(المحاضرة الاحدى عشر)

3 : الجهاز التنفسي Respratory system

عملية التنفس : هو حصول الكائن على الاوكسجين اللازم لحياته والتخلص من ثنائي اوكسيد الكاربون الناتج عن عملية التمثيل الغذائي داخل جسمه يشمل التنفس عمليات فيزيائية (طبيعية) وكيمياوية

يتكون الجهاز التنفسي القصبي في الحشرات من :

1. **الثغور التنفسية Spiracies :** وهي فتحات ناتجة عن انبعاجات من جدار الجسم نحو الداخل يدخل عن طريقها الهواء الى القصبات الهوائية وتوجد على جانبي الجسم لكل حلقة والعدد الكلي لهذه الحلقات هو 10 ازواج زوجان في الصدر (زوج في الصدر الثاني وزوج في الصدر الثالث) و 8 ازواج في البطن من الجلقة البطنية الثانية الى الحلقة البطنية التاسعة بواقع زوج في كل حلقة . الحلقة البطنية الاولى والصدرية الاولى اختزلت فيها الثغور التنفسية في المراحل الجنينية المتأخرة .

عادة يكون الزوج الاول من الثغور التنفسية الصدرية اكبر الثغور جميعا في الحجم كما ان حجم الثغور يصغر تدريجياً كلما اتجهنا نحو نهاية البطن . قد تشابهه الثغور التنفسية في الصدرية والبطنية في التركيب او قد تختلف كما ان الثغور التنفسية البطنية قد تختلف عن بعضها البعض لكل ثغر تنفسي جهاز يتحكم في فتحه وغلقه يختلف باختلاف الحشرات.

وظيفة الثغور : للثغور وظيفة ادخال واخراج الهواء (عملية التبادل الغازي) كما تعتبر مواضع لفقدان الماء من خلال عملية النتح.

من النادر ان تكون الثغور معدومة كما في رتبة ذات الذنب القافز حيث يحدث التنفس عن طريق جدار الجسم

تقسم الحشرات على اساس عدد الثغور التنفسية (عدد الثغور العاملة والمقفلة)

اولا: حشرات عديدة الثغور العاملة Poly pneustic

يوجد فيها 8 ازواج من الثغور العاملة على الاقل تقوم بدورها في التنفس وهذه تقسم على اساس

1. حشرات كاملة الثغور العاملة Holo pneustic وفيها 10 ازواج من

الثغور التي تقوم بدورها في التنفس كما في معظم الحشرات الكاملة كالصرصر ويرقات غشائية الاجنحة وحرشفية الاجنحة.

2. حشرات محيطية الثغور العاملة Pari pneustic وفيها زوج الصدر الخلفي

يكون غير عامل يعني مقفل (اي تعمل 9 ازواج) واحد في الصدر الوسطي و8 في البطن كما في بعض يرقات عائلة Cecidomyidae من رتبة ثنائية الاجنحة .

3. حشرات نصفية الثغور العاملة Hemi pneustic وفيها 8 ازواج عاملة

واحد في الصدر الوسطي و7 في البطن كما في بعض يرقات عائلة Mycetophilidae من رتبة ثنائية الاجنحة .

ثانيا: حشرات قليلة الثغور العاملة Oligo pneustic

وفيها زوج واحد او زوجان من الثغور التي تقوم بدورها في التنفس اما البقية فمغلقة وتقسم الى:

1. **حشرات الزوجين العاملين Amphi pneustic**

ذات زوجين عاملين احداهما في الصدر الوسطي والاخر في نهاية البطن كما في يرقات عائلة الحرمس

2. **حشرات خلفية الزوج العامل Meta pneustic**

وفيها زوج واحد فقط يقوم بدوره في التنفس ويقع في نهاية البطن مثل يرقات البعوض

3. **حشرات امامية الزوج العامل Pro pneustic**

وفيها زوج واحد فقط عامل يقع في الصدر الوسطي مثل عذارى رتبة ثنائية الاجنحة

ثالثا: حشرات عديمة الثغور العاملة Apneustic

لا يوجد اي زوج من الثغور عاملا كما في يرقات الهاموش وحوريات الرعاش

2. القصبـــــــــــات الهوائية Trachae

وهي انابيب مجوفة تنشأ كانبعاج داخلي لجدار الجسم تمتد من الفتحات الواقعة على الصحيفة الجانبية الى داخل جسم الحشرة وتتفرع الى قصبات اصغر واصغر وتنتشر الى مختلف الاعضاء والانسجة.

3. القصيبات الهوائية Tracheoles

وهي انابيب في نهاية القصبات الهوائية وتكون رفيعة جدا وتصل الى الخلايا مباشرة وعن طريقها يحدث تبادل الغازات تنشأ القصيبات الهوائية من خلايا مولدة قادرة لتتمدد والانضغاط .

4. الاكياس الهوائية Air Sacs

وهي انتفاخات كبيرة كيسيه رقيقة الجدران مرنة قابلة للتغير في حجمها ناتجة من اتساع بعض اجزاء القصبات الهوائية توجد في اغلب الحشرات المجنحة وتظهر بوضوح في الحشرات السريعة الطيران ولا توجد في الحشرات الغير المجنحة تعمل الاكياس الهوائية كمحزن للهواء للتغذية العضلات التي تحتاج الى كميات كبيرة من الهواء اثناء الطيران وتعمل على زيادة المساخة التي تحدث فيها عملية التبادل الغازي وكذلك تعمل على تقليل الوزن النوعي للحشرة الطائرة وبذلك تساعدها على الطيران خاصة

في الحشرات كبيرة الحجم وكذلك تساعد الحشرات المائية على الطفو فوق سطح الماء كما تعتبر اعضاء للموازنة المائية في الحشرات التي تعيش في مستويات مختلفة من الماء كما تعمل كمخزن للهواء في الحشرات المائية عند محاولتها الغطس.

التنفس فـــــــــي الحشرات الارضية

الحشرات الارضية هي الحشرات التي تعيش في ظروف اليابسة وتتنفس الهواء الجوي وهناك ثلاث طرق لتنفس هذه الحشرات وهي :

1. الانتشار : كما في الحشرات الصغيرة وفي البيوض والاطوار الساكنة من الحشرات الكبيرة عن طريق الانتشار للغازات. وقد علمنا ان افراد رتبة ذات الذنب القافز Collembola ورتبة ذات الذنب العجزي Protura لا تمتلك جهازا قصبيا وبذلك فان هذه الحشرات تتنفس عن طريق انتشار الغازات عبر جدار الجسم ، يساعد جهاز الدوران وحركة السائل الدموي على سرعة نقل الغازات التنفسية .

2. التهوية الغير مباشرة : تسمى ايضا بالتهوية الهادئة وتتم حركة الهواء في الجهاز القصبي دون الحاجة الى نشاط عضلي وانما عن طريق تكوين تخلخل في الضغط الجوي بحيث يصبح داخل الجهاز القصبي سالبا بالنسبة للهواء الجوي كما في يرقات وعذارى حرشفية الاجنحة والبعض من غمديه الاجنحة وفي البراغيث وفي هذه الحشرات نرى ان التنفس عن طريق الانتشار فقط لا يتماشى مع حاجة الحشرة للتبادل الغازي اما لكبر

حجمها بالنسبة لمساحتها السطحية او لوجود جدار جسم يحوي على جليد سطحي سميك يعيق تبادل الغازات.

3. التهوية العضلية او التهوية الميكانيكية :كما في الحشرات الكبيرة والنشطة حيث تحتاج الى كميات كبيرة من الاوكسجين تتم التهوية العضلية عن طريق تغير حجم الجهاز القصبي وخصوصا حجم الاكياس الهوائية وذلك بواسطة تقلص وانبساط العضلات الهيكلية كما في الجراد الصحراوي.

التنفس فـــــــــي الحشرات المائية

في معظم الحشرات المائية يوجد جهاز قصبي كما هو عليه في الحشرات الارضية غير ان الثغور التنفسية قد تكون عاملة او مقفلة دائما حيث تتنفس الحشرات المائية الهواء الحر او الاوكسجين المذاب في الماء بطرق عديدة تعتمد على نوع الحشرة ويمكن تقسيم الجهاز التنفسي في الحشرات المائية الى نوعين رئيسيين كما يلي :

اولا: الجهاز القصبي المغلق: تكون الثغور جميعا مغلقة تتنفس الحشرات ذات الجهاز القصبي المغلق بإحدى الوسائل التالية او الاكثر :

1. **التنفس عن طريق جدار الجسم** Body wall: يتم التبادل الغازي في العديد من الحشرات المائية عن طريق جدار الجسم وقد وجد ان يرقات

الهاموش Chironomus تحصل على الاوكسجين المذاب في الماء عن طريق جدار الجسم الذي يكون رقيقا كما وجد ان يرقات البعوض Culex تحصل على نصف حاجتها من الاوكسجين في مياه جيدة التهوية عن طريق جدار الجسم وبالرغم من وجود العديد من التحورات التي تساعد على تنفس الحشرات المائية الا ان جدار الجسم يلعب دورا مهما في التنفس خصوصا في المناطق الرقيقة منه والتي غالبا ما تكون مزودة بشبكة من القصبات والقصيبات الهوائية.

2. **التنفس بواسطة الخياشيم القصبية Tracheal gills** : وهي تحورات خارجية رقيقة لجدار الجسم تحتوي على شبكة كثيفة من القصبات وتوجد هذه الخياشيم غالبا في الاطوار الحورية للرعاشات وذباب مايو وقد تبقى حتى في البالغات ولكن دون ان يكون لها دور في التنفس وتوجد هذه الخياشيم عادة في البطن ولكن قد توجد في الصدر وحتى في الراس كما في بعض انواع رتبة مطوية الاجنحة Plecoptera .

ثانيا: الجهاز القصبي المفتوح : في هذا النوع توجد ثغور تنفسية عاملة يتم عن

طريقها دخول الاوكسجين بما يلبي حاجة الجسم والحشرات التي تمتلك هذا النوع من الجهاز التنفسي نوعان احداهما يعتمد على الاوكسجين الجوي والاخر يعتمد على الاوكسجين المذاب في الماء

أ/ الحشرات التي تعتمد على الاوكسجين الجوي : ومنها ثلاث انواع

1. الحشرات التي تتنفس على سطح الماء : وهي الحشرات التي تصعد بين تارة واخرى الى سطح الماء لتحصل على الاوكسجين الجوي كيرقات

وعذارى البعوض كذلك الحشرات التي لها زوائد انبوبية تمدها الى سطح الماء وتتنفس خلالها مثل يرقات ذباب ايرستالس.

2. الحشرات الغاطسة مع مخازن الهواء : تتمكن بعض الحشرات ومنها الخنفساء المائية Dytiscus من حمل فقاعات الهواء تحت الجناح الغمدي وتستفاد من هذا الهواء في التنفس عند الغطس ليمكنها من البقاء تحت الماء مدة اطول .

3. الحشرات التي تستفاد من هواء انسجة النباتات المائية : يوجد لبعض الحشرات المائية زوائد انبوبية قوية ومدببة من نهايتها ومزودة باسنان تشبه المنشار وتقع الثغور التنفسية في نهاية هذه الزوائد حيث تقوم بغرسها في انسجة النباتات المائية وتحصل منها على الاوكسجين وهذه الحالة توجد في الحشرات المائية التي تعيش مغمورة بالطين حيث يكون تركيز الاوكسجين قليل ومن امثلتها بعض يرقات الخنافس من غمدية الاجنحة وبعض يرقات ثنائية الاجنحة مثل البعوض .

ب/ الحشرات التي تعتمد على الاوكسجين المذاب في الماء ومنها الانواع التالية

1. الحشرات ذات الخياشيم الغازية المؤقتة : عند غطس بعض الحشرات تحت الماء فانها تحمل معها فقاعات هوائية او غشاء هوائي رقيق خصوصا قرب الثغور التنفسية ويتكون نتيجة لوجود شعيرات دقيقة كارهة للماء وبكثافة تبلغ في بعض انواع الخنافس ما بين 10000 الى 10000000 شعيرة في السنتمتر المربع الواحد . وتتمكن هذه الحشرات ن البقاء غاطسة لفترة طويلة حيث تقوم هذه الفقاعات او الاغشية الهوائية بدور الخياشيم

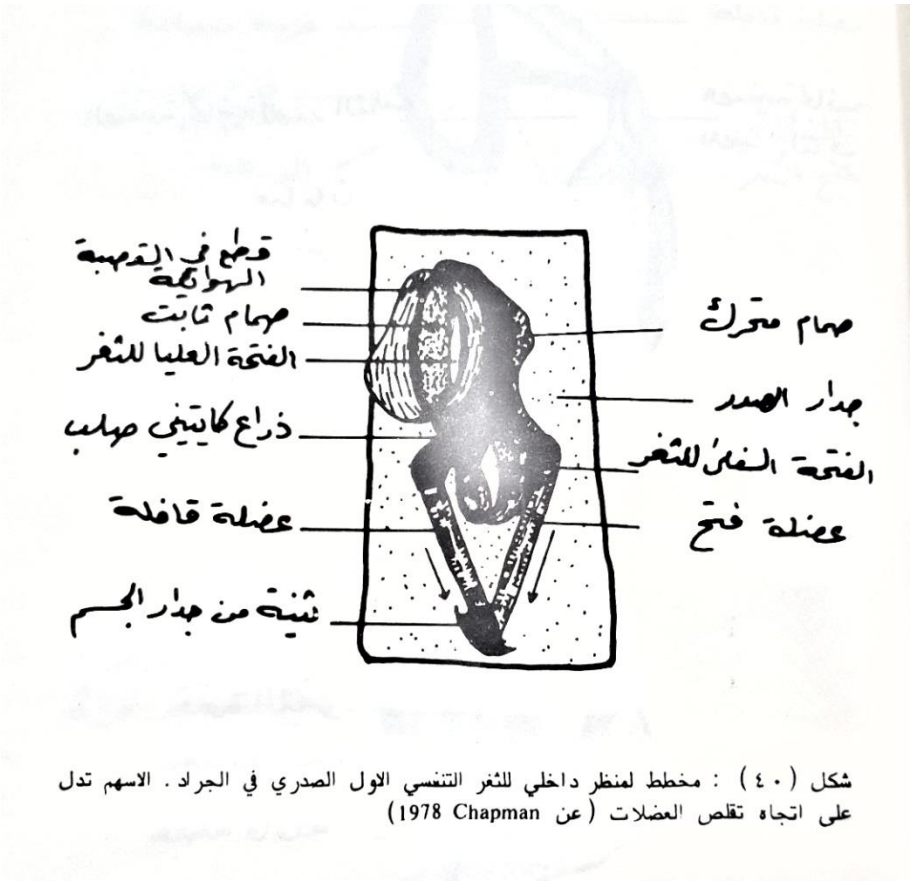
فعند استهلاك الحشرة للاوكسجين في الجهاز القصبي والخياشيم الغازية فإن الاوكسجين المذاب في الماء يتنشر الى داخل الفقاعة او الغشاء الهوائي اما غاز ثنائي اوكسيد الكاربون ونتيجة سرعة ذوبانه فانه ينتشر من الفقاعة الى الماء .

2. الحشرات ذات الخياشيم الغازية الدائمية : وتضم الشبكة الواقية والخياشيم الثغرية والشبكة الواقية عبارة عن شعيرات دقيقة موجودة بكثافة عالية تصل الى 250 مليون شعيرة / سم^2 من سطح الجسم او انها تحورات مثقبة من الجليد تمتد بشكل قنوات او سطوح فوق غرف هوائية بحيث يتكون غشاء هوائي بين الشعيرات ونظرا لخاصية كرة الماء كذلك ان المساحة السطحية لغشاء الهواء في الشبكة الواقية تكون اكبر بكثير من المساحة السطحية للخياشيم الغازية المؤقتة لذلك فإنها تتمكن من تزويد الحشرة بما تحتاجه من الاوكسجين المذاب في الماء على شرط ان يكون تركيز الاوكسجين في الماء اعلى من تركيزه في الغشاء الهوائي والا فان العكس يؤدي لخروج الاوكسجين من غشاء الهواء الى الماء كما في البقة افيلوجيرس من رتبة نصفية الاجنحة .

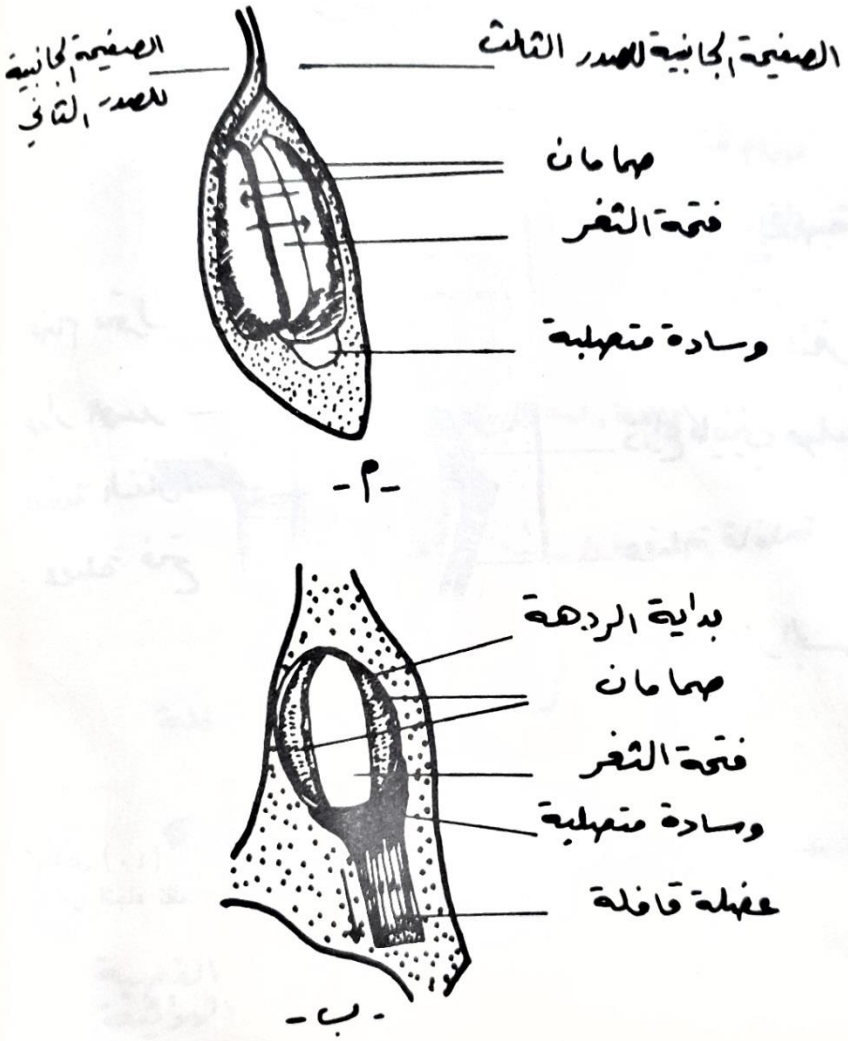
اما الخياشيم الثغرية فانها نموات خارجية للمنطقة المحيطة بفتحة الثغر او تحورات خارجية للردهة وتضم جميع هذه التحورات على شبكة واقية (عدا تحورات الخياشيم الثغريه لبعض انواع عائلة الهاموش) وهذه الحشرات التي تمتلك خياشيم ثغريه يوجد بها اعضاء حس تتأثر بالمناطق التي يقل فيها الضغط الجزيئي للأوكسجين بالماء وتتجنبها

التنفس في الحشرات المتطفلة داخليا :

تحصل معظم الحشرات المتطفلة داخليا على الاوكسجين عن طريق الانتشار عبر جدار الجسم من انسجة العائل اي عن طريق التنفس الجليدي كما وتحصل بعض الطفيليات على الاوكسجين من الهواء الجوي وذلك بثقب جلد العائل كما في نغف جلد البقر ومن هذا الثقب تبرز ثغورها التفسية الواقعة في نهاية البطن وتتنفس الهواء الجوي وتحصل الحشرات المتطفلة داخليا على حشرات اخرى على الاوكسجين عن طريق الجهاز القصبي للعائل او عن طريق ثقب جدار جسم العائل . وتحصل اليرقات الكبيرة لنغف معدة الخيل على الاوكسجين من الهواء الذي يدخل المعدة مع الغذاء حيث تتنفس هذا الهواء بواسطة زوج الثغور الواقعة في نهاية البطن .



شكل (٤٠) : مخطط لمنظر داخلي للثغر التنفسي الاول الصدري في الجراد . الاسهم تدل على اتجاه تقلص العضلات (عن Chapman 1978)



شكل (٤١) : الثغر التنفسي الصدري الثاني في الجراد
ا : مخطط للثغر من الخارج (الاسهم تدل على اتجاه حركة الصمامات عند غلق الثغر.
ب : مخطط للثغر من الداخل (السهم يدل على اتجاه تقلص العضلة) (عن Chapman 1978 مع التوضيح)