جامعة تكريت
كلية الزراعة
قسم وقاية النبات
الدراسات العليا /ماجستير

اعداد
أ.م.د محمد شاكر منصور

المحاضرة الرابعة

فسلجه الحشرات – الجهاز القصبي Tracheal System

د.محمد شاكر منصور

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

التنفس هو عملية اكسدة نواتج Glycolysis والتي تجري في الميتاكوندريا بوجود الاوكسجين وتحرير ثاني اوكسيد الكاربون ، ويتم التنفس بمرحلتين:

الاولى : تتضمن النقل الطبيعي (الفيزيائي) للغازات التنفسية وهي الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون بين المحيط الخارجي وبين خلايا انسجة جسم الحشرة

الثانية : تتضمن عمليات الاكسدة التي تجري في ميتاكوندريا الخلايا حيث تتاكسد نواتج الايض الغذائي ويصاحب هذة الاكسدة تكوين جزيئات الطاقة ATP وهو مايعرف بالتنفس الخلوي الهوائي.

وبالرغم من ان قدراً ضئيلا من الطاقة يتحرر في عملية Glycolysis التي تجري في السيتوبلازم دون الحاجة الى الاوكسجين وهو ما يطلق علية بالتنفس الخلوي اللاهوائي، الا ان هذه الطاقة **لا** تفي بحاجة الحشرة لذلك فلابد من اتمام عملية Glycolysis عن طريق دورة كريبس في الميتاكوندريا وهنا يدخل الاوكسجين في هذه الدورة ويتحد مع ذرات الهيدروجين مكونا جزيئات ماء وينتج عن هدم المركبات العضوية تكون غاز Co_2 الذي يجب طرحة خارجا، والطاقة الناتجة عن دورة كريبس تشكل اكبر نسبة من الطاقة التي تتحرر في التنفس الخلوي.

ومن المعروف ان لا حياة ولا نشاط بدون طاقة فالبناء والهدم الحيوي والافراز والتقلصات العضلية ونقل المنبهات وانتاج البيوض والحيامن كل ذلك لا يتم الا بتوفر الطاقة بحالة جزيئات ATP .

الجهاز القصبي Tracheal System

جدار الجسم في مفصليات الارجل يحتوي على عدة طبقات منها الجليد السطحي الحاوي على بروتين والجليد الخارجي والداخلي الحاوي على بروتين وكايتين ويغطي جدار الجسم من الخارج بطبقة رقيقة من الشمع وقد ساعد هذا التركيب على انتشار مفصليات الارجل في البيئات المائية والارضية ، غير ان جدار الجسم بمثل هذا التركيب يعتبر محددا لانتشار الغازات التنفسية وخاصة الاوكسجين الذي لا يتمكن من الانتشار عبر الجليد السطحي ، ونظرا لعدم وجود جهاز دوران مغلق وعدم وجود صبغة الهيموكلوبين فقد تطور في غالبية الحشرات وغيرها من مفصليات الارجل جهاز تنفسي خاص يسمى بالجهاز القصبي.

يتركب الجهاز القصبي التنفسي في الحشرات من الاتي :

١. **القصبات الهوائية Trachae**: ومفردها Trachea وهي انابيب مجوفة تمتد من الفتحات الواقعة على البلورا الى داخل جسم الحشرة وتتفرع الى قصبات اصغر فاصغر. في العديد من الحشرات عديمة الاجنحة تتفرع القصبات الهوائية الناشئة من كل انبعاج على الصفيحة الجانبية وتمتد الى مختلف انحاء الجسم غير انها لا تلتقي مع تفرعات القصبات الناشئة من الانبعاجات الاخرى، اما في

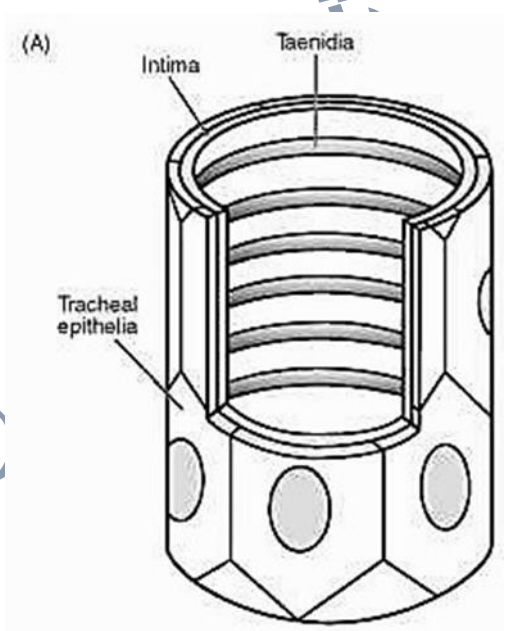
د.محمد شاكر منصور

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

بقية الحشرات فان القصبات من الانبعاجات المختلفة تلتقي مع بعضها مكونة قصبات طويلة رئيسية تمتد على طول جسم الحشرة وتسمى مناطق التقاء القصبات ببعضها بالعقد Nodes .

ولما كانت القصبات الهوائية ناشئة بالأساس من جدار الجسم فان لها نفس التركيب ، حيث تبطن القصبة من الداخل اي من جهة التجويف ببطانة رقيقة من الكيوتكيولين Cuticulin المستمر مع جدار الجسم، توجد طبقة شمعية قبل الكيوتكيولين يلي ذلك طبقة اسمك من الجليد السطحي المؤلف من بروتين، وعلى مسافات منتظمة تحت الجليد السطحي توجد تثخنات تلتف حلزونيا حول القصبة الهوائية وتسمى Taenidia . ويوجد فيها الجليد الخارجي والداخلي المكون من البروتين والياف دقيقة جدا من الكايتين، ان هذة التثخنات الحلزونية تقوم بجعل القصبات الهوائية مفتوحة دائما وبذلك لا تنكمش القصبة نتيجة انخفاض الضغط الجوي داخل القصبة عند اغلاق الثغور التنفسية واستهلاك الاوكسجين الموجود في فراغ القصبة.

وتحاط القصبات الهوائية بطبقة واحدة من الخلايا الطلائية الحرشفية المضلعة وهي خلايا مستمرة مع خلايا البشرة لجدار الجسم وهي التي تفرز البطانة الجليدية للقصبة الهوائية ، ويمتاز جليد القصبات الهوائية بانسلاخة مع كل انسلاخ لجدار الجسم حيث يتكون جليد جديد بدلا عنة.



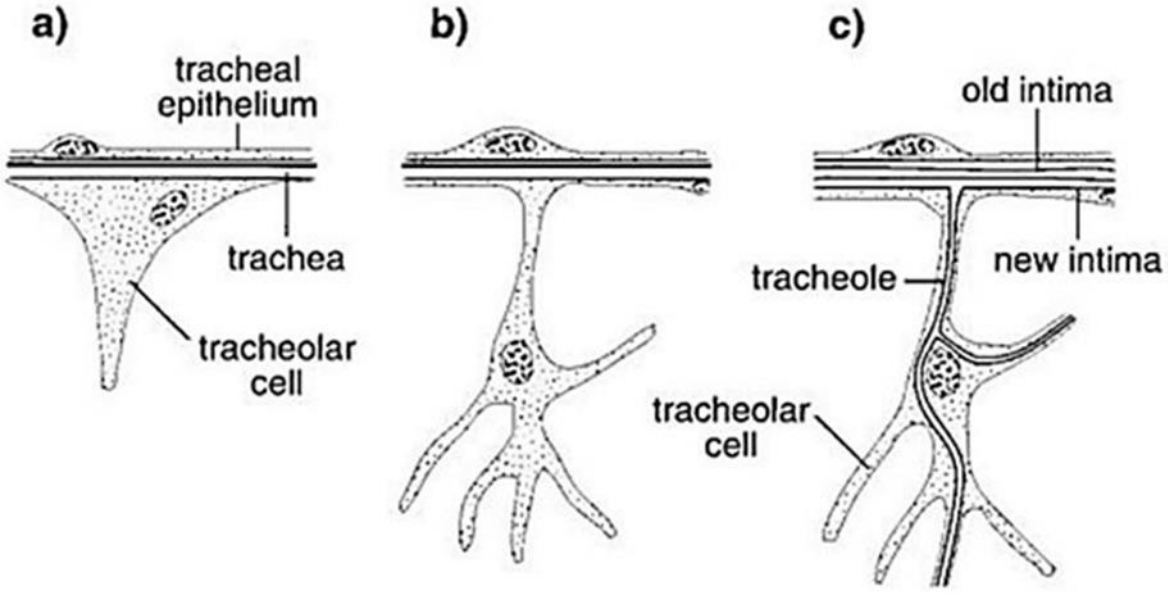
تركيب القصبة الهوائية

٢. **القصيبات الهوائية Tracheoles** : توجد في نهاية القصبات الهوائية الصغيرة والمتغلغلة داخل النسيج خلايا نجمية الشكل او أشبه براحة اليد وتسمى بأسماء عديدة كخلايا المولدة للقصيبات Tracheoblasts او خلايا النهايات القصبية Tracheal ends cells .توجد خلية واحدة منها في نهاية كل قصبة هوائية وتمتاز بان غشاء البلازما الداخلي ينبعج بطريقة خاصة مكونة انابيب دقيقة جدا تسمى القصيبات الهوائية.

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

وهي تفتح من جهة مع نهاية القصبة الهوائية المتصلة بها اما من الجهة الاخرى فتكون مغلقة، هذا وبإمكان الخلية الواحدة ان تكون عدة قصيبات هوائية. تتغلغل القصيبات بين خلايا النسيج وقد تضغط على الخلايا المكونة للنسيج فتصبح وكأنها داخل الخلايا، ان مركز اي خلية حية لا يبعد اكثر من ١٠ ميكرون عن اقرب قصبة هوائية وبذلك فان القصيبات الهوائية في الحشرات تشابة من حيث انتشارها الاوعية الدموية الشعرية لجهاز الدوران في الفقريات.

تبطن القصيبات من الداخل بالكيوتكيولين حيث يترتب بشكل تثخنات حلزونية ولكن هذة التثخنات تكون خالية من البروتين والالياف الكايتينية كما لا توجد طبقة شمعية ولا جليد سطحي بروتيني.



نشأة القصيبات الهوائية

* لوحظ بالمجهر الاليكتروني وجود ثقوب قطرها ٣٠ أنجستروم في جدار القصيبة الهوائية ويعتقد بان لها اهمية في حركة السوائل عبر جدار القصيبات. يحتوي الجزء القريب من النهاية المغلقة للقصيبات على سائل غروي مجهول التركيب الكيميائي وتتجاذب هذا السائل قوتان متعاكستان في الاتجاة اولهما قوة الجذب الشعري – للقصيبات الى ان يبلغ قطرها **0.3** ميكرون وتحاول هذة القوة الابقاء على السائل داخل القصيبة ، والقوى الاخرى هي الضغط التنافذي لمحلول سايتوبلازم خلايا النسيج الموجودة فية القصيبة الهوائية ، فعند ارتفاع الضغط التنافذي لمحلول سايتوبلازم الخلايا نتيجة زيادة الايونات والجزيئات العضوية وذلك ما يحدث اثناء نشاط خلايا النسيج فان السائل القصيبي وبالاخص جزيئات الماء الموجودة فية تنتقل عن طريق الانتشار عبر الثقوب الموجودة في جدرات القصيبات ثم عبر الخلية المولدة للقصيبات الى منطقة الجذب الخارجية وبذلك يقل طول عمود السائل داخل القصيبة ويحل محلة الهواء الحاوي على الاوكسجين وبما ان خلايا النسيج في حالة نشاط اي استهلاك الاوكسجين في دورة كريبس فان الضغط الجزئي للاوكسجين في

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

القصيبات يكون اعلى منة في داخل خلايا النسيج فينتشر الاوكسجين نحو الخلايا لتستفاد منة وعند انتهاء نشاط الخلايا وعودتها لوضعها الاعتيادي السابق فان الايونات والجزيئات العضوية خصوصا تلك التي استخلصت منها الطاقة تنتشر في بلازما الدم الى الجهاز الاخراجي فيقل الضغط التنافذي لمحلول سايتوبلازم الخلايا وبذلك يعود السائل القصيبي للقصيبات من جديد بتاثير قوة الجذب الشعري.

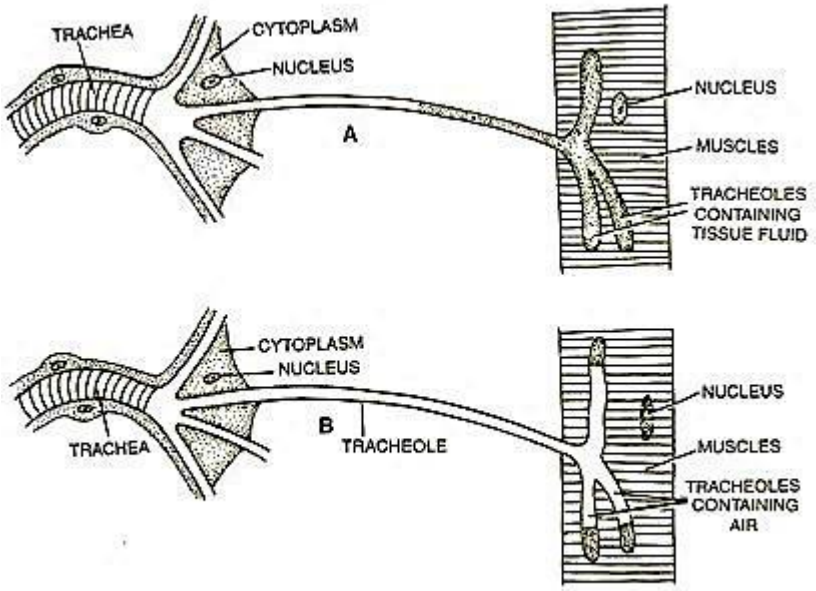
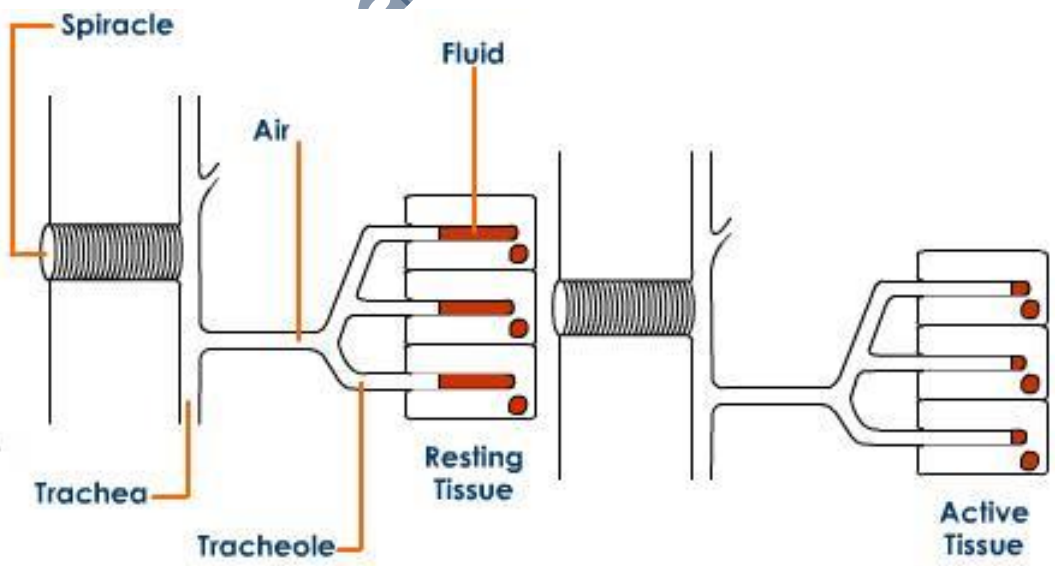


Fig. 7A.34. Mechanism of respiration. A, at rest. B, in activity.

ميكانيكية عملية التنفس (A : خلية اثناء الراحة– B : خلية اثناء النشاط)



خلية اثناء النشاط **خلية اثناء الراحة**

ميكانيكية التنفس في الحشرات Mechanism of Respiration in Insects

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

وتمتاز بطانة القصيبات الهوائية بعدم انسلاخها اثناء انسلاخ جليد الحشرة ولذلك اهمية كبيرة في استمرار تزويد الانسجة بالأوكسجين المخزون داخل القصيبات اثناء الانسلاخ وبذلك يستمر التنفس في خلايا الانسجة بالرغم من الانفصال المؤقت للارتباط بين القصبات والقصيبات ، كما يمتاز انتشار القصيبات الهوائية بانة يتحدد وفق حاجة كل نسيج للأوكسجين ، فكلما زاد نشاط النسيج ازداد تزويده بالقصيبات الهوائية، لذلك يعتقد بان انتشار القصيبات الهوائية يتحدد بايولوجيا الى حد كبير ويكون تاثير العوامل الوراثية فيه اقل من تأثيرها على انتشار وتفرع القصبات الهوائية.

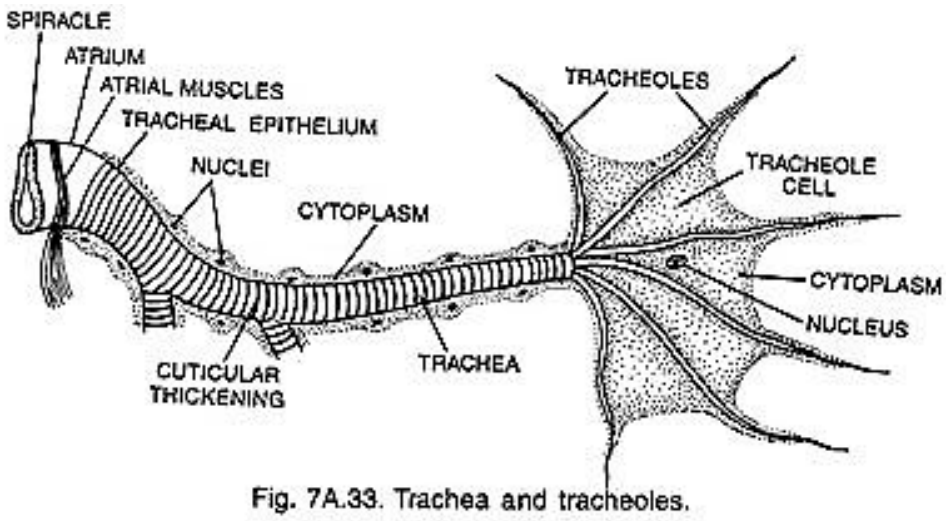
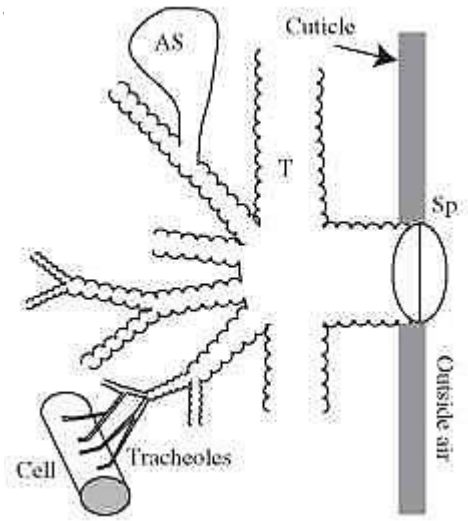


Fig. 7A.33. Trachea and tracheoles.

القصبات والقصيبات الهوائية

٣. **الاكياس الهوائية Air sacs**: توجد في اجزاء معينة من القصبات الهوائية اتساعات مرنة قابلة للتغير في حجمها بسبب عدم وجود او اختزال التثخنات الحلزونية كما ان جدرانها تكون رقيقة لعدم وجود الكايتين وهذه تسمى بالأكياس الهوائية.



الجهاز القصبي : Sp : الثغر التنفسي – T : القصبة الهوائية – As : كيس هوائي

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

وهي منتشرة في تجاويف الجسم المختلفة. يختلف عددها باختلاف اعمار واطوار الحشرة، توجد الاكياس الهوائية بكثرة في الحشرات النشطة كالذباب والزنابير والنحل والنمل والرعاش والجراد الصحراوي، كما لوحظ وجود علاقة طردية وثيقة بين تطور الاكياس الهوائية في انواع رتبة غشائية الاجنحة وبين حجم ونشاط هذه الانواع، وغالبا ما يرتبط جدار الاكياس الهوائية بالألياف العضلية الصدرية والبطنية.

* واهم **وظائف** الاكياس الهوائية هي :

أ. تلعب دور الرئة في الشهيق والزفير اذ تقوم العضلات المرتبطة بها بالتقلص فيكبر حجم الاكياس الهوائية مما يؤدي لدخول الهواء عبر ثغور الشهيق وعند اغلاق هذة الثغور وانبساط العضلات السابقة وتقلص عضلات اخرى هي العضلات العمودية التي تربط بين الصفائح الظهرية والبطنية لحلقات الجسم فان الاكياس الهوائية تتقلص في الحجم ويؤدي ذلك لدفع الهواء لكافة التفرعات القصيبية وبعد ذلك الى ثغور الزفير وتسمى هذة الحركات التنفسية بالتهوية الميكانيكية او التهوية العضلية ، اي تعمل على زيادة المساحة التي تحدث فيها عملية التبادل الغازي.

ب. تقليل كثافة (الوزن النوعي) الحشرة وبالتالي تتمكن من الطيران كما في رتبة نصفية الاجنحة.

ت. تتمكن الحشرات الغاطسة في الماء من التحكم بالغطس او الصعود لسطح الماء عن طريق حجم الهواء في الاكياس الهوائية (تعمل كاعضاء موازنة مائية لبعض الحشرات التي تعيش في مستويات مختلفة من الماء) او تعمل كمخزن للهواء الذي تحتاجة الحشرة عند محاولتها الغطس في الماء.

٤. **الثغور التنفسية Spiracles** : يتكون الجهاز القصبي اثناء التطور الجنيني من انبعاجات في صفائح البلورا Pleura للحلقات الصدرية والبطنية وتسمى بداية هذة الانبعاجات بالثغور التنفسية ، وهي تربط بين هواء المحيط الخارجي والقصيبات الهوائية.

يوجد في جنين الحشرات ١٢ زوجا من الثغور واثناء المراحل المتاخرة من التطور الجنيني تختزل زوج ثغور حلقة الشفى السفلى وزوج ثغور حلقة الصدر الامامي وبذلك فان اقصى عدد للثغور التنفسية في الحشرات يبلغ ١٠ أزواج ، زوج في كل من الصدر الثاني والثالث وثمانية أزواج في الحلقات البطنية من الثانية الى التاسعة، ويشذ عنها بعض افراد رتبة ثنائية الذنب حيث يوجد ١١ زوجا من الثغور ٤ منها صدرية و ٧ بطنية تقع الثغور الصدرية بين الحلقات الصدرية المتجاورة اما الثغور البطنية فانها تقع على الحلقات الخاصة بها. ان وجدود ١٠ أزواج من الثغور التنفسية في الحشرات لا يعني ان جميعها تقوم بوظيفتها في التنفس حيث يغلق بعضها تماما ولا يقوم باي دور في التنفس ولا تفتح الا عند الانسلاخ.

* تقسيم الحشرات **حسب عدد الثغور التنفسية وتوزيع العاملة منها في التنفس** الى المجاميع الاتية :

أ. حشرات **عديدة** الثغور التنفسية العاملة Polypneustic : ويوجد فيها ٨ أزواج من الثغور العاملة على الاقل تقوم بدورها في التنفس وتقسم الى :

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

a. حشرات **كاملة** الثغور العاملة Holopneustic : وفيها ١٠ أزواج من الثغور التي تقوم بدورها في التنفس، زوج منها في الصدر الثاني واخر في الصدر الثالث و ٨ ازواج بطنية. يوجد هذا النوع في معظم كاملات الصراصر ويرقات غشائية وحرشفية الاجنحة.

b. حشرات **محيطية** الثغور العاملة Peripneustic : فيها زوج الصدر الثاني و ٨ أزواج بطنية عاملة ، ومن امثلتها يرقات عائلة Cecidomyidae من رتبة ثنائية الاجنحة.

c. حشرات **نصفية** الثغور العاملة Hemipneustic : فيها ٨ أزواج عاملة ، واحدة في الصدر الثاني و ٧ بطنية ، مثل يرقات عائلة Mycetophilidae (ثنائية الاجنحة).

ب. حشرات **قليلة** الثغور العاملة Oligopneustic : وفيها زوج واحد او زوجان من الثغور التي تقوم بدورها في التنفس اما البقية فمغلقة وتقسم الى :

a. حشرات **الزوجين** العاملين Amphipneustic : ذات الزوجين العاملين احدهما في الصدر الثاني والاخر في نهاية البطن كما في عائلة الحرمس.

b. حشرات **خلفية** الزوج العامل Metapneustic : فيها زوج واحد فقط يقوم بدورة في التنفس ويقع في نهاية البطن كما في يرقات عائلة البعوض Culicidae .

c. حشرات **امامية** الزوج العامل Propneustic : فيها زوج واحد فقط عامل يقع في الصدر الثاني مثل عذارى رتبة ثنائية الاجنحة.

ت. حشرات **عديمة** الثغور العاملة Apneustic : لا يوجد فيها اي زوج من الثغور عاملا كما في يرقات الهاموش وحوريات الرعاش.

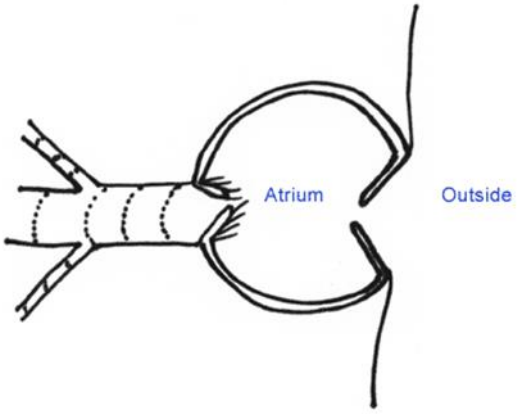
تركيب الثغر التنفسي Spiracular structure :

يتركب الثغر التنفسي في العديد من الحشرات غير المجنحة Apterygota من فتحة خارجية Orfice تؤدي مباشرة الى القصبة الهوائية المتصلة بها ، اما في الحشرات المجنحة Pterygota فانة يلي الفتحة الخارجية وجود ردهة Atrium متسعة قصيرة وفي كثير من الاحيان تبطن الردهة بشعيرات لمنع دخول الغبار او الاجسام الغريبة الى داخل الجهاز القصبي.

ان فتحة الثغر التنفسي في جميع يرقات رتبة ثنائية الاجنحة والعديد من نصفية وغمدية وحرشفية تكون مغطاة بصفيحة غربالية Sieve plate ثقوبها دقيقة جدا تسمح للهواء بالمرور خلالها ولا تسمح للماء بالمرور وذلك لان الصفيحة كجدار الجسم لها خاصية كرة الماء Hydrophobic كما انها تمنع دخول الطفيليات الى الجهاز القصبي.

د.محمد شاكر منصور

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System



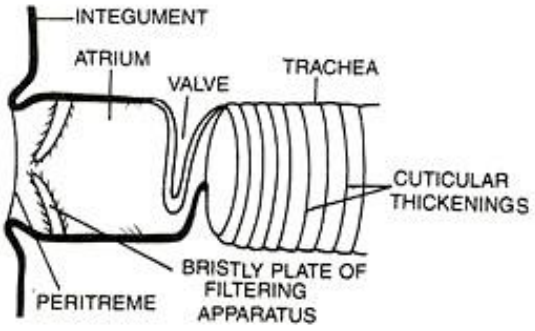
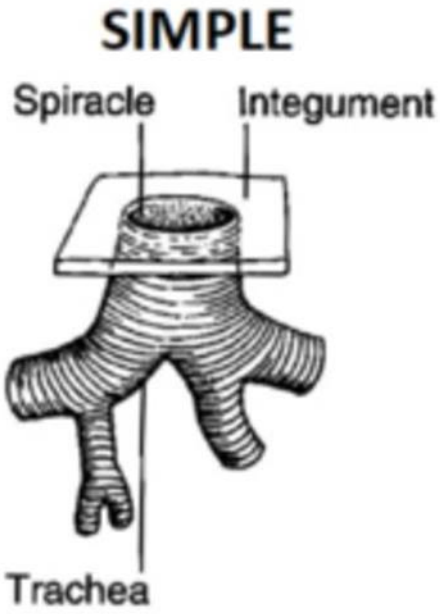
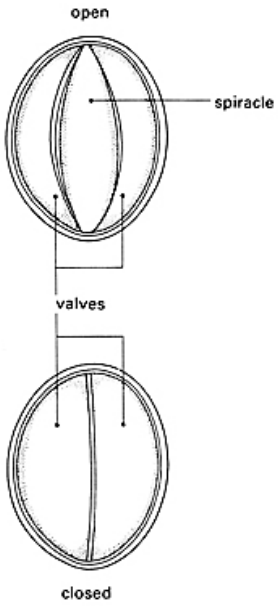


Fig. 7A.32. A spiracle with atrium, valve and a part of trachea.





انواع الثغور التنفسية

الثغور التنفسية في بعض الحشرات المجنحة وبعض انواع رتبة ذات الذنب الشعري تكون مزودة بجهاز لقفل وفتح الثغور وله اهمية كبيرة في تقليل فقدان الماء عن طريق التبخر من الجهاز القصبي.

يعمل جهاز قفل وفتح الثغور التنفسية **بتأثير عضلي** من احد الانواع الاتية :

١. ينفتح الثغر التنفسي بواسطة عضلة فاتحة Opener muscle وينغلق بتأثير مطاطية جليد الجسم وقد لوحظت هذه الحالة في حشرة *Thermobia* رتبة Thysanura .

٢. ينفتح الثغر بواسطة مطاطية جليد الجسم او بواسطة روابط ليفية مطاطية وينغلق بتقلص عضلة قافلة Closer muscle وهذا النوع هو الاكثر انتشارا في الحشرات.

ينفتح الثغر بتقلص عضلة فاتحة وينغلق بارتخاء العضلة الفاتحة وتقلص عضلة قافلة وهذا النوع موجود في بعض الثغور التنفسية الصدرية ومنها الثغر الصدري الاول للجراد الصحراوي.

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

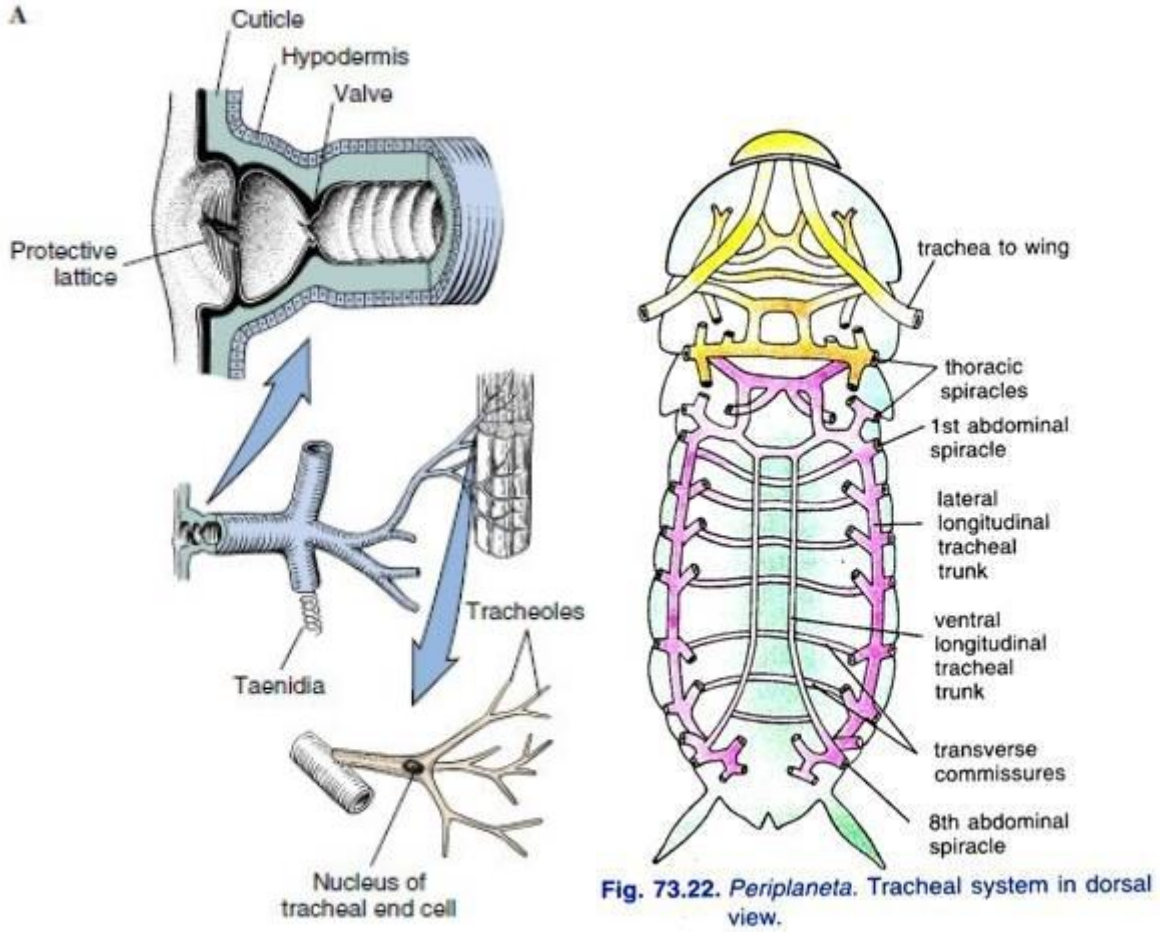


Fig. 73.22. *Periplaneta.* Tracheal system in dorsal view.

ميكانيكية التحكم بفتح الثغور التنفسية

١. الثغور ذات العضلة **القافلة** : وهي الثغور الشائعة بين الحشرات.

تتزود العضلة القافلة بزوج من المحاور العصبية او اكثر من العقدة العصبية التابعة للحلقة التي يوجد بها الثغر التنفسي ، * عند وجود تركيز كاف من الاوكسجين حول العقدة العصبية فانها ترسل سلسلة من منبهات عصبية الى العضلة القافلة وبذلك تتقلص هذة العضلة ويغلق الثغر

* اما عند انخفاض تركيز الاوكسجين فان عدد المنبهات المرسلة يتناقص مما يؤدي الى ارتخاء العضلة وانفتاح الثغر.

* ومن الجدير بالذكر ان تكرار المنبهات العصبية المرسلة الى العضلة القافلة يزداد عند انخفاض المحتوى المائي للحشرة حيث يؤدي ذلك الى غلق الثغر ولا ينفتح الا بتراكيز اعلى من غاز C_{O2} وذلك للتقليل من فقدان الماء عن طريق التبخر عبر الجهاز القصبي ، * ويؤدي الجوع الى حدوث نفس الحالة

* اما عند ارتفاع درجة الحرارة فيسبب انخفاض عدد المنبهات وبذلك ينفتح الثغر التنفسي بتراكيز أوطأ من غاز C_{O2} في محاولة من الحشرة لخفض درجة حرارة الجسم عن طريق التبخر كما في ذبابة النوم.

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

٢. الثغور ذات عضلة **قافلة** وعضلة **فاتحة** : من المعتقد ان الثغرة ذات العضلتين هي نوع بدائي ومنة تطورت الثغور ذات العضلة الواحدة القافلة.

* تتم السيطرة على تقلص هذة العضلات عن طريق عن طريق الجهاز العصبي المركزي.

تتزود العضلة القافلة للثغر التنفسي الصدري الاول في الجراد الصحراوي بزوج من المحاور العصبية اتية من العقدة العصبية الصدرية الاولى وزوج اخر من المحاور العصبية الى العضلة الفاتحة، كما ويتجه محور عصبي اخر الى العضلة الفاتحة قادما من العقدة العصبية للصدر الثاني.

عند ارتخاء العضلتان ينفتح الثغر بمقدار ٢٠-٣٠% من مساحة الفتحة. عند غلق الثغر تتلقى العضلة الفاتحة سلسلة منبهات بطيئة وطويلة المفعول من العقدة العصبية الصدرية الاولى، اما العضلة القافلة فتتلقى سلسلة منبهات سريعة وقصيرة المفعول، وعند انخفاض نسبة الاوكسجين الى ثاني اوكسيد الكاربون فان عقدة الصدر الثاني ترسل المنبهات الى العضلة الفاتحة ويؤدي هذا الى زيادة تقلص العضلة الفاتحة فينفتح الثغر.

* اما عند **الطيران** حيث تنفرج الاجنحة الجلدية الموجودة في الصدر الثاني نتيجة التقلص العضلي فان انخفاض نسبة الاوكسجين الى ثاني اوكسيد الكاربون يكون كبيرا لذلك تستمر العقدة العصبية الصدرية الثانية بارسال منبهات للعضلة الفاتحة ويستمر فتح الثغر التنفسي.

* وقد وجد ان **ارتفاع** تركيز C_{O2} **وانخفاض** تركيز الاوكسجين حول الخلايا العصبية يؤدي الى ازالة الاستقطاب في غشاء المحاور العصبية وهذا يؤدي بدوره الى زيادة تكرار المنبهات العصبية.

التنفس في الحشرات الارضية Respiration in Terrestrial Insects

الحشرات الارضية تعيش في ظروف اليابسة وتتنفس الهواء الجوي، هناك ثلاث طرق لتنفسها وهي :

١. **الانتشار** Diffusion : يتم التنفس في الحشرات الصغيرة وفي البيوض والاطوار الساكنة من الحشرات الكبيرة عن طريق انتشار الغازات، وبما ان افراد رتبتي ذات الذنب القافز وذات الذنب العجزي لا تمتلك جهازا قصبيا وبذلك فان هذه الحشرات تتنفس عن طريق انتشار الغازات عبر جدار الجسم ويساعد جهاز الدوران وحركة السائل الدموي في سرعة نقل الغازات التنفسية، ومن الملاحظ ان هناك تجمع كبير من القصبات الهوائية حول القلب في معظم الحشرات ويعتقد ان نسبة لا بأس بها من الغازات التنفسية تنتشر بين السائل الدموي والجهاز القصبي وخصوصا غاز CO_2 وعلى هذا الاساس فان الاطوار الساكنة من الحشرات كالبيوض والعذارى الصغيرة والحشرات الساكنة يمكنها الاعتماد على انتشار الغازات التنفسية ويساعدها في ذلك ان المساحة السطحية لهذه الاطوار تكون كبيرة بالنسبة لحجم الطور مما يفسح مجالا اوسع لانتشار الغازات عبر جدار الجسم.

د. محمد شاكر منصور

٢. **التهوية غير المباشرة** Passive suction ventilation : وتسمى 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 (منخفضا) بالنسبة للهواء الجوي.

ان هذا النوع من التنفس يتم في يرقات وعذارى حرشفية الاجنحة وبعض غمدية الاجنحة وحوريات الجراد البالغ كبير العمر حيث يكون هادئا، في 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، والملاحظ في هذا النوع من التهوية ان الاوكسجين يستمر بالدخول الى الجهاز القصبي اما غاز CO_2 فانة لا يطرح الا في دفعات عن طريق فتح الثغور في فترات متباعدة .

شرح ميكانيكية هذا النوع من التهوية (التنفس) كما في عذارى *Hyalophora* رتبة حرشفية الاجنحة :

تفتح الثغور التنفسية للعذارى كل سبع ساعات غير ان ذلك يتغير بتغيير درجة الحرارة ومدى تطور العذراء ، ويمكن تقسيم الفترة بين انفتاح الثغر وغلقة ثم فتحة الى ثلاث مراحل هي :

* **المرحلة الاولى** : مرحلة **الانفتاح الكامل** للثغر : ينفتح الثغر التنفسي نتيجة ارتخاء العضلة القافلة ومطاطية الجليد فيتحرك الصمام الكايتيني عن فتحة الثغر ، يستمر الثغر مفتوحا لمدة ١٥-٣٠ دقيقة.

* **المرحلة الثانية** : مرحلة **الغلق الكامل** للثغر : ويستمر حوالي ساعة وفي هذه الاثناء تستهلك الانسجة الاوكسجين الموجود في الجهاز القصبي و ينخفض ضغطة الجزئي اما CO_2 المتكون فانة يتحول الى بيكاربونات ذائبة في محلول النسيج ومن ثم ينتقل الى بلازما الدم.

* **المرحلة الثالثة** : مرحلة **الانفتاح المرتعش** للثغر : نتيجة استهلاك الاوكسجين فان الثغر ينفتح لبضعة ثواني وينغلق ثانية لفترة ثم ينفتح ثوان اخرى ويغلق وهكذا علما ان المساحة المفتوحة من الثغر اثناء هذة المرحلة تبلغ ٥-١٠% من المساحة الكلية للانفتاح الكامل للثغر.

وجد ان بهذه الطريقة من التنفس لا تفقد العذارى سوى ٥% من محتواها المائي خلال اربعة اشهر وذلك لان بخار الماء لا يفقد الا اثناء مرحلة الانفتاح الكامل للثغور اما اثناء الانفتاح المرتعش فان الضغط السالب في الجهاز القصبي ودخول تيار الهواء من المحيط الخارجي للداخل يمنع من فقدان الماء.

٣. **التهوية العضلية (الميكانيكية)** Mechanical or Muscular ventilation : وتتم في الحشرات الكبيرة والنشطة اذ تحتاج الى كميات كبيرة من الاوكسجين. تتم التهوية العضلية عن طريق تغيير حجم الجهاز القصبي وخصوصا الاكياس الهوائية وذلك بواسطة تقلص وانبساط العضلات الهيكلية.

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

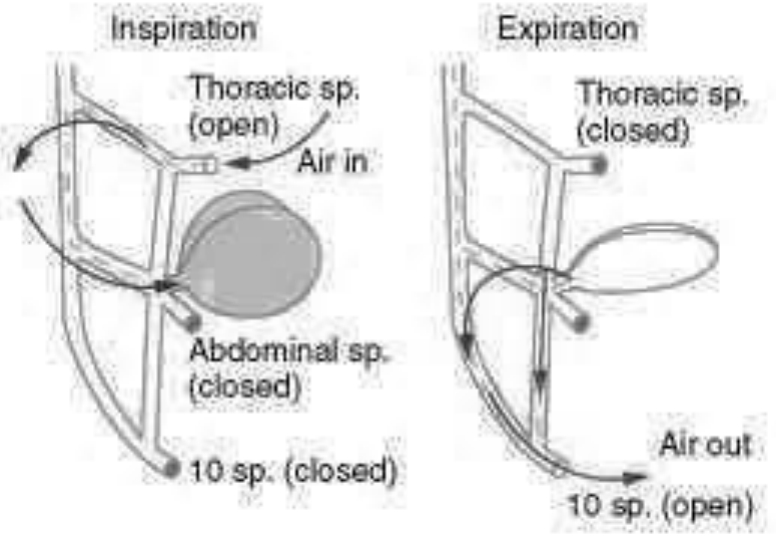


Figure: Unidirectional airflow during abdominal pumping in a grasshopper. During inspiration, air flows in through open thoracic spiracles (sp), along the longitudinal trachea, and into the air sacs. At low metabolic rates, air flows out only through the tenth abdominal spiracles; in more active animals, air flows out all abdominal spiracles.

تحدث عملية التهوية العضلية في الجراد الصحراوي فعند **الراحة** تنفتح الثغور ١ و ٢ و ٤ اثناء الشهيق ثم تغلق ثم يفتح الثغر العاشر عند الزفير، وعندما تبذل الحشرة **نشاطا** فان الزفير يتم عبر الثغور ٥ - ١٠ وفي هذة الحالة تفتح ثغور الشهيق مباشرة بعد غلق ثغور الزفير ويندفع الهواء الى داخل الجهاز القصبي نتيجة اتساع حجم الاكياس الهوائية بفعل حركات التهوية التي تقوم بها البطن ثم تغلق كافة الثغور وتستمر حركات التهوية فيندفع الهواء من الاكياس الهوائية الى القصبات الهوائية بفعل الضغط المسلط على الاكياس وبعد ذلك تنفتح ثغور الزفير.

وعند **عملية الطيران** فان نظام غلق وفتح الثغور يتغير، فالثغر الاول الصدري يفتح بينما الثغور ٤ -١٠ تغلق وهكذا بالتبادل، اما الثغور ٢ و ٣ فانها تبقى مفتوحة وذلك لتامين احتياجات عضلات الطيران من الاوكسجين وتكون حركة الهواء فيها دخولا وخروجا وذلك بتاثير تقلص واتساع الصدر اثناء الطيران.

التنفس في الحشرات المائية Respiration in Aquatic Insects

في معظم الحشرات المائية يوجد جهاز قصبي كما في الحشرات الارضية غير ان الثغور التنفسية قد تكون عاملة او مغلقة دائما. ويمكن **تقسيم الجهاز التنفسي في الحشرات المائية** الى نوعين رئيسيين هما:

اولا : الجهاز القصبي المغلق Closed tracheal system

تكون الثغور التنفسية جميعها مغلقة ، تتنفس الحشرات ذات الجهاز القصبي المغلق باحدى الوسائل الاتية:

١. **التنفس عن طريق جدار الجسم Cutaneous respiration** : يتم التبادل الغازي في العديد من الحشرات المائية عن طريق جدار الجسم ، وبالرغم من وجود العديد من التحورات التي تساعد على

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

تنفس الحشرات المائية الا ان جدار الجسم يلعب دورا مهما في التنفس خصوصا في المناطق الرقيقة منة والتي غالبا ما تكون مزودة بشبكة من القصبات والقصيبات الهوائية.

* وجد ان يرقات الهاموش تحصل على الاوكسجين المذاب في الماء عن طريق جدار الجسم الرقيق.
* يرقات بعوض *Culex* تحصل على نصف حاجتها من الـ O_2 في المياه جيدة التهوية بواسطة جدار الجسم.

٢. **الخياشيم القصبية Tracheal gills** : وهي تحورات خارجية رقيقة من جدار الجسم وتحوي على شبكة كثيفة من القصبات الهوائية ، وتوجد هذة الخياشيم غالبا في الاطوار الحورية للرعاشات وذبابة مايو وعذارى رتبة شعراء الاجنحة ، وقد تبقى حتى في البالغات ولكن دون ان يكون لها دور في التنفس ، وتوجد هذة الخياشيم عادة في البطن ولكن قد توجد في الصدر وحتى في الراس كما في بعض انواع رتبة مطوية الاجنحة. ويوجد من هذه الخياشيم عدة انواع هي :

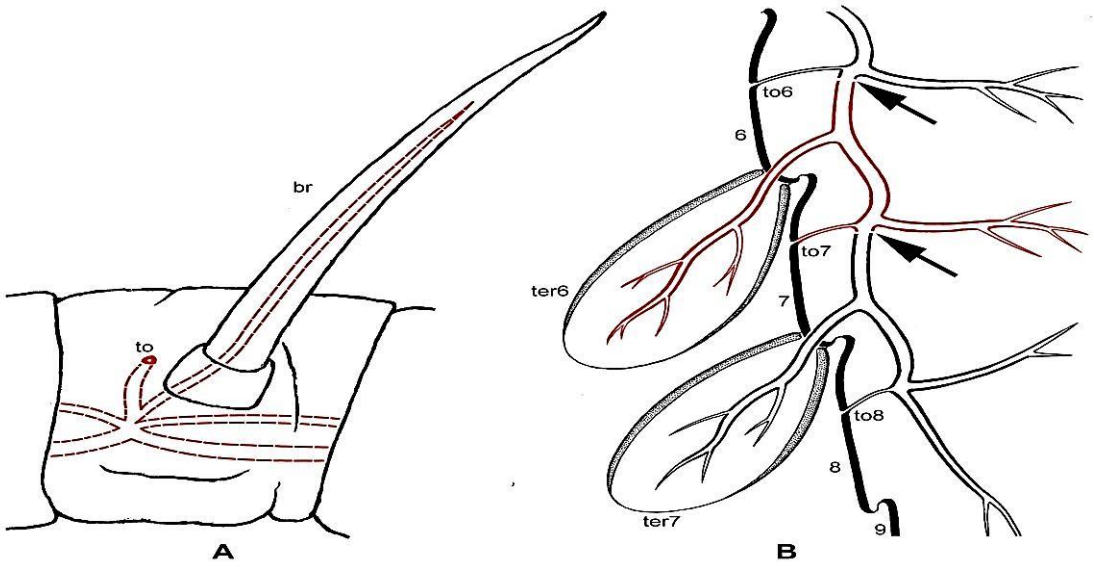
a. **الخياشيم البطنية الجانبية Lateral abdominal gills** : وهي تحورات خارجية لجدار الجسم على جوانب الحلقات البطنية في رتبة ذبابة مايو وقد تكون هذة الخياشيم صفائحية مسطحة Lamella مفردة او في ازواج او قد تكون شعرية لزيادة المساحة السطحية.

* تقوم هذه الخياشيم بالحركة في الماء لتحصل على الاوكسجين منه ، وفائدة هذه الحركة هو عمل تيار من الماء للتخلص من الطبقة المائية المحيطة بالحشرة والتي ينخفض فيها تركيز الاوكسجين نتيجة استهلاك الحشرة له وتزداد هذة الحركة كلما انخفض تركيز الاوكسجين المذاب في الماء الذي تعيش فيه الحشرة، وقد وجد ان ٥٠% من الاوكسجين الذي تحصل علية هذة الحوريات يتم عن طريق الخياشيم البطنية الجانبية اما الباقي فتحصل علية عن طريق جدار الجسم وذلك في المياة جيدة التهوية.
* ووجد انه كلما زادت المساحة السطحية لهذة الخياشيم فان حركتها تقل وكذلك فان الحشرات تتمكن من العيش في بيئات مائية ذات تراكيز اوطا من الاوكسجين المذاب لتصل الى ٠.8 سم^3 اوكسجين/ لتر ماء.

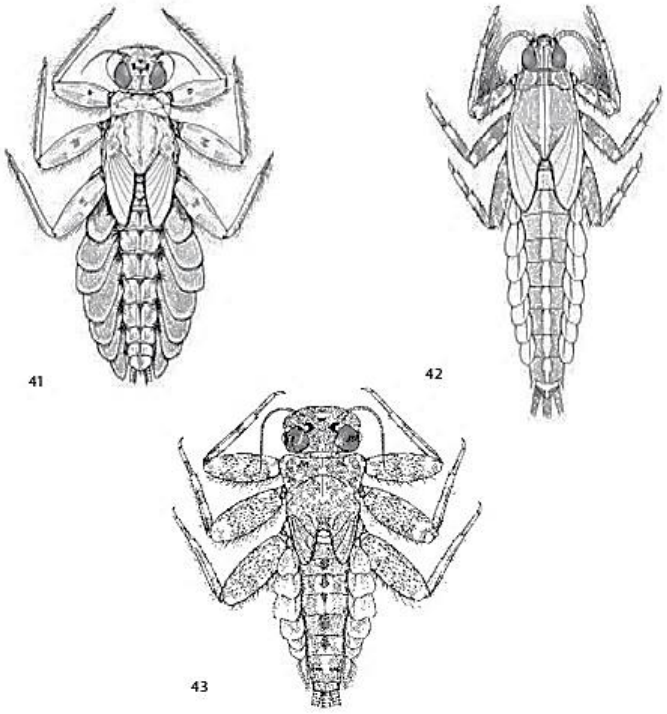
وتبرز **اهمية** هذة الخياشيم في تمكين الحشرات المائية التي تملكها من العيش في بيئات مائية فقيرة الاوكسجين، لان عند انخفاض تركيز الاوكسجين المذاب عن حد معين فان جدار الجسم لا يفي باحتياجات الحشرة من التبادل الغازي.

b. **الخياشيم الذيلية Caudal gills :** توجد في حوريات جميع افراد تحت رتبة الرعاش الصغير يوجد ثلاثة خياشيم في نهاية البطن تنشا من تحور الصفيحة فوق الشرجية Epiproct والصفيحتان الجار شرجيتان الجانبيان Paraproct للحلقة الحادية عشر، وهي صفائح غنية بالقصبات والقصيبات الهوائية، وكما هو الحال في الخياشيم البطنية الجانبية ففي المياه جيدة التهوية فان جدار الجسم والخياشيم الذيلية تقوم سوية بأخذ الاوكسجين المذاب في حين يزداد دور

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System



Primary tracheation of tracheal gills and secondary tracheation of tergalii.
A – abdominal segment of larva of *Protochauliodes* sp. (Eumegaloptera) with left **tracheal gill** (tracheae inside shown by red interrupted line);
B – section of left half of sixth–eighths abdominal segments of Ephemeroptera with two left **tergalii** (tracheae originated from 7th abdominal spiracle shown by red line; arrows show points where thracheal trunks are break at molt).
Abbreviations: 6, **7**, **8** – abdominal segments; **br** – branchia (gill); **ter** – tergalius; **to** – tracheal ostium (primary spiracle).

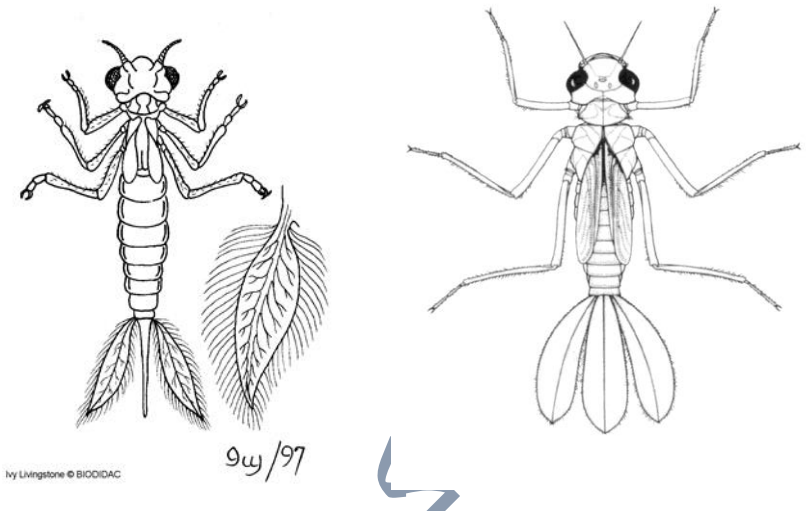


Figs. 41-43. Ninfas de Heptageniidae e Isonychiidae. 41. Ninfa de *Epeorus metlacensis*. 42. Ninfa de *Isonychia sicca*. 43. Ninfa de *Maccaffertium integrum*. (Figs. 41, 42 de Allen & Cohen 1977).

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

هذه الخياشيم في المياه الفقيرة بالأوكسجين حيث تزداد حركة هذه الخياشيم للتخلص من الطبقة المائية المحيطة بجسم الحشرة ولاستخلاص اكبر قدر من الاوكسجين المذاب.

* في تجربة وجد ان ازالة الخياشيم الذيلية لم يؤثر كثيرا على حيوية حوريات الرعاش الصغير في المياه الغنية بالأوكسجين في حين ازدادت نسبة الموت في تلك الحوريات عند العيش في بيئة مياه فقيرة الاوكسجين المذاب.



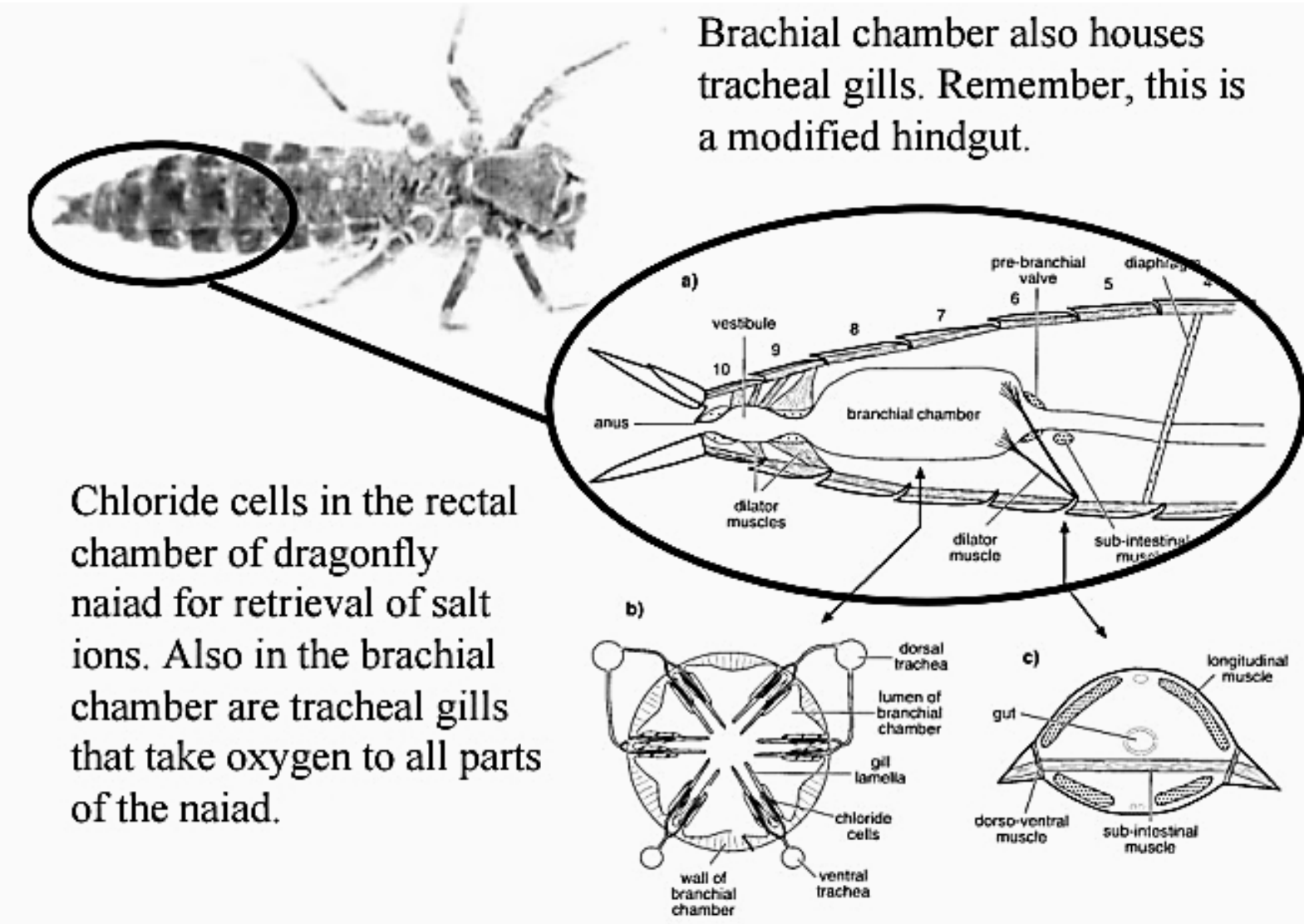
صفائح ذيلية – تعمل كخياشيم قصبية .Caudal lamellae, which function as tracheal gills

c. **خياشيم المستقيم Rectal gills :** وتوجد في حوريات تحت رتبة الرعاش الكبير حيث يتضخم المستقيم ويصبح ذو تجويف كبير وتوجد فيه ستة خياشيم على طول المستقيم وتكون غنية بشبكة من القصيبات الهوائية ولما كان جدار الجسم لحوريات هذة الرعاشات سميكا فان دورة في التبادل الغازي يعتبر ضعيفا وبالمقابل تزداد اهمية خياشيم المستقيم.

* حيث يدخل الماء ويخرج كالمد والجزر الى تجويف المستقيم عبر فتحة المخرج بتاثير تقلصات عضلية بطنية وبذلك تحصل الخياشيم على الاوكسجين المذاب من الماء الداخل.

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

* يعتبر دخول الماء الى تجويف المستقيم شهيقا وخروجه زفيرا ولحركة الماء في الشهيق والزفير فائدة اخرى اضافة للتنفس وذلك بالمساعدة على دفع الحورية الى الامام كوسيلة للحركة وذلك عند اندفاع الماء خارج تجويف المستقيم اثناء الزفير. وقد وجد ان تكرار دخول وخروج الماء في المستقيم يزداد كلما انخفض تركيز الاوكسجين المذاب في الماء.



Chloride cells in the rectal chamber of dragonfly naiad for retrieval of salt ions. Also in the branchial chamber are tracheal gills that take oxygen to all parts of the naiad

خلايا الكلوريد في غرفة المستقيم لحورية الرعاش الكبير المائية لاستعادة أيونات الملح. يوجد أيضًا في الغرفة الخيشومية القصبة الهوائية في الخياشيم التي تنقل الأكسجين إلى جميع أجزاء حورية.

هناك انواع عديدة اخرى من الخياشيم تنتشر بين الانواع والعوائل التابعة لرتب حشرية مختلفة وبالرغم من الاختلاف المظهري الا انها تتشابة تركيبيا ووظيفيا مع ما ذكر اعلاة.

ثانيا : الجهاز القصبي المفتوح Open tracheal system

في هذا النوع توجد ثغور تنفسية عاملة يتم عن طريقها دخول الاوكسجين بما يلبي حاجة الجسم.

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

* والحشرات التي تمتلك هذا النوع من الجهاز التنفسي نوعان احدهما يعتمد على الاوكسجين الهواء الجوي والاخر يعتمد على الاوكسجين المذاب في الماء.

١. **الحشرات التي تعتمد على الاوكسجين الهواء الجوي** : ومنها الانواع الثلاثة الاتية :

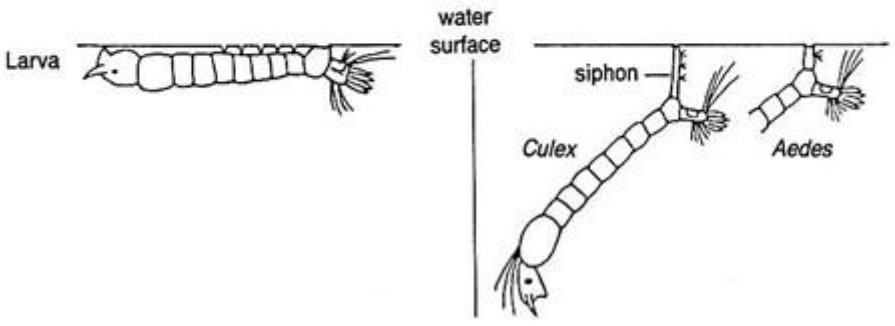
a. الحشرات التي تتنفس على سطح الماء : وهي الحشرات التي تصعد بين تارة واخرى الى سطح الماء لتحصل على الاوكسجين الجوي كيرقات وعذارى البعوض وكذلك الحشرات التي لها زوائد انبوبية تمدها الى سطح الماء وتتنفس خلالها مثل يرقات ذباب *Eristalis* .

توجد حول الثغور التنفسية لهذة الحشرات شعيرات من الجليد او صفائح كايتينية متحركة تغطي فتحة الثغر التنفسي اثناء الغطس وتنفرج عن الثغر عند تعرضها لسطح الماء وتقاوم التبلل لانها تراكيب كارهة للماء Hydrophobic وبذلك فان قوة التماسك بين جزيئات الماء مع بعضها تكون اعلى من قوة تلاصق جزيئات الماء مع هذة التراكيب ، فعندما تغطس هذة الحشرات في الماء فان الشعيرات المحيطة بفتحة الثغر التنفسي تبتعد عن الماء وتتقارب من بعضها وتغلق فتحة الثغر وبذلك لا يدخل الماء الى داخل القصبات الهوائية وعند صعود الحشرة الى سطح الماء وتعرض فتحة الثغر للهواء الخارجي فان الشعيرات تنفرج عن بعضها بتاثير الشد السطحي للماء. وفي اليرقات المائية لحشرات رتبة ثنائية الاجنحة Diptera توجد غدة حول الثغور التنفسية تقوم بافراز مادة زيتية تساعد على زيادة خاصية كرة الماء للصفائح التي تغلق الثغر التنفسي.

د. محمد شاكر

(3) Larval Stage – Growth Stage

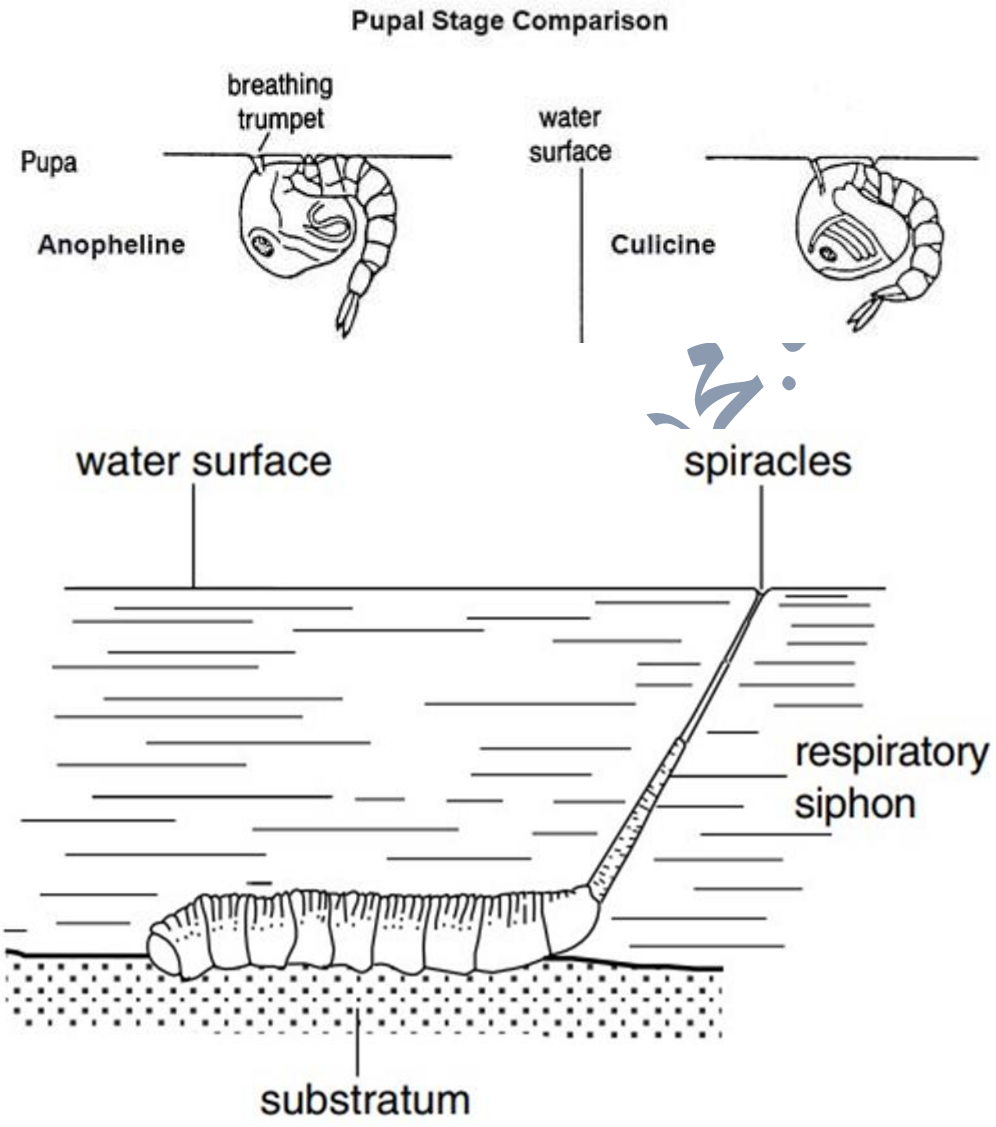
- Larval instars (4)
- Aquatic, Filter feeders
- Respiration



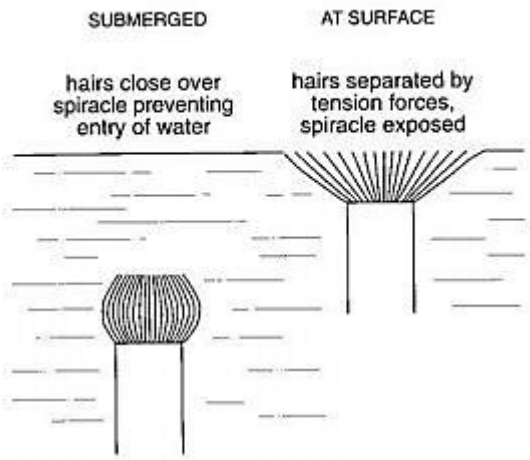
فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

(4) Pupa – Lighter than water

- Non-feeding
- Respiration



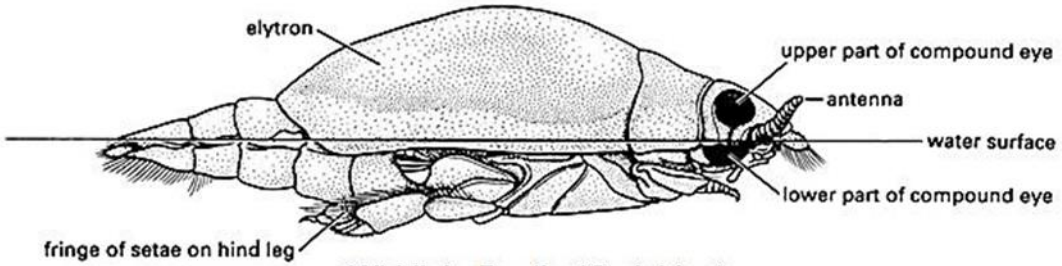
فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System



The role of hydrofuge hairs in breaking surface tension and preventing water from entering the spiracle of the siphon of various aquatic insects.

وظيفة الشعيرات الكارهة للماء هي لإزالة الشد السطحي ومنع دخول الماء عن طريق الثغر في نهاية السيفون في الحشرات المائية

b. الحشرات الغاطسة مع مخازن الهواء : تتمكن بعض الحشرات مثل 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.

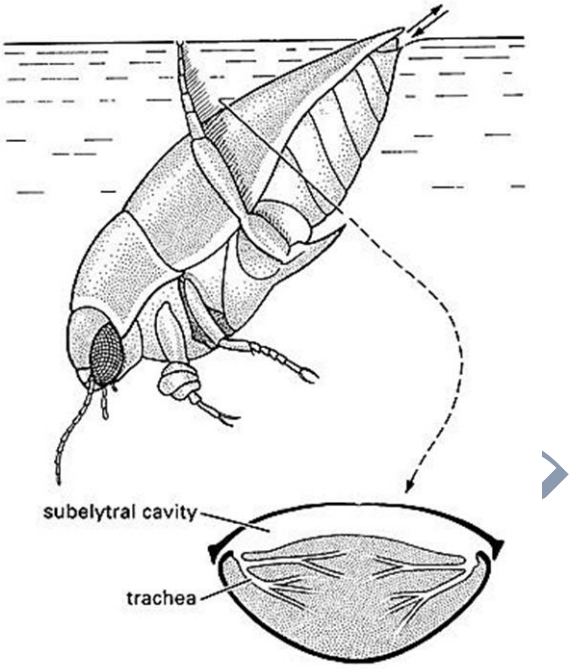


Whirligig Beetle (Gyrinidae)

c. الحشرات التي تستفاد من الهواء في انسجة النباتات المائية : يوجد لبعض الحشرات المائية زوائد انبوبية قوية ومدببة من نهايتها او مزودة بأسنان تشبه المنشار وتقع الثغور التنفسية في نهاية هذه الزوائد حيث تقوم بغرزها في انسجة النباتات المائية وتحصل منها على الاوكسجين ، وهذه الحالة توجد في الحشرات المائية التي تعيش مغمورة في الطين حيث يكون تركيز الاوكسجين

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

قليل ومن امثلتها يرقات الخنافس *Donacia* من غمدية الاجنحة وبعض يرقات ثنائية الاجنحة مثل يرقات البعوض *Mansonia* .



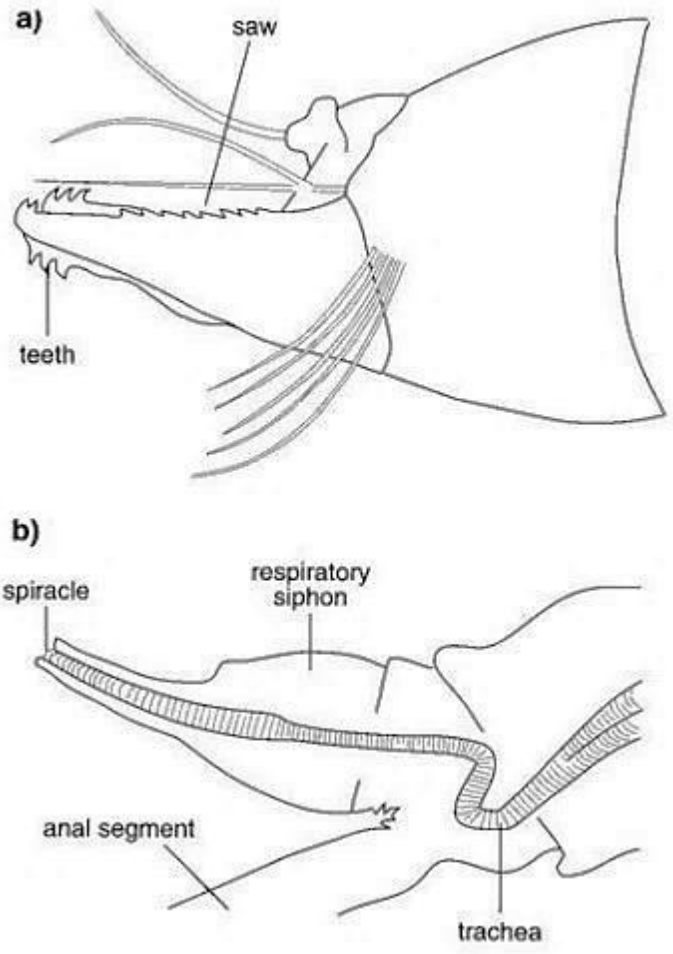
٢. **الحشرات التي تعتمد على الاوكسجين المذاب في الماء** : ومنها الانواع الاتية :

a. الحشرات ذات الخياشيم الغازية المؤقتة Temporary gas gills :

عند غطس بعض الحشرات تحت الماء فانها تحمل معها فقاعات هوائية او غشاء هوائي رقيق خصوصا قرب الثغور التنفسية ، ويتكون هذا الغشاء الهوائي نتيجة وجود شعيرات دقيقة كارهة للماء وبكثافة تبلغ في عائلة Hydrophilidae ما بين عشرة الاف - عشرة ملايين شعيرة /سم٢ .

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

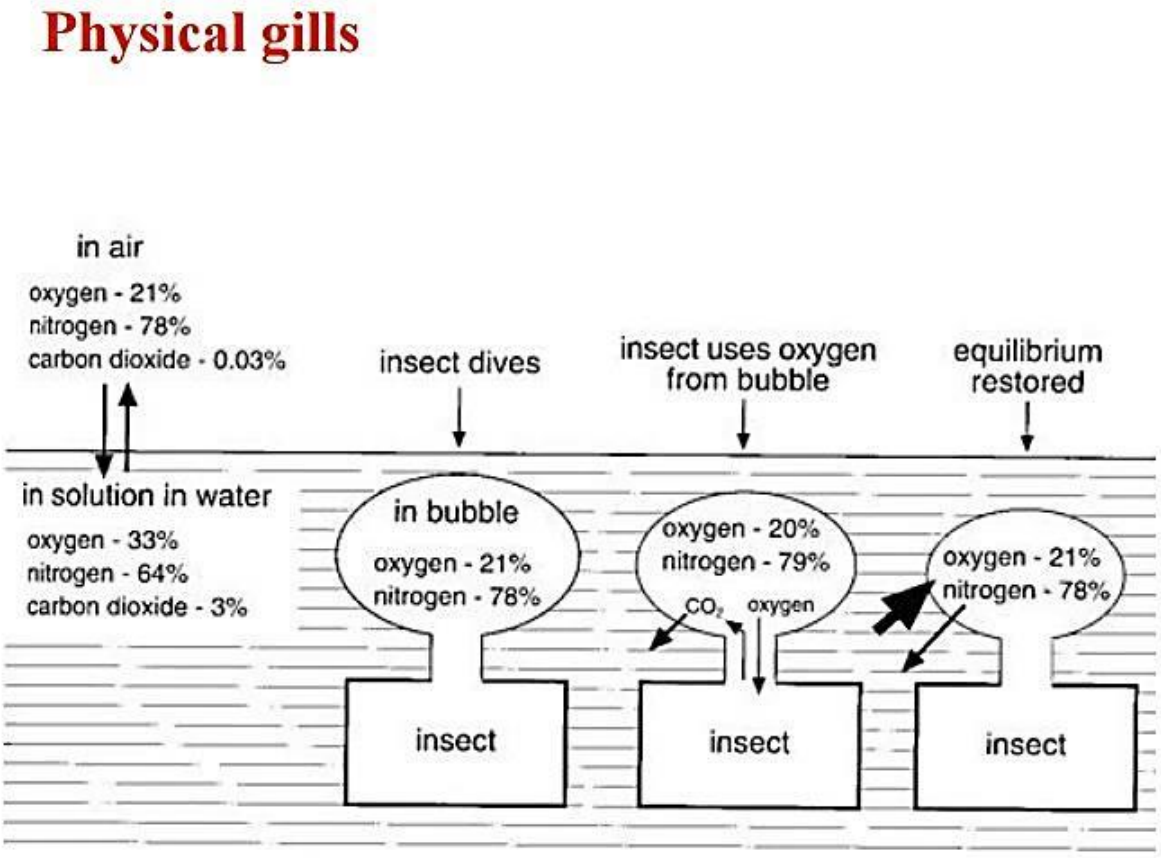
The mosquito larva of *Mansonia* gets its oxygen from aquatic plants by using a special device, which is part of the respiratory siphon to penetrate into the air tissues or aerenchyma of the aquatic plants.



* يوجد هذا الغشاء في بعض يرقات فراشات عائلة Pyralidae وفي العديد من عوائل رتبة نصفية الاجنحة مثل عائلة Corixidae و Belostamatidae . وتتمكن هذة الحشرات من البقاء غاطسة لفترة طويلة حيث تقوم هذة الفقاعات او الاغشية الهوائية بدور الخياشيم ، فعند استهلاك الحشرة للأوكسجين في الجهاز القصبي والخياشيم الغازية فان الاوكسجين المذاب في الماء ينتشر الى داخل الفقاعة او الغشاء الهوائي ، اما غاز ثاني اوكسيد الكاربون ونتيجة سرعة ذوبانه فانة ينتشر من الفقاعة الى الماء. ونتيجة استهلاك الاوكسجين المستمر من الفقاعة فان الضغط الجزئي للنتروجين يزداد داخل الفقاعة وهذا بدورة الى اختلال التوازن للغازات بين داخل الفقاعة والماء فيبدا غاز النتروجين بالخروج من الفقاعة الى الماء بينما يدخل الاوكسجين من الماء الى الفقاعة وتبلغ سرعة دخول الاوكسجين ثلاث اضعاف سرعة خروج النتروجين وذلك للمحافظة على حالة التوازن للغازات بين الفقاعة والماء ، وبذلك فان تركيز الاوكسجين يزداد في الفقاعة عما كان علية عند بداية غطس الحشرة وبهذا تقويم الفقاعة او الغشاء الهوائي بدور الخيشوم وللنتروجين دور مهم في تكوين هذا النوع من الخياشيم الغازية اذ لولاه فان الاوكسجين يستهلك تماما من الفقاعة في فترة قصيرة.

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

وقد وجد ان بعض الحشرات تتمكن من العيش طيلة اشهر الشتاء غاطسة في الماء ومعتمدة على الخياشيم الغازية في التنفس كما في خنفساء *Hydrous* ولكن في الصيف وبزيادة الفعاليات الحيوية للحشرة فانها تستهلك قدرا من الاوكسجين يزيد عما تستطيع الخياشيم الغازية ان توفره لذلك تصعد هذة الحشرة بين تارة واخرى لسطح الماء للحصول على الاوكسجين الجوي وتكوين خياشيم غازية جديدة.



b. الحشرات ذات الخياشيم الغازية الدائمة Permanent gas gills : وتضم الاتي :

الشبكة الواقية Plastron والخياشيم الثغرية Spiracular gills.

* **الشبكة الواقية Plastron**: عبارة عن شعيرات دقيقة موجودة بكثافة عالية تصل الى ٢٥٠ مليون شعيرة/سم٢ 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 وكذلك ان المساحة السطحية لغشاء الهواء في الشبكة الواقية تكون اكبر بكثير من المساحة السطحية للخياشيم الغازية المؤقتة لذلك فانها تتمكن من تزويد الحشرة بما تحتاجة من الاوكسجين المذاب في الماء على شرط ان يكون تركيز الاوكسجين في الماء اعلى من تركيزة في الغشاء الهوائي والا فان العكس

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System

يؤدي لخروج الاوكسجين من غشاء الهواء الى الماء. بعض انواع البق من رتبة نصفية الاجنحة لا تتمكن من العيش في ماء يقل تركيز الاوكسجين المذاب فية عن 8.6% من مجموع الغازات المذابة.

* **اما الخياشيم الثغرية Spiracular gills** : فانها نموات خارجية للمنطقة المحيطة بفتحة الثغر او تحورات خارجية للردهة وتضم جميع هذة التحورات على شبكة واقية (عدا تحورات الخياشيم الثغرية في بعض انواع عائلة الهاموش)، وفي الحشرات التي تملك خياشيم ثغريه يوجد اعضاء حس تتأثر بالمناطق التي يقل فيها الضغط الجزئي للأوكسجين بالماء وتتجنبها.

تقاوم الشبكة الواقية للخياشيم الثغرية التبلل حتى لو زاد ضغط عمود الماء عند نزول الحشرات الى القعر وكذلك تقاوم فقدان خاصية كرة الماء عند تعرضها لمواد ذات نشاط سطحي كالطين.

ولأجل زيادة المساحة السطحية لغشاء الهواء فان الخياشيم الثغرية قد تحورت الى عدة حالات يعرف منها ١٤ نوعا وتمتاز جميعها بوجود بروزات طويلة قرب فتحة الثغر ، كل بروز يحاط بالشبكة الواقية او بوجود اخاديد طويلة مجوفة ومسقفه بشبكة كايتينية مثقبة مكونة أشبه بالقناة.

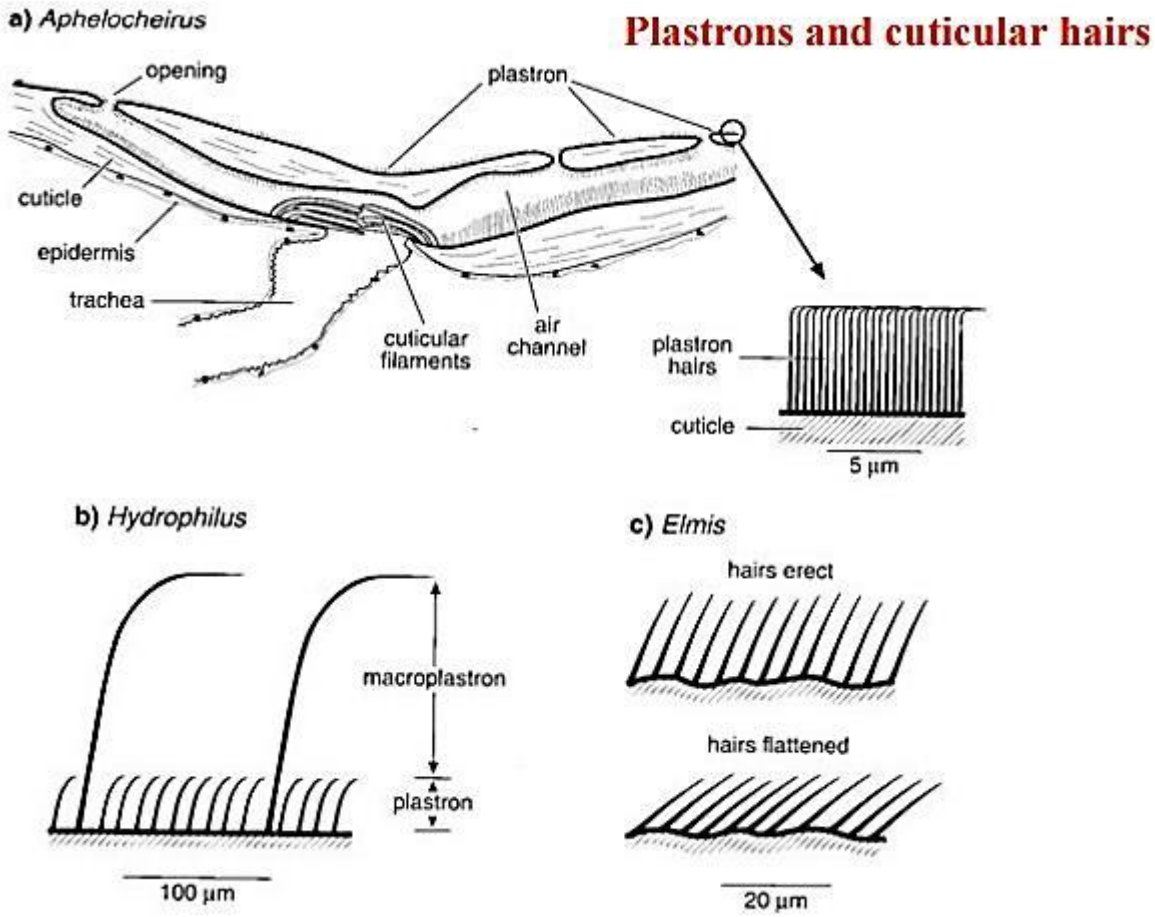
توجد الخياشيم الثغرية في طور العذراء لبعض افراد ثنائية الاجنحة وبعض الخنافس وفي يرقات بعض انواع غمدية الاجنحة وفي بيوض العديد من الحشرات ، والملاحظ ان الخياشيم الثغرية قد تطورت ايضا في اطوار بعض الحشرات الارضية التي تعيش في بيئة تارة تكون مائية وتارة جاف كالجداول الموسمية والسواحل المعرضة للمد والجزر ، لذلك فعند غمر الحشرات بالماء فأنها تتزود بالأوكسجين المذاب عن طريق غشاء الهواء المحصور بين الشعيرات او داخل القنوات المسقفة بالشبكة الواقية وعند انحسار الماء فان الهواء الجوي يدخل مباشرة الى الثغور.

ولما كان طور العذراء والبيضة في الحشرات من الاطوار غير المتحركة فان تطور الخياشيم الثغرية في ١٤٠٠ نوع من الحشرات قد ساعدها على التنفس في البيئة المائية والجافة على حد السواء.

التنفس في الحشرات المتطفلة داخليا Respiration in Endoparasitic Insects

* تحصل معظم الحشرات المتطفلة داخليا على الاوكسجين عن طريق الانتشار عبر جدار الجسم من انسجة العائل اي عن طريق التنفس الجليدي ، واما
* بعض المتطفلات الحشرية الاخرى فتحصل على الاوكسجين من الهواء الجوي بثقب جلد العائل مثل نغف جلد البقر *Hypoderma* ومن هذا الثقب تبرز ثغورها التنفسية في نهاية البطن وتتنفس الهواء الجوي ، بينما
* متطفلات حشرية اخرى تحصل على الاوكسجين عن طريق الجهاز القصبي للعائل ، في حين
* تحصل اليرقات الكبيرة لنغف معدة الخيل *Calliphora* على الاوكسجين من الهواء الذي يدخل المعدة مع الغذاء حيث تتنفس هذا الهواء بواسطة زوج الثغور الواقعة في نهاية البطن.

فسلجه الحشرات متقدم– الجهاز القصبي Tracheal System



الهيموغلوبين كصبغة تنفسية في الحشرات :

يوجد الهيموكلوبين في دم عدد قليل من الحشرات مثل يرقات الهاموش *Chironomus* وان اهمية هذة الصبغة لها وجد انه تقوم بتخزين الاوكسجين وذلك لتستخدمه اليرقة عند وجودها في الطين حيث تتغذى هناك ويكفي الاوكسجين المتحد مع الهيموكلوبين على بقاء اليرقة في ظروف لا هوائية لمدة ٩-١٢ دقيقة وعند عودة اليرقة للماء فان الهيموكلوبين يتحد من جديد مع الاوكسجين المذاب في الماء.

وفي يرقات نغف معدة الخيل يوجد الهيموكلوبين في مجاميع من الخلايا الموجودة في البطن والتي تكون مزودة جيدا بالقصبات الهوائية ويقوم الهيموكلوبين بتخزين الاوكسجين لتستخدمه الحشرة عند عدم توفره رغم ان اهمية هذا التخزين لا تبدو كبيرة حيث لا يدوم في تلبية حاجة الحشرة في الظروف اللاهوائية لأكثر من ٤ دقائق.