# علم الحشرات Entomology

لماذا ندرس الحشرات ؟

لدراسة الحشرات اهداف علمية و تربوية منها :

١. توضيح اهمية الحشرات في حياة الانسان.
٢. توصيف اساسي لتركيب اجزاء جسم الحشرة ووظائفها.

اما نتائج مخرجات دراسة مادة الحشرات فتتمثل بما يلي :

١. توضيح لأي من الرتب الحشرية تنتمي الحشرة
٢. وصف شيء من تركيب الحشرة و الوظيفة
٣. زيادة المعرفة و التقدير للحشرات و تقليل الخوف المرضي Entomophobia
٤. عدم القتل لأي حشرة تصادفنا في الحقل او المنزل .

## سبب التسمية :

ربما سميت هذه المجموعة من اللافقريات بالحشرات في اللغة العربية ، بسبب سلوكها في الالحاح و دفع نفسها اي حشرها لنفسها " بتهور و بدون المبالاة للمخاطر " - حسب ثقافتنا - الى البيئة المناسبة لها من درجة الحرارة ، و ضوء و رطوبة او موقع تكاثر او غذاء ، و لذلك سميت بالحشرات .

يعد علم الحشرات احد فروع علم الحياة و الذي يركز على دراسة الحشرات ، لقد جاءت كلمة Entomology من الكلمة الفرنسية Entomologie و التي تتطابق مع الكلمة الاغريقية Entomon والتي معناها الحشرة . كما ان "Entomos " معناها ذات منطقة الرسغ ، كما اسماها ارسطو كإشارة الى ان جسم الحشرة مقسم معناها to cut="temnein", in=en

و بذلك تكون التسمية تعود الى ان الجسم مقسم محوريا و عموديا - أي راس - صدر - بطن رئيسيا و ثانويا ، و ارجل باجزائها السبعة و رسغ مقسم ثانويا . بهذا يكون علم الحشرات هو العلم المختص بدراسة و من يختص بدراستها Entomologist و الذي غالبا ما يدرس مفصليات اخرى مثل النكبيات و عديدة الارجل بل و حتى القشريات احيانا .

و رغم وجود مختصون بهذه الاصناف من المفصليات . و يطلق على هذا الصنف ايضا سداسية الارجل Hexapoda .

من الصعوبة تحديد عدد انواع الحشرات ، اذ يضاف سنويا نحو 7000 نوع أي بمعدل تسجيل نوعين من الحشرات يوميا، و بعدد قد يصل الى 20 او 30 مليون في الارض ، و يسجل منها نحو مليون نوع حاليا . و بالمقارنة فان عدد انواع رتبة غمدية الاجنحة نحو 330,000 نوع و ان عدد عائلة السوس نحو 60,000 نوع في حين عدد انواع صنف اللبائن 5,416 حسب ( Wilson – Reedir ) و عائلة المتقدمات نحو 300 نوع . و ان كل خمس حيوانات في الارض واحد منها من الخنافس . اما عدد الحشرات على سطح الارض فتقدر بنحو 10 كوينتليون ( quintillion ) و حصة كل انسان على الارض في أي وقت نحو 200 مليون حشرة .

اما عن وجود الحشرات على الارض فقد وجدت حفرياتها قبل نحو 350 مليون سنة ، في حين وجود الانسان لا يتجاوز 200 الف سنة .

(معلومات للاطلاع)

1 = one

10 = Ten

100 = one hundred

1000 = one thousand

1,000,000 = one million $10^6$

1,000,000,000 = one billion $10^9$

1,000,000,000,000 = one trillion $10^{12}$

1,000,000,000,000,000 = one quadrillion $10^{15}$

1,000,000,000,000,000,000 = one quintillion $10^{18}$

.....

## صفات الحشرات

تعد الحشرات كصنف الاكثر انتشارا و عددا في شعبة مفصليات الارجل ، و تتميز انواع هذا الصنف بالصفات الأتية كمدخل لدراسة الحشرات للمبتدئين في علم الحشرات :

١. الجسم مقسم بوضوح الى الراس و الصدر و البطن ، و قد تكون البطن منفصلة بتخصر عن باقي اجزاء الجسم .
٢. يتكون الراس من ست قطع ملتحمة .
٣. يتكون الصدر من ثلاث قطع ، و البطن من 11 قطعة عادة .
٤. زوائد الراس مزدوجة ( زوجية ) من قرون الاستشعار و الفكوك ( الزوج الاول ) و الفكوك المساعدة ( الزوج الثاني ) ملتحمان وسطيا لتكوين الشفة السفلى .
٥. تحمل كل حلقة من حلقات الصدر زوجا من الارجل ، في الحشرات المجنحة تحمل حلقتا الصدر الثانية و الثالثة زوجا من الاجنحة عادة .
٦. لا تحمل حلقات البطن لواصق عدا الحلقات التناسلية في الحشرات المجنحة ، اما في الحشرات غير المجنحة فقد تحمل الحلقات غير التناسلية لواحقا . و في حال وجود لواحق فانها توجد على الحلقة 11 ( القرون الشرجية )
٧. تمتلك القصبات الهوائية
٨. اجزاء الفم خارجية عادة

[ ان الحشرة قد لا تمتلك بعض هذه الصفات بشكل واضح، و لكن بالممارسة و التجربة، و التركيز على لواحق الصدر و عددها و صفات الراس تتميز الحشرة ]

## علاقة الحشرات بالإنسان

تشبه علاقة الحشرات بالانسان البدائي ( في وقت مبكر ) علاقتها مع باقي المتقدمات Primates و اللبائن الاخرى .

فالحشرات تتغذى على الانسان و تزعجه و تنقل اليه الامراض بصورة ميكانيكية او كمضائف وسطية .... و عموما فان العلاقة بين الحشرات و الانسان اما كمضيف متخصص و طفيل خارجي كالقمل او طفيل داخلي كالنغف او كمضيف مؤقت كالبعوض و البق الماص .

و بالعودة الى الشعوب البدائية ، فقد اكلت الحشرات كمصدر بروتيني لتوازن وجبتها الغذائية .

اما علاقة الحشرات بالإنسان تكون مباشرة او غير مباشرة

نفعا او ضرا: -

## *منافع الحشرات

١) تعد الحشرات اساسية لوظائف النظام البيئي من خلال

a- تدوير الغذاء ، تفتيت الخشب و الاوراق المتساقطة ، و تنشر الفطريات ، و ازالة الجثث و الروث من النظام البيئي .
b- تكاثر النباتات ، و يتضمن التلقيح و انتشار البذور .
c- الحفاظ على تركيب المجتمع النباتي و تركيبه عن طريق التغذية عليه و من ضمنها التغذية على البذور .
d- كغذاء للفقريات اكلة الحشرات كالعديد من الطيور و اللبائن و الزواحف و الاسماك .
e- الحفاظ على تركيب المجتمع الحيواني ، من خلال نقل الامراض للحيوانات الكبيرة و التطفل و الافتراس للصغيرة منها .

٢) كغذاء للإنسان

لا زالت الحشرات مصدرا مهما كغذاء في مناطق اقل تطورا في الارض ، على الرغم من ان الحشرات كانت مصدرا مهما في اغذية الانسان لزمن طويل ، فقد قل ذلك المصدر مع التحضر و الحضارة الغربية " westernization " .

و طبقا للمصادر فان نحو 500 نوع في 250 جنس تقريبا من 70 عائلة من الحشرات تستخدم كغذاء في العالم ، و خصوصا في وسط و جنوب افريقيا و اسيا و استراليا و امريكا الاتينية . و كمصدر بروتين هوائي بنسبة 5-10 %

تقريبا لهذه المناطق . اضافة الى منتجات الحشرات كالعسل والمن الذي تطرحه احد انواع المن Aphis mena

٣) منتجات الحشرات

لقد دخل الحرير Bombyx mori الذي تغزل منه الشرنقة ، كما يستخدم الشيلاك و الكوشلين في صناعة الوارنيش و مستحضرات التجميل و اللاك في صناعة الشمع ، كما يصنع من الاورام النباتية التي تسببها الحشرات افضل انواع الحبر و اثبتها و يستخدم في كتابة الوثائق المهمة و المعاهدات و الدساتير

( للاطلاع على منافع اخرى ... العلم الجنائي ، و الفنون ، الرسم ، الطب ، و تطبيقات اخرى )

## *مضار الحشرات:

يوجد اكثر من 3000 نوع من الحشرات التي لها علاقة مباشرة بأذى الانسان و حضارته مقارنة بنحو مليون نوع من صنف الحشرات التي تتناوب بين النافعة وعديمة الضرر ، علما ان الضرر هو ما كان تاثير سلبي لنشاط الحشرة على صحة الانسان و الحيوان و غذائهما في النظام البيئي .

*التأثير على صحة الانسان و الحيوان من خلال :-

١) التهاب الجلد Dermatitis
٢) الحساسية Allergy و الحالات المصاحبة لها .
٣) كناقلات و طفيليات لإمراض ضارة عديدة كالطاعون و الملاريا و الحمى الصفراء .
٤) تسبب الهزال و الازعاج الشديد بسبب عدم التغذية و الركض و النخس مع عضات الحشرات الماصة للدم .
٥) الخوف المرضي من الحشرات Entomophobia

لذلك فان 750 – 500 حالة موت بسبب الملاريا في العالم .

*تلف المحاصيل الزراعية

١) تلف مباشر بالتغذية عليها كأسراب الجراد المهاجر.
٢) نقل الامراض الفيروسية بين النباتات كانواع البق و المن .
٣) تلف المحاصيل في المخازن .

*تلف او التأثير على مواد تستخدم للنشاط الانساني

- افات الجلود و منتجاتها و أفات الملابس ( العث )
- تسبب يرقات العادس و الكيس الذي يحتويها في توقف او تقليل فعالية توربينات مولدات الطاقة الكهرومائية

## اسباب نجاح الحشرات

- صغر الحجم : يساعد صغر حجم الحشرات على تقاسم البينات و المصادر بين العديد من الافراد مقارنة بالأفراد الكبيرة ، و يسهل صغر الجحم اعتماد تقاسم الموقع البيني و الموارد بين افراد المجموعة ، او افراد المجتمعات المتجانسة في صغر الحجم . و تجعل صغر الحجم التخصص ممكن ، لان المصادر الصغيرة تجعل من التخصص في التوطن البيئي و نوع الغذاء . و لا يزيد قطر الحشرة عن 2.5 سم ، او يسبب زيادة القطر الابتعاد عن الجذوع التنفسية الرئيسية ، يكون التعويض بزيادة الطول .
- قصر زمن الجيل :تكون الاحياء قصيرة زمن الجيل ذات معدلات اسرع في التطور و ربما ذات معدلات اكبر في التنوع Speciation و بالتزامن مع التطور المشترك و تطور التخصص Coevolution and the Evolution of Specialization .

- الاجنحة : تعد الحشرات اللافقريات الوحيدة القادرة على الطيران . مما يجعلها قادرة على الانتقال ، مما يعزز قدرتها على امساك الفريسة ، و تفادي الاعداء و الظروف السيئة و استعمار بيئات جديدة .
- { معلومة ( يستطيع الطيران نحو مليون حشرة و الف خفاش و عشرة الاف طائر)}
- اجزاء الفم : لقد تطور عن خمسة الانواع الاساسية لاجزاء الفم العديد من التراكيب للتغذية ، مما اعطاها القابلية للحصول على مدى واسع من مصادر الغذاء ( مثل الرحيق و الدم و البذور و انسجة النبات و انسجة الحيوان و الروث و الجثث ) اكثر من اي صنف اخر من الحيوانات .
- تعدد الاشكال Poly pherisms : تتميز الحشرات بوجود التحول Metamorphosis في اطوارها غير البالغة ، فاليرقات تختلف كثيرا عن البالغات في الشكل و البيئة و استخدام المصادر ، مما يسمح للأفراد من النوع الواحد اشغال بيئتان مختلفتان خلال حياتها . كالحشرات المائية و يرقات الفراشات ، كما تتباين فسلجيا و شكليا الافراد المتوطنة و المهاجرة للجراد ، مما يجعلها قادرة على الانتقال الى بيئات جديدة تبعد الاف الكيلومترات
- الخصوبة العالية : تكون العلاقة بين سرعة النمو و الخصوبة متناسبة Axometric ، اذ النمو يتسارع مع الظروف المناسبة فيؤدي ذلك الى خصوبة عالية و زيادة عدد الافراد التي تصل الى طور البلوغ ممساعد على زيادة اعداد الحشرات .
- 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 ) و اعضاء التكاثر و الاوكسجين بنحو 1.0 مايكرون تقريبا علما ان الهيمولمف لا يحمل اي صبغة تنفسية فالاكسجين يصل عن طريق التنافذ Difusion
- مقاومة الجفاف : يتحكم الكيوتكل في نفاذية الماء الى داخل او خارج جسم الحشرة ، و تحتفظ الحشرات بالماء بعدة طرق ، يكون الكيوتكل مغطى بطبقة شمعية تقلل كثيرا من فقدان الماء عبر جدار الجسم و فتحات الثغور التنفسية و التي تكون مجهزة باليات غلق محكمة و لكنها تسمح بالتبادل الغازي بكفاءة . كما ان النواتج الابرازية غير سائلة في اغلب الحشرات ، و لا تحتاج الى كمية كبيرة من الماء لطرح الفضلات من الجسم ، كما ان الجزء الاخير من القناة الهضمية يمتص الماء الذي سيفقد في البراز ، كما تعتمد بعض الحشرات في البيئات شديدة الجفاف على الماء الناتج من عمليات اكسدة الغذاء و يسمى بالماء الايضي Metabolie Water . و اخيرا فان الحشرات في سلوكها التكاثري و اخصابها الداخلي و طرحها البيض الذي تقيه بالقشرة تحمي بها الجنين النامي من الجفاف .
- القدرة على التأقلم : استطاعت الحشرات التاقلم Adaptation على مدى استيطانها ببيئتها – و التكيف Acclimation على مدى تغيير الظروف البيئية المفاجئ ، فقد انتشرت في جميع مناطق الجغرافيا الحيوية Biogeographic regions عدا القطب الجنوبي و المناطق البيئية على بيئات المحيطات و البحار تقريبا . فقد تأقلمت مع المضائف الحيوانية و العوائل النباتية . و انواع مصادر الغذاء كمترممات على المخلفات النباتية و الحيوانية و المواد العضوية المتفسخة ... و للعديد من الحشرات مدى حراري واسع من 50-40 درجة مئوية ، وان الحشرات التي تعيش في الصحاري ذات فرق حراري بين سطح الارض و جسم الحشرة بنحو 20 م$^{o}$ ، بل وجدت يرقات ذباب من العائلة Ephydridae في برك النفط في كاليفورنيا .
- الهيكل الخارجي The Exoskeleton : يتميز الهيكل الخارجي في الحشرات كما في باقي مفصليات الارجل بصفات مميزة جدا ، فهو يتكون من مناطق صلبة كصفائح يفصل بينها مناطق غشائية ، و هذا يعطي صلابة و متانة مع مرونة ، و يحمي الحشرة ميكانيكيا ، و يوفر مناطق ارتباط ثابتة كمنابت للعضلات التي تحرك الجسم ، كما تعطي مرونة الهيكل ما يشبه آلية خزن الطاقة ، و اضافة الى ان انبعاج الهيكل للداخل بطرق مختلفة ، لدعم الاعضاء الداخلية و يبطن القصبات الهوائية و تراكيب الاخرى . ان شكل الهيكل الخارجي كأنابيب متمفصلة و

متصلة حول الجسم و لواحق يعطي قوة اكبر لمقاومة الانثناء The Bending اكبر مما في حال الهيكل الداخلي للفقريات ، كما يتميز الهيكل الخارجي بمساحة اكبر للعضلات بمقارنة نفس القطر من الهيكل الداخلي بنحو 84% من القطر الكلي للطرف .كما ان الهيكل الخارجي ، مما سيتمتع بفعالية ميكانيكية فان هيكل الحشرة ذو قوة كبيرة و خفة في الوزن كمادة مطاطية مدهشة تأقلم و تطور شكله و حجمه بالنسبة للراس و الفكوك و نمو الاشواك و الحراشف و الزوائد الاخرى و الاجنحة ، و تحورت الارجل و آلة وضع البيض ... كما ان للهيكل الخارجي صفات يستدل بها في تصنيف الحشرات .و بسب وجود الهيكل الخارجي الصلب و المحدد للنمو تنسلخ الحشرة دوريا ، و هذا يسمح للاطوار غير الكاملة و البالغات بالتأقلم مع الظروف البيئية .

- الالحاح The Persistence : تصل الحشرات الى مصادر غذائها لو حال دونه موتها محققا ، و تلح بمحاولات عديدة لا يحول دونها اليأس ...و هي لا تعرف المستحيل .
  - و قالت العرب " الح من الخنفساء " اما الانكليز فقال , consider her ways , Go to the ant " and be wise . "

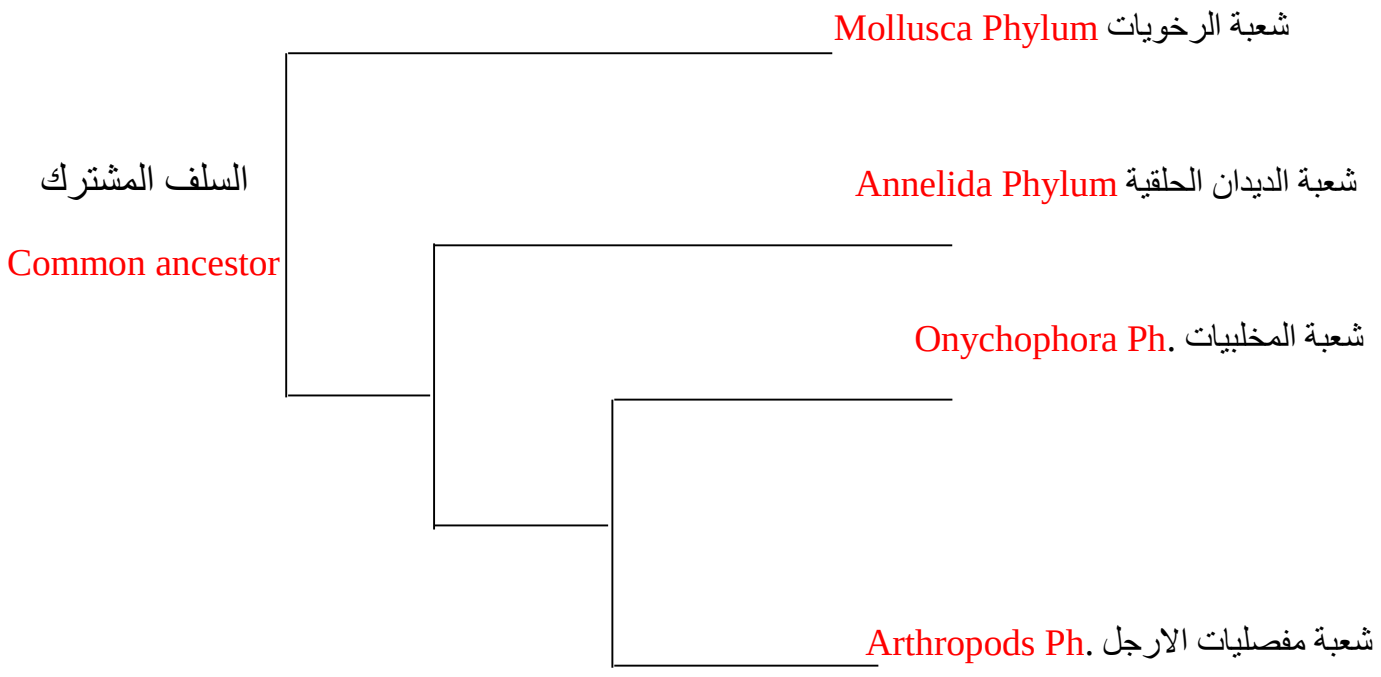
بإشراف: أ.د.عطاالله فهد مخلف

مع الشكر والتقدير . . .

# موقع الحشرات في المملكة الحيوانية

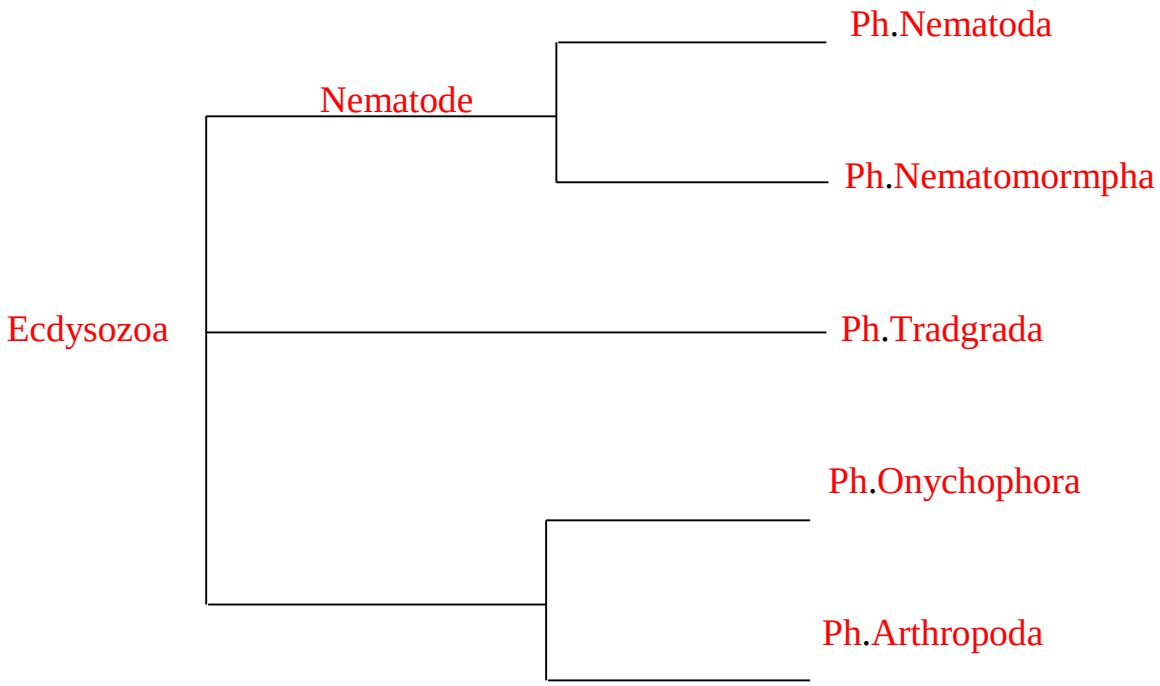
١- علاقة شعبة المفصليات بالشعب الأخرى

توجد عدة فرضيات عن الصلة بين شعبة المفصليات مع الشعب القريبة منها والمتمثلة بشعبتي: النواعم Mollusca والديدان الحلقية Annelida وبالاعتماد على ظهور الصفات المشتركة حسب مبدا Parsimony. وهو المبدأ الاكثر قبولا في توضيح العلاقات التطورية بين الانواع والمجموعات، والتي تحتاج ال اقل عدد من التغيرات التطورية. وحسب التحليل القبيلي بالإسناد الى مبدا.Parsimony فتعد مفصليات الارجل ذات صلة وثيقة مع الديدان الحلقية ، لان لكليهما اجساما حلقية كما اسهمت المعلومات الجزيئية Molecular information في بناء الشجرة القبيلية Phylogenetic tree بإعادة الصلة بين مفصليات الارجل مع الشعب الاخرى و كذلك الصلة مع بعض الشعب التي كانت تعد أصنافا من شعبة مفصليات الارجل.




(الشكل D)

مخطط قبلي عن منشأ مفصليات الارجل وعلاقتها مع الشعب القريبة منها مبني على أساس المظهر الخارجي والتعاقب الجزيئي Molecular Sequence لقد تغير موقع المفصليات جذريا خلال العقدين الماضيين، نتيجة التقنية في التحليل الشجري (القبلي) وخصوصا ما قدمته المعلومات الجزيئية. لقد تلا الفرضيات السابقة نظرية الحيوانات المنسلخة Ecdysozoa، اشارة الى مجموعة مفصليات الارجل والمخلبيات اضافة الى مجموعة كاذبة الجوف Pseudoelomata – اشارة الى تقاسمها صفة انسلاخ الكيوتكل ولو لمرة واحدة في حياتها. لقد بدأت هذه النظرية على اساس RDNA 18 s، وقد اصبحت هذه النظرية مقبولة بشكل واسع لدعمها من المعلومات الجزيئية. ولا يزال الجدل عن الاخت الاقرب لشعبة مفصليات الارجل !!!




الشكل ـ٢ـالعلاقة بين الشعب التي تمر بالانسلاخ وحسب النمو الجنيني والمعلومات الوراثية

فكان ظهور المخلبيات ومن امثلتها الحية جنس Peripatus، ودبة الماء Tradigrada والتي تنتهي أزواج أطرافها الأربع الفصية الشكل بالمخالب، وقد جاءت الخطوة الثانية من تطور المفصليات في المفاصل او تمفصلات الارجل، مما حسن كثيرا من الحركة. وقد سمحت تلك الخطوة أيضا استعمال الزوج الأول من الارجل على الأقل في دفع الطعام الى فتحة الفم، ولوحظ هذا الالتحام في متحجرات ثلاثية الفص، كما اشارت الدلائل من نفس المصدر ان العيون وقرون الاستشعار قد تطورت جيدا فيها. لقد تشعب قريبا من تلك المرحلة: انفصال اشكالا من مفصليات الارجل بمسارات متباينة. إذا قاد المسار الاول الى مجموعة العناكب، وأدى المسار الثاني الى المفصليات الفكية المتمثلة بالحشرات وذوات مئة قدم وذوات الالف قدم والقشريات.

كان التطور الاتي من المسار المؤدي الى الحشرات، متمثل بدور لواحق الحلقات 4 , 3 , 2كأعضاء مساعدة للتغذية، ولم تؤد دورا في دفع الطعام فقط بل اكتسبت سطوحا لتمزيق وقضم وسحق الطعام تحضيرا لتناوله. ولم تتطور لواحق الحلقة

الجسمية الاولى، وقد اضمحلت في اغلب المجموعات. واصبحت زوائد الحلقة الثانية الفكوك، والفكوك المساعدة لواحق الحلقة الثالثة، تطورت لواحق الحلقة الرابعة الى الزوج الثاني من الفكوك المساعدة او الشفة السفلى.

تنتمي مفصليات الارجل جنينيا الى الحيوانات امامية الفم Prostomata والتي تتميز بما ياتي:

١- الدماغ ظهري – قمي الموقع-.
٢- الحبل العصبي بطني.
٣- منشأ الفم نموذجيا من فتحة البلاستيولا الجنينية.
٤- كما تعد مفصليات الارجل ذات جوف جسمي ابتدائي.
٥- كما تنتمي المفصليات الى مجموعة الحيوانات ذات الانقسام الحلزوني المعدل Modified Spiral Cleavage كما في الديدان الحلقية والرخويات والديدان المسطحة.

## علاقة مفصليات الارجل بأسلافها

لقد نشأت شعبة مفصليات الارجل عن اسلاف شبيهة جدا بتركيبها العام شعبة الديدان الحلقية او الديدان معقلة الجسم. ويتكون جسم ذلك السلف من سلسة متماثلة من العقل Segments مكتملة حلقيا من الجسم. اما الراس فبسيط التركيب وربما يحمل اشواكا حسية ، و موقع الفم على السطح السفلي بين الراس و العقلة الاولى من عقل الجسم ، و بسبب هذا الوقع الامامي للفم ، تسمى منطقة الراس في هذه المرحلة المبكرة بمنطقة امام الفم Prostomium .

لقد بدأت الخطوات الافتراضية من التقدم التطوري بهذه المرحلة البسيطة وانتهت خلال المفصليات النموذجية بالحشرات، لقد بدأت الخطوة الأولى من تلك الخطوات الافتراضية المهمة هو:

١- تطور زوج من اللواحق البطنية تساعد على المشي في كل حلقة جسمية كالأرجل.
٢- لا تحمل الحلقة الأخيرة أية لواحق.
٣- كما حصل بموازاة ذلك تحسن في أعضاء الحس الموجودة في الراس: العيون وقرون الاستشعار.
٤- ظهر قسم جديد في مسار الحشرات، تضخم الثلاثة ازواج الأولى من لواحق الحركة، وأصبحت البقية مختزلة، لتختفي أخيرا او تحورت الى تراكيب لا علاقة لها بالحركة.
٥- وتحورت اللواحق الخلفية في البطن الى أعضاء التزاوج او آلة وضع البيض.

## أصناف شعبة المفصليات

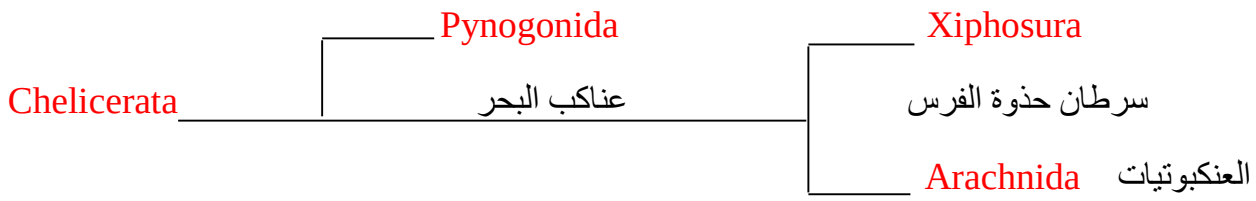
١- صنف ثلاثية الفص Class: *Trilobila*

يتكون جسم ثلاثية الفص من الراس والصدر والعجز. والجسم بيضوي مسطح ومقسوم طوليا بأخدودين الى ثلاثة فصوص. الراس بدائية وغير محددة التخصص ويتمفصل الراس من الجانبي بالصدر ويلتحم الصدر مع العجز، ويحمل الراس زوجا من قرون الاستشعار ومكوكا للتغذية وعيونا متباينة التطور وحسب طبيعة التغذية. ثم الصدر من أربع قطع جسمية تلي الراس، ويحمل كل منها لواحق ثنائية التفرع، ويغطي الراس والصدر (القطع الأربع ما يشبه الدرع) ثم باقي قطع الجسم تحمل كل منها زوجا من اللواحق الثنائية التفرع عدا الحلقة الأخيرة المسماة الذنب.

٢- صنف الكلابيات Class: *Chelicera*

تفقد الكلابيات قرون الاستشعار والفكوك. ويعطي زوج اللواحق قبل الفمية كلاليبا Chelicerae وهي مثاقب حديثة تستخدم للتغذية وتمتلك ستة ازواج من اللواحق، ويسمى زوج اللواحق الاول بالكلابين، اما الزوج الثاني فهما الملمسان Pedipalps، وقد تحور الى عضوي لمس او تناول الطعام او التزاوج، واما باقي ازواج اللواحق الاربع فهي أرجل للمشي.

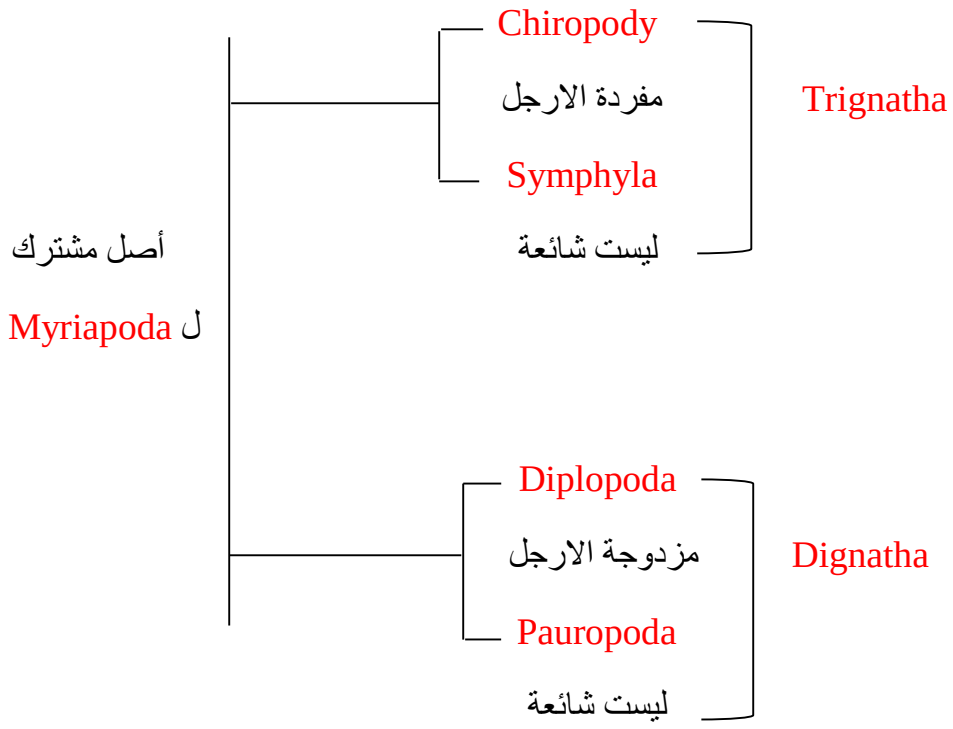
التصنيف:




.....

٣- صنف محيطية الاقدام Class: *Myriapoda*

لقد وضعت عدة فرضيات (نحو 4) عن الشجرة القبيلية لأصناف محيطية الاقدام على أساس التشابه المورفولوجي والدلائل الجزيئية، ولعل الفرضيتين ثلاثية الفكوك Trignatha وثنائية الفكوك Dignatha تمثلان التشابه في أجزاء الفم.




ملحوظة / في مصادر أخرى تكون محيطية الاقدام تحت الشعبة Subphylum

٤- صنف القشريات Class: *Crustaceae*

تتميز بالصفات الاتية: يتكون الجسم من الراس والصدر والبطن، وغالبا ما يكون الراس والصدر مرتبطين بشدة كمنطقة تسمى الراسية الصدرية Cephalothorax، ويحمل الراس زوجان من قرون الاستشعار وعيون مركبة وأربعة ازواج غالبا من اللواحق المساعدة في التغذية، والمتضمنة زوجا من الفكوك وزوجان من الفكوك المساعدة وزوجان من الاقدام الفكية Maxillipeds، اما الصدر يتكون من 40-20 حلقة متميزة، وتحمل كل حلقة زوجا من اللواحق ثنائية التفرع، وعدد الارجل خمسة ازواج، ويغطي الدرع اغلب الجسم في القشريات.

وتوجد على البطن خمسة ازواج من السويبحات Swimmerets، وزوج من اللواحق الذنبية المسطحة Uropods. عدت (هذا الصنف تحت شعبة في بعض المصادر).

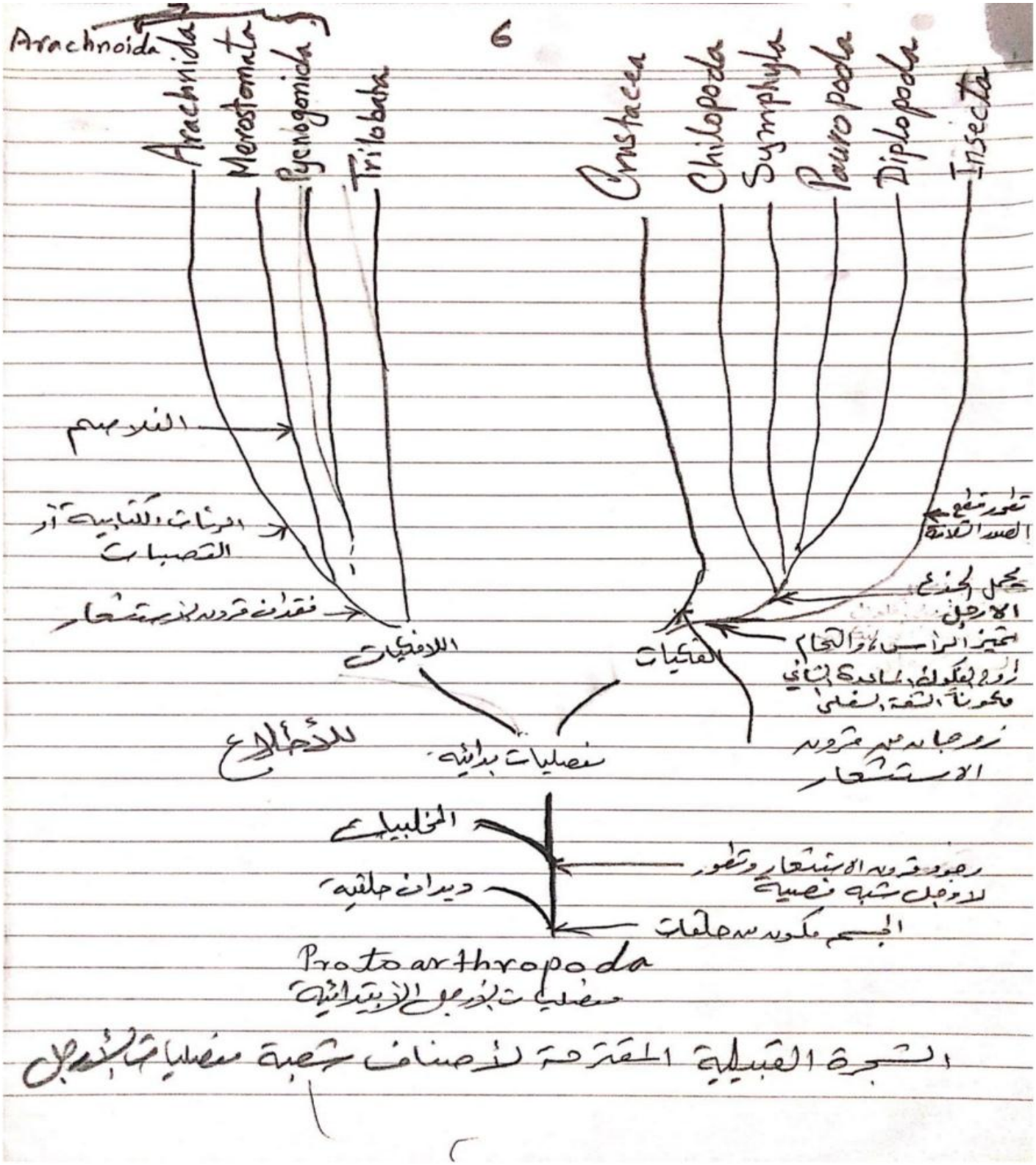
٥- صنف الحشرات سداسية الارجل (*Hexapoda*) Class: Insecta

اهم الصفات:

١- الجسم مكون من الراس والصدر والبطن (6 حلقات الراس ، 3 حلقات الصدر، 11البطن).
٢- يحمل الصدر ثلاث ازواج من الارجل.
٣- غالبا ما تحمل البالغات الاجنحة.

وتوجد صفات أخرى مشتركة مع باقي المفصليات او بعض منها.

ملحوظة: الشكل (الشجرة القبيلية المقترحة لأصناف شعبة مفصليات الارجل للاطلاع فقط).




الشجرة القبلية المقترحة لأصناف شعبة مفصليات الأرجل

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مع الشكر والتقدير

Ahmed Waleed Mohammed

# جدار الجسم The Integument

يتكون جدار جسم الحشرة من طبقة البشرة Epidermis الواقعة تحت الكيوتكل والمسؤولة عن انتاجه.

- البشرة Epidermis: -هي طبقة خلوية وحيدة ذات أصل اكتوديرمي، ومن الممكن تحور بعض تلك الخلايا لتكوين غدد درميه ومستقبلات حسية وخلايا نبيذية. ويبرز على السطح القمي لخلايا البشرة زغابات صغيرة، وهذه الاسطح متخصصة لإفراز الكايتين. كما ينشأ من خلايا البشرة بروزات سايتوبلازمية خارجية، وتمتد خلال القنوات الشعبية عبر الكيوتكل. تعد البشرة الجزء الحي من جدار الجسم، وتقع خلايا البشرة فوق الغلاف القاعدي.

- الغلاف القاعدي (الغشاء القاعدي) The Basement Envelop: تستند خلايا البشرة على الغشاء القاعدي، وهي طبقة مخاطية متعددة السكريات، وتخترق هذه الطبقة الاعصاب والقصبات الهوائية وصولا الى خلايا البشرة. كما يمر من خلاله الى البشرة الهرمونات والمغذيات. ويتشكل الغشاء القاعدي طبقة مستمرة تحت البشرة، وحينما يوجد اتصال بالعضلات، فانه مستمر مع الغلاف العضلي Sarcolemma.

## الكيوتكل The Cuticle

سيمثل الكيوتكل الجزء السطحي لجسم الحشرة، فهو يغطي الأجزاء الخارجية ويبطن الانبعاجات الداخلية الممثلة بالمعيين الامامي والخلفي والجهاز العصبي وبداية القناة التناسلية.

يتكون الكيوتكل من الطبقات الاتية من الخارج والداخل و (ذلك لتسهيل الدراسة)

- الكيوتكل السطحي The Epicuticle

ويتكون من أربع طبقات بدءا من الداخل وهي: -

١- الكيوتكل السطحي الداخلي Inner Epicuticle:

وهي طبقة داخلية متجانسة مفككة الخيوط الشمعية، وتتكون من بروتينات لبيدية مدبوغة

٢- الكيوتكل السطحي الخارجي Outer Epicuticle:

تمتد على سطح الجسم، وهي مصمتة Impact وداكنة، وتتكون من بروتينات لبيديه ولبيدات.

٣- الطبقة الشمعية Waxy Layer:

وهي ناتجة من الخلايا النبيذية Denocytes، وتتكون من الكربوهيدرات آليفاتية متشبعة، ومعظمها كحولات اليفاتية واسترات احماض دهنية.

٤- الطبقة السمنتية Cement layer:

هي طبقة صلبة، دورها الحماية، وهي رقيقة وغير مستمرة على سطح الجسم، وتتكون من سكريات مخاطية ولبيدية، وتفرزها خلايا غدية خاصة من البشرة، خلافا عن بقية الطبقات الثلاث الأخرى (الأسفل منها) التي تنتجها خلايا البشرة. وتتكون الطبقة الشمعية من جزيئان وهما: جزيئات الشمع عشوائية الاتجاه، وأخرى ذات اتجاه محدد، فهي حرجة الاحتفاظ بالماء عند درجة حرارة تسمى الدرجة الانتقالية Trans tional temperature.

- الكيوتكل الخارجي The Exocuticle

هو الجزء الخارجي من الكيوتكل الاولي Procuticle، والذي يفرز من قمم خلايا البشرة بشكل طبقات مكونة بشكل رئيسي من الكايتين والبروتين. يكون البروتين في الكيوتكل الخارجي عديد الاواصر المستعرضة، وغير ذائب في الماء وهي خاصية تمنع تحطم الكيوتكل الخارجي خلال الانسلاخ. يكون الكيوتكل الخارجي غامق اللون لاحتوائه على بروتين مدبوغ بمادة فينولية. يكون الكيوتكل الخارجي مفقودا او مختزلا في المناطق الأكثر ليونة من جدار الجسم، وقد يكون مفقودا في الحشرات اللينة.

- الكيوتكل الداخلي The Endocuticle

يأتي الكيوتكل الداخلي فوق خلايا البشرة، ويستمر تكوينه بعد سلخ الكيوتكل القديم. تكون الاواصر المستعرضة في بروتينات الكيوتكل الداخلي قليلة مقارنة مع الكيوتكل الخارجي، مما يسمح بتحطيمها بواسطة الانزيمات وإعادة امتصاص هذه الطبقة خلال عملية الانسلاخ.

يتكون كلا الكيوتكل الخارجي والداخلي من صفائح عديدة، تخترقها القنوات الثقبية Pore canals والتي تمر خلالها البروزات البروتوبلازمية لخلايا البشرة.

☒ النموات والزوائد الكيوتكلية Cuticalar Growths & Processes

- النموات الخارجية Outer Cuticalar Growths

على سطح الجسم نوعان من النموات الخارجية وهي: -

١- زوائد صلبة غير متمفصلة: وتشمل الشعيرات الدقيقة Microtrichia وهي غير خلوية. والاشواك Spines وهي ذات أصل متعدد الخلايا مجوف ومتقرنة وحادة النهاية، وتوجد على أرجل الصراصر والخنافس الجعالية.
٢- زوائد متمفصلة متحركة: وهي زوائد متمفصلة بالكيوتكل بواسطة حلقة او غشاء مفصلي وتستقر في محجر او يسمى Alveolus، وتقسم على اساس التركيب الى:
أ- الشعيرات المتحركة Macrotrichia or Setae

وهي بروزات مجوفة من الكيوتكل الخارجي والكيوتكل السطحي. وتفرزها نموات سايتوبلازمية تنشا من خلية بشرة متخصصة محورة تسمى الخلية المولدة للشعرة Trichogen cell. وينشا محجر الشعرة من خلية بشرة اخرى مجاورة للخلية المولدة للشعرة وتسمى الخلية المولدة لمحجر الشعرة Tromogen cell

توجد أنواع من الشعيرات المتحركة والمتحورة على سطح الكيوتكل وهي:

- ✓ الشعيرات الكاسية Clothing hairs: وهي تغطي الجسم ولواحقه
- ✓ الحراشف The scales: وهي شعيرات مسطحة وذات سطوح ثانوية وتنتج الوانا تركيبية (فيزيائية). كما في الفراشات.
- ✓ الشعيرات الغدية The Glandular Setae: وتتمثل امتدادات خارجية كإفرازات لغدد البشرة. مثل شعيرات الغزل الحريرية والشعيرات المسببة للحساسية.
- ✓ الشعيرات الحسية The Sensory Setae: هي شعيرات متخصصة من حيث التركيب وامتصاصها بخلية عصبية واحدة او أكثر في قاعدتها. وهي تستلم المحفزات الخارجية الحسية.

ب- المهاميز Spurs:

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

- النموات الداخلية للهيكل الخارجي Internal Projection of the Endoskeleton:

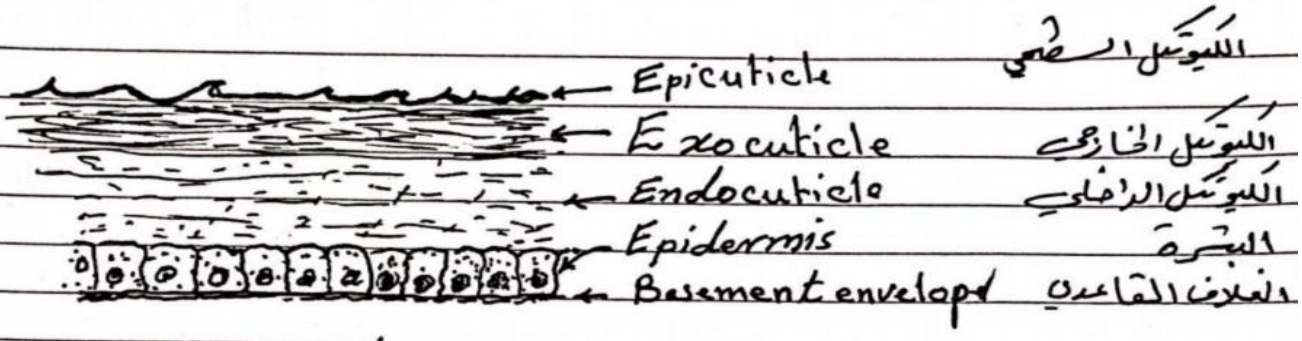
وهي نموات بشكل زوائد داخلية بأشكال مختلفة من جدار الجسم مكونة الهيكل الداخلي Endoskeleton. اما وظيفتها فهي تؤدي وظائف الدعم للأحشاء والأعضاء الداخلية ومواضع ارتباط العضلات. وتتوزع كالاتي: -

- الهيكل الداخلي للراس Tentorium.
- الصدر – اما ظهرية Phragmata، وبطنية Apophysis
- إضافة الى الدروز Sutures بين الصفائح Sclerites والجسور (الحافات) الداخلية.

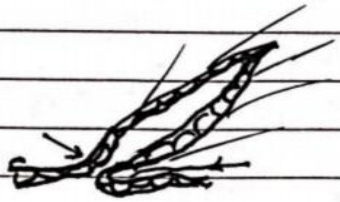
(متابعة في الجزء العملي للتعرف على النموات والهيكل الداخلي)

## وظائف جدار الجسم في الحشرات

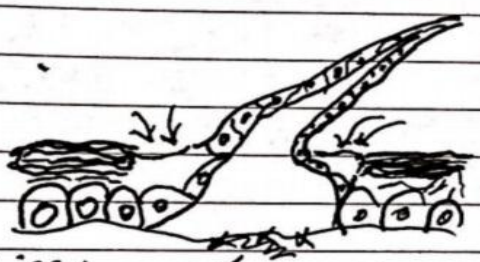
١- حماية الانسجة والأعضاء الداخلية
٢- كحاجز حماية ضد المفترسات ودخول الكائنات الممرضة والطفيليات، وحاليا المبيدات Pesticides.
٣- كحاجز مانع ضد فقدان الماء، ودخوله في حالة الحشرات المائية.
٤- كبطانة للقصبات والقصيبات الهوائية والغدد اللعابية وأجزاء من القناة التناسلية، والتي تستنسخ جميعها عند الانسلاخ.
٥- كحاجز حماية للمعيين الامامي والخلفي من القناة الهضمية.
٦- يوفر للحشرة " كمنافذ " على العالم الخارجي خلال أعضاء الحس.



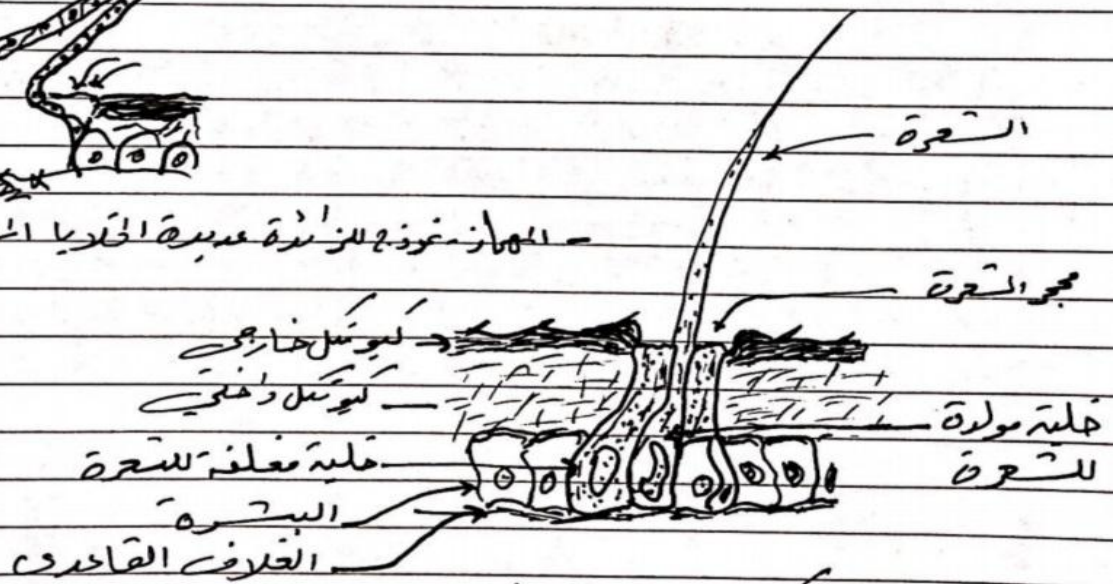

= متقطع عرضي في جدار الجسم لشعرة نموذجية.



- نموذج للزوائد الصلبة غير الحلوية
- نموذج للزوائد عديدة الخلايا الشبيهة Spine (شوك جدار الجسم - الشعر).



- المماثل نموذج للزوائد عديدة الخلايا المتحولة - الجسم غير متقزنة.




شعرة بخرية نموذجية Seta

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

# The Body Regions مناطق الجسم

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

تتميز الحشرات بتجمع حلقات الجسم بشكل متخصص في مناطق ثلاث تسمى Tagmata وكل واحدة Tagma، وهي الراس والصدر والبطن في الحشرات. ويتكون جسم الحشرة من (20) حلقة، وموزعة (6) على الراس و (3) على الصدر و (11) على البطن في الحشرة النموذجية.

## الرأس Insect Head

تلتحم حلقات الراس الست لتكوين محفظة الراس Head Capsule المتصلبة جدا. يمكن تقسيم حلقات الراس الى منطقتين وهما: الراس الامامية Procephalon والراس الفكية Gnathocephalon. وبمتابعة اللواحق في الطور الجنيني والحلقات المتصلة بها، يمكن معرفة كل حلقة ولواحقها المتخصصة في منطقة الراس وكما في الجدول الاتي:

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

## القحف The Cranium

يسمى صندوق (محفظة) الرأس Head Capsule محذوفا منه زوائده بقحف الرأس (القحف)، ومع التطور فأنه فقد التمييز بين قطع الراس الست داخليا. وان الخطوط التي تلاحظ على القحف فهي نظام حلقي معدل. وان بعض الخطوط هيا لتقوية الهيكل الداخلي، ولا يمثل الحدود كحلقة راسية الا الدرز خلف القفوي بين الحلقتين الخامسة والسادسة.

## زوائد الراس في الحشرات Head Appendages

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

### ١- قرون الاستشعار The Antennae

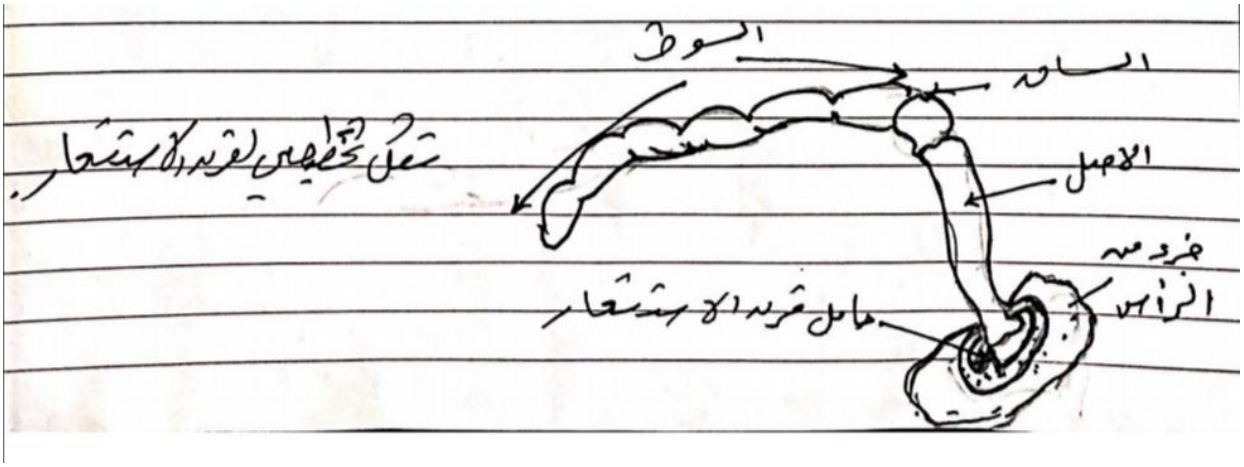
هي زوج من الزوائد التي تستخدم للحس في المفصليات. وهي متباينة جدا في الشكل، ولكن تتكون دائما من حلقة واحدة او قطع عديدة. اما وظائفها عامة، فهي: الاحساس باللمس وحركة الهواء والحركة والامواج الصوتية والشم والذوق. وقد تتحور قرون الاستشعار لإداء وظائف اخرى مثل: التزاوج والتوازن اثناء الطيران والسباحة وحضانة البيض والصغار (Immature Stage) وحتى التثبت بالسطح الذي تستقر عليه الحشرة. وتختلف 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 ولزيادة كفاءة قرن الاستشعار بزيادة مساحته السطحية بالتحولات والزوائد.

يتحرك قرن الاستشعار بفعل العضلات الناشئة من الهيكل الداخلي للراس والمتصلة بقاعدة قرن الاستشعار والمسماة الأصل Scape، ثم تنشا عضلات من الأصل وتتصل مع القطعة الثانية الحامل Pedicel، تسمى القطع الباقية الاخرى من قرون الاستشعار السوط Flagellum.

قرون الاستشعارهي من اعضاء الحس ، و تكون مزودة بمستقبلات اللمس و السمع ، فيكون سطح السوط مجهزا بالعديد من المستقبلات حسية التي اعصابها متصلة بالجزء الخلفي من الدماغ Deutrocerebrum ، اضافة الى ذلك 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، وتحاط قاعدة الاستشعار بدرز يسمى درز قرن الاستشعار. ان التنوع في قرون الاستشعار اغلبه ممثل بالتنوع في شكل قطع السوط وبروزاته والشعيرات المتصلة به. وهي مهمة في التصنيف.



## ٢- اجزاء الفم Mouthparts

هي لواحق الحلقات الرابعة والخامسة والسادسة للرأس. ويعد النموذج القارض Chewing Mouthpart اجزاء فم الحشرة النموذجية امثال الجراد من اكلات الاعشاب. 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. وتتمفصل مع الدرقة بواسطة درز غشائي هو الدرز الشفوي – الدرقي، وتخترق العضلات قاعدة الشفة العليا وتربطها بمحفظة الراس للحركة بجميع الاتجاهات.

- الفكوك القاضمة The Mandibles

تعد الفكوك القاضمة اطرافا فقدت قطعها البعيدة. وقد تحور سطح الفك الداخلي للقضم بجزئية الطرف: الطرفي (البعيد) للقطع، والقريب (الداخلي) لطحن الغذاء (الشكل المرفق). يتمفصل الفك بنقطتي اتصال بقحف الراس، احداهما تتمفصل بخلف الخد والاخرى تتمفصل مع قاعدة الدرقة، وبذلك يسمح للفكوك بالحركة الجانبية لسحق الطعام. تتصل بقاعدة مجموعتي عضلات: أحدهما كبيرة وقوية وفعلها يقرب الفكان من بعضهما هي العضلات المقربة Addectors، والاخرى صغيرة متصلة بحافة الفك الخارجية وتباعد الفكان عن بعضهما وهي العضلات المباعدة Abdetors.

- الفكوك المساعدة The Maxillae

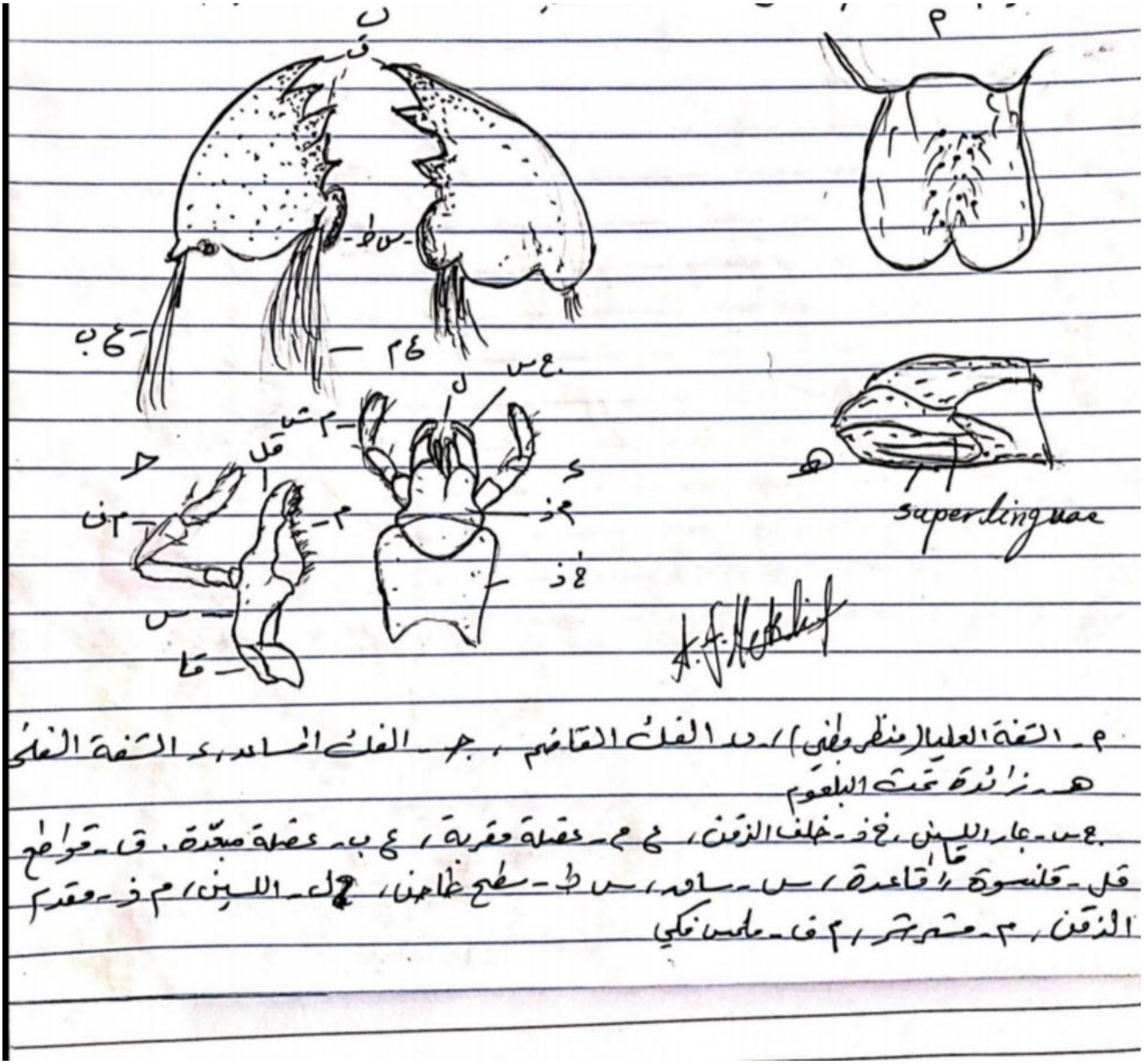
هي زوج الفكوك الثاني، وهي كأطراف الحلقة الخامسة للرأس ولازالت محتفظة بلواحقها (الزوائد)، ويتمفصل بالراس بنقطة ارتباط واحدة، يكون أسفل الفك المساعد مقسمة الى جزئين وهما: القاعدة Cardo القريبة، والساق Stipes البعيدة والتي توجد على قمتها فصان: الخارجي القلنسوة والداخلي المشرشر والذي قد يكون مسننا، ويرتبط الفك بالقحف بعضلات متصلة بالقاعدة والساق. ويقع الى خارج القلنسوة الملمس الفكي. ويسمح ارتباط الفك المساعد بالقحف بنقطة ارتباط واحدة بالحركة الى جميع الاتجاهات وعلى محور واحد. كما تتصل عضلات بالملمس والقلنسوة والمشرشر عضلات تتحرك بها.

- الشفة السفلى The Labium

تتشابه الشفة السفلى والفكان المساعدان عدا ان زوائد الشفة السفلى الداخلية ملتحمة وسطيا، ولذلك تعد زوج لواحق حلقة الرأس السادسة. زوائد الشفة السفلى هي زوج اللسينان Glossae وخارجها جارا اللسينان Paraglossae وهذه الزوائد (الفصوص) الاربع مماثلة للمشرشرين والقلنسوتين للفكين المساعدين. اما الملمسان الشفويان فيماثلان الملمسين الفكيين. ويحمل زوائد الشفة السفلى مقدم الذقن. ويتمفصل مقدم الذقن مع خلف الذقن، كما تتحرك زوائد الشفة السفلى فان مقدم الذقن يتحرك بمفرده.

- تحت البلعوم Hypo pharynx

تحت البلعوم هو فص وسطي كبير ويقع بين فتحة الفم والشفة السفلى. يحمل تحت البلعوم زوجا من الفصوص عند قاعدته تعرف بالفصين فوق اللسانين Super linguae وذلك في بعض الحشرات، وتفتح قناة الغدة اللعابية عند قاعدة تحت البلعوم.




م - الشفة العليا (منظر وظفي) ، د - الفك القاضم ، ج - الفك المساعد ، ء - الشفة السفلى
هـ - زائدة تحت البلعوم
ع س - عارضة اللسين ، غ ذ - خلف الذقن ، ع م - عضلة مقربة ، ع ب - عضلة مبعدة ، ق - قواطع
قل - قلنسوة ، ق - قاعدة ، س - ساق ، س ط - سطح ظاهر ، ع ل - اللسين ، م ذ - مقدم
الذقن ، م - مشط ، م ف - ملمس فكي

# 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 زوجا من الارجل عادة. ويحمل كلا الصدر الوسطي والخلفي زوجين من الاجنحة في الحشرات المجنحة Pterygota، ويسمى كلاهما بالصدر المجنح Pterothorax. تكون مناطق الاتصال بين حلقات الصدر بشكل طيات داخلية، وترتبط بينها العضلات، وحين تقلص العضلات تنتج حركة لواحق الصدر من المشي والطيران. ان هيكل الحلقات الصدرية متحور لإعطاء الدعم الفعال للأرجل والاجنحة.

## • صفائح الصدر Thoracic Sclerites

- الصفائح الظهرية: تسمى Nota (المفرد Notum) في الصدر، (وتسمى Tergum الصفيحة الظهرية في الصدر والبطن).
- وتبعا للترتيب: تسمى الصفيحة الامامية Pronotum والوسطية Mesonotum والخلفية Metanotum. تكون صفيحة الصدر الامامية بسيطة ودورها الارتباط بعضلات الارجل الامامية. اما الصدرين الوسطي والخلفي صغيرتان نسبيا في الحشرات غير المجنحة. واما الصدر المجنح في الحشرات المجنحة تكون متحورة لاتصال الاجنحة، وفي الحشرات المجنحة ذات زوج عامل واحد كما في الجراد والذباب فتتطور فقط الصفيحة الظهرية للصدر المجنح الوسطي او الخلفي. وفي الصدر المجنح، فان الصفيحة الظهرية مقسمة الى: -

١) صفيحة تحمل الجناح Alinotum وهي مقسمة بدروز مستعرضة الى: -
   a- مقدم الدرع Prescumtum
   b- يليها الدرع Seutum
   c- والقسم الاخير منها هو الدريع Seutellum. تتحور حافات هذه الصفيحة الجانبية لتمفصل الاجنحة.
٢) صفيحة خلفية Postnotum وهي تحمل الحاجز الداخلي Phragma كحاجز مستعرض داخلي.

## • القفص الصدري Thoracic Sternum

تسمى الصفيحة البطنية للحلقة الصدرية القص الحقيقي Eusternum كل من حلقات الصدر الثلاث.

ينقسم القص الحقيقي في الحشرة النموذجية الى: -

- مقدم القص Presternum.
- منطقة وسطية هي قاعدة القص Basisternum.
- منطقة خلفية هي القصيص Sternellum.

وربما يحمل كل قص حقيقي زوجا من الانبعاجات، ويحدد موقعها نقرتان على سطح القص. وتسميان الشوكتان الداخليتان.

- الصفيحة الجانبية Thoracic Pleura

يسمى الجدار الجانبي للحلقة الصدرية الواقع بين الصفيحة الظهرية والقص بالبلورا او الصفيحة الجانبية. وتكون التسمية لها حسب الحلقة الصدرية:

- ❖ بلورا امامية Pro pleuron، وبلورا وسطية Meso pleuron، وبلورا خلفية Meta Pleuron. وإذا كانت الصفيحة الجانبية كصفيحة صلبة فهي للدعم ونقطة تمفصل للأرجل والاجنحة. وتنشأ من الحافة الداخلية للبلورا شوكة بلورية Pleural apophysis، وتلتقي مع الشوكة الداخلية للقص ولكنهما لا تتحدان، وتكون مادة الاتصال بينهما العضلات او كيوتكل مرن. يفصل البلورا الدرز البلوري الى صفيحتين ثانويتين وهما: الامامية Episternum فوق الصفيحة القصية، والخلفية هي صفيحة فوق الحرقفة Epineron، كما توجد صفيحة هلالية الشكل تقع الى الامام من الحرقفة هي Trochantin. وجدير بالذكر ان الصفيحة الجانبية الامامية صغيرة وبسيطة في تركيبها مقارنة مع بلورا الصدر المجنح.

## لواحق الصدر Thoracic Appendages

### ١- الارجل Legs

ان زوج اللواحق الحقيقية للحلقات الصدرية هي الارجل. اذ يتكون كل زوج من نفس التركيب. ولكن بإمكانها ان تتحور لأداء وظائف مختلفة

- ❖ أجزاء الرجل من الطرف القريب هي: الحرقفة Coxa، المدور Trochanter، الفخذ Femer، الساق Tibia والذي يكون مقسما الى 2 – 5 قطع ثانوية، او قد يكون الرسغ غير مقسمة في الحشرات غير المجنحة الابتدائية. وتنتهي الرجل بالرسغ الأقصى Pretarsus، والذي قد ينتهي بمخلب او مخلبين، وقد توجد وسادتان غشائيتان Pulvilli تحت كل مخلب، وفي وسطهما وسادة، وقد يكون بين الوسادتين اما شوكة Empodium كما في الذباب المنزلي او وسادة غشائية ثالثة وسطية كما في ذباب الخيل.

## تحورات الارجل

الرجل النموذجية تستعمل للمشي عادة، ولكن لأداء وظائف أخرى فان الرجل تتحور الى أجزاؤها لأداء الوظائف المناسبة: -

- ❖ أرجل الركض Running: تكون أجزاء الرجل طويلة ورفيعة وارتباط الحرقفة غير وثيق بالصدر كما في الصراصر والخنافس النمرية ...
- ❖ أرجل القفز Jumping: استطالة الفخذ والساق، وتضخم الفخذ لتتصل به عضلات الساق، وعادة ما تكون الارجل الخلفية كما في الجراد والبراغيث وقفازات الارق.
- ❖ أرجل السباحة Swimming: قطع الرجل مسطحة ومزودة جانبيا بشعيرات طويلة.
- ❖ أرجل القنص Grasping: تحورت الارجل الامامية – استطالة الحرقفة، والفخذ والساق كما في حشرة فرس النبي.
- ❖ أرجل الحفر Digging: الارجل الامامية قصيرة، والساق عريضة ذات اسنان كايتينية والرسغ مختزلة - الكاروب والخنافس الجعالية.
- ❖ أرجل التزاوج – ذكور بعض الحشرات، اما استطالة الارجل الامامية او وجود ممصات على الرسغ الامامية. بعض الخنافس.

- أرجل الجمع Collecting: الارجل الخلفية للنحل، صفوف من شعيرات طويلة على الارجل الخلفية بشكل سلسلة لحمل حبوب اللقاح.
- أرجل التنظيف: الارجل الامامية في النحل، انخفاض على السطح الداخلي للرسغ القاعدية مزود بشعيرات ومغطى بزائدة جلدية.
- أرجل التعلق Clinging: الحشرات الطفيلية الخارجية، فيها يختزل عدد قطع الرسغ وينتهي بمخلب واحد مقابل نتوء في الساق للامساك بشعر او ريش المضيف.
- وتوجد في مصادر أخرى أمثال: عجن حبوب اللقاح وانتاج الصوت والسمع ...

## الحركة في الحشرات

الزحف Crawling التشتت في الماء (اليرقات المائية Wriggling) والسباحة Swimming والمشي Walking، ممكن الاطلاع على الاربع الاولى من مصادرها (للاطلاع). اما المشي كالاتي:

## المشي في الحشرات البالغة

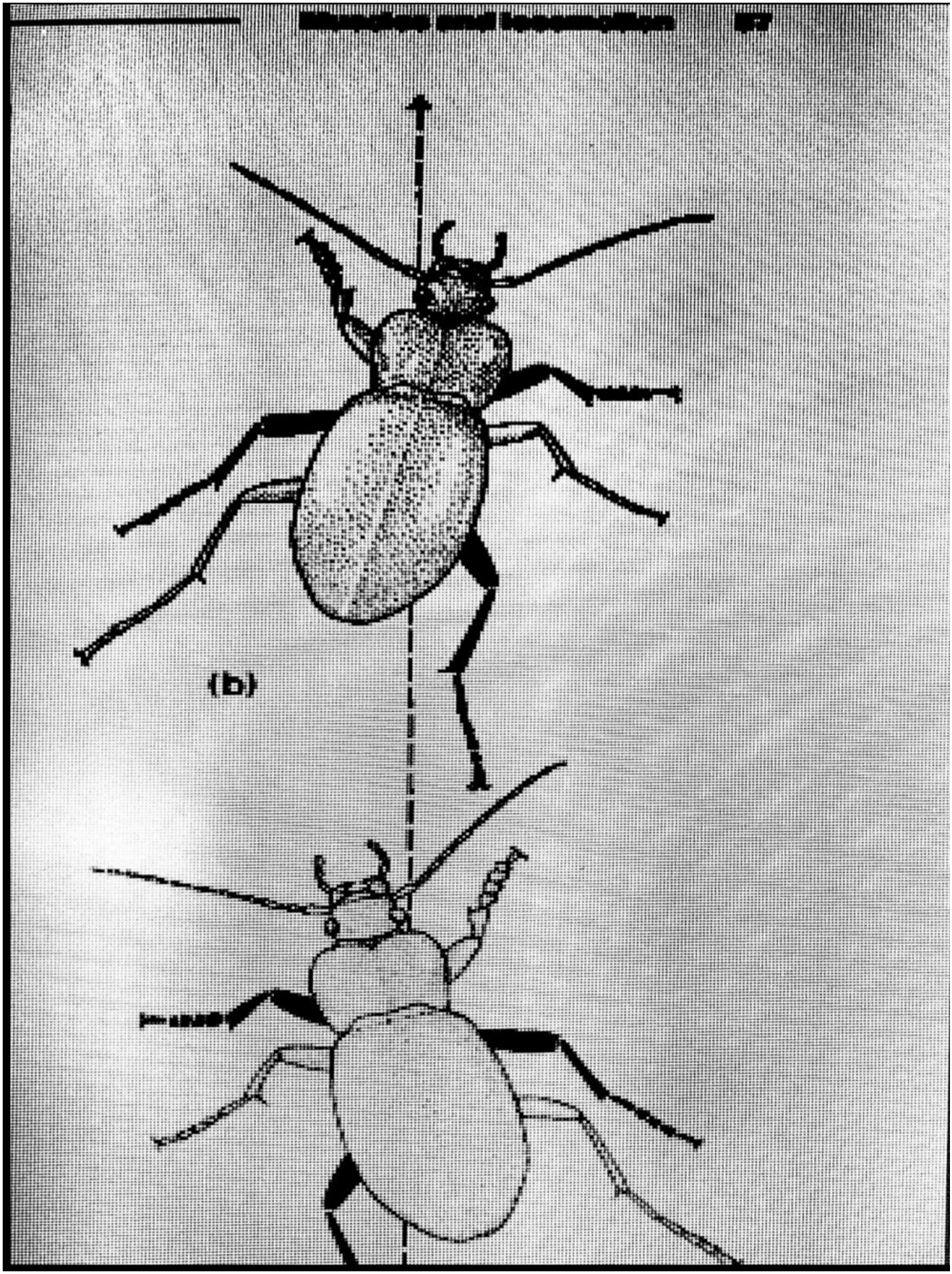
جسم الحشرة ذو هيكل خارجي صلب، وبإمكانه التقلص والانبساط بواسطة ازواج من العضلات المتوافقة والمتضادة المرتبطة بالكيوتكل. تتفرد الحشرات عن باقي المفصليات بانها ذات الاقل عددا من الارجل وهي ثلاثة ازواج ولذلك فان كل رجل يجب ان تؤدي:

- دعم وزن الجسم فوق السطح الذي تقف عليه الحشرة.
- توجيه الحركة الى الامام في نفس الوقت.

### المشي حسب وصف Wilson / 1966:

تتشبث ثلاث أرجل للدعم، وهي الامامية والخلفية من جهة واحدة مع الرجل الوسطي من الاتجاه المعاكس باتجاه الخلف retraction وبتنظيم ثلاثي Tripod arrangement بينما كل رجل بالاتجاه المعاكس تتحرك الى الامام Protraction وبتنظيم Stepping Forward

الشكل المرفق: هو تفسير لطريقة المشي أعلاه لخنفساء بالغة.


(b)

# الاجنحة في الحشرات

لا توجد الاجنحة العاملة الا في الحشرات البالغة والممثلة بتحت الصنف Sub Class الحشرات المجنحة. ان الجناح هو نمو جانبي بين الصفيحتين الظهرية والجانبية للصدرين الوسطي والخلفي (الصدر المجنح). يتكون كل جناح من غشاء رقيق مدعم بنظام من التعريق، وقد نشا هذا الغشاء من طبقتين من جدار الجسم اتحدتا الى حد ما (ولا يعد من اللواحق للحلقات). اما العروق Veins، فقد تمثلت في حال بقاء طبقتي جدار الجسم منفصلتان إضافة الى تثخن الكيوتكل فيهما وتصلبه جدا. ويوجد داخل كل عرق: عصب وقصبة هوائية، كما يسري خلاله الهيمولمف لارتباط تجويف العرق مع الجوف الجسمي. (شكل (١)). تتباين اشكال وتراكيب الاجنحة في المجموعات الحشرية ويحدد ذلك، التداخل النموذجي مع ديناميكية الهواء والمرونة والقوى الداخلية اثناء الطيران. كما ان الجناح بحاجة الى طيه اثناء عدم الاستخدام، لذلك وجدت 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 او طي الجناح اثناء الاستراحة، او تحصمه او انفصاله عند موضع ارتباطه بالصدر كما في النمل والآرضة.

## مناطق الجناح

ينقسم الجناح بالطيات وخطوط الثنيات الى مناطق عديدة. اما شكل الجناح فهو مثلثي الشكل تقريبا، فتكون تسمية حافات الجناح وزواياه كالاتي:

### حافات الجناح

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

### زوايا الجناح

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

ويتحدد وجود العروق في المنطقة الامامية للجناح

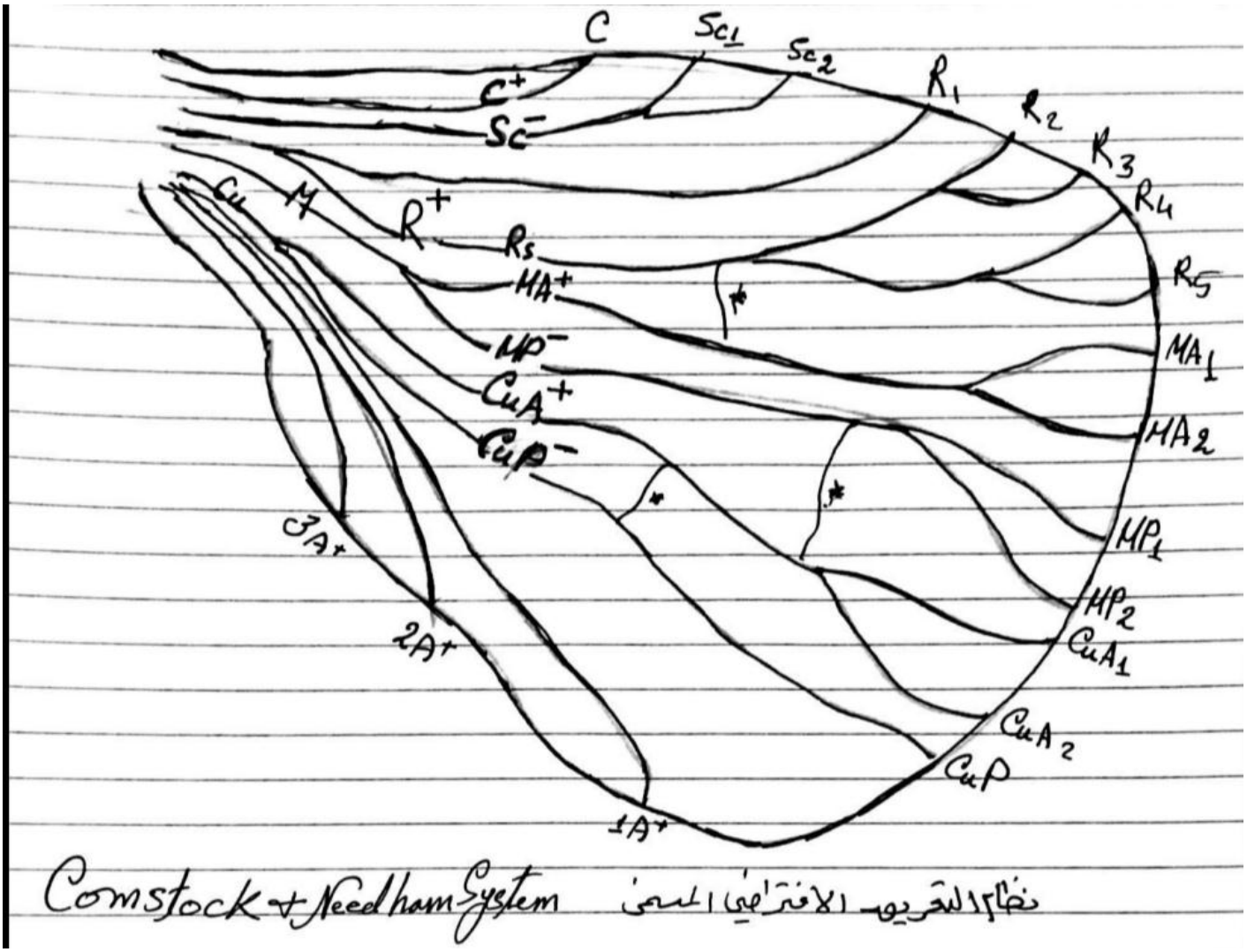
نظام تعريق الاجنحة The Vienation System:

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.

ان لنظام التعريق أهمية في متانة وخفة الجناح، إضافة الى أهميته التصنيفية بين المجموعات الحشرية، وقد يصل التباين حتى بين الأنواع والاجناس. وتميل العروق للاختزال في الحشرات المتقدمة، وقد افترض نظام للتعريق افتراضي نموذجي بالأسناد الى الحشرات البدائية والمتحجرات هو نظام Comstock and Neadham System.




العروق الغائرة (-) والعروق الناتئة (الظاهرة) بعلامة (+)

- C- Costal – ضلعي.

- SC - Subcostal تحت ضلعي.

- R - Radius الكعبري، Radius setore – الكعبري القاطع.

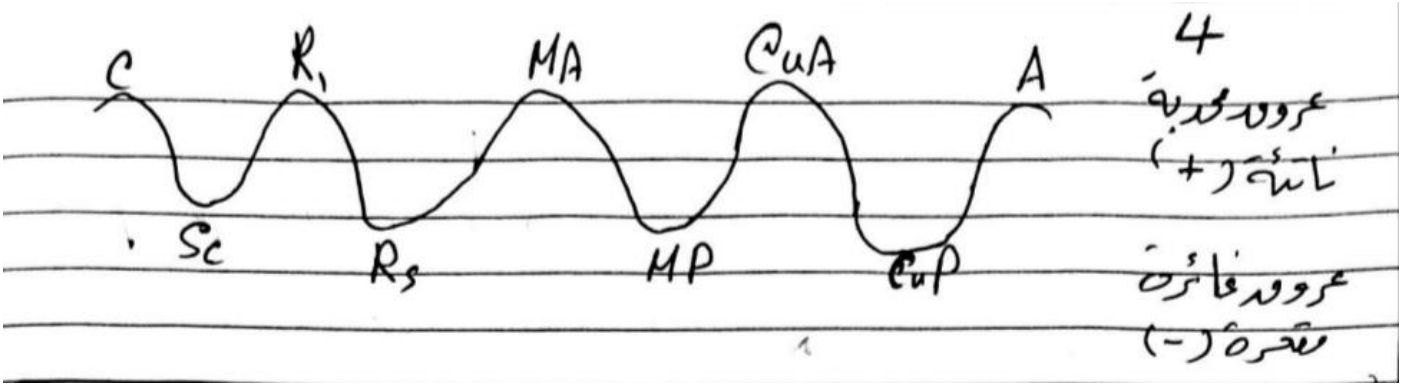
- M - Median – الوسطي Anterior.MA، Posterior – P، خلفي.

3A, 2A, 1A Anal Viens العروق الشرجية.

- Cu - Cubitus. زندي، Anterior _ CuA، Posterior.Cup خلفي.

Corss Viens عروق مستعرضة.

ولتبسيط فهم: العروق الغائرة – قعر الموجة – العروق الناتئة – قمة الموجة.




## تحورات الاجنحة

- الاجنحة العاملة (تستعمل للطيران) النموذجية هي الاجنحة الغشائية Membranous. اما تحور الاجنحة فيكون لأداء وظائف اخرى، مثل
- الجناح الجلدي Tegmina تحمي الجناح الخلفي اثناء الراحة.
- الجناح الغمدي Elytorn متصلب وفاقد التعريق الاساسي للجناح الامامي.
- الجناح نصف الغمدي Hemelytron – نصف الجناح الامامي في نصفية الاجنحة متثخن – غمدي، والنصف الخلفي شفاف – أي غشائي.
- فقدان الاجنحة، اما تطوري ففي الحشرات البدائية مفقودة أي لا تتطور ابدا او الفقدان صفة مكتسبة في الحشرات الطفيلية الخارجية أي وجود برعم الجناح في الحوريات ولكن مفقود – كصفة مكتسبة – في البالغات، او بعد التطريد Swarming، يفقد النمل والأرضة الاجنحة بالارتكاز على الجناح وفصله من قاعدته لانتقاء الحاجة اليه.

## شبك الاجنحة Wing Coupling

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

(الجزء العملي مهم الاطلاع على نماذج من آليات الشبك في النحل، والزنابير، والبق النباتي، والفراشات ...)

## تمفصل الجناح مع الصدر Articulation of wing with thorax

تكون طبقتا الجناح الكايتينية عند موضع اتصاله بالصدر غشائية ومرنة، وتقع بين هاتين الطبقتين الغشائيتين الصفائح الابطية Axial Sclerites، تنقل الصفائح الابطية الحركة من موضع انتاجها في الصدر بواسطة عضلات الطيران الى الجناح. في الحالات النموذجية: توجد ثلاث صفائح إبطية

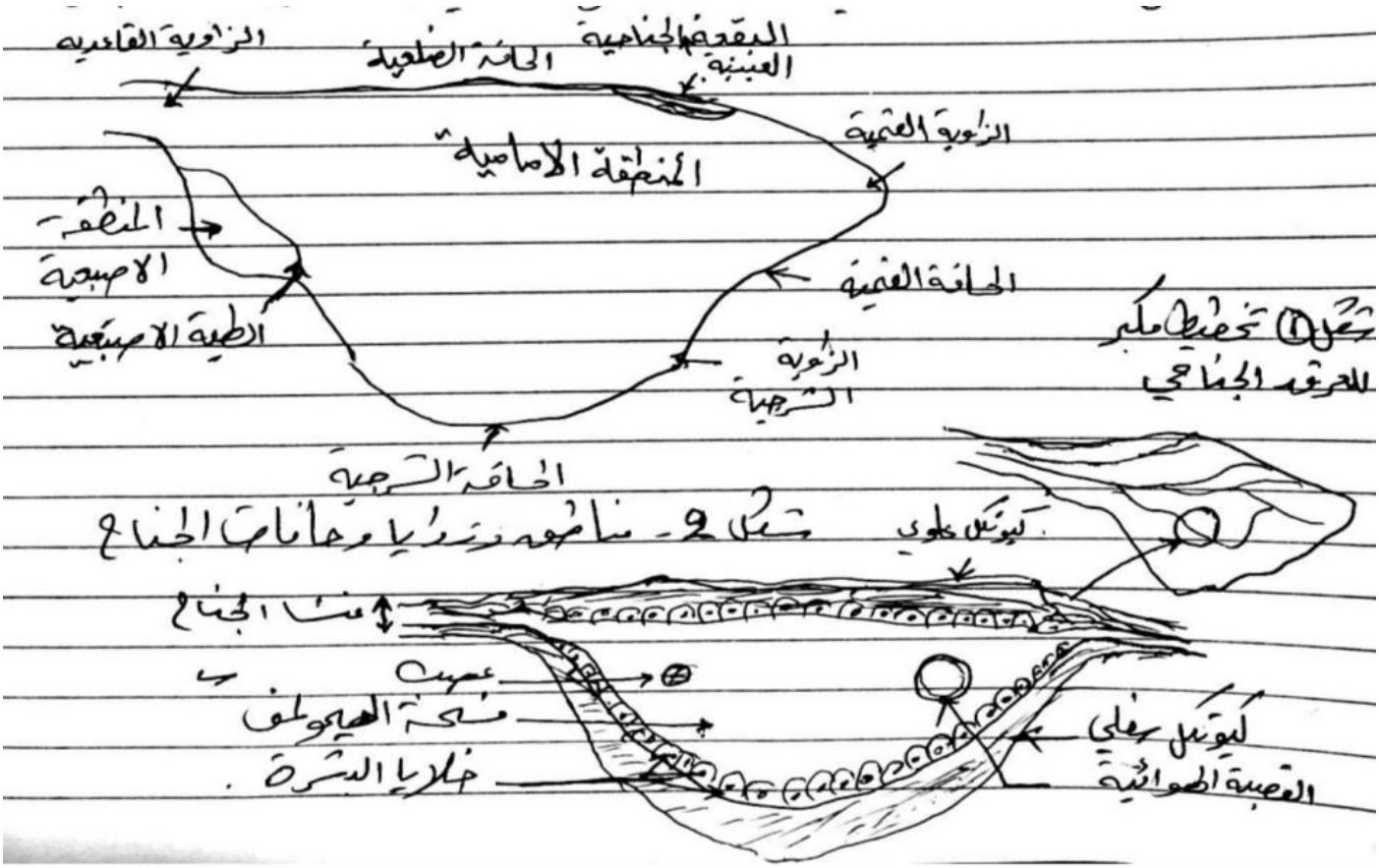
١. تقع الصفيحة الاولى في الغشاء الظهري لقاعدة الجناح، وتتمفصل من الناحية القريبة مع النتوء الظهري الامامي (الناشئ عند التقاء الصفيحة الظهرية الجناحية مع البلورا) وبعيدا مع العرق تحت الضلعي.

٢. اما الصفيحة الابطية الثانية، فتمتد بين الغشائيين الظهري والبطني (العلوي والسفلى)، وتتمفصل مع النتوء البلوري الوسطي من الناحية القريبة وبعيدا مع قاعدة العرق الكعبري R، كما ترتبط الصفيحة الابطية الثانية مع الصفيحة الابطية الثالثة.
٣. تتمفصل الصفيحة الابطية الثالثة قريبا من النتوء الظهري الخلفي وبعيدا مع العروق الشرجية (الخلفية)، وتكون بشكل حرف Y. وقد يوجد صفائح أكثر من 3 او مختزلة عن 3 كما في الفراشات.

## حركة الاجنحة Wings Movement

تتحكم بحركة الجناح وظيفيا ثلاث مجموعات من العضلات

- العضلات المباشرة Direct Muscles، وهي التي تنشأ في الصدر (المنشأ) وتخترق قاعدة الجناح (المدغم)، ولتقلصها تأثير مباشر على حركة الجناح.
- العضلات غير المباشرة Indirect Muscles، وهي التي ينتج عن حركتها (التقلص والانبساط) حركة الجناح اذ يتشوه (يتجعد) شكل الصدر بفعل العضلات الطولية والعضلية غير المباشرة في الصدر، وحين انبساط العضلات يعود الصدر الى حالته الطبيعية فتنتج طاقة حركية من الطاقة الكامنة من الفرق بين الشكلين بمساعدة مطاطية الكيوتكل
- المجموعة العضلية الاضافية Accessory Muscles، وهي عضلات تعمل على تعديل رفرفة Stroke الجناح.



# البطن The Abdomen

يتباين عدد حلقات البطن، فالعدد البدائي 12 حلقة، على الرغم من عدم وجود هذا العدد اليوم إلا 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 الاجنحة، تختزل الحلقة الاولى وتلتحم مع الصدر الخلفي. ولتسهيل الدراسة تم تقسيم حلقات البطن الى الحلقات قبل التناسلية والحلقات التناسلية والحلقات خلف التناسلية .

## الحلقات قبل التناسلية Pregenital segments

لا يختلف كثيرا وصف أي حلقة قبل التناسلية عن وصف الحلقة الموصوف سابقا (المحاضرة السابقة) ، مع بعض التخصص؛ اذ يحمل الجزء الأمامي للحلقة الاولى داخليا زوجاً من الحواجز كموضع ارتباط للعضلات الطويلة الظهرية للصدر الخلفي . وفي مجموعات التصنيفية العليا من رتبة غشائية الأجنحة ، تلتحم الحلقة البطنية الأولى Propodeum مع الصدر الخلفي ، ليبدو خصر واضح في هذه الحشرات بين الحلقتين البطنيتين الأولى والثانية . ونموذجيا عدد حلقات البطن قبل التناسلية من الاولى الى السابعة .

## 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 (ألاسترنة) الثامنة أو التاسعة في الأنثى ، وفي الذكر موقع الحلقة التناسلية خلف الاسترنه التاسعة . توجد فتحتان تناسليتان في رتبة ذباب مايس واغلب ذكور رتبة جلدية الأجنحة . لقدت تحورت الحلقات التناسلية بطرق مختلفة لوضع البيض ونقل الحيامن.

## الحلقات خلف التناسلية Postgenital segments

يتضمن الحلقات خلف التناسلية الحلقة العاشرة ، والحلقة الحادية عشرة حين وجودهما ، وحين وجود الحلقات خلف التناسلية في الرتب الحشرية الدنيا ؛ تلتحم الحلقة العاشرة مع الحلقة التاسعة أو الحادية عشرة ، ولا تحمل (الحلقة العاشرة) لواحق مطلقا . تتكون الحلقة الحادية العشرة من صفيحة ظهرية مثلثة الشكل تسمى فوق الشرجية Epiproct ، وزوج من الصفائح البطنية الجانبية تسمى Paraproct .

ولا 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 ( الاعضاء التناسلية الخارجية ) والقرون الشرجية . كما توجد في الحشرات المجنحة على عدد متباين من الحلقات قبل التناسلية ، تشمل اللواحق الابتدائية والمستقلة من أطراف الحشرات الابتدائية..

## الأعضاء التناسلية الخارجية External Genitalia

يتباين شكل الاعضاء التناسلية الخارجية كثيراً ، خصوصاً في الذكور ، أما في الاناث فتتحد تلك اللواحق 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 الاعضاء التناسلية الخارجية ( آلة وضع البيض وآلة السفاد ) من قبل علماء التصنيف لأغراض التشخيص بشكل واسع .

آلة وضع البيض Ovipositor

تتكون آلة وضع البيض نموذجياً من جزئيين : جزء قاعدي والساق Shaft، يتمثل الجزء القاعدي من زوجين من الحراقف التناسلية gonocoxae ويسميان أيضاً حاملات الصمامات Valvifers على الحلقتين التناسليتين الثامنة والتاسعة ، وهي تماثل حراقف الأرجل . أما الزوائد التناسلية Gonapophysis الأربعة ويسميان بالصمامات Valvula فهي تمثل الساق ؛ فالزوج الأول ( على الحلقة الثامنة )البطني ، والزوج الثاني ( على الحلقة التاسعة ) الظهري . وفي معظم الحشرات المجنحة ينشأ على كل من الحراقف الثانية زائدة خلفية ثانية هي زوج الصمامات الثالثة والتي قد تكون آلة وضع البيض أو كغمد للحماية .

قد تكون آلة وضع البيض مفقودة كما في نصفية الأجنحة ونصفية الأجنحة ، وقد تكون آلة وضع البيض محورة لإداء وظائف أُخرى أضافة الى وضع البيض من الحفر والثقب والنشر sawing واللسع في رتبة غشائية الأجنحة . ولا يتشارك آلة وضع البيض في وظيفتها الأساسية في حال اللسع فتكون آلة اللسع stinging apparatus .

## تحور آلة وضع البيض في رتبة غشائية الأجنحة

لقد بقيت آلة اللسع محتفظة بمكوناتها الأساسية ، بإستثناء إختفاء زوج الحراقف التناسلية الأول ، فارتبطت الصمامات التناسلية الأولى بصفيحة صغيرة ؛ وتلك الصفيحة متمفصلة بموضعين مع الحرقفة الثانية المشتقة منها والصفيحة الظهرية ( ترجة) للحلقة التاسعة ، تكون الساق طويلة وينزلق البيض عبرها الى المكان المفضل كالمضائف وغيرها لنمو يرقاتها . أما في غشائيات الأجنحة اللاسعة كالنحل والزنابير، فتتحرر البيوض من قاعدة آلة وضع البيض ، وتتخصص آلة وضع البيض آلة اللسع ، وفيها يلتحم زوج الصمامات الثاني من الناحية القريبة الى اخدود متضخم ويسمى البصلة القاعدية basal bulb ، وحين قيام الحشرة باللسع ، يتحرر السائل من الغدد الشمية الى البصلة القاعدية ، ثم يسري السم على طول الاخدود بحركات متتالية أمامية وخلفية للسهمين وهما تحوران للصمامين الأولين .

**آلة السفاد في الذكر Male Genitalia**

تتكون آلة السفاد في الذكر من مجموعتين من التراكيب أيضاً المجموعة الأولى تراكيب أساسية ، وهي على الرغم من تباينها في الشكل ، لكنها موجودة في كل الحشرات ، وأما مجموعة التراكيب الثانية فهي خاصة بكل مجموعة تصنيفية وحتى انها متخصصة بكل نوع. لقد أشارت الدراسات المقارنة ، أن التركيب الأساسي لآلة السفاد في الذكر مشتق من زوج من طيات القضيب الأولية ، وتمثلان نمواً إكتوديرمياً الى الخارج تعود الى الصفيحة القصية ( استرنة ) الحلقة البطنية التاسعة ، وقد بقيت هاتان الطيتان منفصلتان في رتبة ذباب مايس Ephemeroptera وفي نهايتهما الفتحتين التناسليتين gonopores . وعموماً في باقي الحشرات ، تنقسم كل طية ابتدائية الى طيتين ثانويتين ( عددها أربع ) وتسمى Phallomeres ، وبين الطيتين الوسطيتين (mesomeres) ، ينبعج الإكتوديرم لتكوين القناة القاذفة Ejaculatory duct . وأما الزوج الخلفي (Parameres) قد إستطالا لتكوين أعضاء القبض ( المساكتان)، وقد اتحدتا الطيتان الوسطيتان على طول الخط الوسطي لها لتكوين عضو التلقيح الانبوبي *aedeagus* ، وتقع في نهايته الفتحة التناسلية *Phallotreme* . وقد اتحدتا كل من المساكتين وعضو التلقيح من الناحية القاعدية لتكوين قاعدة عضو التلقيح *Phallobase* .

## زوائد بطنية أُخرى

**_ القرون الشرجية :**

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

**_ الأقلام Styli:**

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

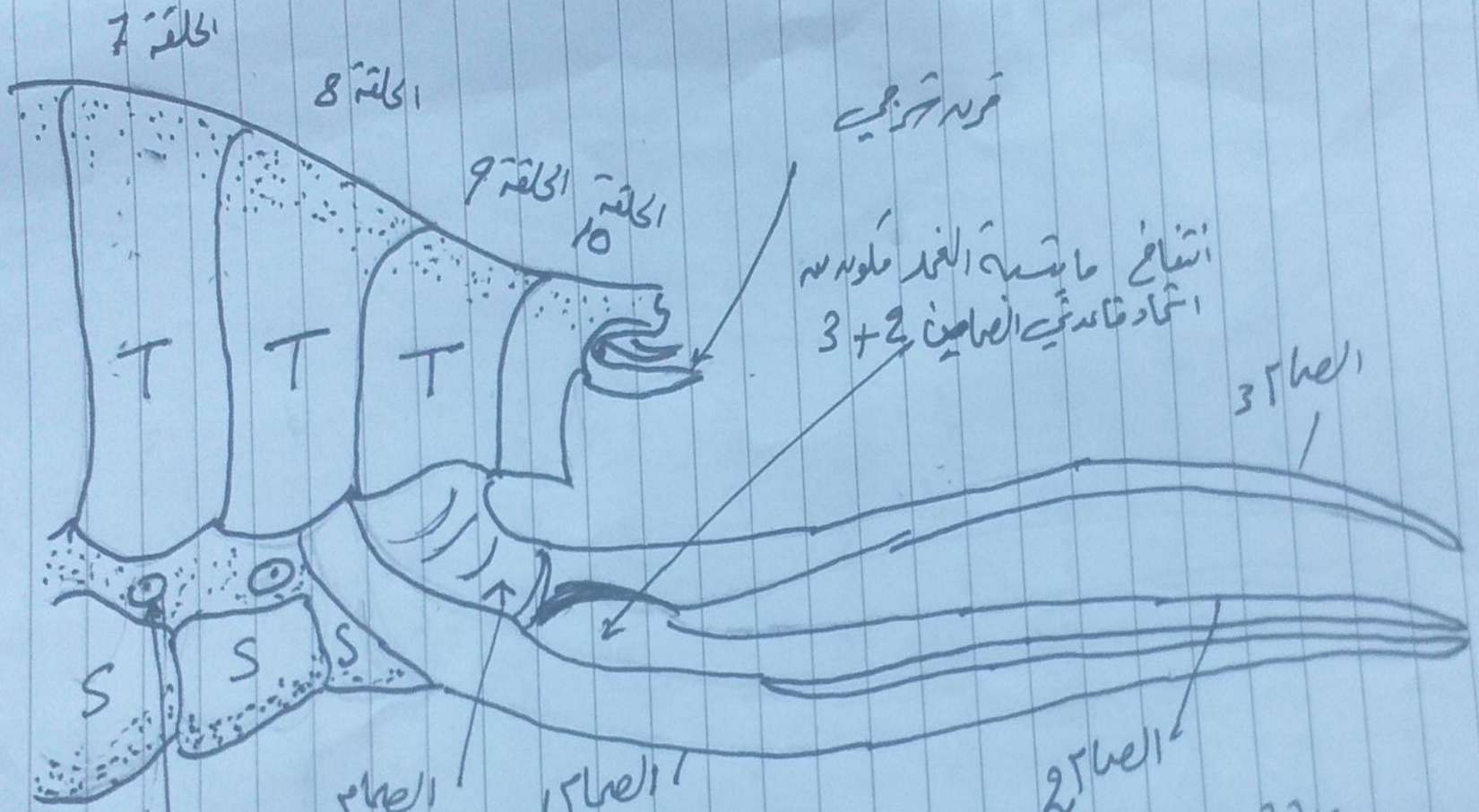
**_ الأرجل الاولية Prolegs:**

توجد تراكيب شبيهة بالارجل على البطن العديد من يرقات داخلية الاجنحة . تسمى الارجل الأولية او الارجل الكاذبة Pseudopods أو الأرجل اليرقية Larvapods ، ومعروفة في اليرقات الاسطوانية رتبة حرشفية الأجنحة والبدائية من رتبة بدائية غشائية الأجنحة ؛ وتتكون الرجل الأولية من ثلاث مناطق وهي :

غشائي قاعدي ويتبعه قسم أطول ذو صفيحة متصلبة على الجدار الخارجي وطبقة قمية تسمى Planta تحمل مخالب تسمى Cochets.

**_ الخياشيم Gills:**

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




تغر تنفسي

تحل تخصصي آلة وضع البيض Ovipositor في الجرادة ذات القرونة الطويلة.

T- Tergum, S.- Sternum

# الجهاز التناسلي للحشرات

## - الجهاز التناسلي الذكري :

يتكون التناسلي الذكري نموذجيا من: زوج من الخصى Testes والمفرد Testis والتي ترتبط مع زوج من الحويصلات المنوية Seminal Vesicles وقناة قاذفة وسطية Median ejaculatory duct. كما يوجد في معظم الحشرات غدد مساعدة Accessory glands والتي تفتح في القناتان الناقلتان Vasa deferentia أو في القناة القاذفة .

### I – الخصية : Testis:

قد تقع الخصية فوق أو أسفل قناة الهضم في البطن، ومتلاصقتان عادةً، وتتكون كل خصية عادة من سلسلة من الانابيب الخصوية أو الحوصلات الخصوية Follicles، والتي يتناوب عددها من واحد (أو واحدة) في تحت رتبة وحيدة التغذية Adephaga (غمدية الاجنحة) الى أكثر من 100 في الجراد القصير قرون الاستشعار. تكون الحوصلات غير منفصلة عن بعضها كما في رتبة حرشفية الاجنحة . وتحاط جميع الحويصلات Follicles بغشاء بريتوني ، ويتكون جدار الحويصلة من طبقة رقيقة ومكونا من طبقتين من الخلايا.

### II _ القناة الناقلة Vas deference والحويصلة المنوية Seminal vesicle:

ينشأ عن كل حويصلة خصوية قناة صادرة Vas efferens دقيقة وقصيرة؛ ان **القناة الصادرة**: هي انبوبة متوسطة السمك مقطها العرضي مكون من الداخل الى الخارج =خلايا طلائية وبعض تلك الخلايا غدية. وغشاء قاعدي رقيق وطبقة عضلية خارجياً . يتم خزن الحيامن في الحويصلات المنوية قبل نقلها الى الانثى .

والحويصلات المنوية : Seminal vesicles هي توسعات في القناة الناقلة Vas deference ( الجمع Vasa deferentia) في حشرات عديدة أو توسع في القناة القاذفة في أخرى. تسير القناتان الناقلتان خلفاً وتفتحان في النهاية البعيدة للقناة القاذفة.

### III _ القناة القاذفة Ejaculatory duct :

ترتبط القناتان الناقلتان وسطياً بقناة تدعى القناة القاذفة، والتي تفتح خلفاً في غشاء بين الحلقتين التاسعة والعاشرة تسمى الحلقة التناسلية gonopore تكون القناة القاذفة مبطنة بالكيوتكل ولذلك فمنشؤها اكتوديرمي.

### IV _ الغدد المساعدة Accessory glands:

الغدد المساعدة في الذكر تكون ذات أصل اكتوديرمي أو ميزوديرمي ، فإذا فتحت في القناة القاذفة فهي ذا منشأ اكتوديرمي ، واذا فتحت في القناة القاذفة فهي ذات منشأ ميزوديرمي. يتباين عدد وترتيب الغدد المساعدة في المجموعات الحشرية؛ ففي خنفساء الطين Tenobrio زوجان وفي الصرصر الحقلي 600 ، تكون الغدد المساعدة فاعلة في بالغات الذكور، وتساهم افرازاتها في انتاج حامل الحيامن Spermatophore لتوفير الحماية والتغذية للحيامن وتهيئة سلوك الانثى وفسلجتها للتناسل.

*** انتاج الحيامن Spermatogenesis:**

يوجد في النهاية البعيدة لكل حوصلة خصوية المنطقة المولدة Germarium، والتي تنقسم فيها الخلايا الجرثومية لتكوين امهات الحيامن Spermatogonia, والتي تنقسم خيطياً Mitotic division لانتاج خلايا الحيامن Spermatocytes ثم تنقسم خلايا الحيامن اختزاليا Meiotic division لانتاج اوليات الحيامن Spermatids ، وهي خلايا كروية وحاوية على عضيات الخلية بشكل طبيعي ، ثم تتحور بالتعاقب لتصبح الحيامن Sperm . فتكون الحوصلة الخصوية مقسمة الى ثلاثة مناطق على أساس نضج الحيامن الى:

1- منطقة النمو Zone of growth :والتي يتم فيها انتاج امهات الحيامن الابتدائية Primary spermatogonia لتزداد في الحجم وتنقسم لتكوين خلايا الحيامن Spermatocytes .
2- منطقة النضج Zone of maturation والاختزال: تمر كل خلية حيمن Spermatocyte بإنقسامين اختزاليين لانتاج اوليات الحيامن Spermatids .
**3-** منطقة الاكتمال Zone of transformation: وفيها تتطور اوليات الحيامن الحيوانات المنوية Spermatozoa.

**تسمى هذه العملية Spermatogenesis، ويعتمد عدد الحيامن في كل كيس خصوي ( حوصلة خصوية ) على عدد انقسام خلايا امهات الحيامن ، وهو ثابت في النوع.**

## - الجهاز التناسلي الانثوي

يتكون الجهاز التناسلي (التكاثري ) للأنثى من: زوج من المبايض Ovaries واللتان ترتبطان بزوج من قناتي البيض الجانبيتين Oviducts، وهاتان ترتبطان بقناة مشتركة وسطية Median Oviduct، والتي تفتح خلفاً في الردهة التناسلية (المهبل) Vagina ، والتي تكون بشكل Bursa لاستقبال حامل الحيامن أو قضيب الذكر، وتنشأ فتحة من المهبل الى كيس الحيامن Spermatotheca لخزن الحيامن، اضافة الى زوج من الغدد المساعدة في الغالب.

**I _ المبيض Ovary :**

يقع المبيضان Two ovaries في البطن أعلى القناة الهضمية أو على جانبيها . ويتكون كل مبيض من أنابيب البيض أو فروع المبيض Ovariols (تقابل الانابيب أو الحوصلات الخصوية )، وتتطور خلايا البيض Oocytes في فروع المبيض، ويتباين عدد فروع المبيض حسب الحشرة وموقعها التصنيفي وحياتية الحشرة، اذ تكون فروع المبيض مختزلة جداً في الحشرات الولودة Viviparous الى اثنين لكل مبيض كما في ذبابة مرض النوم *Glossina sp.*.

**II _ قناتي البيض Oviduct :**

هما انبوبتان ، جدار كل منهما مكوّن من طبقة خلوية واحدة، وخلايا مكعبة أو عمودية الشكل، مستندة على غشاء قاعدي ومحاطة بطبقة عضلية، ترتبط قناتي البيض بقناة وسطية مشتركة اكتوديرمية المنشأ، ولذلك فهي مبطنة بالكيوتكل. ولا توجد قناة مشتركة في رتبة ذباب مايس ولها فتحتان تناسليتان. وللقناة المشتركة طبقتان عضليتان دائرية وطولية.

**III _ المهبل Vagina :**

تسمى الردهة التناسلية وتصبح انبوبية لتكون استمرار للقناة الوسطية المشتركة وفتحتها الى الخارج، وربما لا يميز المهبل عن القناة المشتركة, ولكن يميز بنهايته بالفتحة الخارجية ومن الناحية القريبة بموضع اتصال المخزن المنوي. وقد اتسع جزء من المهبل الامامي في الحشرات الولودة Viviparous لتكوين الرحم والذي تتطور فيه اليرقة.

**IV _ كيس الحيامن Spermatotheca :**

يستخدم كيس الحيامن لخزن الحيامن منذ تلقي الانثى الحيامن لحين تلقيح البيض، ويوجد في معظم اناث الحشرات، وقد يكون عددها اثنان كما في ذباب الرمل وفي المراتب العليا للذباب مثل ذباب الخيل. وهي ذات منشأ اكتوديرمي ومبطنة بالكيوتكل، والبطانة غدية تفرز بروتينات وكاربوهيدرات معقدة ربما كغذاء للحيامن أثناء الخزن وربما لتحفيز الحيامن أيضاً.

**V _ الغدد المساعدة Accessory glands :**

تنشأ الغدد المساعدة للأنثى من الرده التناسلية ( المهبل )، وفي حال غياب هذه الغدد، فإن خلايا بطانة قناتي البيض الجانبية تكون غدّية كما في حال الجراد.

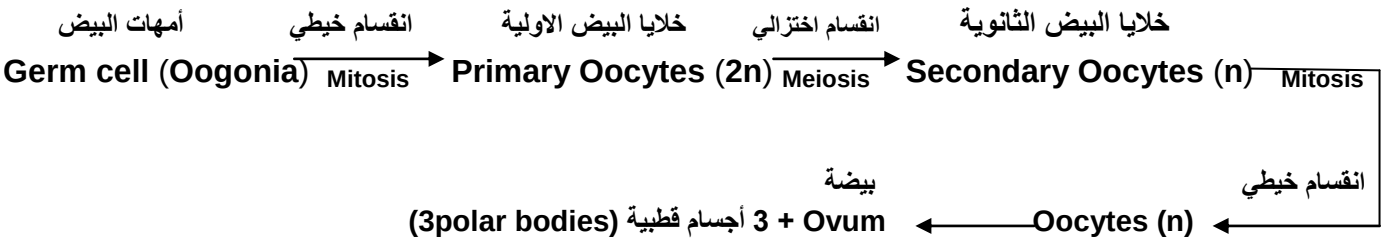
تنتج الغدد المساعدة مادة للصق البيض على موضع وضعه، ولذلك تسمى بالغدد الصمغية، وتنتج بعض الحشرات كيس البيض Ootheca لحماية البيض بعد الوضع , وتتحور ه الغدد المرتبطة بالجهاز التناسلي الى غدد سمية اللسع في إناث غشائية الاجنحة كالزنابير والنحل.

## * أجزاء فرع المبيض Overiole:

يتكون كل فرع من فروع المبيض – كما في النوع البسيط Panoistic ( إذ لا توجد خلايا مغذية متخصصة ) من المناطق الآتية:

1- الخيط الطرفي لربط البيض في جدار الجسم الداخلي Terminal filament.
2- المنطقة المولدة Germarium region والتي يحدث فيها إنتاج امهات البيض Oogonia وخلايا البيض الاولية Primary oogonia .
3- المنطقة المحية Vitellarium region وفيها تكتمل خلايا البيض الأولية والبوض لاحقاً Oocytes .
4- الحامل Pedicel.

والمخطط الاتي لتبسيط ولتوضيح عملية إنتاج البيض داخل فروع المبيض:



*** نقل الحيامن Sperm Transfer:**

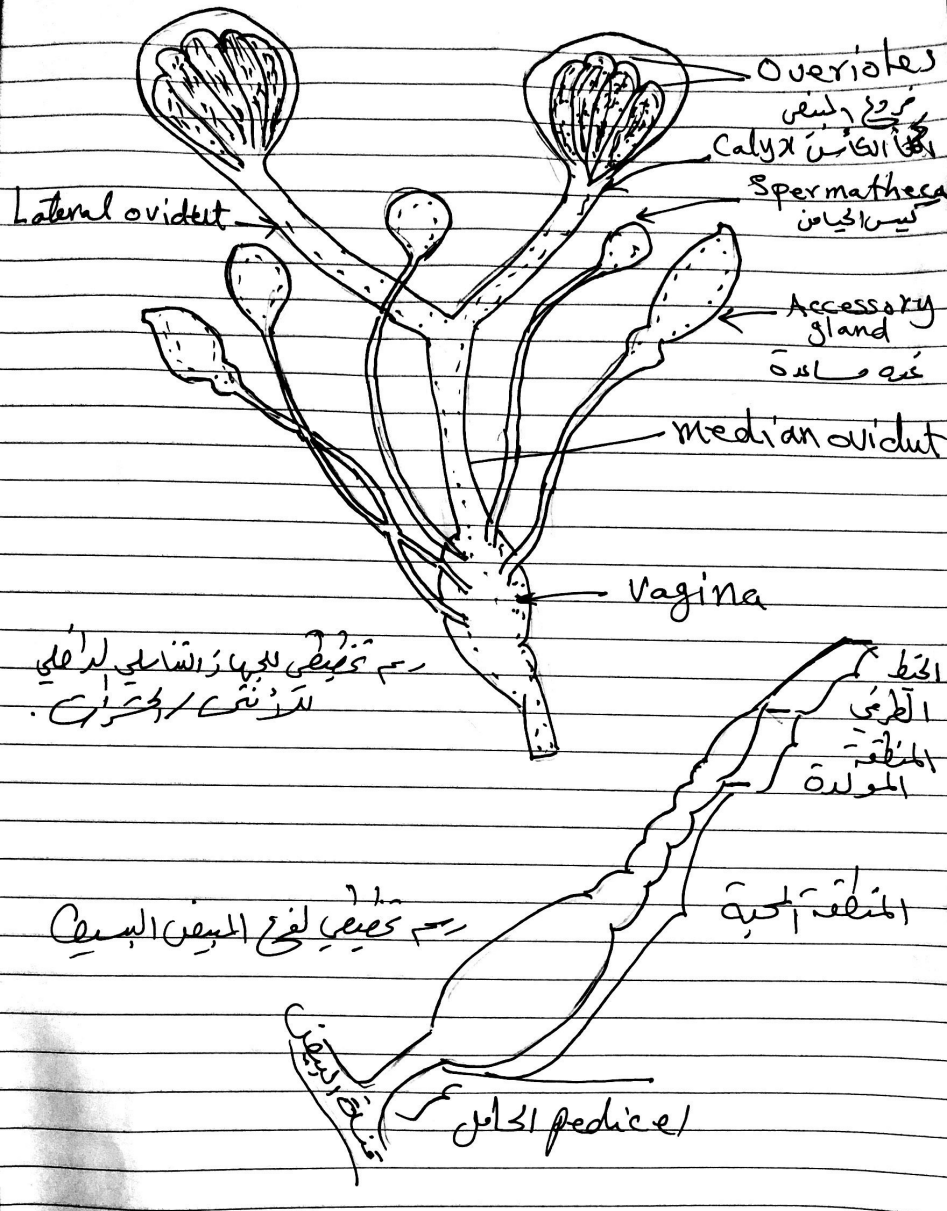
يتم نقل الحيامن من الذكر الى الانثى بعدّة طرق:-

1- النقل داخلياً Intrageneital عبر أعضاء التناسل الخارجية، وهي الطريقة الشائعة بدخول عضو التلقيح عبر المهبل ثم الى كيس المنوي أو الى الممر التناسلي الانثوي للتلقيح مباشرة.

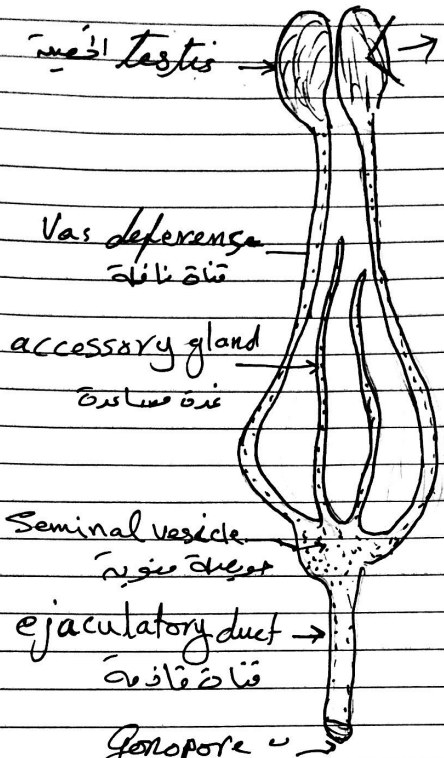
2- النقل عبر الجوف الجسمي Hemocelous (Traumatic insemination) يتم بثقب الذكر بطن الانثى بواسطة عضو التلقيح وقذف الحيامن الى الجوف الدموي للحشرة كما في بق الفراش.

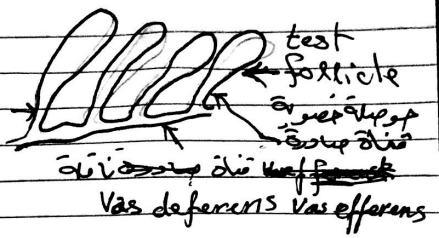
3- خارجياً External ، يقوم الذكر بقذف كيس حامل الحيامن Spermatophore في مكان مفتوح، بينما تمشي الانثى فوقه وتلتقطه عبر آلة وضع البيض كما في السمك الفضي. أو توضع الحيامن داخل عضو على استرنة الحلقة البطنية الثانية كما في الرعاشات .

غالباً ما يحدث في الحشرات Polyandry (تعدد الازواج) لضمان تلقيح البيض.




الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner




تتفرع كل خصية لتوضح
الحويصلة الخصوية والقناتين
الصادرة والناقلة

تكر تخليق الأجسام التناسلية الذكرية الداخلية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

# التكاثر في الحشرات

## الاباضة Ovulation

تسمى عملية مرور خلية البيضة Oocyte من الميض الى قناة البيض بالإباضة: وهي عملية نزول وتحرر البيضة من طلائية حوصلة البيضة Oocyte follicle. قد تحدث الاباضة بشكل متزامن من جميع فروع المبيض كما في رتبة مستقيمة الاجنحة مثل الجراد. وفي حالات اخرى كما في رتبة ذات الجناحين كذباب الناقل لمسبب مرض النوم: فان عمل فروع المبيض متبادل او متعاقب، وهذا يتطلب زيادة في منطقة الحامل Pedicel قبل قناة البيض الجانبية، لغرض خزن البيوض فيها او قد يخزن البيض في قناة البيض الجانبية Lateral oviduct.

## اخصاب البيض Egg Fertilization

يتم اخصاب البيضة خلال مرورها الى الردهة التناسلية (المهبل)، تتحرر حيامن قليلة من كيس الحيامن كاستجابة مباشرة للمستقبلات الحسية الميكانيكية لدخول البيضة الى الردهة التناسلية. فتتحكم بعملية تحرير الحيامن – حسب النوع – كما في ملكة نحل العسل اذ تنتج عاملات او لا تحرر حيامن فيكون البيض غير مخصب فتكون الذكور(الجنود). لا يتم الاخصاب في الحشرات الا بحيمن واحد، تكون فتحة النقير Micropyle البيضة مقابل كيس الحيامن.

## وضع البيض Oviposition

توجد مستقبلات حسية وكيمياوية على سطح آلة وضع البيض، وهذا عامل مهم في وضع البيض. تكون آلية وضع البيض؛ بأسقاط البيض على السطح المناسب في حال فقدان آلة وضع البيض. أما حينما تكون نهاية البطن تلسكوبية فإنها تستخدم في ادخال البيضة في الشقوق. وأما في غشائية الأجنحة فتكون آلة وضع البيض مكونة من صمامات تعمل سوياً لثقب الاجسام الصلبة للوصول الى المضيف.

## فقس البيض Egg Hatching

حينما تصبح البيضة جاهزة للفقس؛ يخرج الجنين من البيضة بطريقتين وهما:

الاولى يكسر الجنين قشرة البيضة بواسطة شوكة الفقس التي تقع على الرأس أو على أي جزء من الجسم، والثانية فيها يندفع غطاء البيضة Operculum اما بالقوة العضلية بشكل رئيس أو بأبتلاع الهواء أو بفعل ضغط السائل الأمينوني.

## أنواع التكاثر في الحشرات

### 1. الحشرات البيوضة Oviparous Insect

تكون معظم الحشرات بيوضة، إذ تضع الحشرة البيض، ثم يحدث التطور الجنيني بعد وضع البيض بإستهلاك المح، فالحشرات بيضها من نوع كثير المح.. كما في العث .

### 2. الحشرات البيوضة - الولودة Ovi-Viviparous Insect

يحدث النمو الجنيني داخل البيضة التي لازالت في الردهة التناسلية للأم ، فيحدث الفقس قبيل وضع اليرقة أو بعد وضع البيض مباشرة ، كما في ذباب اللحم والنفاخ.

### 3. الحشرات الولودة Viviparous Insect

الجنين في الحشرات الولودة يتغذى من الأم حال بدء النمو بشكل مباشر.

**أ- الحشرات الولودة ذات مشيمة Pseudoplacental Viviparous insects**

يحصل هذا النوع من التكاثر، حينما تكون البيضة قليلة المح، فتتطور البيضة داخل القناة التناسلية للأنثى (الأم)، إذ تقوم الأم بتجهيز نسيجاً سبيهاً بالمشيمة، وخلال هذا النسيج تنتقل المغذيات الى الجنين المتطور، ولاتحصل تغذية فمية لليرقات كما في المن Aphids ، فيحدث الفقس وتخرج الحوريات.

**ب- الحشرات الولودة فيها النمو داخل الجوف الجسمي Haemocoelous Viviparous insects**

يحدث تطور الجنين حراً داخل هيموليمف الأم وتنتقل الية المغذيات ازموزياً كما في الطفيليات الداخلية لأشباه الطفيليات من غشائية الأجنحة.

**ج- الحشرات الولودة بالتغذية الرضاعية Adenotrophic Viviparous insects**

يحدث الفقس داخل القناة التناسلية للانثى ، وتكون تغذية اليرقة فموياً من غدد (حليبية) مساعدة خلال (رحم) الأم، ويتم وضع اليرقة كاملة النمو ، ويحدث التعذير Pupation. كما في ذباب مرض النمو والخفافيش Puparia flies.

### 4- التكاثر العذري Parthenogenesis

يسمى التكاثر بدون أخصاب بالتكاثر العذري، وتوجد أنواع مختلفة منه كما يأتي:

**أ- التكاثر العذري على أساس حدوثه Parth. based on occurance**

1. اختيارياً .Faculative Parth مثل النحل .

2. إجبارياً .Obligative Parth مثل تالحشرات العصوية Stick insects .

3. دورياً .Cyclic Parth ، يحدث بالتناوب بينه وبين التكاثر الجنسي كالَمن .

**ب- التكاثر الجنسي على أساس الجنس الناتج Parth. based sex production**

1. الذكوري .Arrhenotoky parth ، ينتج ذكوراً فقط مثل نحل العسل.
2. الناتج إناثاً .Theletoky parth ، تنتج اناثاً فقط كما المن.
3. تنتج ذراناً وإناثاً .Amphitoky parth ، مثل زنابير الطين Cynipidae .

**ج- التكاثر العذري على أساس الانقسام الأختزالي Parth. based on Meiosis**

1. كما في الحشرات العصوية؛ فإن البيض المخصب يعطي ذكوراً وإناثاً بالتساوي تقريباً، ولكن البيض الآخر ، ففيه نواة البيضة تندمج مع نواة الجسم القطبي الثاني Polar body ليصبح العدد (2n) من الكروموسومات ، فيكون الناتج إناثاً جميعاً.

2. لا تمر البيضة بإنقسام إختزالي ، وتنمو البيضة مباشرة جميع الأفراد إناثاً .

**س1:-** لماذا يحدث التكاثر العذري الدوري Cyclic parthegenesis
**س2:-** لماذا تلجأ الحشرات الى التكاثر العذري.

## 5- تعدد الأجنة Polyembryony

تحدث انقسامات ثانوية للبيضة المخصبة أثناء النمو الجنيني Embryogenesis ، لتنمو منها أجنة قد يصل عددها المئات، كما الحشرات أشباه الطفيليات الداخلية الاجتماعية Social parasitoids ومصدر الغذاء الوفير من هيموليمف المضيف خلال غلاف متخصص يسمى Trophamnion.

## 6- توالد الصغار Paedogenesis

لا تكتمل دورة حياة الحشرة، بل تنضج المناسل في الطور اليرقي أو الطور العذري، فيفقد الطور البالغ والطور العذري أو الطور البالغ، وتعطى تلك الأطوار غير البالغة صغاراً تتغذى على الأم عادة وقد تعيد هذه الدورة من الحياة .

1. توالد اليرقات Larval paedogenesis
2. توالد العذارى Pupal paedogenesis

## التحول في الحشرات Metamorphosis

إن واحداً من معظم المظاهر المهمة في الحشرات هي حقيقة الاختلاف الشكلي حين الفقس وحين تكون بالغة. فلكي تصل البالغة تمر بتغيرات متعاقبة تسمى جميعاً Metamorphosis (التحول) ويصاحب ذلك تغيرات فسلجية وكيمياء حيوية. والتحول حالة تطورية في شعبة مفصلية الأرجل وكذلك صنف الحشرات.

وبسبب وجود الهيكل الخارجي، تمر الحشرة بالانسلاخ لتلافي الزيادة في الحجم بسبب النمو، وقد تمر بتغيرات مظهرية مرافقة للانسلاخات بطرق أخرى.

وبالاعتماد على نوع التحول تقسم الحشرات الى:-

### 1. حشرات عديمة التحول Ametabola insects

تمر بتغيرات قليلة أو بدون تغيرات تركيبية مع تقدم النمو. وتسمى غير بالغاتها بالصغار Young، وتشابه مظهرياً بالغاتها عدا الحجم والنضج الجنسي . ولا توجد فروق مظهرية مرافقة للعمر والحالة التكاثرية. ومثال ذلك الحشرات عديمة الأجنحة مثل السمك الفضي.

### 2. الحشرات ناقصة التحول Hemimetabolous insects

تظهر تغيراً تدريجياً في شكل الجسم خلال التحول الشكلي Morphogenesis تسمى الاطوار غير البالغة بالحوريات Nymphs اذا كانت في بيئة نفس البالغات ويسمى تحولها تدريجي Paurometamola كما في الجراد والصراصر، اما في الرعاشات ميسمى تحولها متباين Heterometabola ويسمى اطوارها غير البالغة الحورية المائية Naiads وتختلف الحوريات والحوريات المائية عن البالغات: الأكتمال التدريجي للأجنحة وخصوصا الحوريات ، عدم اكتمال الاعضاء التناسلية الخارجية، فتكون المناسل أثرية في أعمار الحوريات الأولى ثم تتميز تدريجياً ، وتتطور القنوات الناقلة مع تقدم التحول. اما عدد قطع قرون الاستشعار، فقد يزدادا عددها مع توالي الانسلاخات.
كما تنمو العين المركبة وتتميز وحدات بصرية اضافية ، كما يحصل تغيراً في اللون غالباً، كما يحدث تغير في عدد وتوزيع الزوائد الكيوتكلية. وإن التغير الحاد يحدث من الحورية المائية الى البالغة أكثر مما بين الانسلاخات المكررة . كما في الرعاشات ومطوية الأجنحة حيث تكون الصغار مائية وذات خياشيم واجزاء فم مختلفة عدا تلك في البالغات وتراكيب أخرى تفقد جميعاً مع الانتقال الى اليابسة .

### 3. الحشرات كاملة التحول Holometabolous insects

تضم جميع الحشرات من داخلية الاجنحة Endopterygota , وتسمى أطوارها غير بالغة المبكرة باليرقات Larva والمتأخرة بالعذارى Pupae. وتعد اليرقات "ماكنة التغذية" وتختلف جداً عن البالغات في المظهر والتركيب، كما تأقلمت لأستهلاك الغذاء والنمو لزيادة الحجم، فتغدو أكبر عقب كل انسلاخ.
وحين اكتمال النمو؛ تنسلخ الى طور ساكن Pupal stage وفيه تتحول الى البالغة من خلال تحطم جميع لواحق الطور اليرقي ( الهضم الداخلي المسمى Histolysis ) وحل مكانها تراكيب البالغة من خلال نمو

أقراص البالغة Imaginal discs و هي تجمعات من الانسجة غير المتخصصة تنشأ خلال تكوين الجنين وتبقى ساكنة (كامنة) خلال الاعمار اليرقية، يحمل الطور البالغ الاجنحة عادة فيكون مهيأ للأنتشار والتكاثر.

تقسم **اليرقات** الى أنواع مختلفة:

1. **اليرقة الأولية أو الابتدائية Protopod larva**

وهي متخصصة جداً ، وتمثلها الاعمار اليرقية المبكرة لقليل من أشباه الطفيليات الداخلية من رتبتي غشائية الاجنحة وذات الجناحين، وتتميز بالتقسيم الحلقي غير واضح، والاطراف أثرية أو غير موجودة والأعضاء الداخلية غير متخصصة .

2. **اليرقات قليلة الارجل Oligopodous**

الرأس جيد التكوين، والارجل الصجدرية متطورة، والارجل البطنية مفقودة.

وتوجد منها عدة أنواع أهمها:

أ- **اليرقة المنبسطة Campodeiform**
تكون مضغوطة ظهرياً - بطنياً ومتصلبة جيداً والرأس أمامي Prognathous متكيف للافتراس، والأرجل الصدرية طويلة، ولها زوج من الزوائد الذنبية وهي يرقات مفترسة مثل يرقات أسد النمل والدعاسيق .

ب- **اليرقة الجعالية Scarabaeiform**
الجسم شبيه بحرف C اسطواني تقريباً والرأس جيد التكوين، والارجل الصدرية قصيرة، والزوائد الذنبية غائية، واليرقة تحت أرضية المعيشة أو تحفر في الخشب فهي كسولة، أمثالها يرقات الخنافس الجعالية.

3. **اليرقات عديدة الأرجل أو الأسطوانية Polypodous or Eruciform**

الجسم متطاول وذو محفظة رأس كبيرة ومتقرنة, أجزاء الفم فاضحة. لها ثلاثة أزواج من الأرجل الصدرية وما قد يصل الى خمسة أزواج من الأرجل البطنية غير المتمفصلة أو الأرجل الأولية تحمل نهاية الأرجل مخالباً تساعد على التسلق ، مثالها يرقات الفراشات والعث .

4. **اليرقة عديمة الأرجل Apodous**
5. 

تكون بلا لواحق للحركة ، وتصنف على أساس درجة تطور وتصلب محفظة الرأس الى :

أ- **يرقة حقيقية الرأس Eucephalous**
تكون محفظة الرأس جيدة النمو والفكوك والفكوك المساعدة وحركة الفكوك مستعرضة ، امثالها يرقات البعوض وسوسة النخيل الحمراء.

**ب- يرقة نصفية الرأس Hemicephalous**

محفظة الرأس مختزلة ، وبأمكانها الانسحاب داخل الصدر، مثل يرقات ذباب الخيل.

**ج- يرقة عديمة الرأس Acephalous**

محفظة الرأس غير موجودة (غائية ). تتكون أجزاء الفم من زوج من الفكوك المقوسة ومرتبطة بصفائح داخلية تسمى الهيكل الرأسي – البلعومي ، أمثالها يرقات الذباب المنزلي

## العذراء وأنواعها

1. **العذراء المكبلة :** جميع اللواحق ( قرون الأستشعار والأرجل وبراعم الاجنحة ) ملتصقة بالجسم بإفرازات أثناء انسلاخ العمر اليرقي الأخير والبطن حرة الحركة، مثل عذارى العث والبعوض.

2. **العذراء الحرة Exarate : تكون** جميع اللواحق ( قرون الأستشعار والأرجل وبراعم الاجنحة ) غير ملتصقة بالجسم بل حرة، وجميع اليرقات قليلة الأرجل تسمى عذارى حرة مثل عذارى الخنافس وحيدة القرن.

3. **العذراء المستورة Coarctate :** العذراء برميلية الشكل، ولا توجد لواحق ظاهرة، يتغير جلد العمر اليرقي الأخير الى حافظة يغطي العذراء الحرة، فيكون بني اللون ومتصلب يسمى غلاف العذراء Puparium مثل عذارى الذباب.

## حماية العذراء Pupal Protection

تكون العذراء فاقدة للحركة غالباً، ولحماية نفسها من الظروف والأعداء، فأنها تغلف نفسها بغطاء للحماية يسمى الشرنقة Cocoon أساسها من مواد طبيعية أو تنتجها اليرقة قبل التغدير، ومنها أنواع عديدة:

| ت | نوع الشرنقة | المادة المستخدمة منها | المثال |
|---|---|---|---|
| 1. | الشرنقة الحريرية | الحرير | دودة القز |
| 2. | الشرنقة الارضية | التربة + اللعاب | عذارى الخنافس الجعالية |
| 3. | الشرنقة الشعرية | مادتها شعيرات جسم اليرقة | -------- |
| 4. | الشرنقة الابرازية | الكرات الابرازية + اللعاب | عذارى فراشة جوز الهند ذات الرأس الأسود |
| 5. | الشرنقة الليفية | الالياف | سوسة النخيل الحمراء |
| 6. | الشرنقة غلاف العذراء | تصلب جلد العمر اليرقي الاخير | الذبابة المنزلية |

# الجهاز الهضمي Digestive system

يتألف الجهاز الهضمي في الحشرات من القناة الهضمية والغدد الملحقة . ترتبط القناة الهضمية بأنسجة عضلية في نهايتي الجسم الأمامية والخلفية، واما ما يثبت هذه القناة بموقعها في الجوف الجسمي (Hemocoel) بدرجة كبيرة؛ هو ضغط الأعضاء المجاورة ومرونة القصبات الهوائية والاكياس الهوائية الملحقة بها والضغط الازموزي للهيموليمف.

## " المنشأ الجيني والتركيب الأساسي للقناة الهضمية"

تتكون القناة الهضمية من انبوبة من الخلايا الطلائية، تمتد من الفم وحتى المخرج. تقسّم هذه القناة الى ثلاث مناطق رئيسية على أساس المنشأ الجنيني والوظائف الفسلجية الى :- المعي الأمامي Foregut والمعي الوسطي Midgut والمعي الخلفي Hindgut.

## ((التقسيم على أساس المنشأ الجنيني)):

( **ملحوظة** : الرجوع الى الرسم في الكتاب المنهجي.

1. الانبعاج الامامي للأكتوديرم ينشئ القناة الهضمية الأمامية Stomodeum
2. الانبعاج الخلفي للأكتوديرم سيكوّن القناة الهضمية الخلفية Proctodeum وتفتح خارجاً بالمخرج
3. المعي الوسطي Endodeum ، وهو ينشأ من الكيس الاندوديرمي, وهو يربط بين المعي الأمامي والمعي الخلفي.

إن هذا الاختلاف في المنشأ الجنيني سينتج عنه اختلافات نسيجية مميزة في تركيب القناة الوسطى مقارنة مع أي من الجزأين الأخيرين من القناة الهضمية.

وأن المعييّن الامامي والخلفي هما نموّان داخلياً من جدار الجسم. (الشكل المرفق)

### ❖ القناة الأمامية Foregut (Stomodeum):

**التركيب النسيجي:-** تبدو هذه القناة الهضمية في المقطع العرضي كالآتي:

1. طبقة كايتينية Intema: وهي طبقة رقيقة تبطن المعي الامامي من الداخل وتعتبر استمرار مع جدار الجسم Integument ، وهي عديمة التقرن أي خالية من الكيوتكل الخارجي ( فقط الداخلي والكيوتكل السطحي ). لكن توجد تحورات بشكل أسنان أو أشواك بارزة ومتجهة الى الخلف وتساعد على دفع الغذاء الى المعي الوسطي.

2. الطبقة الطلائية Epithelial Layer: وهي استمرار مع طبقة البشرة Epidermis الموجودة في جدار الجسم. وتقوم بإفراز الكيوتكل المبطن للقناة.

3. الغشاء القاعدي Basement Membrane، وهو غشاء غير خلوي.

4. العضلات الحشوية Intrinsic Visceral muscles: وتتكون من طبقتين دائرية وطولية تساعد على تقلص القناة وبحركة دودية Peristalsis من خلال تقلص العضلات الطولية يؤدي الى قِصَر القناة ، والدائرية الى ضيق قطرها.

5. الغشاء البريتوني Peritonium: نسيج رابط يفصل بين القناة والجوف الجسمي.

❖ **القناة الوسطى Midgut (Endodeum)**

ما يميّز هذا الجزء من القناة الهضمية هو طبقة البشرة Epidermis تتكون على الاقل من أربعة انواع من خلايا وفي طبقة خلوية واحدة، وإن جميع هذه الخلايا مشتقة من الطبقة الإندوديرمية, وهي:

أ- الخلايا العمودية Columnar أو Principle أو Enterocytes وهي أكثر الانواع سيادة في العدد، وسطحا الموجه لتجويف القناة يحتوي على طيّات عديدة وزغابات عديدة تتخللها المايتوكوندريا, وذلك لزيادة سطح الامتصاص والافراز. يتم امتصاص الغذاء بواسطة هذه الخلايا العمودية.

ب- الخلايا الكأسية Goblet Cells، وهي متناثرة قليلة العدد في الطبقة الطلائية، دورها تعديل قلوية وسط القناة الهضمية لتسهيل حركة الماء الى داخل القناة الهضمية وامتصاص الغذاء المهضوم... ووظائف أخرى.

ج- الخلايا المجددة Regenerative Cells - يكون عمر الخلايا العمودية قصيراً- نحو اسبوعين- ويتم التعويض بتميز الخلايا الغير متخصصة Stem cells وتوجد بشكل تجمعات في الطبقة الطلائية وتسمّى Nidi ، وهي تنقسم بشكل غير متماثل ؛ فتعطي خلايا عمودية وأخرى متخصصة للإفراز الداخلي وهي

د- خلايا الافراز الداخلي Endocrine- قليلة العدد منتشرة في الطبقة الطلائية للقناة. وقد تكون بشكل مجموعات تستخدم لنقل المعلومات الى الخلايا الاخرى عبر مسارات هرمونية.

❖ **القناة الخلفية Hindgut:** مشابهة نسيجياً للمعي الامامي مع بعض التخصص.

# أجزاء القناة الهضمية

- **تجويف الغذاء قبل الفمي Pre-Oral Food Cavity**

لا يعد التجويف قبل الفمي جزءا من القناة الهضمية عادةً. وفي الحشرات القاضمة، فإن هذا التجويف يكون محاطا أماماً بالسطح الداخلي للشفة العليا وخلفاً بالشفة السفلى ومن الجانبين يكون محاط بالفكوك والفكوك المساعدة. أما زائدة تحت البلعوم والتي تنشأ من قرب قاعدة الشفة السفلى، فإنها تقع في هذا التجويف، وتقسمه جزئياً الى جزء أمامي وهو التجويف الدماغي Cibarium والتجويف أو الجزء الخلفي وهو التجويف اللعابي Salivarium.

ويكون التجويف الأمامي (الدماغي) مزوداً بعضلات موسعة تنشأ من مؤخرة الدرقة، وفي الحشرات الماصة متخصص هذا التجويف الى مضخة ماصة دماغية Cibarial sucking pump كما في نصفية الأجنحة. يستلم التجويف اللعابي قناة الغدد الشفوية، وهي تفرز اللعاب عادة، وفي نصفية الأجنحة، فقد تَحورَ التجويف اللعابي الى حقنة لعابية Salivary syringe والتي تساعد في حقن اللعاب الى داخل أنسجة النبات أو الحيوان الذي تتغذى عليه الحشرة. أما في باقي الحشرات غير البالغة كيرقات حرشفية الأجنحة، فإن الغدد الشفوية تفرز الخيوط الحريرية، وفي هذه الحالة فإن التجويف اللعابي ، يصبح كمنظم أو مغزل Silk regulator.

- **المعي الأمامي The Foregut**

تتميز قناة الهضم الأمامية ( المعي الامامي) الى أربع مناطق: البلعوم والمريء والحوصلة والقانصة. ...,

❖ **المريء The Oesophagus**

المريء أنبوبة بسيطة تربط البلعوم بالحوصلة. ولا يتميز في الحشرات ناقصة التطور، ولكنه في العديد من الحشرات كاملة التطور (التحول) فهو انبوبة طويلة اسطوانية تسير بين عضلات الطيران خلفاً الى البطن. توجد استثناءات، فإن مريء بعض الحشرات المتغذية على النباتات عالية المحتوى الراتنجي كالصنوبر فإنه يحمل ردب أو ردبين كيرقات حرشفية الأجنحة.

فيتم خزن الراتنج فيهما، يحتوي الردب على عضلات دائرية قوية تمكّن اليرقة من قذف محتوياته عبر الفم كأستجابة على مهاجمة الأعداء الطبيعيين.

### ❖ الحوصلة The Crop

الحوصلة هي عضو خزن، وهي الجزء المتوسع من القناة الهضمية في معظم الحشرات. وفي بالغات الذباب الحقيقي وحرشفية الأجنحة فهيردب جانبي في المريء. تتكون جدران الحوصلة من طيات طولية وعرضية، وتصبح هذه الطيات مسطحة حال إمتلاء الحوصلة، مما يسمح بزيادة كبيرة في الحجم.
وفي الصرصر الأمريكي، فلايحصل تغيير في حجم الحوصلة الا قليل, فحين عدم وجود الغذاء فيها تمتلئ بالهواء.
إن فعالية الحوصلة كمخزن_ وخصوصاً في الحشرات المتغذية على السوائل_ يعتمد على عدم نفاذية الكيوتكل المبطن لها للجزيئات المحبة للماء Hydrophilic molecule .

### ❖ القانصة The Proventriculus

يتباين كثيراً شكل القانصة في المجموعات الحشرية. وغالباً ما تتضمن صماماً بسيطاً عند الجزء القريب من المعي الوسطي، ويبرز لمسافة قصيرة في تجويف المعي الوسطي. وهي متخصصة في النحل والنمل والبعوض (الإناث)؛ في تنظيم ومرور وفصل الرحيق وإبقاءه في الحوصلة وامرار حبوب اللقاح الى المعدة في النحلة، وفصل الطعام المفصول جزئياً من الطعام في الحوصلة والذي يحتوي على مواد تستعمل في زق الصفار Trophallaxis، أما في أنثى البعوض تنظم القانصة مرور الرحيق الى المعدة والدم خزنه في الحوصلة. وقد تحورت في الصراصر مستقيمة الأجنحة وبعض غمدية الأجنحة لتكوين مطحنة تتكون من صفائح أو أسنان كايتينية دائرية.

## ▪ المعي الوسطي The Midgut

يسمى الجزء الانبوبي من المعي الوسطي بالمعدة Venriculus ، والذي يظهر غالباً تميزاً مناطقياً على المستوى التشريحي وكما في العديد من متباينة (الأجنحة)، أو على المستوى الخلوي كما في ذات الجناحين كما في الدروسوفيلا. تحمل العديد من الحشرات أنابياً اعورية، يكون موقعها غالباً في النهاية القريبة من المعي الوسطي، وأعدادها وأحجامها متباينة؛ لزيادة السطح الداخلي للمعي الوسطي، كما يزداد السطح الداخلي للمعي المتوسط بالزغابات الدقيقة Microvilli والطيات في الطبقة الطلائية لتكوين الحفر Crypts. أما الانابيب الأعورية المعدية فتوجد فيها كائنات دقيقة متعايشة مع الحشرة.
تشارك خلايا المعي الوسطي في إفراز الانزيمات الهاضمة وامتصاص الغذاء المهضوم ومعظم خلاياه عمودية طويلة. الأفراز قد يكون: بطريقة Exocytosis أو طريقة Apocrine secretion ( راجع معلومات في بايولوجية الخلية).

## ▪ الغلاف حول الغذاء Peritrophic envelop

بما ان المعي الوسطي اندوديرمي الأصل، فهو غير مبطن بالكيوتكل، ففي معظم الحشرات، فهو مبطن بمادة أساس مكونة من بروتينات محيطة بشبكة من ليفات الكايتين، وبعض هذه البروتينات مضاف اليها سكريات بوفرة سبيهة بمخاط أمعاء الفقريات.
ان وظيفة الغلاف حول الغذاء هو منع الضرر الميكانيكي للطبقة الطلائية للمعي المتوسط، ومنع دخول الاحياء المجهرية الى الجوف الجسمي والارتباط بفعالية بالسموم والمواد الكيميائية الضارة الأخرى، وتقسيم جوف المعي الوسطي الى فراغ داخل غلاف حول الغذاء Endoperitrophic space وفراغ خارج حول الغذاء Ectoperitrophic space. ان هذا الفصل للطبقة الطلائية عن الغذاء، يحسّن فعّالية الهضم بعزل الانزيمات بين الفراغين، مما يمكّن تدوير بعض الانزيمات.

يكون غلاف حال الغذاء مفقود في الحشرات المتغذية على السوائل كنصفية الأجنحة وبالغات حرشفية الأجنحة والذباب الماص للدم، كما تنتج بعض الحشرات الغلاف في بعض الأوقات فقط كأنثى البعوض بعد وجبة الدم. وغشاء حول الغذاء نفاذ للأنزيات الهاضمة ونوع الهضم.

ينشأ غلاف حول الغذاء بطريقتين: بأفرازه كطبقة من الخلايا الطلائية للكمعي المتوسط كما في الرعاشات والجراد والخنافس (نوع I)، اما النوع II (الثاني) فتفرزه منطقة خاصة (القلبية) في النهاية الأمامية من المعي المتوسط (الذباب الحقيقي) وحرشفية الأجنحة والأرضة...) كما توجد كلا الطريقتين في أنواع أُخرى، ففي يرقات البعوض الطريقة الثانية وفي بالغاتها الطريقة الأولى.

- **المعي الخلفي Hindgut**

هو انبعاج أكتوديرمي ولذلك فهو مبطن بالكيوتكل على الرغم أنه أرق من كيوتكل المعي الأمامي، لأرتباط ذلك بوظيفة الامتصاص في هذه المنطقة. تكون خلايا هذه المنطقة مسطحة عدا في وسائد المستقيم فإنها تصبح عمودية كثيراً ومملوءة بالمايتوكوندريا. والعضلات ضعيفة المنو، والعضلات الدائرية تقع الى داخل وخارج عضلات طولية.

المعي الخلفي مقسم الى المناطق الآتية: البوابي Pylorus واللفائفي Ileum والمستقيم Rectum . تكون العضلات الدائرية نامية جيداً في الجزء البوابي (الصمام البوابي) لتنظيم حركة المواد بين المعيّين الوسطي والخلفي. واللفائفي انبوبة ضيقة، وتقوك بإيصال الغذاء غير المهضوم الى المستقيم، يحدث امتصاص الماء والأيونات أو الماء بمفرده فيه، ويحصل في بعض الحشرات المتغذية على الخشب للتخمر وايواء البكتريا أولا والى هضم السيليلوز كما في الأرضة والخنافس ويمتص النواتج المهضومة أيضاً.

تكون نهاية المعي الخلفي متوسعة غالباً، ويحتوي المستقيم على من 6-8 أخاديد سميكة وظيفتها امتصاص الايونات والماء وبعض الجزيئات العضوية، ونتيجة لذلك يطرح براز الحشرات البرية بشكل كرات شبه جافة غالباً، مما تكون الكرات مغلفة بغشاء حول الغذاء المطروح.

**الأنزيمات الهاضمة لأنواع المادة الأساس في المجاميع الحشرية الرئيسية**

| المجموعة الحشرية | الانزيم | المادة الاساس Substrate |
|---|---|---|
| اليرقات المتغذة على النباتات Phytophagus Larvae | الأميليز<br>الأنفرتيز<br>المالتيز | النشأ Starch<br>السكروز Sucrose<br>المالتوز Maltose |
| الحشرات القارتة Omnivorous Insects | البروتينيز<br>اللاييبز | البروتين Protein<br>اللبيد(الدهون) Lipid |
| المتغذيات على الرحيق | الانفرتيز | السكروز Sucrose |
| حفارات الخشب والأرضة | السيليوليز | السيليلوز Cellulose |
| الدود المتغذي (آكل)اللحم | الكولاجينيز | الكولاجين والإيلاستين |
| قمل الطيور | الكيراتينيز | الكيراتين Keratin |

# جهاز الدوران في الحشرات The Circulatory System

يتكون جهاز الدوران في الحشرات من الوعاء الظهري والاعضاء النابضة المساعدة وسائل الهيموليمف.

## الوعاء الظهري The Dorsal Vessel

ان للوعاء الظهري الدور الاساسي في دوران الهيموليمف حول الجسم. فهو يمتد على طول الخط الوسطي الظهري في معظم الحشرات ، وبطول الجسم تقريبا ما عدا في بعض بالغات حرشفية الاجنحة وغشائية الاجنحة، فانه يلتف للأسفل بين عضلات الطيران الطولية، وقد يرتبط الجزء الخلفي من الوعاء الظهري بجدار الجسم الظهري او معلقا به بواسطة اربطة، ويرتبط جزؤه الامامي بالقناة الهضمية ثم مارا تحت الدماغ وفوق المريء تماما. ان جدار الوعاء الظهري قابل للتقلص، وهو مكون من طبقتين من العضلات وبترتيب دائري او حلزوني، كما يحتوي على عضلات طولية ايضا.

**ينقسم الوعاء الظهري الى منطقتين وهما القلب والأبهر:**

### ❖ القلب The Heart

القلب هو الجزء الخلفي من الوعاء الظهري وجداره مثقب بفتحات اذينيه Ostia لدخول او خروج تيار الهيموليمف. وقد تبدو في القلب غرفا لتتضخم كمحقنة في مواضع وجود الفتحات الاذينية كما في حوريات الرعاش. تكون الفتحات الاذينية عمودية كفتحات في الجدار الجانبي للقلب، ويصل عددها الاقصى في اي حشرة الى 12 زوجا (تسع في البطن وثلاث في الصدر) كما الصراصير والجراد، وفي النمل والنحل خمس ازواج، وفي الذبابة المنزلية اربع، وفي القمل زوجان او ثلاثة وينحصر لذلك وجود القلب في الجزء الخلفي للبطن.

تكون الشفاه الامامية والخلفية للفتحة الاذينية منعكسة الى داخل القلب لعمل صمام، والذي يسمح بسريان الهيموليمف الى داخل القلب في حال الانبساط Diastole (توسع القلب) ، ولكنه يمنع رجوعه في حال التقلص Systole (تقلص القلب). وخلال الانبساط، تتقارب شفاه الصمام بقوة سريان الهيموليمف الى داخل القلب، وعند اكتمل الانبساط؛ فان الشفاه تتباعد بقوة ضغط الهيموليمف داخل القلب ويبقى الصمام مغلقا خلال التقلص. تتباين اشكال وتصاميم الفتحات الاذينية بين المجاميع الحشرية ولكن الية العمل واحدة.

### ❖ الابهر Aorta

هو الجزء الامامي من الوعاء الظهري والابهر وعاء اسطواني الشكل، ويحمل الهيموليمف الى الرأس، اذ يفتح خلف وتحت الدماغ.

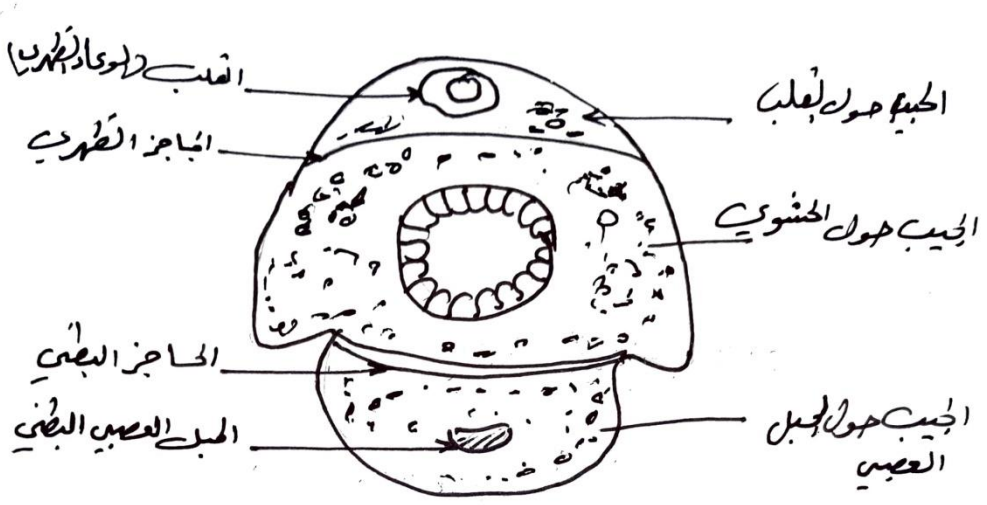
## ❖ الاعضاء النابضة Pulsatile Organs

ينشأ من الابهر احيانا قليل من الاوعية المغلقة مع جهاز الدوران هي **الاعضاء النابضة:** وهي تراكيب كيسية، ذات فتحات اذينية خلفية لتيار الهيموليمف الداخل مع وعاء يمتد امام داخل اللواحق والاجنحة وقرون الاستشعار وغيرها. وتقع الأعضاء النابضة في قواعد قرون الاستشعار والاجنحة، حيث يسري الهيموليمف في قرون الاستشعار بواسطة أعضاءا نابضة (قلوبا مساعدة) تقع عند قاعدتي قرني الاستشعار، كما توجد القلوب المساعدة (المساعدة) في الصدر والتي تحافظ على ادامة دوران الهيموليمف في عروق الاجنحة.

## ❖ الحواجز والجيوب Sinuses and Diaphragms

جهاز الدوران في الحشرات من النوع المفتوح، اذ يفتح الابهر في الجوف الجسمي الهيموليمف ثم ليعود الى القلب خلال الفتحات الاذينية، ولكن الجوف الجسمي Hemocoel مقسم في العديد من الحشرات بحاجزين Diaphragmata الاول ظهري والاخر بطني ( الاول اعلى والثاني اسفل القناة الهضمية) الى ثلاثة جيوب رئيسة: الجيب حول القلب Pericardial S.؛ والجيب حول الحشوي .Perivesceral S؛ والجيب حول الحبل العصبي البطني Periventral nerve cord ، ويشغل الجيب حول الحشوي اغلب الجوف الجسمي في الحشرات.

والحاجز الظهري عبارة عن غشاء من نسيج رابط مثقب، وغالبا غير مكتمل جانبيا، كما تعد العضلات الجناحية مكملا للحاجز حول القلب. اما الحاجز البطني فيمتد افقيا اعلى من الحبل العصبي وفاصلا الجيب حول العصب البطني عن الجيب الحشوي، ويرتبط الحبل العصبي بالحاجز البطني بنسيج رابط مع قليل من العضلات, وتوجد فجوات جانبية في الحاجز البطني. يساعد تموج الحاجز البطني على توجيه الهيموليمف خلال اجزاء الجوف الجسمي للحشرة.




مقطع مستعرض في جسم الحشرة يوضح الحواجز والجيوب المقسمة للجوف الجسمي للحشرة .

## الهيموليمف The hemolymph

هو سائل عديم اللون عادة، وقد يميل للاصفرار او الزرقة او الاخضرار ونادرا للاحمرار اذ فيه صبغة الهيموكلوبين. يملا الهيموليمف الجوف الجسمي للحشرة ويدور حول الجسم غامرا الانسجة مباشرة، وهو سائل معلق Suspension solution، مكون من سائل البلازما معلقة فيه الخلايا وتسمى خلايا الدم. **ويعبر عن حجم الهيمولمف؛** بنسبة وزن الهيموليمف الى الوزن الكلي لجسم الحشرة. والذي يتباين كثيرا بين الحشرات بحسب الانواع والاطوار التي تمر بها الحشرة؛ ففي الصرصر نحو 17% وفي اليرقة الاسطوانية نحو 45%، وفي باغة الجرادة نحو 12% وفي الحورية 18%.

تكون نسبة الماء في الهيموليمف من 20 – 25% من مجموع الماء الكلي في جسم الحشرة. ويزداد حجم الماء والضغط الهيدروستاتيكي للهيموليمف قبل عملية الانسلاخ ويقل بعد بزوغ الحشرة. ان وجود **النسبة العالية للماء** في الهيموليمف له علاقة بالهيكل الهيدروستاتيكي في الحشرات الرخوة جدار الجسم (اليرقات مثلا) للحفاظ على شكل الجسم والمساهمة في الحركة.

ان هيموليمف الحشرات حامضي قليلا(6.4 – 6.8)، وقد يتم الحفاظ على pH الهيموليمف ولو جزئيا بطرح البروتونات في الهيموليمف. ويتضمن الهيموليمف على الاحماض الامينية ودهون وبروتينات ودهون وسكريات (وبشكل رئيس السكر الثنائي تريهالوز Trehalose) واملاح عضوية (وبشكل رئيس ايونات الصوديوم والبوتاسيوم والكلور).

ان الوظيفة الاساسية للهيموليمف هي خزن الماء للحفاظ على مستويات الماء داخل الانسجة، وكذلك نقل المغذيات حول الجسم، وحركة الاطراف واجزاء الفم وقرون الاستشعار، والانسلاخ بزيادة الضغط في بعض الاجزاء من الجسم، والتنظيم الحراري، وتزييت الانسجة.

### ❖ خلايا الدم (الهيموليمف) Hemocytes

تشابه خلايا دم الحشرات خلايا الدم البيضاء في الفقريات – اي ذات انوية – جميعها، وتتباين خلايا دم الحشرات كثيرا في الحجم والتفاصيل الخلوية واعدادها التي يمكن مشاهدتها في اوقات متباينة. تتكاثر خلايا الدم بالانقسام الخيطي وكذلك قد تنشأ انواع منها بالتحول من شكل لآخر.

يمكن تقسيم خلايا الدم على اساس الشكل والوظيفة والمعلمات الجزيئية Molecular markers والانواع الاتية وجدت في اغلب الحشرات:

**1- خلايا الدم الاولية Prohemocytes**

وهي تعد "الخلايا الجذية Stem cells" - اي غير متخصصة – وتشاهد بحال انقسام خيطي، وهذا يصدق بانها مصدر خلايا الدم الاخرى. اما وصفها؛ فهي خلايا صغيرة دائرية الى مغزلية، وذات نواة كبيرة محببة وقليل من السايتوبلازم. وذات اصطباغ قاعدي شديد.

**2- الخلايا البلازمية Plasmatocytes**

وهي خلايا كبيرة مع كمية كبيرة من السايتوبلازم، ولها قابلية شديدة للالتصاق والانتشار ، لذلك لها القدرة على الاستجابة للكبسلة (تكوين حافظات) Encapsulation.

**3- الخلايا الحبيبية Granulocytes**

هي خلايا نشطة بلعميا، قابلة للالتصاق، وتحتوي على حبيبات بشكل كبير. اما نشاطها؛ فهي تطلق محتويات الحبيبات.

**4- الخلايا النبيذية Oenocytoid cells**

هي خلايا غير قابلة للالتصاق، ولها نشاط انزيمي لالتئام الجروح، وغير متحركة.

5- **الخلايا الكروية Spherule cells**

هي خلايا كبيرة، ذات حبيبات كروية، وتحتوي على مكونات الكيوتكل.

**6- خلايا التجلط Coagulate cells**

عند انفجارها تطلق مادة لاصقة متجلطة وتسد الجرح بتجمعها حوله.

**7- خلايا الدم الدهنية Adipohemocytes**

وهي خلايا دائرية او بيضوية غير متحركة، والنواة صغيرة وجانبية الموقع، والسايتوبلازم غني بقطيرات اللبيد والفجوات.

❖ **وظائف اخرى لخلايا الدم في الحشرات**

- اصلاح المادة الاساس للغلاف القاعدي

- الدور المناعي بالتهام البكتريا وتكوين العقد والمحافظ حول الطفيليات وبيوضها والفطريات وسبوراتها والجسام الغريبة.

## دوران الهيموليمف Hemolymph Circulation

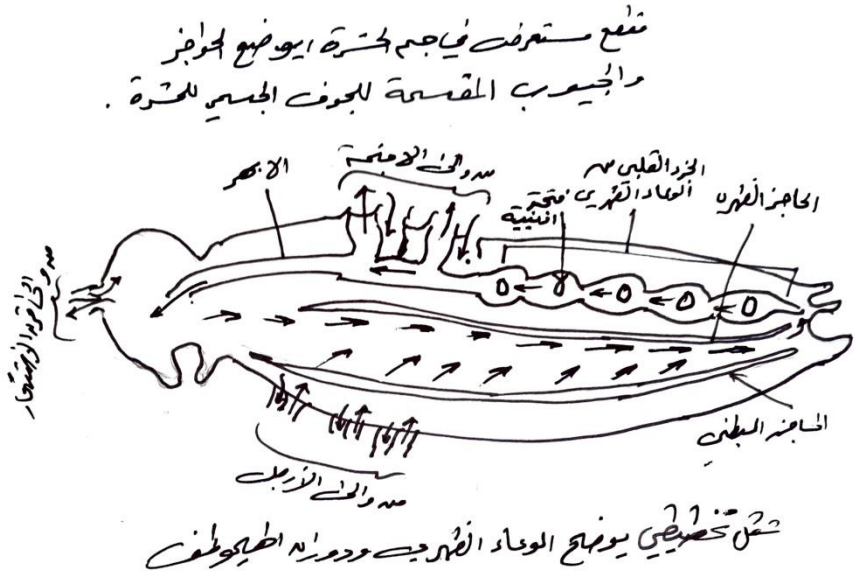
تتم متابعة حركة الهيموليمف باستخدام معلمات ملونة والتي تكتمل بين 2 – 20 دقيقة، والتي تعتمد على درجة الحرارة والحالة الفسلجية للحشرة، وتتم تلك الحركة كالاتي:

**باندفاع** الهيموليمف اماما خلال تقلص القلب، فيدخل الجيب حول الحشوي خلال الفتحة الامامية للأبهر عادة، وتمنع صمامات التيار الداخل رجوع (خروج) الهيموليمف خارج الوعاء الظهري. ويساعد الحاجز على حركة الهيموليف خلفا في الجوف، وكذلك ادخاله في القلب عبر الفتحات الاذينية. اما حركة الحاجز البطني فهي الفاظ على تجهيز الحبل العصبي بالهيموليمف. وقد يفصل بين منطقتي الصدر والبطن للجوف الجسمي حاجز من الاجسام الدهنية او كيس هوائي كبير لتحويل الهيموليمف بين الصدر والبطن.

ويتم التنسيق بين حركة الهيموليمف مع الحركة الخاصة بالتهوية للجهاز التنفسي، فاي نشاط يؤدي الى تغيير الضغط بين اجزاء الجسم لمختلفة ستؤثر على الدوران، اذ يوجد رابط وظيفي بين التهوية وحركات الهيموليمف.

يوجد في العديد من الحشرات حركة دوران داخل الاجنحة على الغم من اقتصاره على الباغات الحديثة. وفي حال عدم وجود هذا الدوران تتجعد العروق، ويصبح الجناح هش وجاف. وفي جميع الحالات يتم سحب الهيموليمف من الاجنحة خارجا بواسطة الاعضاء النابضة الصدرية خلال قنوات بين الغشاءين الظهري والبطني للجناح.

وفي معظم الحشرات، تكون بلا اعضاء نابضة في الارجل، فسيكون سريان الهيموليمف خلال الرجل عبر الحفاظ على اختلاف الضغط في قاعدة الرجل، فيمر الهيموليمف الى الاجزاء البعيدة للرجل من الجيب حول العصب البطني، ويخرج منها الى الجيب حول الحشوي من جزئها الامامي (النصف الامامي للحاجز الطولي الفاصل بين جزئي الجل الطولي).



❖ **خلايا تحفيز نبض قلب الحشرة Pacemaker cells**

بحسب الوصف الحديث لآلية بدء تقلص القلب في الحشرة بواسطة خلايا قليلة موجودة على طول القلب وليس في كل حلقة كالسابق. اذ يتم تنظيم تقلص وانبساط القلب عضليا Myogenically ولكن بالإمكان تأثره بالمحفزات العصبية الهرمونية Neurohormonal stimuli.

# الجهاز التنفسي في الحشرات The circulatory system

## ❖المقدمة:

تعكس الحياة البرية التوازن بين الحاجة الى الاوكسجين والحاجة الى الماء، ففي وقت دخول الاوكسجين الى الجسم يهرب الماء منه. لا يوجد ارتباط بين جهازي الدوران والتنفس في الحشرات كما في الفقريات، اذ يتم ايصال الاوكسجين مباشرة الى الانسجة وطرح ثاني اوكسيد الكاربون 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 الثغور، والتي تؤدي الى القصبات، فتتفرع القصبات الى القصيبات ثم تتفرع تلك الي فروع اصغر واصغر حتى تصل الى الياف (خلايا) العضلات وخلايا الانسجة الاخرى.

يعد التنفس القصبي اكثر كفاءة من التنفس الرئوي، لان في الاول يحصل التبادل الغازي عبر الهواء وان انتشار الاوكسجين عبر الهواء اسرع بنحو مليون مرة من انتشاره بالماء (الدم او الهيموليمف) في التنفس الرئوي، وكذلك يوفر الجهاز القصبي مساحة واسعة جدا للتبادل الغازي من خلال تتفرع القصبات والقصيبات الهوائية بعشرة اضعاف ( يبدأ بقطر 1.0 ملم وينتهي بقطر القصيبة 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 اكتوديرمي. تمثل بداية تلك الانبعاجات الثغور التنفسية.

## - الثغور التنفسية The spiracles

- **الموقع والعدد**

الثغور التنفسية هي الفتحات الخارجية للجهاز القصبي، وتوجد في الصدر والبطن ولا توجد مطلقا في حلقات الرأس، وموقعها جانبيا – على الاغلب- على الصفيحة الجانبية (البلورا)، ولا يوجد على الحلقة اكثر من زوج، ولا يزيد عددها على عشرة ازواج عادة (8 في البطن، واثنان في الصدر)، ويقع الثغر على صفيحة متثخنة صغيرة تدعى صفيحة حول الثغر Peritrema.

- **تركيب الثغر التنفسي The spiracle structure**

يوجد الثغر التنفسي بشكله البسيط في الحشرات عديمة الاجنحة، اذ يفتح الثغر مباشرة من الخارج الى القصبة الهوائية، ويكون محاطا بطية بسيطة ولكنها غير مزودة بالية لتنظيم الفتح والغلق. اما تركيب الثغر في اغلب الحشرات؛ تفضي فتحة الثغر الى تجويف هو الردهة Atrium والتي ينشأ عندها القصبة الهوائية. وحينها يسمى كلا الفتحة والردهة الثغر Spiracle، تكون الردهة مبطنة غالبا بشعيرات او صفيحات ترشيحية Filter

lamellae، تمنع مرور الغبار والفطريات والبكتريا، وتمنع دخول الماء في الحشرات المائية. وللثغور في معظم الحشرات ألية غلق مهمة في السيطرة على التبادل الغازي والضغط الداخلي والحفاظ على المحتوى الاوكسجيني في الجهاز القصبي...، وتوجد اليتان رئيستان وهما:

1- الية الغلق الخارجية: وتتجلى بصورة واضحة في الثغور التنفسية الصدرية الجرادة؛ فالثغر مكون من صفيحتين متحركتين تشبهان الشفاه، واللتان تفتحان من خلال مطاطيتهما وتغلقان بواسطة تقلص العضلات التي تنشأ من نتوء قرب التجويف الحرقفي.

2- الية الغلق الداخلية: حينما لا تمتلك الثغور شفاها خارجية، بل يوجد جدار متحرك للبهو واخر غير متحرك، وقد استطال الجدار المتحرك الى شكل نتوء لكي ترتبط به عضلات غالقة للثغر واخرى موسعة له؛ فيؤدي تقلص الاولى الى غلق القصبة، واما فعل الثانية فيفتحها. وكثيرا ما ترتبط بالفتحة التنفسية من الداخل غدد تدعى الغدد حول الثغرية Peristigmatic glands ، وتمنع هذه الغدد جفاف هذه الاعضاء. واما في الحشرات المائية فإنها تفرز مادة كارهة للماء Lipodials وتنتشر على حافة الثغر.

- **وظائف الثغور Function of the spiracles:**

- يمر من خلاله الهواء اثناء التنفس

- يتم من خلاله طرح بطانة القصبات الهوائية اثناء الانسلاخ.

- تعاني الحيوانات البرية ومنها الحشرات من فقدان الماء بسبب الفرق المعنوي الكبير في المحتوى المائي للأنسجة والرطوبة النسبية للمحيط الخارجي، اضافة الى الفرق الكبير جدا بين الحجم والمساحة السطحية لأجسام الحشرات، فان لآلية غلق وفتح الثغور دور في الحفاظ على المحتوى المائي ومنع جفاف جسم الحشرة. فلا يفتح الثغر الا حين حصول التبادل الغازي وليس بشكل متواتر Rhythmic كما في الفقريات.

**ملحوظة ... لرفع كفاءة الثغور والتكيف مع بيئة الحشرة، توجد اشكال متباينة منها، وتؤدي جميعها نفس الوظيفة. للاطلاع الرجوع الى الكتاب المنهجي من ص 82 الى ص 83.**

## ❖ القصبات الهوائية The tracheae

القصبات الهوائية هي الانابيب الاكبر في الجهاز القصبي، فهي تبدأ من الثغور التنفسية، وتسير بعيدا متشعبة الى فروع ادق، ليكون اصغرها بقطر نحو 2 مايكرون. تكون القصبات الكبيرة متعددة الخلايا، تنشأ كأنبعاجات من الاكتوديرم ولذلك فهي مبطنة بطبقة من الكيوتكل تسمى البطان Intima. وتتكون هذه الطبقة من كيوتكل سطحي خارجي مع البروتين اضافة الى طبقة كايتين اسفلها، يكون تثخن البطانة حلزونيا ومستمرا على طول الانبوب وتسمى هذه التثخنات الحلزونية Taenidium ويفصل بينها مساحات غير متثخنة وموازية للمحور الطولي للقصبة. كما توجد طبقة من البروتين المطاط الرسلين Resilin اسفل الكيوتكل السطحي. عمل التثخنات الحلزونية منع تجعد القصبة اذا كان الضغط الازموزي داخل الانبوبة اقل من ضغط الجوف الجسمي. ولا يمر $O_2$ عبر القصبات الا قليلا (وضيفة القصبات نقل الاوكسجين فقط).

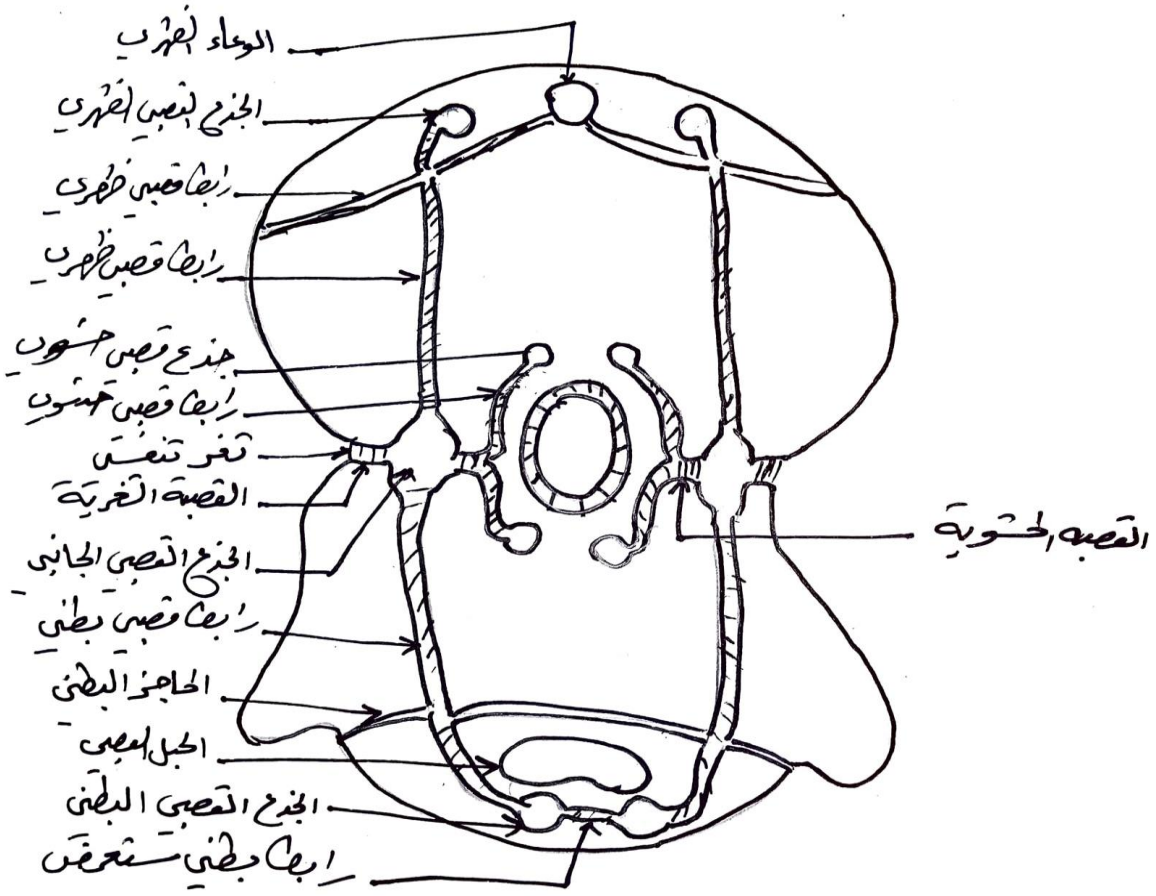
اما نظام ارتباط القصبات المستعرضة ( القصبات الثغرية) الخارجة من كل ثغر مع القصبات الطولية بروابط قصبية، اذ يخرج من كل حلقة من الجذع القصبي الطولي الجانبي ثلاثة ازواج من القصبات الرئيسة لترتبط مع زوجان من الجذوع الحشوية القصبية وزوج من الجذوع الظهرية وزوج من القصبات البطنية، اما الاعضاء المسؤولة عن تزويدها تلك الجذوع القصبية هي:

1- الجذوع القصبية الظهرية تزود القلب والعضلات الظهرية.

2- الجذوع القصبية الحشوية تزود القناة الهضمية والمناسل والاجسام الدهنية.

3- الجذوع القصبية البطنية تزود الحبل العصبي البطني والعضلات البطنية، وفي الصدر فإنها يتود الاجنحة والارجل بالقصبات والقصيبات.

ويمكن ان تنشأ قصبات ثانوية طولية ايضا.




مقطع مستعرض تخطيطي خلال بطنه حشرة افتراضية لتوضيح التوزيع العام للأوعية القصبية.

## ❖ القصيبات الهوائية The tracheoles

تؤدي القصبات الهوائية الى انابيب ادق هي القصيبات، وهي مسدودة النهاية، وهي تمثل بروزات مملؤة بالهواء من الخلايا القصبية الطرفية، والقصيبات الهوائية هي الجهة الرئيسة للتبادل الغازي في الجهاز التنفسي القصبي، وهي ذات قطر اقل من 2 مايكرون ثم تصبح شريطية بقطر 0.3 مايكرون. تكون خلايا القصبات مشتقة من خلايا البشرة المبطنة للقصبات، وتحتفظ ببطانتها بعد الانسلاخ في معظم الحشرات. وهي بسمك 16 – 20 نانومتر وربما لا تمثل تلك البطانة الا الكيوتكل السطحي. ان رقة جدران القصيبات والنسبة العالية للسطح الى الحجم للقصبات، قد مكنها من قدرة نفاذية عالية، تكون القصيبات ذات مواقع خارج خلوية وتسير داخل انبعاجات وبموازاة الالياف العضلية.

تبقى القصبات الخارجة من كل ثغر غير مرتبطة مع تلك الخارجة من الثغور الاخرى بل مكونة خصلة Tuft من القصيبات، كما في الحشرات غير المجنحة.

## ■ الاكياس الهوائية Air sacs

هي توسعات كانتفاخات رقيقة الجدران في الجذوع القصبية الرئيسة، وخالية بطانتها من التثخنات الحلزونية. اما عددها فيتباين حسب نشاط الحشرة، فعددها كبير في الجراد، وتحولت في الذبابة المنزلية الجذوع القصبية الرئيسة الى اكياس هوائية كبيرة ومتوسعة.

1- ان وظيفة الاكياس الهوائية الرئيسة هي زيادة التهوية للجهاز القصبي:

1- تستجيب بسرعة للزيادة والنقصان للضغط الناتج عن الحركات التنفسية. وبالتاي فرق الحجم للهواء بين الشهيق والزفير في كل حركة.

2- يمكّن الضغط الدوري للأكياس الهوائية الصدرية من ضغط ورفع الاوكسجين لتنفس عضلات الطيران الفعالة.

واما وظائف الاكياس الهوائية الاخرى ...فمنها:

1- تعزل الصدر عن البطن ، مما يسمح برفع درجة حرارة الصدر عند الشروع بالطيران.

2- تكون كتجاويف لغشاء الطبلة لأعضاء السمع واعضاء انتاج الصوت. تؤدي وظيفة التوازن في الحشرات المائية. وخفض سعة الموجات الناتجة عن حركة الاجنحة بواسطة الهيموليمف.

3- كما ان لها القابلية على الانكماش، مما يسمح لنمو الاعضاء الداخلية وتغيير شكل القناة الهضمية نتيجة التغذية، وتفادي بقاء الجسم والاجنحة مجعدة فتسهم في توسع وانبساط اجزاء الجسم بعد الانسلاخ.

## ■ عمليات التنفس في الحشرات الارضية

يمر الهواء (الاوكسجين) خلال القصبات من الثغور الى الانسجة وبشكل خاص الى المايتوكوندريا، ليؤدي الدور الرئيس في عمليات الاكسدة. ويوجد طوران رئيسان لنقل الغازات؛ احدهما خلال الجهاز القصبي Air – tube transport، والطور الاخر يتم خلال السايتوبلازم (كمحلول مائي) ويسمى الانتشار عبر الانسجة Tissue transport والذى لا يختلف عن الانتشار الذي يحصل في جهاز الدوران المغلق كالفقريات.

## تهوية الجهاز القصبي Ventilation of tracheal system

تتم تهوية الجهاز القصبي للحشرات عديمة الاجنحة والحشرات الصغيرة عبر عمليتي المد والجزر، اما في الحشرات المجنحة والاكبر من ذبابة الخل (*Drosophila*)، فتتم تهوية الجهاز القصبي بصورة فعالة Active ventilation بواسطة العضلات وحركات الجسم. فالمضخة البطنية ربما تكون بالانضغاط الظهري – البطني للبطن او التداخل الحلقي للبطن تلسكوبيا، او العمل كمضخة للقصبات الكبيرة والاكياس الهوائية بفعل عضلات الطيران الكبيرة في الصدر في حال الطيران فانه يؤثر كالمضخة.

ان حركة الفكوك او الخرطوم اثناء الطيران او الارجل اثناء المشي او الركض كاليه للتمدد والتقلص، مما يخفض حجم الاكياس الهوائية فيتم سحب الهواء الى الثغور التنفسية.

# الإخراج والتبادل الايوني في الحشرات

# Excretion and Ionic Exchange in Insects

ان الاخراج في الحشرات Excretion في اللافقريات ومنها الحشرات مرتبط بكلا جهازي الهضم والدوران، واما في الفقريات فمرتبط الاخراج بجهاز الدوران فقط. والاخراج عملية ازالة الفضلات الناتجة عن الايض وخصوصا الفضلات النتروجينية. كما وتساعد عملية الاخراج على المحافظة على توازن الاملاح عبر التوازن الفسلجي Physiological homeostasis فضلا عن التوازن المائي.

ينتج عن ايض الدهون والكاربوهيدرات الماء وثاني اوكسيد الكاربون، فيتم التخلص من الماء الزائد بالتبخر او عبر الثغور او طرحه خارجا عبر الجهاز الهضمي، كما يغادر $CO_2$ الجسم خلال الجهاز التنفسي. اما المركبات النتروجينية السامة والناتجة عن تفكك البروتينات وتكسر الاحماض النووية والمواد الاخرى مثل الماء والاملاح، فيتم اخراجها بواسطة انابيب مالبيجي والمستقيم.

## ❖ الفضلات النتروجينية Nitrogenous Wastes

تكون الاحماض الامينية مشتقة من بروتينات الغذاء، وهي تستخدم في بناء بروتينات الجسم ام اي من الجزيئات الحاوية على النتروجين. وان الاحماض الامينية التي لا يستخدمها الجسم في البناء يتم اكسدتها لتوليد الطاقة، او الخزن بتحويلها الى دهون وكاربوهيدرات، ولذلك يجب ازالة مجموعة الامين $NH_2$ – التي لا تستخدم لاي غرض كفضلات نتروجينية واخرجها من الجسم بأشكال اما امونيا واما يوريا واما حامض اليوريك حسب نوع الحشرة والبيئة التي تعيش فيها.

## ❖ انابيب مالبيجي Malpigian tubules

تبدو انابيب مالبيجي مظهريا بشكل بروزات اصبعية رقيقة ومرتبطة بالقناة الهضمية بين القناتين الوسطى والخلفية، وهي نموات خارجية للقناة الهضمية الخلقية لذلك تعد جنينيا ذات منشأ اكتوديرمي – على اكثر الاراء - . تكون انابيب مالبيجي مسدودة النهاية، كما انها حرة لتسبح في الهيموليمف. كما تستطيع انابيب مالبيجي الحركة الايجابية داخل الهيموليمف فهي مزودة بأشرطة عضلية حلزونية لتساعد في الحركة الدودية، كما ان انابيب مالبيجي مزودة بقصبات هوائية. توجد انابيب مالبيجي بأعداد زوجية مختلفة؛ من زوجين في ذبابة الفاكهة الى أكثر من 200 في الجراد، وقد تكون مفقودة كما في ذات الذنب القافز. وبالإمكان تلبية الحاجة مع التطور الى انابيب مالبيجي، بزيادة عددها بإضافة انابيب جديدة او زيادة الحجم من خلال الانقسام الخلوي.

اما التركيب النسيجي؛ لأنابيب مالبيجي، فقد يتباين التركيب الدقيق للخلايا الطلائية بين مختلف انواع الحشرات، ولكن التركيب الاساس فمتشابه بينها، اذ توجد زغابات دقيقة على السطح القمي وانبعاجات في الغشاء البلازمي للجزء القاعدي لتلك الخلايا والمواجه للهيموليمف. وتمتلك خلايا انابيب مالبيجي مايتوكوندريا ومعقد مالبيجي

وشبكة اندوبلازمية محببة وغير محببة. وتكون معظم المايتوكوندريا مرتبطة مع انبعاجات غشاء البلازما القاعدية، مما يدلل على الاحتياج الى الطاقة لنقل المواد من الهيموليمف الى داخل الانبوب.

## ❖ العمل الوظيفي لأنابيب مالبيجي

يتمثل دور انابيب مالبيجي الاخراجي، بالمساهمة في التوازن الازموزي والاخراجي. تنتج انابيب مالبيجي راشح البول الابتدائي Primary urine ، وهو متجانس ازموزياً ولكنه غير متشابه ايونيا مع الهيموليمف، ويعاد انتخابيا منه الماء وبعض الأيونات المذابة فيه. يكون البول الابتدائي غني بأيون $K^+$ وقليل من $Na^+$ كما ان أيون $Cl^-$ السالب سائد فيه. ويولد النقل الفعال للايونات وخصوصا $K^+$ الى جوف الانبوب فرقا في الضغط ليحدث معه السريان غير المباشر للماء ايضا، كما تترشح السكريات ومعظم الاحماض الامينية من الهيموليمف عبر الروابط بين خلايا الانبوب. كما تنتقل احماض امينية ومركبات عضوية غير قابلة للتمثيل والسموم بالنقل الفعال الى جوف الانبوب. ويعاد امتصاص السكريات ثانية من جوف الانبوب الى الهيموليمف، ويستمر سريان البول الابتدائي الى انبوب مالبيجي باتجاه المعي الخلفي. ويجري تعديل على البول الابتدائي في المستقيم ليعاد ثانية امتصاص الماء والمواد الذائبة فيه للحفاظ على التوازن الايوني للجسم، وتعديل مادة البول الثانوية، ويصبح سائل البول حامضيا لترسيب حامض اليوريك.

## ❖ خزن الفضلات النتروجينية Storage of Nitogenous Wasts

يتم الاحتفاظ بالفضلات النتروجينية في اجزاء مختلفة من جسم الحشرة؛ فيخزن حامض اليوريك بشكل يورات Urates في خلايا متخصصة في الجسم الدهني Fat body كما في الصرصر الامريكي، كما يتم خزنه كبلورات في الاجنحة مما يعطي اللون الابيض مثل فراشة دودة اوراق اللهانة، كما يتم خزن حامض اليوريك في الغدد المساعدة الذكرية لإنتاج الغلاف الخارجي من حامل الحيامن Spermaphore والذي يتم اخراجه خلال السفاد. كما يتم خزن حامض اليوريك في جدار الجسم مما يعطي اللون الابيض مثل بق القطن الاحمر. ويخزن ناتج الايض في طور العذراء من حامض اليوريك ما يسمى Meconium، ثم يطرح اثناء بزوغ البالغة. كما يخزن حامض اليوريك في الخلايا المسماة Nephrocytes حول القلب في الصرصر.

## ❖ الاخراج في الحشرات ذات الغذاء السائل والحشرات في البيئات الجافة

يكون غذاء بعض الحشرات من رتبة متشابهة الاجنحة كالمن العصير النباتي ذو التركيز الواطئ من المغذيات، فتشكل اجزاء القناة الهضمية ترتيبا يعرف بردهة الترشيح. تشمل الردهة المنطقتان الامامية والخلفية للمعي الوسطي المتلاصقتين كما تشمل الردهة ايضا النهايات القريبة لانابيب مالبيجي ايضا. وتحاط اجزاء تلك الردهة بكيس من الخلايا الطلائية، فيتم تركيز الكمية الكبيرة من الغذاء السائل بسرعة من خلال نقله مباشرة من الجزء الامامي للقناة الوسطى الى الجزء الخلفي منها وبدون امتصاصه وتخفيف الهيموليمف، وكذلك افراز $K^+$ بالنقل الفعال الى انابيب مالبيجي والجزء الاخير من المعي الوسطي، وسحب الماء من الجزء الامامي للمعي الوسطي. ان السائل هو محلول مخفف من الاحماض الامينية والسكريات، ويتم اخراجه كاملا كندوة عسلية **.Honey dew**

## التوازن المائي Water balance

التوازن المائي هو الناتج النهائي لاكتساب الحشرة الماء وفقده، ويتباين التوازن المائي على اساس نوع الغذاء والظروف البيئية والفعالية الفسلجية للحشرة.

تحصل الحشرة على الماء من شربه او من الغذاء وقليل من الماء الايضي. وفي حال عدم توفر الماء يكون الماء الايضي مصدرا رئيسا للماء في الحشرات المتغذية على كمية كبيرة من الغذاء او حين الانشغال بالطيران لمسافات طويلة. يكون فقدان الماء عبر انابيب مالبيجي في الحشرات حين توفر الماء، اما في البيئات الجافة فيكون فقدان الماء عبر الكيوتكل والثغور التنفسية.

ان دور المستقيم في المعي الخلفي مكملا لعمل انابيب مالبيجي في استرجاع معظم الايونات والماء من البول الابتدائي، وهذا الدور ضروري للتوازن الازموزي للحشرة واخراج البول الثانوي. ولكون الرقم الهيدروجيني (**pH**) للمستقيم اكثر حامضية من باقي المعي الخلفي، مما يسمح بترسيب حامض اليوريك في الوسط الحامضي للمستقيم واخراجه مع قليل من الماء او حتى غيابه. ان عمل المستقيم معاكس لعمل انابيب مالبيجي فهو ينقل الماء والايونات من المواد الموجودة داخل جوف المعي الى الهيموليمف.

### ❖ السيطرة الهرمونية على التوازن المائي

ان انابيب مالبيجي غير مزودة بلاعصاب، ولذلك لابد من تنظيم عملها بالهرمونات، ويتم تعديل عمل عضلات الانبوب بالهرمونات المسببة للادرار، وببتيدات مغذية للعضلات مما يزيد حركتها خلال الهيموليمف.

### ❖ كيف تحل الحشرات المتغذية على الدم المشكلة الازموزية

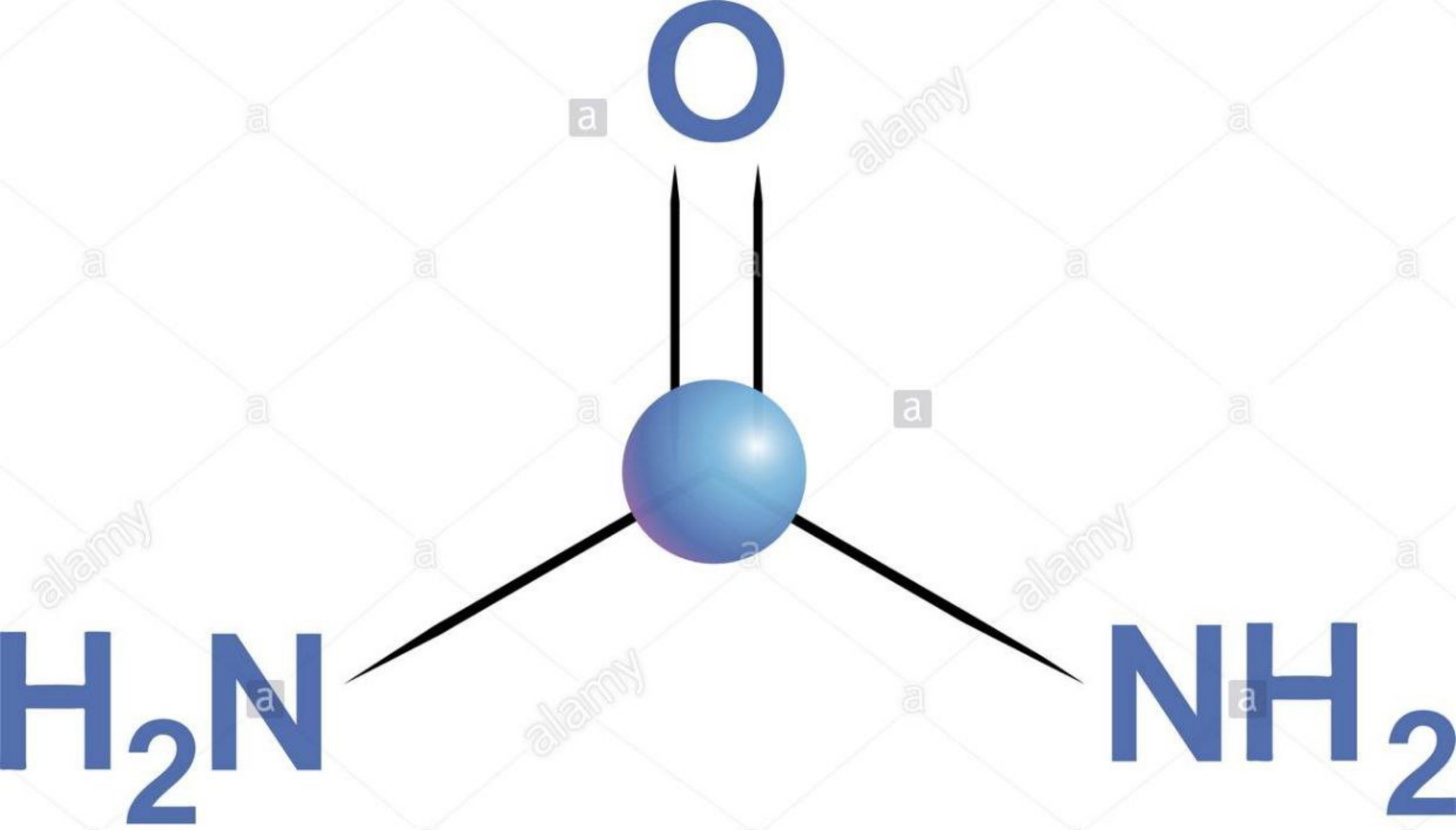
يؤدي تناول الحشرات المتغذية على الدم **Hematophagous insects** لوجبة الدم سريعا الى مشاكل ازموزية، اذا دخل جميع الماء الى من وجبة الدم الى الهيموليمف وبقي فيه، فتكون الحشرة مثقلة ولا تستطيع الحركة وخصوصا الطيران. لقد حلت تلك الحشرات المشكلة باستخدام هرمونات الادرار، والتي يحفز تحريرها الضغط على البطن، فينتقل الماء من الوجبة الى الهيموليمف سريعا ثم يتحرك بنفس السرعة الى انابيب مالبيجي لطرحة كقطيرة من البول.

- **بعض الوظائف غير الاخراجية لانابيب مالبيجي**

- تنتج بعض الحشرات الحرير من انابيب مالبيجي لبناء الشرنقة كما في اسد النمل

- تتطور الفلاريا الدقيقة لدودة قلب الكلب *Dirofilaria immitis* في خلايا الجزء البعيد من انابيب مالبيجي لمضيفها الوسطي بالغات البعوض.

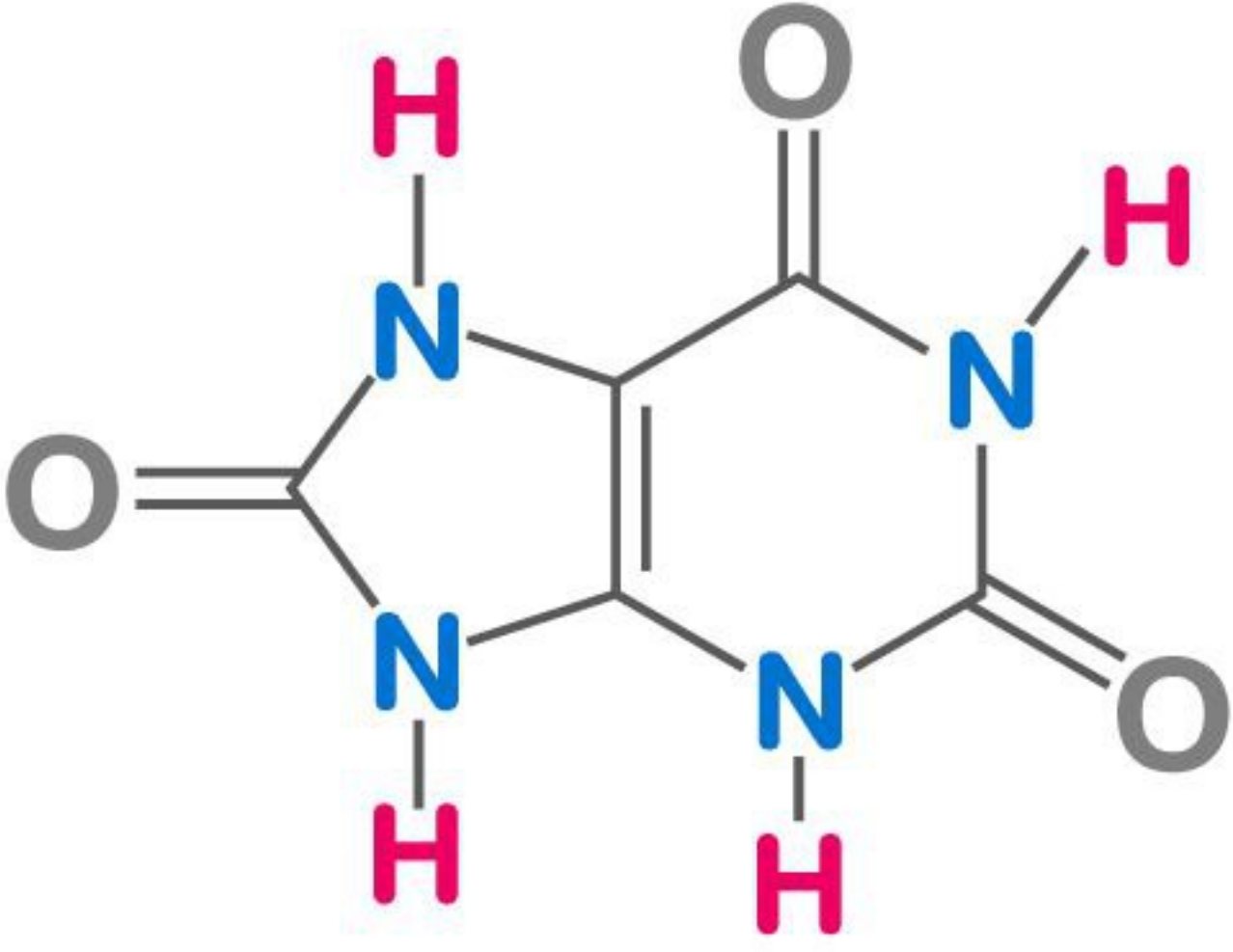
- ازالة السمية Detoxification التي سببها مواد ايض ثانوية تنتجها النباتات سامة لاكلات الاعشاب كالقلويدات، لذلك تستخدم انابيب مالبيجي بشكل واسع في دراسات السموم البيئية.

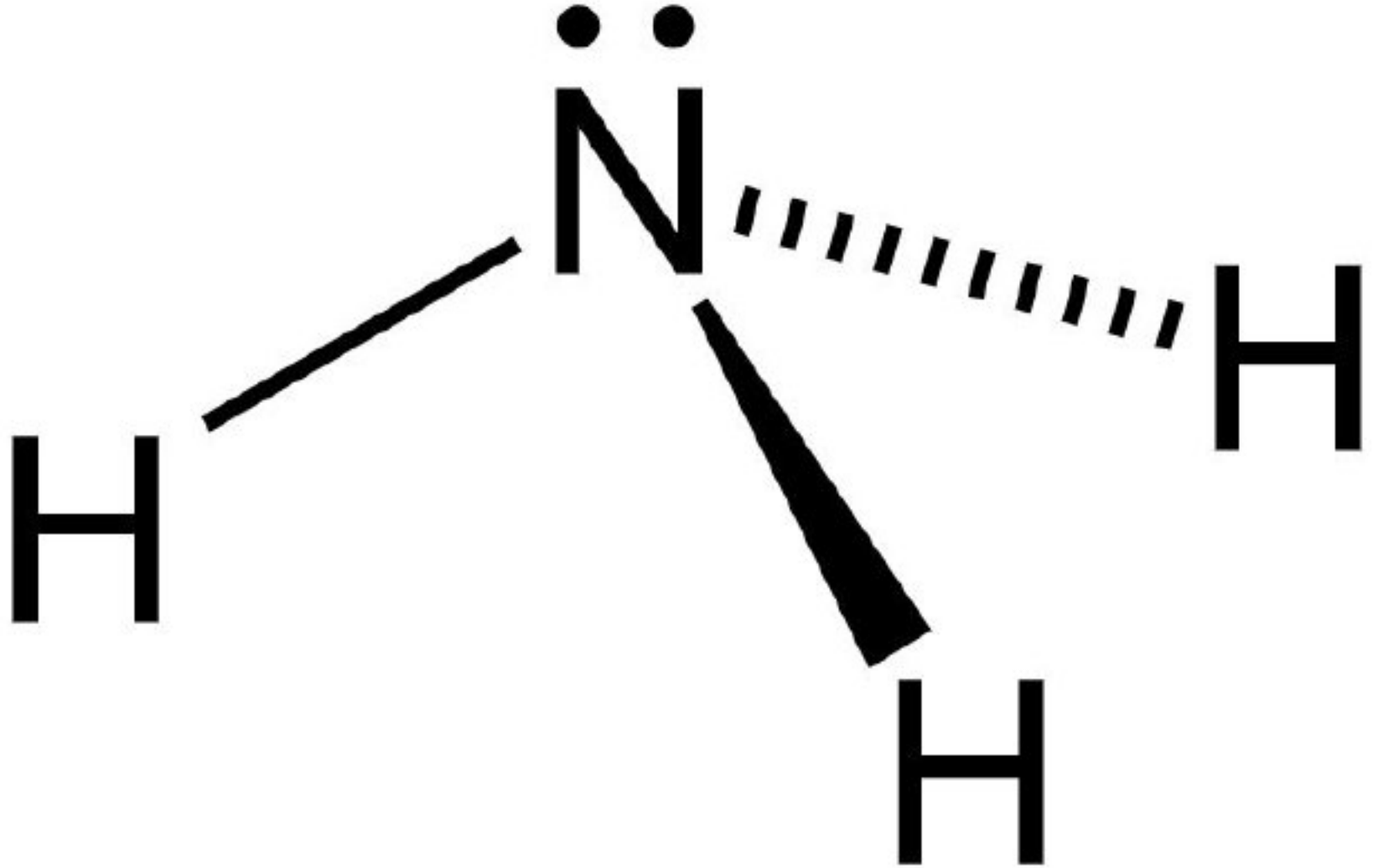


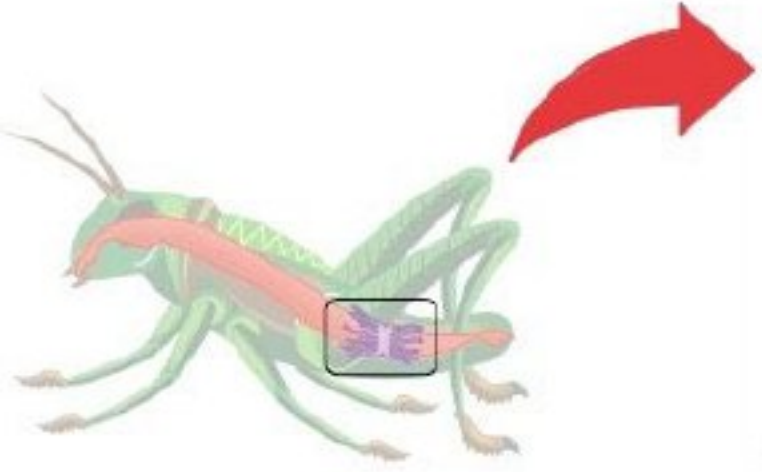

# Urea

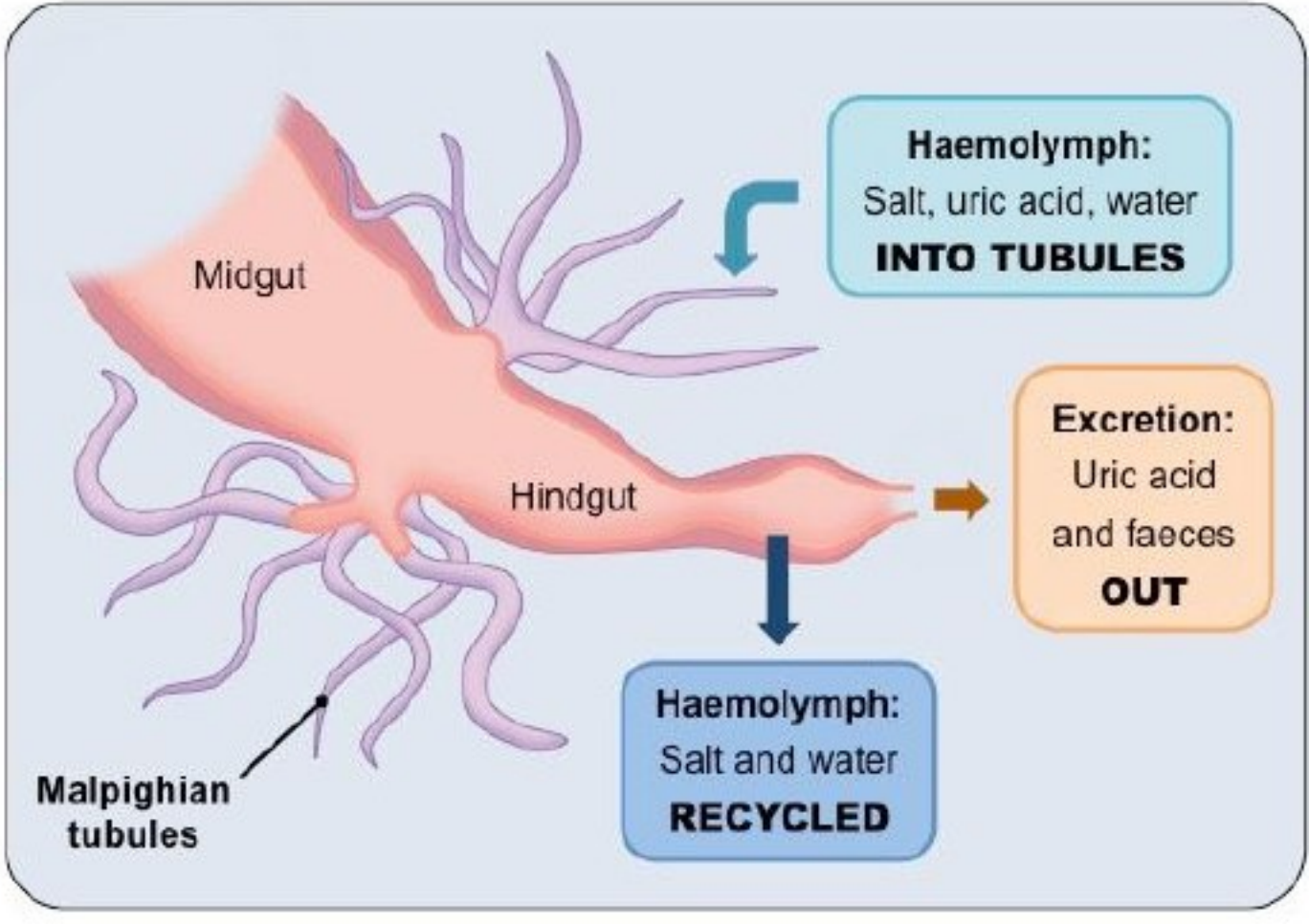
alamy stock photo
ENMBHK
www.alamy.com

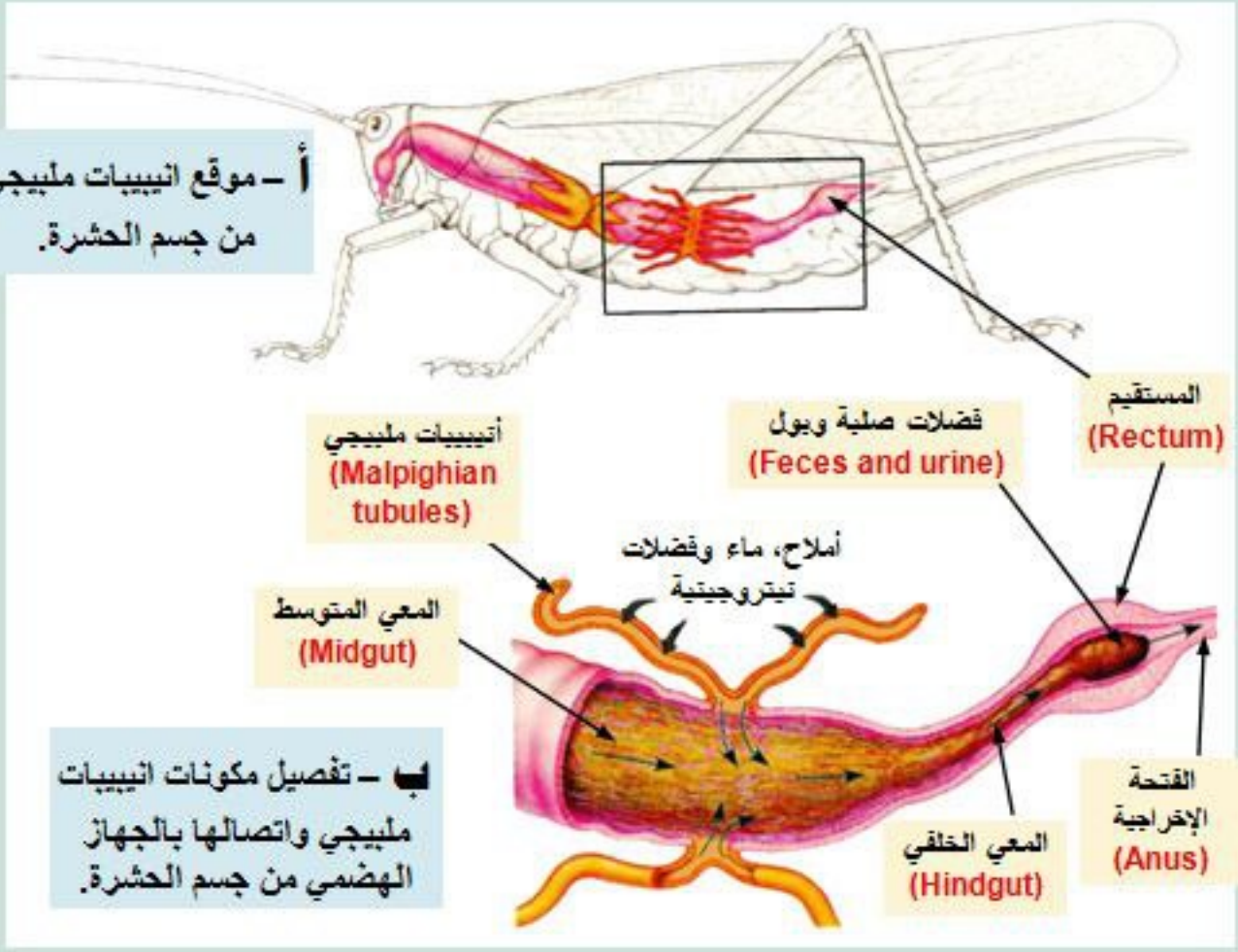
# URIC ACID STRUCTURAL FORMULA




N
H
H
H




Midgut
Hindgut
Malpighian tubules
Haemolymph:
Salt, uric acid, water
INTO TUBULES
Excretion:
Uric acid
and faeces
OUT
Haemolymph:
Salt and water
RECYCLED




شكل (9-6): أنيبيبات مليبجي (Malpighian tubules) وهي الجهاز الإخراجي في الحشرات.

# الجهاز العصبي The Nervous System

## المكونات الاساسية للجهاز العصبي

يتكون الجهاز العصبي في الحشرات كباقي الحيوانات الاخرى من خلايا عصبية وخلايا دبقية. وينشأ الجهاز العصبي جنينيا عن الجزء الطلائي البطني كخلايا مولدة عصبية Neuroblasts ، والتي تنقسم بشكل غير متناظر لتكوين خلايا امهات الخلايا العقدية Ganglionic mother cells، وينشأ عن انقسام الصغيرة منها خلايا داعمة دبقية واما الكبيرة فستكون الخلايا العصبية.

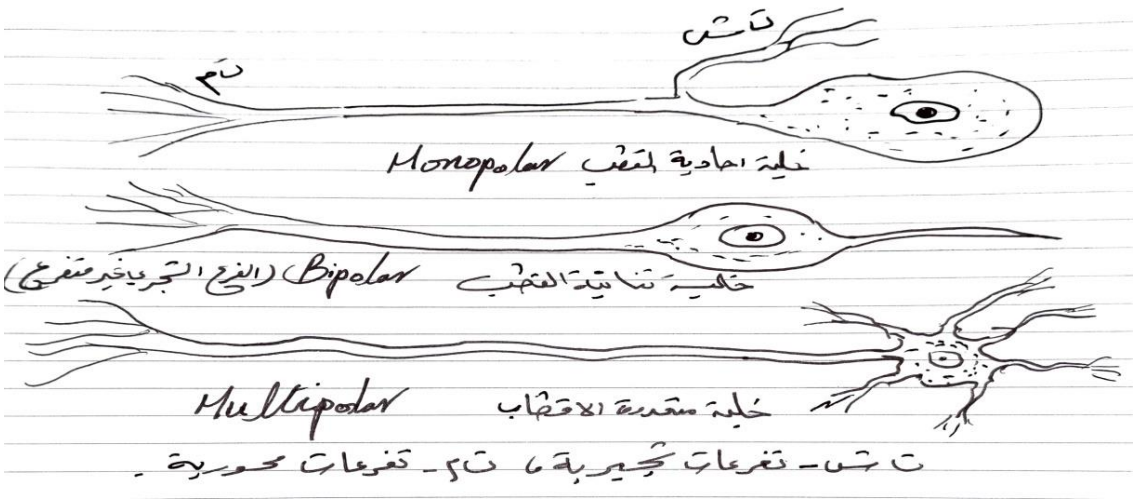
- **الخلية العصبية Nerve cell :** هي وحدة بناء النسيج العصبي ، وظيفتها جمع المعلومات ونقلها بإشارات كهربائية وكيميائية قصيرة المدى. ان التركيب الاساسي للخلية العصبية؛ جسم الخلية ويدعى Soma + البروزات Processes الموزعة الى : المحور والفروع الشجيرية، ويتضمن جسم الخلية على النواة ووفرة من معقد كولجي والشبكة الاندوبلازمية الخشنة والمايتوكوندريا، وجميع هذه العضيات مفقودة تقريبا في المحاور. تنقل المحاور المعلومات بعيدا عن جسم الخلية، والتي تحتوي على الشبكة الاندوبلازمية الملساء والحويصلات الافرازية العصبية.

- **تنقسم الخلايا العصبية على اساس الشكل الى:**

1- خلايا عصبية احادية القطب Monoplar وهي على العكس من الفقريات، فان معظم الخلايا العصبية في الحشرات هي احادية القطب، وهي تحمل محور واحد من جسم الخلية

2- خلايا عصبية ثنائية القطب Bipolar فتشمل المستقبلات المحيطية

3- خلايا عصبية متعددة الاقطاب Multipolar فهي مستقبلات داخلية. ان ما يسمى بالاعصاب هو حزم من المحاور والمحاطة عادة بأغلفة منشاؤها من اجسام الخلايا الواقعة داخل العقد العصبية.



- **كما تتميز الخلايا العصبية على اساس الوظيفة الى:**

1 – الخلايا العصبية الحسية Sensory neurons وهي تحمل السائل من المستقبلات الحسية.

2 – الخلايا العصبية الحركية Motor neurons وهي مسؤولة عن تنظيم افراز الغدد الخارجية وتقلص العضلات.

3 – الخلايا البينية Interneurons وتسمى ايضا الخلايا المرافقة، وتربط بين الخلايا الحسية والحركية داخل الجهاز العصبي المركزي.

ان تجمع اجسام الخلايا العصبية الحركية + الخلايا البينية يمثل العقدة العصبية Ganglion (مجموعها العقد العصبية Ganglia) للجهاز العصبي المركزي للحشرة. اما اجام الخلايا الحسية فلا تقع داخل العقدة العصبية ولكن قريبا من المستقبل الحسي نفسه.

4 – الخلايا العصبية الافرازية Neurosecretory cells ، فهي الخلايا العصبية التي تطلق منتجاتها العصبية - الافرازية الى جهاز الدوران (الهيموليمف).

## الخلايا الساندة Supporting cells

### 1 – الخلايا الدبقية Glial cells

تحاط الخلايا العصبية بالخلايا الدبقية، والتي تخصصت طبقا لموقعها ووظيفتها، وقد كونت الخلايا الدبقية المحيطية الغلاف حول العصب Perineurium وهذا الغلاف متماسك جدا بروابط وثيقة، ويعد لذلك حاجزا لفصل الجهاز العصبي المركزي عن الهيموليمف. وغالبا ما تحاط كل خلية عصبية بغلالة Sheath تفرزها الخلايا الدبقية؛ للعزل وتزويد الخلية العصبية بالمغذيات، هذه الغلالات مفقودة في مواقع الاشتباك العصبي، كما تحافظ الخلايا الدبقية والغلاف حول العصب على البيئة الكيمياوية داخل العصب وتزويده بالاوكسجين عبر امتداد العصبيات عميقا في العقدة العصبية.

### 2 – الخلايا الدبقية الدقيقة (الصغيرة) Microglia:

وهي خلايا بلعميه ذات طبيعة دفاعية مناعية في المفصليات والرخويات. وان للخلايا الدبقية دور وظيفي مهم خلال تطور الجهاز العصبي المركزي واصلاح الضرر لو حدث للخلايا العصبية.

## الجهاز العصبي المركزي The Central Nervous System

يتكون الجهاز العصبي المركزي في الحشرات من الدماغ **The brain** والحبل العصبي البطني **The Ventral Nerve Cord**

**الدماغ** :- يتكون دماغ الحشرة من الواقع فوق المرئ من تجمع كبير من الخلايا العصبية ، ولهذا السبب كان تسميته العقدة العصبية فوق المريئية Supraesophagous ganglion ، وتشير بعض المصادر؛ ان الدماغ قد تطور من اندماج العقد العصبية لحلقات الرأس الاولى والثانية والثالثة، ولذلك يتميز الدماغ الى الدماغ الامامي والجانبي (الوسطي) والدماغ الثالث الخلفي. ويتباين عدد الخلايا العصبية في دماغ الحشرات من نحو 2.1 مليون في الصرصر الى 950,000 في نحل العسل و 200,000 في ذبابة الخل (الدروسوفيلا)

### ❖ الدماغ الامامي Protocerebrum

ان الجزء الاكبر من الدماغ الامامي مرتبط مع العيون المركبة وبعض المستقبلات الحسية لجدار الجسم. ويتكون الدماغ الامامي من : فصين بصريين جانبيين كبيرين وخلايا عصبية افرازية تقع في منطقة بينية وسطية وتسمى Pars intercerebralis. وتنتقل افرازات تلك المنطقة البينية بعد تحريرها من الاجسام القلبية والاجسام الجناحية. وينشأ من جزئه الامامي اعصاب العيون البسيطة. كما يوجد في الدماغ الامامي زوج من الاجسام الفطرية Mushroom bodies المسؤولة كمراكز ارتباط مهمة لاستلام المحفزات الحسية الداخلة وخصوصا الشمية والبصرية، كما تلعب تلك الاجسام دورا مهما في التعلم والذاكرة، وكما ان حجم الاجسام الفطرية مرتبط مع تطور السلوك المعقد، فهي عالية التطور في معظم الحشرات غشائية الاجنحة الاجتماعية. إن للجزء الوسطي المركزي للدماغ الامامي دور تنسيقي للفعاليات الحركية كحلقات الجسم مثل حركات التنفس والمشي والطيران، وقد وجد حديثاً أن الخلايا العصبية للمنطقة البينية حساسة للضوء المستقطب، مما أعطى انطباعا أن للجزء المركزي دور في الملاحة الجوية. كما أن الفص البصري متحسس للضوء ومن ضمنه المستقطب منه.

### ❖ الدماغ الوسطي (الجانبي) Deutrocerebrum :

ان اغلب الدماغ الوسطي مكوّن من الفصين الشميين المكونان من خلايا حسية وحركية وهي مسؤولة عن الاستجابة للمحفزات من قرني الاستشعار وخصوصا الشمية والحركية – الحسية وحركة قرني الاستشعار. وفي الانواع الحشرية التي تنتج فيها الاناث الفرمونات الجنسية يتميز فيها فصي الاستشعار بالتباين على اساس الجنس فيكونا اكبر مع وجود خلايا بينية اضافية في الذكور.

### ❖ الدماغ الخلفي (الثالث) Tritocerebrum :

هو منطقة صغيرة من دماغ الحشرة، ويقع أسفل الدماغ الوسطي، وهو مكون من محاور الخلايا الحسية والحركية والمؤدية الى العقدة الجبهية والشفة العليا، ويربط الدماغ الخلفي الجهاز العصبي المركزي مع الجهاز العصبي الحشوي من خلال العقدة الجبهية، كما يرتبط الدماغ الخلفي مع الحبل العصبي البطني من خلال الاربطة حول المريئية Cicumesophagous connectives ، كما يستلم الدماغ الخلفي اعصاباً من الشفة العليا .

### ❖ الحبل العصبي البطني Ventral Nerve Cord :

تحتوي كل من حلقات الجسم الأخرى بصورة بدائية على عقدة عصبية مرتبطة مع بعضها، والعقدة العصبية هي مجموعة من الخلايا العصبية متباين عددها من فئات قليلة الى عدة الاف وهي المسؤولة عن نشاطات الحلقة الجسمية الواردة اليها من المستقبلات الحسية والسيطرة على العضلات فيها. تكون العقدة العصبية تحت المريئية Subesophageal ganglion هي العقدة العصبية الاولى من الحبل العصبي البطني، وهي العقدة الوحيدة في منطقة الرأس، وهي عقدة مركبة من التحام عقد ثلاث للحلقات الرابعة الفكية والخامسة الفكية المساعدة والشفة السفلى، ويتصل بالعقدة تحت المريئية أعصاباً حسية وحركية مزدوجة الى اجزاء الفم والغدد اللعابية والثغور التنفسية واعضاء الحس. اما اكبر عدد للعقد العصبية البطنية، هي ثماني عقد في شعرية الذنب Machilis ويرقات العديد من الانواع، وتتكوّن العقد الثامنة من اندماج العقد الاربعة الاخيرة للمرحلة الجنينية. وتتباين درجة اندماج العقد البطنية في الرتب المختلفة، فتندمج عقدة بطنية او اكثر من عقد الصدر لتكوين عقدة صدرية بطنية. أما ارتباط العقد العصبية في الحبل العصبي البطني بواسطة روابط عصبية مزدوجة .

## الجهاز العصبي الحشوي (العطوف) Visceral (Sympathetic N.S ) :

أن الجزء الموصوف اعلاه من الجهاز العصبي هو المسؤول عن علاقة الحشرة وتداخلها مع البيئة الخارجية، أما الجزء الاخر من الجهاز العصبي المعني بالحفاظ على البيئة الداخلية للحشرة وتناسق الوظائف الداخلية المختلفة، ويسمى هذا الجهاز بالجهاز العصبي الحشوي ( وهو مناظر للجهاز العصبي الذاتي Autonomic N.S. في الفقرات ) وهو يزود القناة الهضمية والقلب ووالغدد الصم بالأعصاب. ويشكّل الجهاز العصبي الحشوي شبكة من العقد العصبية المحيطية المرتبطة بملحقات الجهاز الهضمي، وتزود هذه العقد بالاعصاب عضلات التجويف الفمي والمعي الامامي والمعي الوسطي وتنظيم تناول الطعام والنقل والهضم واخراج الفضلات.

ان **الجهاز العصبي الفمي- المعدي Somatogastric N.S.** هو جزء من الجهاز العصبي الحشوي مسؤول بتزويد المعيين الامامي والوسطي بالاعصاب. ويمثل معظم العقد الرئيسية الآتية اجزاء الجهاز العصبي الحشوي:

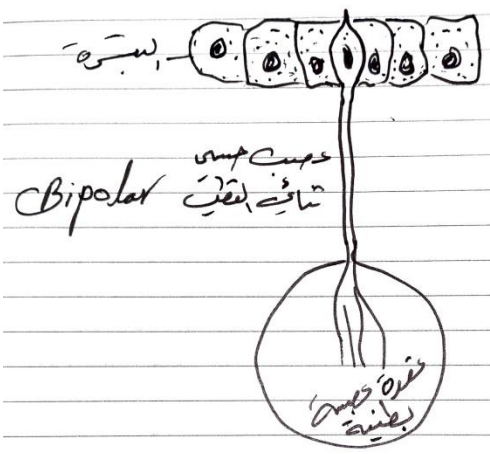
**(1)- العقدة الجبهية Frontal ganglion** ، وهي مرتبطة بنسيج رابط من الدماغ الخلفي، وتزود بالاعصاب المعي الامامي والسيطرة على افراغ الحوصلة وينشأ عنها العصب الراجع Recurrent nerve والذي يمر تحت الدماغ ويتوسع بشكل

**(2)- العقدة تحت المخية Hypocerebral ganglion** والتي تزود بالاعصاب كل من الاجسام الجناحية والاقسام القلبية والمعيين الامامي والخلفي.

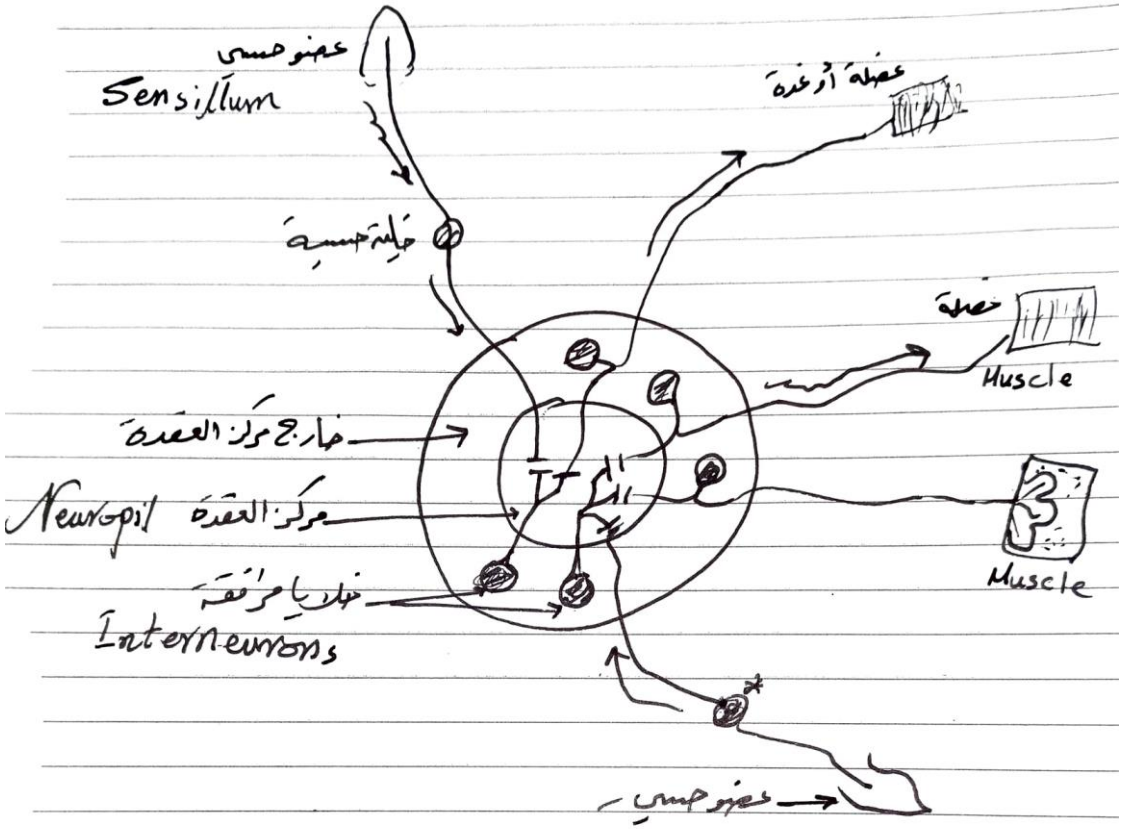
**(3)- أما الجهاز الذاتي الذنبي Caudal autonomic system** فيتكون من تلك الاعصاب التي تغذي المعي الخلفي والاعضاء التناسلية الخارجية Genitalia.

## الجهاز العصبي المحيطي The peripheral Nervous System

وهو مكون من شبكة دقيقة من المحاور والخلايا الحسية، وتقع تحت جدار الجسم، وان للخلايا العصبية افرعاً بعيدة ( الافرع الشجرية ) تنتهي بالبشرة، اما محاور تلك الخلايا تتحد وتدخل العقد البطنية للحبل العصبي البطني. كما في الشكل ادناه:




شكل تخطيطي لجزء من الجهاز العصبي الحيطي.




مخطط تخطيطي داخل العقدة العصبية

* جسم الخلية العصبية Soma، لاحظ مواقع الاتصال العصبي والمحاور والتفرعات الشجيرية وأجسام الخلايا في العقدة العصبية.
وتشير الأسهم إلى اتجاه حركة الإيعازات العصبية.

# الجهاز العصبي المحيطي The Peripheral Nervous System

يشتمل الجهاز العصبي المحيطي على جميع الاعصاب المتفرعة عن الجهاز العصبي المركزي، والتي تزود بالأعصاب كل من العضلات والجهاز التكاثري والثغور التنفسية والمستقبلات الحسية المختلفة.

وتتكون اعصاب الجهاز العصبي المحيطي من محاور الخلايا العصبية الحركية، وتذهب تلك المحاور خارجا من العقدة العصبية الى العضلات والغدد. فضلا عن المحاور المحاور الحسية فتاتي من المحيط حيث تقع الخلايا العصبية، والتي هي دائما اما ثنائية القطب او متعددة الاقطاب، فتؤمن ارتباط البروزات البعيدة (الفروع الشجيرية) مع البيئة الخارجية حيث استلام المحفزات الحسية.

❖ **اعضاء الحس والمستقبلات الحسية The Sense Organs and Sense Receptors**

لقد تم رصد نوعين من الخلايا الحسية على اساس الشكل:

**1 – النوع الاول (Type I)** ، وفيه تكون الخلايا الحسة مرتبطة بالكيوتكل، **وتكون بداخل انبعاجات في جدار الجسم.**

**2 – النوع الثاني (Type II)**، وفيه تكون الخلايا الحسية مرتبطة على **السطح الداخلي** لجدار الجسم او **جدار** القناة الهضمية او على طول العضلات او الانسجة الرابطة، ووظيفتها **استقبال** المنبهات الداخلية.

اما عضو الحس Sense Organ في النوع الاول فهو مكون (باختصار ) من : الخلية او الخلايا الحسية + الخلايا الساندة من خلايا البشرة + الكيوتكل.

## مكونات المستقبل الحسي الخارجي

لابد من التذكير ان المستقبلات الحسية مسؤولة عن " اللمس والذوق والبصر والصوت".

وتسمى الاشكال البسيطة من المستقبلات الحسية بالمتحسسات Sensillae ومفردها Sensillum ، ويتكون المتحسس من حيث التركيب الاساس من جزء كيوتكلي خارجي، وخلية مولدة للشعرة Trichogenمع خلية حسية ثنائية القطب، وتقع هذه الخبية داخل البشرة او تحتها. ويمتد الفرع الشجيري - غير المتفرع في الحشرات - لخليتين عادة داخل تجويف الجزء الكيوتكلي للمستقبل الحسي، ويكون محاط بالهيموليمف المستمر مع هيموليمف الجوف الجسمي للحشرة . يكون الكيوتكل

الخارجي للمستقبل ذو ثقوب في بعض المتحسسات الكيمياوية للذوق والشم. ويلي الخلية المولدة للشعرة احيانا خلية الغشاء Tromogen .

**تصنيف اعضاء الحس اما على اساس الشكل والوظيفة**

**أ – التصنيف على اساس الشكل: -**

1 – المتحسسات شبيهة الشعرة Trichoid Sensellae

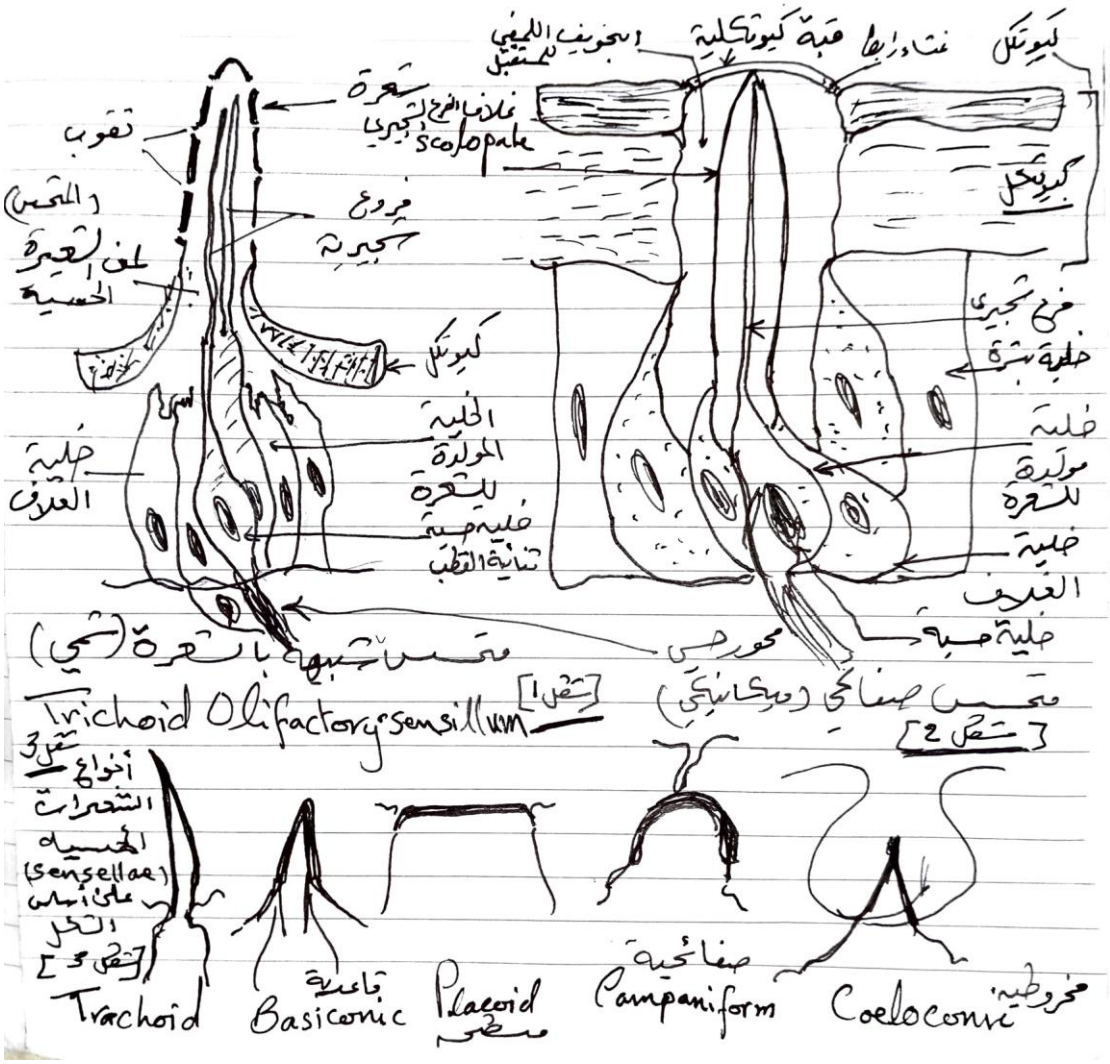
**2** – المتحسسات المخروطية Coeloconica sensellae بشكل مخروط داخل نقرة.

3 – المتحسسات الصفائحية الشكل Campaniform Sensellae

4 – المتحسسات القاعدية .Basiconic Sen

5 – المتحسسات المسطحة .Placoid Sen

**الاشكال التخطيطية والتوضيحية المرفقة .....1، 2 ، 3 ، 4 ، 5.**



**اما التصنيف الاخر للمتحسسات فيكون على اساس الوظيفة طبقا للمتحفزات التي يستجيب لها المتحسس ويستقبلها وهي: -**

**1 – المستقبلات المكانيكية Mechanical receptors**

يوجد مجموعتان رئيستان من المستقبلات المكانيكية الكيوتكلية :

الاولى بشكل بروزات شبيهة بالشعرة بارزة من الكيوتكل ذات محجر قاعدي,

والمجموعة الثانية متحسسات سطحية شبيهة بالقبة Dom – like، ولكلا النوعين ترتيب متشابه من الاعصاب والخلايا المغلفة (الشكلان 2 ، 3 ) .

اما الية عمل المستقبلات الكيوتكلية فتكون على **ثلاث خطوات:**

ففي الخطوة الاولى يحدث تغير او تشوه في الشكل او الانثناء للمتحسس السطحي او المتحسس الشعري ، ويجب ان ينتقل ذلك الفعل الفيزيائي الى الفرع الشجيري للعصب الحسي في خطوة تسمى الازدواج Coupling.

وفي الخطوة الثانية يتم تحويل الطاقة الميكانيكية الى اشارة كهربائية كمولد او مستقبل للجهد Receptor potential.

وفي الخطوة الثالثة الاخيرة تتم ترجمة Encoded فعل مستقبل الجهد الى نبضة Action potential او نبضات عصبية على طول المحور الحسي، وليصل الى الجهاز العصبي المركزي.

وتشمل اضافة الى المتحسسات الكيوتكلية متحسسات داخلية معنية بالإحساس الداخلي مثل تمدد العضلات او امتلاء المعي بالغذاء او الضغط والتمدد في قنوات البيض حين نضج البيض.

## المستقبلات الكيمياوية Chemoreceptors

يوجد نوعان من المستقبلات الكيمياوية بصورة عامة قادرة على الاستجابة للطاقة الكيمياوية في البيئة وهما: - الاول؛ مستقبلات الذوق Gustatory chemoreceptors ، ووظيفتها كتذوق تستجيب للمواد في المحلول وبتركيز عالي نسبيا وبمدى متقارب نسبيا، وهي يتركز معظمها على اجزاء الفم والارجل والة وضع البيض،

اما النوع الثاني من المستقبلات الكيمياوي فهي؛ الشمية Olifactory chemoreceptors، وهي تتوزع على قرون الاستشعار والملامس الفكية والشفوية، ووظيفتها كاستجابة للروائح في الهواء وبتراكيز واطئة نسبيا، وينتهي محاور المستقبلات الشمية في الدماغ الوسطي بصورة عامة ( الشكل 3 ) الذي يمثل المستقبلات الشمية، وتتميز بوجود ثقوب عديدة تسمح بدخول المواد الكيمياوية,

**وللمستقبلات الكيمياوية وظائف فهي: -**

تحدد سلوك الحشرة في؛ التغذية ، واختيار مكان وضع البيض، وتحديد المضيف، وموقع التزاوج، وسلوك التجمع، ووظائف الطبقات في الحشرات الاجتماعية، والاستجابة للجاذبات والطاردات التجارية (في مكافحة الحشرات). كما ان الحشرات لها **قابلية تحديد المحفزات الكيمياوية** اضافة الى الشم والذوق؛ وهو يمثل الاستجابة العلية للمواد الكيمياوية السامة.

## ❖ مستقبلات الحرارة والرطوبة Temperature and Humidity receptors

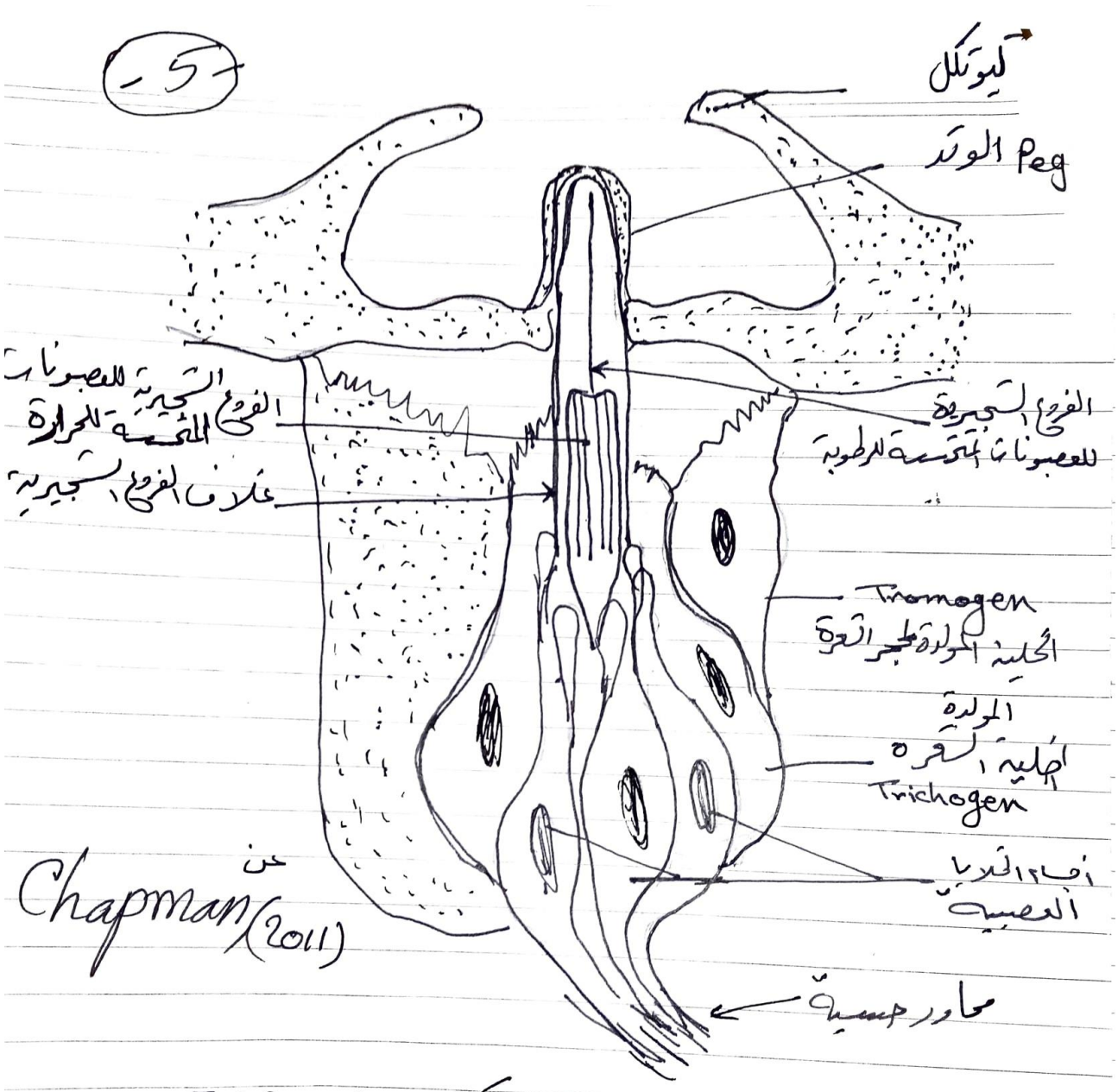
غالبا ما تكون استجابة الخلايا الحسية لكل من درجات الحرارة والرطوبة موجودة جميعها في المتحسس الواحد. وفي جميع الحشرات المدروسة كان مثل هذه المتحسسات موجودة على قرون الاستشعار. ويتكون المتحسس من وتد قصير Peg وبدون ثقو ب وحجر غير متحرك، ويبرز داخل الوتد الفروع الشجيرية لخليتين عصبيتين. وغالبا ما تشغل الفروع الشجيرية كامل الفراغ المحاط بالغلاف الشجيري المكون لبطانة الوتد ورتبط به. تكون التفرعات الشجيرية داخل الوتد متحسسة للرطوبة Hygrosensetive. اما الفروع الشجيرية للخلية التي لم داخلة في الوتد فهي من المحتمل متحسسة لدرجة الحرارة Thermosensetive. قد يكون المتحسس Sensellum مكشوف على سطح قرن الاستشعار، او مخفي في نقرة فتكون من نوع مخروطي Coelococonic ، واما المكشوفة فتكون مرتبطة بشعرة.

دلت ملاحظات عديدة عن سلوك الحشرات على تقدير كمية رطوبة الهواء في الجو المحيط بها الى اللجوء الى المواقع مناسبة الرطوبة. ان تقدير الرطوبة المناسبة مرتبط بالحالة الفسلجية للحشرة.

كما تبحث الحشرات عن مواقع درجة الحرارة المناسبة، والى المدى المضل لها؛ فالحشرات تبقى خاملة حتى ارتفاع الشمس، فترفع او تخفض جسمها على مستوى سطح الارض، او تتسلق على النباتات لغرض الحفاظ على المدى المضل لها من درجات الحرارة. وبإمكان الخنفساء ساكنة الكهوف

Sporophytes ان تتحسس يرقاتها تغيرات اقل من درجة واحدة. كما ان بإمكان البق الماص من قابلية التحسس للأشعة تحت الحمراء.

ان قياس درجة الرطوبة ودرجة الحرارة ناتج عن تأثير الرطوبة ( وعلاقة بدرجة الحرارة) على التد كمتحسس ميكانيكي وتغيير شكله.




الوتد Peg = hair الشعرة. الجذور داخل الشعرة

Thermoreceptor. مستقبل حسي للحرارة - الرطوبة

داخل نقرة Pit

# الابصار واستقبال الصوت في الحشرات Vision and Sound Reception

## الابصار Vision

تتشابه الحشرات مع الفقريات في القدرة على استلام الضوء، كما ان الالية الاساسية في التحفيز متشابهة تقريبا في كليهما في تحويل الطاقة الشمسية الى نبضات عصبية لتنتقل الى مراكز الابصار في الجهاز العصبي المركزي.

**انواع العيون في الحشرات**

- **العيون المركبة Compound Eyes**
- **العيون البسيطة Simple Eyes**

# العيون المركبة

تتكون العين المركبة من الوحدات البصرية Ommatidia (المفرد Ommatidium) ، ويتناوب عددها من بضع وحدات في النمل الى نحو 30000 في بالغات الرعاشات. ام موقعها، فهو على الجهة الظهرية الجانبية للرأس، وتبدو الوحدات البصرية كخلايا النحل سداسية الشكل متراصة ومتشابهة، ولكن وجد اخيرا فيها تخصص في مجالات الابصار.

## ❖ تركيب الوحدة البصرية Structure of the Ommatium

تتكون كل وحدة بصرية من جزء بصري جامع للضوء واخر حسي مستقبل للضوء وتحويله الى طاقة كهربائية لتنتقل عبر الجزء الحسي كنبضات الى مراكز الابصار: -

### 1 - الجزء البصري Optic part

يتكون الجزء البصري للوحدة البصرية من عدسة محدبة شفافة سداسية الشكل، تنتج كل عدسة قرنية خليتان من خلايا البشرة اسفل العدسة تسميان الخلايا المولدة للقرنية Corneagen cells واللتان تنسحبان الى الجانبين لتكوين الخلايا الصبغية الابتدائية Primary cells . وتقع اسفل العدسة القرنية عدسة ثانية وهي المخروط البلوري Crystalline cone تنتجه اربع خلايا اسفل القرنية تسمى خلايا سمبر Semper cells، ويحدد المخروط البلوري جانبيا بخلايا صبغية ثانوية Secondary pigmented cells

**2 - العناصر الحسية للوحدة البصرية Sensory elements of the Ommatidium**

وهي ممثلة بخلايا عصبية حسية ثنائية القطب وبمعدل نحو 8 خلايا، ويمثل مجموع الاجزاء الشجيرية لكل الخلايا القضيب البصري Rhabdom، وكل فرع شجيري يعود لكل خلية حسية بصرية Retnula (خلية شبكية) ويسمى قطعة بصرية Rhabdomere، تستند الخلايا الحسية على الغشاء القاعدي وتخترقه محاور الخلايا الحسية العصبية.

**آلية الابصار في الحشرات Vision Mechanism**

تبدأ النبضات العصبية من القطعات البصرية Rhabdomeres عن طريق تفاعل الصبغات الضوئية Rhodisin للخلايا الشبكية التي تكون حساسة على الاقل لثلاثة اطوال موجية للضوء المرئي، كما وجد تمييز النحل للأطوال الموجية للضوء فوق البنفسجية.

عند سقوط الضوء المنبعث او المنعكس من الاجسام على العدسة القرنية وانكساره خلالها، وقد يحدث انكسار ثان في المخروط البصري. وحسب النظرية الموزائيكية Mosaic Theory في تفسير الابصار في العين المركبة( الصورة الكلية للعين المركبة حاصل جمع الصور لكل وحدة بصرية من الجسم المرئي)

تكون الخلايا المستقبلة للضوء (المسماة القضيب البصري Rhabdom) ملاصقة للجزء البصري في الحشرات النهارية Apposition method او Photonic ommatidium . اما في الحشرات الليلية توجد منطقة رائقة Clear zone بين العدسات والخلايا المستقبلة للضوء وتتكون الصورة بطريقة متراكبة Superposition method او Scotopic ommatidium

**❖ الابصار في النهار في الوحدات البصرية الضوئية. Photopic Ommatidium**

وتسمى العين المركبة المتضامة Apposition Compound Eye والحشرات التي تبصر نهارا بالحشرات النهارية Diurnal insects

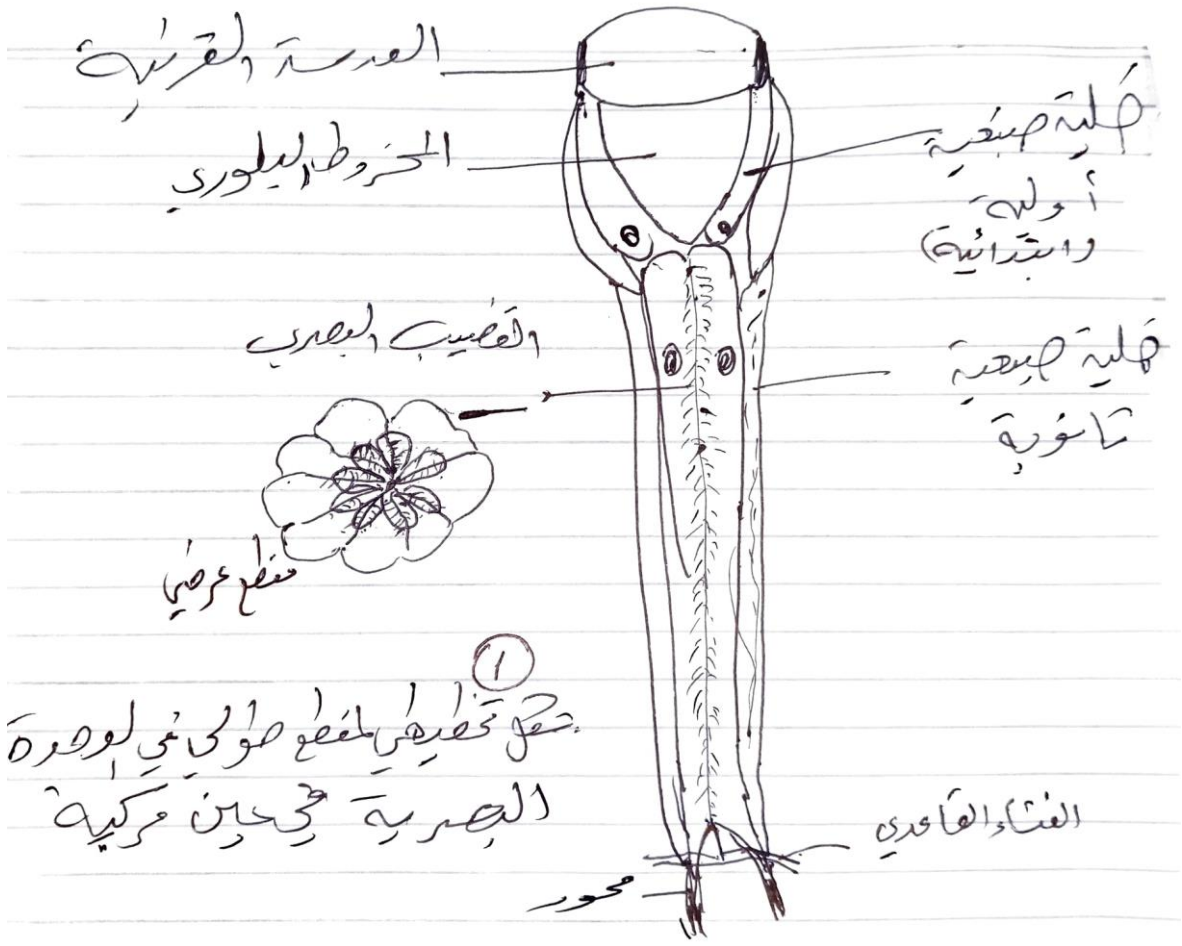
تكون الوحدة البصرية معزولة عن الوحدات البصرية المجاورة لها بالخلايا الصبغية الابتدائية والثانوية كغلاف لا يسمح بتجاوز الضوء الساقط على العدسة القرنية القضيب الصري للوحدة البصرية، وبذلك يكون لكل وحدة بصرية نظام بصري خاص به، كتصميم فيه تتكون الصور بشكل متواز. وليسمح بتحديد الحركة للصورة وتمييزها. اما وضوح الصورة في العين المتضامة فهو وظيفة: - الزاوية بين الوحدات البصرية المتجاورة، وقطر العدسة القرنية، والعدد الكلي للوحدات البصرية المكونة للعين المركبة.

❖ **الابصار في الليل بالوحدات البصرية Scotopic Ommatidia**

وتسمى بالعين المركبة المتراكبة Superposition compound Eye وتسمى الحشرات المبصرة ليلا بالحشرات الليلية Nocturnal Insects. وتتميز العين المتراكبة بالاتي: ينسحب الحاجز الصبغي في الخلايا الصبغية الى الاسفل، مما يدعو الى انتقال الضوء الساقط على نظام عدسي واحد الى النظم المجاورة ولم يقتصر على وحدة بصرية واحدة ( كما في العين المتضامة)، فيعاد توجيه جميع الضوء الساقط بصريا وتنفيذ الصورة البراقة جدا فتكون الحاجة الى جميع الضوء المنكسر والذي تتباين زوايا توجيهه بسبب تدرج زوايا الانكسار خلال اجزاء العين,، وتعتمد زوايا الانكسار على: - الهواء ، والعدسة القرنية، والمخروط البلوري، والمنطقة الرائقة.

**فوائد التاقلم للأبصار ليلا....** لبقاء الحشرات نشطة خلال الضوء الخافت ساعات الليل فوائد مميزة: تفادي المفترسات النشطة نهارا، استغلال مصادر الغذاء كالنباتات المزهرة ليلا.

**الشكل 1**



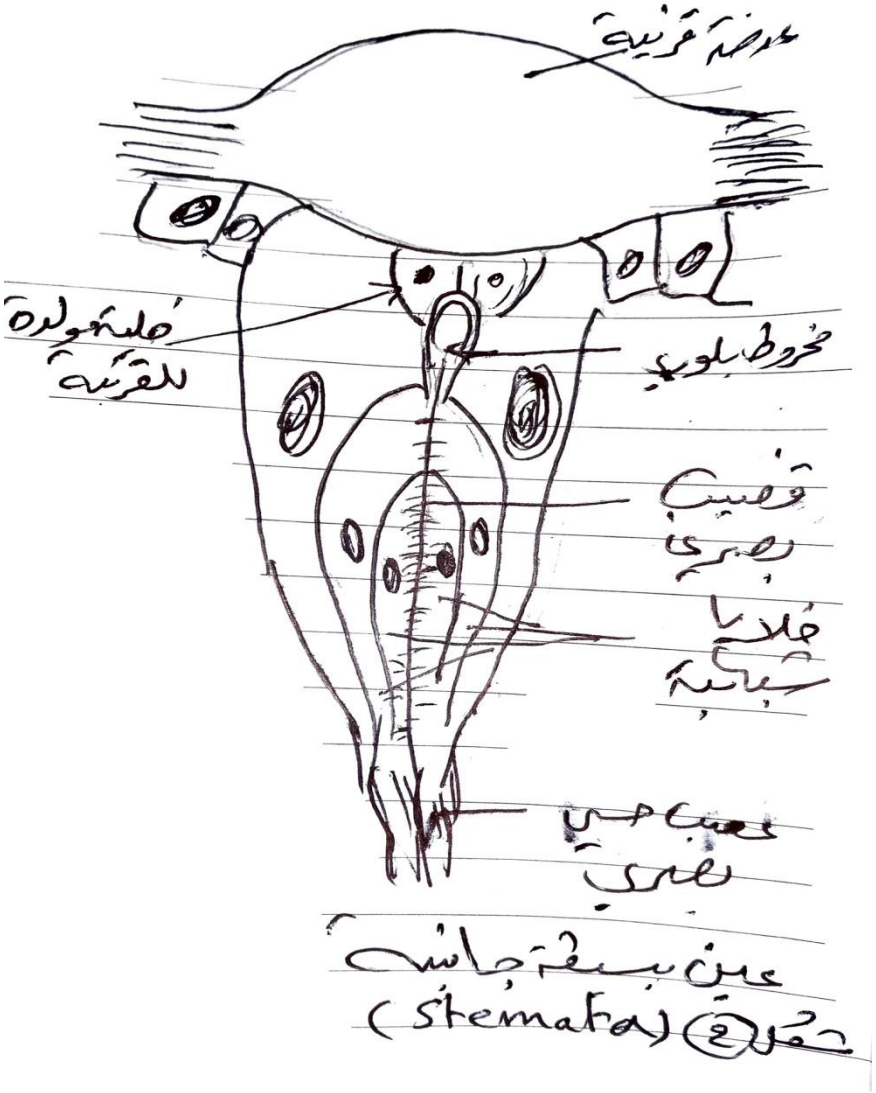
# 2 - العيون البسيطة :

وهي تشمل العيون البسيطة؛ الظهرية والجانبية

**2 – 2 - : العيون البسيطة الجانبية Lateral Ocelli or Stemmata**

يقتصر وجودها على اليرقات وتسقط بعد التحول الى البالغات عادة. اما تركيبها: فان كل عين مكونة من عدسة قرنية فوق مخروط بلوري، ويلي المخروط خلايا شبكية تتجمع حول قضيب بصري مركزي مكون من وحدات بصرية Rhabdomeres، اما عدد الخلايا الشبكية بين ثلاث الى نحو 5000 خلية. اما وظيفة العين البسيطة الجانبية هو : رؤية موزائيكية مشوشة، وادراك ضعيف للألوان، وادراك حركة الاجسام. واما عددها قد تكون واحدة – 12 في كل جانب من جسم اليرقة.

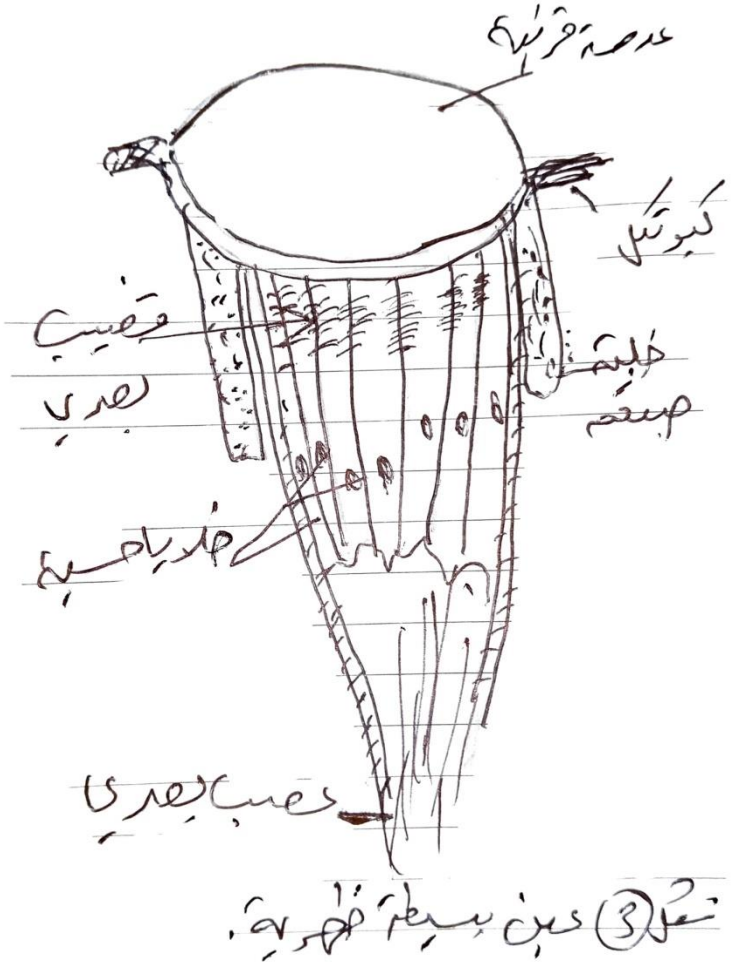
**الشكل 2**



**2 – 1- العيون البسيطة الظهرية Dorsal Ocelli**

توجد في بالغات الحشرات المجنحة والحوريات، وعددها ثلاث؛ واحدة وسطية واثنتان الى الاعلى بشكل مثلث. اما تركيبها: فهي مكونة من عدسة قرنية محدبة شفافة مع تجمع من مئات الخلايا الحساسة للضوء تسمى الخلايا الشبكية Retinula cells اسفل العدسة، ولكل خلية شبكية قضيب بصري يحتوي على صبغة الابصار Rhodopsin، وتوجد اسفل من خلايا الشبكية طبقة خلايا تحتوي بلورات اليوريا او تكون ملاصقة القصبات الهوائية، التي ( بلورات اليوريا والقصبات الهوائية) وظيفتها انعكاس الضوء تسمى Tapetum، وتخرج محاور الخلايا الشبكية الى مركز الابصار في الدماغ الامامي. اما وظيفة العين البسيطة الظهرية : هو ادراك التغيرات السريعة في شدة الضوء خلال الطيران لتقدير وتحديد الدوران بمرافقة العيون المركبة والحفاظ على دوران الحشرة في الفضاء.

**الشكل 3**




شكل (3) عين بسيطة ظهرية.

## استقبال الصوت Sound Reception

تنفرد الحشرات بوجود الشعيرات الحسية المرنة Chorodtonal Sensella، والتي لها القابلية على استقبال الموجات الصوتية ذات الترددات الواطئة وتكبيرها.

### ❖ اعضاء السمع Auditory Organs

على الرغم من انتقال الضوضاء التي تصدرها الحشرات عبر الاوساط السائلة والصلبة، ولكن لازالت البحوث جارية للتعرف على طريقة استقبال الحشرات الاصوات، وتعتبر اعضاء السمع في الحشرات مستقبلات ميكانيكية، وهي تختلف عن اعضاء اللمس الحسية التي تستجيب للتباين في شدة المؤثر الخارجي.

**تتمثل مستقبلات السمع بالأعضاء الاتية:**

### 1 – الاعضاء الطبلية Tympanal Organs

وهي تراكيب مزدوجة دائما، وتتركب من الكيوتكل الرقيق المسمى الطبلة Tympanum، وترتبط مع اكياس هواء قصبية وشعيرات حسية مرنة. ويوجد هذا النوع من اعضاء السمع في رتبة مستقيمة الاجنحة (الجراد ذو القرون القصيرة وصراصير الحقل) وعائلة السيكادا من رتبة متشابهة الاجنحة وبعض عوائل حرشفية الاجنحة (عث الليل والعائلة القياسة).

ويقع عضو السمع الطبلي على جانبي الظهرية للحلقة البطنية الاولى في الجراد ذو القرون القصيرة. ويحاط غشاء الطبلة بحلقة كيوتكلية. ويتكون عضو السمع داخليا من حاملات المستقبلات الحسية Scolophores ، ويبلغ عددها من 80 – 100 وهي تكون انتفاخا يعرف بعضو Muller وهو عضو حسي يمثل بطانة الطبلة. ويرتبط بعضو Muller حوصلة كمثرية الشكل مملؤة بسائل رائق وزائدتان متصلبتان، ويعتقد انهما ينقلان اهتزازات الطبلة الى عضو Muller. يقع الثغر التنفسي للحلقة البطنية الاولى بالقرب من حافة الطبلة ويجهزها بكيس هواء يقع اسفل غشاء الطبلة. كما ينشأ كيسان اخران للهواء من الجذع القصبي البطني من الحلقة البطنية الثانية، ويلاصق هذان الكيسان الكيس الاول.

اما في الجراد ذو القرون الطويلة وصراصير الحقل، فيقع عضو السمع الطبلي في قاعدة كلتا الساقين الاماميتين، ويمكن ملاحظة عضو السمع بسهولة في بعض الاجناس، ولكن لا يمكن ملاحظتهما بسهولة في اجناس اخرى، اذ يوجد في تجويف شبيه بالشق. ويظهر من المقطع العرضي للساق القصبات الهوائية التي تشغل المساحة المحيطة بغشاء الطبلة.

اما في نصفية الاجنحة، يوجد عضو السمع في كلا الجنسين وخصوصا السيكادا بجوار عضو انتاج الصوت.

**2 – الشعيرات الحسية Sensella**

تستجيب العديد من يرقات حرشفية الاجنحة للأصوات عبر الشعيرات الحسية وبترددات واطئة. وقد وجد ان شعيرات القرون الشرجية لبعض مستقيمة الاجنحة بإمكانها استقبال الاصوات بترددات اقل من 3000 ذبذبة / ثانية.

**3 – عضو جونسون Johnston' s Organ**

تستطيع الامواج الصوتية تحريك الشعيرات في وسط قرن الاستشعار مما يؤدي الى تحريك جميع قطع السوط وبالتالي تحفيز الشعيرات الحسية المرنة لعضو جونسون، وحينذاك تستجيب الحشرة مباشرة لترددات تتناوب بين 300 – 500 ذبذبة / ثانية.

## ❖ الية عمل اعضاء السمع في الحشرات

ان الية عمل اعضاء السمع تبدأ من ارتطام الموجات الصوتية بغشاء الطبلة او الشعيرات الحسية مسببة اهتزاز الغشاء او الشعيرات. اما طريقة انتقال تأثير الموجات الى الجهاز العصبي المركزي في الحشرة، فان ذلك يعتمد على نوع عضو السمع في الحشرة. كما ياتي: -

**1 – عضو السمع الطبلي:**

تنتقل الموجات من العضو الطبلي عبر العقدة الصدرية الامامية الى الجهاز العصبي المركزي. يوجد االليف السمعي الكبير( ويرمز له بالحرف T)، ويقع فب الحبل العصبي بين الدماغ والعقدة العصبية الخلفية. تم ايصال النبضات في الليف السمعي T الى الامام والى الخلف بنفس الالية؛ اذ ترسل المعلومات الدماغ – باتجاه الامام – والى العقدة الصدرية الخلفية بعد فترة تأخير بينهما 0.012 ثانية.

**2 – الشعيرات الحسية في القرن الشرجي**

تنتقل النبضات من الشعيرات الحسية للقرن الشرجي الى ليفين سمعيين كبيرين (يرمز لهما C)، ويكون موقعهما في الحبل العصبي بين العقدة العصبية الصدرية الاخيرة (الثالثة) والعقدة البطنية الاخيرة (السادسة)، ثم ترسل النبضات من العقدة الصدرية الاخيرة (الثالثة) الى العدة الصدرية الوسطية (الثانية) بواسطة الياف سمعية كبيرة.