في الـطبقة الخاصة ايضاً غدد مختلطة افرازها مخاطي مائي يصب على سطح الطبقة الطلائية فيحافظ على رطوبتها ويقوم المخاط بحجز الشوائب الدقيقة الموجودة في الهواء (شكل ١٢٧أ).

٣ ـ المنطقة الشمية Olfactory region وتوجد في الجزئين العلوي والجانبي من كل تجويف أنفي . وتتكون من طبقة طلائية شمية تحتوي على نوعين من الخلايا : الخلايا الشمية Olfactory cells والخلايا الدعامية Supporting cells (شكل ١٢٧ب، جـ) .

أ ـ الخلايا الشمية : هي خلايا عصبية ثنائية القطب توجد أجسامها بين الأجزاء الداخلية من الخلايا الدعامية، لها فرع خارجي قصير (شجيرة) ينتهي بانتفاخ يخرج منه ١٠ ـ ١٢ هدباً لها نفس التركيب الذي ورد ذكره من قبل . أما الفرع الداخلي (المحور) فينفذ من الغشاء القاعدي ليكون مع الفروع الاخرى العصب الشمي . ولا تختلف الخلية الشمية في تركيبها الدقيق عن الخلية العصبية العادية .



شكل (١٢٧) تجويف الأنف :
أ ـ المنطقة التنفسية
ب ـ المنطقة الشمية
جـ ـ خلايا الطلائية الشمّية
د ـ قطاع فى المنطقة الشمّية (الصبغة الثلاثية) قوة كبرى.
تلاحظ الغدد المصلية التى تفتح قنواتها على سطح الطلائية (أقصى اليمين).



تابع شـكل (١٢٧)

ب ـ **الخلايا الدعامية** : هي خلايا طلائية عمودية لكل منها جزء داخلي رفيع وجزء خارجي عريض توجد فيه النـواة، وهي علاوة على دعمها للخلايا الشمية تقوم بافراز بعض المواد، ويوجد بها حبيبات صبغية تضفي على المنطقة الشمية لوناً مميزاً يختلف في الحيوانات من نوع الى اخر. كما يوجد نوع من الخلايا الدعامية القصيرة التي لا تصل الى السطح ولكنها ترتكز على الغشاء القاعدي وهي خلايا غير متميزة.

وتختلف الطبقة الخاصة في المنطقة الشمية عنها في المنطقة التنفسية. فهي لا تحتوي على الكثير من الاوعية الدموية ، وتحتوي على عدد اكبر من الغدد المصلية ولا يوجد بها غدد مخاطية ويقوم الافراز المائي للغدد المصلية باذابة المواد الغازية فتحسها الأهداب الموجودة على نهايات الخلايا الشمية كما انها تقوم بغسل هذه المواد فتصبح الخلايا الشمية مستعدة لاستقبال مواد اخرى وهكذا.

الجيـوب الأنفيـة Nasal sinuses :

هي أزواج من الفجوات الهوائية الموجودة في عظام الجمجمة الجبهية (Frontal) ، والفكية (Maxillary) والـوتدية (Sphenoid) والغربالية (Ethmoid) وتبطن الجيوب الانفية بطبقة من النسيج الطلائي التنفسي (المصفف الكاذب مع الخلايا الكأسية) تحته طبقة رقيقة من النسيج الضام المفكك.

وتقوم الجيوب الانفية بتقليل وزن الجمجمة كما تعطي للصوت رنينه المميز.

البلعـوم الأنفـي Nasopnarynx :

هو جزء البلعوم الذي يصل بين الفتحة الداخلية من تجويف الانف والحنجرة. وله سطحان، سطح خلفي له بطانة تنفسية. وسطح أمامي بطانته طلائية مصففة حرشفية.

الحنجـــرة Larynx

هي حجرة غضروفية مبطنة بنسيج طلائي تنفسي فيما عدا بعض المناطق المعرضة للاحتكاك مع لسان المزمار فبطانتها مصففة حرشفية.

وتوجد على حافة الفتحة الخارجية للحنجرة ثنيات ليفية تتحكم في الهواء الخارج من الحنجرة محدثة الصوت وتسمى الحبال الصوتية Vocal cords ويوجد في الطبقة الخاصة للحنجرة غدد مختلطة ومجموعة من الغضاريف بعضها زجاجي والبعض الآخر مرن. وأهم هذه الغضاريف الغضروف الدرقي ويبرز الى الأمام في الرجال اكثر من النساء ويسمى مجازاً «تفاحة آدم» ، ولسان المزمار الذي يقوم بغلق فتحة الحنجرة أثناء البلع أما باقي الغضاريف فتحفظ الحنجرة من أن تنطبق جدرانها على بعضها. ويوجد في جدار الحنجرة نوعان من العضلات الداخلية منها تتصل بالغضاريف فتغير من اتساع الحنجرة وتتحكم في حدة الصوت ، اما العضلات الخارجية فتحرك الحنجرة نحو لسان المزمار أثناء البلع.

القصبة الهوائية Trachea

هي أنبوبة مخاطية ليفية مبطنة بطبقة من النسيج الطلائي التنفسي الذي يمكن أن يميز به خمسة أنواع من الخلايا هي : خلايا عمودية مهدبة، وخلايا كأسية، وخلايا فرشاتية، وخلايا قاعدية غير متميزة، وخلايا صم وسطية. وتقوم هذه الانواع من الخلايا (كل حسب وظيفته) بافراز المخاط وتحريكه بما قد علق به من شوائب على سطح القصبة الهوائية في اتجاه البلعوم.

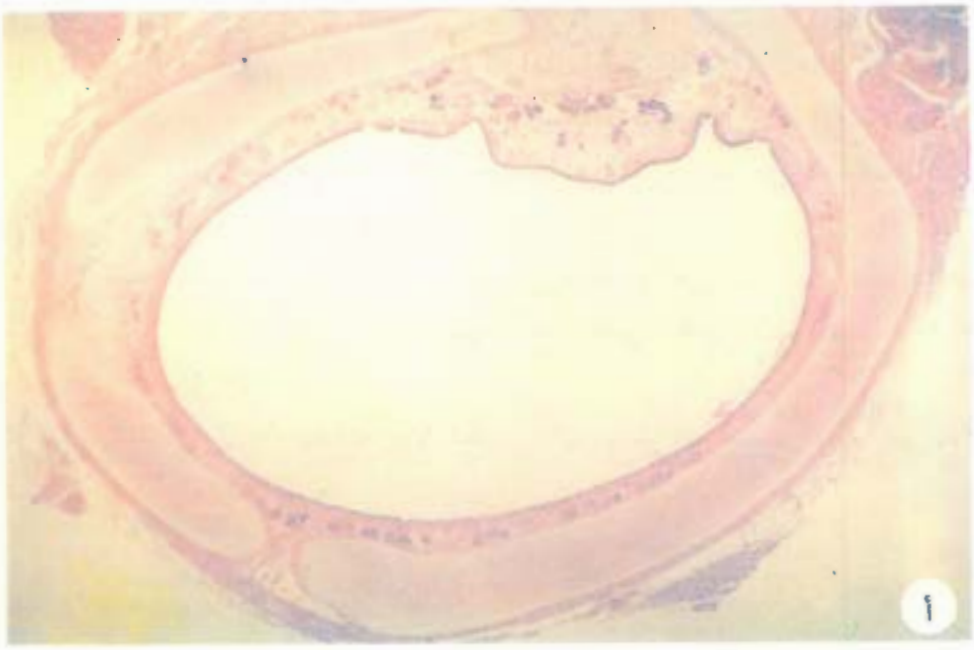
وتحتوي الطبقة الخاصة على ألياف مرنة تتجمع في وسطها مكونة صفيحة مرنة.

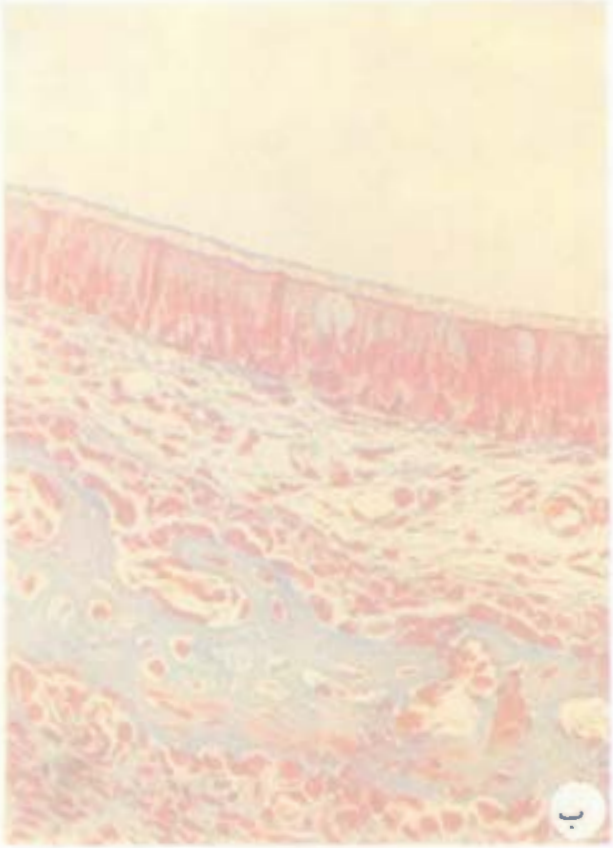
ويلي الطبقة الخاصة الطبقة الليفية ويوجد بها حلقات من الغضروف الزجاجي ناقصة من الخلف ناحية المرىء لتمكنه من التمدد أثناء البلع.

وتحاط القصبة الهوائية من الخارج بطبقة من النسيج الضام الذي يندمج مع ما حوله من انسجة اخرى. ويوجد بين طرفي كل حلقة غضروفية في الانسان ألياف عضلية ملس وفي بعض الحيوانات تكون هذه الالياف العضلية خارج الغضروف بينما تكون داخل طرفيه في البعض الآخر.

ويوجد في الجزء الداخلي من الطبقة الخاصة غدد مختلطة تفتح على سطح النسيج الطلائي.

تتفرع القصبة الهوائية الى شعبتين تدخل كل منهما الى رئة. ويتركب جدار الشعبتين الخارجيتين Extrapulmonary من نفس المكونات التي يتركب منها جدار القصبة الهوائية (شكل ١٢٨).





شكل (١٢٨) القصبة الهوائية :

أ ـ قوة صغرى (H&E) . يُلاحظ أجزاء من الحلقات الغضروفية .

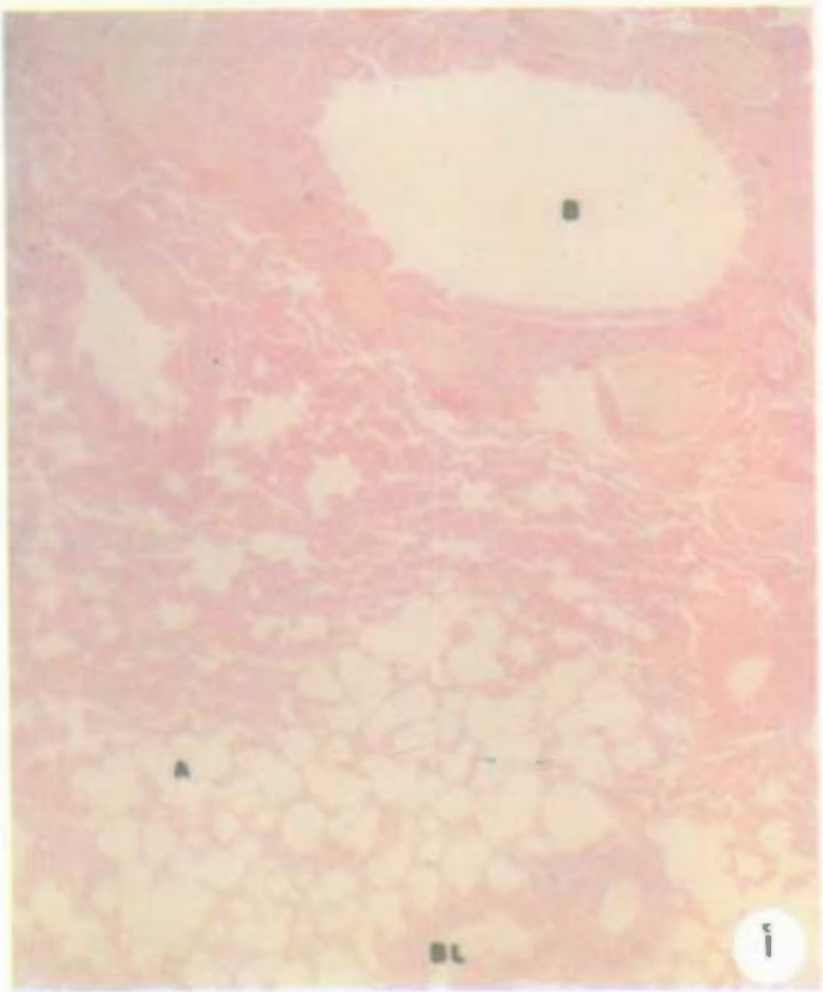
ب ـ قوة وسطى (الصبغة الثلاثية) يلاحظ الطلائية التنفسية المهدبة والتى يمكن تمييز مجموعة من الخلايا بها .

الرئـــة Lung

يوجد في القفص الصدري للحيوانات التي تتنفس الهواء الجوي رئة على كل جانب. والرئة في الحيوانات الثـديية كبيرة وتتكون من فصوص يختلف عددها من حيوان لآخر. وتتكون رئة الانسان اليمنى من ثلاثة فصوص بينما تتكون الرئة اليسرى من فصين فقط. ويتكون كل فص من عدد من الفصيصات التي لا تفصلها عن بعضها حواجز واضحة. ولكن قد تظهر حدودها على سطح الرئة.

تحاط الرئة بطبقة مصلية تغطي بنسيج طلائي حرشفي ويفصلها عن غشاء البللورا تجويف ضيق يحتوي على سائل ملين يجعل حركة الرئة داخل البللورا سهلاً أثناء التنفس. وتحت الطبقة المصلية توجد محفظة رقيقة من النسيج الضام (شكل ١٢٩أ).

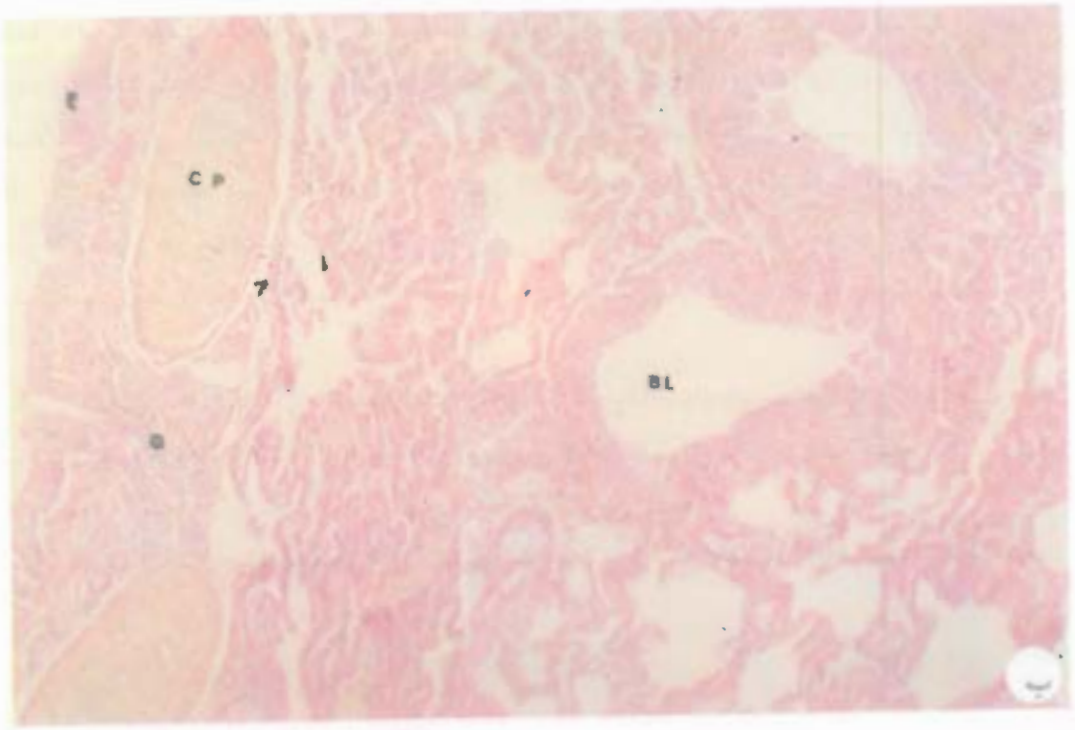
ولكل رئة سرة تدخل منها الاوعية الدموية والشعب الهوائية وينتشر منها النسيج الضام الغني بالالياف المرنة والالياف الشبكية ليكون أرضية الرئة.



شكل (١٢٩)

أ ـ قطاع في جزء من الرئة H&E قوة صغرى، يتضح به الشعبة (B) والشعيبات (BL) والحويصلات (A)

ب ـ جزء مكبر من (أ) تظهر به: طلائية الشعبة (E) والقطع الغضروفية (CP) والغدد (G) والشعيبات (BL)



تابع شكل (١٢٩)

ويتكون نسيج الرئة من الشعب الداخلية Intrapulmonary bronchi والشعيبات Bronchioles ، والشعيبات التنفسية والحويصلات الهوائية وذلك علاوة على أرضية الرئة .

الشـــعب Bronchi :

تتفـرع الشعبة الخارجية بمجرد دخولها الى الرئة الى شعب داخلية والتي تتفرع عدة مرات بعد ذلك . وتركيب جدار الشعب الداخلية يختلف اختلافاً جوهرياً عن تركيب جدار الشعبة الخارجية . حيث يوجد في الطبقة الليفية صفائح غضروفية غير متصلة ، كما تظهر طبقة غير مكتملة من الألياف العضلية الملس الدائرية مما يتسبب عن تقلصها انثناء الطبقة المخاطية . اما باقي الاجزاء فتكون كما في القصبة الهوائية . ويوجد في جدار الشعب (وخاصة عند تفرعها) عقيدات لمفية (شكل ١٢٩ب) .

الشـــعيبات Bronchioles

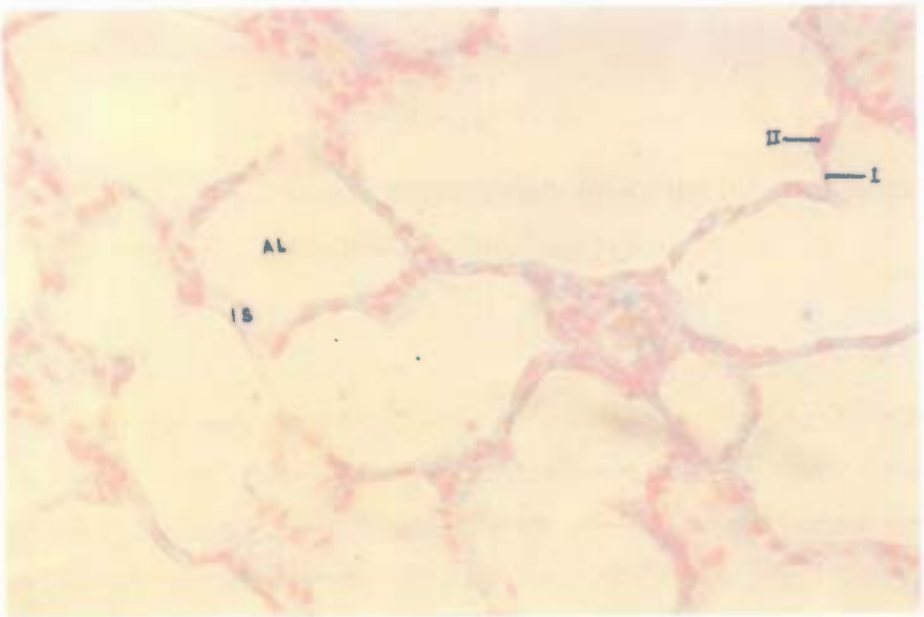
في نهاية الشعب تبـدأ الشعيبـات . ويختلف جدار الشعيبـة عن جدار الشعبة في انه لا يحتوي على اية غضاريف كما لا يحتوي على غدد في الطبقة الخاصة . ولا يحتوي على عقيدات لمفية (كما هو الحال في الشعب) . اما النسيج الطلائي فيصبح عمودياً مهدباً مع اختفاء الخلايا الكأسية منه تدريجياً كلما نقص قطر الشعيبة . هذا وتوجد طبقة عضلية كاملة حيث يسبب تقلصها تعرجاً في الطبقة المخاطية اكبر من ذلك الموجود في الشعب (شكل ١٢٩ب) .

ويوجد بين الخلايا الطلائية في الشعيبات خلايا غير مهدبة تسمى خلايا كلارا Clara cells ولها وظيفة افرازية . ومن أهم افرازاتها مادة باسطة للسطح علاوة على البروتينات ومواد أخرى .

تدخل آخر تفرعات الشعيبات الى الفصيصات الرئوية حيث تخرج منها الشعيبات التنفسية التي لها جدر تشبه جدر الشعيبات الا انها أرق وخلاياها تصبح مكعبة وغير مهدبة. ويفتح في الشعيبة التنفسية بعض الحويصلات الهوائية. ومن هنا أتى اسمها. ويخرج من الشعيبات التنفسية مسارات تسمى القنوات الحويصلية Alveolar ducts تفتح فيها الحويصلات. وتنتهي القنوات بفسح تنفسية تحيط بها الحويصلات. وتبطن القنوات والفسح والحويصلات بنسيج طلائي حرشفي رقيق جداً. وتحصر الحويصلات الهوائية بينها حواجز رقيقة تتكون من أرضية الرئة بما تحتويه من ألياف مرنة وألياف شبكية وشعيرات دموية وخلايا التهامية وبعض خلايا الدم البيض.

ويتكون الفصيص الرئوي من الحويصلات (والحواجز الموجودة بينها) التي يصلها الهواء عن طريق احدى الشعيبات النهائية Terminal bronchiole والفصيص هرمي الشكل قاعدته جهة سطح الرئة وقمته الى الداخل وتدخل الشعيبة وفرع الشريان الرئوى ووعاء لمفاوى من القمة.

وتكون الفصيصات محددة بحواجز من النسيج الضام أثناء الحياة الجنينية. ولكن بعد الولادة وبعد ان تتمدد الرئة تختفي الحواجز بين الفصيصية تقريباً.



شكل (١٣٠) جزء من نسيج الرئة (الصبغة الثلاثية) قوة كبرى، يتضح به: الحويصلات الهوائية (AL)، والحاجز بين الحويصلي (IS) والخلايا الحويصلية المسطحة (I) والخلايا الفارزة (II)

الحويصلات الهوائية Alveoli

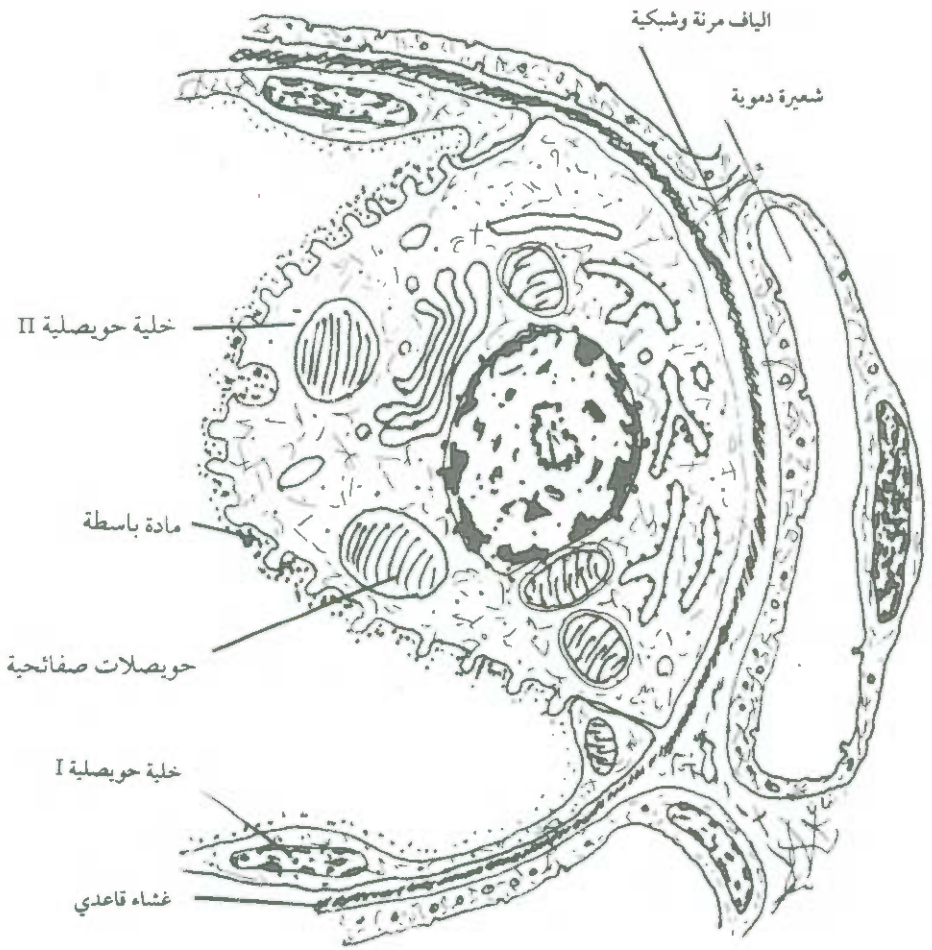
تكون الحويصلة الهوائية في الجنين الذي لم يتنفس بعد عبارة عن تجويف ضيق محاط بخلايا مكعبة، وما أن يولد الكائن ويأخذ أول شهيق حتى تتسع الحويصلات ويصبح شكلها دائرياً أو متعدد الجوانب، كما تستطيل الخلايا المحيطة بها لتصبح حرشفية رقيقة.

يتكون جدار الحويصلة من نوعين من الخلايا: الأول خلايا حرشفية رقيقة جداً تكاد تتلامس أغشيتها وتسمك فقط عند مواقع الانوية وتسمى هذه الخلايا بالنوع الاول (I).

والنوع الثاني (II) عبارة عن خلايا مكعبة أو هرمية لها نواة نشطة وسيتوبلازم يحتوي على العضيات اللازمة لتصنيع البروتينات والدهون ويوجد على سطحها خميلات قصيرة. تقوم هذه الخلايا بافراز مادة باسطة للسطح Surfactant تمنع الحويصلات من أن تنغلق وذلك بخفض التوتر السطحي للسائل المغلف لها.

وتتصل الحويصلات ببعضها عن طريق ثقوب. وقد تتصل الحويصلة بشعيبة عن طريق ثقوب مماثلة. وبذلك يستمر وصول الهواء الى الحويصلات عن طريق مسارات بديلة عند غلق أي من الشعيبات.

الحاجز الهوائي الدموي Blood-air barrier . وهو الحاجز الذي يفصل بين الهواء داخل الحويصلات من جهة والدم داخل الشعيرات من جهة اخرى. ويتكون من الخلية الحويصلية الاولى (I) وغشائها القاعدي ومن بطانة الشعيرة الدموية وغشائها القاعدي. ويسمح الحاجز بتبادل الغازات بشكل فعال (شكل ١٣٠، ١٣١).



شكل (١٣١) رسم تخطيطي يوضح جزء من بطانة الحويصلة الهوائية

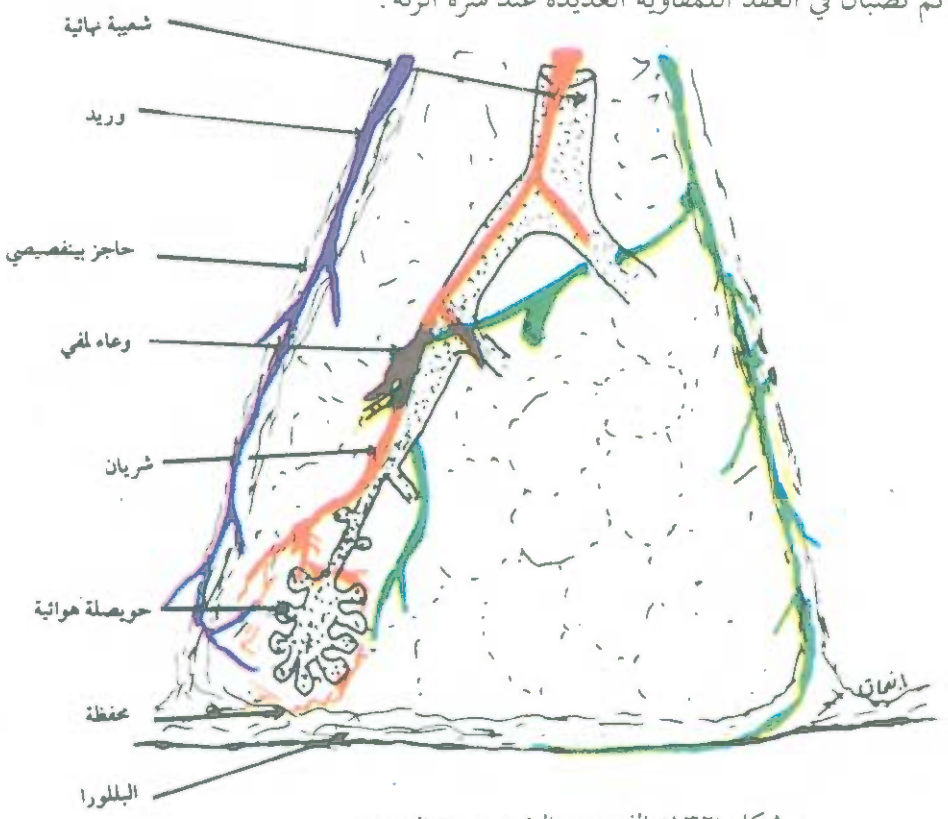
الخلايا الحويصلية الالتهامية : وهي خلايا كبيرة توجد في فراغ الحويصلات الهوائية وتسمى بأسماء خاصة حسب المواد التي تقوم بالتهامها . فهي تسمى بالخلايا الترابية Dust cells حينما تلتهم دقائق التراب (أو الكربون) التي تدخل مع هواء الشهيق أو أثناء التدخين . وفي حالة هبوط القلب فان الخلايا الالتهامية تلتهم كريات الدم الحمر التي تتكسر نتيجة خروجها من الاوعية الدموية، وحينئذ تسمى بخلايا هبوط القلب Heart failure cells .

وتأتي الخلايا الحويصلية الالتهامية من الخلايا الموجودة في الحاجز الحويصلي .

دورة الدم في الرئة (شكل ١٣٢) : يدخل الشريان الرئوي الى الرئة عن طريق السرة ويتفرع عدة مرات آخذاً نفس مسار الشعب والشعيبات . ويتفرع الى شرينات يدخل كل منها فصيصاً رئوياً مع الشعيبة النهائية . ويعطي الشرين داخل الفصيص العديد من الشعيرات الدموية التي يتجمع منها الدم في أوردة تمر في الحواجز بين الفصيصية وتكون في النهاية وريدان رئويان يخرجان من سرة كل رئة . تغذي انسجة الرئة عن طريق شرايين شعبية تحمل الدم المؤكسج الى أنسجة الرئة المختلفة .

وتغذي العضلات في جدران الشعب والشعيبات وكذلك في جدران الاوعية الدموية بنهايات عصبية محركة من الجهاز العصبي الذاتي حيث تقوم الاعصاب الباراسمبثاوية على توسيعها .

الصرف اللمفي للرئة : تقوم أوعية لمفية خارجية وأخرى داخلية بتجميع اللمف من البللورا ومن أنسجة الرئة على التوالي ثم تصبان في العقد اللمفاوية العديدة عند سرة الرئة .



..شكل (١٣٢) الفصيص الرئوي ودورة الدم فيه