المحاضرة 1

ا. م. د. إبراهيم خليل إبراهيم

علم الحشرات Entomology

يتناول علم الحشرات دراسة الحشرات دراسة عامة شاملة تشمل دراسة مظهرها وتشريحها Morphology and Anatomy ودراسة علم وظائف أعضائها Physiology وتصنيفها Taxonomy وعلاقتها بالبيئة Ecology وذلك كعلم من علوم الحياة يؤدي في النهاية لمعرفة أهمية الحشرات وكيفية مكافحة الضار منها والاستفادة من الحشرات النافعة منها.

أهمية الحشرات

- للحشرات أضرار ومنافع في البيئة حيث يمكن تقسيمها إلى مجموعتين من الناحية الاقتصادية ويمكن تلخيص أهمية الحشرات فيما يأتي

أولاً: أضرار الحشرات

- تسبب الحشرات للإنسان وحيواناته أضرار مباشرة أو غير مباشرة، فهي تتلف المزروعات والمنتجات الغذائية حيث تعيش وتتغذى عليها، كما انها قد تؤذي الإنسان وحيواناته وتسبب إزعاجاً وتنقل له الكثير من الأمراض.

1- أضرار الحشرات للنباتات

- تتغذى الحشرات الحقلية على المزروعات
- إما بقرض بعض أجزائها مثل دودة ورق القطن والنطاط

- أو بامتصاص عصارتها مثل الذباب الأبيض والمن

- أو تثقب السيقان والفروع وتصنع انفاقاً فيها متغذية على أنسجتها الداخلية مثل دودة القصب الكبيرة ودودة الذرة الأوربية

- أو تصنع انفاقاً بين بشرتي الورقة وتتغذى على خلايا هذه المنطقة مثل ناخرات الأوراق،

أو تنقل أمراضاً للنباتات مثل

- تورد القمة في الموز الذي تنقله حشرة المن،

- ومرض التفاف الأوراق الفيروسي الذي تنقله الذبابة البيضاء

- وتحفر داخل الثمار وتتغذى على محتوياتها مثل ذبابة الفاكهة

- أو تقرض الجذور وتتغذى على أجزاء النباتات الموجودة تحت سطح التربة مثل الحفار.

2- أضرار الحشرات بالنسبة للإنسان وحيواناته

- تسبب الحشرات للإنسان وحيواناته كثيراً من الأضرار أقلها أن تحدث لهم إزعاجاً بتواجدها حوله في البيئة مثل الصراصير التي تتواجد في المطابخ وبق الفراش والبعوض والقمل والبراغيث والنمل وهي ما يطلق عليها مجموعة الحشرات ذات الأهمية الطبية والبيطرية،

- وهذه المجموعة من الحشرات تسبب تهيجاً للجلد عند لدغه أو امتصاص الدم من خلاله كما تقوم بعض أنواع الحشرات بحقن السموم والمواد المهيجة في جسم الإنسان والحيوان مثل ما يحدث من ذبابة الإسطبلات عن طريق ثقب الجلد بأجزاء فمها، ومن شغالة نحل العسل عن طريق ثقب الجلد بالة اللسع.

- كما توجد مجموعة من الحشرات تتطفل خارجياً على الإنسان والحيوان مسببا له أضراراً صحية مثل إناث البعوض الماص للدم
- بينما تتطفل مجموعة من الحشرات تطفلاً داخليا مثل
- يرقات نغف جلد البقر
- ويرقات نغف معدة الخيل
- ويرقات أنف الغنم.

- أما المجموعة الأكثر خطورة والتي تؤثر على صحة الإنسان وحيواناته فهي التي تنقل مسببات الأمراض مثل
- الذباب الذي ينقل مسببات مرض التيفوئيد والسل والرمد،
- وإناث بعوض الانوفلس التي تنقل مسببات مرض الملاريا،
- والقمل الذي ينقل مسببات مرض التيفوس
- والبراغيث التي تنقل مسببات مرض الطاعون.

3- أضرار الحشرات للمواد المخزونة

- توجد مجموعة من الآفات الحشرية التي تصيب الحبوب والمواد الغذائية المخزونة مثل خنافس البقول كما تتعرض الجلود والمواد الصوفية والكتب عند تخزينها للتلف ببعض الآفات الحشرية.

4- أضرار الحشرات لممتلكات الإنسان المخزونة

- توجد مجموعة من الحشرات التي تفتك بأثاث الإنسان ومنشاته الخشبية بما فيها من أثاثات المنازل الخشبية مثل مستعمرات النمل الأبيض وخنافس الأخشاب.

ثانياً: منافع الحشرات

- تقدم الحشرات بعض المنافع والخدمات للإنسان في البيئة يمكن تلخيصها فيما يلي:
- 1- تلقيح الأزهار
- 2- تحسين خواص التربة الزراعية
- 3- إنتاج مواد غذائية
- 4- إنتاج الخيوط
- 5- إنتاج بعض المركبات الصناعية
- 6- استعمال الحشرات في مكافحة الآفات الزراعية
- 7- خدمة البحث العلمي والتعليم
- 8- التجميل والهواية.

عوامل انتشار الحشرات
(نجاح الحشرات والعوامل المؤدية لذلك)

1- صغر الحجم

- معظم الحشرات صغيرة الحجم نسبياً، اذ يقل طولها عن 6 ملم في 75- 90% من الحشرات. فالحشرات حيوانات صغيرة عديدة بدلا من كونها حيوانات كبيرة ضخمة قليلة العدد. ويمكنها صغر حجمها من المعيشة في مكان صغير تختبئ فيه من الأعداء والظروف القاسية، ولكونها صغيرة الحجم فإنها تحتاج إلى كميات قليلة من الغذاء.

2- خصوبة الحشرة العالية (القدرات التناسلية للحشرات) High Fecundity

- خصوبة الحشرة هي كفاءتها لإنتاج أفراد جديدة وهي من العوامل المهمة التي ساعدت على زيادة أعداد الحشرات. وغالباً ما تكون القدرات التناسلية للحشرات كبيرة جداً،
- وتعتمد قدرة اي حيوان في بناء كثافته العددية بالتكاثر على ثلاث خواص وهي:-
- 1- عدد البيض الذي تضعه كل أنثى (ويتراوح في الحشرات من عدد قليل إلى عدة ألاف).
- 2- طول مدة الجيل (التي تختلف من أيام معدودات إلى بضع سنين)
- 3- نسبة الإناث في كل جيل التي سوف تنتج الجيل التالي.

- ولتوضيح ذلك يمكن أن نسرد مثالا يبين مدى ضخامة القدرة التناسلية للحشرة:
- ذبابة الفاكهة (دروسوفيلا) *Drosophila melanogaster* تتكاثر بسرعة وقد تنتج في انسب الظروف 25 جيلاً في السنة
- وتضع كل أنثى حوالي 100 بيضة،
- يفقس حوالي نصفها إناث والنصف الأخر ذكور.
- فإذا بدأ زوج من هذا الذباب بالتكاثر في ظروف مثلى لمدة عام واحد وبفرض أن الأنثى الأصلية وضعت 100 بيضة، وان نسبة فقس البيض 100%، وان جميع اليرقات تتطور حتى تصبح بالغات وتتكاثر مرة ثانية فان عدد الذباب الذي ينتج في الجيل الخامس والعشرين هو عدد خيالي حيث يكفي لتغطية سطح الكرة الأرضية وبسمك يبلغ أكثر من 100 مليون ميل.

- وبالرغم من خصوبة الحشرات العالية هذه فلا تصل أعدادها إلى مثل هذه الأرقام لان العوامل البيئية المتعددة مثل الظروف الجوية والغذاء والمكان اللازمة لمعيشتها والتنافس بين أنواعها المختلفة وضمن أفراد النوع الواحد والأعداء الطبيعية وغيرها كل هذه العوامل تلعب أدوارها لحفظ توازن معين لأعدادها ومع هذا لا تزال أعدادها كبيرة.

3- وجود الهيكل الخارجي Exoskeleton

- الهيكل الخارجي يتكون في الأساس مادة **الكايتين Chitin** التي تتصلب بإضافة مواد أخرى لها **كالسكلروتين والصبغات والأملاح** فيصبح الهيكل الخارجي صلباً يغطي الجسم ويؤدي له خدمات وفوائد كثيرة،
- فهو يحمي الأعضاء الداخلية والرخوة من الأعداء والعوامل البيئية

- ويمنع التبخر الزائد للماء من الجسم فيحافظ على أجهزة الجسم من الجفاف في البيئات الجافة والحارة. وعملية التبخر تكون على أشدها في الحيوانات الصغيرة التي تكون فيها نسبة سطح الحيوان إلى حجمه كبيرة جداً، فعملية التبخر هي وظيفة سطح لا وظيفة حجم ولهذا فان عامل التبخر كان من الممكن أن يكون مميتاً للحشرات برية المعيشة لولا الهيكل الخارجي

- كما أن هذا الهيكل يكون دعامة لربط عضلات الجسم تماماً كما يفعل الهيكل الداخلي (العظام والغضاريف) في الإنسان والحيوانات الحبلية.
- كما ترتبط أعضاء الحس في الحشرة بالهيكل الخارجي فالعيون وأعضاء الشم والذوق واللمس وغيرهم تقع على أجزاء مختلفة من هذا الهيكل

- وبمقارنة الحشرات بالإنسان نجد بان
- **باطنها مقلوب للخارج** إذ أن هيكلها خارجي والذي يحمي جسم الحشرة من الأخطار الخارجية،

- كما أنها **مقلوب من أعلى إلى أسفل** حيث يمتد حبلها العصبي على طول السطح السفلي للجسم، كما يقع القلب أعلى القناة الهضمية وليست لها رئات وإنما تتنفس من خلال عدد من الثغور التنفسية Spiraclesالتي توجد في جدار الجسم في المنطقة الصدرية والمنطقة البطنية، وأقصى عدد للثغور التنفسية في الحشرات يبلغ 10 أزواج، زوج في كل من الصدر الثاني والثالث وثمانية أزواج في الحلقات البطنية من الثانية إلى التاسعة ويتوزع الهواء الذي يدخل هذه الثغور على الجسم مباشرة.

4- وجود الأجنحة الفعالة

- تعد الحشرات أقدم الكائنات على سطح الأرض احتوت أجنحة، والتي تساعد الحشرة على الحركة السريعة والهجرة إلى مناطق جديدة تجد فيها **الغذاء** و**المأوى**، فالحشرات الطيارة لها قدرة اكبر على البقاء والانتشار فهي اقدر على **الهروب من أعدائها ومن الظروف غير الملائمة** وإنها تستطيع الاستفادة من الغذاء القليل الموزع على مساحات متباعدة، والحشرة المجنحة تتمكن بشكل أفضل من السعي والتفتيش عن الجنس الأخر لغرض **التزاوج** وعن أماكن مناسبة **لوضع البيض** وتربية صغارها وخاصة في الحشرات التي تختلف بيئة الصغار عن بيئة كبارها.

5- التحول الكاملComplete Metamorphosis

- وهي البيضة Eggثم اليرقة Larva (وهو الطور المتغذي Feeding Stage) ثم العذراء Pupa (وهو الطور الساكن) فالحشرة الكاملة Adult (وهو طور التكاثر والانتشار).
- تعيش اليرقة (في معظم هذه الحشرات) في مكان يختلف عن مكان معيشة الحشرة الكاملة وتتناول أغذية مختلفة فيساعد ذلك على تقليل التنافس بين أطوار الحشرة الواحدة على الغذاء والمكان

- ويساعد طور العذراء (الطور الساكن) على تجاوز الظروف البيئية الصعبة وتفادي مهاجمة الأعداء باختباء الحشرة في أماكن محمية في التربة أو تحت قلف الأشجار أو داخل شرنقة تصنعها اليرقة قبل تحولها إلى العذراء. وإذا مرت ظروف غير ملائمة على الحشرة وهي في طور العذراء فان مدة هذا الطور تطول حتى تنتهي الفترة الصعبة فتنجو الحشرة من تلك الظروف.

6- التكييف التركيبي للحشرات

- من الظواهر التي تمتاز بها بعض الحشرات هي تلك الطريقة التي تشابه بها الحشرات أشياء أخرى أو تحاكيها:
- الكثير **يتلون** بطريقة ما بحيث يختلط تماماً في الوسط الذي يعيش فيه مثل كثير من الحشرات التي تتلون بألوان قلف أحدى الأشجار، كذلك يتلون العديد من الخنافس والبق والذباب بألوان الأزهار التي يزورها.

- يحاكي العديد من الحشرات الأجسام التي توجد في بيئتها لدرجة كبيرة في كل من **اللون** و**الشكل** مثل الحشرة العصوية تشبه فروع الأشجار لدرجة كبيرة، كما تشبه بعض الحشرات القشرية الأورام النباتية.
- لبعض الحشرات تراكيب غريبة عند مقارنتها بتراكيب الحيوانات الفقرية، فالنحل والزنابير قد تحورت آلة وضع البيض فيها إلى **آلة اللسع** والتي تستعمل كوسيلة ممتازة للهجوم والدفاع، أيضاً **أرجل القنص** في فرس النبي التي تستعمل للقبض على الفريسة. كما تحورت الأرجل في بعض الحشرات ليستعمل **للسباحة** أو **الحفر** إضافة إلى وظيفة المشي أي أن العضو الواحد أصبح يؤدي أكثر من وظيفة واحدة. كما تتحور أيضاً **أجزاء فم الحشرة بما يتفق وتغذيتها.**

7- دورة الحياة القصيرة Short Life Cycle

- وهذا يؤدي إلى أنتاج أجيال عديدة متعاقبة. وبسبب قصر دورة حياة الحشرات فإنها تستطيع الاستفادة من الظروف البيئية الملائمة التي تستمر حتى لفترة قصيرة

8- المثابرة والإلحاح Persistence

- لو راقبنا بعوضة تحاول أن تتغذى على جسم الإنسان أو ذبابة تقترب لتتغذى على طعامه أو نحلة تروم ارتشاف الرحيق مثلاً نجد كلاً منها يثابر ويلح ويعود مرات عديدة (بالرغم من طردها) لأخذ غذائها وفي النهاية لابد أن تصل إلى هدفها (إن لم تقتل) فتسد حاجتها.
- وتتصرف الحشرة بنفس الأسلوب في الوصول إلى أهدافها المختلفة سواء كان غذاء أو ملجأ أو جنساً أم غيرها. وما دامت الحشرة قادرة بهذه الطريقة على سد حاجتها فأنها ستعيش و تتكاثر ويستمر نوعها.

9- للحشرات أحياناً مميزات فسيولوجية غير عادية.

- قد يتجمد بعضها من البرودة عند -20 °م ومع ذلك تبقى حية. ويمكن لبعضها أن يتعرض لتفريغ الهواء لأقصى درجة يمكن أن يصل إليها الإنسان ثم تعرض فجأة لضغط جوي عادي دون أي تأثيرات خطيرة.

10- قد نجد حشرات كثيرة تفوق في تصرفها ذكاء الإنسان في تصرفه.

- تظهر بعض الحشرات بُعد نظر عجيب ولاسيما بالنسبة لوضع البيض فيما يختص بالاحتياجات المستقبلية للصغار. ولكثير من الحشرات نظم اجتماعية يغلب أن تفوق نظم الإنسان أحكاماً، فقد استطاعت الكثير من الحشرات حل مشكلة تخزين الغذاء التي لم يحلها الإنسان بعد بصفة كاملة. وفي الواقع أن الإنسان يمكنه أن يتعلم كثيرا عن النظم الاجتماعية بدراسة النحل والنمل الأبيض.

10- قد نجد حشرات كثيرة تفوق في تصرفها ذكاء الإنسان في تصرفه.

- تظهر بعض الحشرات بُعد نظر عجيب ولاسيما بالنسبة **لوضع البيض فيما يختص بالاحتياجات المستقبلية للصغار**. ولكثير من الحشرات **نظم اجتماعية** يغلب أن تفوق نظم الإنسان أحكاماً، فقد استطاعت الكثير من الحشرات **حل مشكلة تخزين الغذاء** التي لم يحلها الإنسان بعد بصفة كاملة.
- وفي الواقع أن الإنسان يمكنه أن يتعلم كثيرا عن النظم الاجتماعية بدراسة النحل والنمل الأبيض.

11- تتغذى الحشرات من أنواع متعددة جدا من الأغذية لا نهاية لها.

- تتغذى العديد من الحشرات على **النباتات**
- والعديد من الحشرات أكلة **اللحوم** تتغذى على الحيوانات الفقرية والحشرات الأخرى.
- والبعض منها **مفترسات**،
- كما أن بعضها **طفيليات** أو **ماصة للدماء**،
- والبعض يتغذى على **الخشب المتحلل والأطعمة المخزونة** و**المصنوعات المختلفة**.

المحاضرة 2

موقع الحشرات التصنيفي

- Kingdom : Animalia المملكة الحيوانية
- Phylum: Arthropoda شعبة مفصليات الأرجل
- Class 1: Onychophora صنف المخلبيات (أونيكوفورا)
- Class 2: Crustacea صنف القشريات (كرستيشا)
- Class 3: Arachnida صنف العنكبوتيات (اركنايدا)
- Class 4: Trilobita صنف ثلاثية الفصوص (ترايلوبيتا)
-

- Class 5: Myriapoda صنف عديدة الأرجل (ميريابودا)
- Subclass 1: Chilopoda تحت صنف محيطية الأرجل
- Subclass 2: Diplopoda تحت صنف مزدوجة الأرجل
- Class 6: Insecta (Hexapoda) صنف الحشرات (سداسية الأرجل)

تتصف شعبة مفصليات الأرجل بصفات تميزها عن بقية الحيوانات، ومن هذه الصفات ما يلي:

- أن أرجلها تتكون من قطع segments تتمفصل مع بعضها كما ما يتضح من اسمها (Arthros = مفصل، Podos= رجل)، كما أن جسمها هو الأخر يتكون من قطع أو عقل مرتبطة مفصلياً مع بعضها.
- أجسامها جانبية التناظر Bilateral Symmetry
- تحتوي على ثلاث طبقات جرثومية Triploblastic

- يحتوي جسم الحيوان المفصلي على هيكل خارجي Exoskeleton متصلب يتكون في الأساس من مادة الكايتين Chitin الذي تفرزه خلايا البشرة السفلى Hypodermis والذي ينسلخ (عادة في الأطوار غير الكاملة) دورياً عدة مرات
- القناة الهضمية كاملة وأجزاء الفم تحمل الفكوك وهي التي تستعمل اما للقرض أو المص، والمخرج طرفي في نهاية الجسم الخلفية.
-

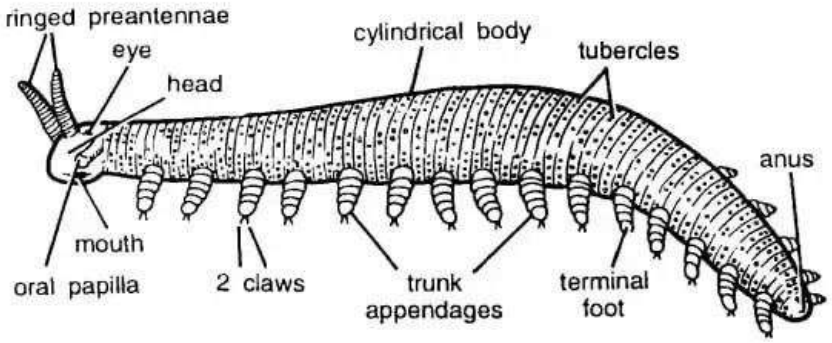
- جهاز الدوران من النوع المفتوح، القلب فيه ظهري وطويل يوزع الدم خلال وعاء أو أوعية دموية إلى أنسجة الجسم المختلفة ثم يعود الدم خلال تجويف الجسم إلى القلب مرة ثانية.
- التنفس بواسطة **القصبات الهوائية Tracheae** في اغلب الأصناف أو بواسطة **الخياشيم Gills** كما في القشريات (التي نادراً ما تتنفس بواسطة جدار الجسم) او بواسطة **الرئات الكتابية Book Lungs** او **الخياشيم الكتابية Book Gills** كما في صنف العنكبوتيات أو بواسطة **جدار الجسم**.

- الإخراج بواسطة **أنيبياب مالبيجي Malpighian Tubules** التي ترتبط بالقناة الهضمية او بواسطة **الغدد الخضر Green Glands** او **الغدد الحرقفية Coxal Glands** او بواسطة **النفريديا Nephridia**
- يتالف الجهاز العصبي من **عقد عصبية Ganglia مزدوجة فوق الفم** ترتبط **بالحبل العصبي السفلي** بواسطة **اربطة عصبية**، والحبل العصبي السفلي مزدوج تتخلله **عقد عصبية** زوج منها في كل قطعة من قطع الجسم او قد تلتحم بعض هذه العقد العصبية

- الجنسان منفصلان والاخصاب داخلي غالباً.

Class: Onychophora صنف المخلبيات

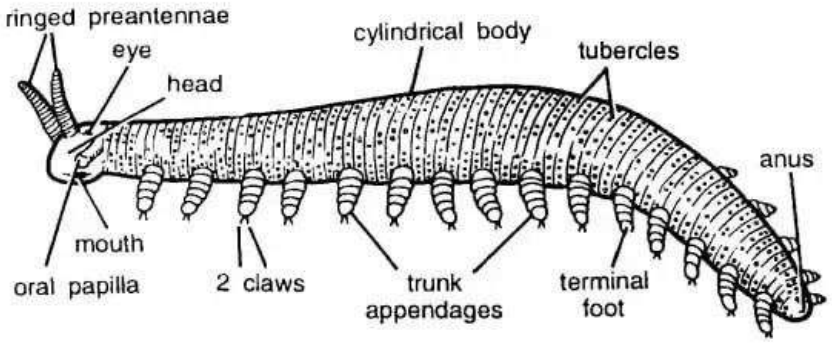
- انواع هذا الصنف هي حيوانات صغيرة دودية الشكل وهي أوطأ تطورا من بقية أنواع الشعبة كما في حيوان بيريبيتاس *Peripatus* (الشكل 1). تمتاز أفراد هذا الصنف بما يلي:
- تتنفس هذه الحيوانات بواسطة القصبات الهوائية اذ انها تعيش معيشة برية تحت الأشجار في الأماكن الرطبة او تحت قلف الأشجار او الأخشاب المتحللة.



- يتكون الجسم من منطقة واحدة، ويتقدم الحيوان المخلبي رأس غير مميز وعليه زوج من اللوامس (قرون الاستشعار) وزوج من العيون الصغيرة.
- جدار الجسم رقيق والجسم اسطواني الشكل غير مقسم خارجياً الى قطع ولكن يوجد تقسيم داخلي ينسجم مع توزيع العقد العصبية وأعضاء الاخراج (النفريديا) وأرجل الجسم.

شكل 1. الحيوان بيريبيتاس *Peripatus* من صنف المخلبيات

- لكل حلقة زوج من الأرجل التي تبدو ظاهرياً كأنها مقسمة إلى قطع ولكنها في الحقيقة غير مقسمة بل ذات حزوز سطحية.

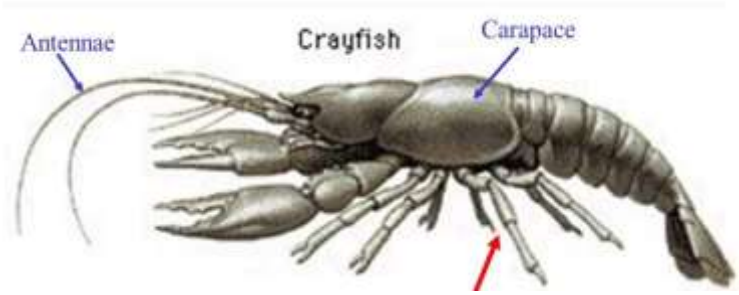


شكل 1. الحيوان بيريبيتاس *Peripatus* من صنف المخلبيات

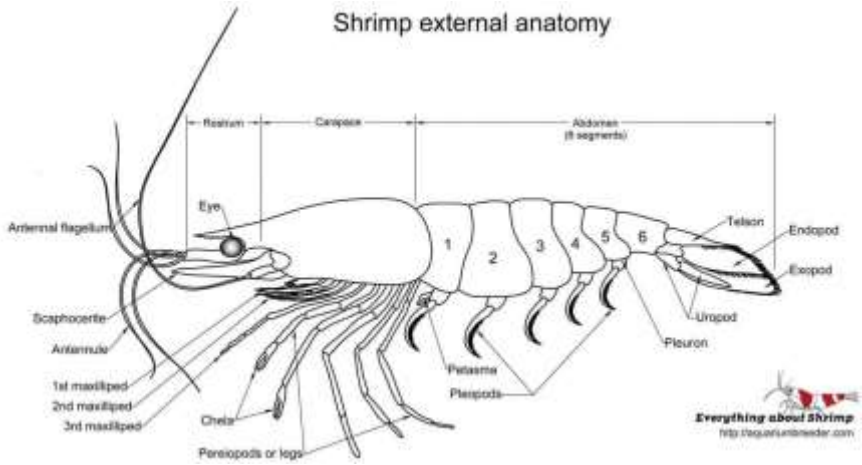
Class: Crustacea صنف القشريات

- هذه الحيوانات مائية المعيشة غالباً وتشمل سرطان البحر والروبيان وبراغيث الماء وغيرها. وتمتاز بما يلي:

- يتكون الجسم عادة من منطقتان هي المنطقة الراسية الصدرية Cephalothorax والمنطقة البطنية Abdomen. فقي سرطان البحر والروبيان (شكل 2 أ و ب) قد التحمت **قطع الرأس الخمسة** مع **قطع الصدر الثمانية** وكونا المنطقة الراسية الصدرية، كما تتكون **منطقة البطن من ست قطع**، وتحمل كل قطعة من قطع الجسم (**مجموعها 19 قطعة**) زوجاً من اللواحق المفصلية التي تحورت لأداء وظائف مختلفة

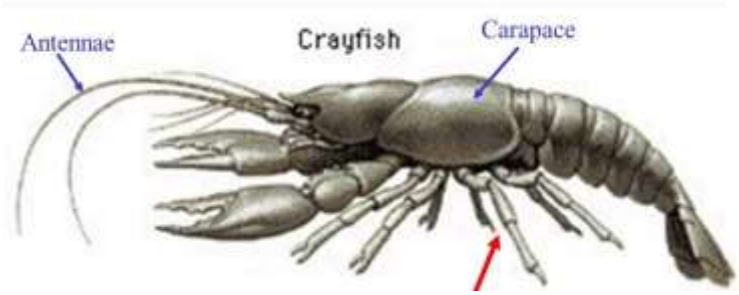


شكل 2 أ. سرطان البحر كيب **Cape Lobster *Homarius capensis***

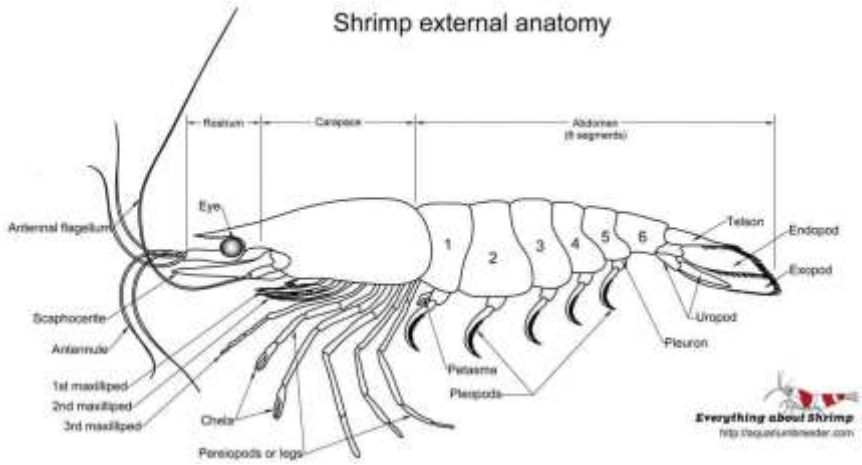


شكل 2 ب. الروبيان (الكمبري) **Caridea (Shrimp**

- يحمل الرأس **زوجان من اللوامس.**
- يتكون الصدر من 2-60 قطعة ملتحمة او غير ملتحمة.
- تمتلك في الغالب درع Carapaceيغطي الرأس وجزء من الصدر او على جانبيهما.

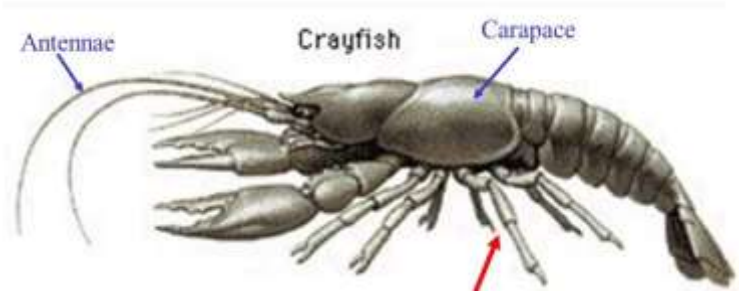


شكل 2 أ. سرطان البحر كيب **Cape Lobster *Homarius capensis***

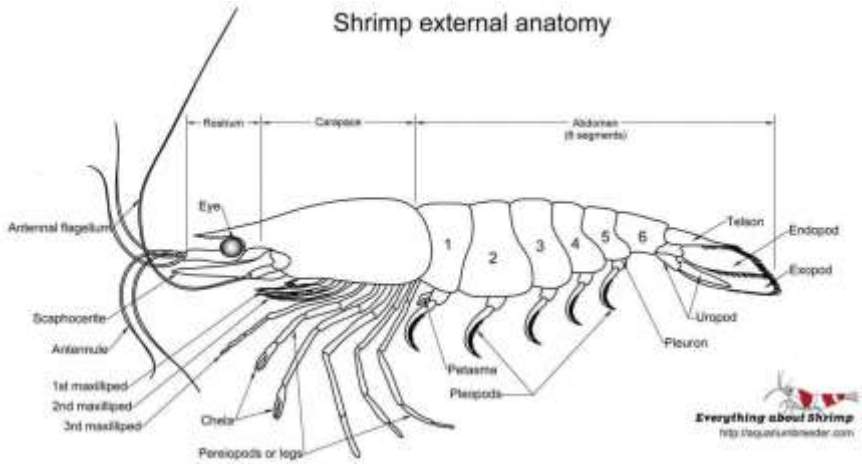


شكل 2 ب. الروبيان (الكمبري) **Caridea (Shrimp**

- تحمل المنطقة الراسية الصدرية عادة **أربعة أزواج على الأقل للمشي Walking legs** وزوج من الأقدام الكلابية **Maxilliped** تحمل زوج من المخالب كما في سرطان البحر Lobster (الشكل 2 أ)،
- اما في الروبيان Shrimp (الشكل 2 ب) هنالك **8 أزواج من الأرجل على المنطقة الراسية الصدرية، الثلاث أزواج الأمامية هي أقدام كلابية (1st, 2nd and 3rd maxilliped) والخمس أزواج الأخرى للمشي**، كما تحمل البطن **5 أزواج من العوامات القدمية Swimmerets** تستعمل للتكاثر والسباحة.

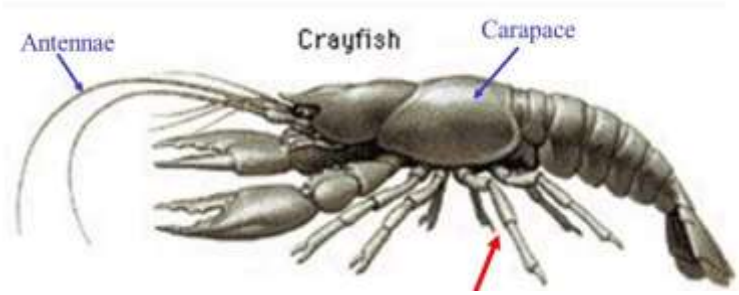


شكل 2 أ. سرطان البحر كيب **Cape Lobster *Homarius capensis***

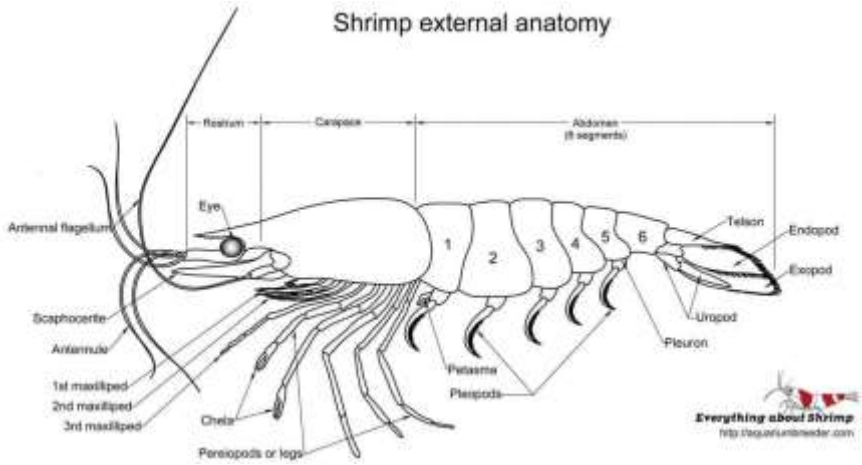


شكل 2 ب. الروبيان (الكمبري) **Caridea (Shrimp**

- تتنفس بواسطة **الخياشيم Gills** (ونادراً بواسطة جدار الجسم).
- الاخراج يكون **بزوج او بزوجين من الغدد الخضر Green Glands** اذ لا توجد فيها انيبيبات مالبيجي
- الجنسان منفصلان (غالباً) ويحدث في بعضها التكاثر العذري



شكل 2 أ. سرطان البحر كيب Cape Lobster *Homarius capensis*



شكل 2 ب. الروبيان (الكمبري) Caridea (Shrimp

صنف العنكبوتيات Class:Arachnida

- هذا الصنف هو ثاني اكبر أصناف شعبة مفصليات الأرجل (بعد صنف الحشرات) من حيث عدد الأنواع اذ يضم أكثر من 45000 نوعاً معروفاً من العناكب والعقارب والحلم وغيرها. ويمتاز صنف العنكوبتيات بما يلي:

- 1- يتكون الجسم عادة من منطقتان هي المنطقة الراسية الصدرية Cephalothorax والمنطقة البطنية Abdomen. اذا يلتحم الرأس مع الصدر مع الصدر مكوناً المنطقة الراسية (عدا رتبة القراد والحلم) وتحمل هذه المنطقة **6 أزواج من اللواحق**، **الزوج الأول زوج من الكلاليب تستعملان للتغذية ويوجدان في مقدمة الجسم**، يليهما **زوج من الملاقط** ثم **4 أزواج من أرجل المشي** (الشكل 3).

شكل 3. العقرب من صنف العنكبوتيات

- 2- **ليس للعنكبوتيات لوامس وبذلك تتميز عن بقية المفصليات**.

شكل 3. العقرب من صنف العنكبوتيات

- 3- أجزاء الفم وجهازها الهضمي محورة للمص ولبعضها غدد سامة.
- 4- التنفس بواسطة **الرئات الكتابية Book lungs أو الخياشيم الكتابية Book gills** كما تتنفس بعضها بواسطة **القصبات الهوائية**

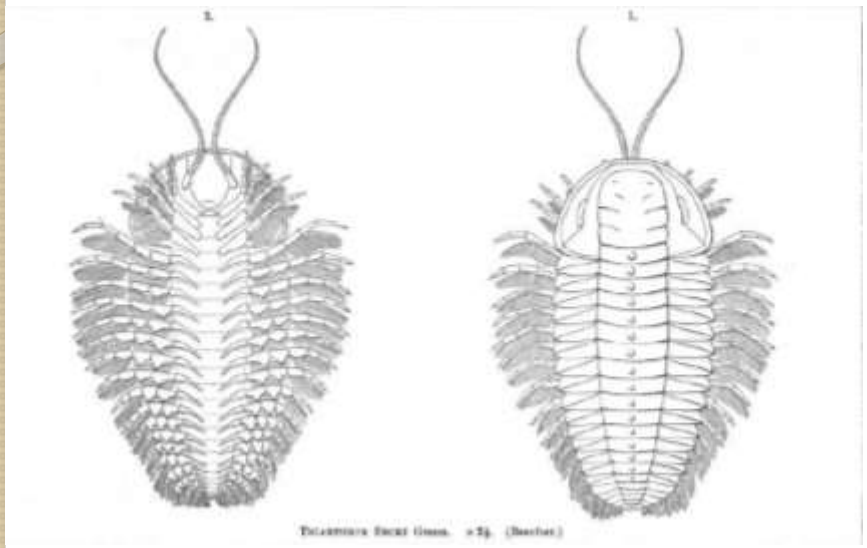
- 5- الاخراج بواسطة **انيبيبات مالبيجي** او **الغدد الحرقفية Coxal glands** أو **الاثنين معا**.

شكل 3. العقرب من صنف العنكبوتيات

- 6- الجنسان منفصلان عادة والإخصاب داخلي ومعظمها بيوضة.
- 7- اغلب العنكبوتيات برية المعيشة، تعيش منفردة (معيشة غير اجتماعية ولا تجمعية) اما حرة أو مفترسة أو طفيلية

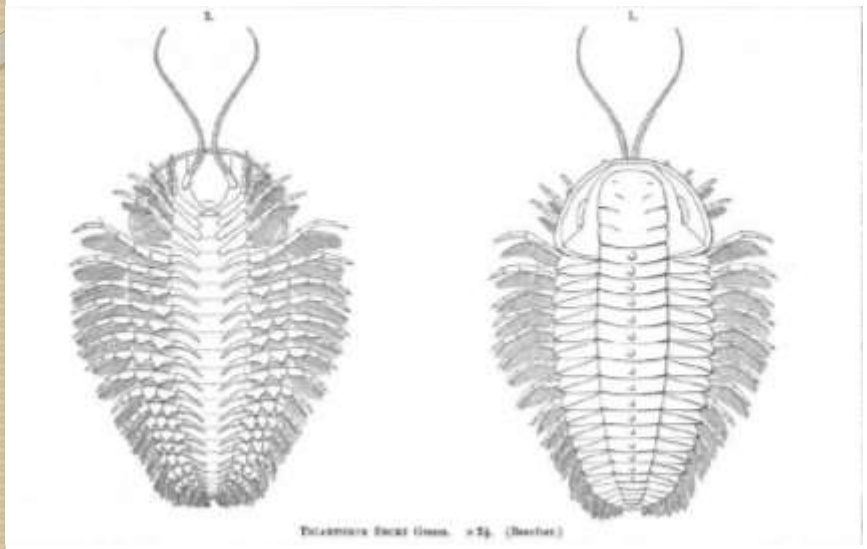
صنف ثلاثية الفصوص Class:Trilobita

- يمثل هذا الصنف مفصليات بحرية بسيطة انقرضت ولم يبقى منها إلا متحجراتها. هذه الحيوانات تشبه لحد ما صنف العنكبوتيات فهي تمت لها بصلة قرابة تطورية. تمتاز ثلاثية الفصوص بما يلي:



- يتكون الجسم من راس وصدر ومنطقة عجزية، ويتكون الصدر من 2-29 قطعة، بينما قطع البطن التحمت مكنونة صفيحة ذنبية، وكل القطع حملت لواحقاً ثنائية التفرع ذات شعيرات (الشكل 4)
- أجسامها بيضوية مسطحة.
- يغطي الجسم جدار صلب قابل للتكور.

- تمتلك زوج من اللوامس والعديد من الزوائد المفصلية (لذلك يصنفها بعض الباحثين اقرب إلى صنف القشريات منه للعنكبوتيات)
- الجسم مخططاً طولياً من الجهة الظهرية بخطين شكلا ثلاث فصوص



Class: Myriapoda صنف عديدة الأرجل

- تمتاز انواع صنف عديدة الارجل بما يلي:

- اجسام هذه الحيوانات طويلة ورفيعة وتكون في تحت صنف محيطية الارجل Subclass Chilopoda (ام اربعة واربعين) ذات جسم مسطح (مضغوط علوياً-سفلياً) وتتكون من منطقتين وهما الراس والجدع الطويل (الشكل 5)
- وتتكون في تحت صنف مزدوجة الارجل Subclass Diplopoda (ام سبعة وسبعين) من ثلاث مناطق غير كاملة التحديد وهي الراس، الصدر والجذع الطويل (الشكل 6).

شكل 5. محيطية الأرجل (أم أربعة وأربعين)

شكل 6. مزدوجة الأرجل (أم سبعة وسبعين)

- يحمل الراس زوج من اللوامس تكون اقصر في مزوجة الارجل بالمقارنة مع محيطة الارجل، وزوج من الفكوك وزوج او زوجان من الفكوك المساعدة.
- يتكون الجذع من قطع عديدة وعلى كل منها **زوج واحد من الارجل** في محيطية الارجل (ام اربعة واربعين) **وزوجان من الارجل** في مزدوجة الارجل (ام سبعة وسبعين).

شكل 5. محيطية الأرجل (أم أربعة وأربعين)

شكل 6. مزدوجة الأرجل (أم سبعة وسبعين)

- التنفس عن طريق القصبات الهوائية.
- الاخراج عن طريق انيبيبات مالبيجي
- جميع انواعها برية المعيشة

شكل 5. محيطية الأرجل (أم أربعة وأربعين)

شكل 6. مزدوجة الأرجل (أم سبعة وسبعين)

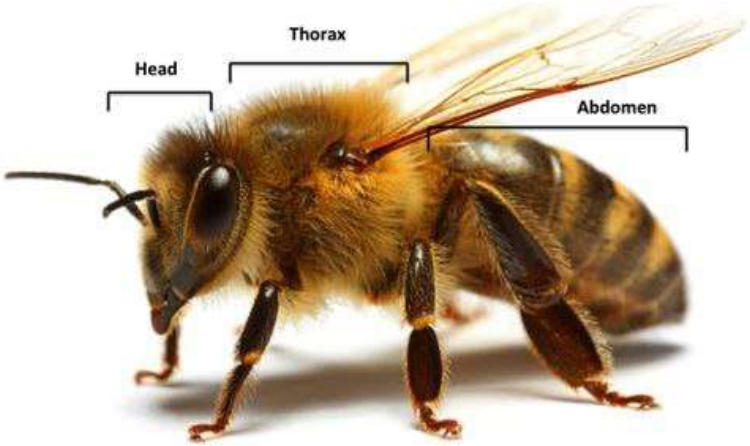
- تضم محيطية الارجل (ام اربعة واربعين) انواع شديدة السمية، والكثير من انواعها نافعة لانها تفترس الحشرات الضارة كالذباب والصراصير وغيرها.
- تعيش مزدوجة الأرجل (أم سبعة وسبعين) في الأماكن الرطبة حيث تتغذى على المواد النباتية المتحللة ولبعضها القدرة على التغذي على نباتات حية.

شكل 5. محيطية الأرجل (أم أربعة وأربعين)

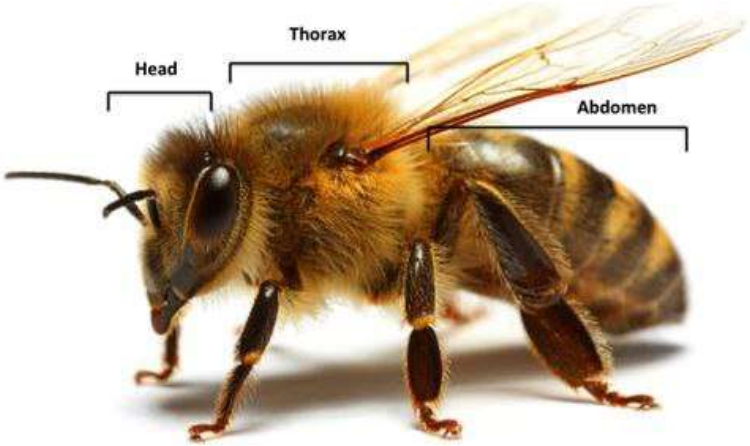
شكل 6. مزدوجة الأرجل (أم سبعة وسبعين)

صنف الحشرات (سداسية الارجل)
Class: Insecta (Hexapoda)

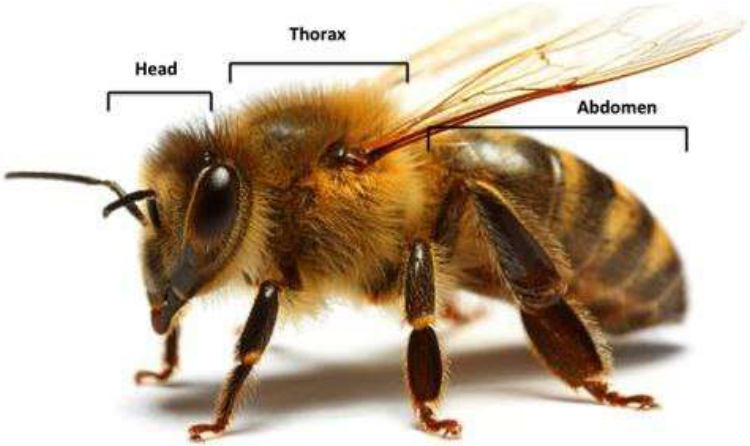
- يتكون جسم الحشرة الكاملة من ثلاث مناطق هي الراس والصدر والبطن
- يحمل الراس العيون وزوجا واحدا من اللوامس واجزاء الفم
- يحمل الصدر (الذي يتكون من ثلاث قطع) 3 ازواج من الارجل المفصلية وزوجا او زوجين من الاجنحة



- تحمل البطن (تتكون من 11 قطعة او اقل كلها عديمة الارجل) زوائد تناسلية وغير تناسلية.
- القناة الهضمية ذات امعاء امامي ووسطى وخلفية مع غذذ لعابية.
- يتصل القلب (ظهري الموقع كما في كل المفصليات) بالابهر من الامام ولاتوجد اوعية شعرية ولا اوردة.



- التنفس بواسطة القصبات الهوائية
- الاخراج بواسطة زوج او اكثر من انيبيبات مالبيجي
- الجهاز العصبي يتكون من عقدة عصبية فوق المريء واخرى تحت المريء تتصل بحبل عصبي مزدوج



المحاضرة 3

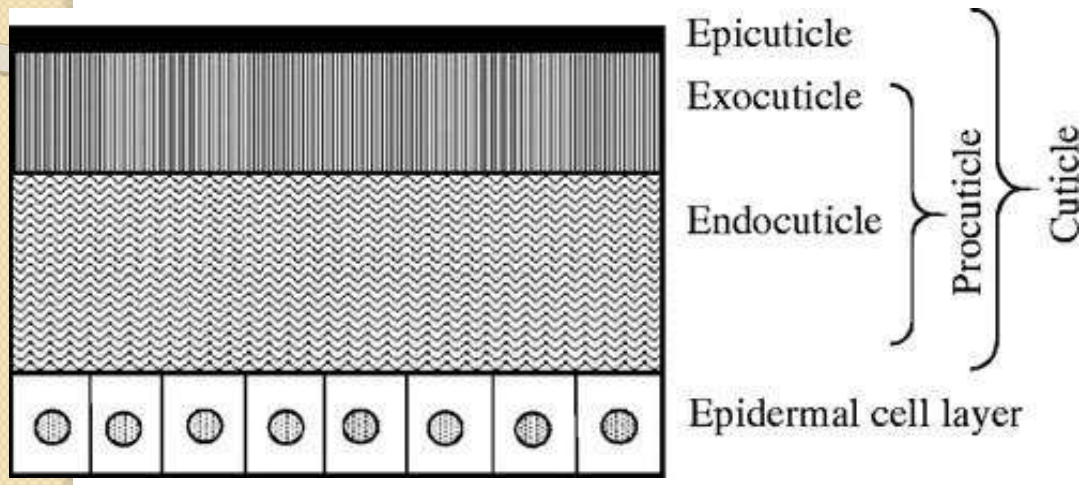
جدار الجسم (الجلد)

- The Body Wall (Integument)

The Body Wall (Integument) جدار الجسم (الجليد)

- الطبقة الخارجية التي تغطي جسم الحشرة وتشكل الهيكل الخارجي الذي يوفر منطقة لارتباط العضلات ويكسب الجسم وملحقاته الشكل والصلابة ويعمل على حماية الحشرات من الجفاف والضرر الخارجي

يتكون جدار الجسم من ثلاث طبقات رئيسة وهي من الخارج إلى الداخل كما يلي:-



- الكيوتكل Cuticle
- البشرة الداخلية او تحت البشرة (البشرة السفلى) Epidermis or Hypodermis
- الغشاء القاعدي Basement membrane

1. الكيوتكل Cuticle

- طبقة خارجية سميكة تفرزها طبقة البشرة الداخلية، وتتكون من طبقتين
- أ- الكيوتكل السطحي Epicuticle
- ب- الكيوتكل الاولي (الابتدائي) Procuticle

أ- الكيوتكل السطحي Epicuticle

- طبقة خارجية **رقيقة** يتراوح سمكها 1-4 µm(1 مليمتر =mm 1000 مايكرومتر µm)، **ويكون الكايتين Chitin غائباً فيها**، ويعزى لهذه الطبقة خاصية منع تبخر ماء جسم الحشرة لانها غير نفاذة للماء. وتتكون من الطبقات الأربعة التالية:-
- الطبقة الاسمنتية Cement layer
- الطبقة الشمعية Wax layer
- طبقة البوليفينول Polyphenol layer
- طبقة الكيوتيكيولين Cuticulin layer

1. الطبقة الاسمنتية Cement layer

- تفرزها الغدد الجلدية Dermal glands، وتتكون من البروتين ألدهني Lipoprotein، **تحمي الجسم من الضرر الخارجي وتكسب جسم الحشرة الحجم والشكل**.

2. الطبقة الشمعية Wax layer

- طبقة بارزة بسمك 0.25 µm وتتكون من سلسة طويلة من الهيدروكاربونات، واسترات الأحماض الدهنية والكحول. **وتمتاز بكونها طبقة مقاومة للماء وتمنع فقدان الماء من الجسم.**

3. طبقة البوليفينول Polyphenol layer

- طبقة غير ثابتة تحتوي على أنواع مختلفة من الفينولات التي تستخدم بشكل أساسي في تكوين البروتينات، **وتمتاز بكونها طبقة مقاومة للأحماض والمذيبات العضوية.**

4. طبقة الكيوتيكيولين Cuticulin layer

- طبقة رقيقة بلون كهرماني، تستمد قوتها من طبقة البوليفينول.

ب- الكيوتكل الاولي (الابتدائي) Procuticle

- يتم تمييزه الى الكيوتكل الخارجي Exocuticle والكيوتكل الداخلي Endocuticle بعد عملية التصلب Sclerotization process

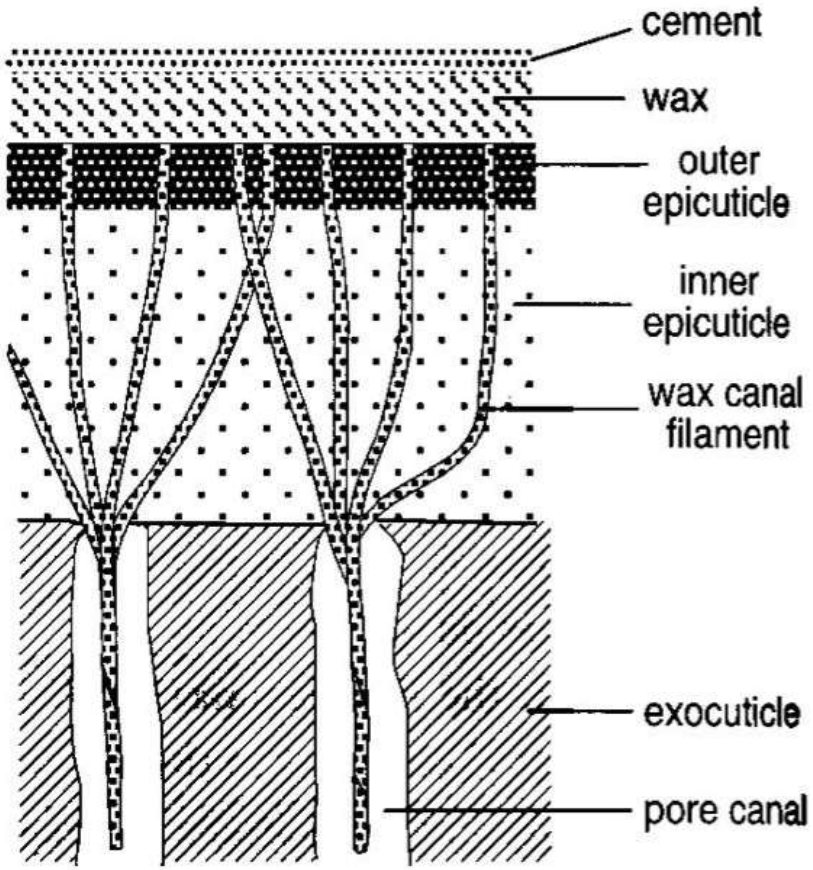
الكيوتكل الخارجي Exocuticle

- ذو لون **غامق**، **قاسي ومتصلب** ويوفر الصلابة للكيوتكل، ويتكون بشكل اساسي من **الكايتين Chitin** وبروتين صلب يسمى **سكلروتين Sclerotin**، كما تكثر فيها **الصبغات مثل الكاروتين Carotin والميلانين Melanin**، وهذه الطبقة **اسمك من الكيوتكل السطحي واصلب منه**

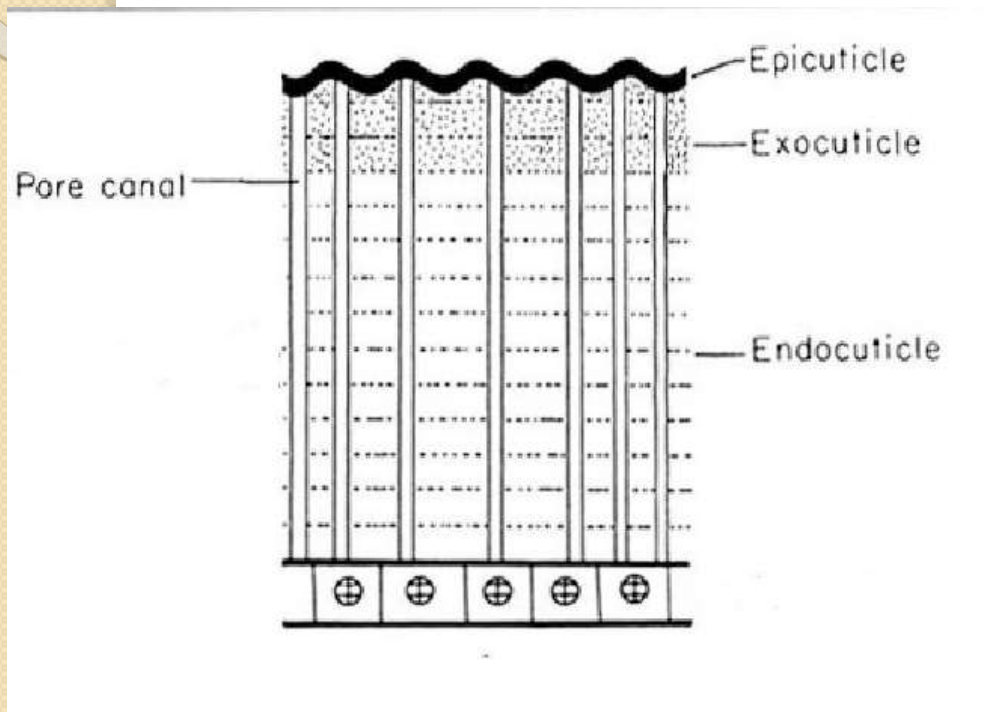
الكيوتكل الداخلي Endocuticle

- ذو لون **فاتح**، **لين غير متصلب**، **غني بالكايتين** لكنه يفتقر الى بروتين السكلروتين الصلب **وقلة ترسب الصبغات** فيه ولذلك تكون هذه الطبقة **اكثر ليونة من طبقتي الكيوتكل السطحي والخارجي**. كما تمتاز هذه الطبقة بكونها **اسمك من كل من الطبقتين السابقتين**.

Pore canals القنوات الثقبية



Pore canals القنوات الثقبية



- هناك العديد من القنوات الدقيقة البرتوبلازمية العمودية تمتد من طبقة البشرة السفلى (الطبقة المولدة) وتتخلل الكيوتكل الداخلي والخارجي إلى طبقة الكيوتكل السطحي ولكنها لا تفتح إلى الخارج، قطرها اقل من 1 مايكرومتر (0.1-0.15 µm)، وهي مفيدة في نقل المواد والانزيمات الخاصة بالكيوتكل إلى خارج أجزاء الكيوتكل الابتدائي إلى الكيوتكل السطحي.

مكونات الكيوتكل

- يتكون كيوتكل جسم الحشرة من مكونان رئيسان هما

- الكايتين Chitin
- البروتينات Proteins.

الكايتين Chitin

- يتكون من متعدد سكريات نيتروجيني nitrogenous polysaccharide، وتركيبه الكيميائي $(C_8H_{13}O_6N)_x$)، ويشكل 25-60% من الوزن الجاف للكيوتكل. تم تسميته من قبل Odier في 1834، ويتكون من بوليمر عالي الوزن الجزيئي من(-N-(1-4)-β-acetyl-D-glucosamine) مرتبطة بواسطة روابط بيتا-كلايكوسيدية β-glycosidic.

- يرتبط مع البروتينات في الكيوتكل الاولي ليشكل البروتينات السكرية Glycoprotein. يمتاز الكايتين بكونه **غير قابل للذوبان** في
- الماء
- والكحول
- والمذيبات العضوية
- والأحماض المخففة والقلويات المركزة
- **ولكنه يذوب فقط** في **الأحماض المعدنية المركزة وهيبوكلوريت الصوديوم**.

البروتينات Proteins

- يمتلك الكيوتكل 3 أنواع من البروتينات وهي :-
- ارثروبودين **Arthropodin**
- سكلروتين **Sclerotin**
- ريسيلين **Resilin**

ارثروبودين Athropodin

- هو بروتين قابل للذوبان في الماء يوجد في طبقة الكيوتكل الداخلي. وتعرف عملية تحول بروتين الارثروبودين الى بروتين السكلروتين بعملية التصلب Sclerotization او الدبغ Tanning.

سكلروتين Sclerotin

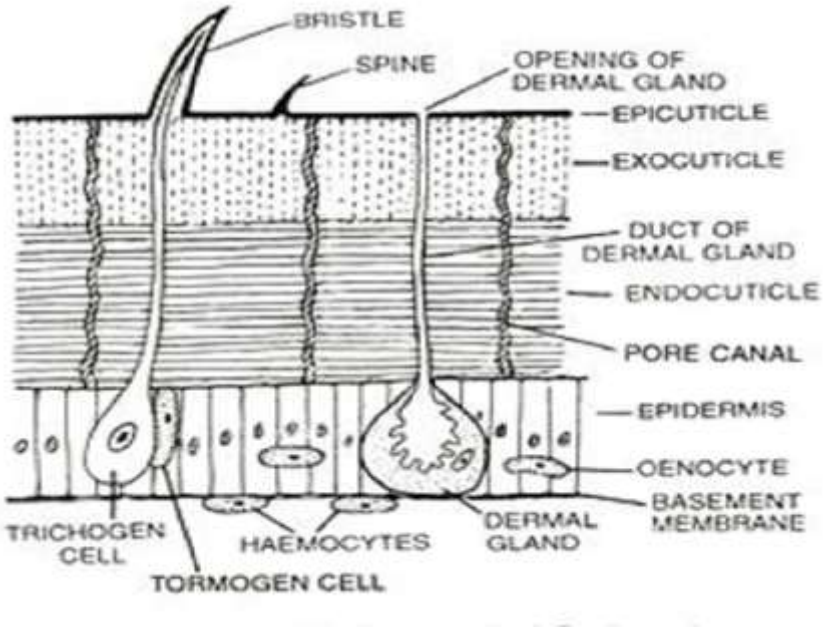
- ويعرف أيضاً بالبروتين المدبوغ Tanned Protein، وهو ذو لون كهرماني، يوجد فقط في طبقة الكيوتكل الخارجي.

ريسيلين Resilin

- بروتين مرن يشبه المطاط وهو عديم اللون ويوجد في المفاصل مثل الاربطة المفصلية للجناح، مفاصل الرجل، الدرز الشفوي الدرقي

2-البشرة الداخلية او تحت البشرة (البشرة السفلى) Epidermis or Hypodermis

- هي طبقة تتكون من صف واحد من الخلايا المتعددة الأضلاع والتي تتغير إلى خلايا مكعبة او عمودية اثناء عملية الانسلاخ Moulting. تتكون هذه الخلايا من نواة ومحتويات سايتوبلازمية أخرى. يتم تثبيت خلايا البشرة السفلى المتجاورة معاً عن طريق بعض العمليات السايتوبلازمية. جميع خلايا البشرة السفلى هي غدية تفرز الكيوتكل والانزيمات التي تشارك في انتاج وهضم الكيوتكل القديم اثناء عملية الانسلاخ.



- يمكن تمييز خلايا البشرة السفلى إلى الأنواع التالية بناءً على الوظيفة التي تؤديها :
- - الغدد الجلدية Dermal glandsوالتي تنتج الطبقة الاسمنتية.
- - الخلايا المولدة للشعرة Trichogen cellوالتي تنتج الشوكة Seta والشعيرة Trichomeوالشعرة الصلبة Bristle.
- - غدد الانسلاخ Moulting glands والتي تفرز سائل الانسلاخ moulting fluid الذي يعمل على هضم الكيوتكل القديم.
- - غدد حول ثغرية Peristigmatic glandsوالتي تكون حول الثغور التنفسية في حالة يرقات رتبة ثنائية الأجنحة. تفرز هذه الغدد مواد غير قابلة للبلل تمنع تبلل الثغور

- تتركز خلايا البشرة السفلى على غشاء رقيق غير خلوي يعرف بالغشاء القاعدي Basement membrane

3- الغشاء القاعدي Basement membrane

- هو الجزء الأساسي من جدار الجسم والذي يتكون من خلايا البشرة السفلى الضامرة المنحلة خلوياً، يظهر الغشاء القاعدي كطبقة حبيبية (عديمة الشكل) غير متبلورة لا يزيد سمكها عن 0.5 مايكرومتر ويتكون من البروتين الليفي وبوليمرات من السكريات الثنائية. يشكل الغشاء القاعدي صفيحة مستمرة ومتصلة مع طبقة البشرة السفلى وترتبط بالعضلات من خلال الغشاء العضلي Sarcolemma.

الانسلاخ Moulting

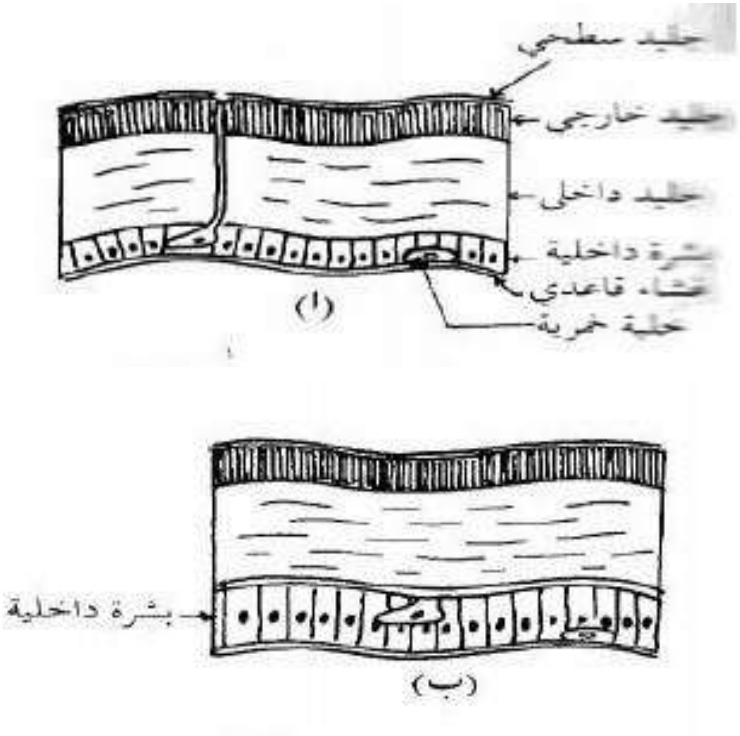
- هو عملية تخلص الحشرة من الكيوتكل القديم واستبداله باخر جديد نتيجة النمو المستمر في الحشرة وازدياد حجمها اذ ان كيوتكل الحشرة صلب غير قابل للتمدد ويجب التخلص منه من وقت لاخر للسماح للحشرات بزيادة حجمها اثناء فترة النمو، لذا يصاحب فترة النمو سلسة من الانسلاخات.

- ولا يقتصر الانسلاخ على كيوتكل جدار الجسم بل يشمل أيضاً كيوتكل القصبات الهوائية والمعي الامامي والخلفي، وغالباً ما يحتفظ الكيوتكل المنسلخ بشكل الحشرة المنسلخ منها.
- ويختلف عدد الانسلاخات في كثير من الحشرات من 4-8، غير ان الرعاشات تنسلخ 10-12 انسلاخاً، وقد يصل عدد الانسلاخات في بعض انواع ذباب مايو إلى 20 انسلاخاً او أكثر. ان معظم الحشرات لا تنسلخ ولا تزداد في الحجم بمجرد وصولها الى طور الحشرة الكامل.

- الانسلاخ هو عملية معقدة تتضمن 3 عمليات هي:1

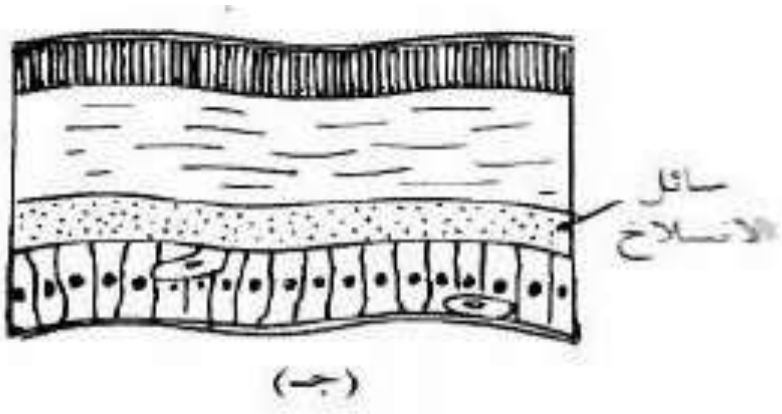
- 1- انفصال طبقة البشرة السفلى عن الكيوتكل القديم (الانسلاخ الداخلي) Apolysis
- 2- التخلص من الكيوتكل القديم وتكوين الكيوتكل الجديد (الانسلاخ الخارجي) Ecdysis
- 3- تصلب الكيوتكل الجديد Sclerotization

- وخطوات عملية الانسلاخ كالاتي
- 1- تسكن الحشرة قبل عملية الانسلاخ ثم تمتنع عن الغذاء

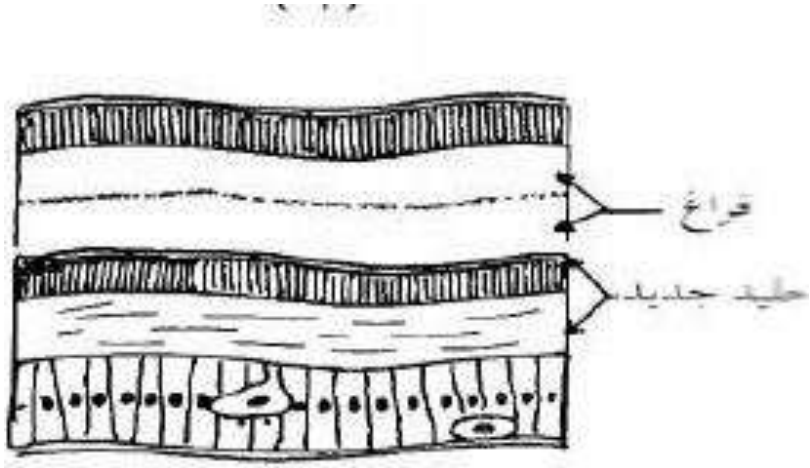


- 2- تنشط خلايا البشرة السفلى (Hypodermis) وتستطيل بعض خلاياها وتنسحب الزوائد البروتوبلازمية وتنفصل كل طبقة البشرة السفلى عن طبقة الكيوتكل.

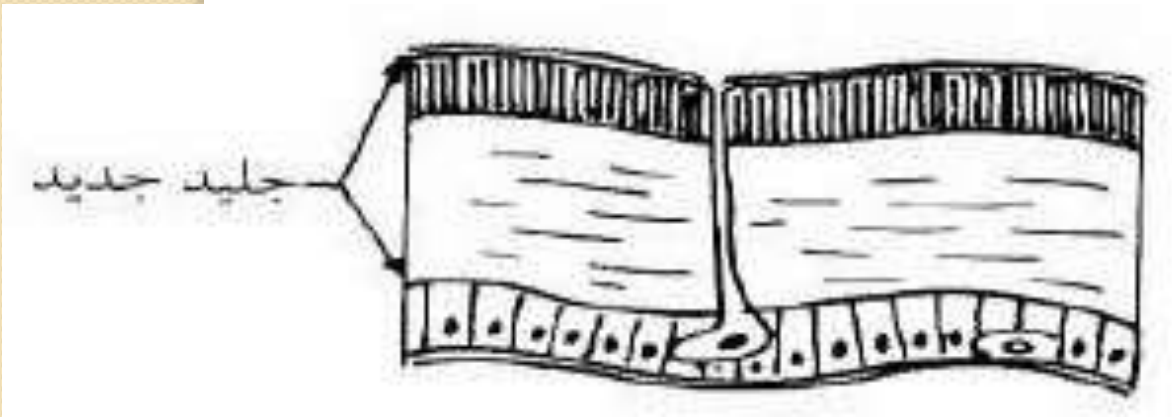
- 3- تاخذ خلايا البشرة السفلى شكلاً متعرجاً ويمتلى مكان الانفصال بسائل الانسلاخ.



- 4- يقوم سائل الانسلاخ بهضم طبقة الكيوتكل الداخلي ليتم تخزينها والاستفادة منها في بناء الكيوتكل الجديد.
- 5- تبدأ خلايا البشرة السفلى في افراز وتكوين الكيوتكل الجديد بدءاً بالكيوتكل السطحي الذي يقوم بحماية الكيوتكل الجديد. حيث يكون الكيوتكل الجديد تحت القديم وفي نفس الوقت ينفصل بينهما سائل الانسلاخ



- 6- ثم تفرز خلايا البشرة السفلى الكيوتكل الخارجي وبعده الكيوتكل الداخلي الذي هو اسمك طبقات الكيوتكل.
- 7- تتخلص الحشرة من الكيوتكل القديم الذي لم يتبقى منه سوى الكيوتكل السطحي والخارجي.



- في بداية وجود الكيوتكل الجديد تحدث عملية نمو للحشرة حيث يكون لا يزال ليناً إلى ان تحدث عملية تصلب الكيوتكل الجديد ثم تمييزه الى الطبقات المعروفة للكيوتكل.

افراز الشمع

- بعد فترة قصيرة من الانسلاخ يفرز الشمع على سطح الكيوتكل الجديد، وبعد ذلك بقليل يتم انتاج طبقة الاسمنت (بواسطة الغدد الجلدية Dermal glands) التي تترسب فوق سطح طبقة الشمع. يعتقد ان خلايا البشرة ربما تكون هي المسؤولة عن افراز الشمع او مكوناته الاولية،

- لكن الصعوبة هي تفسير كيفية انتقال تلك المكونات من الكربونات الهيدروجينية والاسترات ... الخ من مكان الافراز في خلايا البشرة الى حيث تترسب في طبقة الكيوتكل السطحي، علما بان خلايا البشرة تفصل عن الطبقة الشمعية بطبقة الكيوتكل الداخلي المحب للماء.

- وعموماً فحينما يبدأ الشمع في الانطلاق الى السطح تكون اولاً في صورة سائلة ثم تتحول الى الشمع بعد الانسلاخ،
- وينتقل الشمع عبر القنوات الثقبية ثم القنيات الثقبية المتفرعة عند قمة الكيوتكل.
- وهناك اعتقاد ان الصورة النهائية للشمع تخلق في تلك القنوات والتي تعرف باسم خيوط قنوات الشمع.

- ولقد وضعت عدة فرضيات لتفسير حركة هذه المواد غير الفعالة خلال الكيوتكل المحب للماء:
- 1- قد ينتقل الشمع في صورة ذائبة في مذيب ما، ثم يتبخر هذا المذيب عند وصول الشمع إلى السطح. وقد وجد ان الشمع في الصراصير يذوب في كحولات ذات سلاسل طويلة. وفي حشرة المن يتصلب الشمع في الحال على هيئة قشور صلبة إذا ما وضع على سطح الماء بينما يبقى رائقاً ونصف شفاف إذا ما حفظ تحت الماء.

- 2- قد يفرز الشمع في صورة قابلة للذوبان في الماء متحد مع البروتين، كما في بيض القراد، غير انه لاتوجد دلائل تشير الى وجود هذه الجزيئات الكبيرة، لكنها يمكن ان تتواجد في صورة محاليل بلورية.

- 3- قد ينتقل الشمع خلال القنوات الثقبية. ولقد اثبت الفحص وجود الشمع في حالة سوائل دهنية مذابة في الماء في صورة بلورات. وتاتي المعارضة في ان بعض الحشرات التي تفرز الشمع لايوجد بها قنوات ثقبية مثل حشرة *Calpodes* من رتبة حرشفية الاجنحة Lepidoptera.

- 4- قد تتم المرحلة الاخيرة في تخليق الشمع بالقرب من السطح، ففي بعض الحشرات امكن التقاط انزيم الاستريز في القنوات الثقبية وكذلك في طبقة الكيوتكل السطحي، ويعتقد ان الاستريز له علاقة بعملية تخليق الشمع.

وظائف جدار الجسم

- 1- يحدد الحجم والشكل لجسم الحشرات.
- 2- يمنع فقدان الماء ويحافظ على التوازن المائي في جسم الحشرات
- 3- يساعد على التوازن الايوني في جسم الحشرات
- 4- يحمي اعضاء الحشرات من الاضرار الخارجية ويمنع دخول الاحياء المجهرية والمواد الكيمائية الضارة.
- 5- يوفر مساحة لارتباط العضلات
- 6- يوفر مواقع لاعضاء الحس والادخال الحسي
- 7- يعتبر بمثابة واجهة بين الحشرات والبيئة

المحاضرة 4

الجهاز التنفسي او الجهاز القصبي

Respiratory System or Tracheal System

التنفس Respiration

- هو عدد من العمليات الفيزيائية والكيميائية التي تؤدي إلى تحرير الطاقة الكيمياوية الموجودة في المادة الغذائية بأكسدة جزيئاتها العضوية.

يتم التنفس بمرحلتين:-

- الأولى: التنفس الخارجي أو التبادل الغازي، وتتضمن النقل الطبيعي (الفيزياوي) للغازات التنفسية وهي O_2 و CO_2 بين المحيط الخارجي للحشرة وبين خلايا أنسجة الجسم.
- الثانية: التنفس الداخلي او التنفس الخلوي (في الخلايا)، وتتضمن التنفس الخلوي الهوائي واللاهوائي Aerobic and Anaerobic respiration.

- التنفس الخلوي الهوائي هو عملية أكسدة نواتج التحلل السكري Glycolysis والتي تجري في المايتوكوندريا بوجود O_2 وتحرير CO_2، ويصاحب هذه الأكسدة تكوين جزيئات الطاقة ATP.
- التنفس الخلوي اللاهوائي هو عملية التحلل السكري Glycolysis التي تجري في السايتوبلازم دون الحاجة الى O_2، ويصاحب هذه العملية انتاج قدراً ضئيلاً من جزيئات الطاقة ATP.

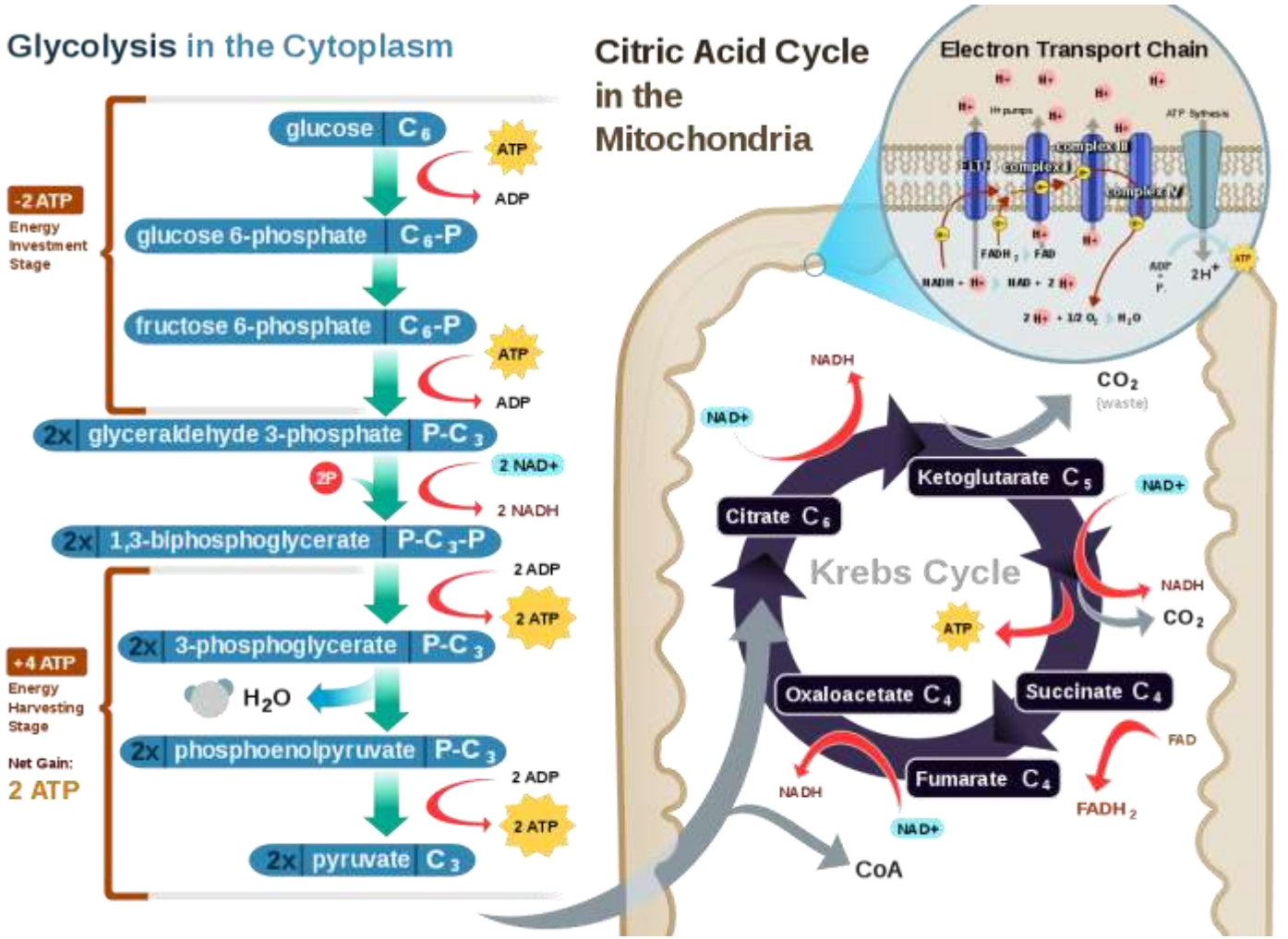
- وبالرغم من ان قدراً ضئيلاً من الطاقة يتحرر من عملية Glycolysis التي تجري في السايتوبلازم دون الحاجة إلى O_2 وهو ما يطلق عليه بالتنفس الخلوي اللاهوائي، إلا أن هذه الطاقة لا تفي بحاجة الحشرة لذلك لابد من إتمام عملية Glycolysis عن طريق دورة كريبس Krebs cycle في المايتوكوندريا (الشكل 12)

- حيث تأخذ البايروفات Pyruvates ($CH_3COCOOH$) الناتجة من تحلل الكلوكوز Glucose ($C_6H_{12}O_6$) طريقها لمغادرة سايتوبلازم الخلية وتدخل المايتوكوندريا حيث تحدث للبايروفات عملية الأكسدة وهو ما يعرف بدورة كريبس أو دورة حامض الستريك Citric acid cycle، كما يتحد في هذه الدورة الاوكسجين مع ذرات الهيدروجين مكوناً جزيئات ماء، وينتج عن هدم المركبات العضوية تكون غاز CO_2 الذي يجب طرحه خارجاً،

- والطاقة الناتجة عن دورة كريبس تشكل اكبر نسبة من الطاقة التي تتحرر من التنفس الخلوي. ويمكن توضيح ذلك بالمعادلات التالية :-

- 1- عملية التحلل السكري Glycolysis (في السايتوبلازم)
- $Glucose + 2P + 2ADP + 2NAD^{+} \longrightarrow 2Pyruvate + 2NADH + 2H^{+} + 2ATP + 2H_2O$
- 2- دورة الفا-كليسيروفوسفيت α – glycerophosphate (من مرحلة Glycolysis الى مرحلة متاخرة من دورة كريبس)
- $2NADH + 2H^{+} + O_2 + 4P + 4ADP \longrightarrow 2NAD^{+} + 4ATP + 6H_2O$
- 3- دورة كريبس (في المايتوكوندريا)
- $2Pyruvate + 5O_2 + 30P + 30ADP \longrightarrow 6CO_2 + 30ATP + 34H_2O$
- وعند جمع هذه المعادلات سوية تصبح النتيجة النهائية:-
- $Glucose + 6O_2 + 36P + 36ADP \longrightarrow 6CO_2 + 36ATP + 42H_2O$

شكل 12. مخطط يوضح عملية التحلل السكري في السايتوبلازم ودورة كريبس المايتوكوندريا.



- ومن المعروف ان لا حياة ولا نشاط بدون طاقة فالبناء والهدم والإفراز والتقلصات العضلية ونقل المنبهات وإنتاج البيوض والحيامن كل ذلك لا يتم إلا بتوفر الطاقة بحالة جزيئات ATP.

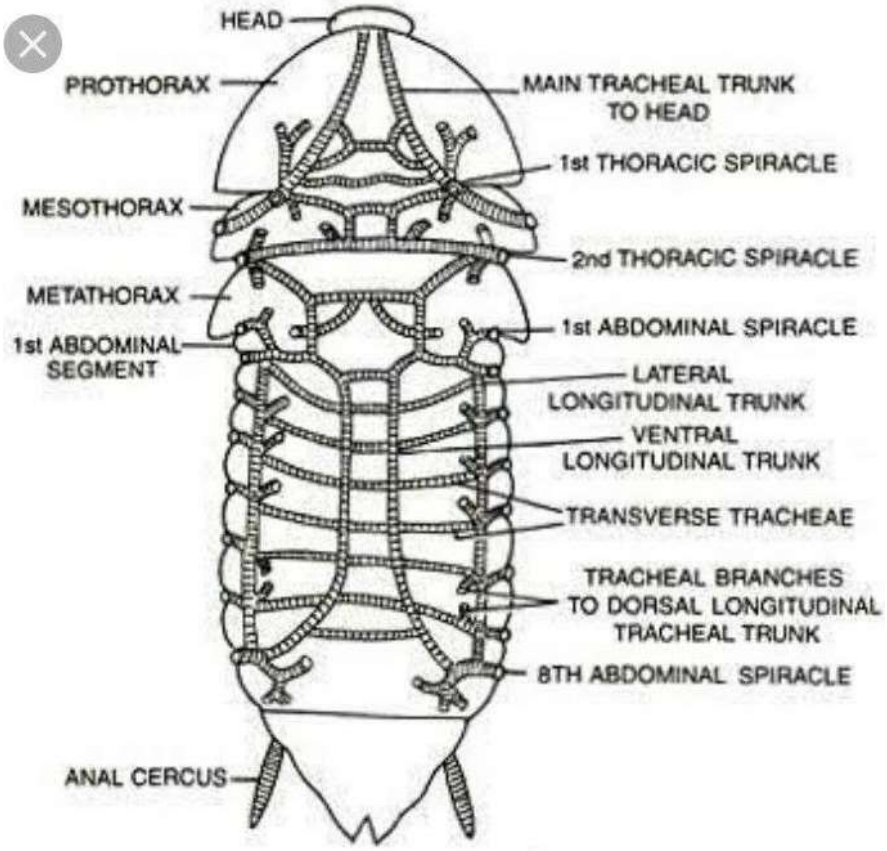
الجهاز القصبي Tracheal system

- تطور جدار الجسم في مفصليات الأرجل الذي يحوي على عدة طبقات منها الكيوتكل السطحي الحاوي على بروتين، والكيوتكل الخارجي والداخلي الحاوي على بروتين وكايتين، ويغطى جدار الجسم من الخارج بطبقة رقيقة من الشمع وقد ساعد هذا التركيب لجدار الجسم على الانتشار الهائل لمفصليات الأرجل في البيئات المائية والأرضية، غير أن جدار الجسم بمثل هذا التركيب يعتبر محدداً لانتشار الغازات التنفسية وخاصة الأوكسجين الذي لا يتمكن من الانتشار عبر الكيوتكل السطحي.

- ونظراً لعدم وجود جهاز دوران مغلق وعدم وجود صبغة الهيموكلوبين (الا في أنواع قليلة جداً من الحشرات مثل يرقات الهاموش *Chironomus*) فقد تطور في الحشرات وفي أفراد أخرى من مفصليات الأرجل كالعناكب والعقارب جهاز تنفسي خاص يسمى بالجهاز التنفسي القصبي.

- ومن الجدير بالذكر ان بعض الحشرات لاتمتلك جهازاً تنفسياً قصبياً ومن أمثلتها الرتبتان ذات الذنب القافز Collembola وأولية الذنب (بروترا) Protura من الحشرات عديمة الأجنحة لذلك تعتمد في نقل الغازات التنفسية عبر جدار الجسم ومما يساعد على ذلك ان المساحة السطحية لجسم هذه الحشرات الصغيرة تعتبر كبيرة بالنسبة لحجمها وبذلك يمكن انتشار الغازات عبر جدار الجسم بكميات كافية لحاجة هذه الحشرات.

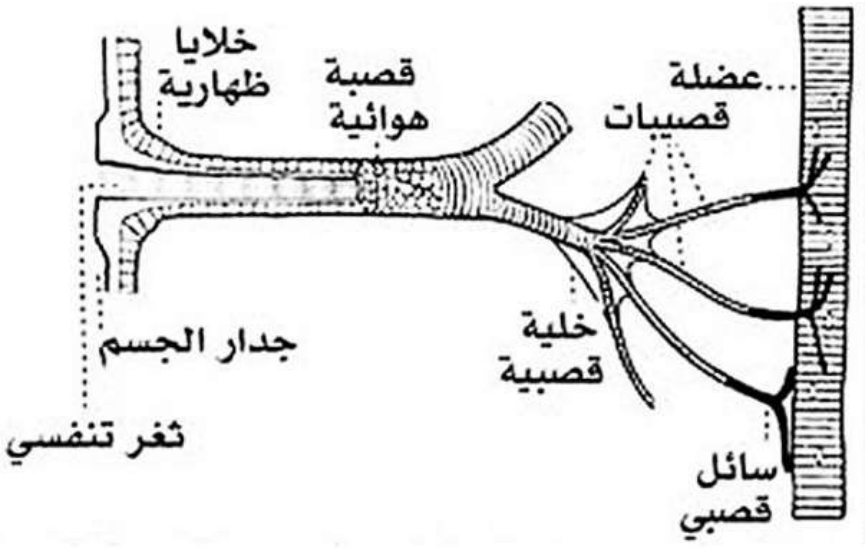
يتركب الجهاز التنفسي القصبي في الحشرات من :-



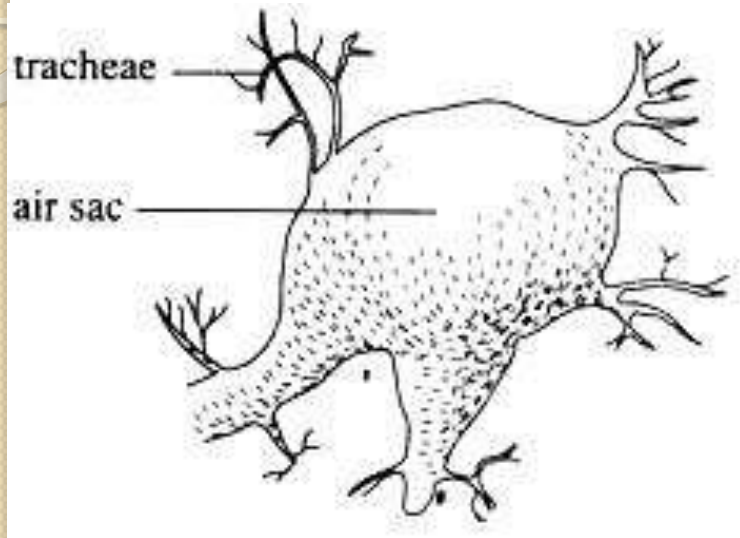
- **1- القصبات الهوائية Tracheae**

يتركب الجهاز التنفسي القصبي في الحشرات من :-

- **2- القصيبات الهوائية Tracheoles**

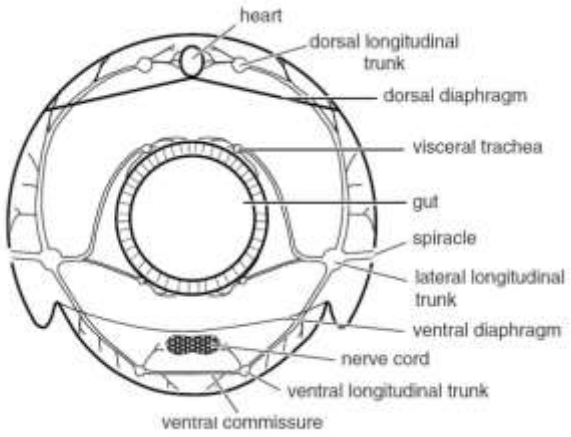


يتركب الجهاز التنفسي القصبي في الحشرات من :-

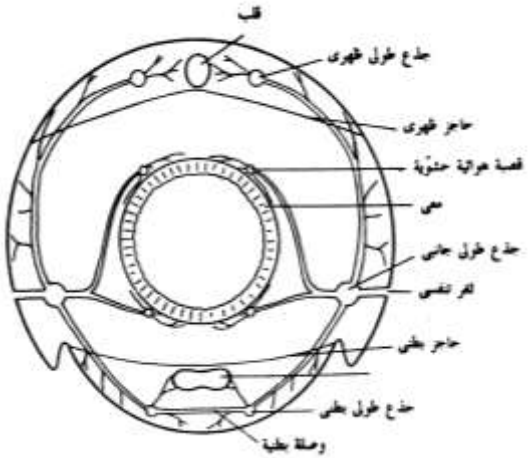


- 3- الاكياس الهوائية
- Air Sacs

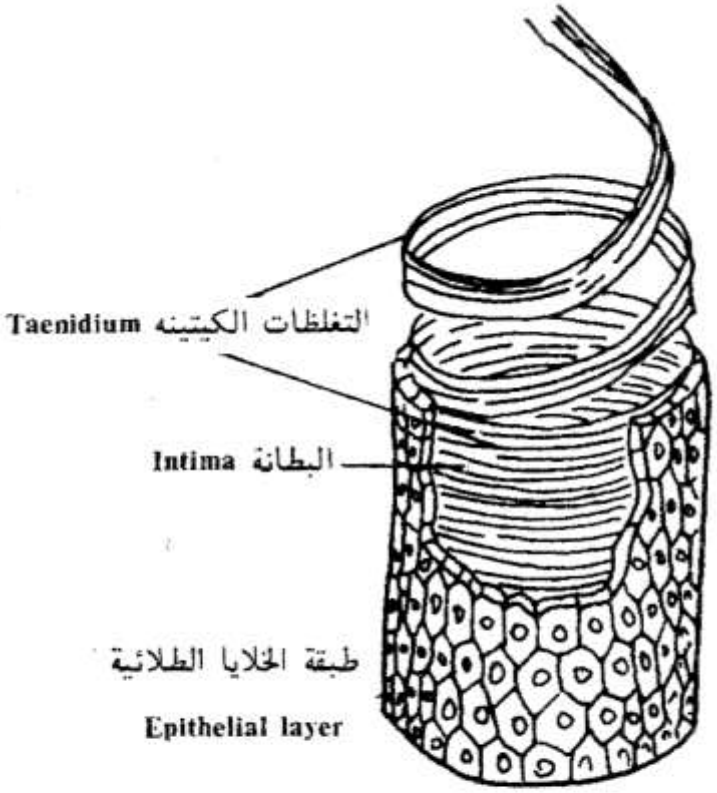
يتركب الجهاز التنفسي القصبي في الحشرات من :-



- **4- الثغور التنفسية Spiracles**



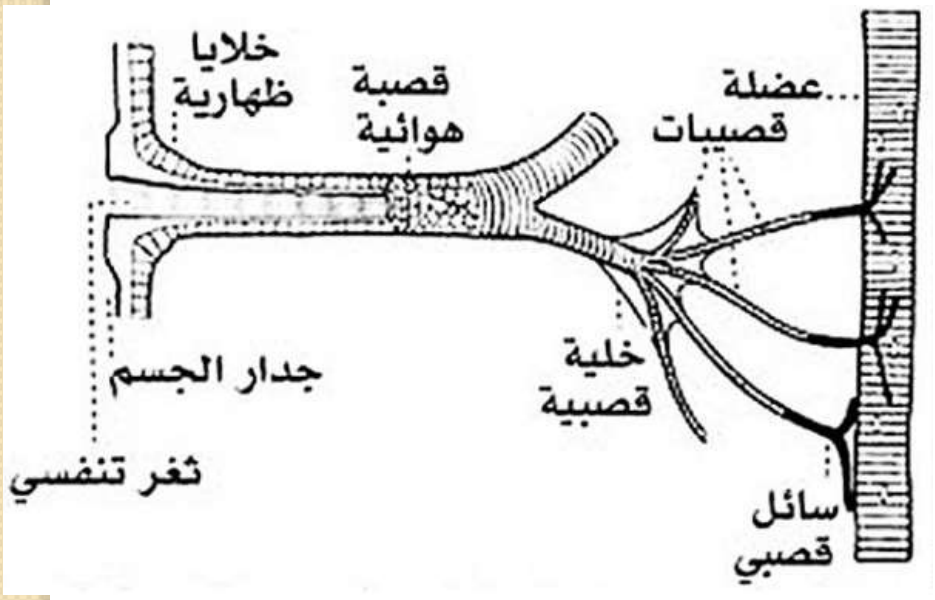
1- القصبات الهوائية Tracheae



- ومفردها القصبة الهوائية Trachea وهي أنابيب مجوفة تمتد من الفتحات الواقعة على البلورا إلى داخل جسم الحشرة وتتفرع الى قصبات اصغر واصغر. ولما كانت القصبات الهوائية ناشئة بالأساس من جدار الجسم فان لها نفس التركيب حيث تبطن القصبة من الداخل (اي من جهة التجويف) ببطانة رقيقة من الكيوتكيولين Cuticulin. كما توجد تثخنات على مسافات منتظمة تحت الكيوتكل السطحي تلتف حلزونياً حول القصبة الهوائية.

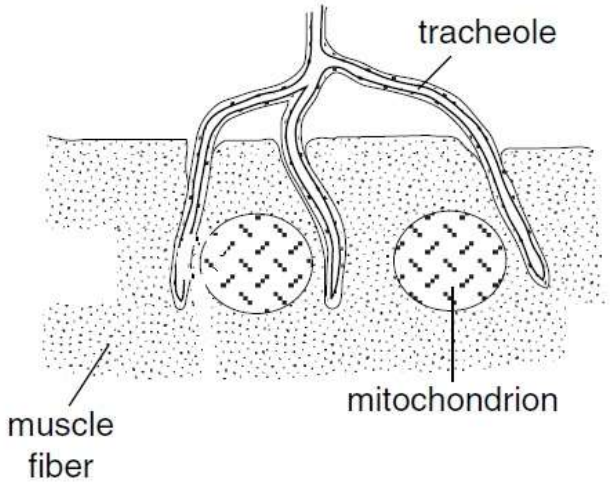
- ان هذه التثخنات تقوم بجعل القصبات الهوائية مفتوحة دائماً وبذلك لا تنكمش القصبة نتيجة انخفاض الضغط الجوي داخل القصبة عند اغلاق الفتحات الخارجية (الثغور التنفسية) واستهلاك الاوكسجين الموجود في فراغ القصبة.
- ينسلخ كيوتكل القصبات الهوائية مع كل انسلاخ لجدار جسم الحشرة حيث يتكون كيوتكل جديد بدلاً منه.

2- القصيبات الهوائية Tracheoles

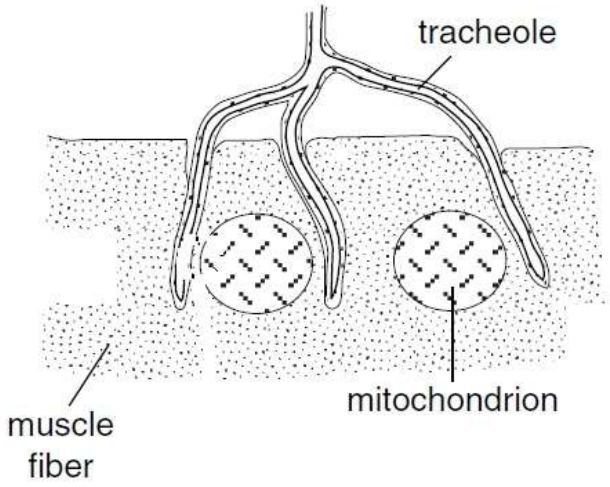


- في نهاية القصبات الهوائية الصغيرة والمتغلغلة داخل النسيج توجد خلايا نجمية الشكل او اشبه براحة اليد وتسمى باسماء عديدة كخلايا النهايات القصبية Tracheal ends cells او الخلايا المولدة للقصيبات Tracheoblasts. توجد خلية واحدة منها في نهاية كل قصبة هوائية وتمتاز بان غشاء البلازما الداخلي ينبعج بطريقة خاصة مكوناً انابيب دقيقة جداً تسمى القصيبات الهوائية وبامكان الخلية الواحدة ان تكون عدة قصيبات هوائية.

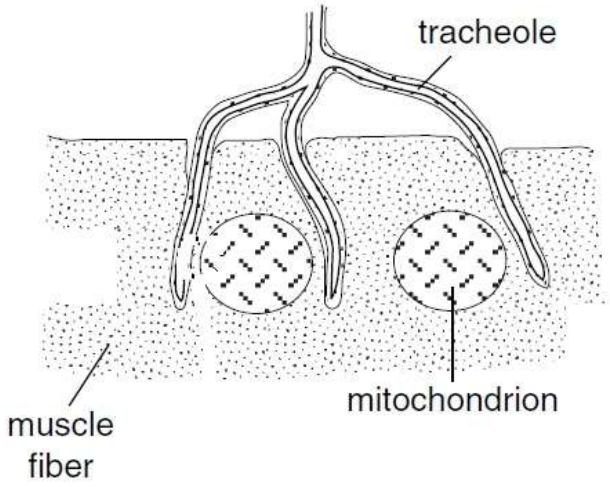
- تتغلغل القصيبات بين خلايا النسيج وقد تضغط على الخلايا المكونة للنسيج فتصبح وكأنها داخل الخلايا.
- القصيبات الهوائية في الحشرات تشابه من حيث انتشارها الأوعية الدموية الشعرية لجهاز الدوران في الفقريات.
- تبطن القصيبات من الداخل بالكيوتكيولين Cuticulin حيث يترتب بشكل تثخنات حلزونية.



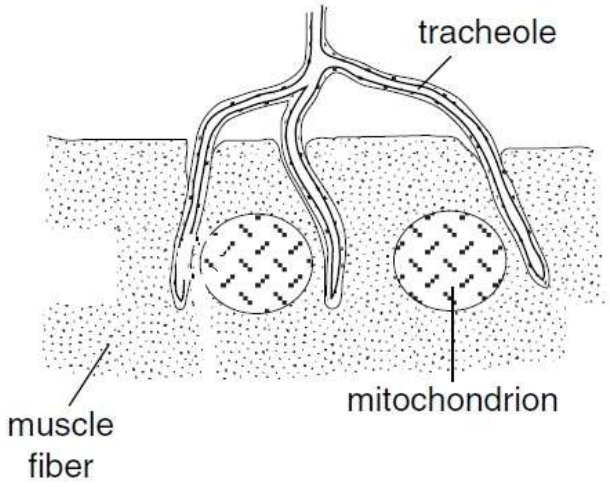
- توجد ثقوب في جدار القصيبة الهوائية ويعتقد بان لها اهمية في حركة السوائل عبر جدار القصيبات. يحتوي الجزء القريب من النهاية المغلقة للقصيبات على سائل غروي مجهول التركيب الكيميائي، وتتجاذب هذا السائل قوتان متعاكستان في الاتجاه

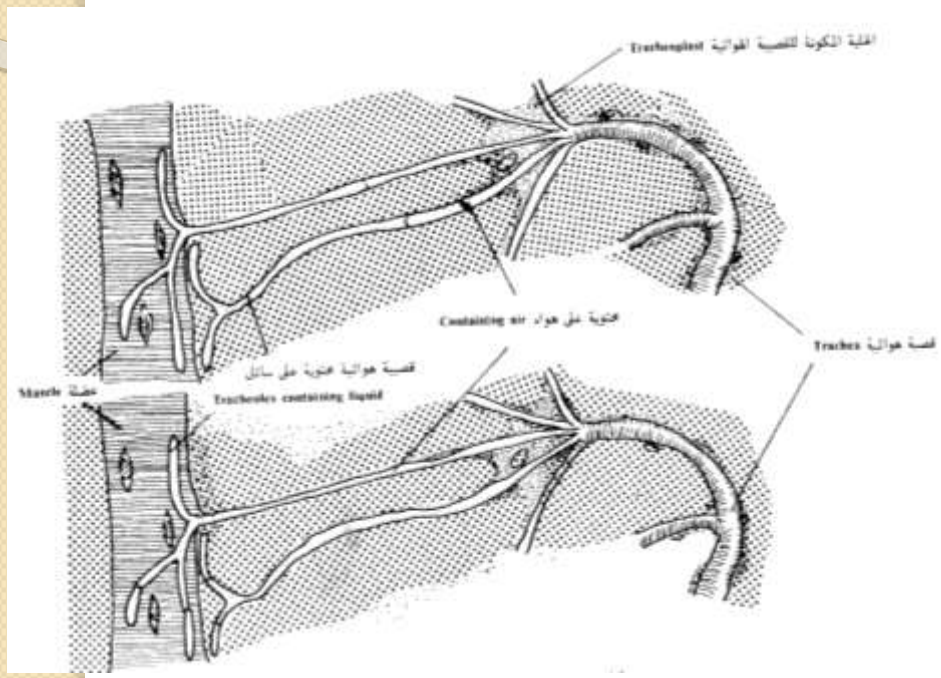


- تتغلغل القصيبات بين خلايا النسيج وقد تضغط على الخلايا المكونة للنسيج فتصبح وكأنها داخل الخلايا.
- القصيبات الهوائية في الحشرات تشابه من حيث انتشارها الأوعية الدموية الشعرية لجهاز الدوران في الفقريات.
- تبطن القصيبات من الداخل بالكيوتكيولين Cuticulin حيث يترتب بشكل تثخنات حلزونية.

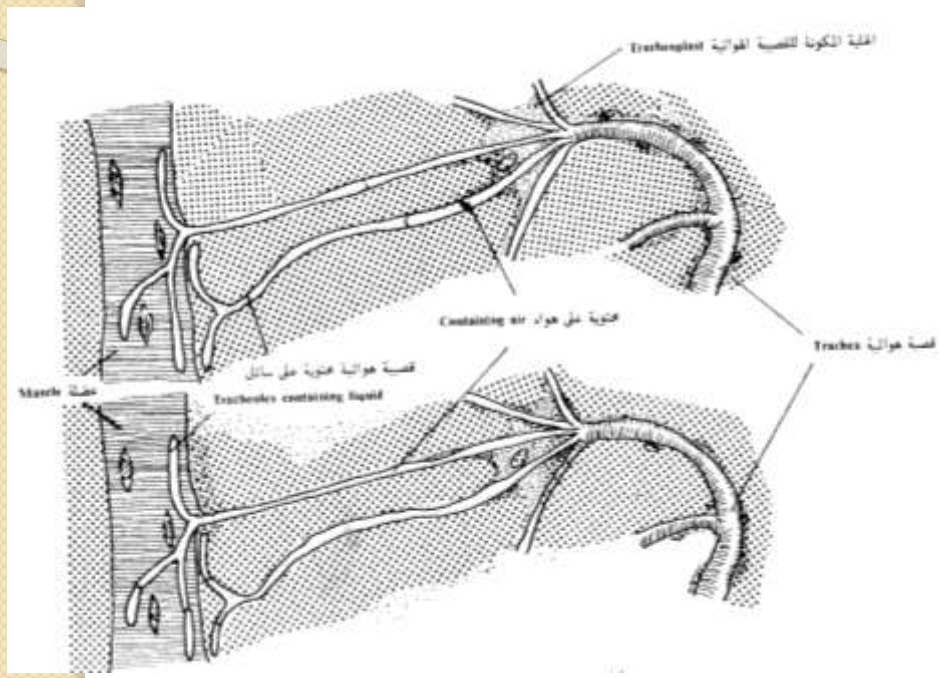


- اولهما: *قوة الجذب الشعري للقصيبات* وتحاول هذه القوة الابقاء على السائل داخل القصيبة الهوائية
- والقوة الاخرى هي: *الضغط التنافذي لمحلول سايتوبلازم خلايا النسيج الموجودة فيه القصيبة الهوائية*.





- عند **ارتفاع الضغط التنافذي لمحاول سايتوبلازم الخلايا** نتيجة زيادة الايونات والجزيئات العضوية وذلك ما يحدث اثناء نشاط خلايا النسيج فان السائل القصيبي وبالاخص جزيئات الماء الموجودة فيه تنتقل عن طريق الانتشار عبر الثقوب الموجودة في جدران القصيبات وبذلك يقل طول عمود السائل داخل القصيبة ويحل محله الهواء الحاوي على الاوكسجين



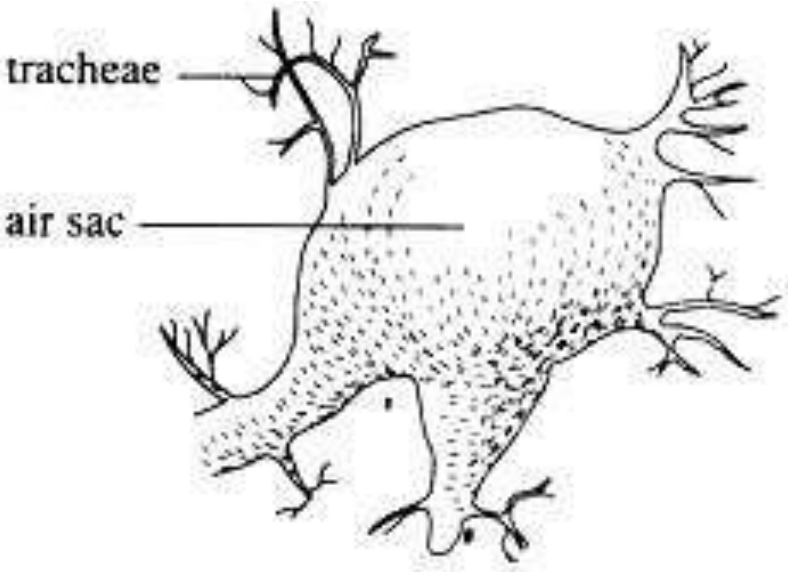
- وبما ان خلايا النسيج في حالة نشاط اي تستهلك الاوكسجين في دورة كريبس فان **الضغط الجزيئي للاوكسجين في القصيبات** يكون **اعلى** منه في داخل خلايا النسيج فينتشر الاوكسجين نحو الخلايا لتستفاد منه.

- **تمتاز بطانة القصيبات بعدم انسلاخها اثناء انسلاخ جدار جسم الحشرة** ولذلك أهمية كبيرة في استمرار تزويد الأنسجة بالأوكسجين المخزون داخل القصيبات اثناء الانسلاخ وبذلك يستمر التنفس في خلايا الانسجة بالرغم من الانفصال المؤقت للارتباط بين القصبات والقصيبات.

- **كما يمتاز انتشار القصيبات الهوائية بأنه يتحدد بايلوجياً الى حد كبير وفق حاجة كل نسيج للأوكسجين** فكلما زاد نشاط النسيج ازداد تزويده بالقصيبات الهوائية

- وفي إحدى التجارب حرمت مساحة من خلايا البشرة من مصادر تزويدها بالأوكسجين ولوحظ ان هذه الخلايا بدأت بإرسال بروزات سايتوبلازمية تشبه الأقدام الكاذبة باتجاه القصيبات الهوائية الموجودة على مسافة تصل إلى 100 مايكرون (1 ملم = 1000 مايكرون = 1.000.000 نانو) ثم أمسكت بهذه القصيبات وسحبتها نحو الخلايا، لذلك فالمعتقد بان انتشار القصيبات الهوائية يتحدد بايلوجياً إلى حد كبير ويكون تأثير العوامل الوراثية فيه اقل من تأثيرها على انتشار وتفرع القصيبات الهوائية.

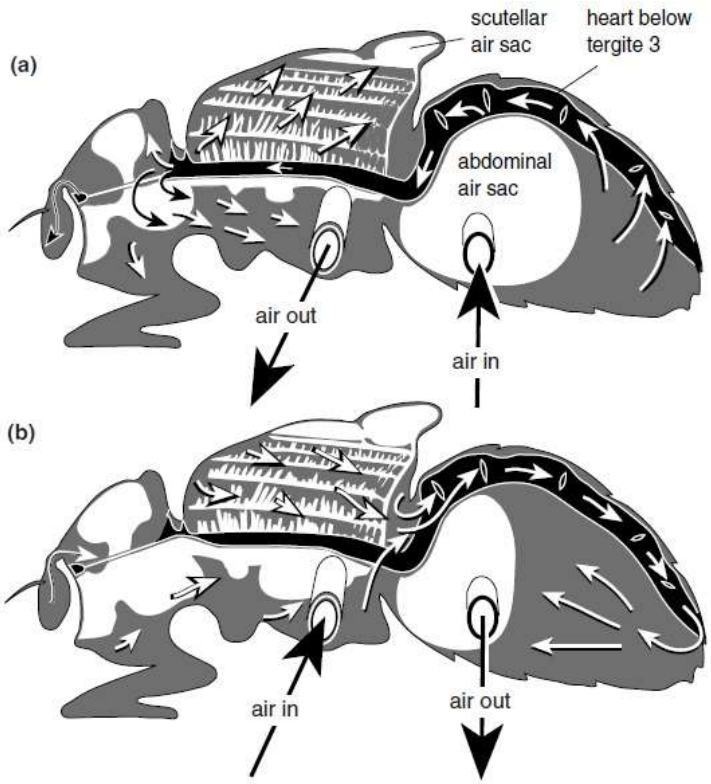
3- الاكياس الهوائية Air Sacs



- في اجزاء معينة من القصبات الهوائية توجد اتساعات مرنة قابلة للتغير في حجمها بسبب عدم وجود او اختزال التثخنات الحلزونية كما ان جدرانها تكون رقيقة لعدم وجود الكايتين وهذه تسمى بالاكياس الهوائية

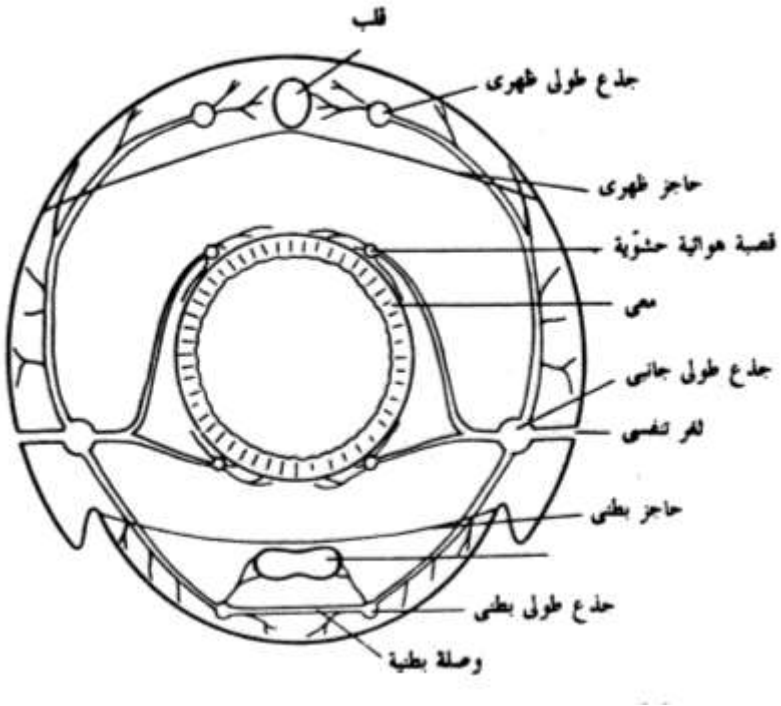
- وهي منتشرة في اماكن مختلفة من تجويف الجسم ويختلف عددها باختلاف اعمار واطوار الحشرة حيث يزداد عددها في الجراد الصحراوي والعديد من الحشرات ناقصة التطور بتعاقب الانسلاخات.
والملاحظ ان الاكياس الهوائية توجد بكثرة في الحشرات النشطة كالذباب والزنابير والنحل والنمل والرعاشات كما لوحظ وجود **علاقة طردية وثيقة بين تطور الاكياس في أنواع رتبة غشائية الأجنحة وبين حجم ونشاط هذه الأنواع.**

وظائف الأكياس الهوائية:-



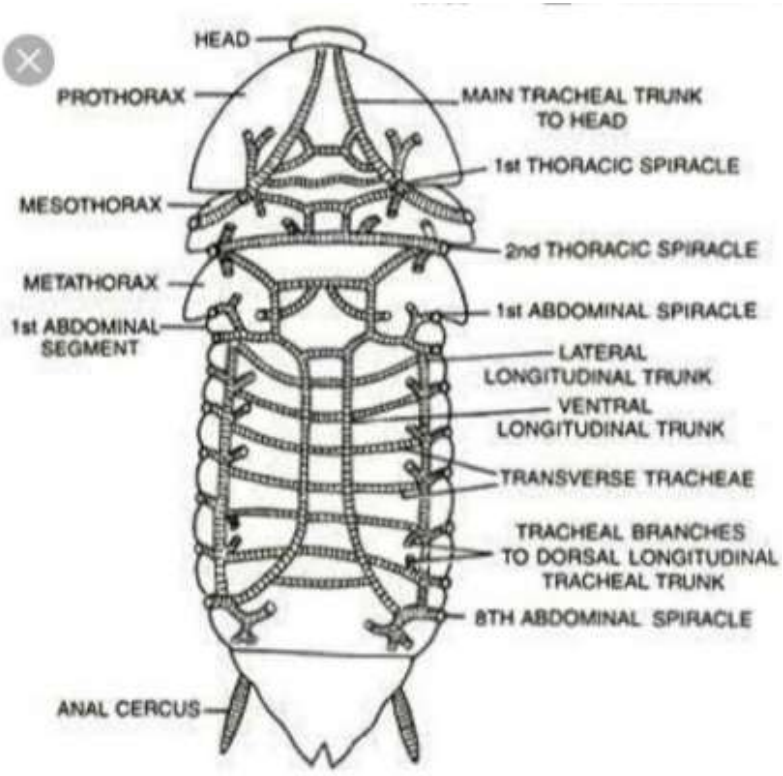
- 1- تلعب دور الرئة في الشهيق والزفير (الشكل 17).
- 2- تقلل كثافة الحشرة وبالتالي تتمكن من الطيران.
- 3- تمكن الحشرة الغاطسة في الماء من التحكم بالغطس او الصعود لسطح الماء عن طريق حجم الهواء في هذه الأكياس.

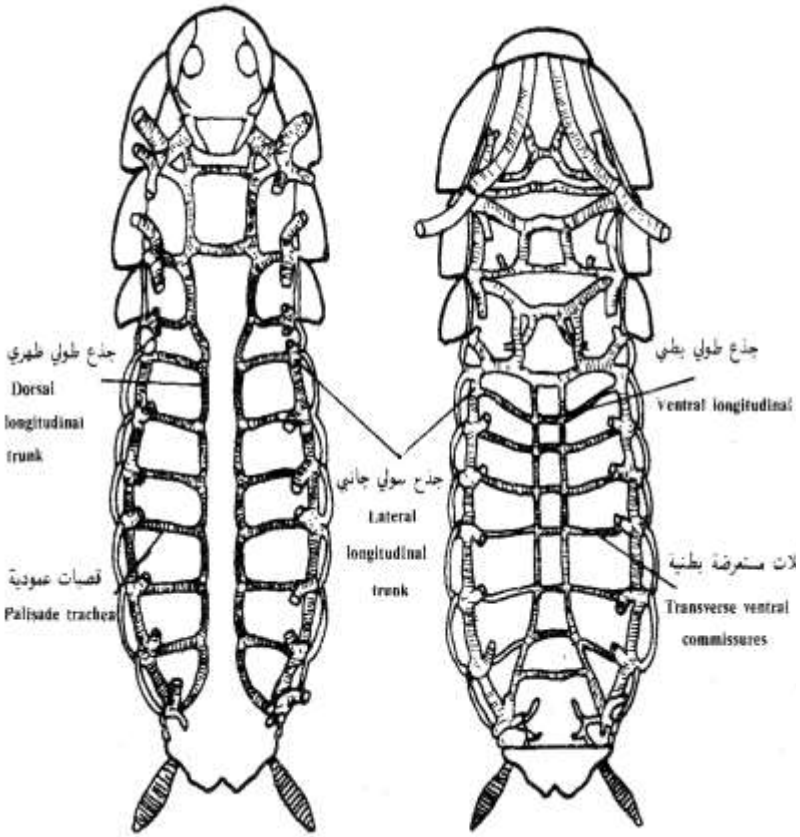
4- الثغور التنفسية Spiracles

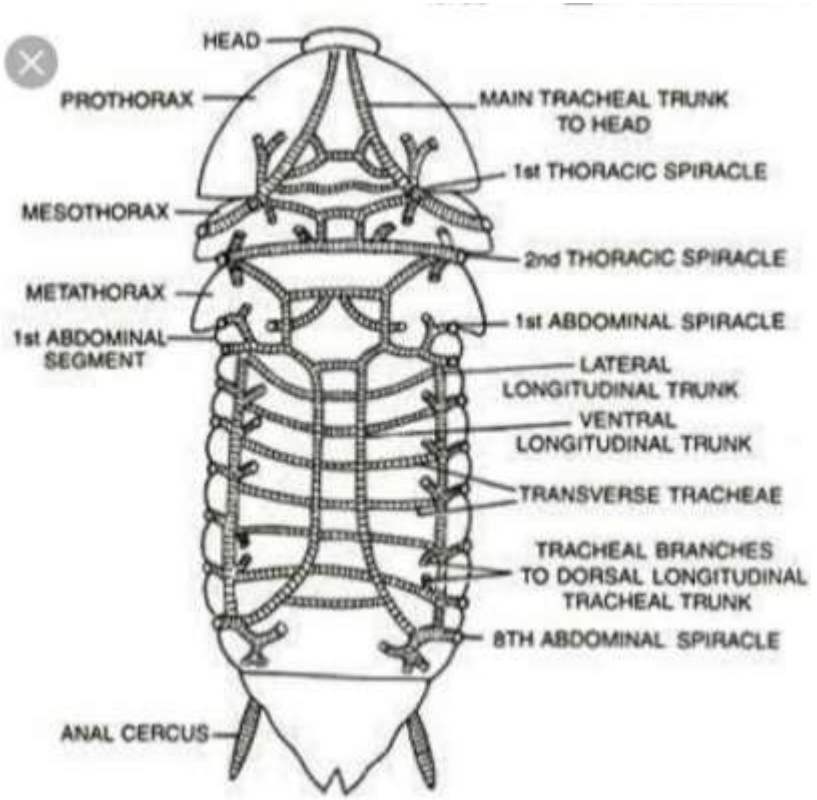


- بداية الانبعاجات في الغشاء الجانبي Pleuraللحلقات الصدرية والبطنية تسمى الثغور التنفسية، وهي تربط بين هواء المحيط الخارجي والقصيبات الهوائية.

- أقصى عدد للثغور التنفسية في الحشرات يبلغ 10 ازواج، زوج في كل من الصدر الثاني والثالث وثمانية أزواج في الحلقات البطنية من الثانية إلى التاسعة، ويشذ عن ذلك بعض أفراد رتبة ثنائية الذنب Diplura حيث يوجد 11 زوجاً من الثغور 4 ازواج منها صدرية (زوجان في الصدر الثاني وزوجان في الصدر الثالث) و 7 ازواج بطنية (زوج على كل من الحلقات البطنية من الاولى الى السابعة). ان وجود 10 ازواج من الثغور التنفسية في الحشرات لا يعني انها جميعها تقوم بوظيفتها في التنفس حيث يغلق قسماً منها تماماً ولا يقوم باي دور في التنفس ولا تفتح الا عند الانسلاخ.




جذع طولي ظهري
Dorsal
longitudinal
trunk
قصبات عمودية
Palisade trachea
جذع سولي جانبي
Lateral
longitudinal
trunk
جذع طولي بطني
Ventral longitudinal
لات مستعرضة بطنية
Transverse ventral
commissures


HEAD
PROTHORAX
MESOTHORAX
METATHORAX
1st ABDOMINAL
SEGMENT
ANAL CERCUS
MAIN TRACHEAL TRUNK
TO HEAD
1st THORACIC SPIRACLE
2nd THORACIC SPIRACLE
1st ABDOMINAL SPIRACLE
LATERAL
LONGITUDINAL TRUNK
VENTRAL
LONGITUDINAL TRUNK
TRANSVERSE TRACHEAE
TRACHEAL BRANCHES
TO DORSAL LONGITUDINAL
TRACHEAL TRUNK
8TH ABDOMINAL SPIRACLE

ومن الممكن تقسيم الحشرات على اساس عدد الثغور التنفسية وتوزيع العاملة منها في التنفس الى المجاميع الاتية:-

- 1- حشرات عديدة الثغور التنفسية العاملة Polypneustic
- 2- حشرات قليلة الثغور التنفسية العاملة Oligopneustic
- 3- حشرات عديمة الثغور التنفسية العاملة Apneustic

1- حشرات عديدة الثغور التنفسية العاملة Polypneustic

- ويوجد فيها 8 أزواج من الثغور العاملة على الأقل تقوم بدورها في التنفس وتقسم إلى :-
- أ- حشرات كاملة الثغور التنفسية العاملة Holopneustic
- ب- حشرات محيطية الثغور التنفسية العاملة Peripneustic
- ج- حشرات نصفية الثغور التنفسية العاملة Hemipneustic

أ- حشرات كاملة الثغور التنفسية العاملة Holopneustic

- وفيها **10 أزواج** من الثغور التي تقوم بدورها في التنفس، زوج منها في الصدر الوسطي واخر في الصدر الخلفي و 8 ازواج بطنية. يوجد هذا النوع في معظم الحشرات الكاملة كالصرصر ويرقات غشائية الأجنحة وحرشفية الأجنحة.

ب- حشرات محيطية الثغور التنفسية العاملة Peripneustic

- وفيها **9 ازواج** من الثغور التي تقوم بدورها في التنفس، زوج منها في الصدر الوسطي و 8 أزواج بطنية. يوجد هذا النوع في يرقات عائلة ذباب العفص Cecidomyiidae من رتبة ثنائية الأجنحة.

ج- حشرات نصفية الثغور التنفسية العاملة Hemipneustic

- وفيها **8 ازواج** من الثغور التي تقوم بدورها في التنفس، زوج منها في الصدر الوسطي و 7 ازواج بطنية. يوجد هذا النوع في يرقات عائلة الذباب الفطرية Mycetophilidae من رتبة ثنائية الأجنحة.

2- حشرات قليلة الثغور التنفسية العاملة Oligopneustic

- وفيها **زوج واحد او زوجين** من الثغور التي تقوم بدورها في التنفس اما البقية فمغلقة وتقسم الى :-
- أ- حشرات الزوجين العاملين Amphipneustic
- ب- حشرات خلفية الزوج العامل Metapneustic
- ج- حشرات أمامية الزوج العامل Propneustic

أ- حشرات الزوجين العاملين Amphipneustic

- وفيها زوجين من الثغور التي تقوم بدورها في التنفس احدهما في الصدر الوسطي والاخر في نهاية البطن كما في يرقات ذبابة الرمل *Phlebotomus papatasi*.

ب- حشرات خلفية الزوج العامل Metapneustic

- وفيها زوج واحد فقط يقوم بدوره في التنفس ويقع في نهاية البطن كما في يرقات بعوض الكيولكس *Culex* و الايدس *Aedes*.

ج- حشرات أمامية الزوج العامل Propneustic

- وفيها زوج واحد فقط يقوم بدوره في التنفس ويقع في الصدر الوسطي كما في عذارى رتبة ثنائية الاجنحة.

3- حشرات عديمة الثغور التنفسية العاملة Apneustic

- لا يوجد اي زوج من الثغور عاملاً كما في يرقات الهاموش وحوريات الرعاش.

المحاضرة 5

Nervous system الجهاز العصبي

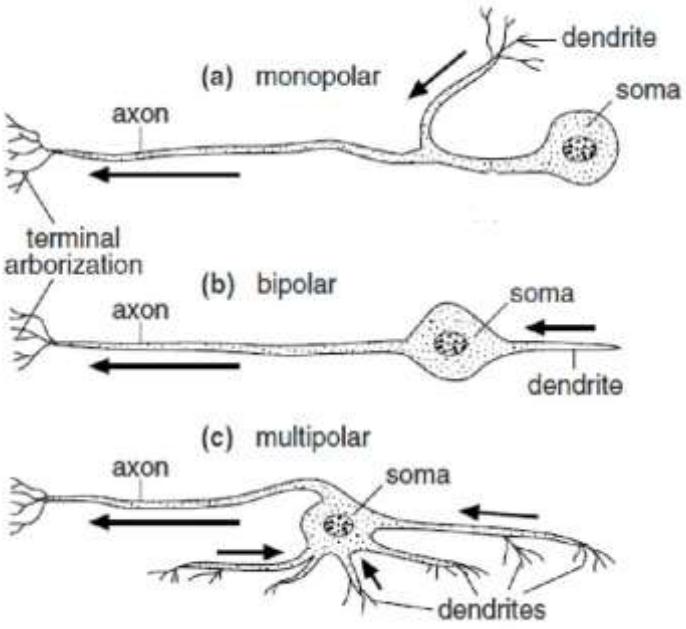
- يتكون الجهاز العصبي في الحشرات من ثلاثة أجهزة فرعية هي
- الجهاز العصبي المركزي Central nervous system
- والجهاز العصبي السمبثاوي (الحشوي) Sympathetic (visceral) nervous system
- والجهاز العصبي السطحي (الحسي) Peripheral (sensory) nervous system ويمكن اعتبار الجهاز الأخير عضو مستقل عن بقية الأجهزة ويطلق عليه بالأعضاء الحسية Sense organs.

- يتكون الجهاز العصبي أساساً من خلايا عصبية تقوم بنقل التيارات العصبية من عضو إلى آخر في الجسم عن طريق فروع طويلة تسمى بالمحاور Axons. وتوجد مع الجهاز العصبي خلايا أخرى تقوم بإسناد وتغذية الخلايا العصبية.

التركيب التشريحي للجهاز العصبي

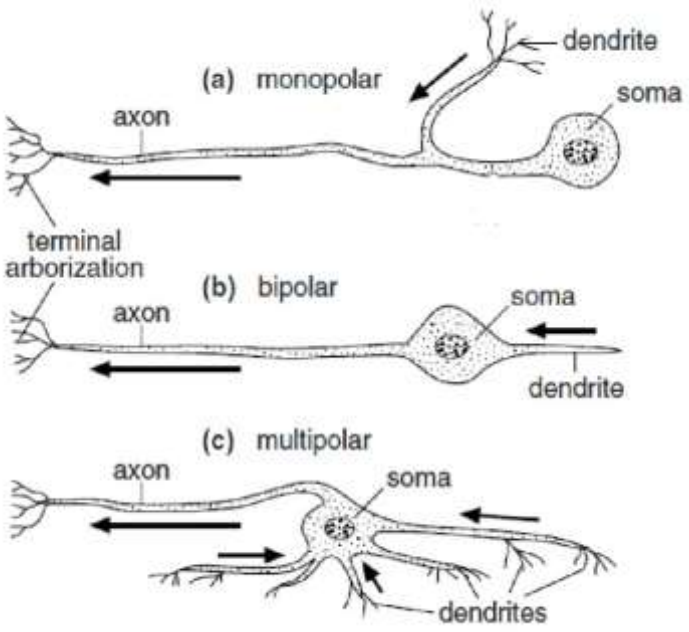
- **الخلية العصبية Nerve cell (Neuron)**
- هي الوحدة الأساسية للنسيج العصبي، تحتوي الخلية العصبية على جسم الخلية Perikaryon (Soma or cell body) المحتوية على نواة وعلى امتدادات سايتوبلامية طويلة تمتد لكي ترتبط بخلايا عصبية أخرى تعرف بالمحاور Axons، وينتهي المحور بمجموعة ليفات طرفية دقيقة تعرف التشعبات الطرفية (التفرعات الانتهائية) Terminal arborization وتخرج من جسم الخلية أيضا تفرعات ليفية يطلق عليها بالتفرعات الشجيرية Dendrites إذ تتخصص هذه التفرعات باستقبال المنبهات العصبية.

وتقسم الخلايا العصبية تبعاً لعدد محاورها إلى:-



- 1- أحادية القطب Unipolar التي تمتاز بوجود محور واحد فقط.
- 2- ثنائية القطب Bipolar كما في الخلايا الحسية وتكون التفرعات الشجيرية فيها قصيرة حيث تقوم باستلام المنبهات من المحيط الخارجي.

وتقسم الخلايا العصبية تبعاً لعدد محاورها إلى:-



- 3- متعددة الأقطاب Multipolar يوجد هذا النوع من الخلايا في العقدة العصبية تحت المخ والعقد العصبية الأمامية وترتبط أيضاً مع أعضاء الحس الميكانيكية المتخصصة للشد.

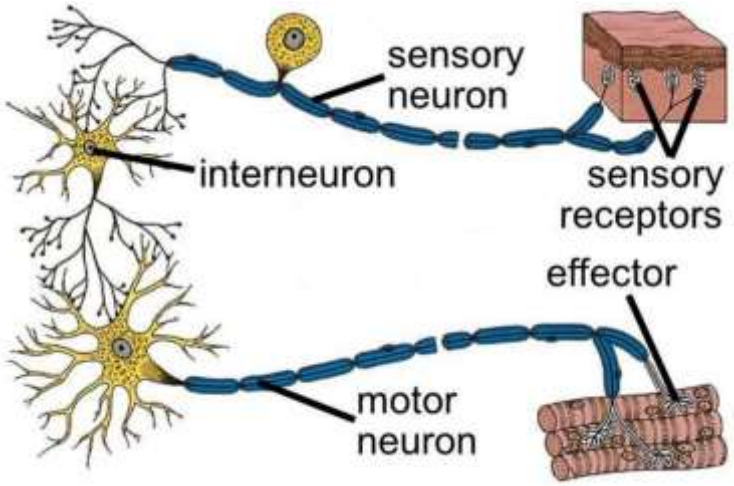
وتوجد ثلاثة أنواع من الخلايا العصبية وذلك حسب وظيفة كل نوع وهي:-

- 1- الخلايا العصبية الحسية (الواردة) Afferent or sensory nerve cells
- تكون ثنائية او عديدة الأقطاب توجد خارج العقد العصبية قريبة من جدار الجسم او على سطح القناة الهضمية وتقوم بنقل التيارات العصبية من أعضاء الحس إلى الجهاز العصبي المركزي. فقد تتركز هذه الخلايا في جدار الجسم للحشرة ويصل منها محور إلى العضو الحسي اما المحور الاخر فيتصل بالجهاز العصبي المركزي.

وتوجد ثلاثة أنواع من الخلايا العصبية وذلك حسب وظيفة كل نوع وهي:-

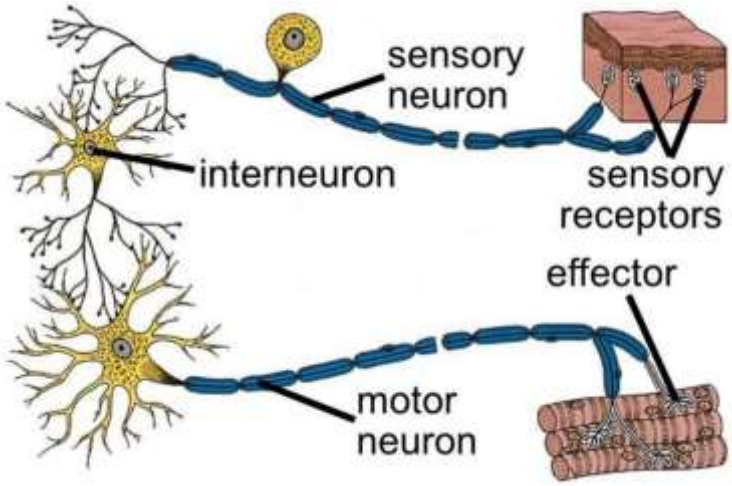
- 1- الخلايا العصبية الحسية (الواردة) Afferent or sensory nerve cells
- وقد يوجد نوع أخر من الخلايا العصبية الحسية تحت جدار الجسم وتكون متعددة الأقطاب، وترسل هذه الخلايا فروعها إلى الخلايا الطلائية والغشاء القاعدي وكذلك العضلات الحشوية اما المحور فيتصل بالجهاز العصبي المركزي. وتكثر الخلايا المتعددة الأقطاب في اليرقات ذات جدار الجسم الرخو.

وتوجد ثلاثة أنواع من الخلايا العصبية وذلك حسب وظيفة كل نوع وهي:-



- 2- الخلايا العصبية المحركة (الصادرة) Efferent or motor nerve cells
- تقع هذه الخلايا في الجهاز العصبي المركزي وبالتحديد في المحيط الخارجي للعقد العصبية، ولهذه الخلايا قطب واحد وتقوم بنقل التيارات العصبية من خلال محورها العصبي إلى الأعضاء المتأثرة (العضلات).

وتوجد ثلاثة أنواع من الخلايا العصبية وذلك حسب وظيفة كل نوع وهي:-

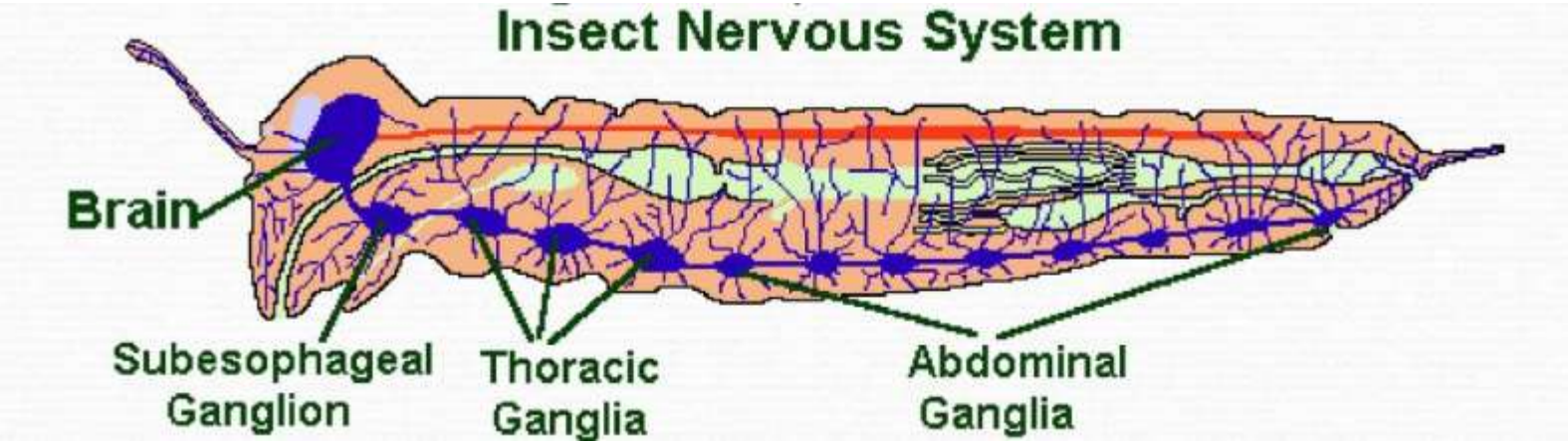


- 3- الخلايا الوسطية
  Association cells
- خلايا صغيرة أحادية القطب تقع داخل العقد العصبية ومجاورة للخلايا العصبية المحركة وقد تشبه بعضها الخلايا العصبية المحركة، وتعرف هذه الخلايا أيضاً بالخلايا الرابطة إذ أنها توجد بين الخلايا الحسية والخلايا المحركة لتربط الاتصال العصبي بينهما.

الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System (C. N. S.)

- تتجمع أجسام الخلايا العصبية المحركة والوسطية على شكل حلقات لتكون العقد العصبية التي تتصل فيما بينها بواسطة روابط طويلة وكل زوج من العقد العصبية ترتبط ببعضها عرضيا بواسطة موصلات عصبية. وينقسم الجهاز العصبي المركزي إلى ثلاثة أجزاء هي المخ والعقدة العصبية تحت المريئية والحبل العصبي البطني.

الجهاز العصبي المركزي

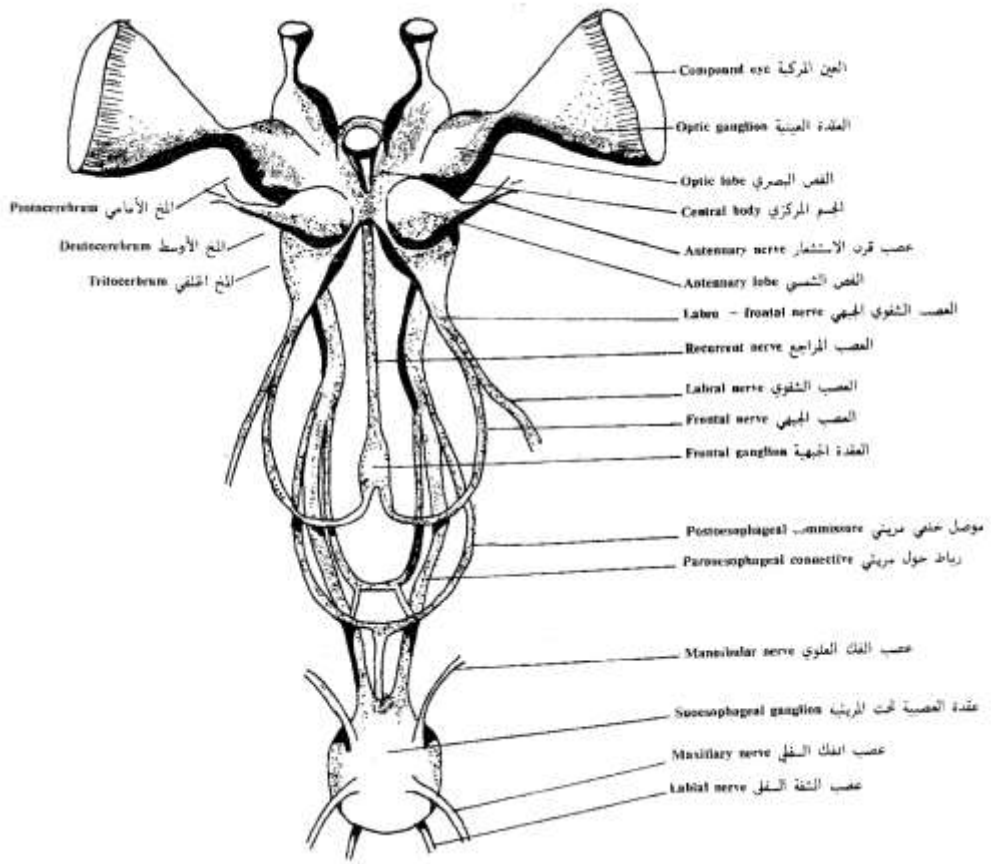


المخ Brain

- يقع المخ فوق مقدمة المريء في المنطقة الظهرية من الرأس، ويعتبر المركز الرئيسي بالجسم اذ يستلم الاحساسات القادمة من الأعضاء الحسية في الراس ومن خلال الالياف الموصلة (الرابطة) بين الخلايا العصبية المحركة والحسية ومن العقد العصبية الخلفية. ويصل التنبيه المحرك من المخ الى عضلات قرون الاستشعار. يعتبر المخ مقراً لتنظيم عدد من الاعمال السلوكية التي تقوم بها الحشرة ويتحكم في نشاطات بقية الجهاز العصبي لحد ما، ويتكون من ثلاثة مناطق هي:-

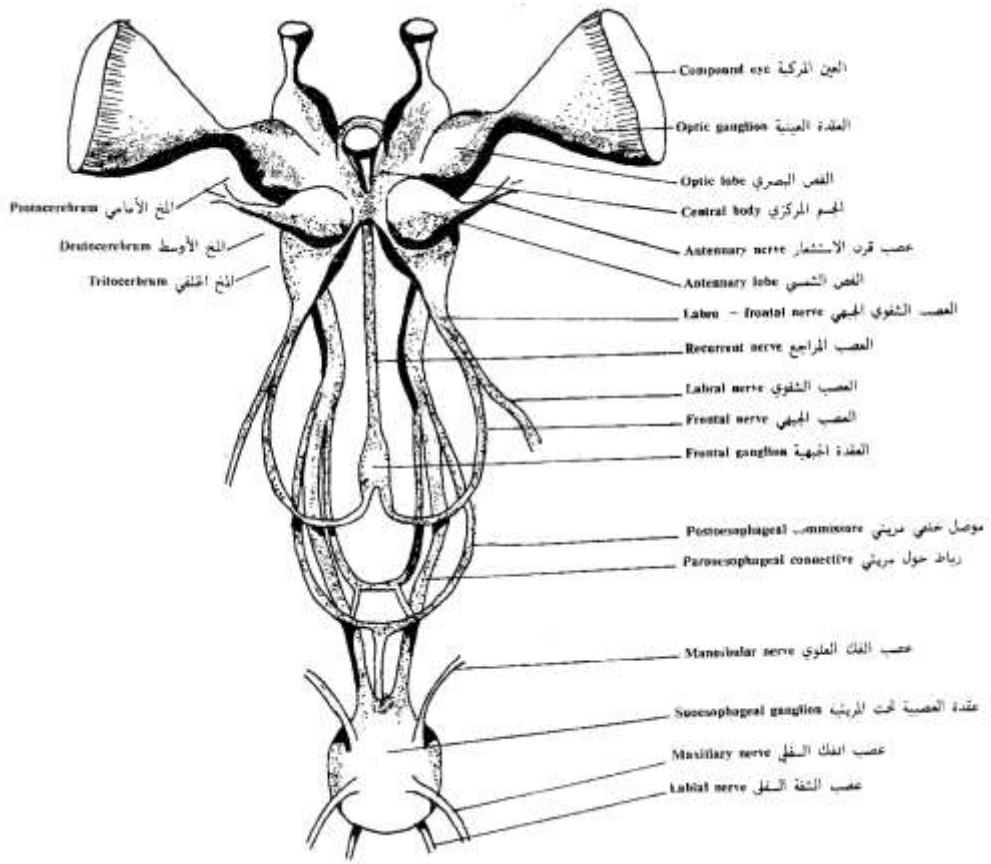
- 1- المخ الأول Protocerebrum
- 2- المخ الثاني Deutocerebrum
- 3- المخ الثالث Tritocerebrum

1- المخ الأول Protocerebrum



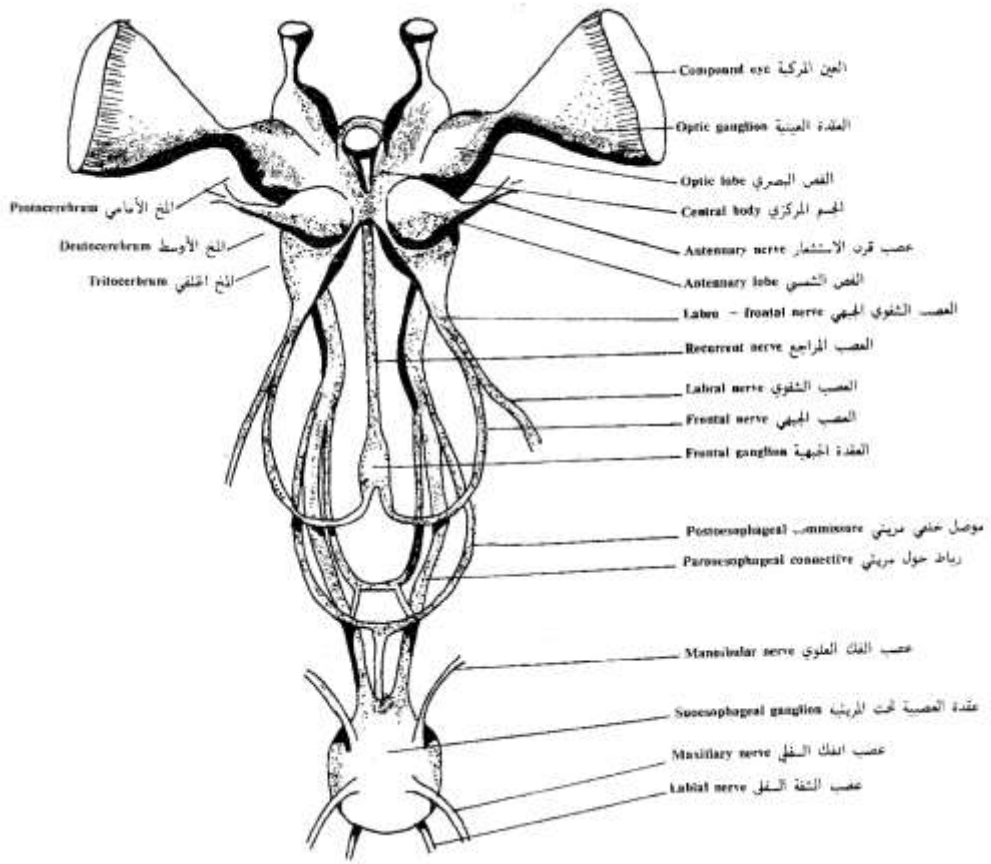
- هو زوج من القطع العصبية المندمجة، ويتركب المخ الأول من جزئين، الجزء الخارجي ويعرف بالعقدة البصرية (العينية) Optic ganglionوالجزء الداخلي ويعرف بالفص البصري Optic lobe، ترتبط الفصوص البصرية بالعيون المركبة ويلتحم الفصان البصريان في جسم وسطي يعرف بالجسم المركزي Central body تخرج منه ثلاثة أعصاب لتغذية العيون البسيطة الجانبية والعين البسيطة الوسطية. يعتبر المخ الأول الجزء الأهم والأكبر والأكثر تعقيداً في المخ.

2- المخ الثاني Deutocerebrum



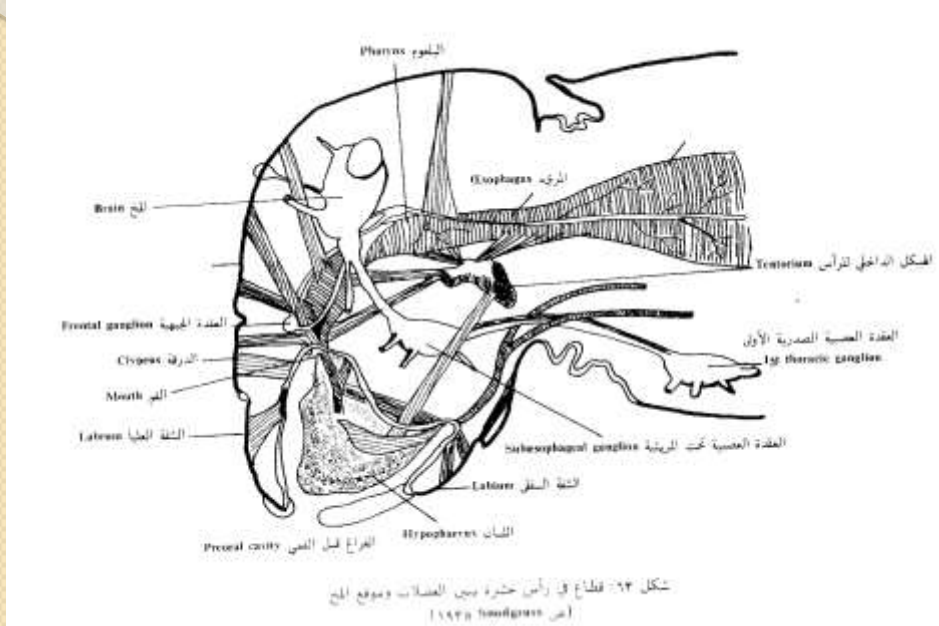
- يحتوي على فصي قرني الاستشعار Antennary lobes التي تجهز قرني الاستشعار بالأعصاب.

3- المخ الثالث Tritocerebrum



- وهو الجزء الأصغر من المخ الذي يحتوي على زوج من الفصوص تقع تحت المخ الثاني، ويخرج من المخ الثالث روابط طولية تمر للخلف لتصل إلى العقدة العصبية تحت المريئية، وتمتد للامام أعصاب حسية وأعصاب محركة حتى تصل الشفة العليا

العقدة العصبية تحت المريئية
Suboesophageal ganglion

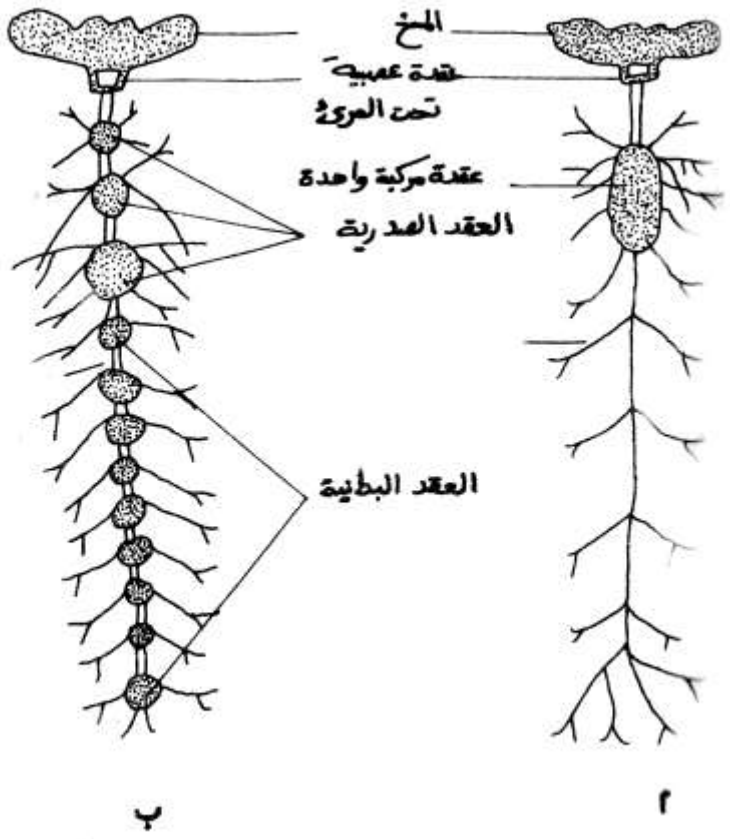


- هي عبارة عن المركز العقدي للرأس الذي تتكون من اتحاد ثلاثة أزواج من الكتل العصبية التابعة لعقل الفكوك العليا والسفلى والشفة السفلى. ويخرج من هذا المركز ثلاثة أزواج من الأعصاب تقوم بتغذية الزوائد المقابلة لها

الحبل العصبي البطني Ventral nerve cord

- يشمل سلسلة من العقد العصبية المزدوجة تمتد من الخط الوسطي لمنطقتي الصدر والبطن فوق الصفيحة البطنية (الاسترنة) مباشرة وتحت القناة الهضمية. وتتصل العقد العصبية فيما بينها بواسطة زوج من الروابط العصبية. يوجد في الصدر ثلاثة أزواج من العقد العصبية الصدرية Thoracic ganglia ويخرج من كل عقدة صدرية خمسة او ستة أعصاب جانبية تقوم بتجهيز الأعصاب إلى العضلات وأعضاء الحس الموجودة في الصدر وزوائد الجسم

- وفي الحلقات البطنية هناك عدد من العقد العصبية البطنية Abdominal gangliaيختلف عددها باختلاف الحشرات ولا يزيد عن ثمانية أزواج بوجود كل زوج في كل الحلقات البطنية الثمانية الأولى. وتمتاز العقدة البطنية الأخيرة بأن تكون أقل حجما من العقد الصدرية وان العقدة العصبية البطنية الأخيرة تكون دائما اكبر حجما بكثير من بقية العقد البطنية لأنها تعتبر مركز عصبي مركب ناتج عن اندماج ثلاثة عقد عصبية بطنية جنينية



- وقد لوحظ في كثير من الحشرات البالغة وجود درجات متفاوتة من اندماج العقد العصبية وخاصة البطنية منها فمثلاً يحدث الحد الاعلى من الاندماج في رتبة ثنائية الأجنحة حيث تتحد جميع العقد البطنية والصدرية في عقدة مركبة واحدة Compound ganglion

- في معظم الحالات تقوم العقد البطنية بتجهيز الأعصاب إلى الحلقة التي تعود اليها العقدة اي ان كل عقدة بطنية تظهر بان تكون مستقلة ذاتياً وتعمل إلى حد ما كمركز عصبي موضعي مستقل يتحكم بجميع الفعاليات الجارية في الحلقة الموجودة بها العقدة وهذا عكس ما موجود في الصدر اذ يحدث نوع من التداخل العصبي ما بين الحلقات الصدرية.

الجهاز العصبي الذنبي caudal sympathetic system

- يعتبر هذا الجهاز جزء من الجهاز العصبي السمبثاوي الذي يقوم بتجهيز الأعضاء التناسلية والأجزاء الخلفية من القناة الهضمية بالأعصاب، ويتكون هذا الجهاز من أعصاب ناشئة من العقدة العصبية البطنية الأخيرة.