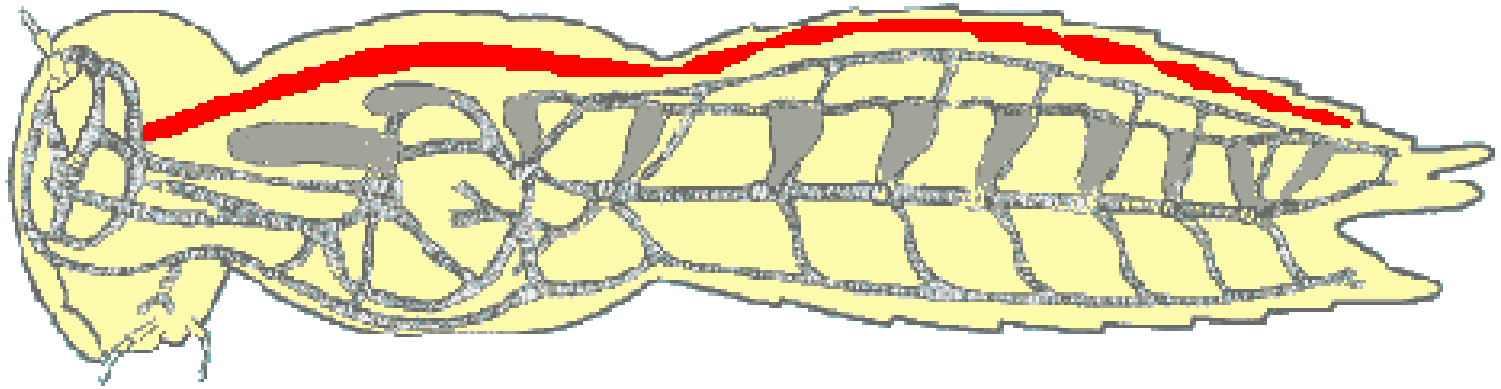
جهاز الدوران و وظائف الدم

- يختلف جهاز الدوران لدى الحشرات عن مثيله عند الفقاريات و بعض اللافقاريات، من حيث أن الجزء الكبير من الدم أو الهيموليمف ليس موجوداً داخل نظام مغلق من الأوردة و الشرايين، إنما يغمر سائل الدم الأعضاء الداخلية و الأجهزة مباشرة ضمن تجويف الجسم.

- تمتلك الحشرات جهاز دوران من النوع المفتوح، حيث هذا الجهاز يظهر على شكل وعاء دموي وحيد نابض، هو الوعاء الظهري الذي يقع على طول جسم الحشرة من الجهة العلوية، حيث يقوم هذا الوعاء الدموي بضخ الدم من الخلف إلى الأمام و يقوم بتفريغه ضمن تجويف الرأس، ثم يعود الدم للجريان إلى الخلف مرة أخرى ضمن تجويف الجسم ليتجمع مرة أخرى حول الوعاء الظهري الذي يقوم بدوره بضخ الدم إلى الأمام من جديد.



تركيب جهاز الدوران

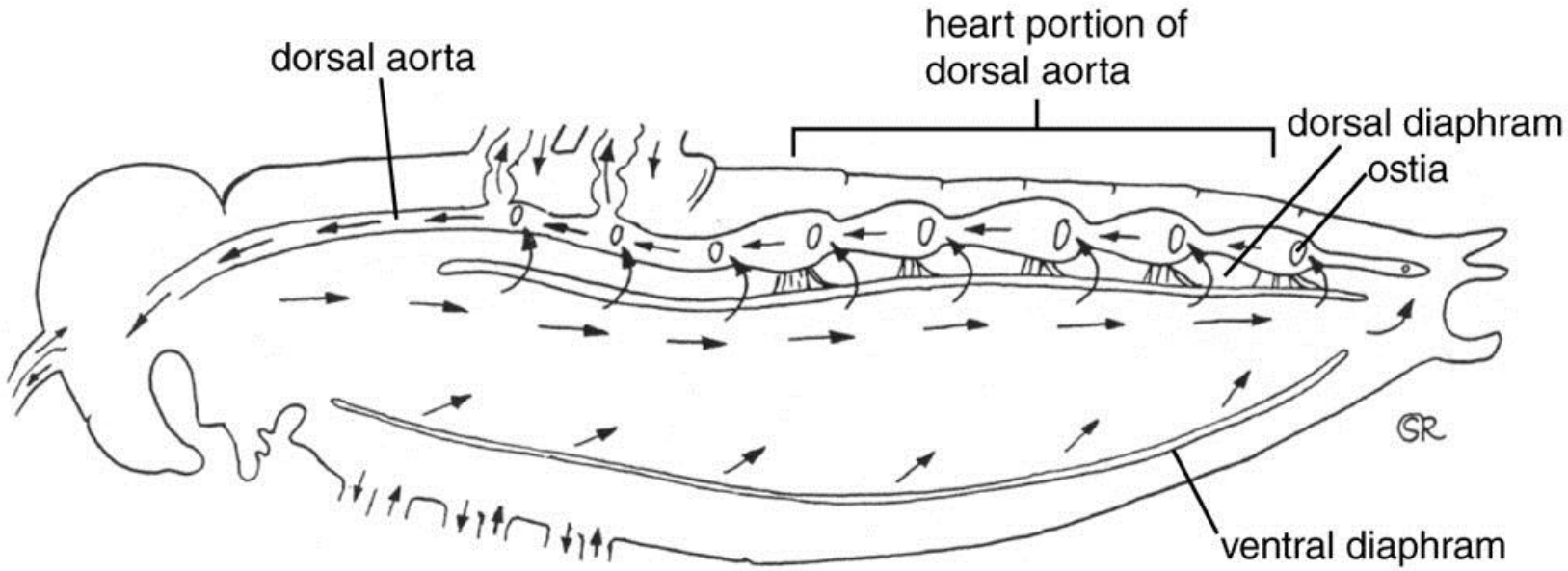
يتركب جهاز الدوران من الأجزاء التالية:

أولاً: الوعاء الدموي الظهري Dorsal vessel

ثانياً: الحجاب الحاجز الظهري و التجويف الظهري Dorsal diaphragm

ثالثاً: الحجاب الحاجز السفلي و التجويف السفلي Ventral diaphragm

رابعاً: الأعضاء النابضة المساعدة Pulsating organs



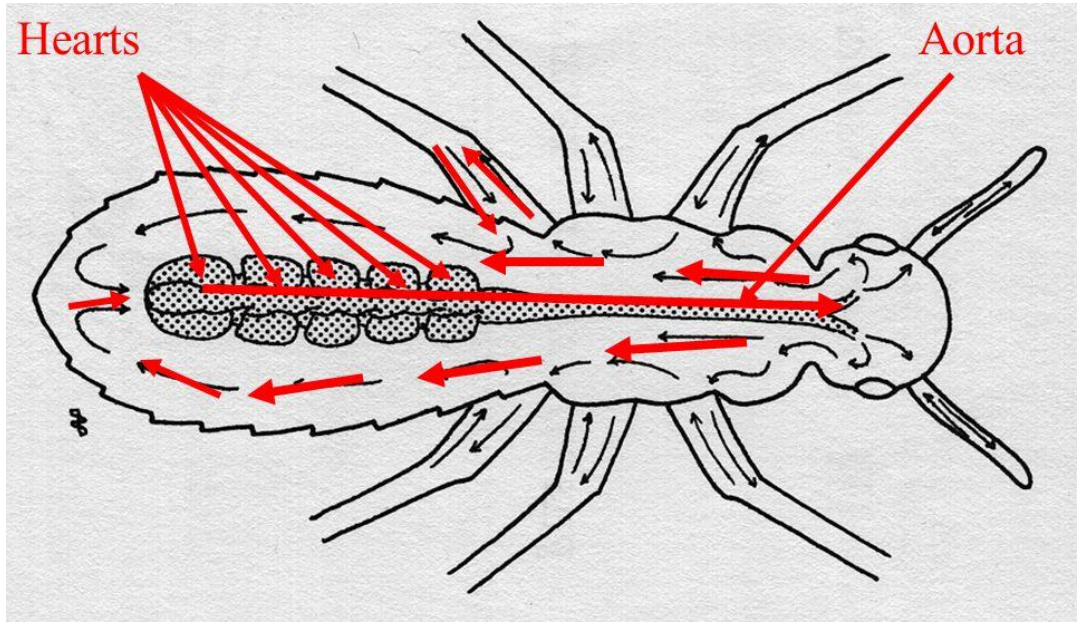
تركيب جهاز الدوران

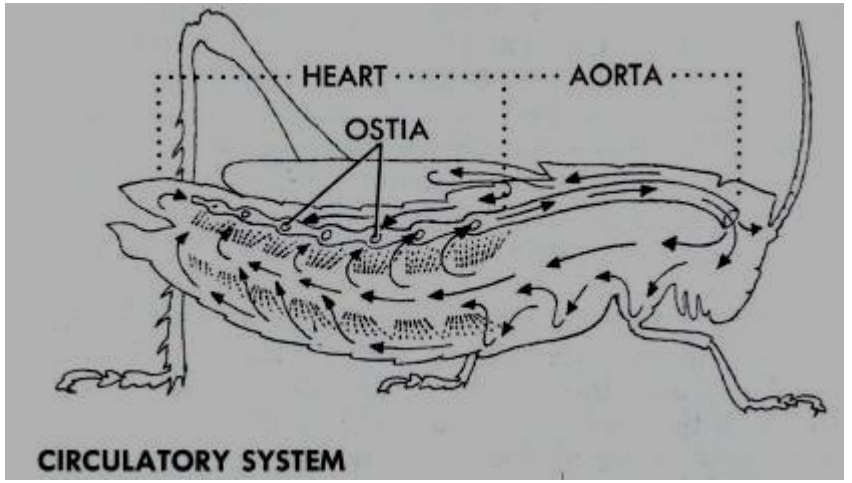
أولاً: الوعاء الدموي الظهري:

هو العضو الرئيسي المسؤول عن دوران الدم، والذي يقع مباشرة على طول المحور الوسطي العلوي لجسم الحشرة، و ذلك بدءاً من الناحية الخلفية للبطن وحتى الرأس.

يقسم الوعاء الظهري لقسمين رئيسيين: القلب و الأورطة (الأذينة):

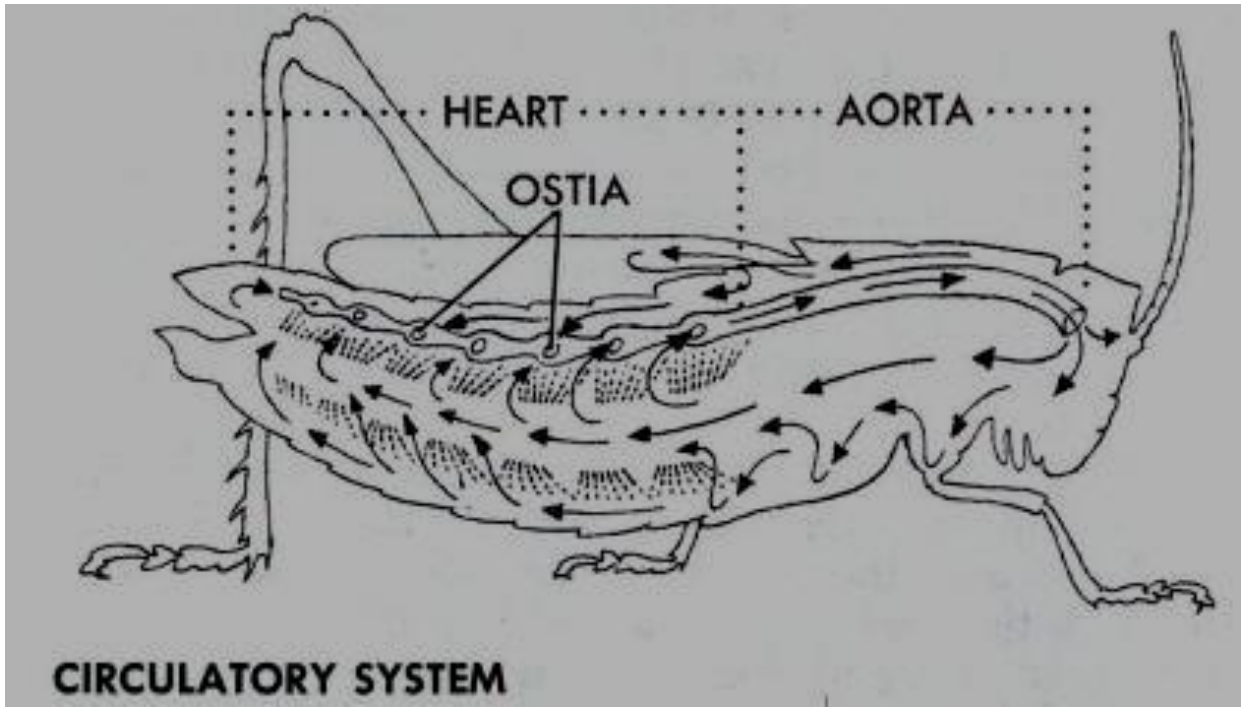
١- القلب: هو العضو النابض، ويتكون من عدد من الحجرات المتصلة ببعضها بواسطة صمام بطيني يوجد في الطرف الأمامي للحجرة القلبية بحيث يسمح للدم بالانتقال إلى الحجرة التالية و لا يسمح له بالعودة. تزود كل حجرة قلبية بزوج من الفتحات الجانبية، لكل منها صمام أذيني يفتح للداخل بحيث يسمح للدم بالدخول و لا يسمح له بالعودة.

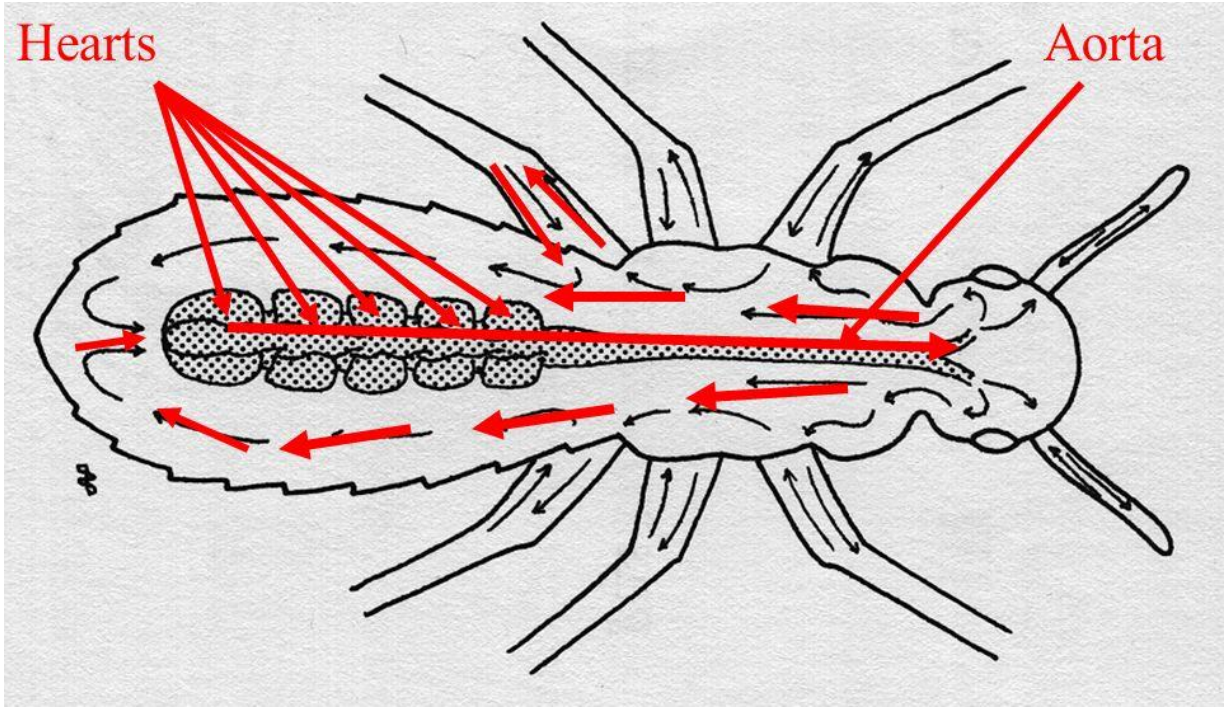




٢- الأذينة (الأورطة): هي الجزء الأمامي الذي يلي القلب باتجاه الرأس، فهي أنبوبة تمتد خلال منطقة صدر الحشرة لتدخل الرأس عبر العنق. و هي غالباً عضو غير نابض.

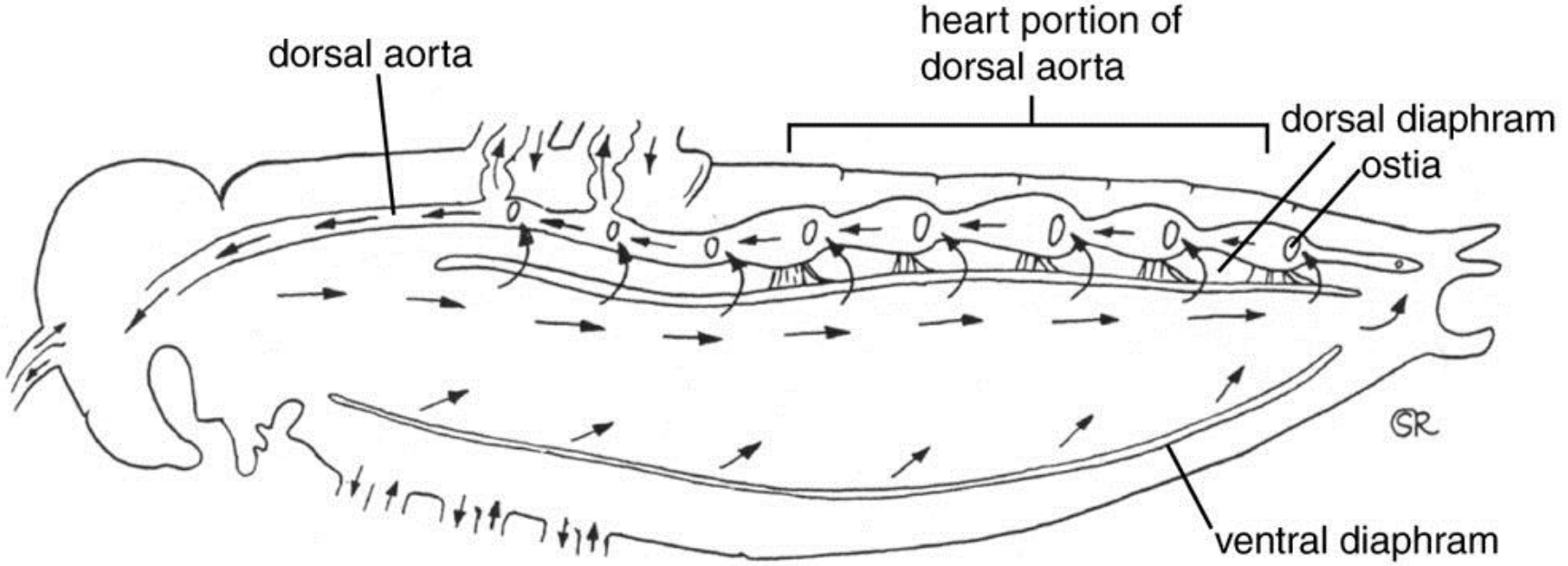
و عادة مايوجد صمام أذيني في نهايتها، و تفتح الأذينة غالباً فوق المخ حيث تتفرع إلى فرعين، ليخرج الدم من نهايتها إلى تجويف الرأس و منه إلى تجويف الجسم بمساعدة حركة العضلات.





ثانياً: الحجاب الحاجز الظهري و التجويف الظهري:

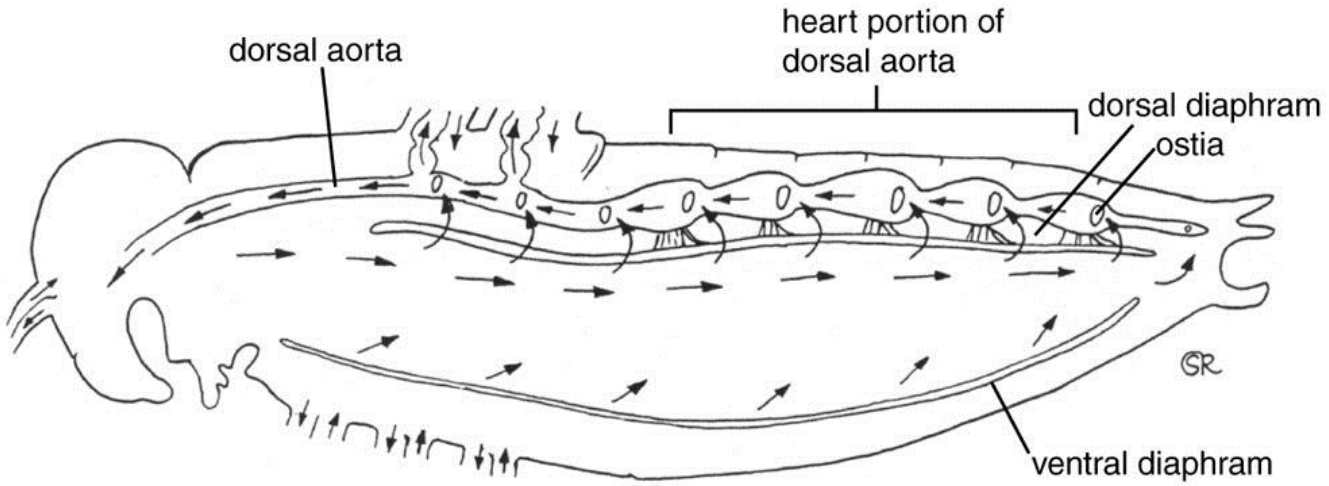
يقع الحجاب الحاجز الظهري تحت القلب تماماً، وهو عبارة عن نسيج ضام يمتد أفقياً و يتعلق جانبياً بالترجات، و يحدد تجويفاً حول القلب يدعى التجويف الظهري. يدعم الحجاب الحاجز الظهري بمجموعة من العضلات تكون عادة متطورة و متصلة مع بعضها بحلقات الجسم و تعرف هذه العضلات بالعضلات المروحية. يتصل بكل حجرة من حجرات القلب زوج من هذه العضلات و ترتكز العضلات المروحية على الجدار الداخلي للترجات من الجانبين. بالنسبة للحجاب الحاجز الظهري فإنه لا يمتد على جانبي الأذينة، و كذلك العضلات المروحية.



ثالثاً: الحجاب الحاجز السفلي و التجويف السفلي:

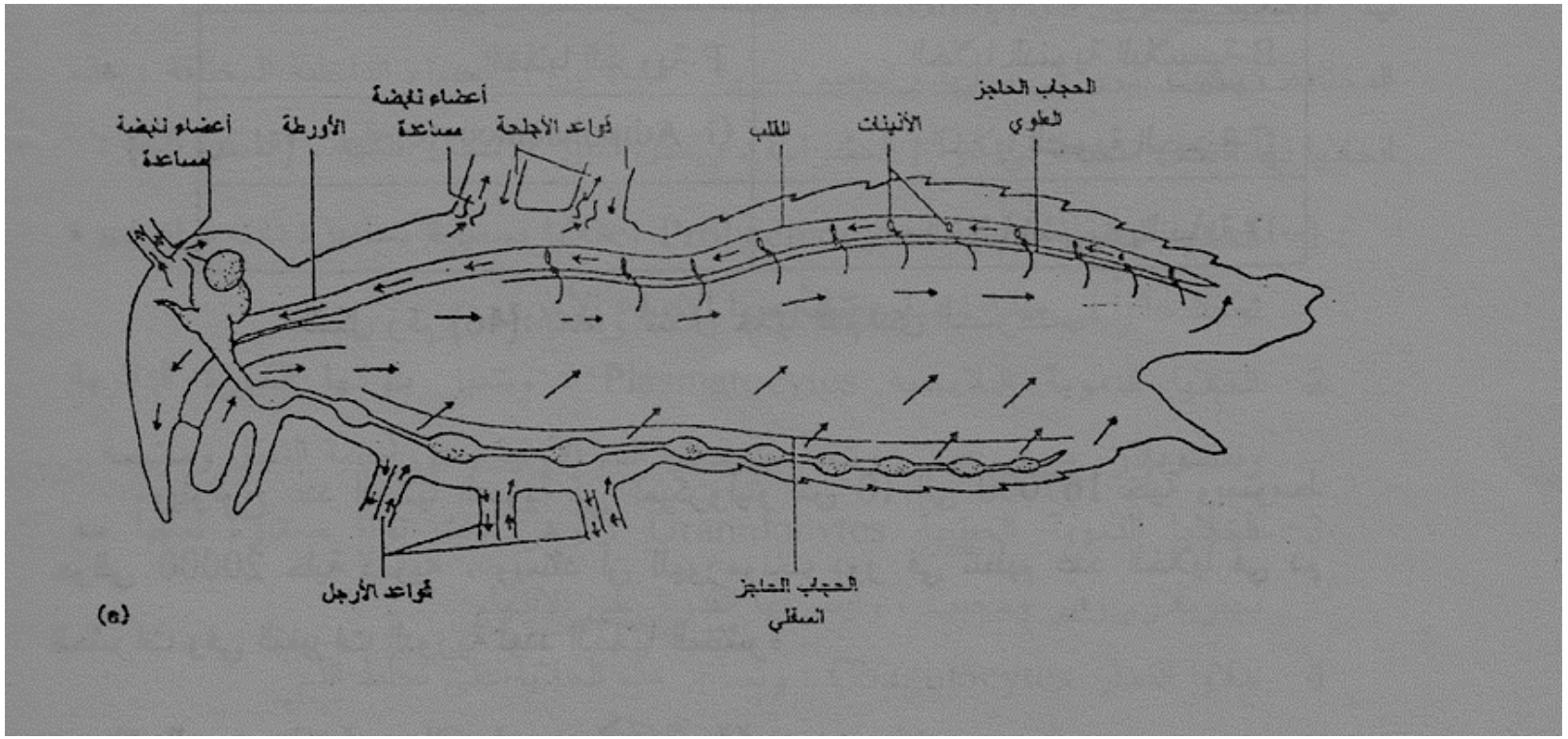
له نفس بنية الحجاب الظهري، هذا الحجاب عبارة عن مجموعة من العضلات الشبيهة بالعضلات المروحية، و هي متصلة مع بعضها و متصلة من الجانبين بالاسترنات البطنية، بحيث تحصر تجويفاً يسمى التجويف السفلي، الذي يقع ضمنه الحبل العصبي. يساعد انقباض و انبساط هذه العضلات على حركة الدم نحو الخلف و الجانبين.

و يحصر كل من الحجاب الظهري و السفلي بينهما تجويفاً وسطياً يجري الدم خلاله ليغمر القناة الهضمية و الجهاز التناسلي و الإطراحي و الغدد اللعابية.



رابعاً: الأعضاء النابضة المساعدة:

بالإضافة إلى القلب هناك عدد من الأعضاء التي تساهم في حركة و دوران الدم في جسم الحشرة وذلك من خلال تقلصها و انبساطها، مثل الأعضاء النابضة المساعدة المتوضعة عند قواعد قرون الاستشعار وعند قواعد الأجنحة والأرجل، و كذلك ضمن الحلقة الصدرية الثانية والثالثة. وهي عبارة عن مضخات عضلية صغيرة ذات فتحات جانبية لها وظائف الفتحات القلبية، بحيث تسهل عملية جريان الدم و حركته باستمرار خلال تلك الأعضاء.



Blood Vascular System of Cockroach Open Blood Vascular System.mp4

الدم: هو سائل رائق عديم اللون غالباً، وقد يكون مخضراً أو مصفراً بسبب وجود بعض التصبغات، باستثناء بعض الأنواع الحشرية التي يحتوي دمها على الهيموغلوبين (ذو اللون الأحمر) مثل يرقات بعض أنواع الذباب وبعض أنواع البق. يشكل الدم حوالي ٥-٤٠% من كامل وزن الحشرة وغالباً ما يكون حامضي خفيف (PH= 6-7).

تركيب الدم: يتركب الدم بشكل أساسي من سائل البلازما ومن الخلايا الدموية، ومن أهم ما يميز دم الحشرات وجود الأحماض الأمينية الحرة بنسب مرتفعة وأعلى من بقية المجموعات الحيوانية، حيث يحتوي على ١٠٠-٣٠٠ ضعف منها زيادة على الإنسان.

للأحماض الأمينية دور كبير في المحافظة على الضغط الإسموزي لسائل الدم خاصةً في اليرقات المائية، ودور أيضاً في تزويد الحشرة بالطاقة اللازمة للطيران، كما تعد مصدراً لتخليق البروتينات من قبل الحشرة لبناء خلايا جديدة خلال فترة النمو أو التحور الشكلي.

أ- البلازما:

هو القسم السائل من الدم، و هو يتركب بشكل رئيسي من الماء، بحيث تبلغ نسبته ٨٤-٩٢%.

يوجد في بلازما الدم العديد من المركبات اللاعضوية: مثل الصوديوم و البوتاسيوم و الكبريت و المغنيزيوم و الفوسفور....

أما المركبات العضوية فيوجد أحماض عضوية مثل السيترات و اللاكتات و غيرها...و كذلك فضلات نيتروجينية مثل حمض البولة..

و من المكونات العضوية الكربوهيدرات و الدهون اللذان يعتبران مصدر للطاقة.

و كذلك الأحماض الأمينية و البروتينات.

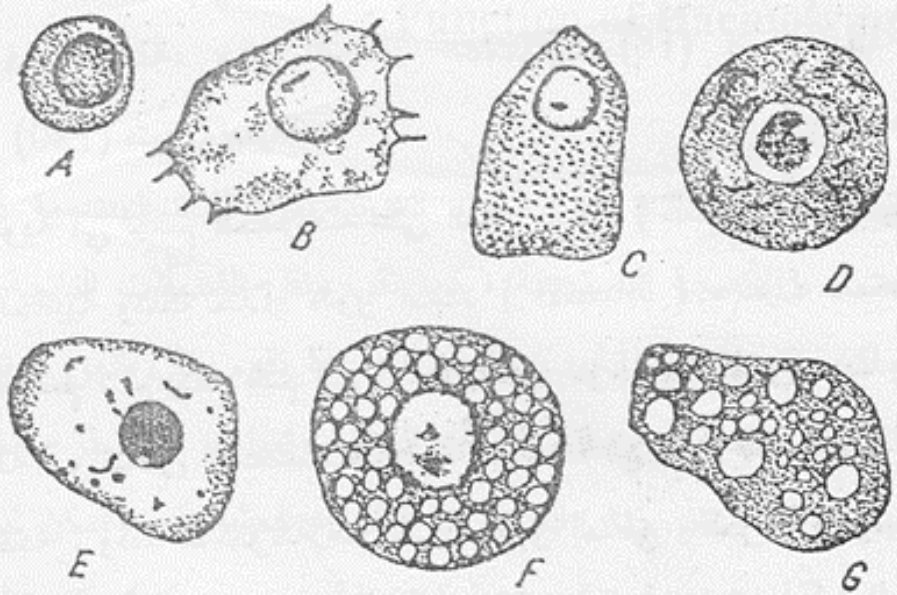
كذلك يوجد في دم الحشرات صبغات مثل الهيموغلوبين و الكاروتين و الريبوفلافين.

ب- الخلايا الدموية:

بالإضافة للبلازما يوجد العديد من الخلايا الدموية ، بحيث تدور في تجويف الجسم مارة بين الأعضاء الداخلية، هذه الخلايا لها أشكال متعددة في أنواع الحشرات:

- الخلايا الدموية الأولية:خلايا صغيرة مستديرة ذات نواة كبيرة، توجد غالباً في حالة انقسام، و تنشأ منها الأنواع الأخرى.
- الخلايا الدموية البلاسمية: و تتميز بنواتها الكبيرة الدائرية، و بسيتوبلاسما محبب قليلاً، و هي أمميبية الشكل و ملتهمة.
- الخلايا الدموية الحبيبية: و هي ذات نواة صغيرة نسبياً مع سيتوبلازما محبب، و ليس لها القدرة على الالتهام.

- خلايا التخثر: و تساعد هذه الخلايا على تجلط الدم.



A-الخلايا الدموية الأولية	E- Cystocyte
B-الخلايا الدموية البلاسمية	F-الخلايا الكروية
C-الخلايا الدموية الحبيبية	G- Adipohaemocyte
D-الخلايا الشبيهة بالنبيذية	

الشكل رقم (46): بعض أشكال خلايا الدم لدى الحشرات

دوران الدم:

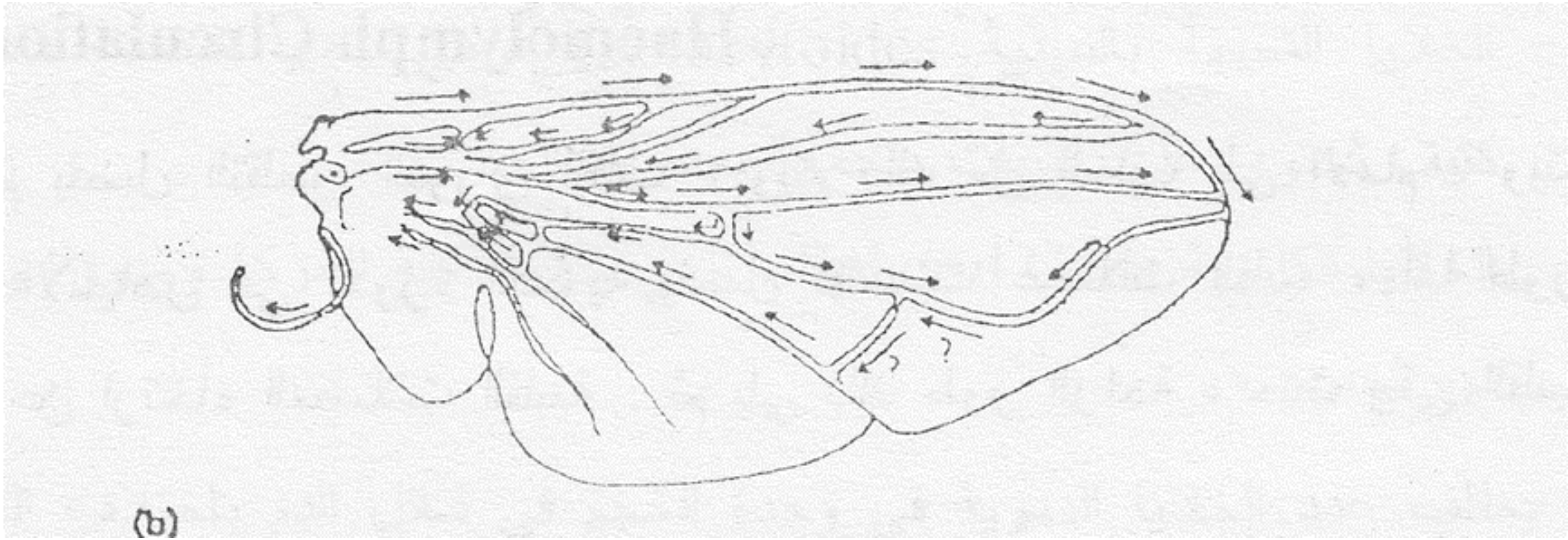
يتم دوران الدم بفضل التقلص الدوري للقلب، و يتم ذلك من الخلف للأمام. إن نشاط العضلة القلبية يخضع للنشاط الهرموني للغدد الصماء.

يختلف معدل ضربات القلب بحسب النوع الحشري والحالة الفيزيولوجية والنشاط.

تتم الدورة الدموية في جسم الحشرات على النحو التالي: يسحب القلب الدم عبر الأذينات الجانبية، و ذلك خلال طور التمدد (الإنبساط)، حيث ضغط القلب أقل من ضغط تجويف الجسم، ثم يدفع الدم للأمام بفضل موجات التقلص حيث يخرج من النهاية الأمامية للأورطة.

و تضمن الأعضاء النابضة المساعدة ضخ الدم باتجاه قرون الاستشعار والأرجل والأجنحة.

وتساعد حركة الحجاب الحاجز السفلي والحركة الدودية لأنبوب الهضم وحركة التنفس على انسياب الدم من نهاية الاورطة في الرأس حتى نهاية البطن عبر تجويف الجسم ليدخل ثانية إلى القلب عبر الفتحات الجانبية.



(b)

وظائف الدم

أولاً: النقل:

تقوم بلازما الدم بنقل المواد الغذائية من القناة الهضمية أو من مناطق التخزين إلى الأعضاء و الأنسجة المحتاجة.

كما تقوم بنقل الفضلات الناتجة عن العمليات الاستقلابية من أماكن تكونها إلى أنابيب مالبيكي.

و كذلك تقوم بنقل الهرمونات من الغدد المفرزة إلى الأماكن المستهدفة.

و يمكن لبلازما الدم أن تنقل الحرارة من منطقة معينة من الجسم إلى منطقة أخرى.

و كذلك توصيل الأوكسيجين المنحل في الدم إلى بعض الأنسجة التي لا تصلها القصيبات الهوائية.

ثانياً: وظائف ميكانيكية:

يعتبر الدم سائل هيدروليكي فهو سائل غير قابل للانضغاط لذلك فإن القوة التي تطبق على جزء من جسم الحشرة تنتقل إلى طرف آخر من الجسم.

ومن الوظائف الناتجة عن الضغط المتكون في الجسم:

- انتصاب الجسم في الحشرات الرخوة.
- حركة حلقات الصدر والبطن عند الكثير من اليرقات.
- تمدد جدار الجسم بعد الإنسلاخ.
- انبساط الأجنحة والزوائد الأخرى بدفع الدم داخلها تحت ضغط عال.
- كسر الجدار الخارجي للبيض عند الكثير من الحشرات بعد اكتمال نمو الأجنة بداخلها.
- المساعدة بالتنفس من خلال ضغط الدم على جدران القصيبات الهوائية مما يؤدي لطرد الهواء.

ثالثاً: التخزين:

تعمل بلازما الدم على تخزين بعض المركبات لفترات قصيرة، و تقوم بعض الخلايا الدموية بتخزين الحبيبات الدهنية و الغليكوجين و بعض نواتج الاستقلاب مثل حمض البولة.

رابعاً: الحماية:

حيث تقوم خلايا الدم بمهاجمة الأجسام الغريبة التي تدخل جسم الحشرة كالبكتريا أو الطفيليات، و تقوم إما بعملية البلعمة فتبتلعها ، أو بعمل كيس حولها (التكبسل)، تمنعها من إحداث أي ضرر بحيث يموت الطفيلي بسبب نقص الأوكسيجين.

كما تقوم خلايا الدم بالتخلص من الأنسجة التالفة من خلال عملية الهضم، هذه العملية تمنح الحشرة نوع من المناعة.

خامساً: التخثر و التئام الجروح:

تقوم خلايا الدم بالتجمع حول مكان حدوث الجرح و تكوين شبكة ثم يتم تخثر الدم في منطقة الجرح، و سده.

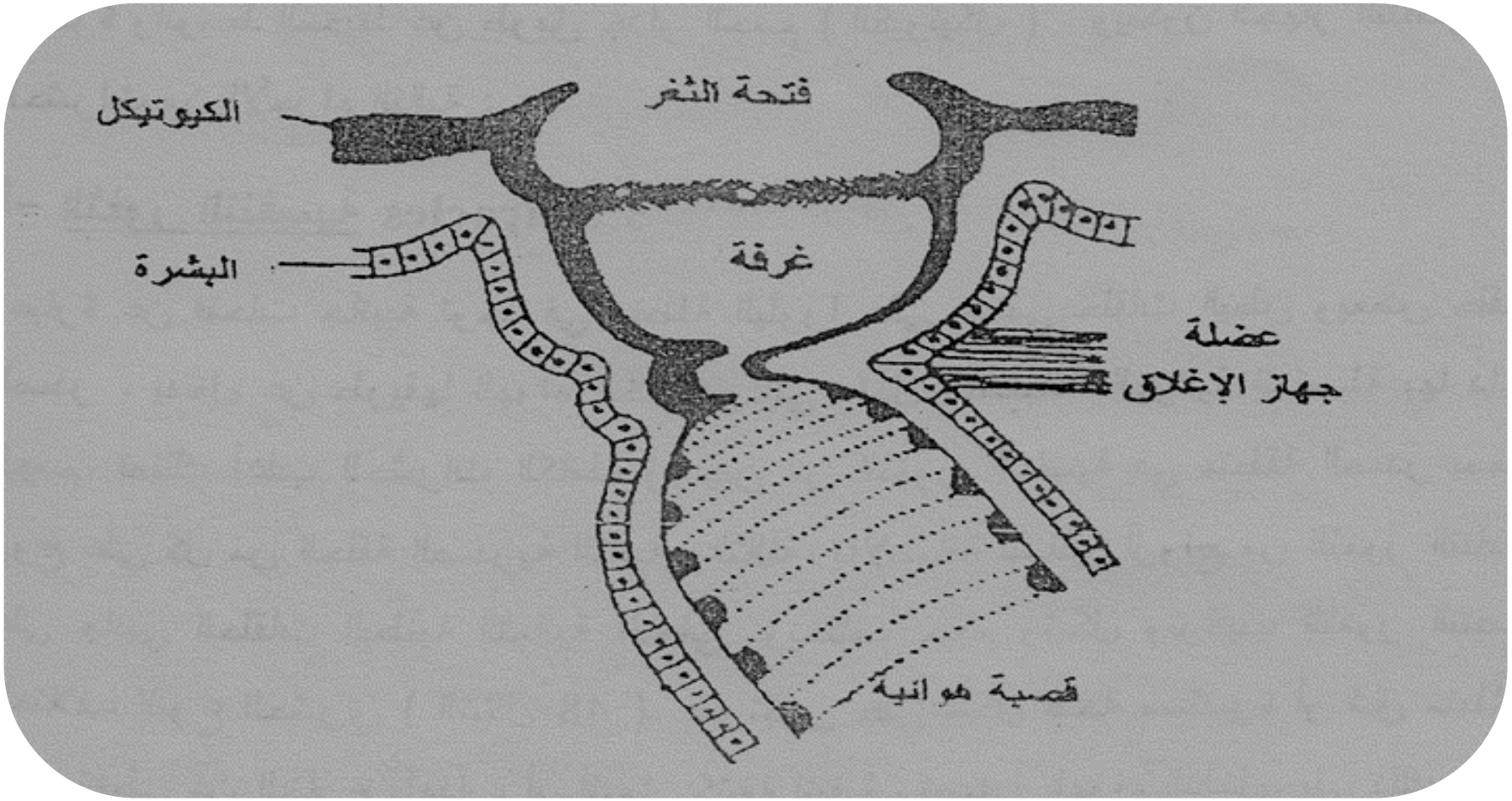
سادساً: الإفراز و الاستقلاب:

يمكن لخلايا الدم أن تقوم بتشكيل الأنسجة الضامة التي تحيط بالأجهزة الداخلية و بجدار الجسم من الداخل، كما تقوم بتشكيل دهون الجسم و مواد أخرى.

الجهاز التنفسي و التنفس

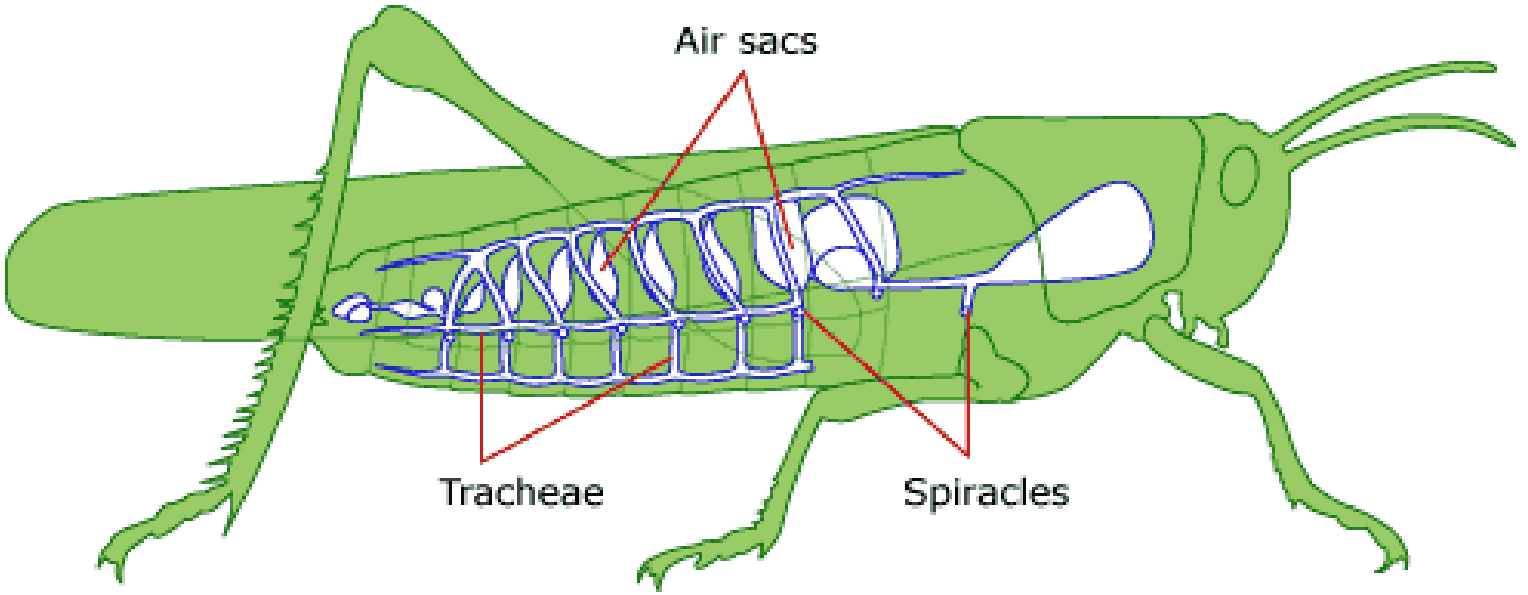
- يقوم جهاز التنفس في الحشرات بمهمة التبادل الغازي بين جسم الحشرة والوسط الخارجي. والجهاز التنفسي لدى الحشرات هو نظام فريد من نوعه في المملكة الحيوانية، حيث يوجد في جسم الحشرة مجموعة من الأنابيب الشعرية المتفرعة تسمى القصيبات، يمر الهواء خلالها من الوسط الخارجي إلى الخلايا والأنسجة المختلفة في الجسم، وهذا ما يعرف بالنظام القصبي. وهو موجود لدى جميع الحشرات ماعدا حشرات رتبة ذات الذنب الأولي Protura و رتبة ذات الذنب القافز Collembola، وكذلك بعض اليرقات الداخلية التطفل، حيث يتم التبادل الغازي بين الحشرة و الوسط المحيط عن طريق جدار الجسم.
- يتكون الجهاز التنفسي لدى الحشرات من الأجزاء التالية:

أـ الثغور التنفسية:

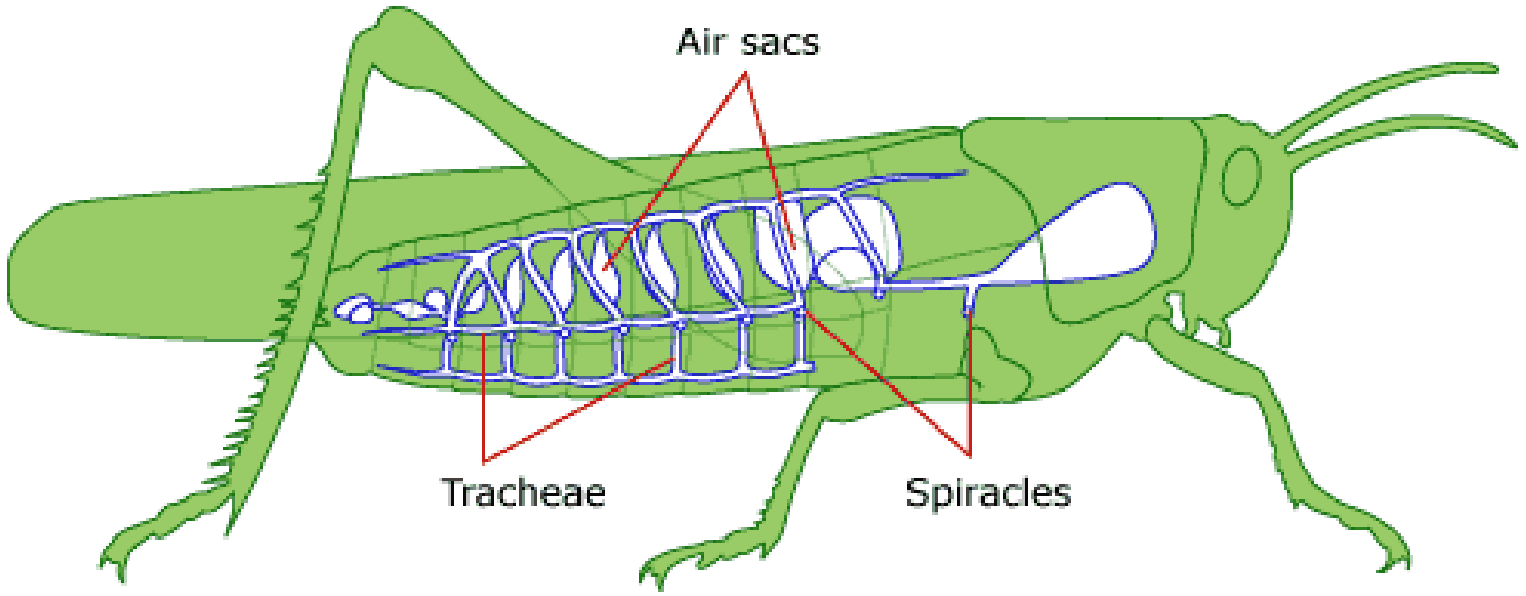


ثانياً: القصبات الهوائية:

- يتم التبادل الغازي لدى أغلب الأنواع الحشرية بواسطة شبكة متفرعة من الأنابيب الدقيقة تعرف بالقصبات الهوائية، التي تتكون من أنابيب رئيسية (جذع رئيسي) تتصل مباشرة بالثغور التنفسية وتقوم بنقل الهواء الخارجي إلى تفرعات أصغر منها، و هذه تستمر بالتفرع حتى تصبح الفروع في غاية الدقة و تتصل مباشرة بالخلايا والأنسجة المختلفة.
- تتصل جذوع القصبات الهوائية الرئيسية في الحلقات المتتالية لتكون أنابيب طولية خلال الجسم. و في بعض أنواع الحشرات تتضخم الجذوع الرئيسية لتشكل ما يسمى الأكياس الهوائية التي تستعمل كخزان للهواء تستعمله الحشرة وقت الحاجة، خاصة لدى الحشرات سريعة الطيران كالنحل والذباب.

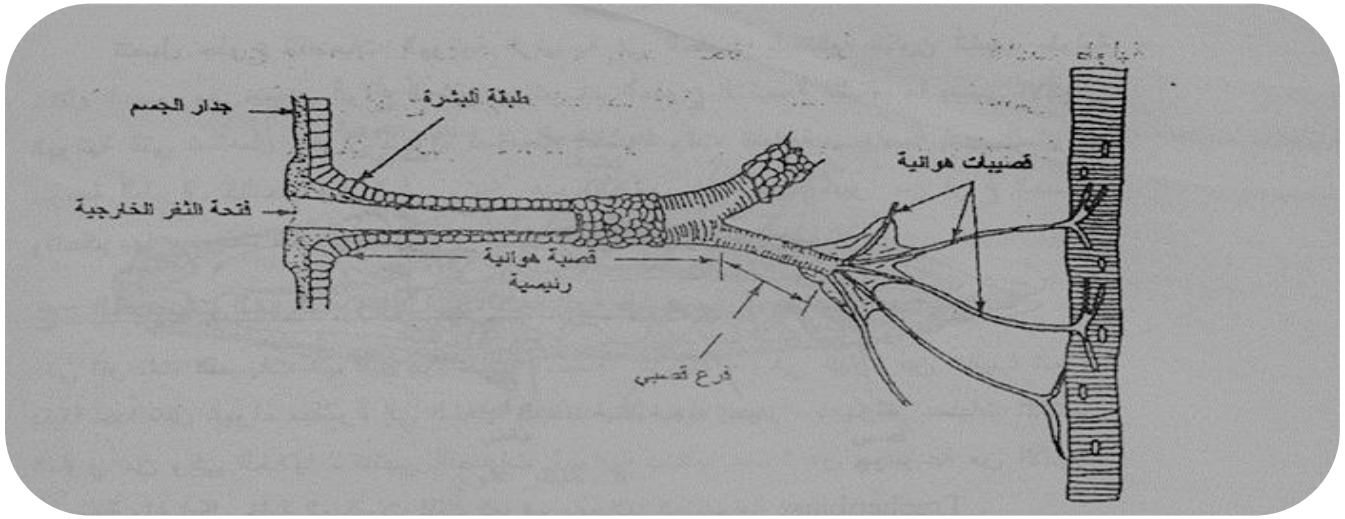


- تكون القصبات الهوائية الموجودة في كل حلقة من حلقات الجسم مسؤولة عن تهوية هذه الحلقة بما تحتويه من أعضاء وأنسجة وعضلات. و يخرج من كل جانب من جانبي الحلقة ثلاثة فروع رئيسية:
- فرع علوي يقوم بتهوية الوعاء الدموي الظهري و العضلات و الأنسجة المحيطة.
- فرع وسطي يقوم بتهوية الجهاز الهضمي و التناسلي.
- فرع سفلي يقوم بتهوية الحبل العصبي و العضلات المرافقة.



ثالثاً: القصيبات الهوائية (الأنابيب الهوائية الشعرية):

- هي تفرعات القصبات الهوائية بين خلايا الجسم المختلفة، وهي عبارة عن أنابيب شعرية دقيقة جداً تنقل الهواء مباشرة إلى الخلايا المختلفة لأنسجة الجسم، وبها تتم عملية الانتشار الغازي من وإلى الخلايا. تنتهي القصبات الهوائية بخلايا ممتدة بين مجموعة من الأنابيب الشعرية و لها شكل خلية العنكبوت لذلك تعرف بالخلايا العنكبوتية. للقصيبات الهوائية خاصية النفاذية العالية للغازات، وهي أكثر الأمكنة للتبادل الغازي، ولذلك لوحظ مرافقتها للأنسجة والأعضاء ذات النشاط الاستقلابي العالي والاستهلاك الكبير للأوكسجين (عضلات الطيران، المبايض، الأجسام الدهنية، أنابيب مالبيكي،....)، ونجد في معظم الحشرات أن الأنابيب الهوائية الشعرية مملوءة بسائل خاص يشبه في تركيبه تركيب الدم يسمى السائل القصيبي.



- تشكل القصبات الهوائية مع الثغور التنفسية نظاماً تنفسياً مفتوحاً أو مغلقاً:

- **نظام القصبات الهوائية المفتوح:** في هذا النظام تنتهي القصبات الهوائية إلى ثغور تنفسية عاملة أو مفتوحة، ويختلف عدد الثغور التنفسية العاملة باختلاف النوع الحشري (كل الثغور أو بعض منها).

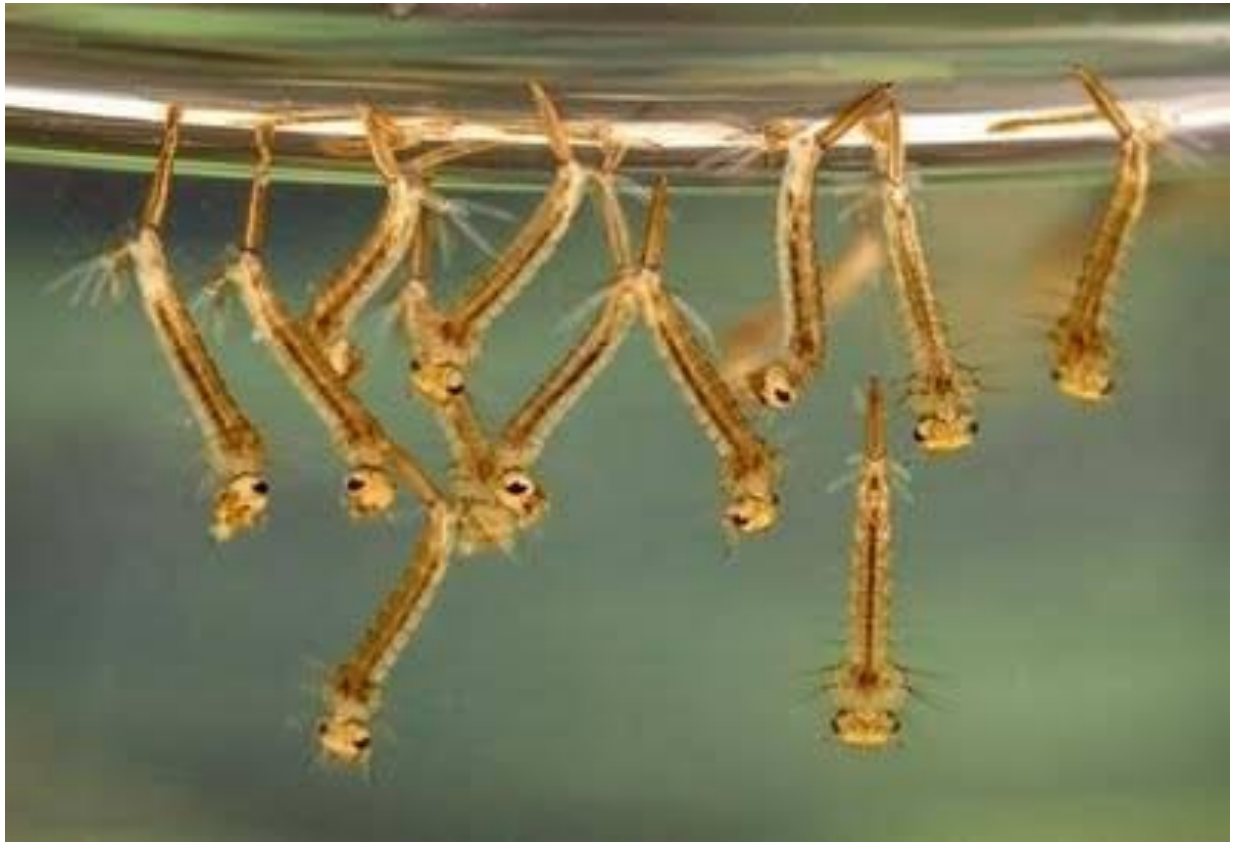
- **نظام القصبات الهوائية المغلق:** في هذا النظام تكون الثغور التنفسية كلها غير عاملة (مغلقة)، ولكن يتم التبادل الغازي إما عن طريق جدار الجسم مباشرةً، حيث تركزت تفرعات الأنابيب الشعرية تحت جدار الجسم مباشرة، كما في الحشرات المائية، أو قد يتم التبادل الغازي بواسطة خياشيم خاصة مليئة بتفرعات الأنابيب الشعرية تنقل الهواء إلى القصبات الهوائية ومنها إلى باقي أجزاء الجسم، كما في حوريات الرعاش الصغير وذباب أيار، أو قد يتم التبادل الغازي بين الهواء داخل القصيبات وبين الهواء المنحل في الماء الداخل إلى المستقيم، حيث نجد جدار المستقيم يحتوي على تلافيف شبيهة بالخياشيم تنتهي إليها تفرعات القصبات الهوائية كما في حوريات الرعاش الكبير.

التنفس في الحشرات المائية:

- **أولاً: حشرات ذات جهاز تنفسي من النوع المفتوح:** تمتلك الحشرات في هذه الحالة على زوج أو أكثر من الثغور التنفسية العاملة (المفتوحة)، ويتم التنفس فيها بالطرق التالية:
- أ- **تنفس الهواء الجوي الخارجي:** يكون للحشرات القدرة على تخزين كمية من الهواء الخارجي لتستهلكه تحت الماء، وعند الحاجة تخرج من الماء وتغير هواء القصبات الهوائية بالطرق التالية:

- ١- اختزان كمية من الهواء: حيث تحتفظ الحشرات الكاملة لبعض الخنافس المائية من فصيلة Dytiscidae بمخزن من الهواء فوق المنطقة الظهرية من البطن وتحت الأغماد يمكنها استعماله أثناء وجودها تحت الماء. ويمكن لبعض الحشرات مثل البق القاربي Corixidae أن تحبس فقاعة هوائية على سطح الجسم بفضل وجود شعيرات دقيقة وكثيفة، حيث تمنع الطبقة الشمعية التي تغطي هذه الشعيرات من اختراق الماء للفقاعة الهوائية. وتكون هذه الفقاعة على اتصال بالثغور التنفسية في هذه الحشرات.

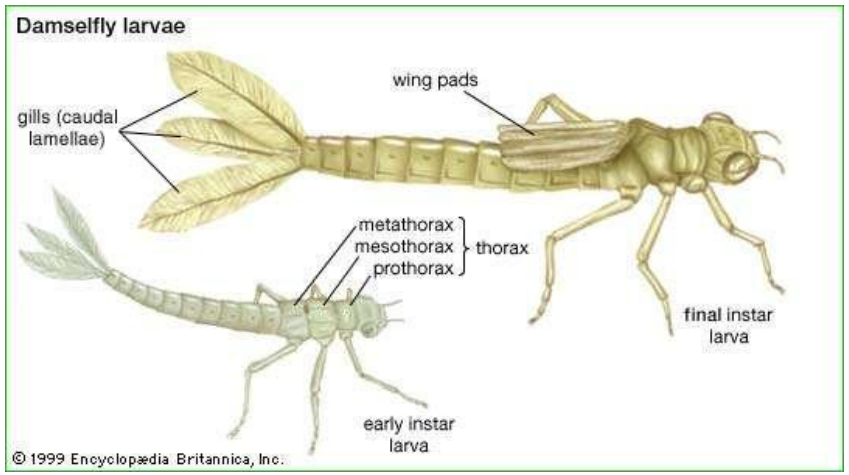
- التنفس بواسطة أنابيب هوائية ممتدة: تمتلك بعض الحشرات أنابيب هوائية طويلة يكون في نهايتها ثغر تنفسي تحصل الحشرة بواسطته على الهواء الجوي مباشرة، وذلك بإخراج قمة الأنبوب خارج الماء. هذا النمط موجود لدى يرقات وعذارى البعوض حيث تطفو على سطح الماء للحصول على حاجتها من الأوكسجين.



- **ب- تنفس الهواء المخزن في النباتات المائية:** عند بعض الأنواع الحشرية مثل يرقات خنافس Bonacia فتحات تنفسية في مؤخرتها تمكنها من الحصول على الأوكسجين اللازم تحت الماء، و ذلك بأن تثقب الأنسجة النباتية بواسطة عضو ثقب خاص، وبالتالي تصل الثغور التنفسية إلى الأنسجة التي تحتوي على الأوكسجين بين فراغات الخلايا.

ثانياً- حشرات ذات جهاز تنفسي من النوع المغلق: حيث الثغور التنفسية غير عاملة (مغلقة)، وهي تتنفس الأوكسجين المنحل في الماء بالطرق التالية:

- تنفس من خلال جدار الجسم: حيث يتم تبادل غاز الأوكسجين وغاز ثاني أوكسيد الكربون خلال جدار جسم الحشرة إلى الدم مباشرة، وذلك في الأعمار اليرقية الأولى، أو إلى القصبات الهوائية التي تفتح مباشرة تحت جدار الجسم. ويوجد هذا النمط لدى يرقات بعض أنواع رتبة ثنائية الأجنحة.
- تنفس بواسطة الخياشيم: الخياشيم صفائح كيتينية رقيقة تنتهي إليها شبكة التفرعات القصبية الهوائية، و يتم الانتشار الغازي عبر هذه الخياشيم. ويوجد هذا النمط لدى حوريات تحت رتبة الرعاش الصغير وحوريات رتبة ذباب أيار.
- تنفس بواسطة جدار المستقيم: يحتوي جدار المستقيم لدى حوريات الرعاش الكبير على تلافيف تنتهي إليها القصيبات، و يحصل التبادل الغازي بين الهواء داخل القصيبات، و الهواء المنحل في الماء الداخل إلى المستقيم.



التنفس في الحشرات ذات التطفل الداخلي:

- تتنفس يرقات العمر الأول لمعظم هذه الحشرات عن طريق الانتشار الغازي عبر جدار الجسم، من أنسجة العائل إلى أنسجة الطفيل مباشرة، كما هو الحال عند بعض حشرات غشائية الأجنحة.
- بعض يرقات ثنائية الأجنحة مثل يرقات ذباب التاكينا يمكنها أن تأخذ الهواء من الجهاز التنفسي للعائل، عن طريق التصاقها بقصبة هوائية في جوف العائل
- عند يرقة نغف جلد البقر تحصل اليرقة على الهواء الجوي عن طريق ثقب جلد العائل، و تعريض الثغور التنفسية للهواء الجوي مباشرة.
- وقد تتنفس اليرقات من الهواء المختلط بغذاء الحيوان في المعدة والأمعاء مثل يرقة نغف معدة الخيل.
-