



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الحمدانية / كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم علوم الحياة



علم الحشرات Entomology

المرحلة الثالثة

إعداد

م.م منال موفق محمد

علم الحشرات Entomology

❖ لماذا ندرس الحشرات ؟

لدراسة الحشرات العديد من الأهداف العلمية و التربوية، منها :

1. معرفة اهمية الحشرات في حياة الانسان.
2. التعرف على تركيب اجزاء جسم الحشرة ووظائفها.
3. التعرف على الرتب الحشرية التي تنتمي إليها الحشرة
4. الامتناع عن القتل العشوائي لأي حشرة تصادفنا في الحقل أو المنزل.

❖ سبب التسمية :

سميت هذه المجموعة من اللافقرات بالحشرات بسبب سلوكها المُلح ودفع نفسها (حشر نفسها) بتهور ودون مبالاة للمخاطر إلى البيئة المناسبة لها من درجة الحرارة ، ضوء رطوبة، وكذلك مواقع التكاثر والغذاء.

يعد علم الحشرات أحد فروع علم الحياة الذي يركز على دراسة الحشرات، اشتقت كلمة Entomology من الكلمة الاغريقية Entomon والتي تعني حشرة، ويطلق على هذا الصنف أيضاً سداسية الارجل Hexapoda

ويعرف علم الحشرات Entomology: بأنه فرع من فروع علم الحيوان، وهو العلم الذي يدرس الحشرات دراسة عامة شاملة تتضمن المظهر الخارجي والتشريح الداخلي ووظائف الاعضاء والتصنيف وعلاقة الحشرات بالبيئة لمعرفة اهميتها وكيفية مكافحة الضار منها والاستفادة من الحشرات النافعة

❖ الصفات العامة للحشرات

يعد صنف الحشرات الصنف الأكثر انتشارًا وعددًا من شعبة مفصليات الأرجل، وتتميز أنواع هذا الصنف بالصفات الأتية:

1. يتكون الجسم من حلقات أو عقل Segments وتتجمع هذه الحلقات الجسمية مع بعضها البعض بنظام يظهر فيه الجسم مقسم إلى مناطق مميزة، تختلف هذه المناطق في مختلف صفوف هذه الشعبة حيث يعتبر هذا الاختلاف صفة تقسيمية تميز كل صف عن الآخر.
2. الجسم مقسم بوضوح إلى ثلاث مناطق (الرأس والصدر والبطن)، وقد تكون البطن منفصلة بتخصر عن باقي اجزاء الجسم .
3. يتكون الرأس من **ست** قطع ملتحة .
4. يتكون الصدر من **ثلاث** قطع، والبطن من **11** قطعة عادة .
5. تحمل العقل الجسمية كلها أو بعضها على الأقل في المراحل الجنينية زوجًا من الزوائد المفصلية وهي الارجل التي تتكون من عدة عقل تتمفصل مع بعضها البعض، ومن هنا جاءت التسمية Arthropoda (رجل Podos، مفصل Arthro)
6. زوائد الراس مزدوجة (زوجية)، كما أن الفكوك القاضمة (الزوج الاول من الزوائد) والفكوك المساعدة (الزوج الثاني) ملتحمان وسطيا لتكوين الشفة السفلى .
7. تحمل كل حلقة من حلقات الصدر **زوج** من الأرجل ، كما تحمل الحلقتان الثانية و الثالثة من الصدر زوج من الأجنحة
8. لا تحمل حلقات البطن لواحق عدا الحلقات التناسلية في الحشرات المجنحة ، أما في الحشرات غير المجنحة فقد تحمل الحلقات غير التناسلية لواحق، وفي حال وجودها فإنها توجد على الحلقة 11 وتدعى بـ القرون الشرجية
9. التنفس يتم عن طريق جدار الجسم أو الخياشيم أو القصيبات الهوائية أو الرئات الكتابية
10. اجزاء الفم خارجية عادة، وتختلف باختلاف نوع الحشرة وطورها
11. الجسم متماثل الجانبين أي جانبية التناظر Bilateral Symmetry

12. للجسم هيكل خارجي Exoskeleton كائتيني صلب تفرزه البشرة ويكون منثنياً على الجذع والزوائد مكوناً المفاصل، ويتميز بأنه لين في مناطق تمفصل أو اتصال الحلقات للسماح بحرية الحركة حسب الحاجة .
13. فراغ الجسم عبارة عن تجويف دموي (جهاز الدوران من النوع المفتوح)
14. القناة الهضمية كاملة تبدأ بالفم ويكون محاط بأجزاء الفم وتنتهي بفتحة المخرج في النهاية الخلفية
15. يتكون الجهاز العصبي من عقد عصبية مزدوجة تتضخم وتندمج بعض عقد الرأس لتكون الدماغ والحبل العصبي يكون بطني الموقع يقع أسفل القناة الهضمية.
16. يتم طرح المواد الإخراجية بوساطة غدد خاصة (مثل الغدد الحرفية أو الغدد الخضراء أو النفريديا) أو أنابيب مالبجي
17. الأجناس منفصلة والاختصاص داخلي غالباً
18. قد لا تمتلك الحشرة بعض هذه الصفات أو تكون ضامرة أو متحورة فيها، ولكن بالممارسة والتجربة، والتركيز على لواحق الصدر و عدها، وأيضاً صفات الرأس تتميز الحشرة

❖ علاقة الحشرات بالإنسان

الحشرات تتغذى على الإنسان و تزعجه و تنتقل اليه الأمراض بصورة ميكانيكية أو كمضائف وسطية، عمومًا العلاقة بين الحشرات و الإنسان إما:

- مضيف متخصص وطفيل خارجي كالقمل

- طفيل داخلي كالنغف

- مضيف مؤقت كالبعوض والبق الماص .

أي تكون علاقة الحشرات بالإنسان وبقية الكائنات مباشرة أو غير مباشرة، وكذلك نافعة أو ضارة.

❖ منافع الحشرات

- 1- تعد الحشرات اساسية لوظائف النظام البيئي من خلال تدوير الغذاء، تفتيت الخشب والاوراق المتساقطة، تنشر الفطريات، ازالة الجثث والروث من النظام البيئي.
- 2- تلعب دورًا أساسيًا في تكاثر النباتات من خلال التلقيح وانتشار البذور.
- 3- الحفاظ على المجتمع النباتي و تركيبه عن طريق التغذية، لاسيما التغذية على البذور.
- 4- الحفاظ على تركيب المجتمع الحيواني، من خلال نقل الامراض للحيوانات الكبيرة، وكذلك التطفل والافتراس على الحيوانات الصغيرة.
- 5- مصدر غذائي للإنسان في كثير من البلدان لاسيما البلدان النائية كونها غنية بالبروتين.
- 6- تدخل بشكل أساسي في صناعة الحرير والشمع والأحبار، كما تدخل في صناعة مستحضرات التجميل والورنيش.
- 7- يدخل علم الحشرات في العلم الجنائي، الفنون، الرسم، الطب، و تطبيقات اخرى

❖ مضار الحشرات:

يوجد اكثر من 3000 نوع من الحشرات التي لها علاقة مباشرة بأذى الانسان و حضارته، وحوالي مليون نوع من الحشرات التي تتناوب بين النافعة وعديمة الضرر

أ- تأثيرها على صحة الانسان و الحيوان:

1- التهاب الجلد Dermatitis

2- الحساسية Allergy

3- ناقلات وطفيليات لإمراض ضارة عديدة كالطاعون والملاريا والحمى الصفراء

4- الخوف المرضي من الحشرات Entomophobia

ب- تأثيرها على المحاصيل الزراعية:

1- تلف مباشر بالتغذية عليها، مثل أسراب الجراد المهاجر.

2- نقل الامراض الفيروسية بين النباتات مثل البق والمن.

3- تلف المحاصيل في المخازن.

ت- تأثيرها على المواد الصناعية:

1- تسبب افات الجلود و منتجاتها وأفات الملابس تلف المنتجات، مثل العث

2- تسبب يرقات العادس والكيس الذي يحتويها توقف أو تقليل فعالية توريبينات مولدات

الطاقة الكهربائية

❖ اسباب نجاح الحشرات

- 1- صغر الحجم: يساعد صغر حجم الحشرات على تقاسم مواقع العيش والمصادر الغذائية بين بين افراد المجموعات صغيرة الحجم، او افراد المجتمعات المتجانسة في صغر الحجم مقارنة بالأفراد الكبيرة
- 2- قصر زمن الجيل: تكون الاحياء قصيرة زمن الجيل ذات معدلات اسرع في التطور ومعدلات اكبر في التنوع
- 3- الاجنحة: تعد الحشرات اللافقرات الوحيدة القادرة على الطيران، مما يجعلها قادرة على الانتقال من مكان إلى آخر بسهولة، ويعزز قدرتها على امساك الفريسة وتفادي الاعداء و الظروف السيئة و استعمار بيئات جديدة .
- 4- اجزاء الفم: تملك الحشرات خمسة انواع اساسية من أجزاء الفم طورت فيها العديد من التراكيب للتغذية، مما اعطاها القابلية على الإعتماد على مدى واسع من مصادر الغذاء، مثل الرحيق، الدم، البذور، انسجة النبات، انسجة الحيوان، الروث والجثث اكثر من أي صنف اخر من الحيوانات.
- 5- تعدد الاشكال Poly pherisms: تتميز الحشرات بوجود التحول Metamorphosis في اطوارها غير البالغة، فاليرقات تختلف كثيرًا عن البالغات في الشكل والبيئة ومصادر غذائها ، مما يسمح للأفراد من النوع الواحد باعتماد بيئتان مختلفتان خلال حياتها، مثل الحشرات المائية ويرقات الفراشات ، كما تتباين فسلجياً و شكلياً الافراد المتوطنة و المهاجرة للجراد ، مما يجعلها قادرة على الانتقال الى بيئات جديدة تبعد الاف الكيلومترات.
- 6- الخصوبة العالية: تكون العلاقة بين سرعة النمو والخصوبة متناسبة طرديًا، إذ يزداد النمو في الظروف المناسبة، ويؤدي ذلك إلى خصوبة عالية وزيادة عدد الافراد التي تصل الى طور البلوغ مما يساعد على زيادة اعداد الحشرات.

7- التنفس القصبي Tracheal Respiration: يكون التنفس القصبي عبر القصبات

الهوائية اكثر كفاءة بنحو مليون مرة مقارنة بالتنفس الرئوي، لقصر المسافة بين الانسجة ذات الايض العالي (العضلات) واعضاء التكاثر والاكسجين

8- مقاومة الجفاف: يتحكم الكيوتكل في نفاذية الماء إلى داخل أو خارج جسم الحشرة، و

تحتفظ الحشرات بالماء بعدة طرق ، يكون الكيوتكل مغطى بطبقة شمعية تقلل كثيراً من فقدان الماء عبر جدار الجسم و فتحات الثغور التنفسية والتي تكون مجهزة باليات غلق محكمة، ولكنها تسمح بالتبادل الغازي بكفاءة. كما أن النواتج الابرازية غير سائلة في اغلب الحشرات و لا تحتاج إلى كمية كبيرة من الماء لتُطرح خارج الجسم، كما أن الجزء الاخير من القناة الهضمية متحور في بعض الحشرات لامتناس أكبر كمية ماء ممكنة من البراز.

9- القدرة على التأقلم: استطاعت الحشرات التأقلم والتكيف مع تغيير الظروف البيئية

المفاجئ ، وعليه انتشرت في جميع أجزاء الأرض الحيوية عدا القطب الجنوبي والمناطق البيئية المائية مثل المحيطات و البحار، كما تأقلمت مع مدى حراري واسع 40-50 درجة مئوية، إذ يصل الفرق الحراري في الحشرات التي تعيش في الصحاري الارض و جسم الحشرة إلى 20 درجة مئوية.

10- الهيكل الخارجي The Exoskeleton: يتميز الهيكل الخارجي في الحشرات كما في

باقي مفصليات الارجل بصفات مميزة جداً، فهو يتكون من مناطق صلبة كصفائح يفصل بينها مناطق غشائية، أي يحمي الحشرة ميكانيكياً من خلال توفيره صلابة ومتانة مع مرونة، يوفر أيضاً مناطق ارتباط ثابتة كمنابت للعضلات التي تحرك الجسم، اضافة إلى أن انبعاث الهيكل للداخل بطرق مختلفة يدعم الاعضاء الداخلية ويوطن القصبات الهوائية و التراكيب الاخرى.

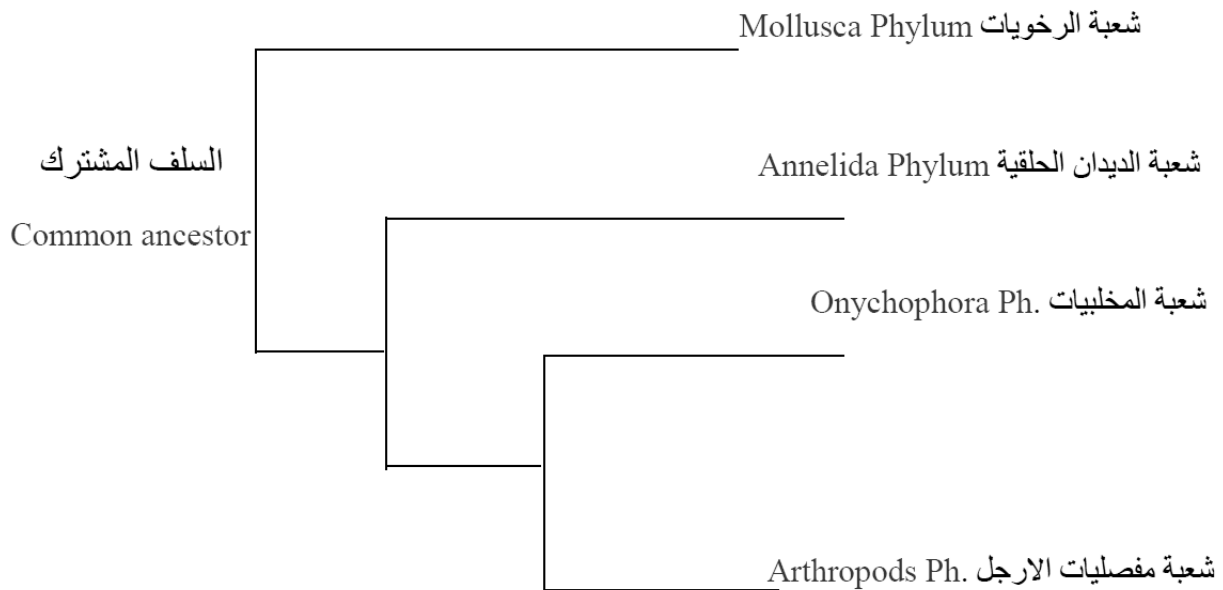
11- اللاح The Persistence: تصل الحشرات الى مصادر غذائها حتى لو عنى ذلك

موتاً محتملاً ، وتلج بمحاولات لا تعرف اليأس أو المستحيل.

موقع الحشرات في المملكة الحيوانية

1- علاقة شعبة المفصليات بالشعب الأخرى

توجد عدة فرضيات عن الصلة بين شعبة المفصليات مع الشعب القريبة منها والمتمثلة بشعبي: النواعم Mollusca والديدان الحلقية Annelida ، وبالاكتفاء على ظهور الصفات المشتركة حسب مبدأ Parsimony وهو المبدأ الأكثر قبولاً في توضيح العلاقات التطورية بين الأنواع والمجموعات، والتي تحتاج إلى أقل عدد من التغيرات التطورية. إذ تعد مفصليات الأرجل ذات صلة وثيقة مع الديدان الحلقية، لأن كليهما أجسام حلقيّة.



مخطط يبين موقع مفصليات الأرجل وعلاقتها مع الشعب القريبة منها مبني على أساس مظهرها الخارجي (للاطلاع)

لقد تغير موقع المفصليات جذرياً خلال العقدين الماضيين، نتيجة التطور الحاصل في التحليل الجزيئي ما قدمه للباحثين من معلومات قيمة. فتميزت المخلبيات ومن امثلتها *Peripatus* الذي تنتهي أطرافه الفصية الشكل بالمخالب، وقد جاءت الخطوة الثانية من تطور المفصليات في المفاصل أو تمفصلات الأرجل التي حسنت الحركة كثيراً، ثم تشعب من تلك المرحلة اشكال من مفصليات الارجل بمسارات متباينة، أدى المسار الاول إلى مجموعة العناكب، والمسار الثاني الى المفصليات الفكية المتمثلة بالحشرات وذوات المئة قدم وذوات الالف قدم وكذلك القشريات.

تتنمي مفصليات الارجل جنينياً الى الحيوانات امامية الفم Prostomata، والتي تتميز بـ:

- الدماغ ظهري الموقع
- الحبل العصبي بطني.
- منشأ الفم من فتحة البلاستيولا الجنينية.
- تعد مفصليات الارجل ذات جوف جسمي ابتدائي.

2- علاقة مفصليات الارجل بأسلافها

نشأت شعبة مفصليات الارجل عن اسلاف تشبه بتركيبها العام شعبة الديدان الحلقية، ويتكون جسم السلف من سلسلة متماثلة من العقل Segments مكونة الجسم. أما الراس فبسيط التركيب وقد يحمل اشواكاً حسية، كما يقع الفم على السطح السفلي بين الرأس و العقلة الاولى من عقل الجسم.

تطورت هذه الكائنات عبر الزمن حتى وصلت إلى المفصليات النموذجية (الحشرات) مروراً بمجموعة من الخطوات المهمة التي تتمثل بـ:

- 1- تطور زوج من اللواحق البطنية تساعد على المشي في كل حلقة جسمية كالأرجل.
- 2- اقتطعت الحلقة الأخيرة لأي لواحق.
- 3- تحسنت أعضاء الحس الموجودة في الرأس المتمثلة بالعيون وقرون الاستشعار.
- 4- تضخم الأزواج الثلاثة الأولى من لواحق الحركة، وأختزلت البقية حتى اختفت أو تحولت إلى تراكيب لا علاقة لها بالحركة.
- 5- تحولت اللواحق الخلفية في البطن إلى أعضاء التزاوج أو آلة وضع البيض.

تصنيف شعبة المفصليات Phylum Arthropoda

تقسم إلى أربع شعب ثانوية (تحت شعبة)

أولاً: الشعبة الثانوية المخلبيات Subphylum: Onychophora

ثانياً: الشعبة الثانوية ثلاثية الفصوص Subphylum: Trilobitomorpha

ثالثاً: الشعبة الثانوية الكلابيات Subphylum: Chelicerata

رابعاً: الشعبة الثانوية الفكيات Subphylum: Mandibulata

ويقسم إلى مجموعة من الأصناف، منها:

صف القشريات Class: Crustacea

صف مزدوجة الأقدام (ألفيات الأرجل) Class: Diplopoda

صف محيطية الأقدام (مئويات الأرجل أو مفردة الأرجل) Class: Chilopoda

صف الحشرات (سداسية الأرجل) Class: Insecta (Hexapoda)

المثال	الأجنحة	طريقة التنفس	عدد أزواج الأرجل	عدد مناطق الجسم	Class
<i>Peripatus</i>	لا يوجد	جهاز قصبي	عديدة	1	المخليات
<i>Astacus</i>	لا يوجد	خياشيم أو جدار الجسم	8-5	2	القشريات
<i>Buthus</i>	لا يوجد	خياشيم أو رئات كتابية أو قصبات	4	1 أو 2	العنكبوتيات
<i>Julus</i>	لا يوجد	جهاز قصبي	2 لكل حلقة بطنية	3	مزبوجة الأرجل
<i>Scolopendra</i>	لا يوجد	جهاز قصبي	1 لكل حلقة بطنية	3	مفردة الأرجل
الجراد	زوجان	جهاز قصبي	3 صدرية	3	الحشرات

جدول يبين العلاقة بين شعب المفصليات

أولاً: الشعبة الثانوية المخليات Subphylum: Onychophora

يضم هذا الصف الأشكال البدائية من الحيوانات مفصلية الأرجل، وهي حيوانات برية المعيشة تعيش تحت قلف الأشجار والأوراق المتساقطة في المناطق الرطبة، يميل بعض العلماء إلى وضعها مع المفصليات، بينما يعتبرها البعض الآخر شعبة مستقلة بذاتها، وقد تدرس أحياناً مع الديدان الحلقية كونها تحمل صفات كلا الشعبتين بالإضافة لصفاتها الخاصة.

مميزاتها العامة :

1. الجسم اسطواني غير مقسم خارجياً إلى حلقات بل يظهر التركيب الحلقي داخلياً فقط
2. الرأس متميز عن بقية الجسم أو الجذع ويتركب من 3 عقل، ويحمل زوج من المجسات
3. يتركب الجذع من عقل متجانسة تحمل كل منها زوائد **مخلبية شبيهة بالأرجل** وتتنظم بشكل أزواج على طول جانبي الجسم .
4. الجهاز التنفسي من النوع القصبي والثغور التنفسية مبعثرة على الجسم بغير انتظام .
5. مثال عليها *Peripatus*

ثانيًا: الشعبة الثانوية ثلاثية الفصوص Subphylum: Trilobitomorpha

مميزاتها العامة :

1. تضم مجموعة من الحيوانات المنقرضة لم يبق منها الا المتحجرات.
2. يقسم الجسم إلى ثلاثة أقسام أو فصوص.
3. القسم الأمامي من الجسم مزود بزوج واحد من اللوامس أو قرون الاستشعار Antennae
4. مثال عليها Olenus

ثالثًا: الشعبة الثانوية الكلابيات Subphylum: Chelicerata

صف العنكبوتيات Class: Arachnida

1. يشمل هذا الصف العناكب والعقارب والقراد والحلم، وهي حيوانات برية المعيشة غالبًا
2. يلتحم الرأس مع الصدر في منطقة الرأس الصدري التي تتركب في الحيوان البالغ من 6 عقل لا تحمل مجسات.
3. المنطقة البطنية قد تنقسم بتخصر وسطي أو لا تنقسم، وتتكون من 13 حلقة.
4. يتم التنفس بالرئات الكتابية أو القصبات الهوائية أو الخياشيم في الأنواع المائية.
5. تقع الفتحة التناسلية على الحلقة البطنية الأولى.

رابعًا: الشعبة الثانوية الفكيات Subphylum: Mandibulata

صنف القشريات Class: Crustacea

مميزاتها العامة :

- 1- يتضمن حيوانات لا فقرية تمتلك أرجل عديدة المفاصل ويغطي جسمها غلاف صلد من مادة الكايتين يدعى الهيكل الخارجي
- 2- تملك 5-8 أزواج من الأرجل، يتحور شكلها ووظيفتها في الأنواع المختلفة بطرق شتى لتؤدي أغراض مختلفة

- 3- تتميز أجسامها بالتحام الحلقات الأمامية مكونة منطقة الرأس الصدري (اندماج الحلقات الـ 14 في منطقتي الرأس الصدر) ثم منطقة البطن المكونة من عقل منفصلة واضحة تنتهي بذيل نهائي
- 4- تشمل السرطانات وجراد البحر والروبيان وبراغيث الماء وغيرها، تعيش معظم أنواعها في البحار، وبعضها في المياه العذبة، وهناك أنواع قليلة تعيش على البر.

رابعًا: الشعبة الثانوية الفكيات Subphylum: Mandibulata
صنف مزدوجة الأقدام Class: Diplopoda

مميزاتها العامة

- ❖ تسمى **ألفيات الأرجل**، وهي حيوانات عاشبة
- ❖ جسمها أسطواني يشبه الدودة مقسم الى رأس وصدر وبطن
- ❖ يحمل الرأس زوج من المجسات القصيرة
- ❖ لكل حلقة من حلقات البطن زوجان من الأرجل وذلك لكون كل حلقة بطنية ناشئة من اندماج حلقتين متتاليتين. ومثال عليها *Julus* خاتم سليمان

رابعًا: الشعبة الثانوية الفكيات Subphylum: Mandibulata
صنف محيطية الأقدام Class: Chilopoda

مميزاتها العامة

- ❖ تسمى **مئويات الأرجل أو مفردة الأرجل**، وهي حيوانات لاحمة
- ❖ جسمها مضغوط من الأعلى إلى الأسفل ومقسم الى رأس وصدر وبطن
- ❖ يحمل الرأس زوج من المجسات الطويلة
- ❖ تحمل كل حلقة من حلقات الجسم زوجًا واحدًا من الأقدام، ويتحول الزوج الأول إلى مخالب سامة تمتد الى الأمام تحت الرأس، مثال عليها *Scolopendra* أم أربع وأربعين

رابعًا: الشعبة الثانوية الفكيات Subphylum: Mandibulata

صف الحشرات (سداسية الأرجل) (Class: Insecta (Hexapoda))

تمثل أكبر صف في إذ تشكل ما يقارب 80% من جميع الأنواع التي تنتمي إلى المملكة الحيوانية لأن عدد أنواع الحشرات المعروفة يفوق أعداد الأنواع الأخرى من الحيوانات الأخرى عدة مرات، وتعد من أكثر صفوف مفصليات الأرجل تطورًا لأنها تتميز بما يلي:

- ❖ الجسم مقسم بوضوح الى (الرأس، الصدر، والبطن)، كما قد تكون البطن منفصلة بتخصر عن باقي اجزاء الجسم.
- ❖ يتكون الرأس من 6 قطع ملتحمة، والصدر من 3 قطع، أما البطن فعادة من 11 قطعة.
- ❖ زوائد الراس مزدوجة (زوجية) وتشمل زوج قرون الاستشعار وزوج فكوك قاضمة، وزوج فكوك مساعدة.
- ❖ لواحق منطقة الصدر: تحمل كل حلقة من حلقات الصدر زوج من الأرجل، كما تحمل الحلقتان الثانية والثالثة زوج أجنحة
- ❖ التنفس عن طريق القصبات الهوائية
- ❖ اجزاء الفم خارجية وتختلف من حشرة إلى أخرى، وكذلك تختلف ما بين الطور اليرقي والطور البالغ لنفس الحشرة

جدار الجسم The Integument

يوجد الهيكل أو الجهاز الدعامي في الحشرات في الخارج ويطلق عليه اسم الهيكل الخارجي، ولذلك فلا يعمل جدار الجسم للحشرة كغطاء للجسم فحسب، بل كتركيب دعامي أيضاً، وجدار الجسم هو الذي تتصل به العضلات.

يتركب جدار جسم الحشرة من ثلاث طبقات رئيسية:

أولاً: الطبقة الخارجية (الكيوتيكل).

هي الطبقة الخارجية لغطاء الجسم والأرجل والاجنحة، كما يبطن القصبات الهوائية والطرفين الأمامي والخلفي للقناة الهضمية، ويتركب من مادة الكيتين، وهو مركب ازوتي (مركب كيميائي يحتوي على عنصر النيكل) عديد التسكر يتميز بالخواص الكيميائية التالية:

- 1- لا يذوب في الماء أو الكحول أو الأثير أو المذيبات الأخرى العضوية
- 2- لا يذوب في الاحماض المخففة، ولا القلويات المخففة والمركزة
- 3- يذوب في الاحماض المركزة وحمض الخليك.

الخواص الطبيعية لطبقة الكيوتيكل:

- تتحمل الشد
 - لا تمرر الماء عبرها
 - لها خاصية امتصاص أو انعكاس بعض الألوان
- وإذا اخذنا مقطع في غطاء الحشرة الخارجي (الكيوتيكل) نجد أنها تتكون من ثلاث طبقات ظاهرة:

- 1- طبقة الجليد السطحي Epicuticle
- 2- طبقة الجليد الخارجي Exocuticle
- 3- طبقة الجليد الداخلي Endocuticle

الجلد السطحي Epicuticle: طبقة رقيقة جدًا يبلغ سمكها حوالي مايكرون واحد وتتكون

من أربع طبقات

- طبقة اسمنتية
- طبقة شمعية
- طبقة الجلد السطحي الخارجي (تحتوي على مادة السكليرويتين التي يرجع إليها الفضل في عدم نفاذ الماء الى جسم الحشرة)
- طبقة الجلد السطحي الداخلي (تحتوي على مجموعة من الألياف)

الجلد الخارجي Exocuticle: تلي الجلد السطحي وهي اسماك منها واصلب وأكثر صبغة

من الجلد الداخلي، وتحتوي مادة الكيتين والبروتين والاسكليروتينوملاتينين.

الجلد الداخلي Endocuticle: اسماك طبقات الجلد ومكونة من صفائح تشبه الاوراق

المتراصة بعضها فوق بعض، يتخللها قنوات عمودية، وتتكون هذه الطبقة من الكيتين والبروتين ولكنها تخلو من السكليروتين.

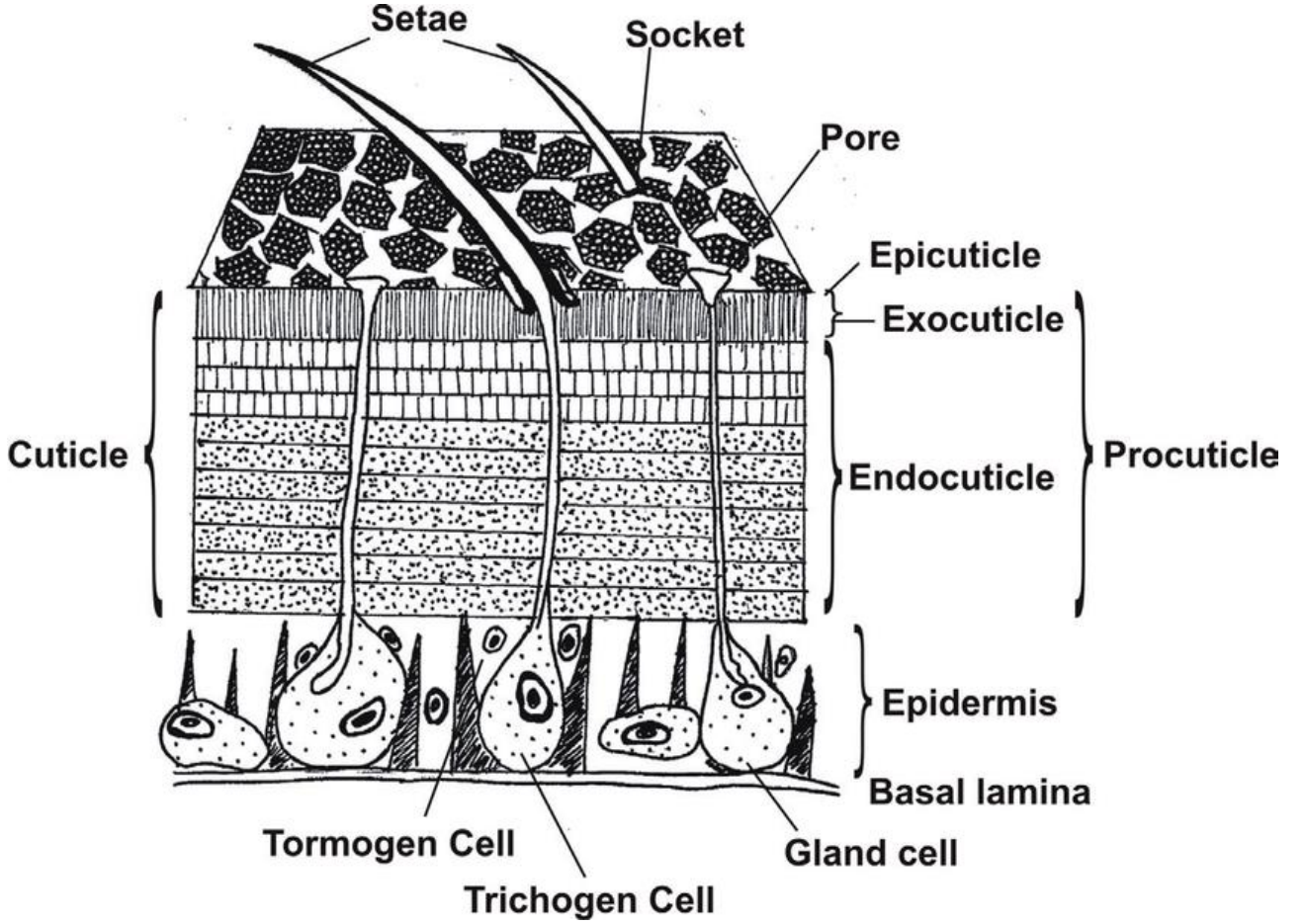
والجلد عمومًا طبقة غير خلوية تفرزها خلايا البشرة الداخلية، وتكون مرنة في بدء تكوينها ثم تتصلب تدريجيًا ويقتم لونها لتكون صفائح صلبة تفصل بينهما مناطق غشائية (أغشية مفصلية) من جلد لين، ويجمع هذا التركيب بين التماسك والمرونة، ويتركب الجلد من مادة كيتينية تتكون من سكريات عديدة متحدة مع مواد عضوية وغير عضوية وبروتينات وكبريت وفينول، ومن المهم أن نشير إلى أن مادة الكيتين لا توجد كتركيب حر في الطبيعة.

ثانيًا: طبقة البشرة الداخلية Epidermis

تعرف أيضًا بالنسيج تحت الجلد، وهي عبارة عن طبقة واحدة من الخلايا المستطيلة الشكل يحدها من الداخل عشاء رقيق يعرف بالعشاء القاعدي، وظيفة الطبقة الداخلية هي إفراز الطبقة الخارجية أو الكيوتكل، وتحتوي خلايا البشرة دائمًا على نواة واضحة وخلايا تعويضية، ويتمثل الطريق الطبيعي الذي من خلاله تنقل خلايا البشرة إفرازاتها إلى الجلد السطحي وخلايا الشعر والخلايا الغدية بالقنوات المسامية.

ثالثاً: الطبقة القاعدية Basernent membrane: هو عشاء رقيق جداً خلوي يوجد

اسفل الطبقة الداخلية في الجزء القاعدي لهذه الخلايا.



رسم تخطيطي يبين طبقات جسم الحشرة

❖ صلابة الطبقة الخارجية

يختلف الكيوتيكل في صلابته من منطقة إلى أخرى في الحشرة فهو:

- إما رقيق جداً مرن في الأجزاء القابلة للحركة مثل الأجزاء التي بين حلقات الجسم
- أو سميك جداً صلب وغامق في المناطق غير المتحركة مثل رأس الحشرة

يتوقف مقدار صلابة الكيوتيكل في كثير من الحشرات على مقدار كمية مادة السيكليروتين الموجودة في طبقة الجليد الخارجية، وأما الأجزاء الثانية بين حلقات الجسم وزوائدها فتتراجع ليونتها وسهولة تحركها إلى انعدام طبقة الجليد الخارجي فيها، وفي كثير من الحشرات الصغيرة واليرقات تنعدم أيضاً طبقة الجليد الخارجي.

يشتمل السطح الخارجي لجسم الحشرة على عدد من الصفحات المتصلبة أو الصليبيات Sclerites تفصلها دروز أو مساحات غشائية Sutures، وهذه الدروز لها مواضع ثابتة منظمة تقريباً في معظم الحشرات مثل الدرز الجمجمي والدرز العلوي الوسطي على الرأس والصدر الذي يحدث على امتداده شق عندما تتسلخ الحشرة أثناء نموها.

❖ الزوائد الخارجية لجدار الجسم

الشعرات Setae: تنشأ من خلية واحدة وتأخذ عدة اشكال، منها :

- شعرات متفرعة مثل الموجودة على صدر النحل.
- شعرات غير متفرعة مثل الشعر الموجود على صدر الزنابير.
- شعرات على هيئة اشواك مثل الموجودة على أرجل الجراد، وهي عبارة عن زوائد كيتينية

- شعرات على هيئة حراشف مثل التي تغطي اجنحة وجسم الفراشات.

المهاميز Spurs وهي تنشأ من عدة خلايا، وهي زوائد متمفصلة، وتختلف عن الشعيرات

بكونها ذات جدران سميكة وعديدة الخلايا، وتختلف عن الاشواك بكونها متمفصلة مع جدار الجسم. توجد على سيقان الحشرات.

❖ وظائف جدار الجسم

- 1- يعد جدار الجسم الهيكل الخارجي للحشرة، إذ يحمي الأنسجة والأعضاء الداخلية
- 2- يتحور جزء منه ليبطن أجزاء القناة الهضمية، الجهاز القضي، القنوات التناسلية، وقنوات مختلف الغدد الجلدية.
- 3- يهيئ مساحة غير محددة لاتصال العضلات.
- 4- يمنع اختراق بعض المبيدات ومسببات الأمراض.
- 5- يمنع تسرب الماء من داخل جسم الحشرة فيمنع جفافها.
- 6- يعمل كدعامة للحيوان ككل
- 7- يدعم الأجنحة
- 8- يتحور ليعمل كأعضاء للحس

مناطق الجسم The Body Regions

يقسم جسم الحشرة الى سلسلة من الحلقات تسمى في مفصليات الارجل البدائية بالقطع الجسمية، تلتحم هذه القطع الجسمية اثناء التطور بطرق مختلفة، وينتج عن التحامها تباين أجزاء اجسام مفصليات الارجل الحالية والمختلفة فيما بينها.

تتميز الحشرات بتجمع حلقات الجسم بشكل متخصص في مناطق ثلاث هي الرأس والصدر والبطن. كما يتكون جسم الحشرة من 20 حلقة، وموزعة (6) رأسية، و(3) صدرية، و (11) بطنية في الحشرة النموذجية.

الرأس Insect Head

تلتحم حلقات الرأس الست لتكوين محفظة الرأس Head Capsule المتصلبة جدًا، ويمكن تقسيم حلقات الرأس إلى منطقتين وهما: منطقة الرأس الامامية، ومنطقة الرأس الفكية يمكن معرفة كل حلقة ولواحقها المتخصصة في منطقة الرأس، كما في الجدول الاتي:

تسلسل الحلقة	اسم الحلقة	منطقة الرأس	اللواحق واسمها
الأولى	حلقة قبل قرن الاستشعار Preantennal Segment	منطقة الرأس الامامية Procephalon	لا تحمل لواحق
الثانية	حلقة قرني الاستشعار Antennal Segment		قرني الاستشعار
الثالثة	الحلقة البينية Intercalary Seg		لا تحمل لواحق
الرابعة	حلقة الفم القارض Mandibular Segment	الرأس الفكية Gnathocephalon	الفكان القاضمان Mandibles
الخامسة	حلقة الفكان المساعدان الاوليان First Maxillary Segment		الفكان المساعدان
السادسة	حلقة الفكان المساعدان الثانيين Second Maxillary Segment		الشفة السفلى (فكان مساعدان ملتحمان)

❖ القحف Cranium

يتمثل القحف بصندوق الرأس (محفظة) Head Capsule محذوفاً منه زوائده

زوائد الراس في الحشرات Head Appendages

تشمل هذه الزوائد كل من قرون الاستشعار المشتقة من حلقة الرأس الجنينية الثانية، واجزاء الفم وهي تشمل زوائد الحلقات الرابعة والخامسة والسادسة.

1- قرون الاستشعار The Antennae

زوج من الزوائد التي تستخدم للحس في المفصليات. وهي متباينة جدًا في الشكل، ولكن تتكون دائما من حلقة واحدة أو قطع عديدة. وظائفها عامة، تتمثل بالإحساس باللمس وحركة الهواء، الحركة والامواج الصوتية، والشم والذوق. وقد تتحور قرون الاستشعار لإداء وظائف أخرى مثل: التزاوج والتوازن أثناء الطيران والسباحة وحضانة البيض والصغار، وحتى التثبيت بالسطح الذي تستقر عليه الحشرة.

تختلف قرون الاستشعار بين الحشرات البالغة وغير البالغة، وللتباين في شكل القرون الاستشعار أهمية تصنيفية.

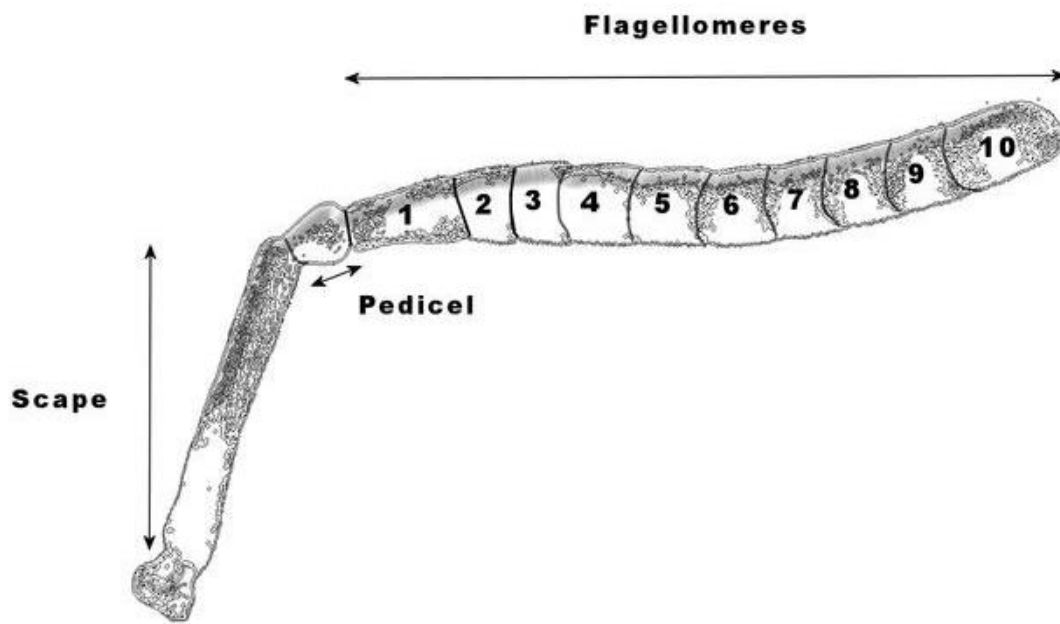
تكون قرون الاستشعار متمفصلة مع قحف الرأس، وتقع بين وأسفل العينين المركبتين، ويختلف شكل قرون الاستشعار في المجاميع الحشرية. يتحرك قرن الاستشعار بفعل العضلات الناشئة من الهيكل الداخلي للرأس والمتصلة بقاعدة قرن الاستشعار والمسماة الأصل، ثم تنشأ عضلات من الأصل وتتصل مع القطعة الثانية التي تدعى الحامل، بينما تسمى القطع الباقية

الآخرى من قرون الاستشعار بالسوط Flagellum

قرون الاستشعار تمثل اعضاء الحس، و تكون مزودة بمستقبلات اللمس والسمع ، فيكون سطح السوط مجهزا بالعديد من المستقبلات الحسية التي اعصابها متصلة بالجزء الخلفي من

الدماغ، كما توجد ، داخل الحامل كتلة من الخلايا الحسية تحدد حركة السوط ، و تسمى هذه الكتلة عضو جونسون. Johnston's Organ.

يستقر قرن الاستشعار في محجر قرن الاستشعار، ويرتكز على نتوء مفصلي في المحجر يسمى حامل قرن الاستشعار، كما تحاط قاعدة قرن الاستشعار بدرز يسمى درز قرن الاستشعار. يجدر الذكر أيضًا أن التنوع في قرون الاستشعار اقله ممثل بالتنوع في شكل قطع السوط وبروزاته والشعيرات المتصلة به. وهي مهمة في التصنيف.



رسم تخطيطي يبين تركيب قرن الاستشعار (في النحل)

2- اجزاء الفم Mouthparts

هي لواحق الحلقات الرابعة والخامسة والسادسة للرأس. ويعد النموذج القارض Chewing Mouthpart اجزاء فم الحشرة النموذجية كما في الجراد. وقد اشتق من النموذج القارض انواع اجزاء الفم المتخصصة. وتتكون اجزاء الفم القارض مما يأتي:

- الشفة العليا The Labrum

تغطي الشفة العليا التجويف قبل الفمي من الناحية الامامية. وتتفصل مع الدرقعة بواسطة درز غشائي هو الدرز الشفوي الدرقى، وتخترق العضلات قاعدة الشفة العليا وتربطها بمحفظة الرأس للحركة بجميع الاتجاهات.

- الفكوك القاضمة The Mandibles

تعد الفكوك القاضمة اطرافاً فقدت قطعها البعيدة. وقد تحول سطح الفك الداخلي للقضم، يتمفصل الفك بنقطتي اتصال بقحف الرأس، أحدهما يتمفصل خلف الخد والاخرى يتمفصل مع قاعدة الدرقعة، وبذلك يسمح للفكوك بالحركة الجانبية لسحق الطعام.

- الفكوك المساعدة The Maxillae

زوج الفكوك الثاني، يكون أسفل الفك المساعد مقسمة الى جزئين وهما: القاعدة Cardo القريبة، والساق Stipes البعيدة، ويرتبط الفك بالقحف بعضلات متصلة بالقاعدة والساق، كما يسمح ارتباط الفك المساعد بالقحف بنقطة ارتباط واحدة بالحركة إلى جميع الاتجاهات وعلى محور واحد.

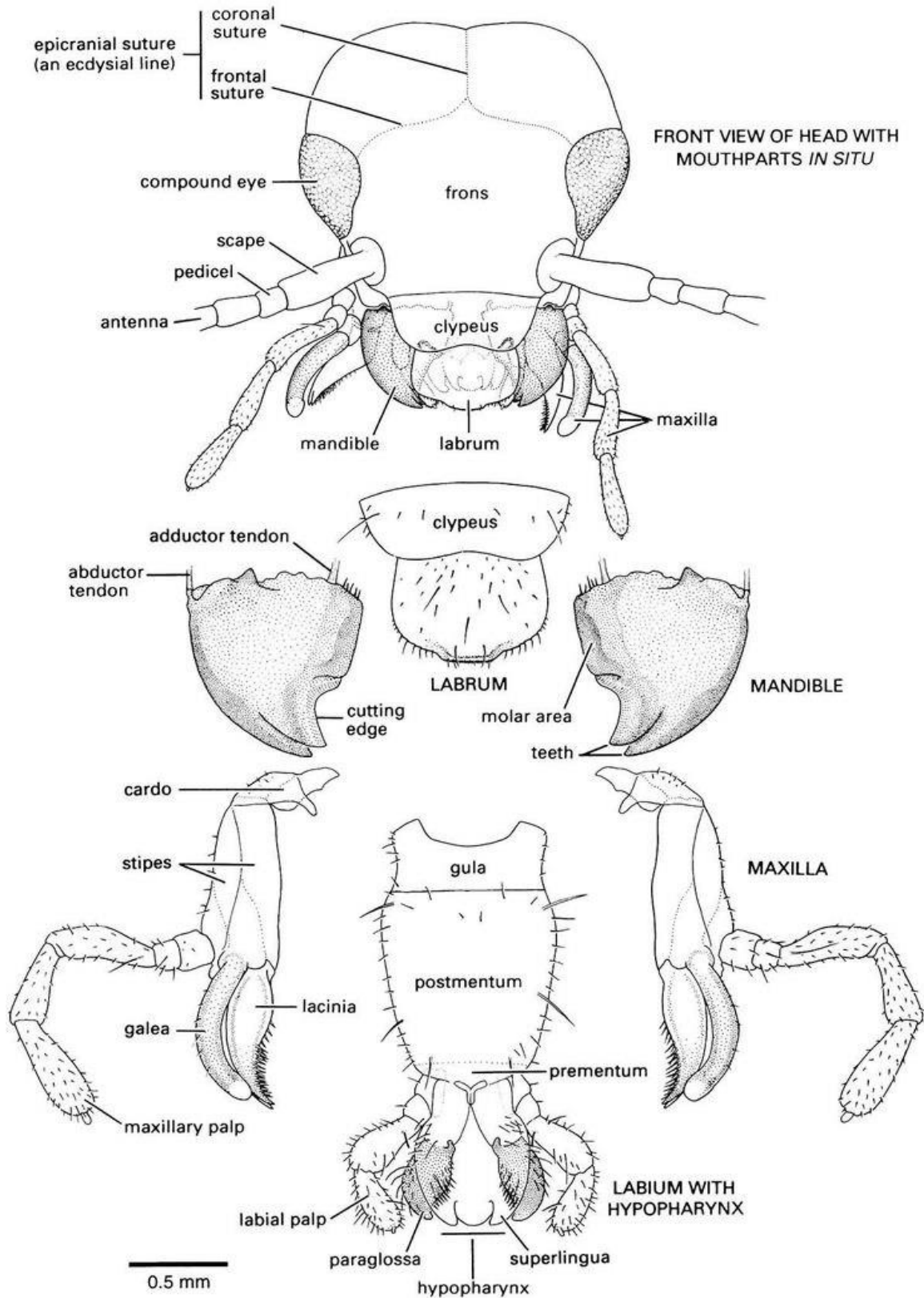
- الشفة السفلى The Labium

تتشابه الشفة السفلى والفكان المساعدان عدا أن زوائد الشفة السفلى الداخلية ملتحمة وسطياً، ولذلك تعد زوج لواحق حلقة الرأس السادسة.

زوائد الشفة السفلى هي زوج اللسينان وخارجها جارا اللسينان، أما الملمسان الشفويان فيماتلان الملمسين الفكيين. وتحمل زوائد الشفة السفلى مقدم الذقن، كما يتمفصل مقدم الذقن مع خلف الذقن، وعندما تتحرك زوائد الشفة السفلى فإن مقدم الذقن يتحرك بمفرده.

- تحت البلعوم Hypo pharynx

فص وسطي كبير يقع بين فتحة الفم والشفة السفلى. يحمل تحت البلعوم زوجاً من الفصوص عند قاعدته في بعض الحشرات تعرف بالفصين فوق اللسانين، وتفتح قناة الغدة اللعابية عند قاعدة تحت البلعوم.



رسم تخطيطي يبين أجزاء رأس الحشرة

الصدر The Thorax

يتكون الصدر في الحشرات من ثلاث حلقات، وتعرف بالصدر الامامي Pro thorax والصدر الوسطي Mezo thorax والصدر الخلفي Meta thorax ، تحمل كل حلقة زوجاً من الأرجل عادة. ويحمل كلا الصدر الوسطي والخلفي زوجين من الاجنحة في الحشرات المجنحة، ويسمى كلاهما بالصدر المجنح، ومن الجدير بالذكر أن هيكل الحلقات الصدرية متحور لإعطاء الدعم الفعال للأرجل والاجنحة.

- صفائح الصدر Thoracic Sclerites

تسمى الصفيحة الامامية Pronotum، والوسطية Mesonotum، والخلفية Metanotum، تكون صفيحة الصدر الامامية بسيطة ودورها الارتباط بعضلات الارجل الامامية. أما الصدرين الوسطي والخلفي فصغيرتان نسبياً في الحشرات غير المجنحة، في حين الصدر المجنح في الحشرات المجنحة يكون متحور لاتصال الاجنحة.

- القفص الصدري Thoracic Sternum

تسمى الصفيحة البطنية للحلقة الصدرية القص الحقيقي Eusternum، وينقسم القص الحقيقي في الحشرة النموذجية الى:

مقدم القص Presternum

منطقة وسطية هي قاعدة القص Basisternum

منطقة خلفية هي القصيص Sternellum

- الصفيحة الجانبية Thoracic Pleura

يسمى الجدار الجانبي للحلقة الصدرية الواقع بين الصفيحة الظهرية والقص بالصفيحة الجانبية. وتكون التسمية لها حسب الحلقة الصدرية الصفيحة الجانبية الأمامية، الصفيحة الجانبية الوسطية، الصفيحة الجانبية الخلفية.

❖ لواحق الصدر Thoracic Appendages

أولاً: الأرجل Legs

ثلاثة أزواج من الأرجل على كل حلقة من الحلقات الصدرية الثلاثة، يتكون كل زوج من نفس التركيب. ولكن بإمكانها أن تتحول لأداء وظائف مختلفة تتكون الرجل من: الحرقفة Coxa، المدور Trochant، الفخذ Femer، الساق Tibia، والذي يكون مقسمًا إلى 2-5 قطع ثانوية.

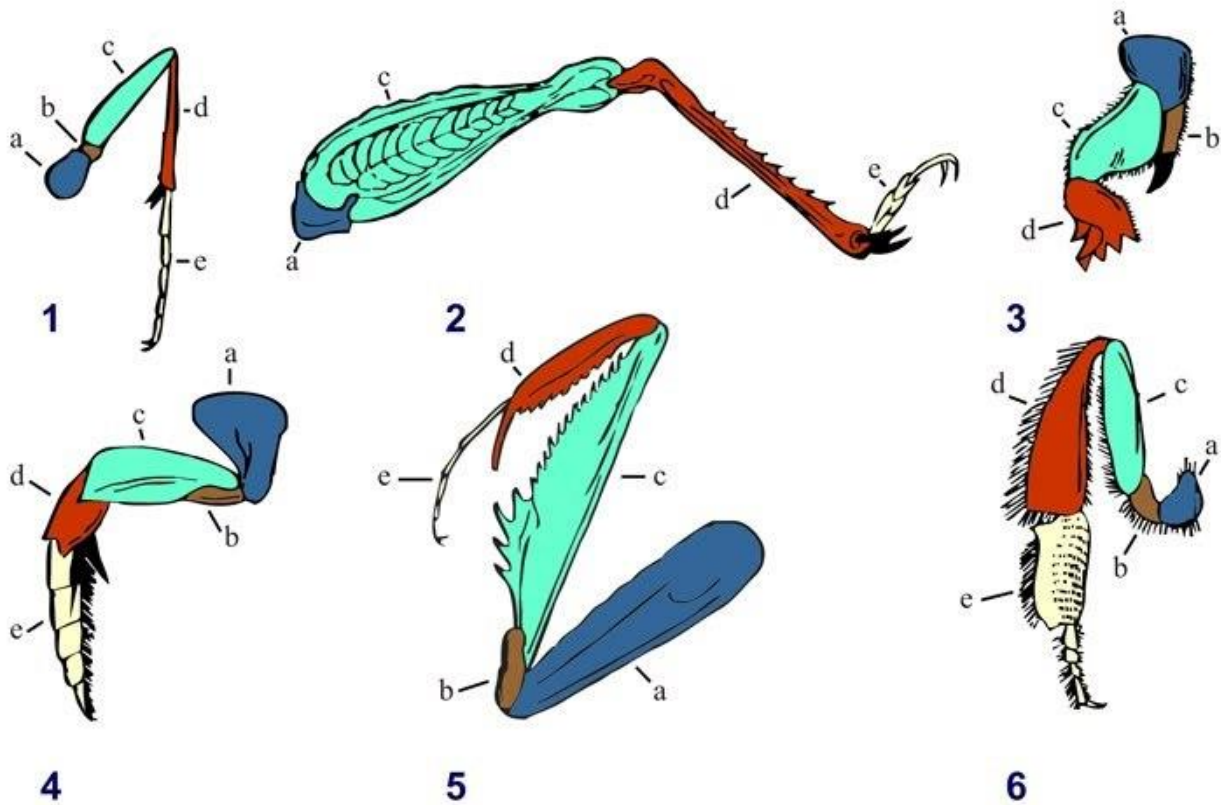
❖ تحورات الأرجل

الرجل النموذجية تستعمل للمشي عادة، ولكن لأداء وظائف أخرى فان الرجل تتحول أجزاؤها لأداء الوظائف المناسبة:

- 1- أرجل الركض Running: تكون أجزاء الرجل طويلة ورفيعة وارتباط الحرقفة غير وثيق بالصدر كما في الصراصير
- 2- أرجل القفز Jumping: يستطيل الفخذ والساق، ويتضخم الفخذ لتتصل به عضلات الساق، وعادة ما تكون الأرجل الخلفية كما في الجراد والبراغيث
- 3- أرجل السباحة Swimming: قطع الرجل مسطحة ومزودة جانبيًا بشعيرات طويلة.
- 4- أرجل التقص Grasp: تحولت في الأرجل الامامية لتمثل بـ استطالة الحرقفة والفخذ والساق كما في حشرة فرس النبي.
- 5- أرجل الحفر Digging: الأرجل الامامية قصيرة، والساق عريضة ذات أسنان كائتينية والرسغ مختزلة كما في الكاروب والخنفس الجعالية.
- 6- أرجل التعلق Clinging: فيها يختزل عدد قطع الرسغ وينتهي بمخالب واحد مقابل نتوء في الساق للامساك بشعر أو ريش المضيف، كما في الحشرات الطفيلية الخارجية.
- 7- أرجل الجمع Collecting: صفوف من شعيرات طويلة على الأرجل الخلفية بشكل سلسلة لحمل حبوب اللقاح كما في الأرجل الخلفية للنحل.

8- **أرجل التزاوج:** في ذكور بعض الحشرات، إما استطالة الأرجل الامامية أو وجود ممصات على الرسغ الامامية مثل بعض الخنافس.

9- **أرجل التنظيف:** انخفاض على السطح الداخلي للرسغ القاعدية مزود بشعيرات ومغطى بزائدة جلدية، كما في الأرجل الامامية في النحل



تحويلات الأرجل في الحشرات

1- أرجل الزحف (خنفساء الأرض)

2- أرجل القفز (الرجل الخلفية في الجراد)

3- أرجل الحفر (الكاروب)

4- أرجل السباحة (خنفساء الغوص)

5- أرجل القنص (السرعوف)

6- أرجل الجمع (نحل العسل)

ثانيًا: الأجنحة Wings

لا توجد الاجنحة العاملة الا في الحشرات البالغة، وإن الجناح هو نمو جانبي بين الصفيحتين الظهرية والجانبية للصدرين الوسطي والخلفي (الصدر المجنح). يتكون كل جناح من غشاء رقيق مدعم بنظام من التعريق، وقد نشأ هذا الغشاء من طبقتين من جدار الجسم متحدتان، أما العروق Veins فقد تمثلت في حال بقاء طبقتي جدار الجسم منفصلتان، إضافة الى تتخن الكيوتكل فيهما وتصلبه. ويوجد داخل كل عرق: عصب وقصبة هوائية، كما يسري خلاله الهيمولف لارتباط تجويف العرق مع الجوف الجسمي. كما ان الجناح بحاجة الى طيه اثناء عدم الاستخدام، لذلك توجد اخاديد كموضع للطيات. تأتي متانة الجناح من كونه رقيقا من نظام التعريق ووجود الطيات، مما يسمح للجناح بتغيير شكله بما يتناسب مع التغيير المفاجئ لاتجاه الحركة أو طي الجناح اثناء الاستراحة، أو انفصاله عند موضع ارتباطه بالصدر كما في النمل والأرضة.

❖ مناطق الجناح

ينقسم الجناح بالطيات وخطوط الثنيات إلى مناطق عديدة. أما شكل الجناح فهو مثلثي الشكل تقريباً، وتسمى حافات الجناح وزواياه كالآتي:

حافات الجناح

- تسمى حافة الجناح الامامية نسبة الى العرق المحاذي لها **بالحافة الضلعية**.
- الحافة المعاكسة لها والتي بمحاذاة العروق الشرجية تسمى **بالحافة الشرجية**.
- الحافة الخارجية تسمى **الحافة القمية**.

زوايا الجناح

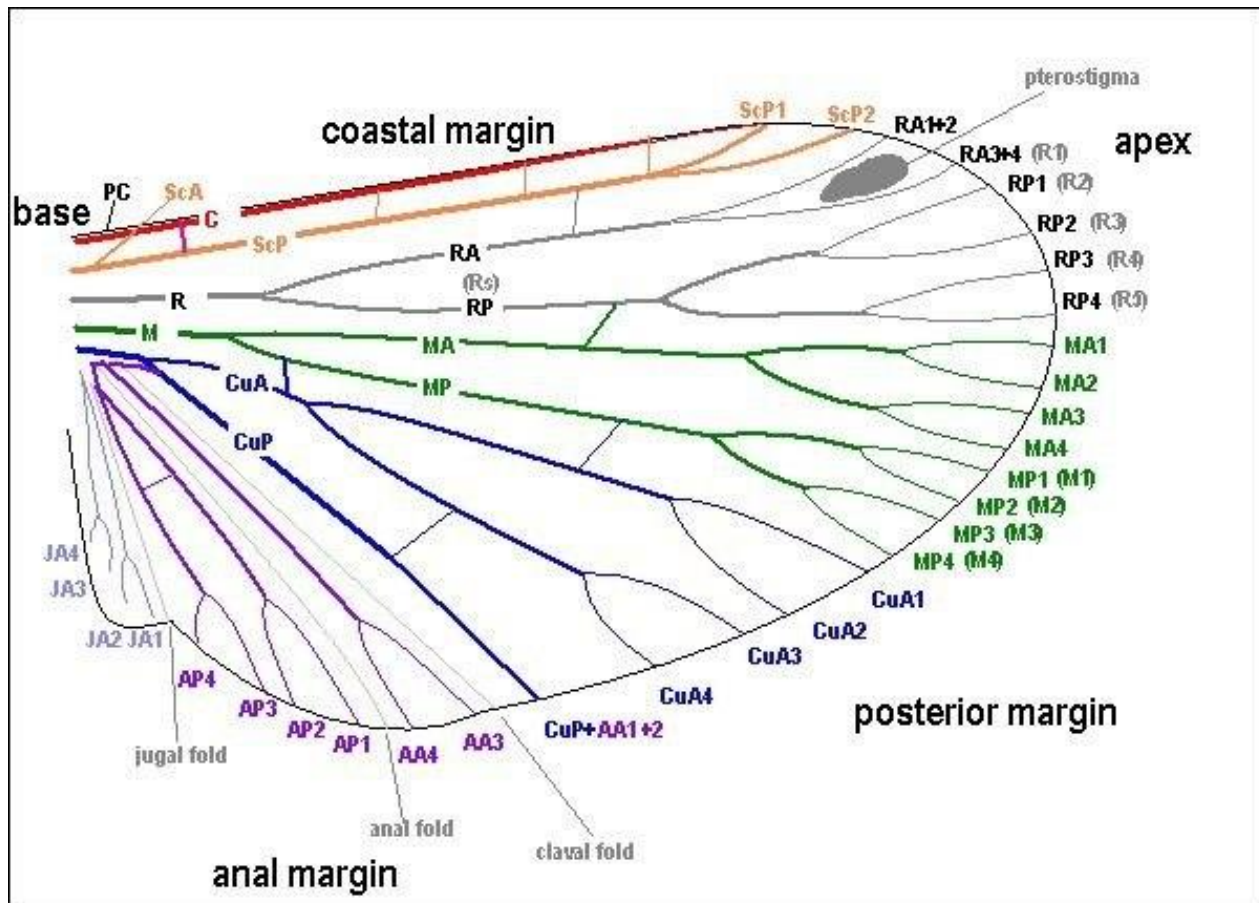
- الزاوية الواقعة بين الحافتين الضلعية والقمية تسمى **الزاوية القمية**.
- الزاوية المحصورة بين الحافتين القمية والشرجية تسمى **الزاوية الشرجية**.
- الزاوية الواقعة عند قاعدة الجناح تسمى **الزاوية القاعدية**.

❖ نظام تعريق الاجنحة The Vienation System

يعتمد الجناح في دعمه على عدد من العروق:

- العروق الطولية وتمتد على طول الجناح.
- العروق العرضية بينهما.

ولكي تطوى وتنفرد الاجنحة بمرونة يكون ترتيب الاجنحة غائرة وناتئة للعمل كالمهفة اليدوية. كما أن لنظام التعريق أهمية في متانة وخفة الجناح، إضافة الى أهميته التصنيفية بين المجموعات الحشرية، وقد يصل التباين حتى بين الأنواع والجناس. وتميل العروق للاختزال في الحشرات المتقدمة، وقد افترض نظام نموذجي للتعريق بالأسناد إلى الحشرات البدائية والمتحجرات



رسم تخطيطي لنظام التعريق في الأجنحة (للاطلاع)

❖ تحورات الاجنحة

الاجنحة العاملة (تستعمل للطيران) النموذجية هي الاجنحة الغشائية Membranous، أما تحور الاجنحة فيكون لأداء وظائف أخرى، مثل:

- 1- الجنح الجدي Tegmina: يحمي الجناح الخلفي اثناء الراحة.
- 2- الجنح الغمدي Elytron: متصلب وفاقد التعريق الاساسي للجناح الامامي.
- 3- الجنح نصف الغمدي Hemelytron: نصف الجناح الامامي في نصفية الاجنحة متثن (غمدي)، والنصف الخلفي شفاف (غشائي)
- 4- فقدان الاجنحة، اما تطوري ففي الحشرات البدائية مفقودة أي لا تتطور أبداً أو فقدان صفة مكتسبة في الحشرات الطفيلية الخارجية، إذ توجد برعم الجناح في الحوريات ولكنه مفقود في البالغات (كصفة مكتسبة)، وأيضاً بعد التطريد يفقد النمل والأرضة الاجنحة بالارتكاز على الجناح وفصله من قاعدته لانتقاء الحاجة اليه.

❖ شبك الاجنحة Wing Coupling

توجد اشكال مختلفة من ارتباط زوج الاجنحة الامامي مع الخلفي للعمل وظيفياً كوحدة واحدة، والهدف هو رفع كفاءة الطيران، ويكون الارتباط ذاتياً وأغلبه بواسطة تحورات في الاجنحة لإتمام مهمة الشبك بين الجناحين.

البطن The Abdomen

يتباين عدد حلقات البطن، فالعدد البدائي 12 حلقة، أما اليوم فيوجد هذا العدد فقط في رتبة الذنب Protura ، أما معظم الحشرات اليوم فلها 10 أو 11 حلقة بطنية، ولكن حصل اختزال لعدد حلقات البطن بطرق مختلفة، ويحدث الاختزال بشكل رئيسي في النهاية الخلفية للبطن، ولكن في بعض داخلية الأجنحة تختزل الحلقة الأولى وتلتحم مع الصدر الخلفي، ولتسهيل الدراسة تم تقسيم حلقات البطن إلى الحلقات قبل التناسلية والحلقات التناسلية والحلقات خلف التناسلية .

1- الحلقات قبل التناسلية Pregenital segments

لا يختلف كثيرًا وصف أي حلقة قبل التناسلية عن وصف الحلقة العادية، مع بعض التخصص؛ إذ يحمل الجزء الأمامي للحلقة الأولى داخلًا زوجًا من الحواجز كموضع ارتباط للعضلات الطويلة الظهرية للصدر الخلفي. وفي المجموعات التصنيفية العليا من رتبة غشائية الأجنحة تلتحم الحلقة البطنية الأولى مع الصدر الخلفي، متشكل خصر واضح في هذه الحشرات بين الحلقتين البطنيتين الأولى والثانية . ونموذجيًا عدد حلقات البطن قبل التناسلية من الأولى إلى السابعة .

2- الحلقات التناسلية Genital segments

يمثل الحلقات التناسلية الثامنة والتاسعة في الأنثى والتاسعة في الذكر، وتقع الفتحة التناسلية Gonopore في أغلب الحشرات المجنحة على أو خلف الصفيحة القصية (الاسترنة) الثامنة أو التاسعة في الأنثى، وفي الذكر موقع الحلقة التناسلية خلف الاسترنة التاسعة. كما توجد فتحتان تناسليتان في رتبة ذباب مايس واغلب ذكور رتبة جلدية الأجنحة

3- الحلقات خلف التناسلية Postgenital segments

تتضمن الحلقات العاشرة، والحلقة الحادية عشرة إن وجدت، وعند وجود الحلقات خلف التناسلية في الرتب الدنيا، تلتحم الحلقة العاشرة مع الحلقة التاسعة أو الحادية عشرة، ولا تحمل الحلقة العاشرة لواحق مطلقًا . تتكون الحلقة الحادية عشرة من صفيحة ظهرية مثلثة الشكل

تسمى فوق الشرجية، وزوج من الصفائح البطنية الجانبية، كما لا تحمل معظم الحشرات داخلية الأجنحة إلا حلقة تناسلية واحدة هي الحلقة العاشرة وهي متحورة كثيراً وتحمل لواحق حقيقية.

❖ اللواحق البطنية Abdominal Appendages

تتمثل اللواحق على البطن عموماً في الحشرات المجنحة بتلك الموجودة على الحلقات التناسلية (الأعضاء التناسلية الخارجية) والقرون الشرجية.

- الأعضاء التناسلية الخارجية External Genitalia

يتباين شكلها كثيراً خصوصاً في الذكور، أما في الإناث فتتحد لتكوين آلة وضع البيض Ovipositor، وذلك لوضع البيض في أماكن محددة ، أما تلك اللواحق في الذكر فإنها تستخدم كأعضاء قبض أثناء السفاد . وبسبب التخصص في الشكل تستخدم آلة وضع البيض وآلة السفاد من قبل علماء التصنيف لأغراض التشخيص
زوائد بطنية أخرى

- القرون الشرجية

توجد القرون الشرجية في الحشرات غير المجنحة والحشرات خارجية الأجنحة، وهي لواحق حقيقية للحلقة البطنية 11، وفي الحالة النموذجية لها كنمو قد استطال ومكون من عدة حلقات وظيفتها كأعضاء حس. وقد تتحول إلى مقبضين أو في حوريات الرعاش الصغير إلى صفائح ذنبية جانبية كأعضاء تنفس مساعدة، أو في ذكور رشيقة الأجنحة لمسك الأنثى عند التزاوج.

- الأقدام Styli

توجد الأقدام على معظم حلقات البطن في الحشرات البدائية وعلى الحلقة التاسعة في بعض ذكور مجموعة مستقيمة الأجنحة كالصراصر.

- الأرجل الأولية Prolegs

توجد تراكيب شبيهة بالأرجل على بطن العديد من يرقات داخلية الاجنحة تسمى الأرجل الأولية أو الارجل الكاذبة Pseudopods أو الأرجل اليرقية Larvapods، ومعروفة في اليرقات الاسطوانية رتبة حرشفية الأجنحة، وتتكون الرجل الأولية من ثلاث مناطق منطقة غشائية قاعدية ويتبعها قسم أطول ذو صفيحة متصلبة على الجدار الخارجين وطبقة قمية تسمى Planta تحمل مخالب.

- الخياشيم Gills

يمتلك الكثير من اليرقات المائية خياشيم على عدد من الحلقات البطنية، وهي تراكيب مسطحة أو خيطية، وغالباً متمفصلة من الناحية القاعدية.

الجهاز الهضمي Digestive system

يتكون من القناة الهضمية وملحقاتها وهي الغدد اللعابية وأنابيب مالبيجي. والقناة الهضمية عبارة عن أنبوبة يختلف طولها في الحشرات المختلفة، فقد تكون مساوية لطول الجسم أو أطول بكثير فتصبح ملتفة، وفي قليل من الحشرات تكون القناة الهضمية بسيطة وقصيرة في كل أطوار الحشرة. أما في غالبية الحشرات فعادة ما تتغير أجزائها أثناء التطور من حيث الشكل الخارجي، وبصفة عامة فإن أطول القنوات الهضمية توجد في الحشرات التي تتغذى على العصارات، وأقصرها هي التي تتغذى على الأنسجة النباتية والحيوانية الصلبة.

أجزاء الجهاز الهضمي

يتكون الجهاز الهضمي من:

أ- القناة الهضمية Alimentary canal

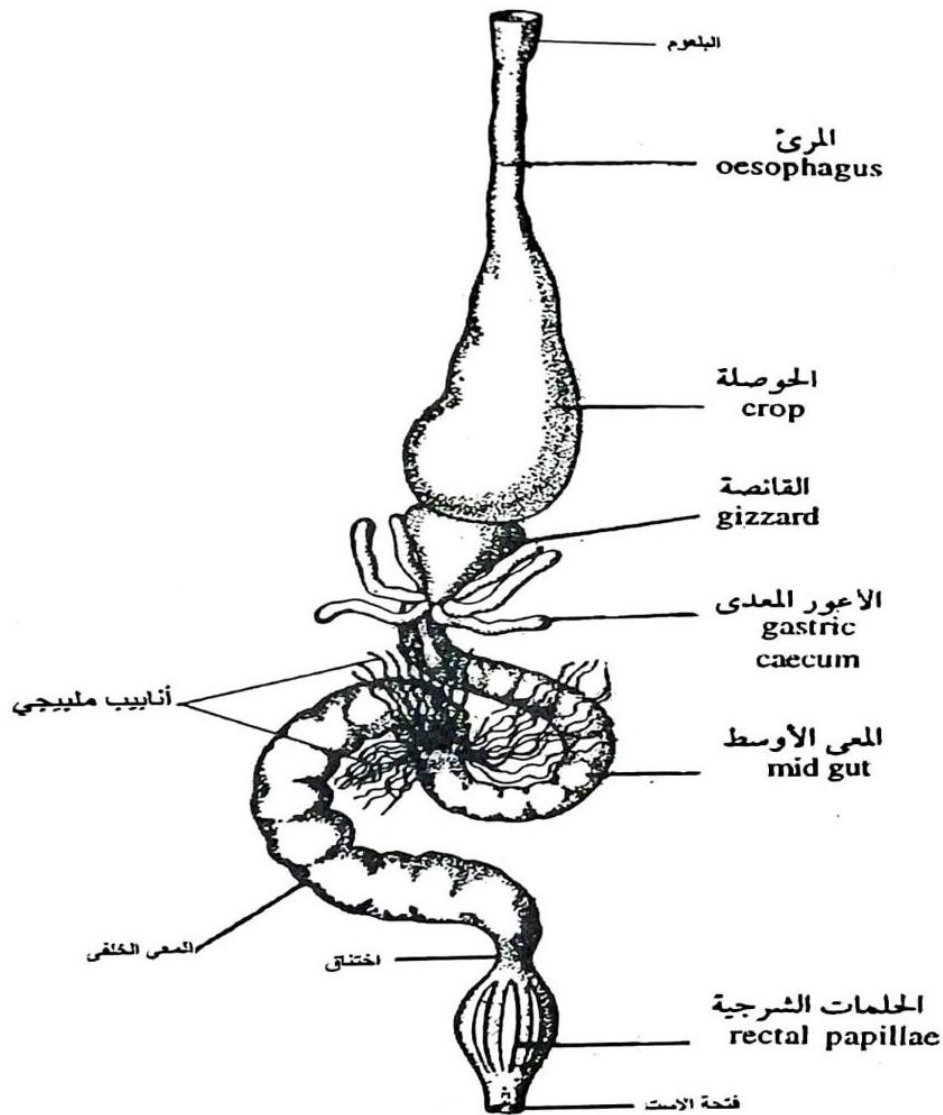
ب- الغدد اللعابية

ت- أنابيب مالبيجي

أ- القناة الهضمية Alimentary canal

تقسم القناة الهضمية بالنسبة لنشأتها الجنينية إلى 3 مناطق أولية هي:

- 1- **المعي الأمامي** (معبّر فمي) ينشأ كإنغماد أمامي من طبقة الاكتودرم Fore-gut (Stomodaeum)
- 2- **المعي الأوسط** (المعدة) يصل بين المعى الأمامي والخلفي وينشأ من الأندودرم Mid-gut (Mesenteron)
- 3- **المعى الخلفي** معبر شرجى ينشأ كإنغماد خلفي من طبقة الإكتودرم Hind-gut (Proctodacum) ويؤدي الاختلاف في النشأة الجنينية إلى اختلاف واضح في التركيب النسيجي، حيث أن المعى الأمامي والخلفي ينشأ كإنغماد من جدار الجسم فهما يشبهانه في التركيب النسيجي، ويبطنهما جليد من الداخل.



رسم تخطيطي يوضح القناة الهضمية في الصرصور

أولاً: المعى الأمامي Fore-gut

يتكون جدار هذه المنطقة من الطبقات التالية من الداخل إلى الخارج على التوالي

- بطانة intima
- طبقة طلائية epithelial layer
- غشاء بريتنوني. Peritoneal membrane

وينقسم المعى الأمامي إلى الأجزاء التالية:

1- البلعوم Pharynx

هو المنطقة المحصورة بين منطقة التجويف قبل الفمي (التجويف المحصور بين أجزاء الفم والشفة العليا) والمريء، ويتصل بالبلعوم عضلات موسعة تنشأ من منطقة الجبهة وقمة الرأس.

2- المريء

عبارة عن أنبوبة بسيطة مستقيمة تمتد من المنطقة الخلفية للرأس إلى الجزء الأمامي من الصدر، وتختلف في الطول باختلاف الحشرات، وهي ذات ثنيات طويلة تساعد على اتساع تجويفها عند امتلائها بالغذاء.

3- الحوصلة Crop :

توجد في كثير من الحشرات وهي عبارة عن اتساع في الجزء الخلفي من المريء، جدارها رقيق كما أن العضلات المحيطة بها ضعيفة التكوين، تختلف في شكلها اختلافاً كبيراً باختلاف الحشرات، إذ تكون ذات اتساع كبير وتشغل الجزء الأكبر من المعى الأمامي في الصرصور، أو تكون على شكل اتساع جانبي من أحد جوانب المريء كما في الحفار، أو تكون ذات اتساع كبير وتتصل بالمريء عن طريق انبوية رفيعة كما في الحشرات ذات الجناحين.

الوظيفة الرئيسية للحوصلة هي العمل كمخزن مؤقت للغذاء، وفي بعض الحشرات يتم مزج الغذاء بالعصارات الهاضمة أثناء وجوده في الحوصلة كما يحدث الحشرات مستقيمة الأجنحة (حيث يختلط اللعاب المفرز بواسطة الغدد اللعابية وكذلك إفراز المعى الأوسط المار إلى الأمام بالغذاء الموجود بالحوصلة وبذلك يتم أكبر جزء من عملية الهضم داخل الحوصلة). أما في شغالة نحل يختلط رحيق الأزهار مع انزيمات اللعاب ويتحول الرحيق إلى سائل العسل داخل الحوصلة، ويطلق عليها في هذه الحالة معدة العسل Honey stomach، أما دور الحوصلة في عملية الامتصاص فمحدود حيث يتم عن طريقها امتصاص الدهون، كما في الصرصور الأمريكي. وتلعب الحوصلة دوراً هاماً أثناء عملية الانسلاخ حيث تمتلئ بالهواء وبذلك تتمدد مقدمة الجسم مما يعمل على شق الجليد القديم.

4- القانصة Gizzard

تقع خلف الحوصلة وتكون تامة التكوين في الحشرات ذات أجزاء الفم القارض. وفي هذه الحالة تنمو البطانة الداخلية في من صورة أسنان كيتينية قوية (تظهر في المقطع العرضي ٤-٨ أسنان) وتكون العضلات الدائرية قوية عاصرة وسميكة .

قد توجد القانصة في صورة مختزلة مثل نحل العسل، وتسمح القانصة بمرور الغذاء على دفعات بسيطة بعد تصفيته، وقد يكون لها وظيفة طحن وتصفية الطعام الصلب قبل مروره إلى المعى المتوسط كما في الصرصور الأمريكي. ويوجد في كثير من الحشرات صمام فؤادي Cardiac valve عند موضع اتصال المعى الأمامي بالمعى الأوسط يعمل على منع استرجاع الغذاء من المعى الأوسط إلى المعى الأمامي.

ثانيًا: المعى الأوسط Mid-gut

يختلف شكل واتساع هذه المنطقة اختلافاً كبيراً أحياناً تأخذ شكل الكيس وأحياناً أخرى تكون عبارة عن أنبوية ملتفة كالأمعاء، أو تكون مقسمة إلى قسمين أو ثلاثة أقسام أما من ناحية التركيب النسيجي لجدار المعدة فهو كما يلي من الداخل إلى الخارج.

1- طبقة طلائية : Entri-cepi ويمكن تقسيم خلاياها إلى ثلاثة أنواع:

- خلايا عمادية تقوم بإفراز الإنزيمات وامتصاص المواد المهضومة.
- خلايا مجددة Regenerative cell وتوجد فرادى أو في مجموعات يطلق عليها Nidi (نيدي) تحت الخلايا العمادية، ووظيفتها تجديد الخلايا العمادية التي تهلك.
- خلايا كاسية. Goblet cell وتوجد في عدد قليل من الحشرات ولا تعرف لها وظيفة

2- غشاء قاعدي

3- طبقة عضلات دائرية

4- طبقة عضلات طولية

5- غشاء برييتوني

ويلاحظ أن وضع الطبقتين العضليتين عكس وضعهما في المعى الأمامي، وفي بعض الحشرات توجد الحبيبات الغذائية في المعى الأوسط داخل غلاف يعرف بالغشاء حول الغذائي Peritrophic membrane لكي يحمي الخلايا الطلائية من التآكل. (هذا الغشاء منفذ للإنزيمات الهاضمة، وكذلك نواتج الهضم لامتصاص بخلايا المعدة). وهو يفرز من خلايا خاصة موجودة عند بداية المعدة من الصمام الفؤادي. وفي كثير من الحشرات يزداد سطح المعدة اتساعاً بتكوين انبعاجات كيسية الشكل تعرف بالردوب المعرية أو الزوائد الأعورية Gastric caecae، وتقع عند نهاية المعدة من جهة المريء، وتختلف كثيراً في عددها فيوجد منها ٨ في الصرصور، وعديدة في يرقات الجعال، أو تكون معدومة كما في يرقات حرشفية الأجنحة.

❖ وظائف المعى المتوسط

- 1- تقوم الخلايا العمادية بإفراز الإنزيمات الهاضمة ثم امتصاص نواتج انحلال الغذاء.
- 2- يؤدي المعى الأوسط في بعض الحشرات وظيفة إخراجية حيث تخزن بعض المواد الإخراجية في النسيج الطلائي المبطن له، وتتخلص الحشرة من هذا النسيج بما فيه من فضلات عند الانسلاخ كما في حشرة كولومبولا *Collembola*
- 3- في الحشرات التي تتغذى على الدم يلعب المعى الأوسط دوراً هاماً في تحليل وإخراج الهيموكلوبين.
- 4- يلعب المعى الأوسط دوراً هاماً في إخراج الكالسيوم والفوسفور على صورة أملاح تأخذ شكل الحبيبات مثل كربونات الكالسيوم أو فوسفات الكالسيوم كما في عذارى نحل العسل.
- 5- يحدث بها بعض عمليات التمثيل الغذائي.
- 6- يتم فيها امتصاص الماء.

ثالثاً: المعى الخلفي Hind-gut

تتركب هذه المنطقة نسيجياً من نفس الطبقات التي يتركب منها المعى الأمامي ولا يختلف عنه إلا في العضلات الدائرية. حيث تتكون داخل وخارج طبقة العضلات الطولية، وتتحدد بداية المعى الخلفي بالصمام البوابي Pyloric valve وموضع اتصال أنابيب مالبيجي، وتنقسم هذه المنطقة في معظم الحشرات إلى ثلاثة مناطق واضحة هي:

- الأمعاء الدقيقة أو اللفائفي Small intestine or ileum
- الأمعاء الغليظة أو القولون Large intestine or colone
- المستقيم rectum

يخرج من القولون في بعض الحشرات زائدة أعورية تختلف في طولها باختلاف الأنواع. أما المستقيم فهو عبارة عن غرفة كروية الشكل، يبرز بداخله عدد مختلف من الحلمات تعرف بحلمات المستقيم Rectal papillae وهي عبارة عن بروزات تتكون من امتداد طبقتي البطانة والخلايا الطلائية المبطنة لجدار المستقيم وتوجد هذه النتوءات في معظم الحشرات ولكنها لا توجد في اليرقات ذات التطور التام، وتلعب دوراً هاماً في امتصاص الماء من البراز عند مروره خلال المستقيم، وينتهي المستقيم بفتحه خارجية تعرف بفتحة الشرج anus، في بعض الحشرات مثل يرقات نحل العسل لا يصل المعى الأوسط بالمعى الخلفي لذلك تتراكم المواد البرازية داخل فراغ المعدة أثناء الطور البرقي، وعند تحول اليرقة إلى عذراء تفتح المعدة في المعى الخلفي وتتخلص من البراز.

❖ الوظائف افسلجية للمعى المتوسط

1- يعتبر المكان الرئيسي لعمليات هضم بعض المواد مثل السيلولوز عن طريق الكائنات الحية الدقيقة كالبروتوزوا التي عيش في المعى الخلفي للحشرات، مثال عليها النمل الأبيض، حيث تعيش هذه الكائنات معيشة تكافلية مع الحشرة فتفرز انزيم السيليوليز الذي يحلل الخشب وبذلك تستفيد الحشرة.

2- امتصاص نواتج هضم بعض المواد الغذائية.

3- امتصاص الماء من الفضلات وهذا يعمل على تنظيم المحتوى المائي داخل الحشرة.

4- في حوريات الرعاشات الكبيرة يتحور المستقيم إلى ما يعرف بالسلة الخيشومية وبذلك يقوم بوظيفة تنفسية، كما أنه يساعد على دفع (حركة) الحشرة إلى الأمام.

ب- الغدد اللعابية Salivary gland

أعضاء مزدوجة تقع في منطقة الصدر على جانبي المعى الأمامي، تتحد قنواتها فتكون قناة لعابية مشتركة تفتح في الشقة السفلي بالقرب من قاعدة اللسان، وفي كثير من الحشرات توجد في قنوات الغدد اللعابية تغلظات حلزونية في طبقة الجليد المبطنة لها. وظيفة الغدد اللعابية إفراز اللعاب وهو عبارة عن سائل مائي رائق وظيفته ترطيب الغذاء وتسهيل مروره في القناة الهضمية، وفي بعض الأحيان يحتوي اللعاب على انزيمات تهضم الكربوهيدرات فقط، ويختلف شكل وحجم وتركيب الغدد اللعابية باختلاف الحشرات، ففي الصرصور الأمريكي تتتركب كل غدة من فصين (زوج من الفصوص)، كما يتركب كل فص من عدة أكياس أو حويصلات غدية تتصل ببعضها، ويوجد بين الفصين على كل جانب مخزن لعابي مستطيل تمتد منه قناة ثم تتحد القناتان وتكونان قناة لعابية عامة تفتح عند قاعدة اللسان، كما يخرج من كل فص قناة لعابية وتتحد القناتان في كل جانب لتكونان قناة لعابية واحدة تتحد مع زميلتها من الجانب الآخر وتكونان في النهاية قناة واحدة تفتح في قاعدة القناة اللعابية العامة

تتميز الغدد اللعابية في الحشرات الكاملة لحرشفية الأجنحة بأنها عبارة عن أنابيب خيطية، أما يرقاتها فغدها اللعابية عبارة عن زوج من الأنابيب الاسطوانية الطويلة تعرف بغدد الحرير نظراً لإفرازها خيوط حريرية. ويتميز زوج الغدد اللعابية في الحشرات التي تمتص الدم مثل البعوض بأن كل غدة تتتركب من ثلاثة فصوص، الفص الأوسط مختلف في الشكل ويفرز مادة تمنع تجلط الدم anti coagulin حتى تتمكن الحشرة من امتصاص كفايتها من الدم.

ت- أنابيب مالبيجي

تشرح لاحقاً مع أعضاء الإخراج.

طبائع الغذاء Food habits

يمكن تقسيم الحشرات تبعاً لطبيعة الغذاء إلى المجاميع التالية:

أولاً: الحشرات الرمية Saprophagous

- الحشرات الكانسة مثل الصراصير.
- أكلات المواد الدبالية المتحللة في التربة مثل حشرات ذوات الذنب القافز
- أكلات الروث مثل يرقات الجعال التابعة لفصيلة Scarabaeidae
- أكلات الأنسجة النباتية الميتة (الخشب) مثل النمل الأبيض.
- أكلات الجيفة مثل يرقات الذباب التابع لفصيلة Calliphoridae

ثانياً: الحشرات آكلة النبات الحي Phytophagous

- تتغذى هذه المجموعة على أجزاء مختلفة من النبات الحي وتشمل:
- أكلات الأوراق مثل حشرات الجراد والنطاط ودودة ورق القطن.
 - ناخرات الأوراق مثل يرقات الحشرات التابعة لفصيلة Agromizidae
 - نحل العمل الجرى الله والحوصلة كبيرة تدعى | القائمة صغيرة واللغات
 - ثاقبات الجذور والسوق مثل يرقات الحشرات التابعة لفصيلة Cerambycidae
 - الحشرات الماصة لعصارة النبات مثل المن.
 - أكلات الحبوب مثل حشرت الحبوب المخزونة.

ثالثاً: الحشرات آكلة الحيوان الحي Zoophagous

تشمل هذه المجموعة:

- الطفيليات مثل تطفل حشرات القمل على الإنسان وتطفل حشرة البمبلا على يرقات دودة اللوز القرنفلية وكذلك الحشرات التي تمتص الدم مثل البعوض
- الحشرات المفترسة لحشرات أخرى مثل يرقات أسد المن، وتعرف الحشرات التي تتطفل على حشرات أخرى بالحشرات آكلة الحشرات Entomophagous

رابعاً: حشرات لها عادات خاصة في التغذية

- الأطوار غير الكاملة لنحل العسل، حيث تتغذى على الغذاء الملكي Royal Jelly الذى تجهزه الشغالات
- حشرات لا تتغذى إطلاقاً مثل ذباب مايو (دورة حياة البالغة 24 ساعة، في حين يرقاتها تعيش حوالي 8 اشهر

Digestion الهضم

يشمل الهضم العمليات التي يتم بها تحويل المواد الغذائية إلى كربوهيدرات أحادية التسكر وأحماض أمينية يمكن امتصاصها، ويساعد في إحداث هذه التغيرات الإنزيمات الهاضمة التي تفرزها الخلايا العمدية بالمعي الأوسط بالإضافة إلى تلك التي تتكون في الغدد اللعابية ويوجد نوعان من الهضم:

- 1- **الهضم الداخلي:** وفيه يتم هدم المواد الغذائية داخل القناة الهضمية نفسها، حيث يتم هضم الجزء الأكبر من الغذاء في المعى الأوسط، وقد تتم عمليات الهضم في أماكن أخرى من القناة الهضمية غير المعى الأوسط، ويطلق على الهضم في هذه الحالة **الهضم خارج المعى**، ومن أمثلة ذلك:
 - يتم معظم عملية الهضم في الحوصلة، أي في المعى الأمامي كما في الصرصور الأمريكي.
 - يتم هضم معظم المواد السيليولوزية في المعى الخلفي كما في النمل الأبيض.

- 2- **الهضم الخارجي:** فيه يتم هضم جزئي للمواد الغذائية خارج القناة الهضمية كما يحدث في اليرقات المفترسة من رتبة شبكية الأجنحة، حيث تقوم بإفرازات إنزيمات من المعى الأوسط والغدد اللعابية على الغذاء نفسه خارجاً، ثم تتناول المواد السائلة المهضومة،

ويمكن القول أن الإنزيمات التي تتكون في الحشرة تكون عادة ملائمة لغذائها، ويوجد من هذه الانزيمات ثلاث مجموعات:

- **إنزيمات الكربوهيدرات** وهي التي تتوسط في عملية التحليل المائي للكربوهيدرات المعقدة التركيب، وتشمل إنزيمات الكربوهيدرات عديدة التسكر ومنها الأميليز الذي يهضم النشا، وإنزيمات الجليكوسيدازات التي تهضم الملتوز والسكروز، وإنزيمات جالاكتوسيدازات التي تهضم الدافينوز وغيره.
- **إنزيمات البروتين** وهي التي تتوسط في تحطيم البروتين وفيها البروتيز، كما أن هناك بعض المواد الغذائية تحتاج إلى طرق خاصة في الهضم مثل الكيراتين، والخشب والشمع والكولاجين.
- **إنزيمات هاضمة تلائم نوع الغذاء:** في حالة الحشرات التي تتغذى على غذاء متنوع مثل الصرصور فإن عصاراتها الهاضمة تكون غنية بإنزيمات البروتيز والأميليز والليباز لهضم كل من البروتينات والدهون والنشويات، لكن الأميليز يوجد بكمية وافرة نظراً لأن غذاء الصرصور غني بالمواد النشوية. أما في حالة الحشرات التي تتغذى على غذاء محدد فإنها تفرز أيضاً إنزيمات محددة، ففي حالة الحشرات المفترسة يغلب وجود انزيمي البروتيز والليباز، وهذا الاختلاف في إفراز الانزيمات تبعاً لتركيب الغذاء يكون واضحاً عند مقارنة الأطوار المختلفة للحشرة الواحدة، فيرقات حرشفية الأجنحة يوجد بقناتها الهضمية أنواع مختلفة من الانزيمات، بينما لا يوجد منها في الفراشات وأبو دقيق إلا انزيم إنفرتيز.

الأنزيمات الهاضمة لأنواع المواد الغذائية في المجاميع الحشرية الرئيسية

المادة الغذائية Substrate	الانزيم Enzym	المجموعة الحشرية
النشا Starch السكروز Sucrose المالتوز Maltose	الأميليز الأنفرتيز المالتيز	اليرقات المتغذية على النباتات Phytophagus Larvae
البروتين Protein الليبيد (الدهون) Lipid	البروتينيز اللايبيز	الحشرات القارئة Omnivorous Insects
السكروز Sucrose	الأنفرتيز	المتغذيات على الرحيق
السيليلوز Cellulose	السيلوليز	حفارات الخشب والأرضة
الكولاجين والإيلاستين	الكولاجينيز	الدود المتغذي (أكل اللحم)
الكيراتين Keratin	الكيراتينيز	قمل الطيور

الجهاز التنفسي في الحشرات The circulatory system

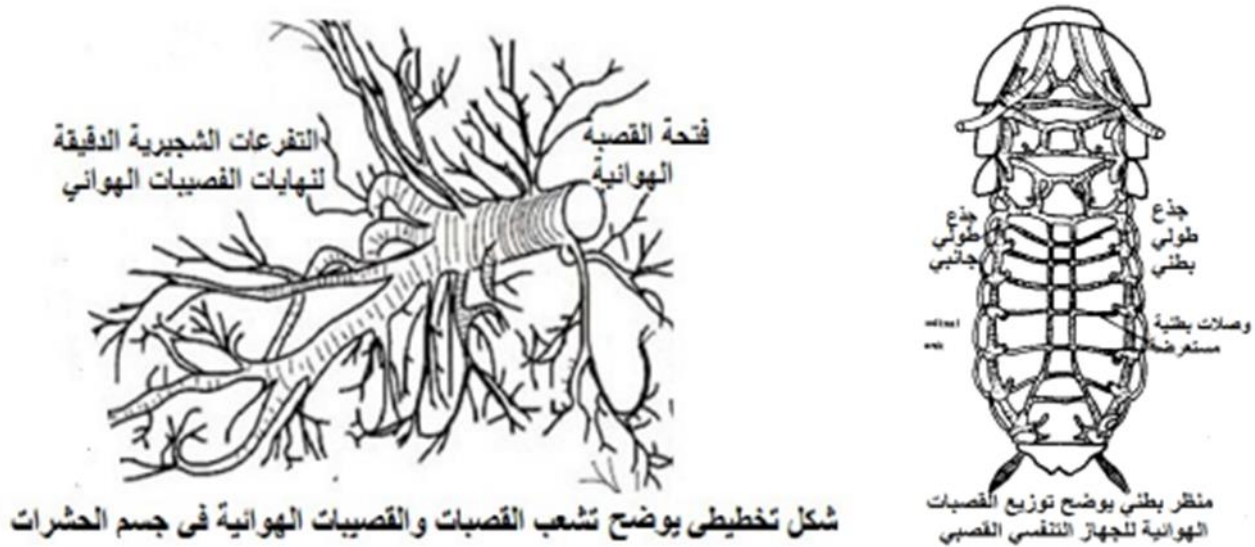
❖ المقدمة

تعكس الحياة البرية التوازن بين الحاجة إلى الأوكسجين والحاجة إلى الماء، ففي وقت دخول الأوكسجين الى الجسم يهرب الماء منه لا يوجد ارتباط بين جهازي الدوران والتنفس في الحشرات كما في الفقرات، اذ يتم اىصال الأوكسجين مباشرة إلى الأنسجة وطرح ثاني اوكسيد الكربون عبر القصبات الهوائية حسب قوانين انتشار الغازات. اكتشف العالم الايطالي مالبيجي (1969) تنفس الحشرات عبر انابيب قصبية، اذ تفتح على جانبي الجسم عبر سلسلة من الفتحات المسماة بـ الثغور، والتي تؤدي الى القصبات، فتنفرع القصبات إلى القصبيات ثم تنفرع تلك الى فروع اصغر واصغر حتى تصل الى الياف (خلايا) العضلات وخلايا الانسجة الأخرى.

بعد التنفس القصبي أكثر كفاءة من التنفس الرئوي، لأن في التنفس القصبي يحصل التبادل الغازي عبر الهواء، وان انتشار الأوكسجين عبر الهواء اسرع بنحو مليون مرة من انتشاره بالماء (الدم او الهيموليمف) في التنفس الرئوي، وكذلك يوفر الجهاز القصبي مساحة واسعة جداً للتبادل الغازي من خلال تفرع القصبات والقصبيات الهوائية بعشرة اضعاف (يبدأ التفرع بقطر 1.0 ملم وينتهي بقطر القصبية بنحو 0.1 ملم).

تفتقد بعض الحشرات الجهاز القصبي وتعتمد على الانتشار البسيط في التبادل الغازي عبر جدار الجسم والخياشيم كما في الحشرات الدقيقة وصغيرة الحجم من الحشرات البدائية وبعض اطوار الحشرات المائية والطفيليات الداخلية.

منشأ الجهاز القصبي التنفسي في الحشرات كانبعاجات مستمرة مع جدار الجسم، فهو ذو اصل اکتوديرمي. تمثل بداية تلك الانبعاجات الثغور التنفسية.



رسم تخطيطي يوضح الجهاز التنفسي في الحشرات

الثغور التنفسية The spiracles

❖ الموقع والعدد

الثغور التنفسية هي الفتحات الخارجية للجهاز القصبي وتعتبر فوهات الإنغمادات الإكتودرمية التي ينشأ منها الجهاز القصبي، توجد في كل من عقل الصدر والبطن ولا توجد مطلقاً في حلقات الرأس. مواقعها غالباً جانبية، ولا يوجد على الحلقة أكثر من زوج

أما من حيث عدد هذه الثغور فيختلف باختلاف الحشرات، أقصى عدد لها في الأطوار بعد الجنينية هو عشرة أزواج (2 صدرية، 8 بطنية). يقع الزوج الأول بين عقلي الصدر الأولى والثانية ويقع الثاني بين عقلي الصدر الثانية والثالثة وتقع الأزواج ابتداءً من الأول البطني إلى الثامن البطني على كل حلقة من حلقات البطن من 1-8

و قد يقل عددها الثغور عن عشرة أزواج كما في رتبة القمل القارض حيث يوجد 7 أزواج (1 صدرية، 6 بطنية)، أو قد يختزل عددها إلى زوجين صدريين فقط كما في البق الدقيقي.

❖ تتعدد أشكال الجهاز التنفسي في الحشرات تبعاً لعدد ووظيفة الثغور التنفسية إلى ما يلي:

أولاً: الجهاز التنفسي كامل الفتحات العاملة (Holopneustic)

يمثل هذا النوع الترتيب البدائي وهو غالب الشبوع وموجود أيضاً في الحشرات الأولية وكثير من يرقات الحشرات العليا، حيث يوجد 10 أزواج من الفتحات التنفسية العاملة اثنان منها في الصدر وثمانية أزواج في البطن.

ثانياً : الجهاز التنفسي ناقص الفتحات العاملة (Hemipneustic)

يكون هذا النوع من الجهاز التنفسي شائعاً بين يرقات الحشرات، وهو مشتق من الجهاز التنفسي كامل الفتحات العاملة، فيه يكون زوج واحد أو أكثر من الفتحات التنفسية غير عامل، ويمكن تميم الأزواج التالية منه :

1- الجهاز التنفسي محيطي الفتحات التنفسية العاملة (Peripneustic)

فيه يوجد تسعة أزواج من الفتحات العاملة، زوج يقع على الصدر الأمامي وثمانية أزواج على البطن، كما هو الحال في برقة عث الحرير .

2- الجهاز التنفسي أمامي الفتحات العاملة (Propneustic)

يحتوي هذا النوع من الجهاز التنفسي على زوج واحد من الفتحات العاملة يقع على الصدر فقط كما هو الحال في عذراوات بعوض الكيولكس والانوفيلس

3- الجهاز التنفسي خلفي الفتحات العاملة (Metapneustic)

يحتوي هذا الجهاز الحال في يرقات البعوض على زوج واحد أيضاً من الفتحات التنفسية يقع على الناحية الخلفية من البطن كما هو الحال في يرقات البعوض.

4- الجهاز التنفسي طرفي الفتحات العاملة (Amphipneustic)

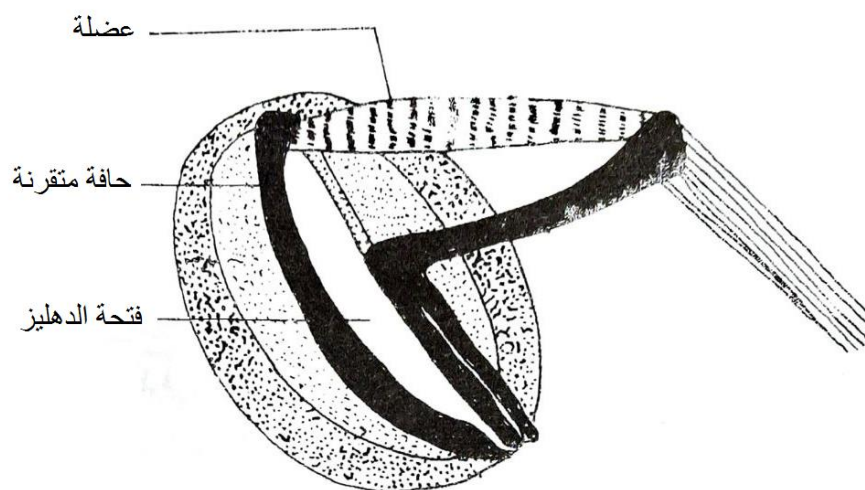
يحتوي هذا الجهاز على زوجين من الفتحات التنفسية العاملة، أحدهما يقع في الصدر الأمامي والآخر يقع في نهاية البطن، كما هو الحال في يرقات الذباب .

ثالثاً : الجهاز التنفسي عديم الفتحات العاملة (Apneustic)

لا يملك هذا النوع من الجهاز التنفسي أي فتحة عاملة، حيث تكون كافة الفتحات التنفسية مغلقة، ويحصل الحيوان على الأوكسجين المذاب بالماء بواسطة الخياشيم، كما هو الحال في حوريات ذبابة مايس وحوريات الرعاشات، وتسمى الحوريات هنا الحوريات المائية ذات الخياشيم، وهي إحدى الأمثلة لأجهزة التنفس عديمة الفتحات العاملة.

تركيب وأنواع الثغور التنفسية The spiracle structure

يوجد الثغر التنفسي بشكله البسيط في الحشرات عديمة الاجنحة، اذ يفتح مباشرة من الخارج إلى القصبة الهوائية، ويكون محاطاً بطية بسيطة ولكنها غير مزودة بالية لتنظيم الفتح والغلق، اما تركيب الثغر في اغلب الحشرات فتقضي فتحة الثغر إلى تجويف هو الردهة Atrium، والتي ينشأ عندها القصبة الهوائية، وحينها تسمى كلا من الفتحة والردهة بـ الثغر Spiracle، تكون الردهة مبطنة غالباً بشعيرات أو صفيحات ترشيدية تمنع مرور الغبار والفطريات والبكتيريا، وتمنع دخول الماء في الحشرات المائية.



رسم تخطيطي يوضح تركيب الثغر التنفسي النموذجي (البسيط)

❖ وظائف الثغور Function of the spiracles

- 1- يمر من خلاله الهواء اثناء التنفس
- 2- يتم من خلاله طرح بطانة القصبات الهوائية اثناء الانسلاخ
- 3- تلعب آلية على وفتح الثغور دور في الحفاظ على المحتوى المائي ومنع جفاف جسم الحشرة

ويمكن تمييز الانواع التالية من الفتحات التنفسية:

1- الفتحة التنفسية البسيطة (Simple spiracle)

هذا النوع ايسر انواع الفتحات التنفسية من حيث شكل الحافة التي تحيط بالفتحة، وتكون الفتحة هذا محاطة بحلقة متقرنة بسيطة كما في جنس الخنفساء الغواصة *Dytiscus*

2- الفتحة التنفسية ذات الشفة (Lipped spiracle)

تكون الفتحة التنفسية في هذا النوع بهيئة شق يُحرس بتركيبين متقرنين على هيئة شفاه كما في الفتحات الصدرية للجرادة

3- الفتحات التنفسية المنخلية (Sieve plate spiracle)

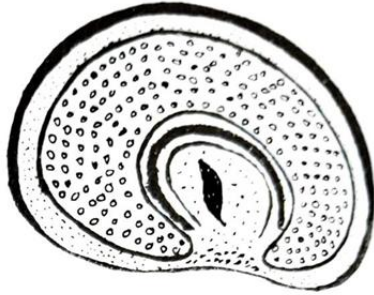
تكون الفتحة التنفسية هنا على هيئة شق منحنى أو مقوس يحاط بصفيحة هلالية مثقبة، كما في الفتحات التنفسية ليرقات الخنافس الجعلية

4- الفتحات التنفسية الحبيبية (Sinous Spiracles)

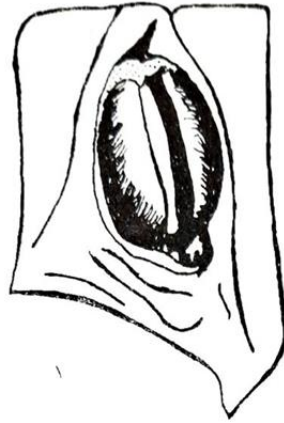
تغطي الفتحة التنفسية هنا بصفيحة متقرنة ذات فتحات متعرجة كما في الفتحة الخلفية ليرقة الذبابة المنزلية

5- الفتحة التنفسية الاصبعية (Digitate Spiracle)

تحتوي الفتحة التنفسية هنا عددًا من النتوءات الأصبعية تلتحم بشكل الكتف عند نهاية الجذع القصبي الجانبي، وتوجد فتحة في نهاية كل نتوء اصبعي كما في كثير من يرقات عائلة الذباب المنزلي



المنخلية



ذات الشفاه



البسيطة



الاصبعية



الحبيبية

أنواع الفتحات التنفسية في الحشرات

القصبات والقصيبات الهوائية The tracheoles and tracheae

القصبات الهوائية هي الانابيب الأكبر في الجهاز القصي، فهي تبدأ من الثغور التنفسية وتسير بعيداً متشعبة إلى فروع أدق وأدق.

القصبه الهوائية عبارة عن أنبوبة مرنة تأخذ مظهراً فضياً عند امتلائها بالهواء وتبطن من الداخل بطبقة جليدية تعرف ببطانة القصبه intima تتصل اتصالاً مباشراً بجدار الجسم وتتخلص منها الحشرة عند كل انسلاخ. كما تتغلظ بطانة القصبه في خطوط حلزونية وأحياناً على شكل

حلقات مستقلة تبرز في تجويف القصبة وتعرف بالأشرطة الكيتينية Taenidia، حيث تعمل على ابقاء القصبات الهوائية مفتوحة باستمرار حتى يسهل مرور الهواء بها. وتتفرع القصبات الهوائية إلى فروع أصغر فأصغر وهكذا حتى تنتهي بفروع غاية في الدقة لا يزيد قطرها عن 0.3 من الميكرون تعرف بالقصبيات الهوائية Tracheoles، تتداخل هذه القصبيات بين خلايا أنسجة الحشرة. كذلك يشاهد أن هذه النهايات الدقيقة للقصبيات الهوائية تكون واقعة داخل خلايا نجمية الشكل تعرف بالخلايا النهائية Tracheole end cell حيث يمتد بروتوبلازمها في صورة زوائد دقيقة تحيط بجدر القصبيات الهوائية المنغمرة فيها، وتحتوي نهايات القصبيات سائلاً قصيباً تعتمد عليه في تأدية وظيفتها التنفسية.

❖ الأكياس الهوائية Air Sacs

في كثير من الحشرات المجنحة تتسع القصبات الهوائية في أجزاء مختلفة من الجسم مكونة حويصلات رقيقة الجدران تعرف بالأكياس الهوائية، وهي خالية من التغلظات الكيتينية ولذلك فهي قابلة للتمدد، وتظهر عند انتفاخها كحويصلات بيضاء لامعة، لكن يصعب تمييزها عند خلوها من الهواء، وتختلف هذه الأكياس من حيث الحجم والعدد باختلاف الحشرات.

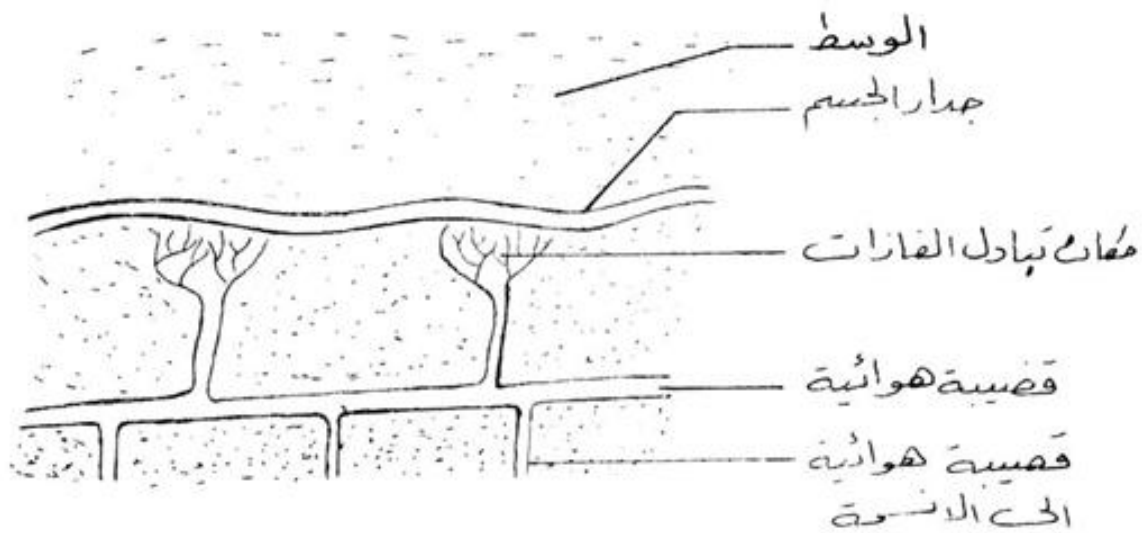
وظائف الأكياس الهوائية :-

- 1- تنفسية حيث تعمل على زيادة المساحة التي تحدث فيها عملية التبادل الغازي
- 2- تقليل ثقل الحشرة الطائرة النوعي وبذلك تساعد على الطيران. خاصة في الحشرات الكبيرة
- 3- تساعد الحشرة المائية على الطفو فوق سطح الماء
- 4- اعضاء موازنة مائية في بعض الحشرات المائية التي تعيش في مستويات مختلفة من الماء
- 5- مخزن للهواء الذي تحتاجه الحشرة عند محاولتها الغطس في الماء

التنفس في الحشرات

1- التنفس خلال جدار الجسم Cutaneous Respiration

لا يوجد جهاز قصي هوائي في يرقات و عذارى بعض الحشرات، أو يكون جهازها التنفسي مقفلاً Apneustic ، أو غير كامل التكوين، ومثل هذه الحشرات تحصل على الأوكسجين اللازم لحياتها بانتشاره من الماء خلال جدار جسم الحشرة والذي يكون رقيقاً بدرجة يسمح بتبادل الغازات كما هو الحال في بعض الحشرات الصغيرة الرخوة مثل يرقات الهاموش. ففي الاطوار المتقدمة لهذه اليرقات يحل محل الفتحات التنفسية العالية مجموعة من القصبات الهوائية التي تتفرع من الجذع القصي الهوائي الجانبي وتنتشر في جدار الجسم اسفل موضع الفتحات التنفسية مباشرة حيث يحدث تبادل الغازات عن طريق الانتشار، ثم يتم التنفس بالطريقة المعتادة في الجهاز القصي الهوائي لليرقة

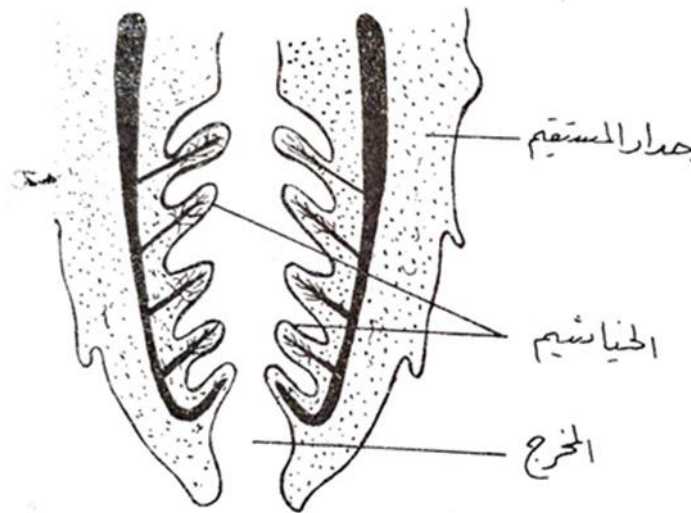


التنفس خلال جدار الجسم

2- الخياشيم القصية Tracheal gills

زوائد خيطية أو ورقية الشكل غنية بالقصبات الهوائية وتوجد في معظم الحوريات المائية (الأطوار غير الكاملة للحشرات) على منطقة البطن، إذ تنمو بشكل استطالات من جدار الجسم متصلة اتصالاً مباشراً بفراغ الجسم الداخلي. يختلف عددها حيث يوجد (7) أزواج منها على السبع عقل البطنية الأولى كما في ذبابة مايو، أو ثلاثة خياشيم ذيلية كما في حوريات الرعاشات الصغيرة. أما في حوريات الرعاشات الكبيرة فتكون على (6) ثنيات داخلية في جدار المستقيم، ويصل إلى هذه الثنيات فروع القصبيات الهوائية التي تمتد من جذوع القصبات الهوائية الرئيسية، ويتحور المستقيم في هذه الحالة إلى ما يعرف بالسلة الخيشومية.

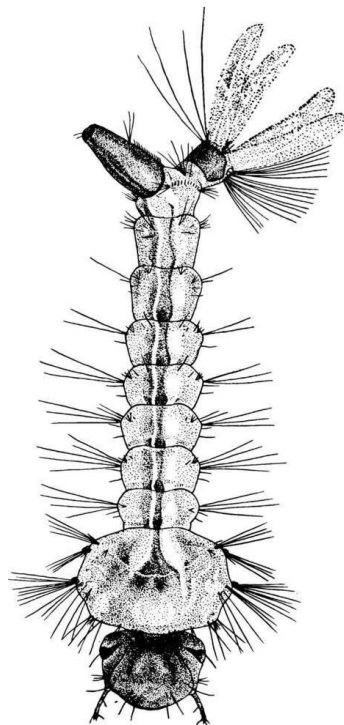
يوجد أيضاً في يرقات البعوض (4) حلقات شرجية تتصل بالعقلة البطنية الأخيرة وهي غنية بالقصبيات الهوائية، لكنها لا تعتبر خياشيم قصبية، وهي تعمل على امتصاص الماء والأيونات غير العضوية مثل أيونات الكلوريد.



الخياشيم المستقيمة في الرعاش الكبير

3- التنفس بواسطة الممصات الهوائية Air- Tube

بعض الحشرات التي تعيش مغمورة في الماء تتنفس عن طريق انابيب طويلة بشكل ممصات او سيفونات، يدخل الهواء الجوي بواسطة زوج من الفتحات التنفسية التي توجد عند قممها كما هو الحال في يرقات البعوض، تصعد يرقة البعوض عند التنفس الى سطح الماء وتخرج السيفون (Siphon) التنفسي البارز من الحلقة البطنية التاسعة خارج سطح الماء حيث يدخل اليه الهواء عن طريق زوج من الفتحات التنفسية الموجودة في قمته. اما عذارى البعوض فلها انبوتان تنفسيان عند منطقة اتصال الرأس بالصدر



يرقة البعوض

4- الخياشيم الدموية Blood gills

عبارة عن زوائد أنبوبية أو أصبعية ذات لون أحمر اشتقت تسميتها من حقيقة احتوائها على الدم، وهي لا تحتوي عادة على قصيبات هوائية، وتوجد في الحشرات المائية مثل يرقات الهاموش Chironomus، تقوم هذه الاستطالات الخيشومية بجدارها الرقيق بأخذ الاوكسجين المذاب في الماء ومن ثم توصيله الى جزاء الجسم، وهي لا تحتوي على قصبات هوائية.

5- التنفس بواسطة ثقب النباتات المائية

بعض يرقات و عذارى حشرات غمدية الاجنحة المائية مثل الجنس (*Domacia*) وكذلك يرقات و عذارى بعض ثنائية الاجنحة مثل الجنس (*Taeniorhynchus*)، تكون فيها الفتحات التنفسية الخلفية محمولة على نتوءات مدببة يمكن أن تثقب سيقان النباتات المائية وتتغلغل فيها للحصول على الأوكسجين من الفراغات المليئة بالهواء الموجود بين الانسجة النباتية الداخلية.

6- التنفس بواسطة مخازن الهواء

كثير من الحشرات المائية تنفس الهواء الحر عن طريق اخذ بعض الهواء وخرنه في اماكن من أجسامها على هيئة فقائيع هوائية تستعملها في التنفس عند وجودها تحت سطح الماء، مثلاً الخنافس المائية تصعد الى سطح الماء وتأخذ بعض الهواء تحت اغمارها حيث توجد الثغور التنفسية، ولا تقتصر وظيفة هذا المخزن الهوائي على امداد الحشرة بالأوكسجين بل يقوم ايضاً بتبادل الغازات بينه وبين الوسط المائي المحيط بالحشرة فيزيد بذلك مدة استعمال الفقائيع الهوائية

7- التنفس في الحشرات المتطفلة داخلياً

يأخذ الطفيل الأكسجين الموجود في دم العائل ويطرد فيه ثاني أكسيد الكربون الذي يخرج بعد ذلك عن طريق الجهاز التنفسي للعائل، مثل يرقات ذبابة التاكينا حيث تعيش داخل يرقات دودة ورق القطن، فتثقب يرقات الطفيل إحدى القصبات الهوائية للعائل وتحصل على أكسجين الهواء الجوي، كذلك يرقات نغف جلد البقر التي تعيش تحت جلد البقر، إذ تملك هذه اليرقات ثغور تنفسية في نهايتها تبرزها خارج جلد العائل وتنفس الهواء الجوي مباشرة.