الباب الثامن

الجهاز التنفسى

The Respiratory System

التنفس Respiration هى عملية تبادل الغازات بين الكائن الحى والوسط الذى يعيش فيه، وتشمل على عدد من الظواهر الكيميائية والطبيعية، فالكيميائية منها تتمثل فى أكسدة النواتج الغذائية داخل أنسجة الجسم وينتج عن ذلك غاز ثانى أوكسيد الكربون، والماء بينما الطبيعية فتتمثل بانتقال غاز الأوكسجين إلى الأنسجة والتخلص من غاز ثانى أوكسيد الكربون. ومجموعة الأعضاء الخاصة التى تشترك فى عملية التبادل الغازى بين البيئة ودم او خلايا الجسم فى الحيوان تعرف بالجهاز التنفسى The Respiratory System .

تجرى عملية التنفس فى بعض الحشرات الصغيرة الرخوة خارجيا عن طريق جدار الجسم وتسمى بالتنفس الجليدى Cutaneous Respiration معتمدة أساسا على انتشار الغازات فى الدم، يحدث التنفس الجليدى فى أغلب الحشرات عن طريق أجزاء معينة فى جدار الجسم أو فى منطقة المعى الخلفى حيث يكون هناك أجزاء مسطحة رقيقة الكيوتيكل تسمح بالتبادل الغازى، وقد تأخذ صورة امتدادات Evagi-nations أو بروزات خارجية جوفاء تعرف بالخياشيم الدموية Blood Gills أو Bran-chiae كما فى الأطوار غير البالغة لبعض الحشرات المائية. ويحدث التنفس فى أغلب الحشرات الأرضية عن طريق انغمادات داخلية Invaginations تعرف بالقصبات الهوائية Tracheae وتكون مصحوبة بوجود أزواج من فتحات جانبية مرئية فى عقل الصدر والبطن تعرف بالفتحات التنفسية أو الثغور Spiracles or Stigmata .

تتشعب القصبات فى أعضاء الجسم وزوائده فى صورة تفرعات غاية فى الدقة تصل إلى جميع خلايا الجسم تقريبا وتعرف بالقصيبات الهوائية Tracheoles ، وحيث أن أعضاء التنفس سواء أكانت خياشيم أو قصبات هوائية فإنها تنشأ من جدار الجسم، وتركيبها النسيجى يكون مماثل له ويتكون من طبقة من الكيوتيكل تليها طبقة من خلايا البشرة الداخلية Hypodermis ثم الغشاء القاعدى، وكل هذه الطبقات تكون على اتصال مباشر وعلى امتداد الطبقات المناظرة من جدار الجسم، ولذلك نجد أن الحشرة تتخلص من طبقة الكيوتيكل الداخلى عند كل انسلاخ.

التنفس الجلدى: The Integument as a Respiratory Organ

تختفى القصبات الهوائية أحيانا فى بعض الحشرات أو قد تكون غير تامة التكوين، أو ذات جهاز قصبى مغلق وليس لها وسائل أخرى للتنفس فإن التبادل الخارجى للغازات يتم مباشرة عن طريقة الجليد أو جدار الجسم، كما فى حشرات Collem-bola حيث ينعدم وجود القصبات الهوائية وكذلك فى بعض أنواع الهاموش المائية التى تكون القصبات غير تامة التكوين. وفى يرقات الحشرات المتطفلة والتى تعيش مغمورة كليا فى سوائل وأنسجة العائل فإنها تتنفس عن طريق جدار الجسم الرخو رغم كونها مزودة بجهاز قصبى كامل، وفى بعض يرقات الحشرات المتطفلة داخليا من غشائية الأجنحة فلها جهاز قصبى ينتهى بقصيبات داخلية تنتشر على السطح الداخلى لجدار الجسم حيث يمتص الهواء اللازم الذائب فى دم العائل.

وفى غالبية الحشرات الأخرى التى لها جهاز قصبى فإن عملية الزفير أو طرد غاز ثانى أوكسيد الكربون تتم جزئيا عن طريق الجلد وقد تصل هذه النسبة إلى ١/٤ كمية الغاز الناتج من عملية التنفس، ويتم انتشار غاز ثانى أوكسيد الكربون إلى الخارج عن طريق الأماكن الرقيقة فى جدار الجسم مثل الأغشية بين الحلقية حيث يقل أو ينعدم التغليظ الكيتينى بها، وفى فصيلة الجراد Acrididae توجد مساحات باهتة على طول الخط الوسطى للجسم ويعتقد أن لها وظيفة تنفسية أو على الأقل تساعد فى التخلص من غاز ثانى أوكسيد الكربون.

الجهاز التنفسى القصبى: The Tracheal System

تتكون الأنابيب التنفسية فى الحشرات كانغمادات داخلية من طبقة الأكتودرم على جانبى الجسم فى طور الجنين وتعرف فتحاتها الخارجية بالثغور التنفسية.

أولا ـ الثغور التنفسية: The Spiracles or Stigmata

(أ) عدد وموضع الثغور التنفسية: Number and Position of Spiracles

تعتبر الفتحات التنفسية الفوهات أو الفتحات الخارجية للانغمادات الأكتودرمية التى ينشأ منها الجهاز القصبى، وعادة تكون موقعها فى منطقة البلورا فى كل من عقل الصدر والبطن فى الحشرات الكاملة ـ قد تكون هناك ثغور تنفسية فى منطقة الرأس فى أجنة بعض الحشرات ـ ولكنها قد تأخذ مكانا أماميا أو خلفيا خاصة فى الحلقات البطنية، وقد يتغير موقع الثغور إلى أعلى فتكون على الحواف الجانبية للترجة كما فى الثغور التنفسية البطنية فى النمل والذباب، أما فى منطقة الصدر فتوجد الثغور بين الحلقات بحيث تقع كل فتحة أمام الحلقة التى تتبعها مباشرة.

أما عدد الثغور التنفسية: فيختلف باختلاف الحشرات ففى الطور الجنينى يوجد ١٤ زوجا منها: زوج فى الشفة السفلى، ٣ صدرية، ١٠ بطنية كما فى جنين نحل العسل.

ومن المعروف أن ثغور الرأس والحلقة الصدرية الأولى تزول تماما بعد فترة النمو الجنينى ويكون أقصى عدد للثغور التنفسية البطنية بعد هذه المرحلة (٨) ثمانية على الحلقات البطنية من ٢ ـ ٩، فيصبح مجموع الثغور التنفسية فى غالبية الحشرات (١٠) أزواج ما عدا رتبة Diplura حيث توجد ثلاثة أزواج. زوجين على الصدر الثانى وزوج على الصدر الخلفى.

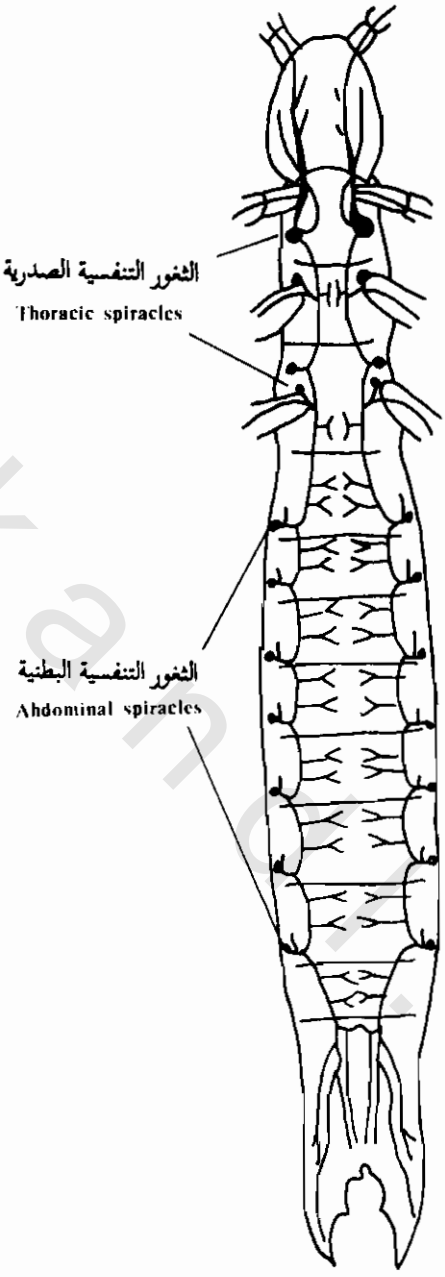
قد تنعدم الثغور التنفسية البطنية تماما كما فى حشرة Campodea من رتبة Diplu-ra بينما يوجد فى حشرة Japyx التى تنتمى إلى نفس الفصيلة ١١ زوجا من الثغور التنفسية، ٤ أزواج صدرية زوجان على كل من الصدر الثانى والصدر الثالث و ٧ أزواج على السبع حلقات البطنية الأولى (شكل ١٠٣).

قد يقل عدد الثغور عن ١٠ أزواج كما فى رتبتى القمل القارض والماص حيث يوجد ٧ أزواج (١ صدرى + ٦ بطنية). وقد يختزل العدد إلى زوجين صدريين فقط كما فى الحشرات القشرية من فصيلة Coccidae والبق الدقيقى، وقد يكون زوج واحد فقط يقع بين الرأس والصدر الأمامى كما فى حشرة Sminthurus من رتبة ذات الذنب القافز ويعتقد أنها تخص الصدر الأمامى وأخذت موقعا أماميا متطرفا.

قد يختلف العدد أيضا تبعا لجنس الحشرة ففى أنثى بعض حشرات ذات الجناحين ٥ أزواج بينما فى الذكر من ٦ ـ ٧ أزواج.

(ب) تركيب الثغر التنفسى: Structure of Spiracle

يتركب الثغر التنفسى من فتحة خارجية External Opening أو فتحة الدهليز الخارجية Atrial Orifice يحيط بها صفحة حلقية أو الشفاة Annular Sclerite or Peritreme، وتؤدى هذه الفتحة إلى تجويف أو دهليز Vestibule or Atrium وهو اتساع يقع بين الفتحة التنفسية وبداية القصبة الهوائية ويكون خاليا من التغليظ الكيتينى الحلزونى Taenidia (التى توجد فى جدر القصبات الهوائية)، وغالبا ما يبرز من جدرانه الداخلية شعرات أو عوارض أو زوائد كيتينية تحول دون دخول الأتربة والمواد الغريبة أو الماء، وكثيرا ما يتصل بالفتحات التنفسية غدد جليدية تمنع تبلل الثغر تعرف بالغدد الحول ثغرية Peristigmatic Glands حيث تفرز مواد غير قابلة للبلل Hydrophobe Materials. يكون الثغر التنفسى مجهز بجهاز أقفال Closing Apparatus يتكون من عضلة أو أكثر وأجزاء أخرى جليدية وظيفتها تنظيم مرور الهواء من وإلى الثغر، ويختلف تركيبه فى الحشرات المختلفة كما يختلف موقعه فى



شكل (١٠٣): الجهاز القصبى فى Japyx

(عن Imms ١٩٥٧)

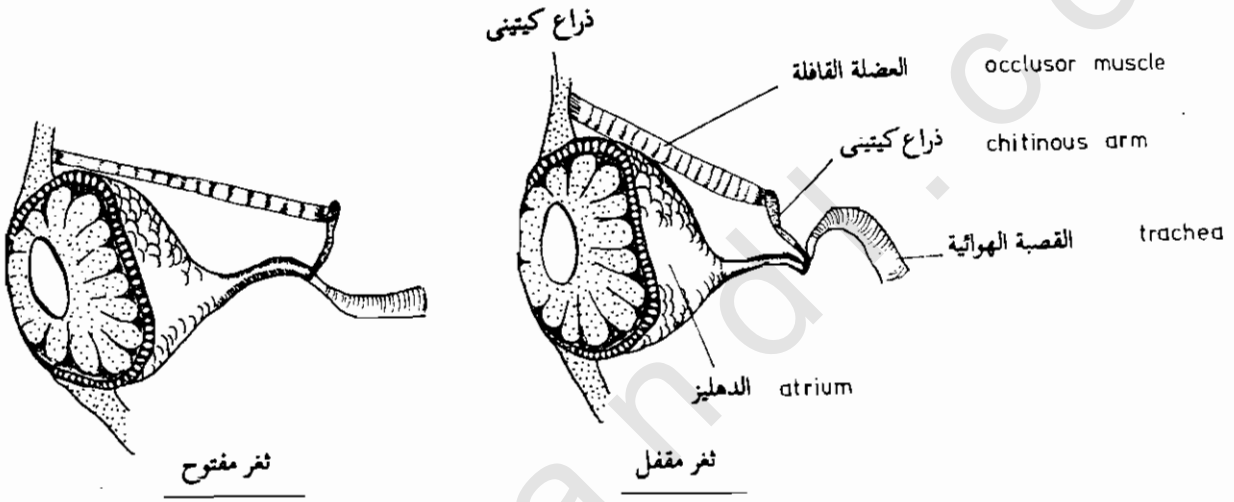
الفتحات التنفسية لحلقات الصدر والبطن لنفس النوع ويتحور كثيرا فى الأطوار المختلفة التى تمر بها الحشرة. وفيما يلى عرض لأشكال وتركيبات الثغور التنفسية فى بعض رتب الحشرات :

فى حشرة Sminthurus من رتبة ذات الذنب القافز يكون الثغر التنفسى عبارة عن فتحة بسيطة لا تحيط بها الصفحة الحلقية ولا يوجد لها دهليز أو جهاز اقفال إذ تؤدى هذه الفتحة مباشرة إلى القصبة الهوائية.

وفى معظم الحشرات نصفية الأجنحة والقمل القارض والماص والبراغيث يكون الثغر التنفسى مجرد فتحة بسيطة محاطة بالصفحة الحلقية وذات دهليز واضح، ويقع جهاز الاقفال بين الدهليز والقصبة الهوائية فى صورة عضلة قافلة Occlusor Muscle تربط بين ذراعين كيتينيين يقع احداها على الصليبة الحلقية والآخر عند مقدم القصبة الهوائية (شكل ١٠٤).

فى فصيلة الجراد والنطاط Acrididae يوجد نوعان من الثغور التنفسية: ـ الأولى ـ فى الفتحات التنفسية الصدرية حيث تكون الفتحة التنفسية الخاصة بالصدر الخلفى Metathoracic Spiracle على شكل شق طولى يحرسه شفتان متحركتان Movable Lips تتصلان ببعضهما عن طريق فص بطنى Ventral Lobe ،ويتمثل جهاز الاقفال فى عضلة قافلة Occlusor Muscle تنشأ من نتوء على حافة تجويف الحرقفة الوسطية وتنغمد فى الفص البطنى وبانقباضها تقترب الشفتان المتحركتان من بعضهما وبارتخائها تنفتح هذه الشفاة بمرونتها الذاتية (شكل ١٠٥).

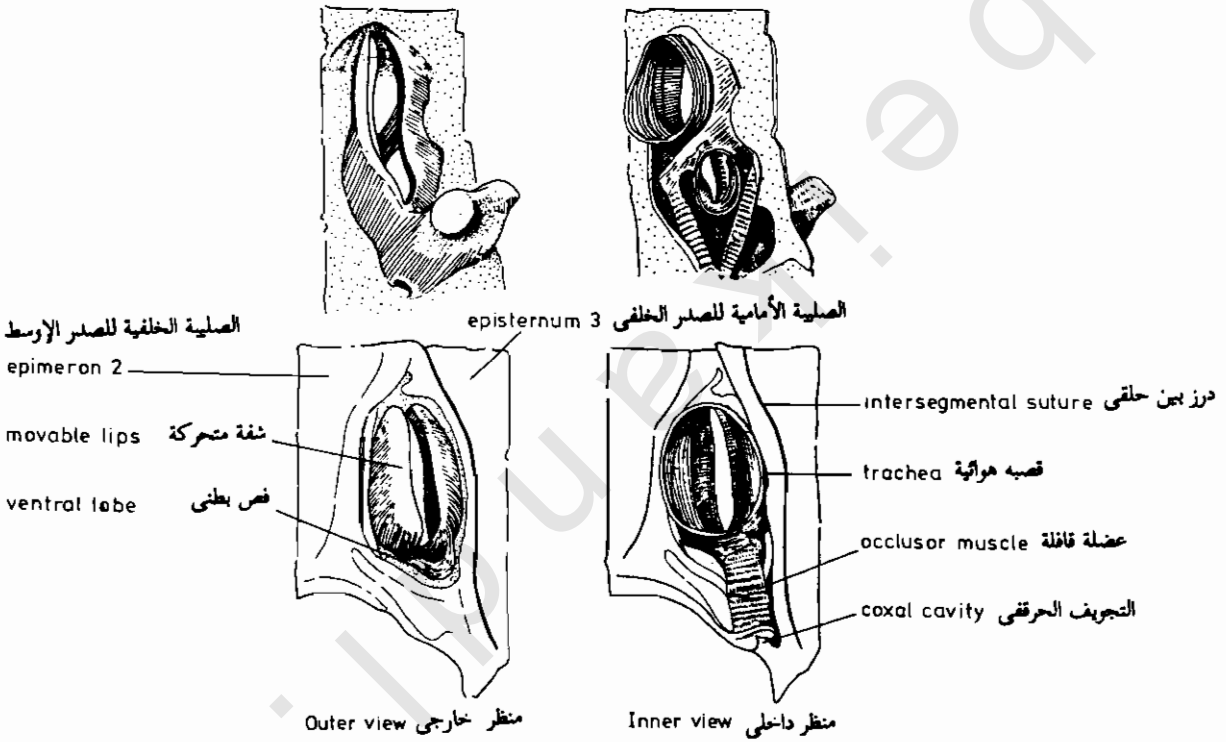
أما النوع الثانى الموجود فى الفتحات التنفسية تكون الفتحات عديمة الشفاه ويمتد جدار الجسم للداخل فى صورة جدارين سميكين للدهليز أحدهما متحرك Mova-ble وآخر ثابت Fixed Wall، ويخرج من الجدار المتحرك زائدة طويلة على شكل قضيب Manubrium تتصل بها العضلة القافلة من أعلى والعضلة الفاتحة Opening Muscle من أسفل .



شكل (١٠٤) : الثغر التنفسى فى القمل

(عن Harrison ١٩١٥)

obeikandi.com



شكل (١٠٥): الفتحات التنفسية للصدر الخلفى فى فصيلة الجراد والنطاط

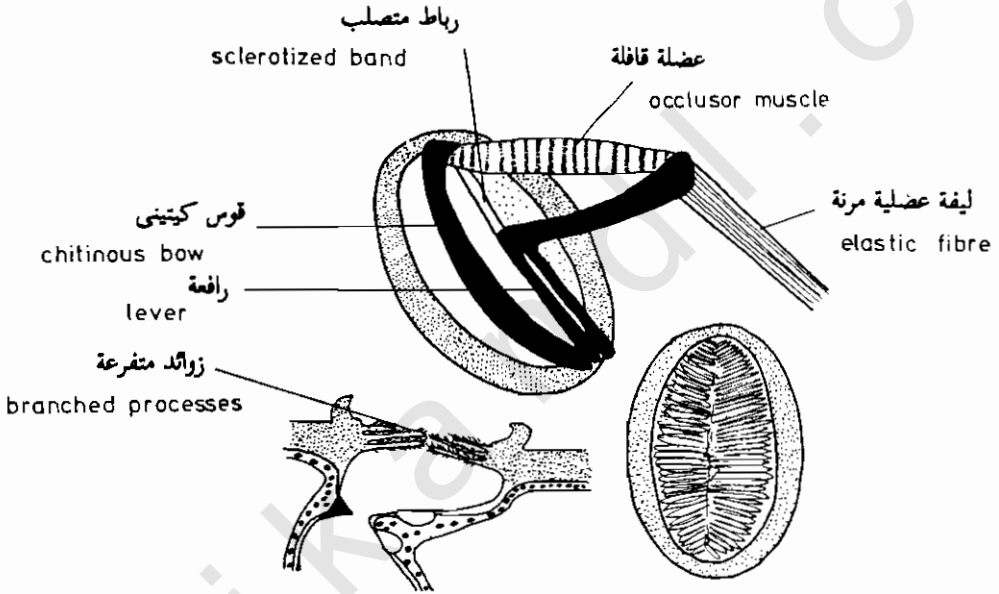
(عن Snodgrass ١٩٣٥)

تزود شفاة الثغر الصدرى الأول والثغور البطنية فى يرقات حشرات حرشفية الأجنحة بزوائد رفيعة متفرعة إلى فروع أدق مكونة تركيبا محكما يحجز مرور أى مادة غريبة إلى الداخل، ويوجد جهاز الاقفال عند نهاية الدهليز وبداية القصبة الهوائية وهو عبارة عن قوس كيتينى Cuticular Bow يحيط بجزء كبير من فوهة القصبة الهوائية بينما تتركب باقى حافته من رباط متصلب Sclerotized Band تتصل به رافعة Lever أو قضيب Rod اتصالا وثيقا، وتتصل عضلة الاقفال بين طرفى الرافعة والقوس وعند انقباضها ينضغط الرباط نحو القوس عن طريق الرافعة فينسد مدخل القصبة الهوائية ويتصل بالرافعة (فى الإتجاه المضاد لعضلة الاقفال) ليفة عضلية مرنة Elastic Fibre تعمل على استعادة الأجزاء الكيتينية لوضعها قبل القفل (شكل ١٠٦).

وفى يرقات الحشرات غمدية الأجنحة يتكون الثغر التنفسى من صفيحة غربالية مثقبة هلالية الشكل Crescentic Sieve Plate ينمو من داخلها ثنية بارزة من جدار الجسم تعرف بالفقاعة Bulla وتقع الفتحة التنفسية الحقيقية بين الفقاعة والصفيحة الغربالية (شكل ١٠٧).

وفى يرقات الحشرات ذات الجناحين ينعدم وجود أجهزة الاقفال حيث تحتوى كل من فتحاتها التنفسية الأمامية Anterior Spiracles على عدد مختلف من الزوائد الأصبعية Digitate Processes نهاياتها الطرفية مثقبة، ويؤدى كل ثقب إلى دهليز صغير ثم تتصل الدهاليز Atria جميعها بالجذع القصبى الرئيسى لهذا الجانب (شكل ١٠٨).

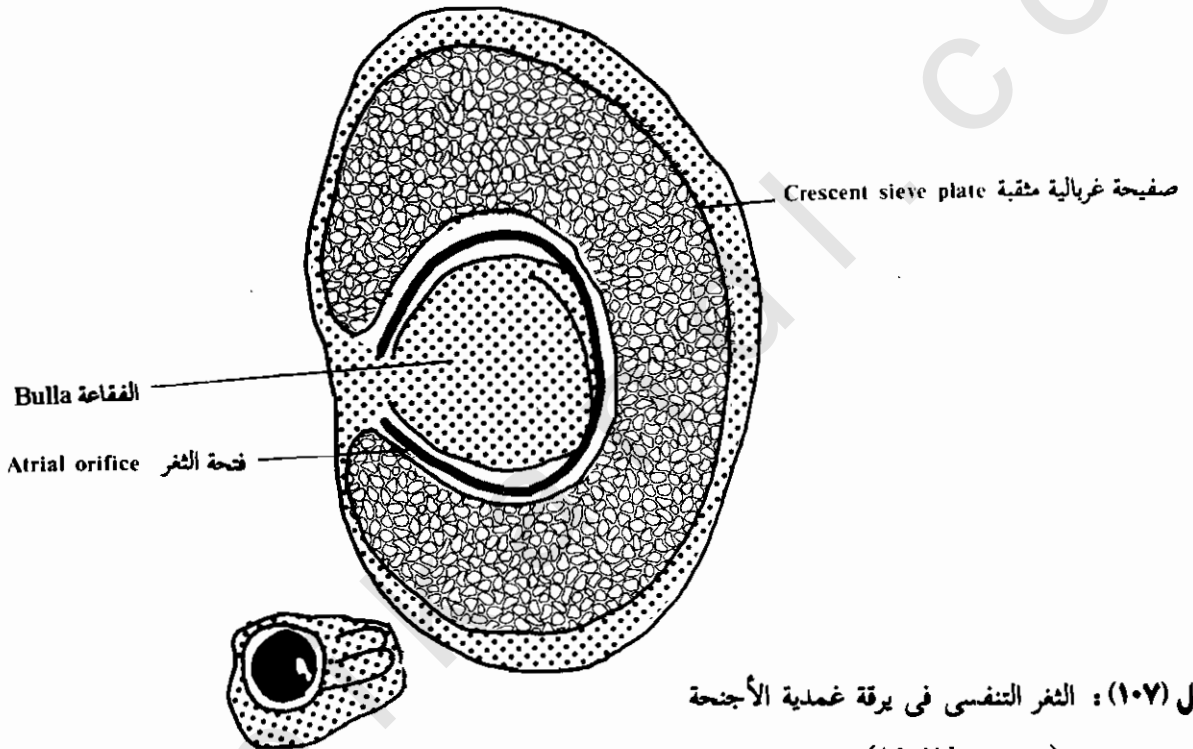
أما الفتحات التنفسية الخلفية Posterior Spiracles (شكل ١٠٩) فتتكون من زوج من الصفحات الكيتينية يحيط بها الصفيحة الحلقية Peritreme وتوجد بكل صفيحة كيتينية عادة ثلاث فتحات تختلف فى شكلها باختلاف الأنواع، فقد تكون كمثرية كما فى جنس Muscina أو على شكل شقوق مستقيمة كما فى جنس



شكل (١٠٦): الثغر التنفسى فى يرقة حرشفية الأجنحة

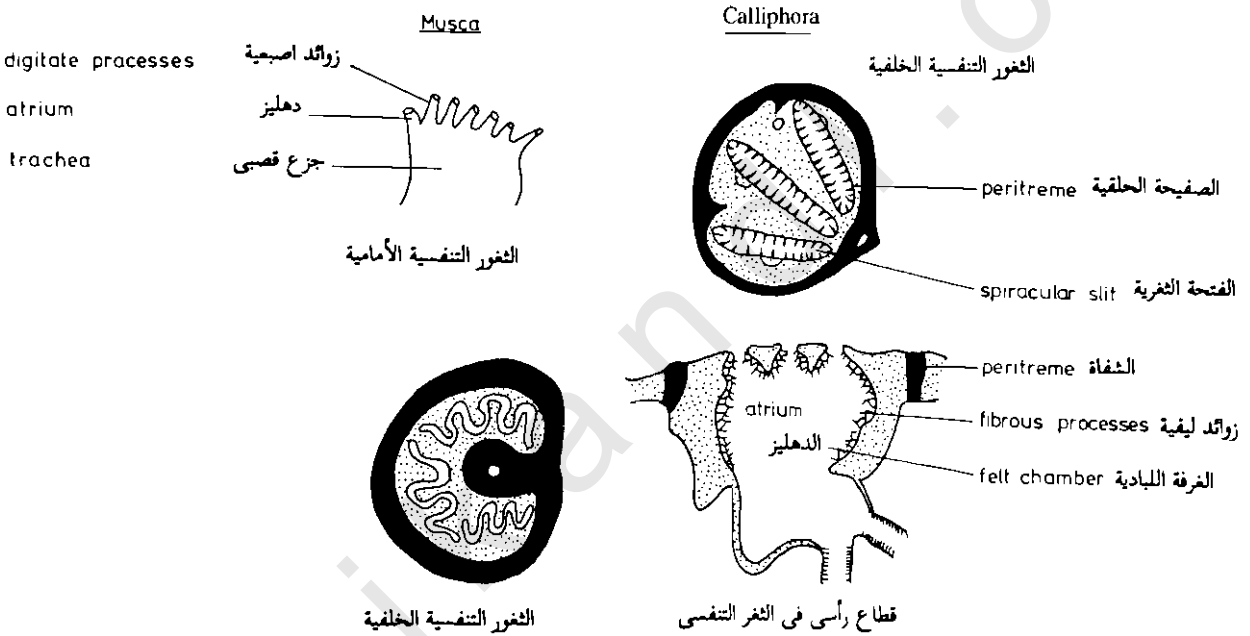
(عن Imms ١٩٥٧)

obeikandl.com



شكل (١٠٧) : الثغر التنفسى فى يرقة غمدية الأجنحة

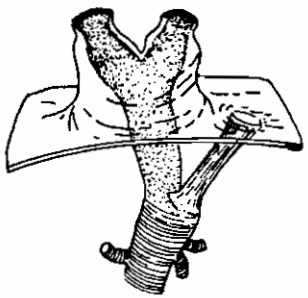
(عن Imms ١٩٥٧)



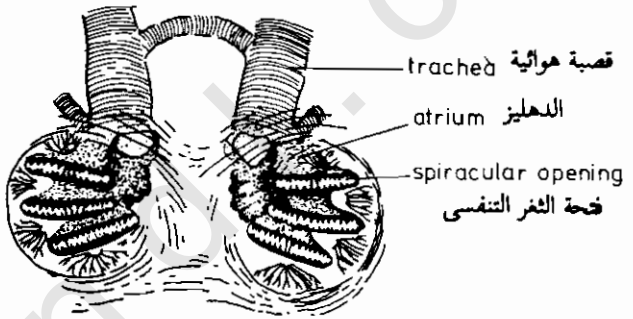
شكل (١٠٨) : الثغور التنفسية فى يرقات ذات الجناحين

(عن Imms ١٩٥٧)

obeikan.com



الثغور التنفسية فى الطور اليرقى السابق



شكل (١٠٩): الفتحات التنفسية الخلفية فى يرقات ذات الجناحين

(عن Snodgrass ١٩٣٥)

obeikan.com

Calliphora أو ملتوية كما فى جنس Musca، يتخلل كل فتحة عدة قضبان كيتينية رفيعة Fine Cuticular Rods تمنع دخول المواد الغريبة للداخل. وتتصل الفتحات الثلاث بدهليز عام مشترك يبطنه من الداخل زوائد ليفية Fibrous Pro-cesses مكونا ما يعرف بالغرفة اللبادية Felt Chamber يعتقد أنها تساعد فى تقليل فقد الماء. بالإضافة إلى أهمية الثغور التنفسية فى الحشرات فى عمليات التنفس فإنها تعمل على المحافظة على المحتوى المائى لجسم الحشرة وكذلك تتخلص الحشرة عن طريقه أثناء عملية الإنسلاخ من الجليد القديم المبطن لقصباتها الهوائية ليحل محله آخر جديد فى الطور التالى.

أنواع الأجهزة التنفسية: Types of Respiratory System

تقسم الأجهزة التنفسية فى الحشرات إلى ثلاثة أنواع رئيسية تبعا لعدد ونظام الفتحات التنفسية العاملة كما يلى:

١ ـ الجهاز التنفسى المفتوح: The Holopneustic Respiratory System

وهو النوع الأول والشائع فى معظم الحشرات الكاملة والحوريات وبعض يرقات الحشرات غشائية الأجنحة وذات الجناحين، حيث يوجد عشرة أزواج من الثغور التنفسية العاملة (٢ زوج صدرية + ٨ أزواج بطنية).

٢ ـ الجهاز التنفسى نصف المفتوح: The Hemipneustic Respiratory System

وهو النوع السائد فى اليرقات وفيه يقفل زوج أو أكثر من الفتحات التنفسية أو يبطل عملها ويشمل الأنواع التالية:

(أ) ذو الثغور المحيطية Peripneustic

وفيه توجد كل الثغور التنفسية عاملة على جانبى جسم اليرقة ماعدا الثغور التنفسية الخاصة بالحلقة الصدرية الثالثة أى أن الثغور العاملة تكون على الصدر الأوسط فقط

والثمانى حلقات البطنية الأولى، كما فى يرقات رتبة شبكية الأجنحة وغمدية الأجنحة وغشائية الأجنحة (رتيبة Symphyta) وبعض يرقات فصائل Bibionidae Mycetophilidae, Cecidomyidae، من رتبة ذات الجناحين.

(ب) ذو الطرفين Amphipneustic

وفيه تكون الثغور العاملة المفتوحة زوجان فقط بينما تكون باقى الثغور مقفلة (زوج فى الحلقة الصدرية الأولى وزوج آخر فى مؤخر البطن) وهذا النوع هو الشائع فى يرقات الذباب.

(جـ) ذو الثغور الأمامية Propneustic

وفيه تكون الثغور العاملة عبارة عن زوج واحد فقط وهو الخاص بالحلقة الصدرية الأولى ويوجد فى عذارى البعوض.

(د) ذو الثغور الخلفية Metapneustic

وفيه تكون الثغور العاملة زوج واحد خاص بالحلقة البطنية الأخيرة كما فى يرقات البعوض من فصيلة Culicidae، ويرقات فصيلة Tipulidae ويرقات النغف من رتبة ذات الجناحين واليرقات المائية من فصيلة Dytiscidae وفصيلة Herodidae من رتبة غمدية الأجنحة.

يمكن ضم الأنواع الثلاثة الأخيرة فى مجموعة واحدة تحت تعريف الأجهزة التنفسية قليلة الفتحات Oligopneustic وهى تمثل مجموعة الحشرات أو أطوارها التى تعيش فى الوسط المائى أو الشبه المائى.

٣ - الجهاز التنفسى المغلق: The Apneustic Respiratory System

وهو النوع الشائع فى الحشرات المائية كما فى الأنواع قليلة الفتحات التنفسية إلا أنه يختلف عنه فى أن جميع الثغور التنفسية مقفلة أو غير عاملة وفى هذه الحالة

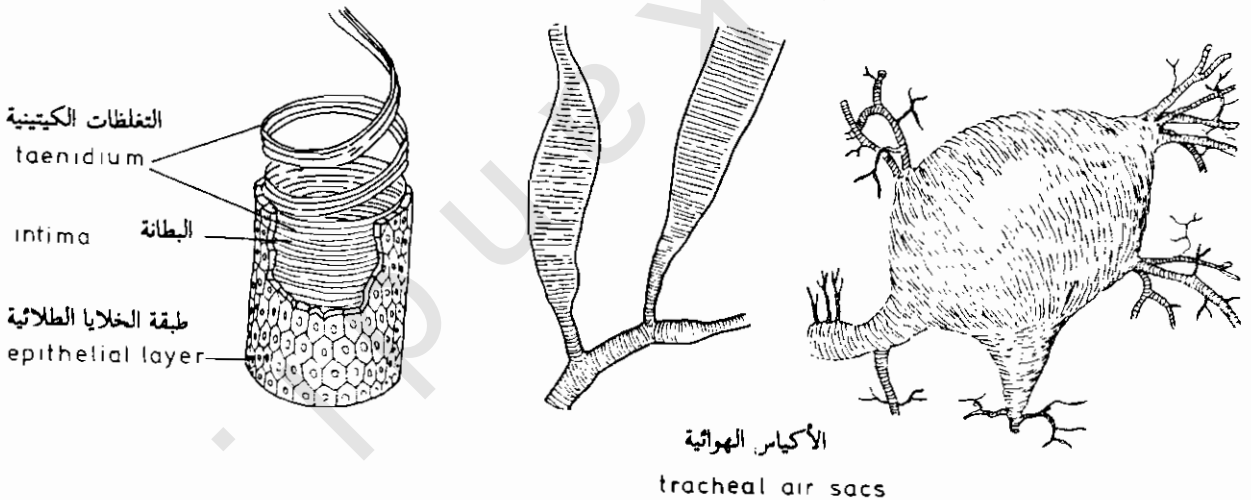
يدخل الهواء الجوى إلى الجهاز القصبى إما خلال جدار الجسم بالإنتشار الغشائى أو عن طريق ما يعرف بالخياشيم Gills.

يطلق على الأجهزة التنفسية التى يقل فيها مجموع الثغور التنفسية (العاملة والمعطلة معا) عن عشرة أزواج نتيجة لأختفاء زوج أو أكثر منها باسم الجهاز التنفسى الناقص Hypopneustic.

ثانيا ـ القصبات الهوائية والقصيبات: The Tracheae and Tracheoles

القصبات الهوائية عبارة عن انغمادات من جدار الجسم تظهر فى صورة أنابيب مرنة تبدو فضية لامعة عند امتلائها بالهواء. وعلى ذلك فإن البطانة الداخلية لها تكون من الكيوتيكل وتعرف ببطانة القصبة الهوائية Intima أو قد تسمى بداخل القصبة الهوائية Endotrachea، وهى تتصل اتصالا مباشرا بجدار الجسم (لاتوجد هذه الطبقة فى التفرعات الدقيقة للقصبات الهوائية وفى منطقة الدهليز فى جميع الحشرات). وعند الإنسلاخ تتخلص الحشرة من هذه الطبقة عن طريق الثغور التنفسية. تتغلظ البطانة القصبية فى خطوط حلزونية أو على شكل حلقات مستقلة (تقع بين طبقتى الجليد السطحى والجليد الخارجى للبطانة) وتبرز حوافها فى تجويف القصبة وتعرف هذه التغلظات بالأشرطة الكيتينية Taenidia (شكل ١١٠) التى تعمل على تقوية السطح الداخلى للقصبة وتجعلها مفتوحة باستمرار مما يسهل مرور الهواء بداخلها. وقد تنمو من هذه الأشرطة الكيتينية فى بعض الحشرات زوائد دقيقة شعرية تبرز فى تجويف القصبة الهوائية Lumen، وتختفى هذه الأشرطة الكيتينية عادة من القصبات الهوائية الكبيرة بالقرب من الفتحات التنفسية.

يلى طبقة البطانة من الخارج طبقة من الخلايا الطلائية البلاطية Pavement Epithelial Layer ذات أنوية كبيرة تعرف بخارج القصبة الهوائية Ectotrachea، وفى بعض الحشرات تحتوى هذه الخلايا على حبيبات صبغية تكسب القصبات الهوائية لونا بنيا مائلا إلى الحمرة أو اللون البنفسجى، يلى الطبقة الطلائية غشاء قاعدى رقيق Basement Membrane يحيط بالقصبة الهوائية من الخارج.



شكل (١١٠) : تركيب القصبة الهوائية ونماذج من الأكياس الهوائية

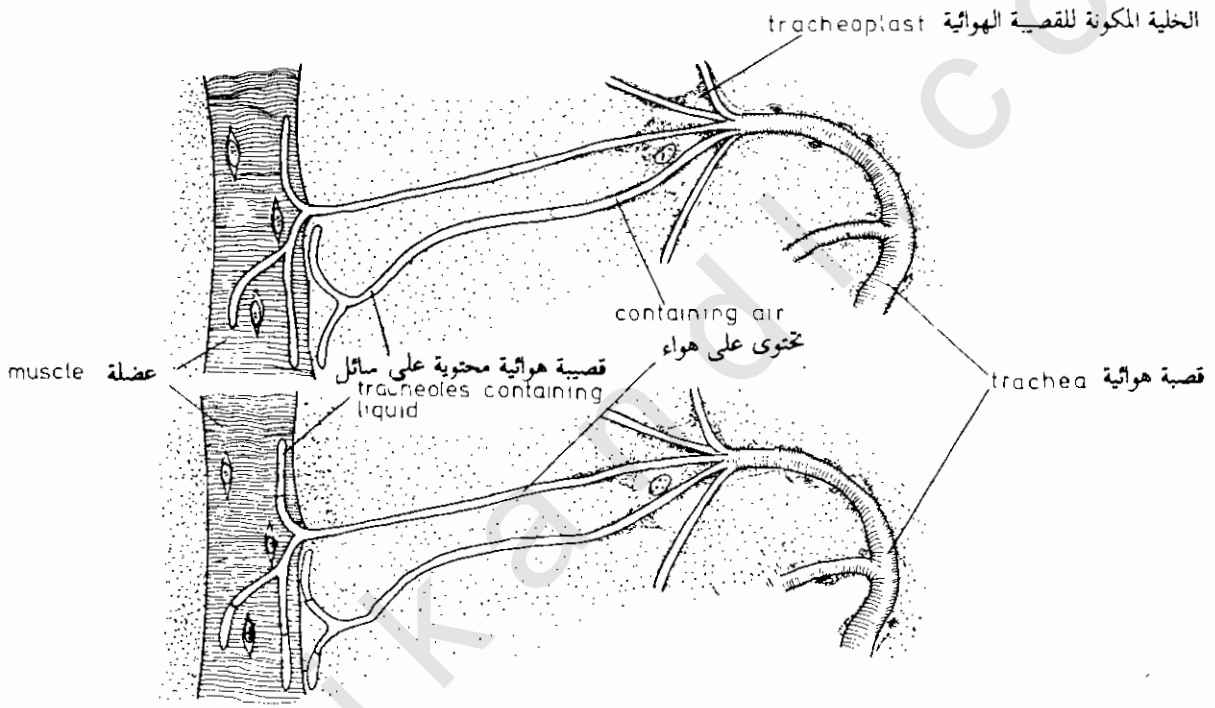
(عن Snodgrass ١٩٣٥)

تتفرع القصبة الهوائية إلى فروع أصغر فأصغر حتى تنتهى بفريعات غاية الدقة تعرف بالقصيبات الهوائية Tracheoles، وهى عبارة عن قنوات لا يزيد قطرها عن ٠,٣ من الميكرون قد تحتوى على سائل أو هواء وتنتهى نهاية مسدودة أو قد تتشابك ببعضها، وتتميز جدرها الرقيقة بنفاذيتها للماء (شكل ١١١). وتعتبر القصيبات الهوائية تراكيب تنشأ من خلايا طرفية نجمية كبيرة Stellate end Cells أو قد تعرف بالخلايا المكونة للقصيبات الهوائية Tracheoblast، وتتشابك زوائد هذه الخلايا مكونة غشاء ذو ثقوب يغطى سطوح الجهاز الهضمى والجهاز التناسلى وأنابيب ملبيجى ويعرف بالطبقة البريتونية ذات القصيبات، تتفرع القصيبات الهوائية وتنتشر بين خلايا أنسجة الحشرة وقد تخترق الخلايا العضلية وربما الأنسجة الأخرى حيث تنتهى بداخلها.

يختلف نظام ترتيب وتوزيع القصبات الهوائية فى جسم الحشرة اختلافا كبيرا باختلاف الفصائل ففى كثير من الحشرات عديمة الأجنحة مثل Campodea وبعض حشرات رتبة ذات الذنب الشعرى وبعض الحشرات من رتبه ذات الذنب القافز تبقى القصبات الهوائية الناشئة من كل فتحة تنفسية منفصلة عن نظيراتها.

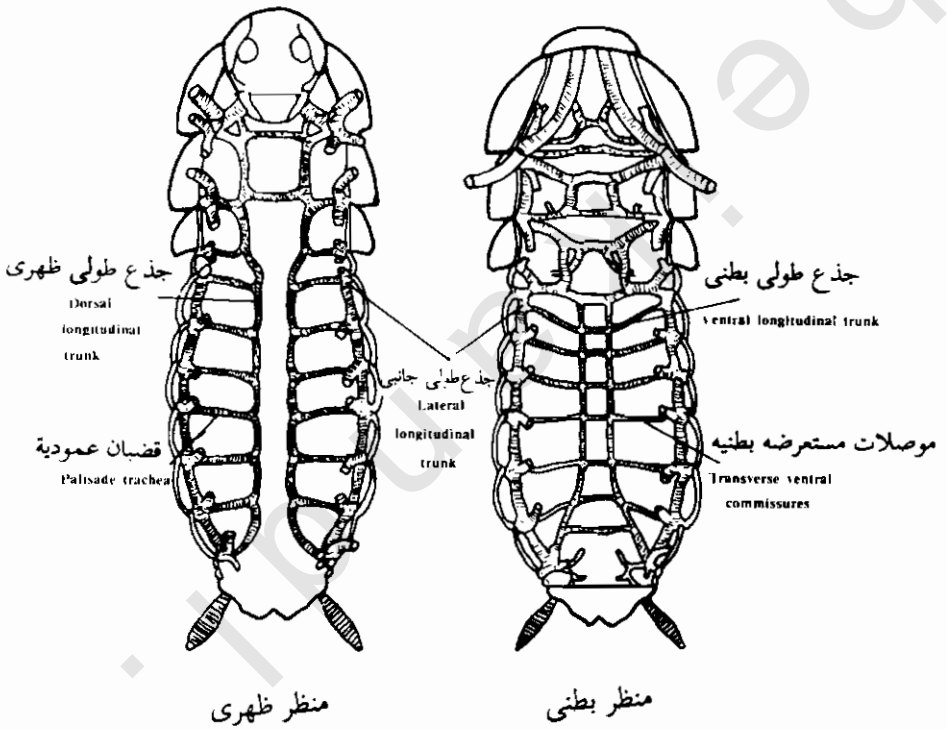
أما فى غالبية الحشرات المجنحة يكون الجهاز القصبى فى أتم صورة من التكوين حيث يوجد دائما جذعان تنفسيان طوليان على الجانبين Lateral Longitudinal (Spiracular) Trunks وآخران طوليان بطنيان Ventral Longitudinal Trunks وجذعان طوليان ظهريان Dorsal Longitudinal Trunks ويتصل الجذعان الظهريان بالجذعين الجانبيين بقصبات عمودية Palisade Trachea (شكل ١١٢).

يتصل الجهاز القصبى فى أحد جانبى جسم الحشرة بنظيره فى الجانب الآخر عن طريق موصلات قصبية مستعرضة ظهرية أو بطنية Transverse Dorsal or Ventral Commissures، يخرج من الجذعين الطوليين الظهريين قصبات هوائية تمتد نحو القلب والعضلات الظهرية والرأس وأجزاء الفم أما القناة الهضمية والأعضاء التناسلية



شكل (١١١) : حركة السائل فى نهاية القصبية الهوائية

(عن Wiggleswooth ١٩٣٠)



شكل (١١٢): الجهاز القصبى فى حشرة أولية

(عن Imms ١٩٥٧)

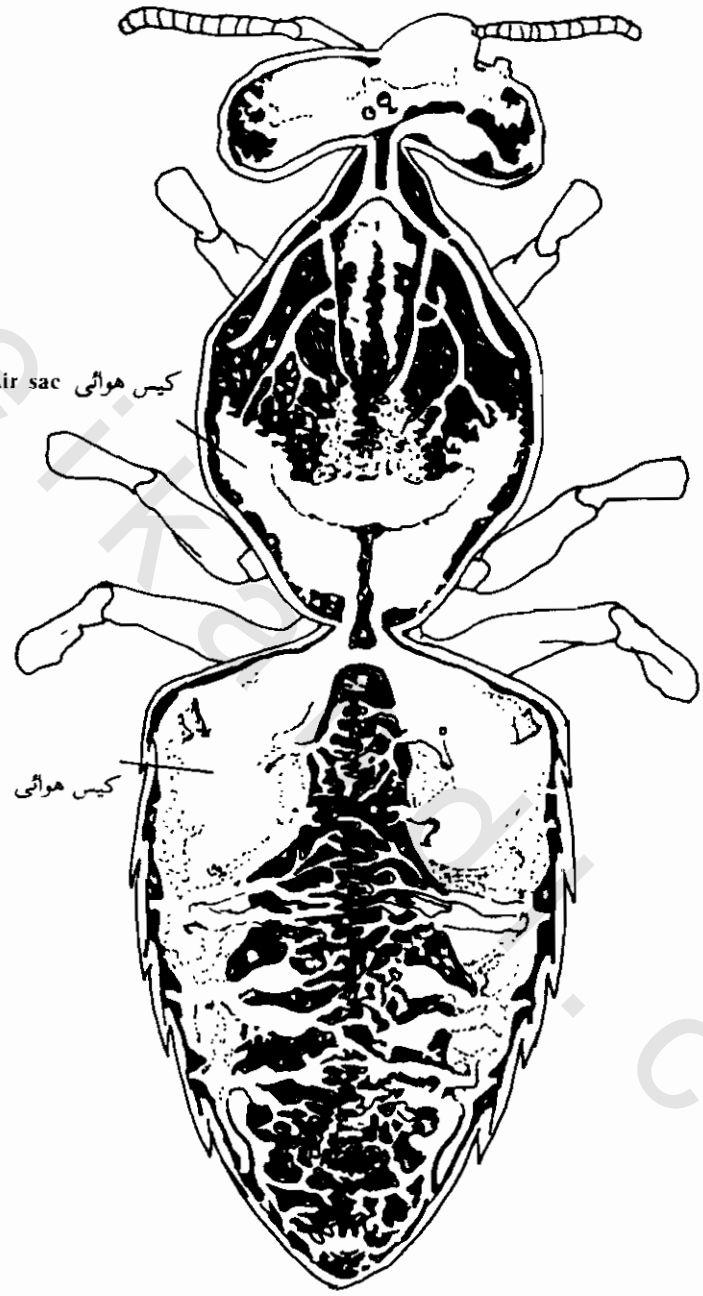
فتمتد إليها قصبات إما من القصبات العمودية أو من قصبات الفتحات التنفسية مباشرة، ويخرج من الموصلات المستعرضة البطنية قصبات تمتد إلى الحبل العصبى والعضلات البطنية. أما الأرجل فيمتد إليها قصبات من الجذعين الطوليين الجانبيين فى المنطقة الصدرية وينشأ منها القصبات التى تغذى قواعد الأجنحة فى الصدر الأوسط والخلفى.

الأكياس الهوائية The Air Sacs (شكل ١١٠، ١١٣، ١١٤)

عبارة عن اتساع فى القصبات الهوائية فى أجزاء مختلفة من الجسم مكونة حويصلات رقيقة الجدر تعرف بالأكياس الهوائية. وهى خالية عادة من التغلظات الكيتينية Taenidia الموجودة فى جدر القصبات الهوائية مما يسمح لها بالتمدد. وتظهر عند انتفاخها بالهواء كحويصلات بيضاء لامعة ولكنها تبدو منكمشة ويصعب تمييزها عند خلوها من الهواء.

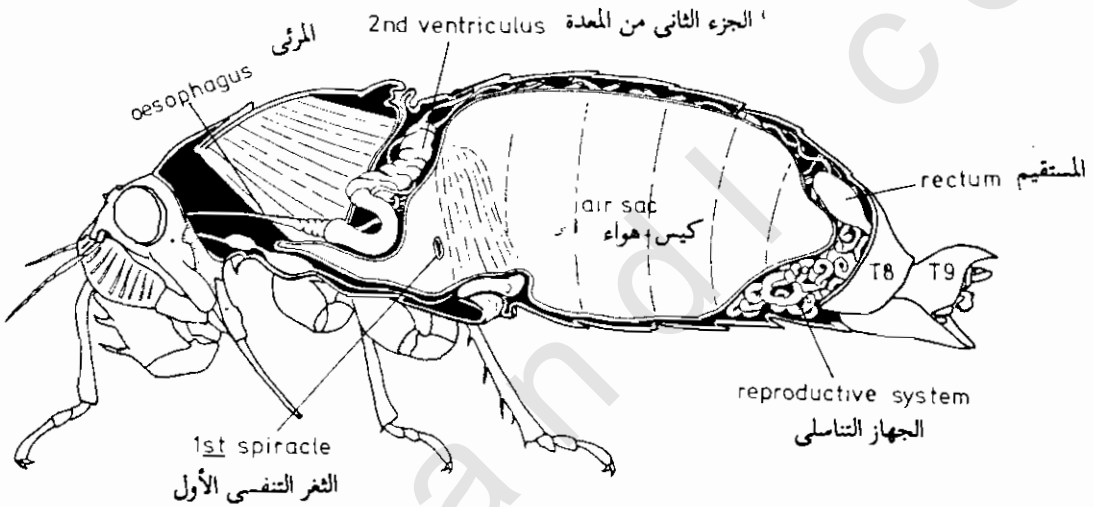
قد تنشأ الأكياس الهوائية نتيجة لاتساع القصبات الهوائية الثانوية وتكون صغيرة نسبيا كما فى الجراد والذباب المنزلى وبعض أنواع الخنافس، أو كنتيجة لاتساع الجذوع القصبية الطولية الرئيسية كما فى السيكادا من نصفية الأجنحة المتشابهة Hemiptera: Homoptera (شكل ١١٤).

يختلف حجم وعدد الأكياس الهوائية فعندما تكون صغيرة الحجم تكون كثيرة العدد والعكس صحيح، والوظيفة الرئيسية للأكياس الهوائية هى التهوية الميكانيكية حيث يسبب انبساطها دفع الهواء داخل القصبات الهوائية وعند انقباضها يضغط هذا الهواء إلى الفروع الداخلية التى تخرج من هذه الأكياس، كما تعمل الأكياس على تقليل الوزن النوعى للحشرات مما يساعدها على الطيران وأن وجودها بالقرب من الأعضاء السمعية يساعدها على الاستجابة للذبذبات الصوتية بصورة أدق. وفى يرقات الحشرات المائية تعتبر الأكياس الهوائية أعضاء للتوازن تساعدها على الطفو أو الغطس بالدرجات التى تحتاجها وكذلك كمخازن للهواء تستخدمها أسفل سطح الماء.



شكل (١١٣): الأكياس الهوائية فى شغالة نحل العسل

(عن Imms ١٩٥٧)



شكل (١١٤): الأكياس الهوائيه فى حشرة السيكادا (رتبة نصفية الأجنحة)

(عن Snodgrass ١٩٣٥)

obeikandl.com

الخياشيم التنفسية The Respiratory Gills or Branchiae (شكل ١١٥)

١ ـ الخياشيم القصبية Tracheal Gills

وهى عبارة عن امتدادات خارجية من جدار الجسم أو من القناة الهضمية الخلفية وتظهر زوائد رقيقة مجوفة تأخذ شكل الزوائد الخيطية أو الورقية أو الكيسية الشكل وتكون غنية بالقصبات والقصيبات الهوائية، توجد فى معظم اليرقات المائية وبعض العذارى وفى حالات نادرة فى الحشرات الكاملة كما فى ذباب مايو.

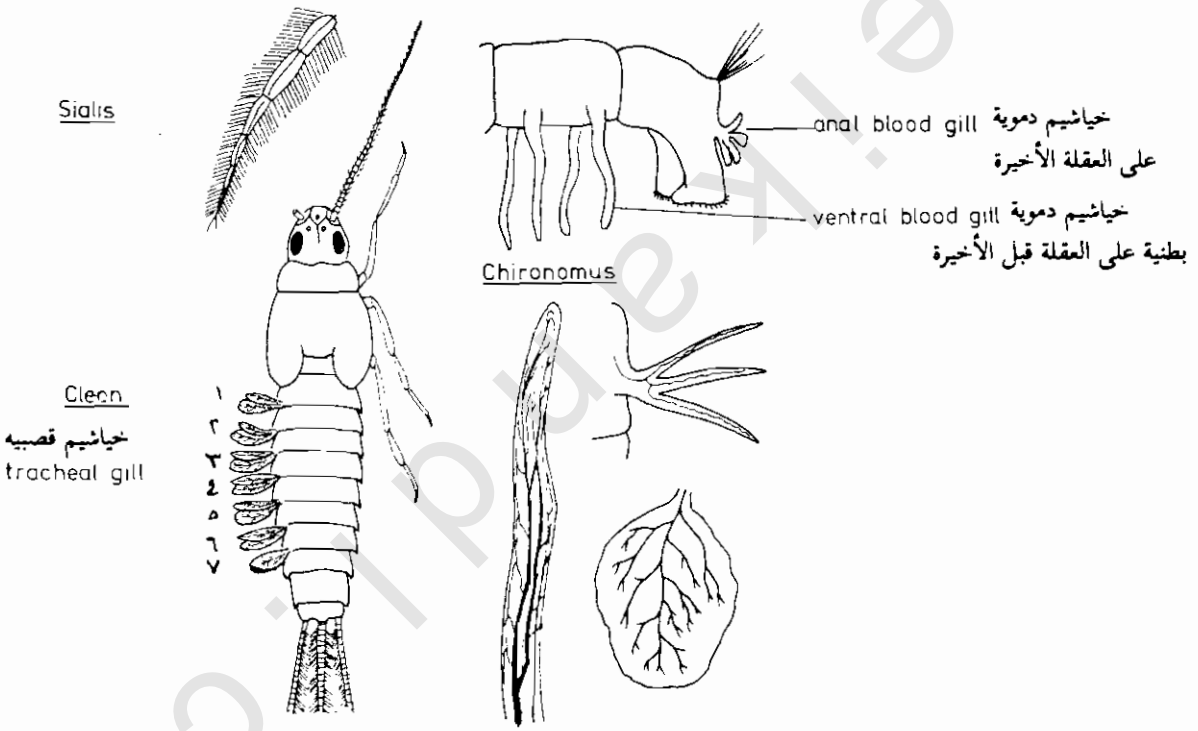
أما من حيث موقعها على الجسم فتكون فى منطقة البطن وقليلا ما توجد على الصدر ويندر وجودها على الرأس. توجد على جانبى العقل البطنية السبعة الأولى فى حوريات Cleon من رتبة ذباب مايو وفى يرقات Sisyra من شبكية الأجنحة Neuroptera يوجد ٧ ـ ٨ أزواج خيوط خيشومية مفصلية على العقل البطنية أما فى رتبة الرعاشات Odonata فيوجد منها نوعان: ففى رتيبة الرعاشات الصغيرة Zygoptera توجد ثلاثة خياشيم ذيلية Anal Gills خارجية تنمو من الصفائح فوق الشرجية Epiproct والحول شرجية Paraproct وهى عادة تأخذ شكل الصفائح الطويلة أو الأنبوبية. أما فى رتيبة الرعاشات الكبيرة Anisoptera فتكون على شكل ستة ثنيات داخلية فى جدار المستقيم وتكون متراصة فى صف طولى فى الجزء الأمامى للمستقيم، وتصل إليها امتدادات قصبية من زوجى الجذوع القصبية الظهرية والبطنية من الجهاز القصبى، ويعرف المستقيم فى هذه الحالة بالسلة الخيشومية Branchial Basket.

ملاحظة:

لا تعتبر الحلمات الشرجية Anal Papillae فى يرقات البعوض خياشيم قصبية حيث أنها تعمل على امتصاص الماء والأملاح من البيئة.

٢ ـ خياشيم الثغور التنفسية: Spiracular Gills

وقد يطلق عليها أيضا الخياشيم الجليدية Cuticular Gills أو الخياشيم الأنبوبية Tube Gills توجد فى بعض عذارى رتبة ذات الجناحين التى تعيش فى الماء مثل



شكل (١١٥): أنواع الخياشيم التنفسية فى الحشرات المائية

(عن Imms ١٩٥٧)

عذارى Simulium التى تعيش فى المجارى المائية أو الأماكن المائية المعرضة للجفاف. وهذه الخياشيم عبارة عن امتدادات خارجية أنبوبية طويلة من الصفيحة الحلقية Annular Sclerite ومنطقة الدهليز Atrium لزوج أو أكثر من الثغور التنفسية. ويغطى هذه الزوائد طبقة كيتينية رقيقة تسمح لتبادل الغازات ويتصل فراغها بالجهاز القصبى مما يمكن العذارى من التنفس فى البيئات المائية والجافة.

٣ ـ الخياشيم الدموية : Blood Gills

وهى عبارة عن امتدادات من الجليد وتكون خيطية أو أنبوبية أو أصبعية الشكل ولا تحتوى عادة على قصبات هوائية مملوءة بالدم توجد فى الحشرات المائية مثل يرقات الهاموش Chironomus حيث يوجد زوجين منها على العقلة البطنية قبل الأخيرة وأربعة على العقلة الأخيرة وكذا فى يرقات البعوض حيث يوجد زوج شرجى، ووظيفة هذه التراكيب فى الهاموش والبعوض امتصاص الماء والأملاح المعدنية أكثر من الوظيفة التنفسية.

٤ ـ التنفس فى الحشرات المتطفلة داخلياً: Respiration In Endoparasitic Insects

تحصل يرقات الطفيليات الداخلية من ذات الجناحين وغشائية الأجنحة على الأوكسجين اللازم عن طريق جدار الجسم الرقيق والذى عن طريقه يتم تبادل الغازات بين دم العائل والطفيل، وفى كثير من الحالات يكون هناك تحورات خاصة تساعد الطفيل على التنفس فى مثل هذه الأوساط المائية. ففى يرقات فصيلة Tachinidae تكون نهاية البطن مدببة وحاملة زوج من الثغور التنفسية Metapneustic تثقب بها جدار جسم العائل أو قصبة هوائية رئيسية فيه وبذلك تسمح لثغورها التنفسية على أن تتصل بالهواء الجوى مباشرة، وقد يكون هناك زوج من الزوائد فى نهاية البطن غنية بالقصبات الهوائية كما فى Chryptochaetum، أو حوصلة شرجية Anal Vesicle فى يرقات فصيلة Braconidae مملوءة بالدم ويعتقد أن لكلاهما وظيفة تنفسية.