**الجهاز التنفسي The Respiratory system**

لا يقوم الدم في الحشرات بمهمة التنفس كما في بقية الحيونات ولكن هذه المهمة يقوم بها الجهاز التنفسي Tracheal System الذي يتفرع داخل الجسم في هيئة انابيب هي القصبات والقصيبات الهوائية كما هو الحال في قليل من المفصليات كالقشريات والعناكب تتفرع داخل الجسم بطريقة معقدة وتنظيم وتوزيع هذه الانابيب داخل الجسم يتبع نظاما ثابتا .

-1 يوجد زوج من الانابيب الطولية على جانبي الجسم واحد علي كل جانب ويسمى كل منها بالانبوبة الاساسية الطولية او انبوبة فتحات التنفس لانها تتصل بالخارج مباشرة عن

طريق الفتحات الثغور التنفسية

2- زوج من الانابيب الظهرية وتتصل هذه الانبوبة بالانبوبة الطولية بأنابيب عمودية قصيرة .

 3- زوج من الانابيب البطنية .

4- الانابيب العرضية وتصل الانبوبتين الطوليتين في جميع حلقات الجسم وفي بعض الحشرات تتضخم الانابيب لتكون أكياس هوائية كما في النحل لتزيد من كمية الهواء وبالتالي كمية الاوكسجين للجسم وكذالك لكي تخفف الوزن النوعي للحشرة .

التنفس هو عملية دخول الاوكسجين من الوسط المحيط الى خلايا الجسم وطرد ثاني اكسيد الكربون الى الخارج. ففي الحشرات يتم نقل الاكسجين اللازم لتنفس الخلايا نقلا فسيولوجيا عن طريق جهاز داخلي من الانابيب المملوءة بالهواء هي القصبات الهوائية **Tracheae** التي تنتهي بأنابيب دقيقة القطر تدخل كل خلية **ويدخل الهواء القصبات الهوائية عن طريق زوج من الفتحات الجانبية تعرف بالفتحات التنفسية أو الثغور وهذه الفتحات مرتبة في مواضع معينة على عقل الصدر والبطن ونادراً ما تنعدم هذه الفتحات أو تكون مقفلة ويحدث التنفس في هذه الحالة عن طريق جدار الجسم. أما معظم أطوار الحشرات المائية غير البالغة فيحدث التنفس بها عن طريق الخياشيم وتنشأ أعضاء التنفس في الحشرات من طبقة الإكتودرم فتكون القصبات الهوائية كإنغمادات أنبوبية للداخل، بينما تنشأ الخياشيم كبروزات جوفاء للخارج**



**الثغور التنفسية The spiracles:**

الثغر عبارة عن شق او اكثر في منطقة البلورا بالجليد شكله مستدير او بيضاوي و هذه الفتحات تؤدي الى القصبات الهوائية trachea والتي هي انبعاجات جليدية من جدار الجسم انبوبية الشكل مشعبة ومتشابكة وتنتهي بأنابيب دقيقة مملوءة بسائل هي القصيبات الهوائية tracheoles تحاط بها صفيحة الثغر للحفاظ على المنطقة من التمزق . يغطي هذا الشق من الخارج بأهداب او شعر كثيف متجه للداخل لكي يحميه من فقد الماء ودخول الاتربة والاجسام الغريبة ولكل ثغر جهاز عضلي خاص يعمل على فتحة او قفلة كلما لزم الامر. يلي الشق فجوة متسعة تسمى Atrium يوجد زائدة كايتينية ترتبط بينهما بعضلة عند تقلص العضلة تؤدي الى انثناء القصبة.



**عدد الثغور:**

يختلف عدد الثغور باختلاف الحشرات فيبلغ عددها عشرة ازواج منها زوجان بالمنطقة الصدرية الاول بين الحلقة الصدرية الاولى والثانية والثاني بين الحلقة الصدرية الثانية والثالثة اما الثمانية ازواج الباقية فتقع على جانبي الثمانية حلقات الاولى من البطن. وقد يزداد عدد الثغور التنفسية او يقل كما يلي: السمك الفضي 11 زوج – القمل 7 ازواج. الجراد 9 ازواج.

الثغور التنفسي





رسم تخطيطي لثغر تنفسي ويظهر جهاز الفتح والغلق في الحشرة

أ- مفتوح ب- مغلق

**انواع الجهاز التنفسي:**

يمكن تقسيم الاجهزة التنفسية طبقا لعدد ونظام الثغور التنفسية العاملة كما يلي:

1- الجهاز التنفسي المفتوح Holopneustic type: وهو نوع بدائي به عشرة ازواج من الفتحات التنفسية العاملة ثمانية منها على العقل البطنية وزوجان على العقل الصدرية. مثل يرقات (ذات الجناحين) وبعض الحشرات غشائية الاجنحة وكثير من الرتب الاخرى.

2- الجهاز التنفسي شبه المفتوح Hemipneustic type: وهو مشتق من النوع المفتوح ولكن يغلق زوج او اكثر من الثغور التنفسية وتنقسم الى عدة انواع هي:

أ- الجهاز التنفسي ذو الطرفين Amphipneustic وفيه تغلق كل الثغور التنفسية عدا الصدرية الاولى والبطنية الاخيرة. مثل يرقات الحشرات ذات الجناحين.

ب- الجهاز التنفسي الخلفي Metapneustis وفيه تغلق كل الثغور التنفسية عدا البطنية الاخيرة. مثل البعوض.

ج- الجهاز التنفسي الامامي Propneustic وفيه تكون جميع الثغور مغلقة عدا الصدرية الاولى. كما في عذراء بعض ذات الجناحين.

د- الجهاز التنفسي المحيطي Perpneustic يكون التوزيع 8 في الحلقات البطنية الاولى وزوج مغلق في الحلقة الصدرية الثالثة وزوج مفتوح في الحلقة الصدرية الاولى مثل يرقات الديدان القارضة

3- الجهاز التنفسي المغلق Apneustic وفيه تكون الثغور التنفسية مغلقة وهنا تتنفس الحشرة بطرق اخرى.

4- النظام المختزل Hypneustic في المراحل الجنينية تكون عددها اقل من 10 ازواج مثل القمل القارض والتي يكون عددها في المراحل الجنينية 7 أ زواج

**القصبات الهوائية Trachea:**

هي انبعاجات كيتينية من جدار الجسم انبوبية الشكل ومتشابكة تكتسب مظهرا فضيا عند امتلائها بالهواء تبطن هذه القصبات من الداخل بطبقة  كيتينية على هيئة خيوط حلزونية دائرية Taenides وتصل الاطراف السائل التنفسي Tracheole Liquidالذي يتم عن طريقه تبادل الغازات مع تلك الانسجة بطريقة الضغط الازموزي ووظيفة هذه البطانة:

- حفظ القصبات مفتوحة دائما.

- تسمح بمرور الهواء داخلها.

يغلف هذه البطانة من الخارج خلايا طلائية لكل منها نواة كبيرة هذه الخلايا وظيفتها هو افراز الطبقة الكيتينية الحلزونية.



جزء من قصبة هوائية

-1 خلايا طلائية

-2 الغلاف الداخلي

-3 الحلزون الكيتيني

**القصيبات الهوائية Tracheoles:**

وهي عبارة عن افرع كثيرة ورفيعة من القصبات الهوائية يصل قطر كل قصيبة الى حاولي 1 ميكرون وتنتهي هذه الفريعات بخلية تنفسية صغيرة في نهاية القصبة الهوائية يحصل عندما تبادل الغازات. والقصيبات الهوائية غير مبطنة بالكيتين الحلزوني لأنه لابد ان تكون جدارها رقيقة حتى تتمكن الغازات من التبادل خلالها.





 **-2 تنفس الحشرات المائية Respiration Of Aquatic Insects**

يتم تنفس هذه الحشرات بعدة وسائل وبهذه الوسائل تحصل على الاكسجين سواء أكان هوائيا ام

ذائبا في الماء .

أ - ويتم تنفس الهواء الجوي باحدى الصور التالية :

 Siphons ( Air Tubes ) -1 الانابيب الهوائية او السيفونات كالحال في يرقات البعوض حيث توجد في نهاية البطن ) على الحلقة الثامنة) وقد توجد في عذراء هذه الحشرة لكن في مقدمة المنطقة الرأسية الصدرية.

2- التنفس بواسطة فقاقيع الهواء Air bubbles

بعض الخنافس المائية تطفو فوق سطح الماء وتأخذ الهواء الجوي بين اجنحتها وتخزنه على هيئة فقاقيع هوائية وتحجز هذه الفقاقيع بين الشعر الموجود على الجسم وتستخدمه في التنفس ومثل هذه الحشرات تصعد الي سطح الماء بين أونة وأخري لتزود نفسها بالهواء اللازم.

-3 التنفس بواسطة ثقب النباتات المائية Piercing of aquatic plants

بعض اليرقات لها القدرة على ثقب النباتات المائية بواسطة الثغور التنفسية في مؤخرها وتحصل على الاوكسجين من بين الخلايا الداخلية لأنسجة النبات.

ب - تنفس الاوكسجين الذائب في الماء ويتم ذلك ويتم في الحشرات المائية باحدي صورتين هما :

 خلال سطح الجسم ويطلق عليه التنفسي الجليديCuticular Or Dermal 1-جدار الجسم

ويتم ذلك في العذارى واليرقات التي تغيب فيها الثغور التنفسية لذلك فهي تستخلص الاوكسجين الذائب في الماء عن طريق سطح الجسم كما في الهاموش وبعض الحشرات التي تتطفل داخليا من رتبة غشائية الاجنحة .

2 – التنفس بالخياشيم Respiration Gills:

تعرف الخياشيم بانها قنوات خارجية او داخلية من سطح الجسم تقوم بعملية استخلاص الاوكسجين الذائب في الماء .

وهناك عدة انواع من الخياشيم مثل:

1- الخياشيم القصبية Tracheal gills: وهي اعضاء خيطية رفيعة او ورقية الشكل غنية بالقصبات والقصيبات الهوائية وتوجد في معظم اليرقات المائية فتستخلص هذه الخياشيم الاوكسجين الذائب في الماء. مثل حوريات الرعاش حيث يعرف بالسلة الخيشومية المستقيمة Rectal Branchal Basket فهذا الجهاز يدخله الماء عن طريق فتحة الشرج ثم يقذف منه بعد استخلاص الاكسجين وعملية دفع الماء تعين الحشرة علي دفعها الى الامام .

2- خياشيم الثغور التنفسية Spiracle gills: في بعض العذارى المائية التي تعيش في مجاري المياه المتدفقة وتتعرض لتغيرات سريعة في مستوى الماء تمتد منطقة الثغور الى الخارج لتكون زوائد طويلة تتنفس من خلالها الهواء. مثل يرقات وعذارى البعوض.

3- الخياشيم الدموية Blood gills: وهي زوائد انبوبية تحتوي على كمية من الدم وليس بها قصيبات هوائية ومن هنا جاء اسمها وهي غير شائعة ولا تقتصر على الحشرات المائية وهي واضحة التكوين في يرقات الهاموش غير اللادغ على الحلقة قبل الاخيرة وهذا الدم يحمل الاوكسجين الذائب في الدم الى انسجة الجسم.

**-3 تنفس الحشرات الطفيلية Respiration Of Internal Parasites**

تتطفل بعض الحشرات النافعة على الحشرات الضارة والتطفل اما داخلي او خارجي ففي التطفل الخارجي تتنفس المتطفلات بالطرق المعتادة اما المتطفلات الداخلية فتتنفس بإحدى الطرق الاتية:

1. التنفس الجلدي Cutaneous respiration: وذلك خلال الجليد الرقيق للطفيل ودم العائل.
2. اخذ الاوكسجين مباشرة من القصبات الهوائية للعائل مثل يرقات ذبابة التكاينا Tachinidae حيث توجد فتحتان تنفسيتان نهاية البطن المدببة التي بواسطتها يثقب الطفيلي احدى القصبات الهوائية للعائل ليتنفس الهواء الجوي العادي .

3- اخذ الاوكسجين من الهواء الجوي الخارجي وذلك بواسطة ثقب جلد العائل, كما في نغف جلد البقر Hypodermsحيث توجد فتحتان تنفسيتان في مؤخرة البطن يمكن للطفيل ان يخرجهما من خلال ثقب في جلد الحاضن ليتنفس بهما الهواء الجوي العادي أيضاً .

**ميكانيكية التنفس:**

اذا كانت الحشرات صغيرة الحجم فعملية دخول الاوكسجين من الفتحات التنفسية الى القصيبات ثم الى جسمها بطريقة الانتشار اما في الحشرات الكبيرة فأن الاكياس الهوائية تقوم بعملية تهوية اضافية بواسطة الهواء المخزون فيها ومن ثم طرد الهواء غير الصالح نتيجة عمليات الايض الى الخارج تتم عملية ضغط الاكياس وارتخائها بواسطة حركة حلقات البطن والتي تقرب الصفائح البطنية العليا الى الصفائح البطنية السفلى وبذالك يقل التجويف البطني وفي حالة تباعد الصفائح يزداد الحجم , تظل الثغور التنفسية مغلقة في اغلب الاوقات وتفتح لفترة قصيرة جدا لامداد الحشرة بالاوكسجين اللازم لها وذلك لتفادي تبخر الماء من جسم الحشرة .

- عند الراحة تكون الثغور مغلقة تكون القصبات الهوائية ممتلئة بالهواء ما عدا اطرفها الرفيعة التي تنتهي بالخلايا التنفسية والتي تحوي بداخلها سائل. وعند قيام الحشرة بالمجهود او عند الطيران هذا يؤدي ان تنشط عضلات الحشرة الطولية والعرضية فيتحول الكليكوجين الموجود في انسجة هذه العضلات الى حمض اللكتيك، ويتسبب ذلك في رفع الضغط الازموزي داخل الانسجة فيتحرك السائل الموجود في اطراف القصيبات الهوائية ويصل الى الانسجة فيندفع الهواء الذي في القصبات الهوائية مكانه وبذلك يصل الهواء او الاوكسجين الى الانسجة فيغذيها.

وعندما يقل نشاط الحركة وترجع العضلات الى وضعها الاصلي، يقل تبعا لذلك الضغط الازموزي، فيندفع السائل داخل التفريعات ويملا اطرافها مرة اخرى وبذلك ينحجز الهواء عن الانسجة.

**عملية الزفير:**

- يحدث عند تقلص جسم الحشرات نتيجة لتقلص عضلات الجسم وينتج عن ذلك ارتفاع ضغط السائل الدموي فيسبب ضغط على القصبات الهوائية فتقل سعة القصبات فيزداد ضغط الهواء داخل الجهاز القصبي عن الضغط الجوي وبذلك تنفتح الفتحات التنفسية فيطرد الهواء الى الخارج.

**عملية الشهيق:**

- ينفتح الثغر فيندفع الهواء من الخارج الى الداخل حيث عند انبساط العضلات يزداد حجم التجويف الجسمي ويقل الضغط على الاكياس والقصبات فتمتليء بالهواء ثم يقفل الثغر ثانية نتيجة حصول توازن بين الضغط الداخلي والخارجي. وهكذا تتكرر العملية.

التخلص من ثاني اكسيد الكربون:

يتم التخلص من ثاني اكسيد الكربون الناتج من عمليات الهدم والبناء عن طريق:

- نفس طريقة دخول الاوكسجين عن طريق القصبات الهوائية.

- عن طريق الجليد الرقيق للجسم او الغشاء الرقيق بين كل حلقتين.













يرقات الهاموش



