

الحشرات العام
الجزء النظري



السنة: الثانية
القسم: وقاية النبات



مبشورات جامعة دمشق
كلية الزراعة

الحشرات العام الجزء النظري

الدكتور محمد عادل فتيح

أستاذ في قسم وقاية النبات

الدكتور وجيه قسيس

أستاذ في قسم وقاية النبات

الدكتور هشام الرز

أستاذ في قسم وقاية النبات

1430-1431 هـ

2008-2009 م

جامعة دمشق



7	مقدمة:
9	- الفصل الأول
17	المميزات العامة للحشرات
17	- الفصل الثاني
19	- الرأس
19	أولاً - الصفات العامة للرأس :
45	ثانياً - أجزاء الفم (MOUTHPARTS)
51	ثالثاً - الهيكل الداخلي للرأس ENDOSKELTON
55	- الفصل الثالث
57	- الرقبة والصدر
57	أولاً - الرقبة (NECK)
59	ثانياً - الصدر THORAX
75	- الأرجل LEGS
91	- الأجنحة THE WINGS
123	- الفصل الرابع
157	البطن ABDOMEN
157	- الفصل الخامس
171	التطور في الحشرات Insect METAMORPHOSIS
171	- الفصل السادس
185	- جدار الجسم
185	- الفصل السابع
	التغذية والهضم

207	- الفصل الثامن
	- جهاز الإطراح
231	- الفصل التاسع
	- الجهاز العضلي (العضلات)
253	- الفصل العاشر
	- أعضاء الحس
281	الفصل الحادي عشر
	- الجهاز العصبي
313	الفصل الثاني عشر
	- الغدد الصم
327	- الفصل الثالث عشر
	- جهاز الدوران
343	- الفصل الرابع عشر
	- التنفس
361	- الفصل الخامس عشر
	- الجسم الدهني
373	- الفصل السادس عشر
	- جهاز التكاثر
395	- الفصل السابع عشر
	- التطور مابعد الجنين
411	المراجع العربية
413	المراجع الأجنبية

مقدمة:

يعود تاريخ ظهور الحشرات على سطح الكرة الأرضية إلى ملايين السنين حيث بسطت سيطرتها بأحجامها الكبيرة التي كانت تفوق خمسين ضعفاً من حجمها الحالي.

وقد وجد منها مستحاثات كثيرة من العصر الكربوني ومن أمثالها الحشرات القديمة Paleoptera.

إن فوائد الحشرات كبيرة لا تقاس مادياً حيث إنها تشارك في دورة الكربون في الطبيعة حيث تحلل المواد العضوية وتآكل الجثث الميتة مثل خنفساء فصيلة Meloidae، ومنها ما يشارك في التوازن الحيوي للحشرات مثل المفترسات والطفيليات الحشرية. كما أن منها ما يقدم فوائد مباشرة مثل حشرة النحل التي تجمع الرحيق وتلقح الأزهار ونستطيع أن نقول إن الحشرات هي أكثر الكائنات سيطرة وانتشاراً في قدرتها على التكاثر وطرقه السريعة مثل التكاثر البكري وبتعدد الأجنة، كما أنها تتمتع بمرونة كبيرة في مجال التغذية على العوائل النباتية والحيوانية ومنتجات الحبوب والصوف وغيرها. وقد خسر الإنسان حربه ضد الحشرات باستعماله للمبيدات الكيميائية حيث ظهرت مقاومتها مع توالي الأجيال حيث اضطر إلى تغيير طرق المكافحة ودمج المكافحة الحقلية والكيميائية واليحية ومقاومة الأصناف وهو ما يسمى بالمكافحة المتكاملة (I.P.M).

ونشير إلى أن الحشرات الضارة (الاقتصادية) قد حرمت شعوب البلدان النامية من التطور بتخريبها للمحاصيل وأكل محتويات المستودعات وتخريب المنتجات مما يسبب شللاً في برامج التنمية.

إن الهدف من دراسة علم الحشرات العام ENTOMOLOGY هو التعرف على الصفات الشكلية MORPHOLOGY وتركيب الجسم وأجهزته

الداخلية ANATOMY إضافة إلى اهتمامات هذا العلم بطرق تصنيف الحشرات اعتماداً على صفاتها الظاهرية والتشريحية.

ولا تخفى أهمية هذه المعلومات في تأهيل الطالب والباحث في التعرف على الحشرات الضارة منها والنافعة ومعرفة دورة حياتها وتحركات مجتمعاتها أو تجمعاتها مثل الجراد وغيره.

إن شمولية الكتاب في طبعته الرابعة للأسس العامة في دراسة الحشرات يجعله مساهمة إيجابية ورفداً للمكتبة الزراعية العربية بمصدر جيد وفيض من المعلومات في هذا المجال.

ومع التقدم والتطور أصبح لعلم الحشرات فروعاً مستقلة تُعنى بالغابات وبيئتها وحشراتنا وفروعاً مستقلة للحشرات الطبية والبيطرية ودراسة خصوصياتها خارجياً وتشريحياً وكيفية نقلها للأمراض الوبائية. وقد توجنا في شرحنا البساطة والشمولية مع المحافظة على المستوى العلمي الرفيع، ونرجو أن نكون قد وفقنا في عرض هذه المعلومات بلغة عربية سليمة ولغة علمية واضحة مدعمة بالمصطلحات العلمية الوافية.

المؤلفون

الأستاذ الدكتور

محمد عادل فتيح

الأستاذ الدكتور

وجيه قسيس

الأستاذ الدكتور

هشام الرز

الفصل الأول
المميزات العامة للحشرات



المميزات العامة للحشرات

تنتمي الحشرات إلى مفصليات الأرجل (ARTHROPODA) وتمثل المجموعة الأكثر ارتفاعاً بينها (بين مفصليات الأرجل)، وليس هناك أية شعبة أخرى تجاريها لا من حيث العدد ولا من حيث الاختلافات التكيفية

ونجد تحت مفصليات الأرجل التقسيمات الرئيسية التالية :

1- تحت شعبة ثلاثية الفصوص (LES TRILOBITES) وتعد تحت الشعبة هذه الأكثر بدائية وجميع أفرادها منقرضة .

2- تحت شعبة ذوات اللواقط الفكّية (LES CHELCERATES) وتضم عناكب البحر (PYGNOGONIDES) والعنكبوتيات (ARACHANIDES)

3- تحت شعبة ذوات الفكوك (LES MANDIBULATES) وتضم صف القشريات (CRUSTACES) وصف الحشرات (INSECTES) إضافة إلى الصفوف الأربعة التالية:

- ذوات المائة رجل: (CHILOPODES)

- ذوات الألف رجل: (DIPLOPODES)

- السمفيلات: (SYMPHLES)

- البوروبودا: (PAUROPODES)

وقد تدرج تحت اسم كثيرات الأرجل (MYRIAPODES)، وقد بلغ عدد أنواع الحشرات التي تم وصفها أكثر من (750000) نوعاً تمثل 10/9 مفصليات الأرجل وتعد الحشرات من أوسع المجموعات الحيوانية انتشاراً.

وسنذكر فيما يلي أهم صفات مفصليات الأرجل:

تعد الديدان الحلقية من سلف مفصليات الأرجل وتتوضع الحلقات بتناسب ثنائي الجانب للجسم وتنقسمه إلى حلقات مختلفة البنية، حيث تتداخل الحلقات ما

بين الزائدة الفموية (ACRON) والحلقة الخلفية (TELSON)، وتكرر الأعضاء الزوجية داخل كل حلقة مزودة بزواج من الزوائد المتحركة، وهذه الوضعية الأكيدة خلال فترة النمو الجنيني عند مفصليات الأرجل كافة تبقى قليلة التبدل عند الطور الكامل للأنواع الأكثر بدائية، ولكنها عند الأنواع الأخرى تميل للاختفاء بواسطة التخصص الموضعي إذ تتحول بعض الحلقات للقيام ببعض الأعمال الخاصة، ويمكن لزوائدها أن تتخصص أو تختفي، وتشكل بذلك مجموعة أكثر أو أقل تحديدا يطلق عليها اسم (TAGMES).

يغطي الهيكل الخارجي الكيتيني سطح الجسم والزوائد، وكذلك الانغمادات ذات الأصل الأدمي الخارجي، إن وجود هذه الطبقة الكيتينية أدى إلى تطور العضلات الهيكلية القوية، إلا أنها في الوقت نفسه فرضت على الحيوان نموا غير مستمر مما أدى إلى الانسلاخ.

وبما أن الحشرات تتبع لذوات الفكوك، فهي تحتوي على أجزاء فم حقيقية وأكثرها تخصصا هي الفكوك العلوية، ولا تملك الحشرات إلا زوجا من قرون الاستشعار شبيهة بتلك التي هي عند القشريات.

لقد سلكت ذوات الفكوك الراضية منها طريقتين رئيسيتين في التطور:

- أولهما تلك التي اتبعتها ذوات المائة رجل وذات الألف رجل والسفليات وأخيرا البورابودا، وتتميز هذه الكائنات بتقسيم جسمها إلى قسمين رئيسيين (TAGMES) هما الرأس والجذع .

- أما الطريقة الثانية فقد اتبعتها الحشرات التي تتميز بوجود ثلاث مناطق رئيسية (الرأس - الصدر - البطن) ويتخصص كل جزء من هذه الأجزاء بعمل خاص في حياة الحشرة، ويحتوي على زوائد وأجهزة وأعضاء داخلية محددة.

1- الرأس :

يحتوي رأس الحشرة إضافة للزوائد الفموية (ACRON) أو (PROSTOMIUM) على عدة حلقات رأسية ترتبط بقوة بعضها ببعض ولا تسمح لنا الدراسة المورفولوجية البسيطة بالتعرف على العدد الحقيقي لهذه الحلقات.

يحمل الرأس - وهو الجزء الحسي الرئيسي - الأعضاء الحسية (العيون المركبة - العيون البسيطة - قرون الاستشعار) وثلاثة أزواج من الأجزاء الفموية التي تحيط بالفم وهي (الفكان العلويان - والفكان السفليان والشفة السفلى) ويحتوي الرأس أيضا على المراكز العصبية الدماغية وتحت المرئية.

2- الصدر :

يتألف من ثلاث حلقات تتخصص بالحركة، ويمكن أن يحدد وحده الصفات العامة لصف الحشرات، لأن كل حلقة صدرية تحمل زوجا من الأرجل المحركة، ومن هنا أتت التسمية (HEXAPODA) والتي تعني ذات الأرجل الستة.

ومع أن بعض الحشرات قد تكون غير مجنحة مبدئيا أو بصفة ثانوية فتحمل الحلقات الصدرية الثانية والثالثة عند غالبية الحشرات أجنحة ويتصل الرأس بالصدر بواسطة الرقبة وهي حلقة غشائية رقيقة.

3- البطن :

ويتركب بالإضافة للحلقة الخلفية (الزائدة الشرجية) (TELSON) أو (PYGEDIUM) من عدد مختلف من الحلقات (يبلغ حدها الأقصى إحدى

عشرة حلقة) وغالبا ما يكون مؤلفا من (10) أو (9) حلقات، وست حلقات عند حشرات (الكولومبولا).

ولا يحتوي البطن غالبا على زوائد محركة، ولكنه يشكل الجزء الرئيسي للتحور والتكاثر، ويحتوي على الأحشاء (الأنبوب الهضمي والجسم الدهني والجهاز التنفسي وجهاز الاطراح وجهاز التكاثر) ويفتح الشرج في نهاية البطن، تتوضع الفتحات التناسلية داخل الحلقات البطنية الأخيرة، ونجد هذه الوضعية أيضا عند ذوات المائة رجل، ومن مميزات الحشرات وذوات المائة رجل احتوائها على جهاز قصبي _ جهاز التنفس المتأقلم مع الحياة الأرضية. ومع أن التركيب الحلقي للرأس لا يزال موضع نقاش فإننا نستطيع تلخيص التجزئة عند الحشرات على النحو التالي:

العيون	- الزائدة الفموية	
قرون الاستشعار	- الحلقة الأولى	الرأس :
حلقة متداخلة	- الحلقة الثانية	
الفكان العلويان	- الحلقة الثالثة	الزائدة الفموية
الفكان السفليان	- الحلقة الرابعة	5+ حلقات
الشفة السفلى	- الحلقة الخامسة	
الأرجل الأمامية	- الصدر الأول	الصدر :
الأرجل الوسطى+الأجنحة الأمامية	- الصدر الثاني	3 حلقات
الأرجل الخلفية+الأجنحة الخلفية	- الصدر الثالث	
نقع الفتحة التناسلية	- الحلقة من 1- 6	
على الحلقة الثامنة أو	- الحلقة 7	البطن:
التاسعة وأحياناً على أعضاء	- الحلقة 8	11 حلقة 10 - 9 أو
التكاثر الحلقة 7، الفتحة	- الحلقة 9	5 حلقات + الحلقة
التناسلية الذكرية على	- الحلقة 10	الأخيرة
الحلقة 9	- الحلقة 11	(زائدة شرجية)
القرون الشرجية	- الحلقة الأخيرة	(telson)
الشرح (ANUS)	Telson	

تمثل الحشرات الحالية اختلافات كبيرة ناتجة عن تاريخ التطور الطويل الذي لا نعرف بدايته بالضبط، بالنسبة للحشرات المتحجرة السابقة للعصر الكربوني معروفة ولكن عددها قليل، ومنذ بداية العصر الكربوني نلاحظ اختلافات كبيرة عند الحشرات كما نجد عشرات الرتب، والتي كانت أكثر انتشاراً

هي (BLATTODEA) ويمكن افتراض وجود حشرات سابقة ذات تطور كامل، لأنها ستصبح ذات أعداد كبيرة بدءاً من العصر الجيولوجي الأخير للدهر القديم (PERMIEN). ومن أجل الدراسة المورفولوجية حاولنا اختيار بعض الأمثلة المحددة.

تمثل الحشرات عديمة الأجنحة بعض الصفات الخاصة إضافة إلى بعض الوضعيات الغريبة، لذلك توجهنا بالخيار إلى بعض الحشرات مثل الصرصار الذي يعد من الحشرات الأكثر بدائية والأكثر قدماً، وكذلك الجراد فبالرغم من أنه أقل قدماً له تركيبات مورفولوجية نموذجية.

الفصل الثاني
الرأس



أولاً - الصفات العامة للرأس

بالرغم من أن رأس الحشرة يبدو وحدة متكاملة غير مجزأة، فهو بالحققة معقد التركيب، إذ تجتمع عدة حلقات مترابطة يحمل بعضها زوائد قارضة وطاحنة للغذاء لتكون وحدة فمية ذات عمل حسي. ويتكون رأس الحشرة من صندوق جمجمي صلب هو اتحاد ست حلقات جنينية، ويتصل بالصدر بواسطة رقبة غشائية، ويمكنه أن يأخذ عدة وضعيات مختلفة باختلاف اتجاه أجزاء الفم:

- الوضع العمودي: (HYPOGNATHOUS).
 - الوضع الأفقي: (PROGNATHOUS).
 - الوضع المائل: (OPISTHOGNATHOUS).
- "سنعود لتفصيلها فيما بعد شكل رقم (1)".

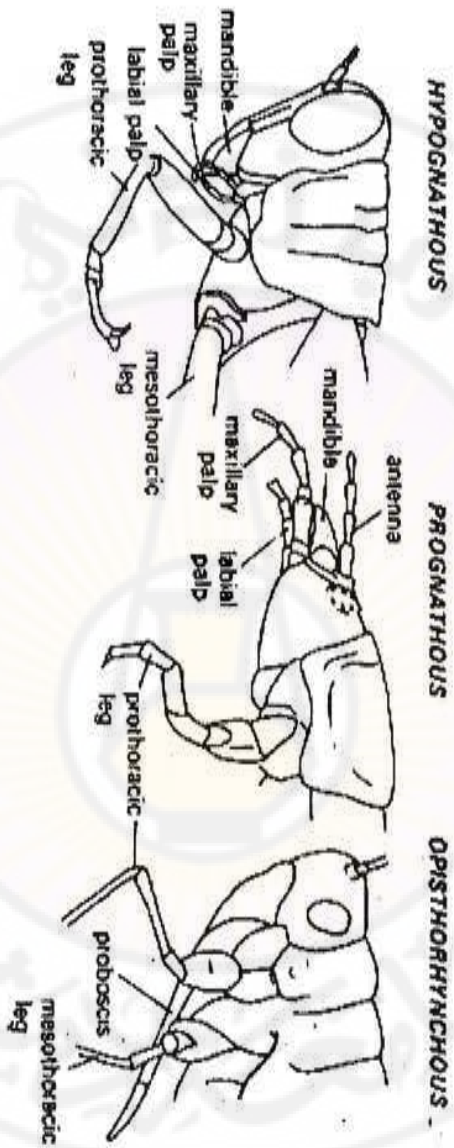
في حالة الوضع العمودي تتم فصل أجزاء الفم على الحافة السفلى للرأس بوضعية جانبية بطنية، كما هو الحال عند زوائد فم الجراد ويمكن اعتبار هذه الوضعية أولية، ومن أجل ذلك سنتوجه بدراستنا إلى رأس بوضع عمودي (مورفولوجيا الفم للحشرات) شكل رقم (1).

تشكل المناطق الأمامية الجانبية والظهرية للرأس صندوقاً مقفلاً مفتوحاً نحو الأسفل والخلف، تتدلى على حافتها السفلى وإلى الأمام الشفة العليا (LABRUM) وهي المنطقة المتحركة الوحيدة من جمجمة الرأس، ومن ثم تتدلى الزوائد الفمية:

- الفك العلويان: (MANDIBLES).
- الفك السفليان: (MAXILLA).
- وفي الخلف تتدلى الشفة السفلى: (LABIUM).

وتحتوي هذه المنطقة على الجزء الأولي للأنبوب الهضمي وعضلاته ويحتوي أيضا على المخ والكتلة العصبية تحت المري، وكذلك على الهيكل الداخلي للرأس أو (التانثوريوم TENTORIUM) عند رتبة (THYSANURA) وعند الحشرات المجنحة (PTERYGOTA) شكل رقم (2) .

تشكل أجزاء الفم فراغا هاما يستخدم لمضغ الأغذية بواسطة الفكين العلويين، ويقسم اللسان (HYPOPHARYNX) هذا الفراغ إلى تجويف غذائي، يفتح به أنبوب الهضم، وآخر لعابي حيث تصب فيه القناة اللعابية شكل (2). يوجد خلف الرأس فتحة كبيرة تدعى الثقب القفوي، ويسمح بمرور الأعضاء الداخلية المختلفة إلى الصدر مثل: (السلسلة العصبية، المري، القناة اللعابية، القصبات الهوائية، وأيضا حركة الدم).



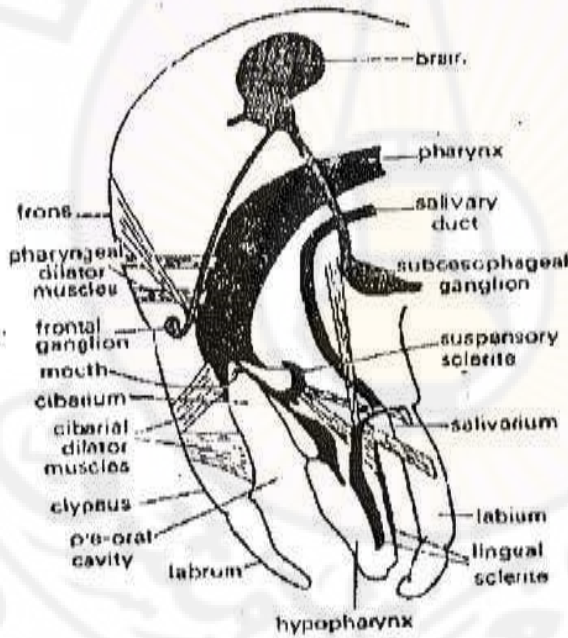
Hypognathous—grasshopper; prognathous—beetle larva; opisthorhynchous—aphid

شكل رقم (1) أوضاع الرأس المختلفة وأجزاء الفم بالنسبة لجسم الحشرة

جمجمة الرأس:

1- الدروز و السطوح الجمجمية :

وهو كغالبية الهياكل الخارجية تعود صلابته إلى قساوة (SCLEROTINE) العائدة إلى طبقة الكيوتيكل (CUTICULE) وهذا التصلب يكون شاملاً ولذا تفقد الجمجمية كل معالم البنية الحلقية. ومع ذلك فإن جمجمة الرأس تبدو مجزأة إلى سطوح محددة بواسطة خطوط قد تكون واضحة أو لا تكون كذلك وأطلق عليها اسم الدروز (SUTURES).

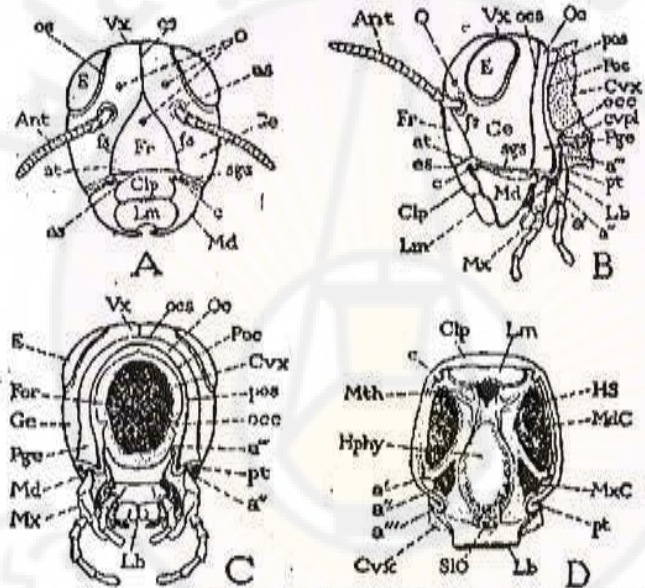


شكل رقم (٢)

رسم تخطيطي لمقطع طولي في الرأس يبين
فتحة الفم ومضات اللسان

- الدروز (SUTURES) شكل رقم (3)

أعطي اسم درز من قبل علماء الحشرات الأوائل، قياساً على الخطوط التي تربط عظام الجمجمة عند الفقاريات (وسنحتفظ بهذه التسمية SUTURE مع العلم بأن التشابه لا أساس له من الصحة، وذلك بسبب عدم توافق ظواهر تصلب السكليروتين (SCLEROTINE) المستمر عند الحشرات، ومراكز التعظم عند الفقاريات).



A, anterior. B, lateral. C, posterior. D, ventral, appendages removed. a', a'', a''', primary cranial articulations of mandible, maxilla, and labium; Ant, antenna; as, antennal suture; at, anterior tentorial pit; c, secondary anterior articulation of mandible; Clp, clypeus; es, coronal suture; cvpt, cervical plate; Cvx, neck (cervix); E, compound eye; ea, epistomal suture; For, foramen magnum; Fr, frons; fs, frontal suture; Ge, gena; Hphy, hypopharynx; HS, hypopharyngeal suspensorium; Lb, labium; Lm, labrum; Md, mandible; MdC, mandibular cavity; Mx, maxilla; MxC, maxillary cavity; O, ocelli; Oo, occiput; ooc, occipital condyle; oes, occipital suture; os, ocular suture; Pgs, postgena; Poc, postoculiput; pos, postoccipital suture; SIO, orifice of salivary duct; sgs, subgenal suture; Vx, vertex.

شكل رقم (٣)

مخطط توضيحي لتكوين رأس إحدى الحشرات المجنحة

بين الدروز الرئيسية والمناطق المختلفة .

للدروز ثلاثة أنواع، وتتألف غالبيتها من خطوط وعلى امتداد طولها تنغمد طبقة الكيوتيكل مكونة قنار ع تقوية داخلية (CRETES).

وهذه القنار ع هي تشكيلات مكتسبة بصفة ثانوية ويكمن دورها إما بدعم جمجمة الرأس وتقويتها، وإما من أجل أن تكون بمثابة صلة وارتباط لعضلات الرأس المختلفة. وليس لهذه الدروز أية دلالة حلقية، وتظهر عدة اختلافات بتوضعها أو غيابها وذلك حسب أنواع الحشرات.

ومع ذلك وبما أن ضرورات تقوية رأس الحشرة هي نفسها عند غالبية الحشرات، لذلك فإن الدروز تظهر نوعا من الاستقرار التام لتسمح بتحديد السطوح الجمجمية.

يعد الدرز الجبهي الدرقي (FRONTO_CLYPEAL SUTURE) من أهم الدروز التي تبدو واضحة على رأس الحشرة، ويقابله هيكل قوي والذي يربط المفاصل الأمامية للفكين العلويين (MANDIBLES). ويتقدم هذا الدرز من كل جانب من جانبي الرأس بواسطة درز آخر يدعى الدرز تحت الصدغي (SUBGENAL_SUTURE) وتدعم القنطرة المقابلة لهذا الدرز الحواف الفموية الجانبية شكل رقم (3).

وتمثل آثار الأذرع الأمامية وانغماداتها للتانتوريوم (TENTORIUM) الحد الفاصل ما بين الدرز الجبهي الدرقي (FRONTO_CLYPEAL SUTURE) والدرز تحت الصدغي (SUBGENAL_SUTURE) ويمتد هذا الدرز (الدرز الجبهي _ الدرقي) حتى الدرز خلف القفا (POSTOCCIPITAL SUTURE) ونميز أحيانا فوق الفكين العلويين مباشرة منطقة تدعى (PLEUROSTOMA) ومنطقة أخرى خلفها تدعى (HYPOSTOMA) ونذكر من بين الدروز الموجودة أيضا

الدروز المحيطة بالعيون المركبة والتي تدعى (CIRCUMOCULAR SUTURE) وتشير هذه الدروز أيضا إلى وجود قنزعة داخلية. ونذكر أيضا الدروز التي تحيط بقرون الاستشعار والتي تدعى (CIRCUM ANTENNAL SUTURE). وتدعم القنزعة الموافقة لها جمجمة الرأس عند قاعة قرون الاستشعار.

بعض الدروز أقل ثباتا ولها وضعية مختلفة وهذه حالة الدرز القفوي (OCCIPITAL SUTURE) خلف الرأس وكذلك الدرز تحت القرني (CIRCUMANTENAL SUTURE) أو الدرز الجبهي الصدغي (FRONTO_GENAL SUTURE) عند الصرصار وأخيرا الدرز المحيط بالعيون المركبة عند الجرادة.

يعد الدرز خلف القفوي (POSTOCCIPITAL SUTURE) والذي يوجد بمحاذاة الحافة الخلفية للرأس هو الجزء الوحيد الذي عد كآثر للتحلق الرأسي ويصل من كل جهة إلى الحافة السفلية للرأس ما بين نقاط تمفصل الفكين السفليين والشفة السفلى، وهو يمثل الحد الفاصل ما بين فقرة الفكين السفليين والشفة السفلى أضف إلى ذلك أن آثار انغمادات الأذرع الخلفية للتانتوريوم (TENTORIUM) موجودة في نهايتي هذا الدرز.

وكما هي الحال عند الدروز السابقة يقابل الدرز خلف القفوي قنزعة داخلية قوية.

يتكون الدرز الجمجمي على شكل حرف (Y) مقلوب ويدعى الجزء الوسطي الظهري منه بالدرز التاجي (CORONAL SUTURE) أما الذراعان الجانبيان فيسميان بالدرزين الجبهيين (FRONTAL SUTURE) شكل (3).

يوجد الدرز الجمجمي عند غالبية الأطوار غير الكاملة، نظرا لأنه درز التبدل، ولكن هذا الدرز نادرا ما يبقى بعد الانسلاخ النهائي، فسر وجود هذا الدرز في طور الحشرة الكاملة لبعض الحشرات مختلفة التطور (HETEROMETABOLA) مثل الحشرات التابعة لرتبتي (DERMAPTERA و ORTHOPTERA) وكأنه تذكير بأسلاف الحشرات القديمة والتي أصبحت تتسلخ في طور الحشرة الكاملة كما هو الحال عند الحشرات عديمة الأجنحة وعند القشريات الحالية.

سطوح الجمجمة: THE AREAS OF CRANIUM

لقد تعرف علماء الحشرات على سطوح الجمجمة أو (صفائح فموية) والتي لا يوجد لها بعض الدلائل، والتعرف عليها له فائدة كبيرة بالنسبة لعلماء (المورفولوجيا) والتصنيف.

ومن أهم الطرق المتبعة للتعرف على هذه السطوح هي الدروز التي سبق ذكرها، ونقاط انغمادات الأذرع الأربعة للتانتوريوم وهي: آثار انغمادات الذراعين الأماميين بين الدرز الجبهي الدرقي والدرز تحت الصدغي وآثار انغمادات الذراعين الخلفيين بين الدروز تحت الصدغية و الدرز خلف القفا.

وإذا وافقنا على أن أصل العضلات دائما ثابت، فإن أصل عضلات الفم يمكن استخدامها كمقياس إضافي للتعرف على السطوح الجمجمية.

السطح الجبهي الدرقي (FRONTOCLYPEAL AREA):

شكل رقم (3)

يمتد الجزء بين قرون الاستشعار، بدءا من الدروز الجبهية وفي قاعدة الشفة العليا (LABRUM)، ويقسم الدرز الجبهي الدرقي هذه المنطقة إلى جزأين رئيسيين :

1- الجبهة: FRONS.

2- الدرفة: CLYPEUS.

- تحتوي الجبهة بشكل عام على إحدى العيون البسيطة (OCELLUS) الوسطية منها.

أما قرون الاستشعار فلا ترتبط إطلاقاً بالسطح الحقيقي للجبهة. وتتركز عضلات الشفة العليا والعضلات الموسعة الأمامية للبلعوم (PHARYNX) على الجبهة، وتعد هذه الأخيرة أصل هذه العضلات شكل (2).

- تحمل الدرفة (CLYPEUS) على حافتها السفلى النتوءات الجمجمية والتي يناط بها تفصل الفكين العلويين من الناحية الأمامية وتتمفصل الشفة العليا (LABRUM) مع الدرفة (CLYPEUS) بواسطة الدرز الدرقي الشفوي المرن (CLYPEO - LABRAL SUTURE) ويعود منشأ العضلات الموسعة للفم إلى الدرفة، شكل رقم (2).

٥ الصدغ أو الخد (GENA) :

يشكل الصدغ جوانب جمجمة الرأس ، وينفصل هذا السطح عن الوجه أو مقدمة الرأس بواسطة الدرز الجبهي الصدغي (FRONTO GENAL SUTURE) و الدرز المحيط بالعيون المركبة (CIRCUMOCULAR SUTURE) و الدرز المحيط بقرون الاستشعار (CIRCUMANTENNAL SUTURE).

يمتد كل صدغ باتجاه الخلف حتى الدرز خلف القفوي (POSTOCCIPITAL SUTURE) .

وعندما يوجد الدرز القفوي (OCCIPITAL SUTURE) يمكننا تمييز الصدغ وكذلك ما خلف الصدغ (POST-GENA)، ويشكل الدرز تحت

الصدغي (SUBGENAL SUTURE) الحد الفاصل ما بين الصدغ وكذلك خلف الصدغ وسطح ما تحت الصدغ (SUBGENAL AREA) وعلى هذا الأخير تتم فصل أجزاء الفم ، وقد أطلق اسم (PLEUROSTOMA) على المنطقة الموجودة فوق الفكين العلويين مباشرة ، وأما تلك الموجودة أبعد منها إلى الخلف فقد أطلق عليها اسم (HYPOSTOMA).

٢٠ قمة الرأس (VERTEX):

وهي تمثل المنطقة العليا للرأس ، وتمتد من الجهة الظهرية بمحاذاة الجبهة ، وهي مجزأة بواسطة الدروز الجبهية (FRONTAL SUTURES) وتنقسم من الجهة الوسطية العلوية إلى صفيحتين بواسطة الدرز التاجي (CORONAL SUTURE) وتحمل ما بين العيون المركبة زوجا من العيون البسيطة (العيون الجانبية).

وعندما يوجد الدرز القفوي (OCCIPITAL SUTURE) فإن القفا أو (OCCIPUT) يتصلب ويعطي شكل نعل الفرس ويندرج ما بين قمة الرأس (VERTEX) وخلف القفا (POSTOCCIPUT).

٢١ خلف القفا (STOCCIPUT):

تتصلب هذه المنطقة أيضا على شكل نعل الفرس ، وهي موجودة في أكثر الأحيان ، وتتفصل عن بقية أجزاء جمجمة الرأس بواسطة درز خلف القفا (POSTOCCIPITAL SUTURE) وتحيط بالنقشب القفوي (OCCIPITAL FORAMEN) والذي يعمل على اتصال الرأس بالصدر ، ويمتد باتجاه الخلف بواسطة رقبة شفافة ، ويحمل خلف القفا أيضا زوجا من

النتوءات (CONDYLES) والتي يتم بواسطتها تمفصل الرأس مع صفائح الرقبة .

تتمفصل قاعدة الشفة السفلى (LABIUM) ومؤخرة الذقن (POSTMENTUM) من كل جانب بالجزء السفلي لخلف القفا (POSTOCCIPUT) وبذلك تكون أغلقت الثقب القفوي .

ويرى الكثير من الباحثين أن الدرز خلف القفوي (POSTOCCIPITAL SUTURE) قد يتمثل بالحد الفاصل ما بين الفكين السفليين والشفة السفلى .

* الاختلافات الرئيسية لسطوح الجمجمة:

تمثل غالبية الدروز كما رأينا سابقا توافقا ميكانيكيا فيما بينها وقد تكون غائبة في بعض الحالات، أو يكون لها مسار مختلف حسب الضرورات المفروضة من قبل تخصص الحشرة. ولذلك فإنه من الصعب في بعض الأحيان إجراء تماثل فيما بينها بكل دقة وتأكيد، وتكون أهم الاختلافات الناجمة عنها مركزة على المناطق الأمامية والخلفية البطنية.

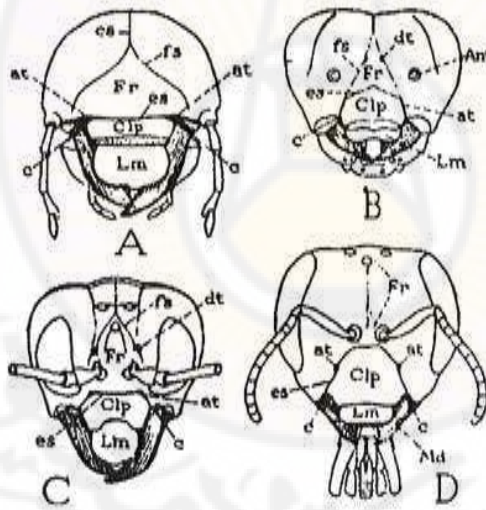
● المنطقة الأمامية:

MODIFICATION IN THE FRONTOCLYPEAL REGION:

عندما يغيب الدرز الجبهي الدريقي كما هو الحال عند الصرصار يصعب التمييز ما بين الجبهة (FRONS) والدرقة (CLYPEUS) ومع ذلك فإنه بالإمكان رسم خط وهمي جبهي دريقي (FRONTO-CLYPEAL) والذي يتصل بنقاط انغمادات الذراعين الأماميين للتانتوريوم (الأيمن والأيسر) أضف إلى ذلك فإن أماكن نشوء عضلات الشفة العليا (LABRUM) والعضلات الموسعة الأمامية للبلعوم (PHARYNGEAL DILATOR MUSCLES) تشكل توافقا أكيدا لسطح الدرقة والجبهة.

ومن أهم الاختلافات الواضحة للوجه، هو الحجم النسبي للجبهة وللدرقة، ويرتبط هذا الحجم وهذه الاختلافات بالأهمية التي يمكن أن يتمتع بها البلعوم وتجويف الفم، حسب نوع الغذاء الذي تتناوله الحشرة.

فعندما يكون تجويف الفم متخصصا أو معدا كعضو امتصاص هام، فإن عضلاته الموسعة (DILATOR MUSCLES) والمتطورة جدا يجب أن يكون تحت تصرفها سطح واسع لارتباطها بالرأس، وتصبح الدرقة بعدئذ كبيرة نسبيا، أما الدرز الجبهي الدرقي (FRONTO-CLYPEAL SUTURE) والذي يحدد هذه الدرقة فإنه يميل إلى التقوس وكذلك عند حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة. ينقوس الدرز الجبهي الدرقي باتجاه الأعلى ويصل تقريبا حتى قاعدة قرن الاستشعار، وبالعكس تبدو الجبهة مختزلة وضامرة.



A, larva of *Popillia japonica*. B, larva of *Vespa*. C, adult of *Pteronidea ribesii*. D, adult of *Apis mellifera*.

شكل رقم (٤)

رسم تخطيطي يبين أهم الاختلافات في المنطقة
الامامية للرأس .

تأخذ الدرفة حجمها الأكبر عند بعض الحشرات التابعة لرتبة (نصفية الأجنحة) وتنقسم في الحالة إلى (ANTECLYPEUS) وإلى (POSTCLYPEUS) وهذه الأخيرة هي صفيحة واسعة محدبة تتصل بها عضلات موسعة قوية جدا عائدة لمضخة الفم .

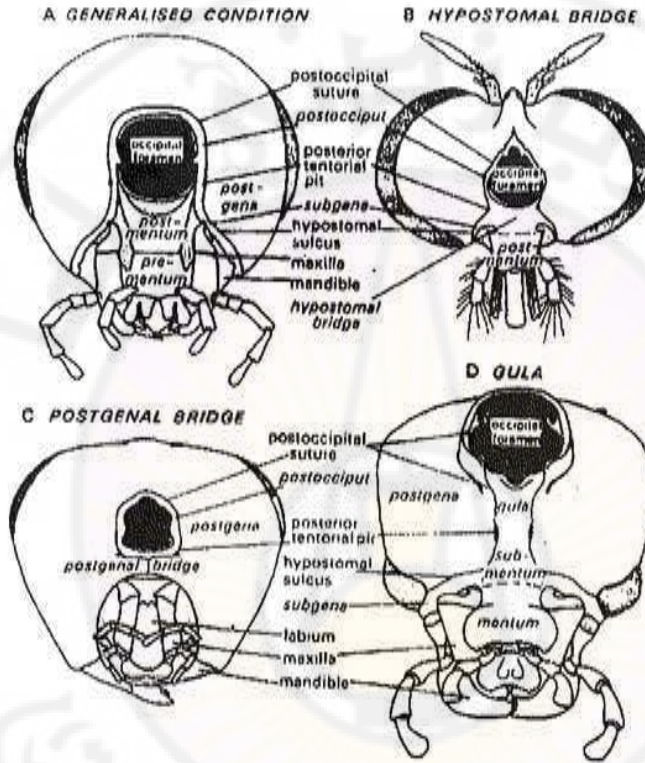
لقد عَدَّ الدرز الجمجمي - وعلى خطأ - وكأنه علامة مورفولوجية هامة من أجل تعيين حدود الجبهة من الجهة الظهرية ، ولقد وجدنا سابقا أن هذا الدرز يزول في أثناء الانسلاخ ، ولذا فهو غائب بشكل عام عند الحشرة الكاملة ، ولذلك يصعب تحديد الجبهة (FRONS) وقمة الرأس (VERTEX) وفصلهما عن بعض .

أضف إلى ذلك أنه عند وجود الدرز الجمجمي يظهر مساره اختلافات كبيرة حسب نوع الحشرات، شكل رقم (4).

وبشكل عام يجب أن تمتد الدروز الجبهية - حسب العالم (SNODGRASS) - حتى تصل إلى الدرفة (CLYPEUS) وبذلك يتم تعيين حدود الجبهة . وقد تمر هذه الدروز بين العيون المركبة وقرون الاستشعار وتقف عند قاعدة قرون الاستشعار . ويمكنها أن تجتاز حقل الرؤية ، وتنزل حتى الدرز الدرقي الشفوي وتحدد بذلك ما يسمى بمنطقة فموية (APOTOME) . وهي ممتدة أكثر من الجبهة نفسها ، ويمكن للدرز الجبهي أن يتشعب ويقسم الرأس من الوسط إلى قسمين وبذلك يصعب تحديد الجبهة في هذه الحالة مثال ذلك يرقات ال (VESPULA).

المنطقة الخلفية البطنية :

POSTERIOR – VENTRAL MODIFICATION IN THE REGION:



A. Generalised condition. B. *Deromyia* (Diptera) with a hypostomal bridge. C. *Vespa* (Hymenoptera) with a postgenal bridge. D. *Epicauta* (Coleoptera) with a gula. Membranous areas stippled, compound eyes cross-hatched (after Snodgrass, 1960)

شكل رقم (٥) رسم تشريحي يبين أهم اختلالات منطقة الرأس الخلفية .

إن تعديل تحولات المناطق الخلفية البطنية للرأس ، يكون في أغلب الأحيان صعباً و رهيفاً ، حيث تمتد هذه المناطق لتملأ الفراغ العشاش لمنطقة الرقبة .

بالنسبة للأشكال البدائية لتركييب الجمجمة ،شكل رقم (5) ، يكون الثقب القفوي واسعا جدا من الجهة الخلفية للرأس ، ويغلق مؤخر الذقن الثقب القفوي من الجهة البطنية لمؤخرة الذقن ونجد هذه الحالة عند رتبة مستقيمة الأجنحة .

وغالبا ما يكون الثقب القفوي ضيقا عند الأشكال الأكثر تطورا بالرغم من أنه يحتفظ بالشكل العام السابق الذكر . ويعود سبب هذا الضيق والصغر إلى انتقال منطقة خلف الصدغ (POSTGENA) وهذا الانتقال الواضح و الملموس يتم بواسطة فتح الزاوية ، والتي يتشكل ما بينها الدرز خلف القفوي (POSTOCCIPITAL SUTURE) وتحت الصدغي (SUBGENAL SUTURE) .

ومن أولى التعقيدات التي يمكن أن تحدث فجأة هي تشكل جسر (HYPOSTOMAL BRIDGE) ويمكن لل (HYPOSTOMA)، والتي هي جزء من السطح تحت الصدغي وتقع خلف الفكين العلويين يمكن لها إذا أن تتطور أو تكون فصا أيمن وآخر أيسر يدخلان بين الثقب القفوي وقاعدة الشفة العليا كما هو الحال عند يرقات رتبة حرشفية الأجنحة والذباب ويرقات غشائية الأجنحة .

عندما يتحد هذان الفصان يشكلان الجسر (HYPOSTMAL BRIDGE) كما هو الحال عند الرتب (DIPTERA وHYMENOPTERA) .

وما تجدر ملاحظته أن هذا الجسر لا ينفصل عن خلف القفا (POSTOCCIPUT) بأي درز ويتمركز هذا الجسر بين نقاط انغماد الذراعين الخلفيين للـتـانـتورـيوم (TENTORIUM) والشفة السفلى (LABIUM) ويمكن لهذه الفصوص أن يتكون أصلها بدءا من خلف الصدغ (POSTGENA) وتشكل ما يدعى بالجسر خلف الصدغي شكل رقم (5) والمثال على ذلك يرقات (NEMATOCERE) وبعض حشرات

(HYMENOPTERA و HETEROPTERA). يصل الجسر خلف الصدغي (POSTGENAL BRIDGE) بين نقاط انغماد الذراعين الخلفيين للتانتوريوم والشفة السفلى كما هو الحال عند الجسر الـ (HYPOSTOMAL BRIDGE) ولكن اعتمادا على أصلها الذي يختلف عن أصل الجسر (HYPOSTOMAL B.) ينفصل عن خلف القفا بواسطة الدرر تحت الصدغي ، وحسب الحشرات، فيمكن للجسر خلف الصدغي (POSTGENAL BRIDGE) أن يكون وحيدا أو أن يضاف له الجسر (HYPOSTOMAL BRIDGE).

الجولا (GULA أو GULA MENTUM) هذا النوع من الصفائح متطور عند الحشرات التي تحتوي على أجزاء فم ذات الوضع الأفقي وما تجدر الإشارة إليه هو أن الوضعية الأفقية لأجزاء الفم ناتجة عن دوران الرأس نحو الأعلى، وهذا ما قاد أجزاء الفم إلى الأمام (سنرى ذلك مفصلا فيما بعد). يصبغ دوران الرأس تسطح صندوق الرأس و استطالته باتجاه أمامي و خلفي ، وبالتحديد منطقة خلف الصدغ وبذلك يحدث فراغ واسع ما بين الثقب القفوي وقاعدة الشفة السفلى تدعى الصفيحة (SCLERITE) التي ستتطور (بالرغم من أنه ليس من الضروري أن تكون متماثلة عند الرتب كافة ، يطلق عليها اسم الجولا (GULA) أو (GULA MENTUM) عندما تندمج مع قاعدة الشفة السفلى (LABIUM).

ومع استطالة الرأس تمتد نقاط انغماد الذراعين الخلفيين للتانتوريوم في الوقت نفسه الذي تستطيل فيه أجزاء الفم باتجاه الأمام ، بعيدا عن الثقب القفوي، وبخلاف الجسر (HYPOSTOMAL BRIDGE) والجسر خلف الصدغ (POSTGENAL BRIDGE) فإن الجولا (GULA) تتمركز ما بين الثقب القفوي ونقاط انغماد التانتوريوم .

وتعطي حشرات ال (PHASMIDAE) مثالا واضحا للتصلب الجزئي لهذه المنطقة إذ يوجد جولا صغيرة وسطية بطنية فردية تدعم غشاء الرقبة إلى الخلف من تحت الذقن أما عند حشرة (DIAPHEROMERA FEMORATA) وهي من فصيلة ال (PHASMIDAE) فإن هذه الصفيحة تتحد مع الفصوص خلف القفوية من أجل تكوين جولا (GULA) كبيرة . ويمكننا ملاحظة الجولا والتي تملأ كل الفراغ الذي يفصل خلف الصدغ من الجهة البطنية عند الكثير من حشرات غمدية الأجنحة، شكل (5).

2- الأعضاء الحسية في الرأس: SENS ORGANS

A ♦ الجهاز البصري (VISUAL ORGAN)

شكل رقم (3):

يتمثل الجهاز البصري عند الحشرات بواسطة أعضاء معقدة ومختلفة و يكون توارد الأعصاب دائما من المخ الأول (PROTOCEREBRUM).

α - العيون البسيطة الظهرية (DORSAL OCELLI):

توجد العيون البسيطة الظهرية عند الحشرة الكاملة لرتب الحشرات كافة وعند حوريات الحشرات ذات التطور المختلف وتكون هذه العيون البسيطة مفقودة عند بعض الأنواع مثل (BLATTOIDEA).
يختلف تركيب العيون البسيطة بالتفاصيل حسب الحشرات ولكنها باختصار تشير إلى جهاز بصري بسيط ، حيث يوجد طبقة قرنية واحدة تحيط كل عين بسيطة من الجهة الخارجية.

وعدد العيون البسيطة ثلاث ، متوضعة على شكل مثلث على رأس الحشرة ، و تتوضع العين البسيطة الوسطى في الجبهة بينما تتوضع العينان الأخريان في منطقة قمة الرأس ومع ذلك تأخذ العيون البسيطة الثلاث وضعية أكثر ظهرية في قمة الرأس كما هو الحال عند رتبة غشائية الأجنحة وذات الجناحين .

β- العيون البسيطة الجانبية (LATERAL OCELLI - STEMMATA) :
وهي الأعضاء البصرية الوحيدة الموجودة عند يرقات الحشرات كاملة التطور
(HOLOMETA BOLA).

تتوضع هذه العيون على جانبي الرأس وتحتل المكان نفسه الذي تشغله عيون
الحشرة الكاملة و تختلف عن العيون البسيطة الظهريّة بطريقة انتشار
الأعصاب، وهذه العيون البسيطة كما هو الحال لدى العيون المركبة
(COMPOUND EYES) تتفرع أعصابها عن الفص البصري في المخ
الأول ، ويختلف عدد العيون البسيطة الجانبية حتى داخل النوع الواحد ، ولذلك لا
نجد العدد نفسه .

γ- العيون المركبة : COMPOUND EYES

توجد العيون المركبة عند بعض الحشرات عديمة الأجنحة مثل
(MACHILIDAE) أما عند الحشرات المجنحة (PTERYGOTA) فتوجد
العيون المركبة عند اليرقات وعند الحشرة الكاملة أيضا ، كما هو الحال عند
الحشرات ذات التطور المختلف وتوجد عند الحشرة الكاملة فقط بالنسبة للحشرات
كاملة التطور .

ويكون غياب العيون المركبة عند بعض الحشرات المجنحة مقرونا بطريقة
حياتها (مثل الحشرات المتطفلة داخليا (ENDOPARASITE).

تزود العيون المركبة بأعصاب واردة من الفص البصري (OPTIC LOBE) .
وهي مؤلفة من تجمع وحدات حسية بصرية أو (OMMATIDIA)، ويوجد
غالبا علاقة ما بين حجم العيون و جنس الحشرة ، فنجد عند حشرة
(CALLIPHORA) أن العيون المركبة أكبر عند الذكر منها عند الأنثى حيث
توجد عند الأخيرة العيون المركبة متباعدة بعضها عن بعض أما عند الذكر فإن

سطح الرؤية أكبر بكثير منه عند الأنثى، وتتصل العيون من الناحية الوسطى،
ولذلك ندعو أنثى الذباب بـ (DICHOPTIQUE) أما الذكر فيدعى
(HOLOPTIQUE).

B ♣ قرون الاستشعار (THE ANTENNAE)

شكل (6):

تعد قرون الاستشعار أعضاء حسية نموذجية، لمسية وشمية بشكل خاص
وتستقبل تفرعاتها العصبية من المخ الثاني (DEUTOCEREBRUM)
وقرون الاستشعار هي وحدات ممتدة، مكونة من عدة حلقات هذا التحلق يميز
مفصليات الأرجل (ARTHROPODA) ذوات الفكوك العليا، باستثناء
ال (PROTURA).

تتوضع قرون الاستشعار بشكل عام عند الحشرات بين العيون المركبة ومع ذلك
فيمكن أن تتوضع جانبيا فوق قاعدة الفكين العلويين، ونجد هذه الحالة عند الكثير
من البيرقات وبعض الحشرات الكاملة.

ترتكز قرون الاستشعار على سطح غشائي مرن، ومدعم من الجهة الخارجية
بصفحة قرنية، تحمل هذه الصفحة (SCLERITE) نتوءا صغيرا حيث يتم
بواسطته تمفصل قاعدة الاستشعار ويسمح بحركة قرن الاستشعار بحرية تامة
وفي الاتجاهات كافة.

يختلف تركيب قرون الاستشعار عند الحشرات باختلاف عدد العقل الحقيقية
ونلاحظ أكثر من نوع لهذه القرون.

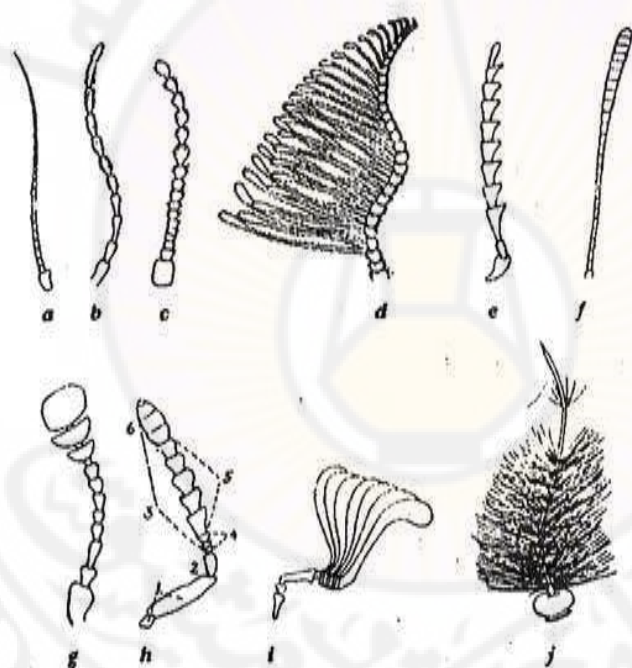
-قرون الاستشعار عند الحشرات عديمة الأجنحة :

COLLEMBOLA - DIPLURA

يتجزأ قرن الاستشعار إلى عدة عقل، تحتوي كل عقلة على عضلات وهذه
دلالة على أنها حلقات حقيقية (شكل 7).

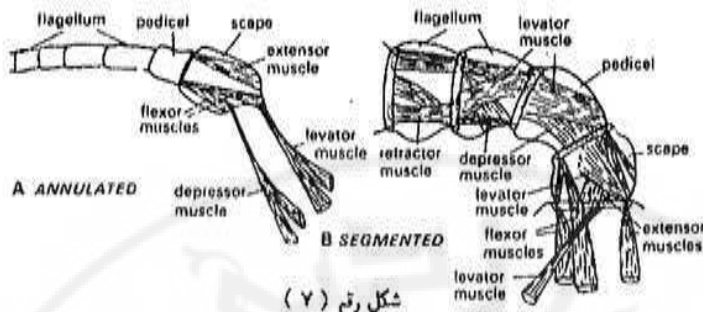
يكبر قرن الاستشعار خلال مرحلة التطور ما بعد الجنيني وذلك بواسطة انقسام العقلة القمية.

لا يحتوي القرن على عضو (JOHNSTON'S) ولا يميز هذا النوع قرون الاستشعار إلا عند الحشرات غير المجنحة، ولكنه يضم أيضا ال (MYRIAPODA) كثرات الأرجل، وبعض القشريات أيضا (CRUSTACEAE) ويمثل هذا النوع من قرون الاستشعار البدائي لمفصليات الأرجل.



a, setaceous (*Blatta*); b, filiform (*Carabus*); c, moniliform (*Kuloterpes*); d, pectinate (*Tenthredinid*, after Enallin); e, serrate (*Halterid*); f, clavate (*Lepidopteron*); g, capitate (*Necrobis*); h, geniculate (*Chalcid*); i, lamellate (*Melolontha*, after Newport); j, plumose (male of *Culex*); 1, scape; 2, pedicel; 3, flagellum; 4, ring-segments; 5, funicle; 6, club.

شكل رقم (٦)
اشكال قرون الاستشعار



شكل رقم (٧)

- A - منظر جانبي للجزء النقي لقرن الاستشعار عند الجراد
B - منظر ظهري لقرن الاستشعار عند حشرة (DIPLURA)

- قرون الاستشعار عند شعريات الذنوب والحشرات المجنحة: THYSANURA PTERYGOTA

يتألف قرن الاستشعار من ثلاثة أجزاء فقط :

- الأصل: SCAPE

- العنق: PEDICEL

- الشمروخ: FLAGELLUM وهذا الأخير غالبا ما يكون مجزءا إلى عدة عقل. نظرا لاختفاء عضلات الشمروخ فإن منشأ العضلات الذاتية الوحيدة لقرن الاستشعار يكون على الجزء الأول (الأصل) (SCAPE) وترتبط بالعنق (PEDICEL)

- يزداد نمو الشمروخ خلال مرحلة التطور ما بعد الجنيني

(POSTEMBRYONIC DEVELOPMENT)

وغالبا ما تتم هذه الزيادة بانقسام العقلة القاعدية للشمروخ، وفي بعض الأحيان تتم بواسطة عقلة أبعد من العقلة القاعدية .

- يوجد عضو (JOHNSTON'S) في العنق .

- قرون الاستشعار عند الحشرات المجنحة الكاملة: (شكل 6):
يتألف قرن الاستشعار من الأجزاء التالية:

1- الأصل: (SCAPE)

ويكون غالبا أكبر من العقلة التي تليه ويتم بفضله اتصال قرن الاستشعار برأس الحشرة، ويرتكز الأصل على سطح غشائي محاط بصفيحة قرنية تحتوي على محور (PIVOT). ويؤمن هذا المحور حركة قرن الاستشعار في جميع الاتجاهات وترتبط العضلات الخارجية للقرن (EXTENSOR MUSCLES) بقاعدة الأصل، ومنشأ هذه العضلات عند الحشرات الكاملة للحشرات المجنحة يكون غالبا على الأذرع الظهرية أو الأمامية للتانتوريوم، ولكن منشأ هذه العضلات عند بعض اليرقات هو حافة الجمجمة.

إن ارتباط عضلات القرن على التانتوريوم قد يكون شرطا ثانويا ناتجا عن انتقال أماكن الارتباط العضلي، وتتخصص هذه العضلات الخارجية لقرن الاستشعار وتصبح عضلات رافعة (LEVATOR MUSCLES) وعضلات مخفضة (DEPRESSOR MUSCLES) لقرن الاستشعار.

لقد شاهدنا العضلات الداخلية لقرن الاستشعار عند الحشرات المجنحة (PTERYGOTA) ومنشأ هذه العضلات هو الأصل (SCAPE) وترتبط بقاعدة العنق (PEDICEL) وبذلك فإن الشمروخ سيتحرك بواسطة هذه العضلات.

2- العنق: (PEDICEL)

يكون العنق بشكل عام قصير، ويحتوي على عضو (JOHNSTON'S) وهو عضو سمعي من نوع (SCOLOPOPHORE) (هذا التركيب الحسي المعقد ومن المحتمل أن يكون العنق حلقة حقيقية و اختفت عضلاته في أثناء التطور.

3- الشمروخ: (FLAGELLUM)

يتكون من عدد مختلف من العقل، وكذلك يختلف شكله من رتبة إلى أخرى ولا يحتوي على أية عضلات.

δ-تحورات قرون الاستشعار عند الحشرة الكاملة:

شكل (6): يختلف شكل قرون الاستشعار عند الحشرات الكاملة ويعود سبب الاختلاف الرئيسي إلى تحورات الشمروخ (FLAGELLUM) وبشكل عام يمكننا تمييز الأشكال التالية:

1- قرن استشعار شعري (SETACEOUS) ويضمم بالتدريج باتجاه القمة كما هو الحال عند الصرصار (BLATTA).

2- قرن استشعار خيطي (FILIFORM) وتكون العقل متساوية العرض مثال ذلك (CARABUS) و (LOCUSTA).

3- قرن استشعار عقدي (MONILIFORM) يتكون من عقل تشبه الكريات منسقة على شكل حبات السبحة كما هو الحال عند النمل الأبيض (KALOTERMES).

4- قرن استشعار منشاري (SERRATE) تنمو العقل من إحدى الجهات وتعطي امتدادا شبيها بأسنان المنشار نجد هذا المثال عند حشرات فصيلة (ELATERIDAE).

5- قرن استشعار مرفقي (GENICULATE) تنثني هذه القرون بمستوى العنق (PEDICEL) ونجد هذا النوع عند أفراد فصيلة ال (CHALCIDIDAE).

6- قرن استشعار مشطي (PECTINATE) وتمتد الزوائد على شكل أسنان المشط عند كل عقلة ونجد هذه القرون عند حشرات (TENTHREDINIDAE) والبعض الآخر يسميه (FLABELLATE).

7- قرن استشعار رأسي (CAPITATE) ينتهي هذا القرن بعقل متضخمة كالرأس كما في بعض حشرات (DERMESTIDAE).

8- قرن استشعار ورقي (LAMELLATE) تحمل العقل الأخيرة من إحدى جوانبها زوائد تشبه صفحات الورق ونجد هذه الحالة عند حشرة (MELOLANTHA).

9- قرن استشعار ريشي (PLUMOSE) هذا القرن مزود بشعيرات طويلة ورفيعة بين كل عقلة المثال على ذلك ذكر الناموس (CULEX).

10- قرن استشعار صولجاني (CLAVATE) يزداد عرض العقل بالتدرج من عقلة إلى أخرى ويأخذ قرن الاستشعار شكل الصولجان كما في بعض أنواع حرشفية الأجنحة (RHOPALOCERA).

11- قرن استشعار اريستي (ARISTATE) نجد هذا النوع عند الذباب بشكل عام، وخاصة عند مجموعة (CYCLORRHAPHA) عند الذباب المنزلي، تصبح العقلة الأولى من الشمروخ كبيرة ومفلطحة ، أما بقية العقل فتضمحل لتعطي اريستا (ARISTA).

ونجد في بعض الأحيان هذه المنطقة طرفية فيطلق عليها حينئذ اسم قرن استشعار مخرازي (STYLATE) كما في ذبابة (TABANUS).

ع- قرون الاستشعار عند يرقات الحشرات كاملة التطور

HOLOMETABOLA

تشبه قرون الاستشعار عند اليرقات القرون عند الحشرة الكاملة لدى الحشرات كاملة التطور (HOLOMETABOLA) والأولية منها كما هو الحال عند حشرات (PLANIPENNIA) ويكون الشمروخ عندها مؤلفا من عدة عقل.

وتكون قرون الاستشعار عند بقية يرقات حشرات كاملة التطور (HOLOMETABOLA) أقصر من تلك عند الحشرة الكاملة و غالبا ما يختلف عنها ، وتبدو وكأنها أعضاء يرقية خاصة.

تتألف قرون الاستشعار اليرقية عند (رتبة شبكية الأجنحة) وعند بعض غمدية الأجنحة (CANTHARIDAE-HYDROPHILIDAE) من ثلاث إلى خمس عقل.

تتكون قرون الاستشعار عند يرقات حرشفية الأجنحة (LEPIDOPTERA) من ثلاث عقل، وتكون فيه العقلة الثالثة فصا عاديا للعقلة الثانية.

تتمثل قرون الاستشعار عند حشرات غشائية الأجنحة العليا فقط بانتفاخ بسيط، أو قرص صغير على جدار الجمجمة.

تحتوي يرقات الذباب التابعة لمجموعة (NEMATOCERA) على قرون استشعار قصيرة، ولكن يختلف عدد العقل كثيرا فهي أربع عقل عند (CHIRONOMUS) وعقلة واحدة عند الناموس (CULEX).

أخيرا لاند قرون استشعار عند يرقات (CYCLORRAPHE).

٦- اختلافات شكل قرون الاستشعار و علاقتها مع بعض الأعمال الخاصة:

- تظهر قرون الاستشعار عند الكثير من الحشرات اختلافات حسب الجنس وتكون متطورة عند الذكر ومزودة بعدد كبير من الأعضاء الحسية ولهذا صلة ببحث الذكر عن الأنثى:

♦ قرون استشعار مشطية أو مشطية مضاعفة (BIPECTINATE) عند ذكور بعض حرشفيات الأجنحة.

♦ قرون استشعار ريشية عند ذكور

(CULICIDAE) وال (CHIRONOMIDAE).

- لقرون الاستشعار دور حسي ولكن في بعض الحالات الخاصة تتحول لتقوم ببعض الأعمال الأخرى:

Δ ميلور (MELOE) المزودة بقرون منتفخة في وسطها تشكل آلة قبض على الأنثى.

Δ تنتج قرون الاستشعار عند برقات (CHAOBORUS) نحو الوجه البطني وعليها الكثير من الشعيرات الفمية وتؤمن بواسطتها جمع الفرائس واصطيادها وتساعد على الحركة.

Δ تحمل قرون الاستشعار القصيرة عند (HYDROPHILIDAE) شعيرات مائعة للماء على العقل الأخيرة وتؤمن بهذه الطريقة تصدغ فيلم الماء السطحي عندما ترغب الحشرة بأخذ الهواء بشكل دوري .

ثانياً - أجزاء الفم (MOUTHPARTS)

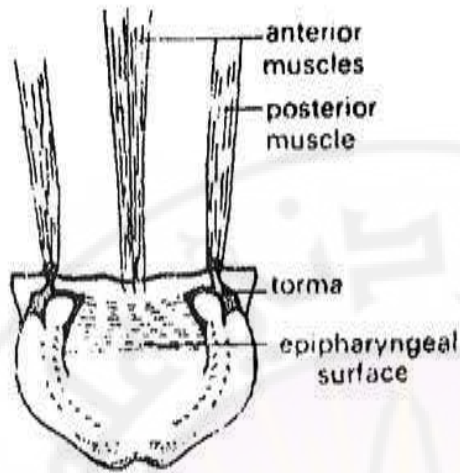
يطلق اسم أجزاء الفم على الأجزاء المسؤولة عن تناول الأغذية والتي تحيط به وتشكل تجويفه ويتكون من عدة زوائد:

- الزوائد الفمية وهي الفك العلويان (MANDIBLES) والفك السفليان (MAXILLAE) والشفة السفلى (LABIUM).

- وما تبقى من هذه الأجزاء ينحدر من صندوق الرأس مثل الشفة العليا (LABRUM) ويتطور سطحها الداخلي المسمى (EPIPARYNGEAL SURFACE) ويعطي ما يسمى سقف الحلق (EPIPARYNX). والمثل الآخر هو اللسان (HYPOPHARYNX) الذي يلزمه زائدتان صغيرتان (SUPERLINGUAE).

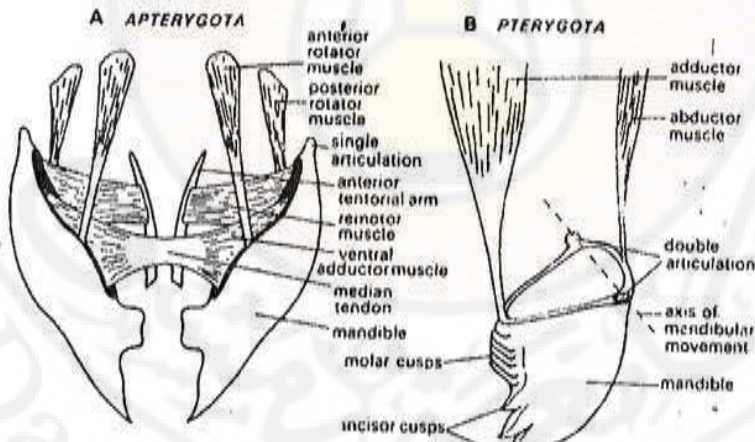
- تختلف أجزاء الفم حسب طبيعة النظام الغذائي للحشرة وبما أن الأشكال الأكثر انتشاراً بين الحشرات الحالية هي التي تتغذى على مواد صلبة لذلك سندرس بقليل من التفصيل أجزاء الفم للحشرات القارضة (CHEWING. MOUTHPARTS).

1- الشفة العليا وسقف الحلق (LABRUM AND EPIPARYNX):



شكل رقم (٨)

الشفة العليا وعضلاتها



شكل رقم (٩)

شكل تخطيطي للفكين العلويين

— حشرة عديمة الأجنحة

— حشرة مجنحة

الشفة العليا هي الجزء الواسع المتدلي أمام الفكين العلويين (MANDIBLES) وتغلق بذلك الجهة الأمامية لتجويف الفم وترتبط بالدرقة (CLYPEUS) من الجهة الخارجية بواسطة درز مرن هو الدرز الدرقي الشفوي (CLYPEO_LABRAL SUTURE) والسطح الداخلي للشفة العليا والدرقة متصلان ببعضهما البعض ويكونان سوية السطح الداخلي لتجويف الفم.

- تقوم عدة عضلات بتحريك الشفة العليا:

* العضلات الضاغطة (DEPRESSOR MUSCLES) وتقع هذه العضلات داخل الشفة العليا وتتوضع وسطيا على الجانب الشفوي الأمامي والخلفي .

* هناك زوجان من العضلات الطويلة ، منشؤها الجبهة (FRONS) أحدهما العضلات الأمامية للشفة العليا (ANTERIOR MUSCLES) وتتوضع إما وسطيا وإما جانبيا على الحافة الأمامية لقاعدة الشفة العليا، والزوج الآخر من العضلات (POSTERIOR MUSCLES) هو العضلات الخلفية، وترتكز على منطقة التورما (TORMA) هي صفيحة متوضعة جانبيا على الحافة الخلفية للشفة العليا، شكل (8) .

تقوم الشفة العليا بكثرة الحركة بمضغ الطعام، وذلك إما بالمحافظة عليه أو دفعه داخل أجزاء الفم.

2- الفك العلويان (MANDIBLES):

شكل (9)، يمثل الفك العلويان عند الحشرات الحلقة القاعدية لإحدى الأرجل النموذجية لمفصليات الأرجل. وهي قطعة متراصة هرمية الشكل تتمفصل مع الرأس بنقطة أو نقطتين.

يدور الفك العلويان عند الحشرات عديمة الأجنحة (APTERYGOTA) باستثناء فصيلة (LEPISMATIDAE) حول نقطة واحدة. إذ يتحرك الرأس ذو النتوء المحمول بواسطة الفكين العلويين داخل تجويف عنابي محفور داخل السطح تحت الصدغي.

والعضلات التي تحرك الفكين العلويين هي:

* العضلات المديرة الأمامية (ANTERIOR ROTATOR) (MUSCLES).

* العضلات المديرة الخلفية (POSTERIOR ROTATOR) (MUSCLES).

ومنشأ هذه العضلات هو الجزء الظهري لصندوق الجمجمة.

* العضلات المقربة البطنية (VENTRAL ADDUCTOR) (MUSCLES).

منشأ إحدى هذه العضلات يكون من نتوء قصي فمي. (ويبدو كنموذج للذراع الأمامي للتانتوريوم عند الحشرات المجنحة). أما العضلة الأخرى فتتضم إلى العضلة المماثلة من الفكين العلويين من الجهة المعاكسة بواسطة رباط عظمي (LIGAMENT) وبذلك يكون لدينا تقريب وجني مشترك للفكين العلويين.

- تبقى حركات الفك العلوي عند الحشرات المجنحة (PTERYGOTA) محصورة باقتناء نقطة تمفصل ثنائية على الرأس، ويبقى التمفصل الملاحظ عند الحشرات عديمة الأجنحة كما هو عند سطح تحت الصدغ للرأس، وبشكل هذا فيما بعد نقطة التمفصل الخلفية. وتتكون نقطة التمفصل الثانية الأمامية من نتوء (CONDYLE) محمول بواسطة الحافة الدرقية للجمجمة، وللتجويف عنابي محفور داخل الفك العلوي.

هناك غشاء داخلي مقارنة بالأجزاء المتمفصلة يؤمن الاستمرارية بين الفك العلوي وصندوق الرأس، ويصبح للفك العلوي فيما بعد حركات تقريب دقيقة وأخرى مبعدة حول المحور الذي يصل هاتين النقطتين (نقطتي الارتباط) بالرأس. تصبح العضلات المديرة (الأمامية والخلفية) عند الحشرات غير المجنحة (ROTATOR MUSCLES) التي لاحظناها عضلات مبعدة ومقربة ظهرياً، وتبقى العضلات البطنية عضلات مقربة، ولكن دورها يصبح ثانوياً نتيجة لأهمية دور العضلات المقربة الظهرية وتميل هذه العضلات إلى الزوال.

- يتحدد عمل الفك العلوي بطريقة تمفصله مع الرأس، إذ إن التمثيل الوحيد لعديمت الأجنحة الموجود عند الحشرات يمثل حالة أولية، أما امتلاك نقطة تمفصل أخرى فيفرض حركات أكثر دقة.

3- الفك السفلي (MAXILLAE): شكل (10):

يحتفظ الفك السفلي بأكثرية الزوائد، إذا اتحدت القاعدة الممتدة بصندوق الرأس بكامل سطحها الداخلي، ولا تتمفصل مع الرأس إلا بنقطة واحدة، وتحمل هذه القاعدة نتوءاً يتحرك داخل تجويف عنابي محفور داخل السطح تحت الصدغي وراء منطقة التمثيل الخلفية للفكين العلويين.

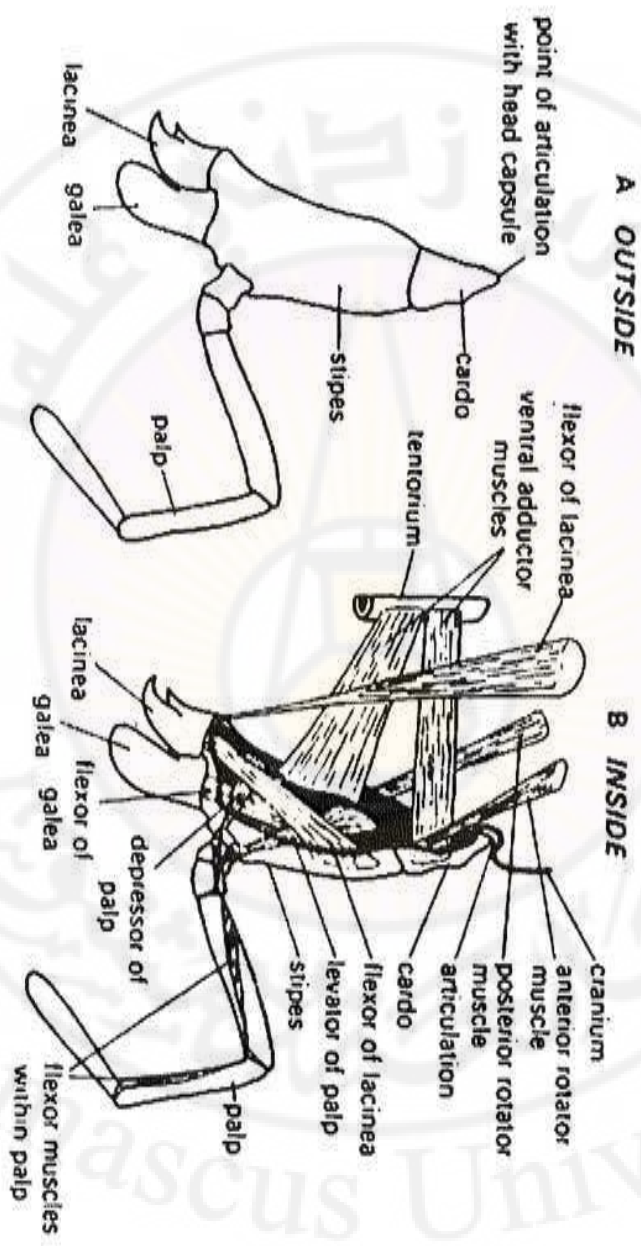
وبالنتيجة قد يقوم الفك السفلي بحركات ذات سعة كبيرة.

تنقسم قاعدة الفك السفلي إلى الأجزاء التالية:

- الكاردو: CARDO

- الساق: STIPES

وتكون هذه الأجزاء المتحركة زاوية هامة فيما بينهما. ويحمل الساق من الجهة البطنية فصين زائدين أطلق عليهما اسم (GALEA) وهي الزائدة الخارجية (القلنسوة) وهي وأسعة مرنة تتوسع نهايتها لتغطي جزئياً الفص الآخر. أما الزائدة الداخلية فيطلق عليها اسم اللاسنيا.



شكل رقم (١٠)

شكل تخطيطي للفكين السفليين بين الأجزاء المختلفة والمضلات المحركة .

ثالثاً - الهيكل الداخلي للرأس ENDOSKELTON

يطلق هذا الاسم على الأجزاء التي أصبحت داخلية وذلك بانغمادها في أثناء مراحل التطور، ولكنها لا تختلف بطبيعتها الكيتينية عن الهيكل الخارجي (EXOSKELTON).

يكون الهيكل الداخلي ذو التركيب المعقد داخل تجويف الرأس ويحتوي على (تانتوريوم) وعلى فنازع داخلية (CRETES) وتقابل هذه الفنازع مختلف الدروز السابقة الوصف باستثناء الدرز الجمجمي (EPICRANIAL SUTURE).

1- التانتوريوم (TENTORIUM): شكل (13)

نجده فقط عند رتبة ذات الذنب الشعري (THYSANURA) والحشرات المجنحة وينتج عن أربعة انغمادات أنبوبية للبشرة التي تظهر عند الجنين، ومن ثم تتحد و تكون بنية كيتينية قوية مؤلفة من:

α - الذراعين الخلفيين: (POSTERIOR ARMS)

ونقطة تفصلهما مع الجمجمة هي الدرز القفوي (OCCIPITAL SUTURE) ويتحدان بعضهما مع بعض ليكونا جسرا يخرق الرأس.

β - الذراعين الأماميين: (ANTERIOR ARMS)

يتجهان إلى الخلف ويتصلان بالجسر الخلفي، ويكونان بذلك وحدة متكاملة تدعى التانتوريوم (TENTORIUM) وقد يحمل هذا الأخير إضافة

لذلك ذراعين ظهريين (DORSAL TENTORIAL ARMS) وهناك عدة اختلافات في شكل التانتوريوم:

- اختلاف نسبي لسماكة الأذرع.

- ضموذ الذراعين الظهريين أو غيابهما.

- نمو صفيحة مركزية عريضة تدعى (CROPOR TENTORIUM) وهي تدعم المخ والمري.

يعد التانتوريوم مكانا من أجل ارتباط العضلات البطنية لأجزاء الفم في الوقت نفسه لتقوية الحواف السفلى لصندوق الرأس عندما يكون متطورا.

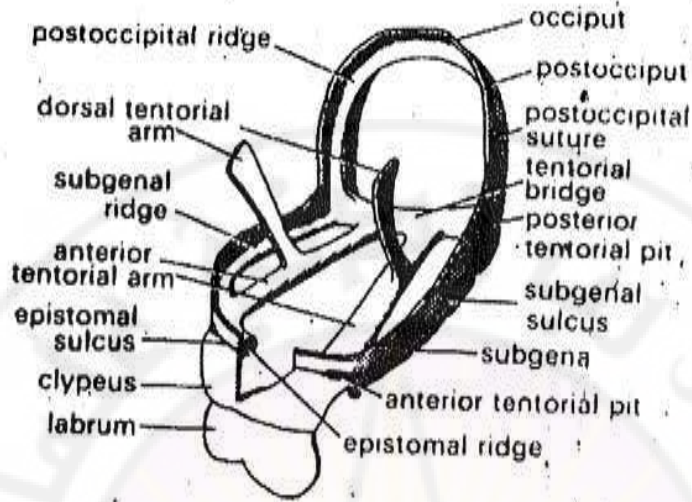
لا يوجد تانتوريوم عند الحشرات غير المجنحة مثل :

(PROTURA-DIPLURA-COLLEMBOLA).

أما عند الحشرات (DIPLURA-COLLEMBOLA) فنجد مكانه نتوءات استرنية (من الناحية البطنية) تقوم كمراكز ارتباط لعضلات أجزاء الفم.

2- القنازاع الداخلية (LES CRETES INTERNES): شكل (13)

تسهم هذه القنازاع مع التانتوريوم بتقوية الجمجمة ودعمها والمثال الواضح على ذلك هو دعم صندوق الرأس بمستوى التمثصل الأمامي للفكين العلويين، وفي هذه المنطقة وفي كل جهة تتفرع القنازاع تحت الصدغية (القنازاع الجبهية الصدغية) وأخيرا القنازاع خلف القفوية وكذلك الذراعان الأماميان للتانتوريوم.



شكل رقم (١٣)

رسم توضيحي يبين التركيب الداخلي للرأس

وبهذا يكون الوجه مدعماً بقوة ليقاوم سحب الفكين العلويين (MANDIBLES) ونذكر أن التانتوريوم يشير إلى نقطة تمفصل اكتسبت بصورة ثانوية عند الحشرات المجنحة (PTERYGOTA) حيث تتبين دلائل هذه التشكلات الداخلية وكأنها للتأقلم الميكانيكي. والقنازع الداخلية هي زوائد تشكل نقاط ارتباط العضلات التي تؤمن حركات الرأس نسبة إلى الصدر، ويكون منشؤها داخل الصدر حيث تتصل بالقنازع خلف القفوية.



الفصل الثالث

الرقبة والصدر



أولاً - الرقبة (NECK) شكل (14)

تؤمن الرقبة الحركة الرئيسية للرأس، وهي منطقة غشائية وغالباً ما تكون مغطاة بالحافة الأمامية للحلقة الصدرية الأولى، ويظهر الطول الحقيقي للرقبة عندما تكون هذه الأخيرة في حالة تمدد.

نجد على جانبي الرقبة صفيحتين عنقيتين يطلق عليهما اسم (صفائح الرقبة) (CERVICAL SCLERITES) وتكونان بينهما زاوية كبيرة، تتفصل الصفيحة الأمامية مع صندوق الرأس بمستوى نتوء خلف القفوي (OCCIPITAL CONDYLE)، وتتفصل الصفيحة الثانية مع الصدر الأمامي عند الـ (الصفيحة الاسترنية الأمامية EPISTERNUM) وتعمل هذه الصفائح كأماكن ارتكاز لعضلات الرأس أو للعضلات الظهرية للصدر الأمامي (PROTHORAX). يفتح تقلص هذه العضلات الزاوية الموجودة بين هاتين الصفيحتين، ويؤدي بذلك إلى امتداد الرأس.

تجتاز العضلات الطولية والمرتبطة خلف الرأس الرقبة وتثبت على الصدر:

* العضلات الطولية الظهرية، أو العضلات الرافعة: (LEVATOR MUSCLES)

ترتكز هذه العضلات من الأمام على القنزعة خلف القفوية (POSTOCCIPITAL) ومن الخلف على الـ (PHRAGMA).

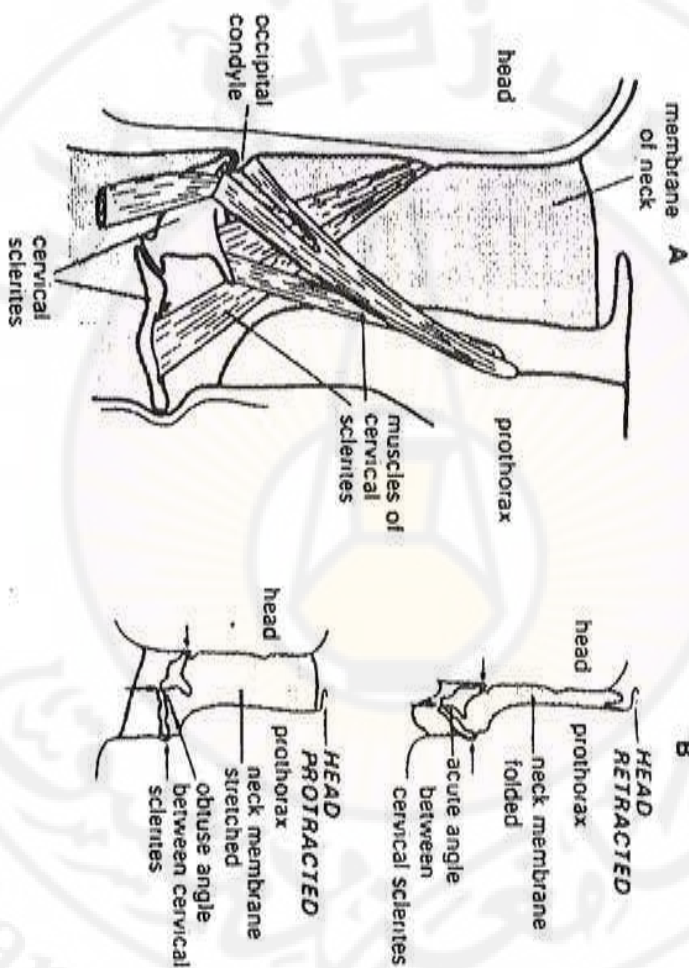
* العضلات الطولية البطنية، أو العضلات الخافضة:

(VENTRAL LONGITUDINAL MUSCLES)

تمتد هذه العضلات من القنزعة خلف القفوية أو من الجسر التانتوري (TENTORIAL BRIDGE) وإلى منطقة الـ (APOPHYSIS) في

الاسترنة الأولى. شكل (14).

يحرص التقلص المتواقت للعضلات الطولية البطنية والظهرية امتداد الرقبة أما التقلص المتباين فيؤدي إلى حركات الرأس الجانبية.



A. The neck and cervical sclerites of a grasshopper seen from the inside (from Innis, 1957). B. Diagrams showing how a change in the angle between the cervical sclerites retracts or protracts the head. Arrows indicate points of articulation.

شكل رقم (١٤) الرقبة وفناحيها

ثانياً - الصدر THORAX

تشتق حالة سداسية الأرجل للحشرات من أحد أشكال كثيرات الأرجل (MYRIAPODA)، وقد تتحور الأرجل من أجل المشي السريع، وهذا ما يفترض اختزال لعدد هذه الأرجل.

يبلغ العدد الأدنى للأرجل الذي يؤمن ثباتاً كبيراً في أثناء انتقالها ستة أرجل، وهذا العدد يمثل الحشرات أو (HEXAPODA) وللحصول على مردود أكبر، أو فعالية أكبر فإن هذا يقتضي وضعية أمامية للأرجل بالقرب من الرأس، وتؤثر هذه الضرورات الوظيفية والميكانيكية في تطور الصدر.

تنمو الأجنحة على الصدر بمعزل عن حالة سداسية الأرجل وتظهر الأجنحة بوقت متأخر نسبياً في أثناء تطور الحشرات، ولا نجد أجنحة حقيقية على الصدر الأول (PROTHORAX) ولكن بعض الحشرات المتحجرة مثل (LEMATATOPHORA TYPICA) وهي من رتبة (PLECOPTERA) تملك فصوصاً عادية (PARANOTUM) على حافة الترجة (TERGUM) الصدرية الأولى ولا تتم فصل مع جدار الترجة (TERGUM).

في أثناء المراحل الأولى للتطور توجد هذه الفصوص على الصدر الثاني (MESOTHORAX) وعلى الصدر الثالث (METATHORAX) كدلائل للأجنحة، ويكون هناك في الأصل ثلاثة أزواج من الفصوص الجانبية العريضة والمسطحة، وتسمح بذلك للحشرات أن تقفز على ارتفاعات مختلفة، ومن ثم فإن وجود نقطة تم فصل مع الرأس قد تكون حول الفصوص الجانبية

(PARANOTUM) الصدرية الوسطى والخلفية التي تحولت هذه الأخيرة إلى أعضاء متحركة تسمح بالطيران الحقيقي.

بعد الصدر المركز المحرك للحشرة ويحتوي على جهاز عضلي هام يعمل على تحريك الأرجل والأجنحة ويوجد فيه ثلاثة أزواج من العقد العصبية الصدرية المتطورة وهي ضرورية من أجل توجيه الحركات وتنسيقها ويتطور هيكله العظمي لتأمين دعم هام للأرجل والأجنحة والعضلات المختلفة. (وسنرى فيما بعد إلى أي حد أسهمت الأرجل والأجنحة في تطور الهيكل الصدري)، وسنتمكن من تحليل تأثير حالة سداسية الأرجل بسهولة أكثر عند الحشرات عديمة الأجنحة وعند هذه الأخيرة تختلف الحلقات الصدرية بعضها عن بعض قليلا وتتركز الاختلافات بحجمها وشكلها فقط.

أما عند الحشرات المجنحة (PTERYGOTA) فإن وجود الأجنحة يعلو الأرجل الست. ويتخصص الصدران الثاني والثالث ويمكن أن يلتحما بعضهما ببعض لبيكونا ما يسمى (PTEROTHORAX).

وقد يكون لهذا الالتحام دور هام في بعض الحالات لدرجة يصعب معها تمييز الحد الفاصل ما بين الصدرين.

وتلاحظ العلاقة بسهولة ما بين حجم الحلقات الصدرية وأهمية الأجنحة التي تحملها فيكون حجم الصدر الثاني مساويا لحجم الجسم الثالث عند رتب الحشرات المتساوية الأجنحة (ISOPTERA EMBIOPTERA _ ODONATA).

يصبح الصدر الثاني (MESOTHORAX) أكبر حجما وتطورا عندما تكون الأجنحة الأمامية أكبر من الخلفية، أو عندما تكون الأجنحة الخلفية ضامرة، كما هو الحال عند (غشائية الأجنحة HYMENOPTERA) وعند ذات الجناحين (DIPTERA) أما في الحالات العكسية حيث لا تستعمل الأجنحة

في الطيران إلا بصورة ثانوية ، فإن الصدر الثاني (MESOTHORAX) يكون ضامرا كما هو الحال عند غمدية الأجنحة (COLEOPTERA) .
لا يحمل الصدر الأول أجنحة ، ويمكن للجزء الظهري أن يتوسع في بعض الحالات ويعطي شكل درع كما هو الحال عند (ORTHOPTERA) .
(COLEOPTERA – DICTYOPTERA – HETEROPTERA) .
يصغر الصدر الأول (PROTHORAX) عند غالبية الرتب الحشرية إلى حلقة دائرية صغيرة.

1- أنواع التجزئة الصدرية (SEGMENTATION): شكل (15)
تظهر أجسام الحشرات نوعين مختلفين للتجزئة ، وذلك حسب درجة التصلب، وحسب توضع الصفائح المختلفة:

α- تجزئة أولية : SEGMENTATION PRIMAIRE

ويكون هذا النوع خاصا بالحيوانات ذات الجسم الطري، ونجدها عند يرقات الحشرات كاملة التطور (HOLOMETABOLA) وذات الطبقة الكيتينية الطرية والمرنة، أو متصلبة جزئيا وتمثل هذه التجزئة حالة بدائية تشبه الحالة الموجودة عند الديدان الحلقية (ANNELIDE).
وعند هذه الحيوانات تتفصل المناطق المجزئة للجسم الواحدة عن الأخرى بواسطة طبقة دائرية من جدار الجسم (TEGUMENT) وتشكل هذه الأخاديد التي تفصل الحلقات بعضها عن بعض داخل الجسم، طيات عديدة ترتكز عليها العضلات الطولية (الهضمية).
وهذه التجزئة نسميها بدائية لأنها تظهر في أثناء فترة التكون الجنيني (EMBRYOGENESE).

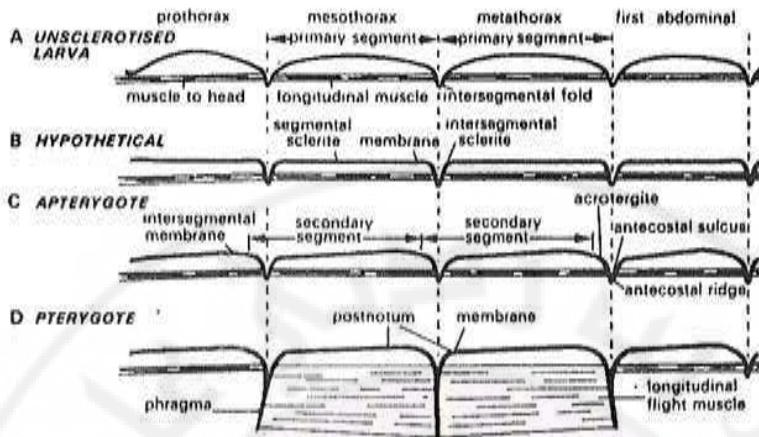
تنتقل الحشرات التي تمثل هذا النوع من التجزئة الأولية بفضل التغيرات المنتتالية لتشكل الحلقات الصدرية والبطنية فتسمح مرونة جدار الجسم (TEGUMENT) بانقباض الحلقات المختلفة وتمدها ونقوسها .

β- التجزئة الثانوية: SEGMENTATION SECONDAIRE

تنتج التجزئة الثانوية عن تصلب جدار الجسم (TEGUMENT) والتي تتميز مفصليات الأرجل البالغة (ARTHROPODA) .

إن تطور الصفائح المفصليّة يحمي الحيوان ويبدل من آلية الحركة إذ يمكن للصفائح أن تؤدي دوراً هاماً كعناصر للهيكل العظمي من أجل ارتباط العضلات وبالنسبة تتطور الطيات بين الحلقية إلى صفائح بين حلقية تتناوب مع صفائح حلقية كبيرة، شكل (15).

نجد هذه الوضعية عند كثيرات الأرجل (CHILOPODA) ولا يسمح هذا التنسيق إلا بحركات ضعيفة وغالباً ما تندمج الصفائح بين الحلقية (INTERSEGMENTAL SCLERITES) مع الصفائح الحلقية التي تليها. وللمحافظة على إمكانية الحركات نجد على النهاية المقابلة للحلقة سطحاً مرناً، ويؤدي فيما بعد دوراً هاماً كغشاء بين حلقى، شكل (15).



Schematic diagrams showing changes in segmentation and the derivation of the postnotum and phragma in pterygote insects. Sclerotised areas are indicated by a solid line, membranous areas by a double line

شكل رقم (١٥)

شكل تخطيطي يبين أنواع التجزئة عند الحشرات

وبذلك لا تتطابق حدود هذا النوع الجديد من الحلقات مع الحدود الأولية لبين الحلقية، إذ يوجد تقدم إلى الأمام لهذه الحلقات الثانوية، ويمكن مشاهدتها من الخارج بالمقارنة مع الحلقة الحقيقية الظاهرة عند الجنين، تسمح هذه الوضعية - إضافة إلى تداخل الصفائح المتصلة ناحية الخلف - بسحب حلقة ما إلى الأمام، وذلك عند تقلص العضلات الطولية للحلقة السابقة.

تحتوي الحلقة الثانوية الثالثة على سطح ظهري صلب (TERGUM) يدعى الصفيحة الظهرية، وآخر بطني صلب أيضا هو الاسترنة (STERNUM) يدعى الصفيحة البطنية.

تقابل الحافة الأمامية لهذه الصفائح المناطق الأمامية للطفية بين الحلقية الأولية (INTERSEGMENTAL FOLD) ويطلق عليها اسم (ACROSTERNITE) بالنسبة للمنطقة الظهرية و (ACROTERGITE) بالنسبة للمنطقة البطنية هاتان المنطقتان (ACROTERGITE) والـ

(ACROSTERNITE) تتمايزان من الناحية الخلفية بدرز يسمى (ANTECOSTAL SUTURE) ويقع بموضع الثلم (SILLON) بين الحلقي الأول، ويشير هذا الدرز إلى وجود قنزعة (ANTECOSTAL RIDGE) ترتكز عليها العضلات الطولية. وتتفصل الترجة (TERGUM) عن الاسترنة (STERNUM) بواسطة البلورة (PLEURON) وهذه الأخيرة يمكن أن تحتوي على صفيحة جانبية واحدة أو أكثر.

2- الهيكل الخارجي للصدر:

α - التجزئة الصدرية :

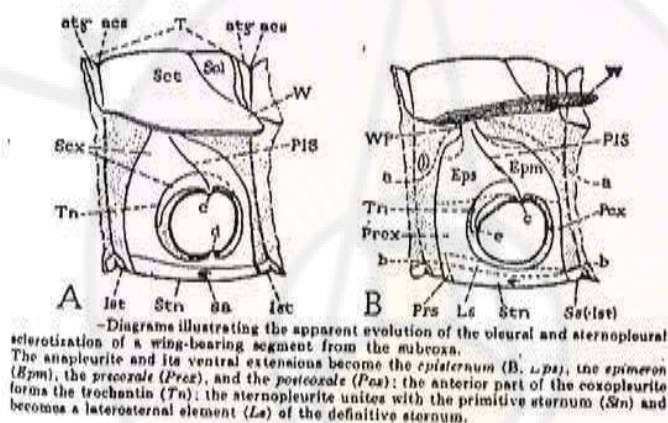
تلاحظ التجزئة الثانوية بسهولة على امتداد البطن (كما سنرى فيما بعد) وتختلف التجزئة كثيرا عند الصدر، سواء على المنطقة الظهرية، أم على المنطقة البطنية، وتكون التجزئة من الناحية الظهرية ثانوية، يمكن مشاهدتها غير متبدلة عند الحشرات عديمة الأجنحة (APTERYGOTA). أما من الناحية البطنية فبالعكس تماما، تكون التجزئة أولية وتتشابه مع تلك التي ذكرناها عند (CHILOPODA) بتعاقب صفائح حلقيّة كبيرة، أو نسميه بالـ (EUSTERNUM) وصفيحة صغيرة بين حلقيّة أو (SPINASTERNUM) والتي تحمل قنزعة داخلية أطلق عليها اسم السداية (SPINA) وهي تقابل الـ (ANTECOSTA).

β -تطور الهيكل الخارجي:

لقد تركت كل مرحلة تطور علامة مميزة، مخفية أشكال التجزئة السابقة الذكر، وتدع بذلك الهيكل الصدري الخارجي كثير التعقيد.

لقد حور وجود الزوائد المحركة، المنطقة البلورية (PLEURON) والتي تتداخل فيها عناصر قاعدة الأرجل، كما أن وجود الأجنحة أدى إلى ظهور بعض الصفات المميزة للصدر الثاني (MESOTHORAX) والصدر الثالث (METATHORAX) عند الحشرات المجنحة.

♦ إلحاق قاعدة الزوائد المحركة إلى المنطقة البلورية (PLEURON):
 خلال مراحل تطور مفصليات الأرجل (ARTHROPODA) تنمو المنطقة البلورية من كل جهة بين الترجة (TERGUM) والاسترنة (STERNUM) وذلك بضم قاعدة الأرجل من كل جهة.



شكل رقم (١٦)

تطور الهيكل الخارجي للصدر

وحسب العالم (SNOD GRASS) : (1935) تكون العقلة القاعدية للرجل الـ (SUBCOXA) أولا حلقة رقيقة في السطح البلوري حول الحرقفة (COXA) لتكون بمثابة ركيزة للرجل. وتتجزأ تحت الحرقفة (SUBCOXA) فيما بعد إلى عدة صفائح، وتدع بعض الحشرات الأولية والـ

(CHILOPODA) المجال للافتراض بأن تحت الحرقفة (SUBCOXA) قد تكون انقسمت إلى ثلاث صفائح، شكل (16).

حيث نتوضع صفيحتان مركزيتان فوق الحرقفة (COXA) وهما:

ANAPLEURITE -

COXOPLEURIT -

أما الصفيحة الثالثة فهي (STERNOPLEURITE) فنكون من الجهة البطنية، وتتم فصل الحرقفة (COXA) مع الصفيحتين الـ (COXOPLEURITE) والـ (STERNOPLEURITE).

تبقى الصفائح تحت الحرقفية صغيرة عند الحشرات عديمة الأجنحة (APTERYGOTA) وعند بعض الحشرات المجنحة النادرة (الأطوار الفتية للـ PLECOPTERA). وهكذا نجد عند حشرة (ACERENTOMAN) وهي من رتبة (PROTURA) أو بمستوى الصدر الأول لحشرة (PERLA) للأطوار الفتية لحشرة (PERLA) نجد الصفائح الـ (ANAPLEURITE) والـ (STERNOPLEURITE) وكأنها صفائح صغيرة ومميزة، وتندمج الـ (STERNOPLEURITE) مع الـ (EUSTERNUM) مشكلة صفيحة بطنية مركبة، أما الصفائح تحت الحرقفية (SUBCOXAL) فلا تشكل تركيبات بلورية، وليس لها دور وظيفي هام لنقوم به.

عند الحشرات المجنحة كافة (PTERYGOTA) باستثناء الأطوار الفتية لرتبة (PLECOPTERA) تتقوى المنطقة البلورية، وذلك مع تطور الأجنحة وإتقان الطيران:

إذ تتحد الصفائح الناتجة عن تحت الحرقفة (SUBCOXA) لتعطي صفيحة كبيرة وتبقى صفيحة واحدة منفردة هي (TROCHANTIN) والتي لها تمفصل مع الحرقفة (COXA).

بينما تشكل الـ (STERNOPLEURITE) باتحادها مع (EUSTERNUM) السطح الاسترني النهائي.

أما العنصران الآخران لتحت الحرقفة (-ANAPLEURITE (COXOPLEURITE

فيكونان البلورة الصدرية. ويتدعم هذا السطح المتصلب كله تقريباً (أي البلورة (PLEURON بقنازع داخلية. ويقسم الدرز البلوري (PLEURAL SUTURE) والذي هو العلامة الخارجية، البلورة إلى منطقة أمامية (EPISTERNUM) ومنطقة خلفية (EPIMERON)، شكل (17).

♦ تحورات الصدرين الثاني والثالث: PTEROTHORAX

تسمح التحورات العديدة بحركة الأجنحة بفاعلية، وتشمل هذه التحورات البنية الرئيسية لمنطقة الترجة (TERGUM) بشكل خاص. وبدرجة أقل المنطقة البلورية، أما منطقة الاسترنة (STERNUM) فلا تتغير كثيراً. * الترجة (TERGUM):

يتم فصل كل جناح بالترجة بنقطتين، حيث تؤدي الصفائح الترجية دوراً هاماً في آلية الطيران، لأنها الوسيط ما بين العضلات غير المباشرة للطيران (INDIRECT WING MUSCLES) وقاعدة الأجنحة إذ إن تقلص العضلات الطولية الظهرية يعمل على نفوس الترجة (TERGUM) وهذا ما يؤدي إلى حركة الأجنحة فإلى الأسفل، ويخفض عمل العضلات المضادة الترجية الاسترنية (TERGOSTERNAL MUSCLES) الترجة وبالنسبة بحرض حركة الأجنحة للأعلى، شكل (18).

أما موضع المنطقة الترجية الخلفي (TERGUM) فيؤدي إلى التجاوب مع عمل العضلات الطولية وذلك بتغير شكلها بشكل كاف حتى زوال الغشاء بين الحلقات. أما الـ (ACROTERGITE) للصدر الثالث

(METATHORAX) وللحلقة البطنية الأولى، فقد كبرت إلى أمام الدرز الـ (ANTECOSTAL SUTURE) وأصبحتا صفيحتين هامتين نسبيا (POSTNOTUM) يمكن أن تنفصلا عن الحلقة التي تنتميان إليها بواسطة منطقة غشائية ضيقة، وبذلك تتصل هاتان الصفيحتان بالحلقة الموجودة قبلهما، شكل (18) وشكل (19).

تحتوي الحلقة الحاملة للجناح فيما بعد على صفيحتين هامتين:

- من الأمام (ALINOTUM) والتي يتم فصل عليها الجناح.

- من الخلف (POSTNOTUM) والتي تتحد مع الصفيحة الخلفية للبلورة

مع (EPIMERON)، شكل (17).

تحمل الصفيحة الخلفية (POSTNOTUM) حسب منشئها الـ

(ANTECOSTA) التي تتطور إلى هيكل الترجة الداخلي (PHRAGMA).

عند تطور الصدر الثاني والثالث (PTEROTHORAX) تقوم الزوائد

الداخلية (PHRAGMA) الثلاث كمراكز ارتباط للعضلات الطولية الظهرية

(LONGITUDINAL DORSAL MUSCLES) والتي أصبحت عضلات

طيران غير مباشرة وقوية جدا. فتقابل الزائدة (PHRAGMA) الأولى الأمامية

الـ (ANTECOSTA) في الصدر الثاني (MESOTHORAX).

أما الثانية فتقابل الـ (ANTECOSTA) التابعة للحلقة الصدرية الثالثة،

وتقابل الثالثة الـ (ANTECOSTA) التي تعود إلى الحلقة البطنية الأولى.

إضافة إلى ذلك تتولد خطوط دعم على الصفائح الترجية

للـ (PTEROTHORAX) وتسمح للهيكل الخارجي الظهرى بمقاومة أفضل

للسحب الذي تفرضه عليه حركات الأجنحة.

تتمثل قنارعه من الخارج بدروز تقسم الصفيحة الأمامية

(ALINOTUM) إلى عدة سطوح، وبالرغم من أن مسير هذه الدروز قد يكون

مختلفا فإننا نجد غالبا الصفيحة الأمامية (PRESCUTUM) والصفيحة الوسطى (SCUTUM) المفصولتين بعضهما عن بعض بواسطة درز عرضي، ويمكن لدرز على شكل حرف (V) أن يلاحظ إلى الخلف من الحد الفاصل ما بين (SCUTUM) والصفيحة الثالثة (SCUTELLUM) وتعد هذه السطوح وحدات وظيفية وهي لا تكون عادة متطابقة عند الحشرات المختلفة.

*البلورة (PLEURON):

تتحور المنطقة البلورية إلى صفيحة واسعة على الجانبين ناتجة عن اندماج العناصر تحت الحرقفية للأرجل (حسب العالم SNODGRASS) ونتيجة اتحاد الـ (EPIMERON) والـ (POSTNOTUM) تتصلب المنطقة الخلفية للصدر الثاني (MESOTHORAX) وكذلك الصدر الثالث (METATHORAX).

وعلى امتداد الدرز البلوري (PLEURAL SUTURE) تعمل زائدة الجناح البلورية (PLEURAL WING PROCESS) كنقطة اتصال بالجناح، ونجد مباشرة تحت نقطة اتصال الجناح صفيحة أو صفيحتين (BASALAR) وصفيحة (SUBALAR) وذلك في المنطقة الغشائية المتبقية، شكل (17). تعد هذه المنطقة مكان نشوء العضلات الجناحية (عضلات الطيران المباشرة).

تتدخل منطقة البلورة في آلية الطيران - حتى وإن بقي دورها غير فعال - لأنها تؤمن نقطة تمفصل الجناح وارتباط بعض عضلات الطيران. وتجدر الإشارة أخيرا إلى وجود زوجين من الثغور التنفسية الجانبية (SPIRACLES) والتي يتغير مكان وجودها إلى المنطقة الخلفية للصدر الأول (PROTHORAX) والثغور التنفسية الجانبية العائدة للصدر الثالث

(METATHORAX) والتي يمكنها أن تنتقل عند بعض الحشرات إلى المنطقة البلورية للصدر الثاني (MESOTHORAX).

* الاسترنة (STERNUM):

لا تبرز هذه المنطقة إلا القليل من التحورات ، إذ تتحد الاسترنة الرئيسية (EUSTERNUM) من الأمام والخلف بالبلورة (PLEURON)، وتمثل ميزابا، يحدد انغمادا يطلق عليه اسم فوركا (FURCA).
تلتحم الاسترنة الشوكية (SPINASTERNUM) والذي يحمل سدابة ال (SPINA) بالاسترنة الرئيسية (EUSTERNUM) الموجودة أمامه مباشرة ونجد عدة أمثلة للتصلب، وذلك حسب الحشرة، ونلاحظ صفيحة صدرية واحدة مكونة من اتحاد جميع عناصر الصدر الثاني والثالث ملتحمة بعضها مع بعض كما هو الحال عند (NOMADACRIS) وعند حشرات مستقيمت الأجنحة (ORTHOPTERA)، شكل (20).

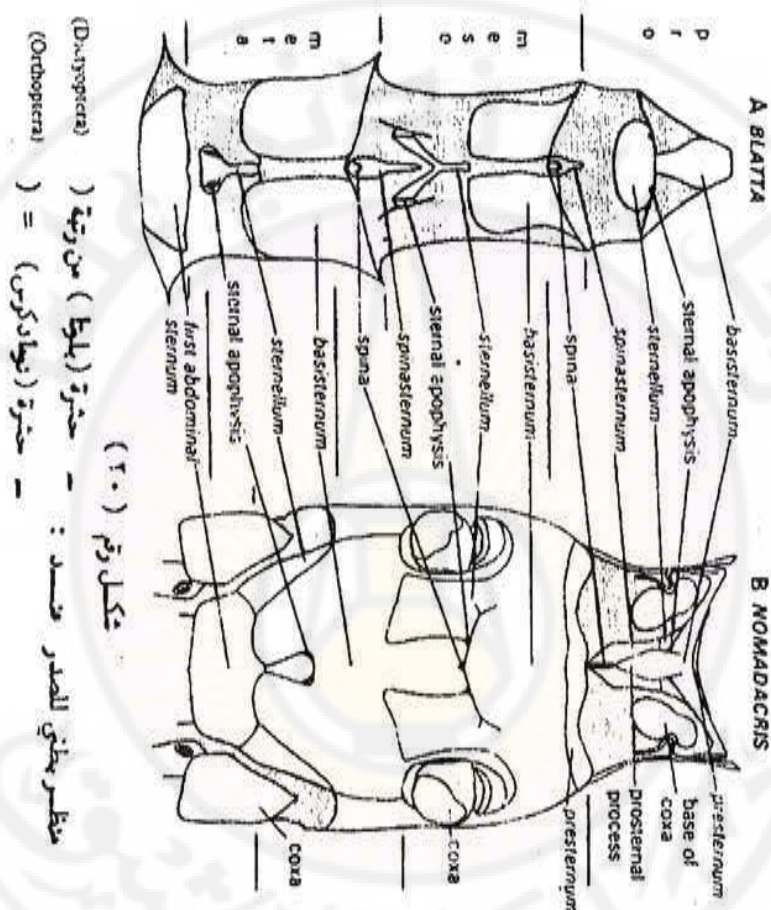
3- الهيكل الداخلي للصدر (ENDOSKELTON): شكل (21)

يتطور الهيكل الداخلي ابتداء من الانغمادات الناتجة عن المنطقة الترجية (TERGUM) والبلورية (PLEURON) والاسترنة (STERNUM)، ويعد الهيكل الداخلي هاما جدا، لأنه مكان ارتباط العديد من عضلات الأرجل والأجنحة.

α - الهيكل الداخلي للترجة (ENDOTERGITE):

تتمثل بشكل رئيسي بالزائدة الداخلية (PHRAGMA) والتي تطابق ال (ANTECOSTA) للصدر الثاني والثالث والحلقة البطنية الأولى: وهي

صفائح داخلية عريضة تسمح بارتباط العضلات الطولية الظهرية (DORSAL LONGITUDINAL MUSCLES) والقوية والتي تشكل قسما كبيرا من منطقة الصدر الثاني والثالث (PTEROTHORAX).



β- الهيكل الداخلي للبلورة (ENDOPLEURON) :

وهي قنازع بلورية، وتحدد من الخارج بواسطة الدرز البلوري (PLEURAL SUTURE) تمتد كل قنزعة بلورية من الزائدة الجناحية

البلورية وحتى زوائد الحرقفة البلورية التي تتمفصل مع الأرجل وتحمل غالبا ما يسمى الـ (APOPHYSIS) أو الذراع البلوري وينغمد داخل تجويف الجسم ، كما هو الحال عند الرعاشات (ODONATA).

٧- الهيكل الداخلي للاسترنة (ENDOSTERNUM):

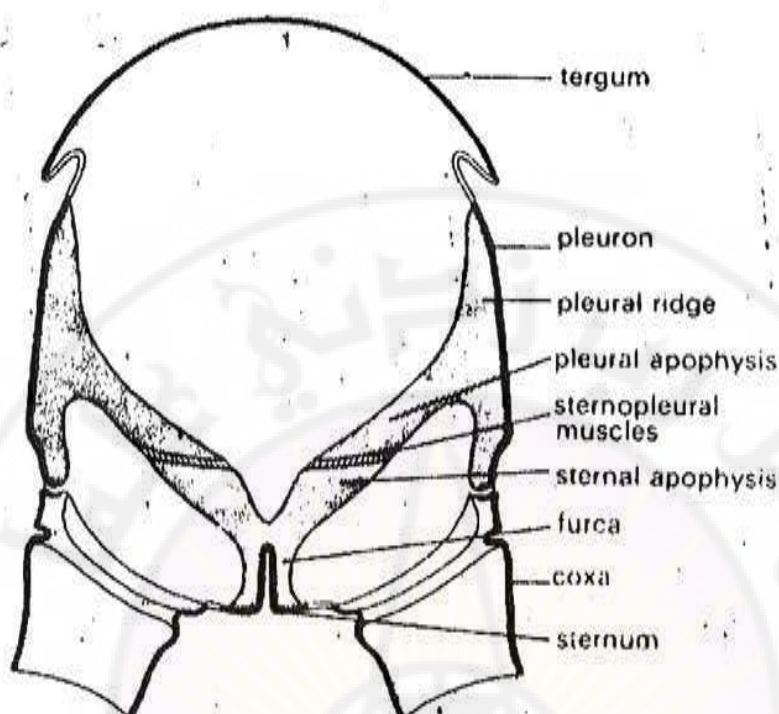
يحتوي عند كل حلقة زوجا من المحاور الناتجة عن انغمادات بمستوى الاسترنة الرئيسية (EUSTERNUM) ومع ذلك غالبا ما نجد قاعدة مشتركة لهذين المحورين ونجد تركيبا متفرعا إلى ذراعين أطلق عليهما اسم فوركا (FURCA).

يتحد ذراعا الفوركا مع الأذرع البلورية، أو أنهما يرتبطان بعضهما مع بعض بواسطة عضلات قصيرة.

عند العديد من الحشرات مستقيمت الأجنحة نجد إضافة لذلك - وعند كل حلقة - زائدة وسطى أو (SPINA) والتي تعود إلى منطقة الـ (SPINA STERNUM) وقد تختفي السبينا (SPINA) أو تتحد عند الرتب العليا للحشرات.

عند الرعاشات (ODONATA) تمتد هذه الزائدة (SPINA) الزوجية لتلتقي فوق السلسلة العصبية. أما عند النحلة فتتحد الاسترنة الداخلية لتكون جسرا يدعى (SUPRANEURAL).

وكذلك تتحد الاسترنة للصدر الثاني والثالث مكونة جسرا ثانيا يدعى (SUPRANEURAL) له الميزات نفسها.



شكل رقم (٢١)

مقطع عرضي في إحدى حلقات الصدر يبين الزوائد الداخلية



الأرجل LEGS

يكون لدى غالبية الحشرات ثلاثة أزواج من الأرجل، باستثناء بعض يرقات عديمات الأجنحة، وبعض الحشرات الكاملة ذات النظام الغذائي المتخصص.

وتستخدم الأرجل على اليابسة إما للمشي أو للركض وتساعد بعض زوائد البطن على الحركة كما هو الحال عند بعض عديمات الأجنحة وعند يرقات الحشرات المجنحة المختلفة.

1- تركيب الأرجل: STRUCTURE OF THE LEGS

تسمح رتبة الـ (THYSANURA) بتكوين فكرة عن العدد الأولي لعقل الأرجل عند الحشرات، تكون تحت الحرقفة عندها (SUBCOXA) واضحة تماما عند قاعدة الأرجل ومدعومة بالـ (EPISTERNUM) والـ (EPIMERON) المتصلبة جزئيا.

فتندمج تحت الحرقفة (SUBCOXA) عند بقية الحشرات وخاصة عند الحشرات المجنحة ، كما رأينا ذلك سابقا بالغشاء الصدري ، وما نطلق عليه اسم الرجل هو الجزء الحر فقط من الزائدة وتكون القاعدة الوظيفية فيما بعد الحرقفة (COXA) وبذلك تشمل الرجل فقط ستة أجزاء هي:

- الحرقفة: COXA

- المدور: TROCHANTER

- الفخذ: FEMUR

- الساق: TIBIA

- الرسغ: TARSUS

- الرسغ الأقصى: PRETARSUS (شكل رقم 22)

α - الحرقفة: COXA (شكل 23)

تكون العقلة الأولى مخروطية الشكل تقريبا وتدعم قاعدتها التي تحتوي على نقاط التماس مع جدار الجسم بواسطة قنزة داخلية ويمكن الاستدلال عليها خارجيا بواسطة الدرز (BASICOSTAL SUTURE). يقسم هذا الجزء القاعدي للحرقفة (COXA) أو ما نسميه (BASICOXITE) إلى قسمين رئيسيين بواسطة ميزاب يقابله من الداخل قنزة تقوية.

أطلق على الجزء الخلفي وهو أكبر الأجزاء اسم (MERON) ويكون هذا الجزء متطورا جدا عند الـ (NEUROPTERA) و (MECOPTERA) و (TRICHOPTERA) والـ (LEPIDOPTERA) وتتفصل الـ (MERON) عند الذباب (رتبة الذباب العليا) بشكل نهائي عن الحرقفة وتشكل صفيحة وتنضم هذه الأخيرة إلى جدار الصدر.

β - العقلة الثانية (المدور TROCHANTER):

وتكون صغيرة عند الحشرات ويقتصر عمل المدور على حركات عمودية وذلك نتيجة تمفصله بنتواين مع الحرقفة. يوجد عند الرعاشات مدوران لا يتحرك الأول في أثناء حركة الثاني. ويظهر التقسيم الموجود على قاعدة الفخذ (FEMUR) عند بعض الـ (HYMENOPTERA) وجود عقلة ثانية للمدور.

γ - الفخذ: (FEMUR)

ويعد من أقوى أجزاء الأرجل عند الحشرات الكاملة بالرغم من كونها صغيرة عند اليرقات. ولحجم الفخذ علاقة بأهمية عضلات الساق (TIBIA) التي يحتويها.

ولذلك نجد فخذ الأرجل الصدرية الثالثة كبيرة جدا عند الحشرات القادرة على القفز.

وللفخذ تمفصل مع المدور ، وغالبا ما يكون مسدودا ، وفي هذه الحالة لا تكون هناك عضلات فخذية ، وقد تقوم أحيانا عضلة واحدة منشؤها المدور (TROCHANTER) بحركة ضعيفة للفخذ نحو الخلف.

δ- الساق : (TIBIA)

وهو حلقة طويلة رقيقة ذات تمفصل ثنائي مع الفخذ وبذلك يمكن للفخذ أن يتحرك عموديا.

تتقوس قمة الساق عند غالبية الحشرات وهذا ما يسمح بانثناء الساق على الفخذ.

ε- الرسغ : (TARSUS)

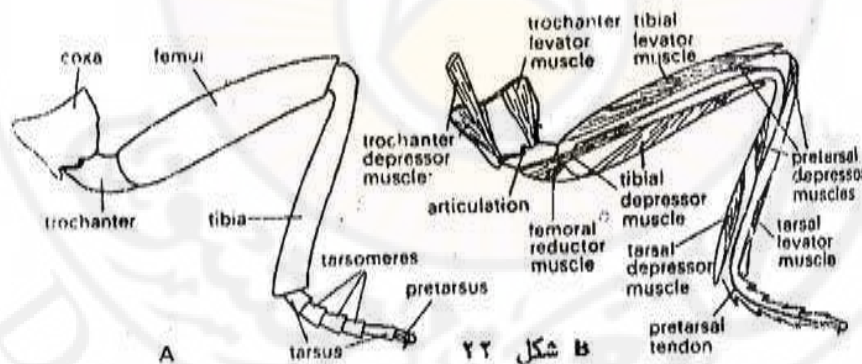
يقابل الرسغ العقلة قبل الأخيرة لزاندة مفصليات الأرجل ويكون عند رتبة (DIPLURA_PROTURA) وبعض الـ (COLLEMBOLA) وكذلك عند كثير من يرقات الـ (HOLOMETABOLA).

يكون أوليا وبسيطا ويبقى غير مجزأ ، وعند يرقات الحشرات كاملة التطور يمكن أن يندمج الرسغ مع الساق ويشكلان بذلك حلقة (ساقية رسغية) (TIBIO_TARSAL).

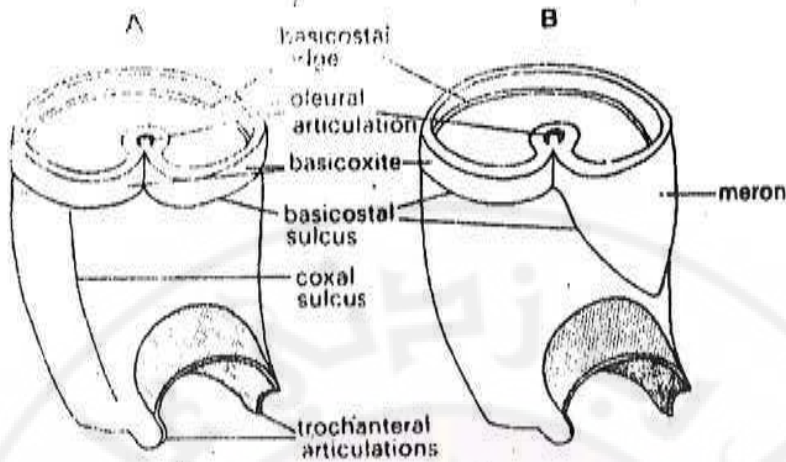
يقسم الرسغ عند الحشرات الكاملة المجنحة غالبا إلى خمس عقل أو ما نسميه (TARSOMERES) (شكل رقم 22):

وتختلف عقل الرسغ عن العقل الحقيقية بغياب العضلات. تتفصل العقلة الأولى للرسغ (TARSOMERE) مع الساق بواسطة نتوء واحد فقط أو (CONDYLE).

وليس هناك أي تفصل حقيقي ما بين عقل الرسغ المختلفة، وترتبط بعضها ببعض بواسطة غشاء مرن، وهذا ما يعطيها حرية الحركة وغالبا ما نجد زوجا من الوسائد (PLANTULAE) التي تغطي السطح البطني لعقل الرسغ (TARSOMERES) أما عقل الرسغ فقد يختزل عددها، إما باختفاء عقلة أو أكثر، وإما باتحاد العقل المتجاورة، وكمثال على ذلك نجد أن العقلة الأولى للرسغ عند فصيلة (ACRIDAE) طويلة ومكونة من العقل الثلاث الأولى (TARSOMERES) ولذلك فهي تحتوي على ثلاث وسائد (PLANTULAE).



شكل عام للرجل النموذجية يبين أجزاءها الرئيسية ومخالاتها المبركة .



شكل رقم (٢٣)

- رسم تخطيطي للحرقفة النموذجية عند الحشرات
- وكذلك حرقفة تحتوي على شفحة (مرون) واسمعة .

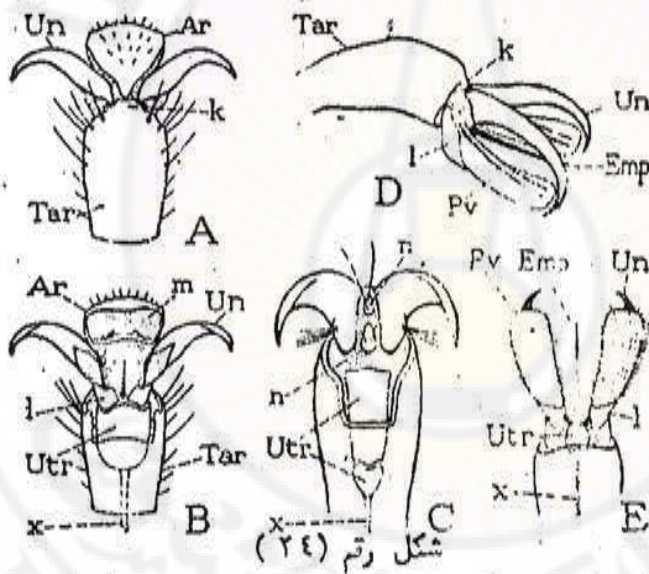
٥- الرسغ الأقصى: (PRETARSUS):

تحمل الرجل في نهايتها عدة أجزاء وتعود إلى الرسغ الأقصى (PRETARSUS).

وقد علل العالم (DEMEI GERE) عام 1901 وجود هذه الأجزاء (STRUCTURES) وكأنها مماثلة للحلقة النهائية لزائدة مفصليات الأرجل (ARTHROPODA).

ويوجد الرسغ الأقصى (PRETARSUS) بحالته البسيطة عند بعض حشرات الـ (PROTURA) وعند العديد من يرقات غمدية الأجنحة وعند العديد من يرقات (LEPIDOPTERA) و (TENTHREDINIDAE) وعندئذ يتكون كمخالب بسيط شكل رقم (24).

ولكن عند غالبية الحشرات الأخرى يحمل الرسغ الأقصى (PRETARSUS) زوجاً من المخالب الجانبية المتحركة ويشكل الرسغ الأقصى متخلاً وسطياً لأرجل حشرة الـ (LEPISMA) وبعض يرقات غمدية الأجنحة. ويتكون الرسغ الأقصى غالباً من قاعدة غشائية مدعومة بصفيحة انقباض المخالب، وتحمل أيضاً فلكة وسطى تدعى (AROLUM)، شكل 24. يصبح الرسغ الأقصى معقداً عند الذباب (DIPTERA) وذلك بوجود الـ (PULVILLI) الموجودة تحت المخالب ويوجد بينهما (AROLIUM) وهو يمتد على طول صفيحة انقباض المخالب.



شكل رقم (٢٤) تركيب الرسغ الأقصى عند الحشرات

2- المشي عند الحشرات:

يعد المشي هو طريقة الحركة الأرضية الأكثر عموماً عند الحشرات وتزاول الأرجل الصدرية الأولى في أثناء المشي - بشكل رئيسي قوى انقباض على

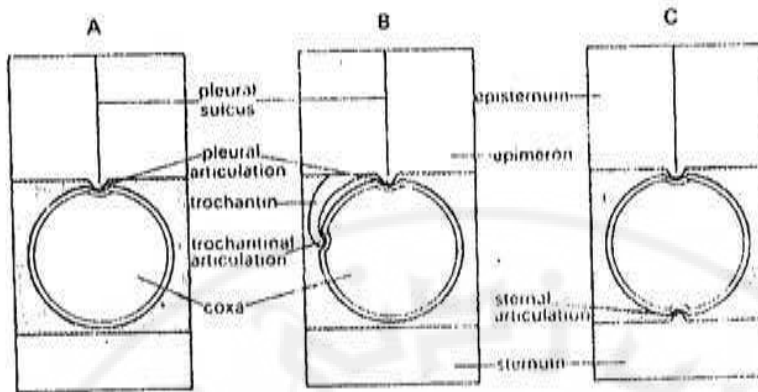
الحشرة، بينما تدفع الأرجل الصدرية الثانية والثالثة الحشرة. وتحرك الأرجل بتتابع منتظم وذلك حسب المبادئ التالية:

لا يمكن لرجل أن ترفع إلا إذا كانت الرجل التي تليها في وضعية استناد، وتتناوب حركات أرجل الحلقة الصدرية الواحدة، وبذلك يتم تقدم الحشرة على شكل خط منكسر (أسنان المنشار) بواسطة حركات الأرجل بمجموعتين متناوبتين، وتحرك الأرجل الأمامية والخلفية من الجهة نفسها والرجل الوسطى من الجهة الثانية معا إلى الأمام وتستند الحشرة إلى الأرجل الثلاث الأخرى والتي تشكل مثلث استناد.

وبهذه الطريقة يمكن للحشرة أن تتوقف في أية لحظة دون أن تفقد توازنها. ولا يتحقق هذا التناوب من الاستناد الثلاثي إلا بشكل تقريبي، إذ إن تتالي الحركات وعدد الأرجل الموجودة على الأرض يعتمد على سرعة المشي. في أغلب الأحيان ترفع الرجل الصدرية الأولى أولا ومن ثم الأرجل الصدرية الثانية من الجهة المعاكسة وأخيرا الرجل الصدرية الخلفية حتى إنه في لحظة من اللحظات نجد ثلاثة أرجل أو أربعة أو خمسة تستند إلى الأرض.

تستخدم بعض الحشرات زوجين من الأرجل للمشي كما هو الحال عند فرس النبي (MANTIDAE)، إذ تتبادل رجل أمامية من جهة مع رجل خلفية من الجهة المعاكسة أما حشرة (PETROBIUS) وهي من رتبة (THYSANURA) فتحرك الرجلين لحققة صدرية ما بالوقت نفسه.

تعتمد سعة مجمل الحركات للرجل على طريقة تمفصل الحرقفة (COXA) بالجسم ونجد ثلاث حالات لتمفصلها عند الحشرات شكل رقم (25).



شكل رقم (٢٥)

رسم توضيحي يبين التماثلات المختلفة لتفصل الحرقفة بالصدر .

* - الحالة الأولى:

تتمفصل الحرقفة (COXA) من الجهة الظهرية بالزائدة الحرقفية والبلورية ومن الجهة البطنية بالاسترنة (STERNUM) وتصبح مجمل الحركات للرجل محدودة بشدة على التنقل نحو الأمام والخلف.

* - الحالة الثانية:

عندما تتمفصل الحرقفة بالبلورة (PLEURON) تقوم بالحركات كافة التي توصلها لها العضلات (دوران-حركات إلى الأمام وإلى الخلف).

* - الحالة الثالثة :

غالباً ما نجد نقطة تمفصل ثانية بمستوى الـ (TROCHANTIN) الذي يحمل نتوءاً جانبياً (CONDYLE) شكل رقم (25). يكون سطح التمفصل إذا ما تلا ومع أن حركات الرجل تكون بالضرورة محدودة مقارنة بالحالة السابقة فإن مرونة الـ (TROCHANTIN) تسمح ببعض الدوران ولكن سعته تكون ضعيفة جداً.

تؤمن مجمل الحركات للرجل بواسطة تقلص العضلات الظاهرة والتي منشؤها الصدر وترتبط إما بالحرقة نفسها وإما على الزوائد الناتجة عن الغشاء المفصلي الحرقفي البلوري (APODEME) وإما على (TROCHANTIN).

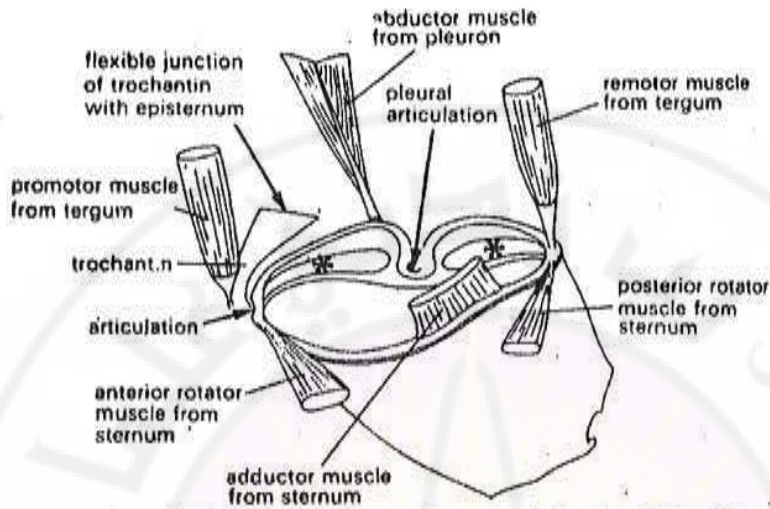
ويختلف عدد العضلات وعملها بحسب طريقة تمفصل الحرقة فحشرات الـ (ACRIDIDIDAE) مثل (DISSOSTEIRA) لأرجلها تمفصل بلوري فقط وتحتوي على العضلات التالية: شكل رقم 26.

- العضلات الممددة: PROMOTOR MUSCLES
 - العضلات المقاصصة: REMOTOR MUSCLES
 - العضلات المبعدة: ABDUCTOR MUSCLES
 - العضلات المقربة: ADDUCTOR MUSCLES
 - عضلات الدوران الأمامية: ANTERIOR ROTATOR MUSCLES
 - عضلات الدوران الخلفية: POSTERIOR ROTATOR MUSCLES
- تكون العضلات التي تعمل على تحريك العقل بشكل منفرد أكثر بساطة من عضلات الحرقة وتتألف من مجموعة واحدة فقط من العضلات المضادة لكل عقلة:

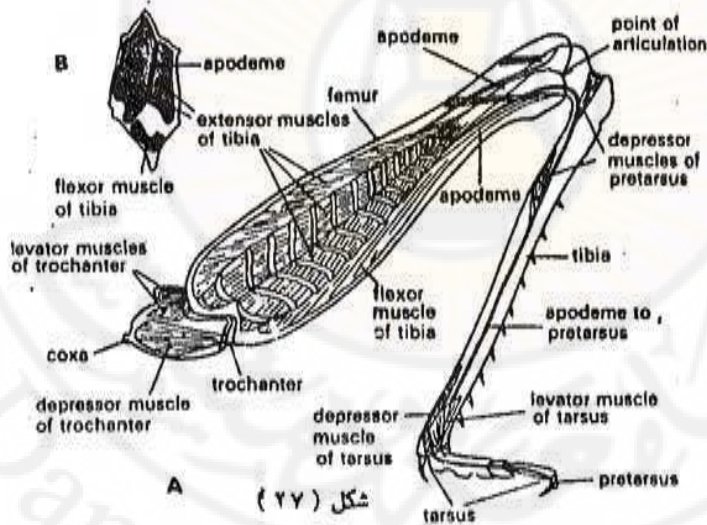
العضلات الذاتية: حيث تنشأ العضلات التي تعمل على تحريك عقلة ما داخل العقلة السابقة، ومع ذلك يمكن لبعض العضلات أن توجد داخل عقلة بعيدة عن العقلة التي تحركها ويضاف إلى العضلات الرافعة والعضلات الخافضة المضادة للمدور _ والتي منشؤها حرقفي _ تضاف عضلات خارجية ذات منشأ ترجي (TERGUM).

عندما يكون الفخذ متحركاً (FEMUR) مقارنة بالمدور فإن منشأ العضلة المقاصصة الصغيرة الفخذية يكون داخل المدور. وغالباً ما يكون تمفصل المدور بالفخذ مسدوداً، وعندها لا يكون هناك عضلات فخذية وتعمل العضلات

المدورية على تحريك المدور والفخذ (كما هو الحال عند DISSOSTEIRA وهي من فصيلة ACRIDIDAE).



شكل (٢٦) منظر داخلي للحرقفة يبين العضلات المتحركة للرجل



شكل (٢٧)

A - رسم تخطيطي لعضلات الرجل عند الحشرات
B - مقطع عرضي في الفخذ

تشكل عضلات الساق تجويف كل الفخذ وتحدد شكل هذا الأخير وحجمه وتأخذ هذه العضلات أهمية كبيرة عند الرجل الخلفية للـ (ACRIDIDAE) لأن تقلصها يحرض قفز الحشرة نتيجة لحركة الساق (TIBIA).

وترتكز العضلة الرافعة (LEVATOR MUSCLE) على سطح الفخذ الجانبي وترتبط بالـ (APODEME) الممتدة والناجمة عن الحافة الظهرية لقاعدة الساق شكل رقم (27).

تنشأ العضلة الخافضة المضادة (DEPRESSOR MUSCLE) على سطح الفخذ البطني وتلتقي الألياف المكونة لها عند الابوديم (APODEME) الناتجة عن الغشاء المفصلي البطني للساق.

يتصرف الرسغ (TARSUS) بالنسبة لعضلاته كعنصر واحد (عضلتان صغيرتان ومتضادتان) عضلة رافعة (LEVATOR MUSCLE) وعضلة خافضة (DEPRESSOR MUSCLE) ومنشؤهما داخل الساق وترتبطان بقاعدة العقلة الأولى للرسغ (TARSOMERE) ولا تحتوي العقلة الأخرى على أية عضلة.

يحتوي الرسغ الأقصى (PRETARSUS) على عضلات مقلصة للمخالب (PRETARSUS DEPRESSOR MUSCLE) ذات منشأ ساقى وفخذي وترتكز هذه العضلات على امتداد وتر العضلة والذي يبدأ من صفيحة تقلص المخالب ولا يوجد عند الحشرات عضلات تقلص وينتج تمدد المخالب من مرونة قاعدة الرسغ الأقصى (PRETARSUS).

3- تحورات الأرجل: شكل رقم 28

تبرز أرجل الحشرات العديد من التحورات، إما للتأقلم مع حركات جديدة أو من أجل استعمالات أخرى:

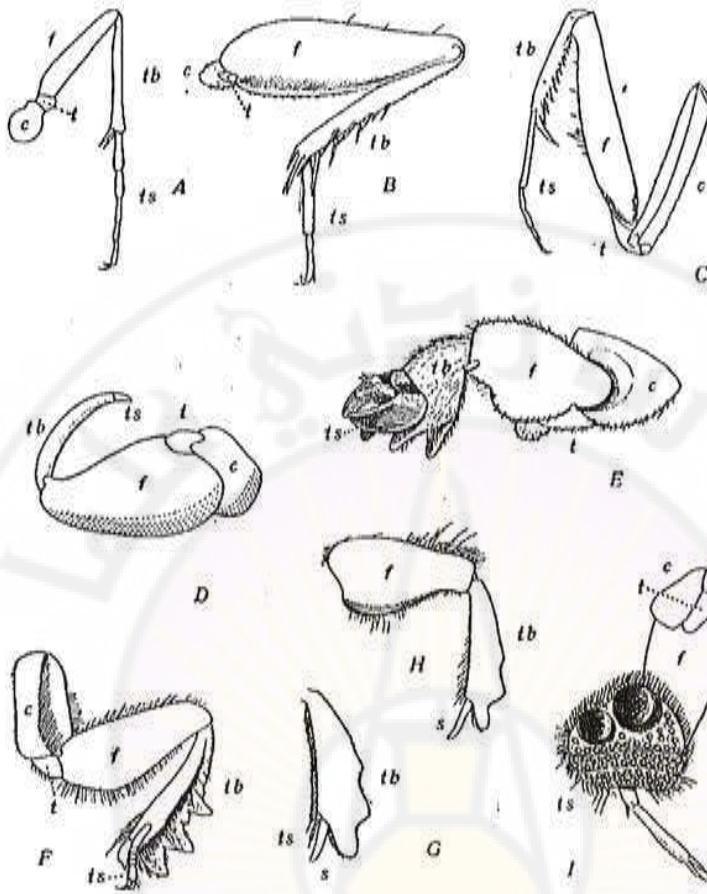
α - رجل القفز (GUMPING LEGS):

تكون الأرجل الأمامية للصدرين الأول والثاني معدة للمشي عند رتبة مستقيمة الأجنحة (ORTHOPTERA) وبعض حشرات غمدية الأجنحة فصيلة (CHRYDOMILIDAE).

أما فخذ الأرجل الخلفية_أرجل الحلقة الصدرية الثالثة_فيكون عريضاً ليحتوي العضلات الرافعة (LEVATOR MUSCLES) القوية للساق (TIBIA). يزيد الارتباط المنحرف للألياف العضلية قوة هذه العضلات وذلك بزيادة سطحها أضف إلى ذلك أن الـ (APODEME) التي تتركز عليها هذه العضلات تكون نقطة بدايتها فوق تمفصل الفخذ بالساق. تسمح هذه التحورات لنهاية الرجل بأن تمارس ضغطاً كبيراً على الأرض عندما تنصب الساق وبذلك تقذف الحشرة بعيداً إلى الأمام. عند بعض الحشرات القافزة مثل:

(CERCOPIDAE_PSYLLIDAE JASSIDAE_ MEMBRACIDAE)

تتم القفزات بواسطة دوران الرجل حول التمثفصل الحرقفي المدوري. أما قفز رتبة حشرات (SIPHONAPTERA) فينتج عن جهاز معقد يعمل على الدوران المفاجئ للفخذ نحو الأسفل.



β- رجل العوم (SWIMMING LEGS):

تستخدم الحشرات المائية (HETEROPTERA_COLEOPTERA)

أرجل الصدر الثالث وفي بعض الأحيان بالوقت نفسه الأرجل الصدرية الثانية من أجل العوم.

تتمدد الساق والرسغ على شكل مضرب ، ويزداد سطحها بوجود شعيرات قاسية، وتكون نقطة اتصال الأرجل الخلفية أكثر خلفية من أرجل الحشرات الأرضية ؛ حيث تلتحم الحرقفة مع الصدر عند حشرات الـ

(GYRINIDAE-DYTISCIDAE) وهذا ما يحدد احتمالات الحركة ليس

هناك إلا مجموعتان من عضلات الحرقفة:

واحدة قوية وهي العضلات المقلصة (REMOTOR MUSCLES)

والثانية العضلات الممددة (PROMOTOR MUSCLES) وهي أضعف من سابقتها.

تتناقص الحركة المتوافقة لمرجلين للحلقة الصدرية مع الحركة المتباينة والموجودة عند الحشرات الأرضية.

٧- رجل حفر (BURROWING LEGS):

تحفر الحشرات أكلة البراز (روث الحيوانات) من رتبة غمضية الأجنحة بمساعدة الأرجل الأمامية إذ يعرض الساق ويجهز بأسنان (حيث يكون المخلب عند الـ CANTHON ويميل للاختفاء عند الـ ATEUCHUS).

ومن أهم الأرجل المتحورة للحفر نذكر تلك العائدة ليرقات (CICADIDAE) وحشرة (GRYLLOTALPA) إذ تتمدد الساق والرسغ ويشكلان (شبه رفش أو مجرفة حقيقية).

٨- رجل تثبيت (FIXATION LEGS):

تتثبت حشرات الـ (ANOPLURA) بأوبار عائلها بواسطة أرجلها إذ ينتهي الرسغ المشترك بمخلب قوي يرتد على زائدة الساق.

يستخدم ذكر الـ (DYTISCUS MARGINALIS) أرجل الصدر الأول في القبض على الأنثى في أثناء التزاوج إذ تندمج ثلاث عقل رسغية مكونة شكل مضرب مزود بعدد من الصمامات التي تساعد على الالتصاق.

٩- أرجل قنص (PREDEACEOUS LEGS):

تستعمل الأرجل عند الرعاشات (ODONATA) للمشي قليلا وتنتقل نقطة التصاقها بالجسم إلى الأمام ولذلك تكون الأرجل خلف أجزاء الفم مباشرة.

وتستخدم الحشرة أرجلها من أجل مسك الفريسة وحفظها وتوصف
الأرجل الأمامية لحشرات الـ (MANTIDAE) وحشرة (MATISPA)
(STYRIACA) وهي من رتبة (NEUROPTERA) وبعض حشرات نصفية
الأجنحة الـ (HEMIPTERA) توصف بأنها أرجل النهب، ويكون الساق عند
الأرجل الأمامية لحشرة (MANTIS) مزودا بأسنان وينطوي داخل ميزاب في
الفخذ مزود بصفيين من الأسنان.

أما بالنسبة لحشرة (CARCINOCORIS) وهي من رتبة نصفية
الأجنحة (HEMIPTERA) فتشبه أرجلها الأمامية ملاقط السلطعون ويحمل
الفخذ المتضخم زائدة ممتدة ويأتي الساق عليها ليشكل ملقطاً.

ج- أرجل جمع حبوب اللقاح (COLLECTING LEGS):

تستخدم الأرجل الخلفية لحشرات غشائية الأجنحة
(HEMENOPTERA) لنقل حبوب اللقاح فيتوسع الساق ليحمل فرشاة كبيرة
لجمع حبوب اللقاح ويطلق عليها اسم (SCOPA) وهي مزودة بشعيرات طويلة
وتشكل بذلك سلة (CORBICULA) حبوب الطلع وتحمل عقلة الرسغ الأولى
والممتدة على سطحها الداخلي عدة صفوف من الأشواك القصيرة، والتي تشكل
فرشاة وتجمع النحلة حبوب الطلع بواسطة هذه الفرشاة وتلصقها بشعيرات
جسمها، وعندما تتجمع كمية كافية من حبوب الطلع على الفرشاة تكشط وتحفظ
في السلة بواسطة الرجل الخلفية الأخرى.

١١- تنظيف قرون الاستشعار:

يعد تنظيف قرون الاستشعار من الأمور الهامة لعملها وتتم هذه العملية
غالباً بواسطة الأرجل وتختلف أجهزة التنظيف هذه حسب الحشرة.

ف عند بعض الحشرات غشائية الأجنحة (HYMENOPTERA) تشكل عقلة الرسغ الأولى للأرجل الأمامية خزا تنظيف عليه قرون الاستشعار وهناك أيضا مهماز ساقي يحفظ قرن الاستشعار.

ونجد بحالة مماثلة عند حشرات غمدية الأجنحة (COLEOPTERA). يحمل الساق على سطحه البطني مهمازا عند رتبة حرشفية الأجنحة وتحتوي المشاشة على شعيرات تستعمل لتنظيف قرون الاستشعار والخرطوم.

0- الصرير (STRIDULATION):

ينتج الصوت عند غالبية حشرات (ACRIDOIDEA) عن احتكاك الفخذ الخلفي بالجنح الأمامي (ELYTRE) وحسب الفصائل في أثناء احتكاك الحشرة إما بالقنزة وإما بصف الزوائد الفخذية على بعض عروق الـ (ELYTRE) حيث تعمل علىذبذبة الجناح وينتج عنها صوت يختلف بين 20_50 هزة في الثانية.

THE WINGS الأجنحة

1- أصل الجناح : ORIGIN OF THE WINGS

إن وجود الأجنحة عند الحشرات قد ساعد على ازدياد احتمالات تنقلها من مكان إلى آخر، وتكون الأجنحة عند الحشرات تركيباً يضاف إلى التجهيزات المحركة بأشكال مستمدة من الأسلاف، بينما تكون عند الفقاريات - كما هو الحال عند الطيور والخفاش - ناتجة عن تحورات عضو كان في السابق محركاً. منذ أعمال الباحث (1916 CRAMPTON) فإن نظرية "الأصل الباراتيرجي (PARATERGAL) للأجنحة أي نشوء الأجنحة عن زوائد الترجة الجانبية - متفق عليها بشكل كلي، وحسب هذه النظرية فإن الأجنحة قد ظهرت نتيجة لتطور الجزء الجانبي للترجة (TERGUM).

وقد شاهدنا سابقاً وجود فصوص (PARANOTAL LOBES) على الصدر الأول لبعض الحشرات المتحجرة (المستحاثات) (LEMMATOPHORA TYPICA) وهي من رتبة الـ (PLECOPTERA).

إضافة لذلك أجري العديد من الأبحاث على أنواع مختلفة من مفصليات الأرجل غير الحشرات مثل (CHILOPODA) وأبرزت هذه الدراسات ما يلي:

تستطيع الترجة (TERGUM) أن تُعطي تركيباً يشبه الأجنحة، وتكمن الخلافات ما بين العلماء على الطريقة التي يمكن بها لهذه الفصوص الجانبية (بارانوتال) أن تصبح أجنحة فعالة، وفيما إذا كانت هذه الفصوص متمفصلة أم غير متمفصلة بالجسم قبل أن تصبح هذه الأجنحة فعالة.

ومن المحتمل أن أسلاف الحشرات المجنحة كانت تتسلق النباتات العالية للبحث عن الغذاء، ومن ثم تنزل بمساعدة الزوائد الجانبية للترجة (بارانوتال) ويتوافق ظهور الحشرات المجنحة مع بروز النباتات المرتفعة.

تعد الحشرة المجنحة (EOPTERUM DEVONICUM) من أقدم الحشرات وبالوقت نفسه الأكثر بدائية، حيث تمثل أجنحتها المرحلة الأولى لتحول الفصوص (البارانوتال) إلى أجنحة بشكل مدبب، مثلث، ولا تحمل الأجنحة إلا بعض العروق، أحد هذه العروق سميك وهو العرق الضلعي (COSTA) وتحت العرقي (SUB-COSTA) والشعاعي (RADIUS) ومن المحتمل ضلع آخر هو الخلفي (CUBITAL) ولا تستطيع حشرة الـ (EOPTERUM) الطيران حتى هذا الوقت ولكنها تحوم على مسافات قصيرة.

2- تركيب الأجنحة: STRUCTURE OF WINGS

لا نجد الأجنحة الكاملة النمو والتي تعمل بشكل جيد إلا عند الحشرات الكاملة. فعند الحشرات ذات التطور المختلف تبدو ملامح الأجنحة خلال حياة طور الحورية كبروزات خارجية على امتداد الحواف الجانبية للترجة (TERGUM) الحلقة الصدرية الثانية والثالثة.

أما عند الحشرات كاملة التطور (HOLOMETABOLA) فتتمو الأجنحة ابتداء من (IMAGINAL DISCS) الداخلية خلال فترة تكوين الأجنحة.

تعطي التغيرات الهيستولوجية الهامة شكل الجناح وبنية الخاصة، وعندما تفرز خلايا الجلد (EPIDERME) (الكيوتيكل) فإنها تختفي تقريبا بشكل نهائي، وبذلك فإن بنية الجناح تتكون فقط من الكيوتيكل، وهو غشاء ناعم يتكون من طبقتين ملتصقتين ببعضهما البعض.

وفي أثناء مرحلة التطور تمثل عروق الأجنحة بشبكة من الفجوات حيث تفرز الخلايا الأدمية المركزة حول هذه الفجوات، طبقات كيوتيكل والتي تشكل جدار العروق، وتدعم العروق غشاء الجناح وتسمح إضافة لذلك بعبور القصبات الهوائية والأعصاب وحركة الدم.

إن غياب خلايا البشرة يتحدد بالانسلاخ عندما يكتمل نمو الأجنحة وتطورها، وتعد حشرات الـ (EPHEMEROPTERA) من وجهة النظر هذه فريدة من نوعها، وهي الحشرات الوحيدة التي تظهر مرحلتين متتاليتين في طور الحشرة الكاملة، ولها أجنحة تعمل بشكل جيد، بعد أن تظهر فترة الطيران القصيرة، والثانية تنسلخ لتعطي شكل الحشرة الكاملة النهائي.

شكل الجناح :

يكون الجناح مثلثي الشكل تقريبا، وتمثل جهاته الثلاث بما يلي:

- حافة خارجية أو قمية APICAL MARGIN

- حافة داخلية (انال) ANAL MARGIN

- حافة أمامية COSTAL MARGIN

ويمكننا تمييز ثلاث زوايا بسهولة تامة هي:

- الزاوية العضدية على قاعدة الحافة الداخلية: HUMERAL ANGLE

- الزاوية القمية ما بين الحافة الداخلية والخارجية: APICAL ANGLE

- الزاوية الداخلية وتقع ما بين الحافة الخارجية والداخلية: ANAL ANGLE

يلاحظ عند الكثير من الحشرات بقع عاكسة واضحة هي الـ (STIGMA) أو (PTEROSTIGMA) على الحافة الأمامية للجناح، شكل (29).

وتوجد على زوجي الأجنحة للرعاشات (ODONATA) وعلى
الأجنحة الأمامية للـ (PSOCOPTERA) والكثير من الـ
(HYMENOPTERA) وعند رتبة (MECOPTERA).
يكون الجناح المثالي شفافا كما هو الحال عند الرعاشات وغشائية
الأجنحة ويعطي في أكثر الأحيان لونا قزحيا شبيها ببنية الجناح نفسه.
وبالرغم من أن الجناح يبدو عار لأول وهلة عند غالبية الحشرات، إلا
أن هناك شعيرات مجهرية دون أي تفرعات عصبية على سطحه.
أما عند بعض المجموعات فتبدو الأجنحة بالعكس تماما مكسوة بشعيرات
كما هو الحال عند الـ (TRICHOPTERA) وعند الحشرات التابعة لفصيلة
(PSYCHODIDAE).

وحسب رأي العالم (TILLYARD 1918) قد تظهر هذه الشعيرات
ذات الأشواك الصغيرة غير المتمفصلة على سطح الجناح وعلى العروق.
أما الـ (MACROTRICHES) أو الشعيرات الحقيقية والتي لها
قاعدة ارتباط دائرية فإنها لا توجد إلا على العروق الطولية. ويمكن لهذا
الاستنتاج أن يكون له أهمية كبرى لتعليل نظام التعريق وتحليله.
أثناء مراحل التطور قد تختفي بعض العروق ولكن الشعيرات الحقيقية
التي كانت ملازمة لها تبقى وتشهد بذلك على وجودها الأمامي.
تعد حراشف الـ (LEPIDOPTERA) من الشعيرات الحقيقية
المتحورة جدا وذات تركيب معقد والصبغات الموجودة على الحراشف هي
المسؤولة عن تلون أجنحة حرشفية الأجنحة، وفي حالات أخرى تعود ألوان
الأجنحة لألوان فيزيائية ناتجة عن انكسار الضوء بواسطة التخطيط الناعم
للحراشف.

أما عند ذكور الكثير من مجموعات حرشفية الأجنحة، فتتشرك حراشف متخصصة ذات عطر أو (ANDRCONIES) بالغدد وتكون مبعثرة على سطح الجناح أو متمركزة في مساحات محددة.

إضافة للشعيرات الحقيقية والموجودة على امتداد العروق، نجد عدة مجموعات من الشعيرات الحسية موجودة على قاعدة الجناح.

تكون الأجنحة الأمامية عند بعض الحشرات قاسية جدا، وتحمي الأجنحة الخلفية الشفافة عندما تكون بحالة الراحة، فعند حشرات مستقيمت الأجنحة والـ (DERMAPTERA- DICTYOPTERA). تملك الأجنحة أو الـ (TEGMINA) كثافة الجلد وقوامه، وتكون متصلبة على كامل سطحها. أما عند الـ (ETEROPTERA) فيتصلب الجزء القاعدي للأجنحة الأمامية فقط، ومن هنا أتى اسمها نصفية الأجنحة (HEMI - ELYTRE).

تكون الأجنحة الأمامية (ELYTRE) عند رتبة (COLEOPTERA) متصلبة وقاسية ولا يظهر عليها من الخارج أي أثر للتعرقات الأصلية. لذلك يختلف زوجا الأجنحة بعضهما عن بعض، ويختفي أحدهما نهائيا كما هو الحال عند رتبة ذات الجناحين (DIPTERA) وعند ذكور الـ (COCCOIDEA) حيث تتحول الأجنحة الخلفية إلى دبوسي توازن رفيعين (HALTERE) وهما عضوان حسيان يتدخلان للحفاظ على استقرار الحشرة وثباتها في أثناء الطيران.

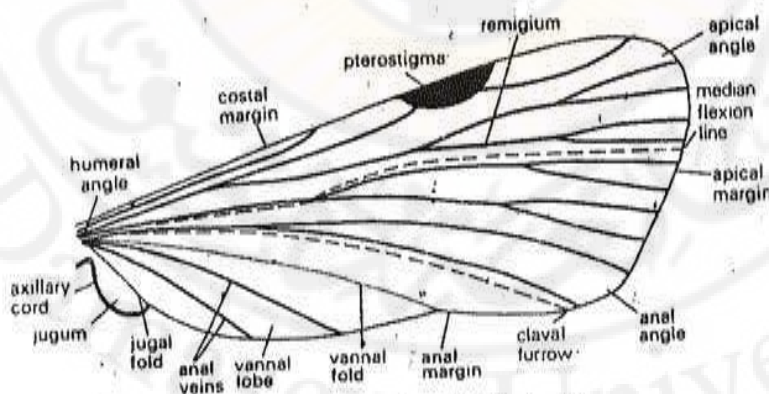
ونجد عند ذكور الـ (STREPSIPTERA) أن الأجنحة الأمامية هي المختزلة والضامرة إلى حراشف صغيرة، كما نجد الملاحظة نفسها، عند (ATRACROCERUS) وهي من الـ (COLEOPTERA).

وتكون الأجنحة الأمامية والخلفية لبعض الحشرات ضامرة وهذه حالة بعض حشرات مستقيمت الأجنحة.

تنتشر حالة عدم وجود الأجنحة كثيرا عند الحشرات، وقد يكون غياب الأجنحة شرطا بدائيا عند الحشرات عديمة الأجنحة واكتسب بصفة ثانوية عند الحشرات المجنحة.

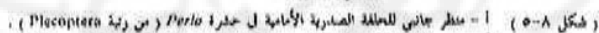
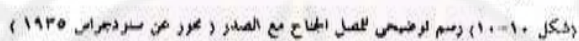
ويمكن أن تختفي الأجنحة نتيجة لطريقة معيشة الحشرة وحياتها كما هو الحال عند الحشرات المتطفلة (MALLOPHAGA) أو تلم بأحد الأجناس فقط، كما هو الحال عند حشرات الـ (COCCIDAE - EMBIOPTERA - STREPSIPTERA - HYMENOPTERA) وبعض حشرات فصيلة (CHALCIDIDAE).

حيث يكون الذكر مجنحا والأنثى عديمة الأجنحة، أما عند النحل والنمل الأبيض فتكون الفرق المحايدة عديمة الأجنحة وبعد طيران الزواج تفقد الملكة والذكور أجنحتها. وتتكرر الأجنحة على امتداد درز قاعدي، وقد يختلف نمو الأجنحة عند النوع نفسه، وذلك حسب الفصل، وحيث الموقع الجغرافي فهناك أجيال عديمة الأجنحة من (APHIDOIDEA) وهناك أيضا عند الحشرات بعض الحالات عديمة الأجنحة المعزولة، فبعض الأنواع تكون عديمة الأجنحة، بينما نجد الأنواع القريبة لها جدا، تملك أجنحة طبيعية كما هو الحال عند بعض الـ (COLEOPTERA).

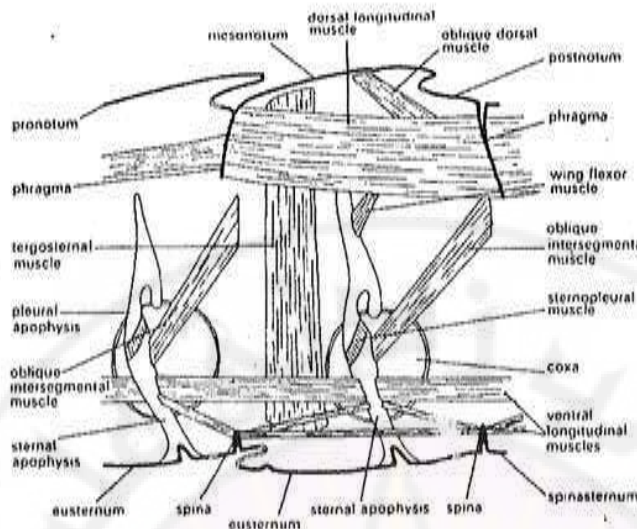


شكل رقم (٢١)

شكل توضيحي يبين بعض صفات الجناح

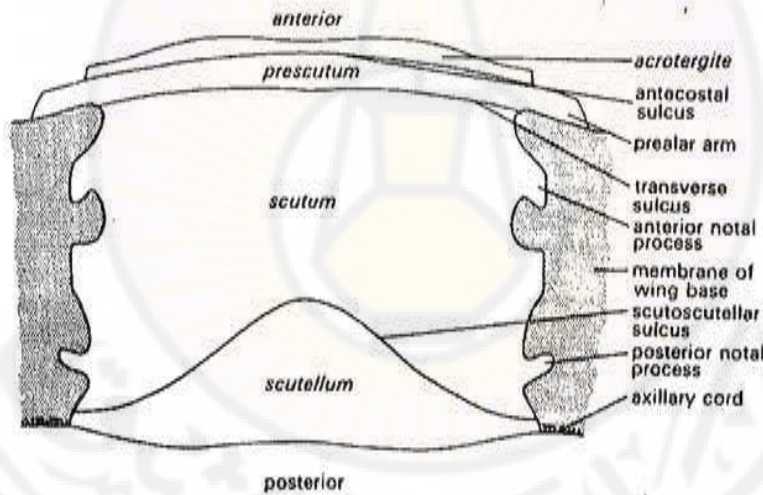


ب - (رسم لطيف يبين منظر جانبي طفلة نموذجية صدرية تحمل أحمدة (عن Snodgrass عام ١٩٣٥))



شكل رقم (١٨)

المضلات الرئيسية للصدر الأمامي لأحدى الحشرات المجنحة
• إضافة لمضلات الرجل



شكل رقم (١٩)

(NOTUM)

رسم تخطيطي يبين الأجزاء المختلفة للمعطقة الظاهرية
لأحدى الحلقات الصدرية المجنحة •

3 - تمفصل الأجنحة: ARTICULATION OF THE WINGS تكون حركات الأجنحة معقدة جداً، خاصة عند الحشرات التي تطوي أجنحتها على ظهرها في أثناء فترة الراحة، ويتطلب هذا طريقة تمفصل مهيأة ومتطورة ما بين الجناح والجسم.

ومنذ زمن العالم (1924 MARTINOV) قسمت الحشرات المجنحة إلى حشرات مجنحة لا تستطيع طي الأجنحة في أثناء الراحة (PALEOPTERA) وإلى حشرات تستطيع طي أجنحتها في أثناء الراحة (NEOPTERA)، فعند الحشرات (PALEOPTERA) مثل الرعاشات والـ (EPHEMEROPTERA) لا تتمكن الحشرات من طي أجنحتها، وهي إما أن تبقى مرفوعة، وتكون الأجنحة الأولى مطبقة على الثانية، وإما أن تكون ممتدة بشكل أفقي ممدودة على الجسم عندما تكون الحشرة واقفة، ويكون تمفصل الأجنحة بسيطاً عند هذه الحشرات. أما بقية الحشرات فتتبع (NEOPTERA) حيث تتطوي الأجنحة على الظهر باتجاه الخلف عندما تكون الحشرة بوضعية الراحة، وعندها يكون تمفصل الأجنحة مميزاً بشكل واضح ويمكن تحليله بسهولة أكثر.

α - تمفصل الأجنحة عند الـ (NEOPTERA): شكل (30)

ترتبط الأجنحة بالجسم بواسطة غشاء قاعدي مرن يحتوي على عدة صفائح، تسمح هذه الصفائح بحركات الجناح المختلفة. ويكون عدد صفائح الجناح أو الـ (PTERALIA) بشكل عام ثلاث صفائح:

- الصفيحة الإبطية الجناحية الأولى

(AXILLARY SCLERITE = AX1):

وهي الأمامية تتم فصل بالنتوءات الظهرية الأمامية لمنطقة (ALINOTUM) وكذلك بالحافة الجانبية لصفحة (SCUTUM) أما من الناحية الجانبية فترتبط بحافة الصفحة الإبطية الثانية، وترتبط أيضا بقاعدة العرق تحت الضلعي (SUB - COSTA = SC).

- الصفحة الإبطية الثانية (SECOND AXILLARY = AX2):

تتم فصل مع الصفحة الإبطية الثالثة إضافة لتم فصلها مع الصفحة السابقة، وترتكز مباشرة فوق النتوء البلوري حيث ترتبط هناك بواسطة رباط عظمي اسمه (LIGAMENT) فتدور هذه الصفحة إذا على الزائدة البلورية.

- الصفحة الإبطية الثالثة (THIRD AXILLARY = AX3):

وهي على شكل حرف (Y) تتم فصل بواسطة الفرع القريب بالزائدة الظهرية الخلفية للـ (ALINOTUM) و تتم فصل بواسطة الفرع البعيد بالعروق الخلفية (ANAL VEINS). وترتبط بالصفحة الأولى بواسطة رباط الـ (LIGAMENT).

تدرج صفحة جناحية رابعة عند رتبة (ORTHOPTERA) والـ (HYMENOPTERA) بين الزائدة الظهرية والصفحة الجناحية الثالثة.

هناك زوج من الصفائح الوسطى، التي تنفصل بعضها مع بعض بواسطة طية قاعدية، وهذه العناصر هامة جدا من أجل ثني الأجنحة في أثناء الراحة. تتم فصل الصفحة القريبة مع الصفحة الإبطية الثالثة أما الثانية فتتم فصل مع العروق الوسطى الضلعية (M - CU - PCU).

إضافة لذلك، وعلى الحافة الأمامية للجناح، تتوضع صفحة صغيرة (HUMERAL PLATE) قاعدة العرق الضلعي (COSTA = C).

ويرتبط غالبا بالـ (TEGULA) وهي فص واسع حرشفي الشكل يغطي قاعدة الجناح الأمامية عند بعض الحشرات.

وهناك الـ (TEGULA) على الأجنحة الأمامية والخلفية لترتبة الـ (DERMAPTERA_PLECOPTERA) ولا توجد هذه الصفيحة عند بقية الرتب، إلا على الأجنحة الأمامية، كذلك لا توجد إطلاقاً عند رتبة الـ (COLEOPTERA).

وكون هذه المنطقة واسعة فإنها تحمي قاعدة الأجنحة الأمامية لحشرات غشائية الأجنحة وحرشفية الأجنحة.

وعلى الحافة الخلفية (ANAL MARGIN) هناك شريط إبطي يدعم غشاء الجناح يسمى (AXILLARYCORD).

تبدو صفائح الجناح المختلفة مرتبطة بعروق محددة وكأنها قطع قاعدية مفصولة ومحورة عن بعض العروق وقد تمثل الصفيحة العضدية (الذراعية) (HUMERAL PLATE) القاعدة المفصولة عن العرق الضلعي (COSTA) وتكون الصفيحة الإبطية الأولى قاعدة العرق (SC) والثانية قاعدة العرق الشعاعي (R) أما الصفيحة الثالثة فقد تكون قاعدة العرق الخلفي (A) ويتأكد هذا الرأي عند دراسة أجنحة حشرة (OSTRAVA NIGRA). فعند هذه الحشرة المتحجرة (المستحاثات) تغلّ قاعدة العروق صفائح التمثيل، وتتفصل كل منها عن الأخرى ولا يزال انتماء كل صفيحة إلى عرقها الأصلي واضحاً.

بالنسبة لترتبة الـ (PELECOPTERA) وعند (EPHEMEROPTERA) لا تتميز الصفيحة الوسطى البعيدة ولكن ترتبط الصفيحة الوسطى القريبة بالعروق الوسطى (M) والضلعي (C) وتمثل هذه الصفائح قاعدة هذه العروق كما تبدو الصفيحة الوسطى البعيدة بصورة ثانوية وذلك بوجود علاقة مع الطية القاعدية.

β- تمفصل الأجنحة عند الـ (PALEOPTERA):

إن جمع رتبة الرعاشات ورتبة ال (EPHEMEROPTERA) تحت اسم (PALEOPTERA) يبدو سطحيا لأن الاختلافات البنيوية لقاعدة الجناح عند هاتين الرتبتين واضحة جدا.

عند رتبة ال (EPHEMEROPTERA) لا يختلف سطح تمفصل الجناح عن ذلك الموجود عند مجموعة ال (NEOPTERA) شكل رقم (31).
فنجذ على قاعدة كل جناح صفيحة عضدية صغيرة (HUMERAL PLATE) تدرج ما بين نهاية العرق الضلعي (C) وفص صغير ناتج عن ترجمة الحلقة الصدرية.

ومع أن الصفائح الإبطية مميزة قليلا فمن السهل مطابقتها بالصفائح الإبطية الثلاث عند ال (NEOPTERA) نظرا لتوضعها النسبي المشابه.
يحاط الغشاء الإبطي من الجهة الخلفية بشريط يدعى الشريط الإبطي (AXILLARY CORD)

تحتوي منطقة التمفصل عند رتبة الرعاشات على صفيحتين كبيرتين ومتصلبتين جدا شكل رقم (31).

الصفيحة الأمامية تطابق الصفيحة العضدية وترتبط هذه الصفيحة بقاعدة العرق الضلعي (COSTA) بواسطة صفيحة صغيرة ويعود كبر هذه الصفيحة إلى بعض الصفات الخاصة لآلية الطيران عند هذه الرتبة.
توافق الصفيحة الخلفية أو الصفيحة الإبطية بوضعيتها الصفائح الإبطية عند ال (NEOPTERA).

وقد عد العالم (KUKALOVA 1960) خلال الدراسة المقارنة لتمفصل الأجنحة عند ال (OSTRAVA NIGRA) إن الصفيحة الإبطية قد تكون ناتجة عن اتحاد قاعدة العروق ال (R.M-CU-A) أما الصفيحة العضدية

(HUMERAL PLATE) والصفحة الإبطية فتتمفصلان على الحافة الجانبية للترجة وتضغط كل منهما على زائدة الجناح البلورية المتشعبة.

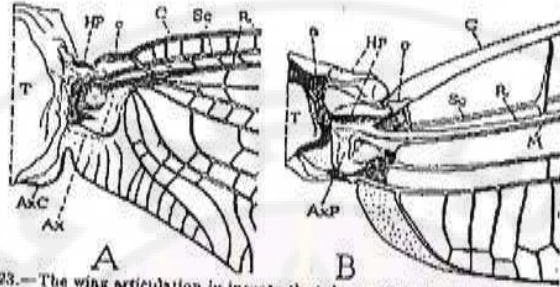


FIG. 123.—The wing articulation in insects that do not flex the wings. A, wing base of a mayfly. B, wing base of a dragonfly. Ax, axillary region; AxP, axillary plate; HP, humeral plate.

شكل (٣١)

رسم تخطيطي يبين تفصل الأجنحة عند الحشرات التي لا تستطيع طي أجنحتها .

4- تعريق الأجنحة: (VENTATION) شكل (32):

تعود قوة الجناح إلى وجود العروق وبفضلها تستطيع الأجنحة أن تؤدي كل الحركات المطلوبة منها في أثناء الطيران.

لم يعرف نظام التعريق الحقيقي ولا يبدو تعريق الأجنحة البدائي للـ (EOPTERUM) وكأنه تأقلم للطيران النشط ولكنه يظهر وكأنه حماية للمنطقة الأمامية ضد الصدمات المحتملة عند هبوط الحشرة على عائق أو سقوطها عليه.

أما الحشرات المتصلبة الأخرى عديمة الأجنحة (المستحاثات) والمعروفة حتى أقدم الحشرات فلديها نظام معقد جداً لعروق الأجنحة.

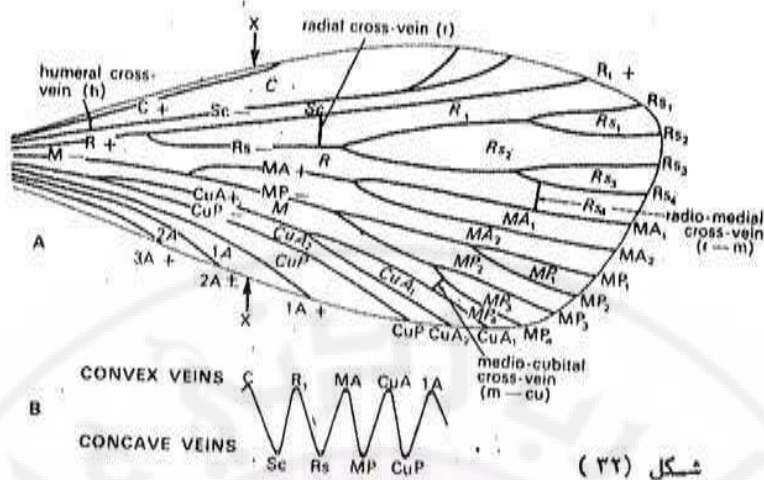
ترتبط العروق الطويلة وتشعباتها بشبكة أقل سماكة عند الحشرات المتحجرة القديمة (ARCHEDICTYON).

وبما أن نظام التعريق متطابق عند الرتب المختلفة للحشرات المجنحة بالرغم من وجود اختلافات بالمستوى نفسه؛ فإنه يتوجب افتراض منشأ موحد تبدأ منه الاختلافات اللاحقة.

وهكذا استطاع العالمان (COMSTOCK-NEEDHAM) 1848م أن يرسموا مخططاً أولياً لنظام تعريق الأجنحة وأشكالها. ورسم هذا المخطط بعد دراسة مطولة لولوج القصبات الهوائية في جيوب الأجنحة خلال فترة النمو ما بعد الجنيني لأن مسير القصبات الهوائية يحدد بشكل عام موقع العروق المستقبلية.

ولا يزال هذا البحث الهام من الأبحاث الرئيسية بالرغم من التعديلات التي طرأت عليه من قبل العلماء (-LAMEERE- MARTINOV- 1920) و TILLYARD ويعتمد عليه لإجراء التطابقات الرئيسية للعروق وتفرعاتها عند مختلف الحشرات.

وتحتوي التعريقات القديمة حسب مخطط (COMSTOCK-NEEDHAM) على عرق صغير (PRECOSTA=PC) على قاعدة الجناح وعرق ضلعي (COSTA=C) وتحت ضلعي (SC) بفرعين وعلى (RADIUS=R) بخمسة فروع وعلى (MEDIA=M) بستة فروع وعلى (CUBITUS=CU) بثلاثة فروع وعدد مختلف للعروق الخلفية (ANAL=A):



شكل (٣٢)

- رسم توضيحي لنظام تمرييق الاجنحة المفتوح بين العروق المتقاطعة واسماء الخلايا
- مقطع عرضي في المنطقة (X-X) يظهر العروق المسطحة والمقنطرة مع صق الطبقة النبالغ فيها كثيرا

• PRECOSTA=PC	- قبل الضلعي:
COSTA=C	- العرق الضلعي:
SUB-COSTA=SC	- تحت الضلعي:
RADIUS=R	- العرق الشعاعي:
MEDIA=M	- العرق الوسطي:
CUBITUS=CU	- العرق الزندي:
ANAL=A	- العروق الخلفية:

لا يبرز العرق قبل الضلعي (PC) عادة الحافة الأمامية للجناح ويدعمه وهو غير متشعب ويرتبط بالصفحة العظمية (HUMERAL PLATE) عند قاعدته.

يقسم العرق تحت الضلعي إلى فرعين رئيسيين قصيرين عند الجزء البعيد من الجناح ويرتبط من الناحية الأمامية بالصفحة الإبطية الأولى.

أما العرق الشعاعي فيبدو أكثر وضوحاً ويرتبط بالصفحة
الابولية الثانية ويقسم هذا العرق في منتصف الجناح ويعطي أول فرع له
لا ينقسم فيما بعد ويطلق عليه اسم (R1) والفرع الثاني وأطلق عليه اسم
RADIAL SECTOR=RS ويقسم هذا الأخير إلى أربعة فروع جانبية.

أما الضلع الرابع فهو العرق الوسطي (M) حسب المخطط المعد من قبل
العالم (COMSTOCK و NEEDHAM) حيث يقسم هذا العرق إلى
فرعين : أحدهما أمامي (ANTERIOR MEDIA=MA) والآخر خلفي
(POSTERIOR MEDIA=MP) ويبدو كاملاً عند الكثير من الحشرات
المتحجرة (المستحاثات) (PALAEOZOIQUE) وكذلك عند رتبة
(EPHEMEROPTERA).

ولكن في كثير من الحالات يضمم الفرع الأمامي (MA) وبذلك يكون
العرق الوسطي (M) عند الحشرات الحالية الفرع الخلفي (MP) الذي يقسم
مرتين.

ومع ذلك فإن الرعاشات (ODONATA) والـ (PLECOPTERA)
تتميز بفقدانها للعرق (MP) عوضاً عن (MA). ويعطي العرق الزندي (CU)
فرعين رئيسيين هما (CU1- CU2).

ينقسم الـ (CU1) بدوره إلى فرعين (CU1a- CU1b) ولا تشكل
العروق الخلفية (A) للشكل الموضوع من قبل العالمين المذكورين مجموعة
متشابهة.

ترتبط قاعدة العرق الأول عند الحشرات ذات الشكل الأكثر شيوعاً
بالعرق الضلعي (CU) وتمثل قصبة هوائية مميزة في أثناء فترة التطور ما بعد
الجنيني ولهذا السبب يعرف في بعض الحالات هذا العرق وكأنه خلف زندي
(POSTCUBITUS=PCU).

ويتطور العرق الثانوي داخل الجناح الخلفي لبعض حشرات مستقيمت الأجنحة داخل الطية الخلفية والتي تفصل العرق الزندي (Pcu) عن بقية العروق الخلفية حيث تكون هذه العروق مجموعة وظيفية واحدة وترتبط بالصفحة الابطية الثالثة.

يختلف عدد هذه العروق من (1-12) حسب نوع الحشرة وهناك فص متطور تقريبا على قاعدة الجناح وعلى حافته الخلفية ويعرف بـ (JUGUM) ويدعم بعرق أو عرقين هما (JUGAL VEINS).

لا تكون الأجنحة مستوية عند الحشرات البدائية والمستحاثات والرعاشات وكذلك عند (EPHEMEROPTERA) ولكنها قد تكون مطوية بشكل طولي على شكل مروحة، سميت العروق الموجودة على القمة الظهرية باسم العروق العليا.

وأما العروق الموجودة في مقر الطية فأطلق عليها اسم العروق المنخفضة وهناك تناوب ما بين العروق العليا والمنخفضة، شكل (32).

يبتعد أو يقترب نظام التعرق من هذا الشكل النظري بأوضاع مختلفة ويوجد هناك الكثير من المعطيات والصفات المستخدمة في تكوين توافق ما بين عروق الحشرات المختلفة. (دراسة الأشكال المتحجرة - وجود القصبات الهوائية و توضعها - داخل الجناح - ارتباط العروق بصفائح التمثيل - طبيعة العروق العليا والمنخفضة ومدى الاحتفاظ الداعم لعرق ما وعلى الأقل قاعدته).

إن وجود صفوف من الشعيرات الحقيقية (MACROTRICHE) أو الـ (TRICHOIDE) على غشاء الجناح يثبت وجود عرق في الماضي ولكنه ضمر الآن.

تتم تحورات العروق بواسطة الإضافة، إذ يزداد عدد الأفرع لعرق طولي، كما أن عروقا طولية ثانوية قد تبدو ولكن التحورات الأكثر شيوعا تتم بالانخفاض والاختزال عند غالبية الحشرات، ويكون عدد العروق أقل انخفاضاً

منه عند الشكل الفرضي، فيختزل عرقاً ما أو أحد فروعها عند جزء معين أو عند غالبية مساره.

ولقد ذكرنا سابقاً اختفاء الفرع الأمامي للعرق الوسطي (MA) عند غالبية الحشرات العصرية.

أما دراسة شكل الأسلاف فهي الوحيدة التي تسمح بمعرفة فيما إذا كان انخفاض عدد العروق ناتجاً عن ضمور أو التحام.

عند بعض الحشرات الصغيرة تكون العروق مختزلة عند (CHALCIDOIDEA) ونجد فقط العرق تحت الضلعي (SC) وجزء من العرق الشعاعي (R) شكل (32) مكرر.

5- مناطق الجناح المختلفة: (AREAS OF THE WING)

تميل عروق الجناح كافة باستثناء العرق الخلفي (A) إلى التركز نحو الحافة الأمامية للجناح في منطقة تدعى (REMIGIUM) والهدف من ذلك هو إعطاء الفاعلية القصوى ودعم الجناح في أثناء الطيران، شكل (33).

يدعم السطح المتبقي من الجناح بواسطة العروق الخلفية (VANAL VINS ANAL VINS) ويأخذ هذا السطح شكل مروحة عند بعض الحشرات، إضافة لذلك تتطور مختلف الفصوص، لهذا يبدو الجناح مجزأً إلى عدة مناطق لها عمل وظيفي محدد؛

α - المنطقة الإبطية (AXILLARY REGION):

لقد درسنا هذه المنطقة سابقاً وهي مثلثة الشكل، تحدد إحدى قمم هذا السطح المثلي الشكل بالنهاية الخلفية للصفحة الإبطية الثالثة (AX3) وهي ممثلة بالحرف (AX) على الشكل (33).

β - المنطقة الأمامية للجناح أو منطقة (REMIGIUM):

تحتوي على أغلبية العروق، وتكتسب بذلك قوة وصلابة كبيرتين، ولها دور هام وفعال في حركات الجناح لأنها تتأثر مباشرة بعضلات الطيران المباشرة.

٧- المنطقة الخلفية (VANNUS):

تفصل الطية الخلفية عادة المنطقة الأمامية وتكون المنطقة الخلفية شكلاً مثلثياً تنطلق عروقه الخلفية (ANAL) من الصفيحة الإبطية الثالثة (AX3) وتمتد على شكل مروحة في جزئها الخلفي.

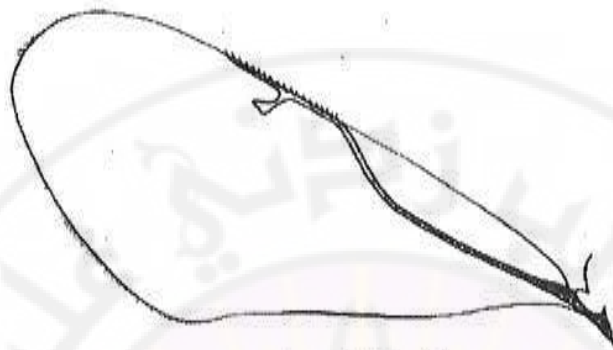
وتبقى هذه العروق ضعيفة ومتباعدة بعضها عن بعض وهذا يعطي مرونة كبيرة للمنطقة الخلفية ويكون لهذه الأخيرة دور غير فعال (دور خامل) في أثناء الطيران ، وستكون سرعة الطيران مرتبطة بالأهمية النسبية للمنطقة الأمامية والمنطقة الخلفية، فعند الحشرات الأولية ذات الطيران البطيء، تكون المنطقة الخلفية نامية بشكل جيد، وتؤمن بذلك سطحاً واسعاً كما هو الحال عند رتبة الـ (PLECOPTERA والـ ORTHOPTERA) أما عند الحشرات ذات الطيران السريع، فتكون المنطقة الخلفية ضامرة ولكنها لا تختفي بشكل نهائي لأنها تتدخل بعملية ثني الأجنحة بفضل ارتباطها بالصفيحة الإبطية الثالثة.

٨ - المنطقة النيرية (JUGUM = NEALA):

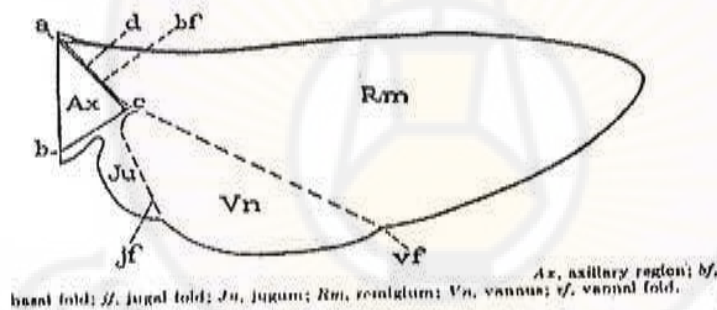
ينمو على الحافة الخلفية للجناح وعلى قاعدته فص غشائي يدعى (NEALA) وهذه التسمية أعطيت من قبل العالم الشهير (MARTYNOV) ولكن المعروف عنها اسم (JUGUM) وتقوم هذه المنطقة بشبك الجناح الأمامي بالجناح الخلفي (سنرى فيما بعد).

ويدعم النير (JUGUM) إما بطبقة سمكية من الكيوتيكول غير منتظمة، وأما بواسطة عرق أو عدة عروق تدعى (JUGAL VEINS). ويمكن لطية تدعى الطية النيرية (JUGAL FOLD) أن تفصل المنطقة الخلفية عن منطقة الـ (JUGUM) ونجد عند الذباب فصين يدعيان (ALULAE) وتوجد هذه الفصوص على قاعدة الجناح، يشبه الفص الخارجي

الفص النيري عند بقية الحشرات، بينما يكون منشأ الفص الداخلي هو الصدر ويشكل قلمسوة تحمي دبوسي التوازن (HALTERES).



شكل ٣٢ مكبر)
PERILAMPUS شكل تخطيطي للجناح الأمامي لحشرة
من فصائفة الأجنحة يبين التقعر الشديد في التمريق .



Ax, axillary region; bf, basal fold; Jf, jugal fold; Ju, jugum; Rm, radial margin; Vn, vannus; vf, vannal fold.

شكل (٣٣)

مخطط توضيحي لمناطق الجناح عند الحشرات ذات
الأجنحة المربطة .

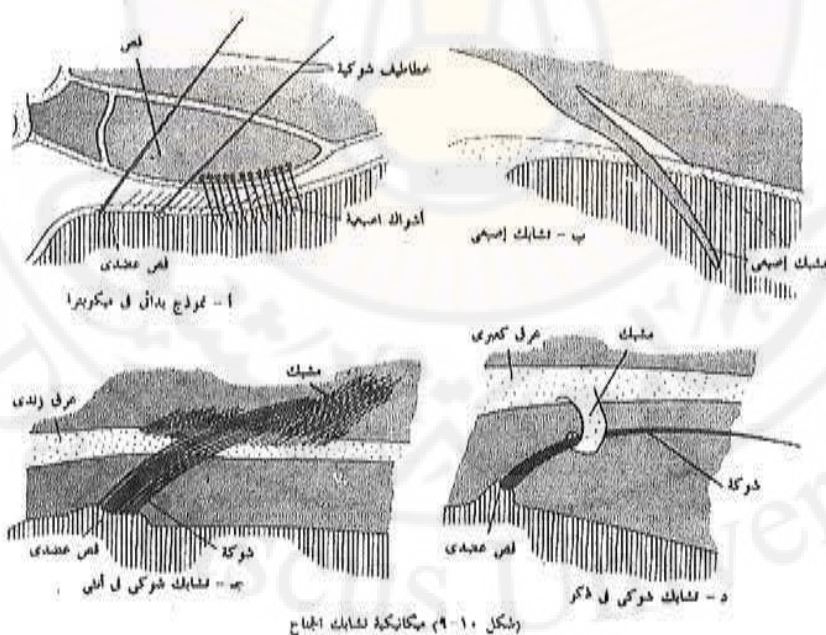
6- شبك الأجنحة (WING-COUPLING): شكل (34).

من المحتمل أن تكون الأجنحة الأمامية والخلفية حركات مستقلة الواحدة عن الأخرى، أما عند الحشرات المجنحة الأولية ولكي تكون حركات الأجنحة أفضل، يتوجب على الهواء المطرود بواسطة الجناح أن يتحرك للخلف بحرية

تامة، ولكن ضربات الأجنحة الخلفية إذا لم تكن متوافقة مع الأجنحة الأمامية، فإنها تؤدي لإدخال بعض ظواهر الهياج.

وفي الحقيقة لا تستطيع الأجنحة الأمامية أو الخلفية الاهتزاز باستقلالية الواحدة عن الأخرى لأسباب ميكانيكية، لأن الالتواءات الصدرية تتدخل في حركاتها.

لقد حلت صعوبات التوافق ما بين الأجنحة بعدة طرق فيمكن لأحد زوجي الأجنحة أن يؤدي دورا فعالا في أثناء الطيران، فعند ذكور الـ (STREPSIPTERA) تكون الأجنحة الأمامية ضامرة جدا، أما عند رتبة غمدية الأجنحة فإن دورها الرئيسي حماية الأجنحة الخلفية، وهي الوحيدة التي تؤمن الطيران، ونجد العكس تماما عند رتبة ذات الجناحين فالأجنحة الأمامية هي المسؤولة عن الطيران، أما أجنحة الصدر الثالث فقد تحولت إلى دبوسي التوازن (HALTERE).



وعند غالبية الحشرات تدعم آلة شبك الأجنحة بوضعيات تشريحية بحيث لا تعمل أجنحة الجهة الواحدة إلا وحدة انسيابية متكاملة، ويختلف ارتباط الأجنحة حسب رتبة الحشرات أو مجموعاتها.

ف عند غالبية رتبة غشائية الأجنحة (HYMENOPTERA) تحمل الحافة الضلعية (COSTAL MARGIN) للجناح الخلفي عددا من الخطاطيف أو (HAMULI) والتي تتعشق داخل طية قاسية مشكلة ميزابا على الحافة الخلفية (VANNUS) للجناح الأمامي.

أما عند حشرات الـ (PSOCOPTERA) فإن الجناح الأمامي يحمل في نهاية العرق الزائدي الثاني (CU2) خطافا يتوضع على العرق الضلعي (COSTA) للجناح الآخر. وتتوضع شعيرات قصيرة على السطح البطني للجناح الأمامي (HEMI-ELYTRE) عند لصفية الأجنحة وترتكز على الحافة الضلعية الأمامية للجناح الخلفي.

وتبرز رتبة الـ (HOMOPTERA) اختلافات كبيرة لوضعيات الارتباط على الحافة الخلفية للجناح الأمامي بالحافة الأمامية للجناح الخلفي.

تعتمد آلة شبك الأجنحة المعقدة عند بعض الرتب على تحورات قاعدة الأجنحة، فينمو من الجناح الأمامي فص هو (JUGAL LOBE) بينما يولد الجناح الخلفي فصا عضديا (HUMERAL LOBE) على حافته الأمامية، ويعد هذا النوع من آلة شبك الأجنحة متطورا بطرق مختلفة بدءا من الوضعيات الأولية والموجودة عند حشرات (MECOPTERA) فعند هذه الرتبة يحمل الفصان شعيرات طويلة ترتكز الشعيرات النبرية (JUGAL BRISTLES) على الأجنحة الخلفية في أثناء الطيران، بينما تشكل الشعيرات العضدية (FRENULAR BRISTLES) أو ما نسميه (FRENULUM) والذي يضغط على السطح البطني للجناح الأمامي.

عند فصيلة (MICROPTERYGIDAE) رتبة حرشفية الأجنحة تكون آلة الشبك من نوع (JUGO-FRENATE) وتحتوي آلة الشبك هذه على منطقة نيرية (JUGUM) وفص بارز للجناح الأمامي، يتركز في أثناء الطيران على مجموعة من الشعيرات المحمولة بواسطة الحافة الضلعية الأمامية (ANAL MARGIN) للجناح الخلفي. تتحدر الوضعيات الأخرى الملاحظة عن رتبة حرشفية الأجنحة من هذه الوضعية الأولية لشبك الأجنحة ، وذلك إما باختفاء واحد أو أكثر من العناصر المكونة له، أو ضموره في بعض الحالات .

تنتج آلة شبك الأجنحة الإصبعية (JUGATE) عن ضمور الـ (FRENULUM) والتي تختفي نهائيا. أما النير (JUGUM) فهو فص ضيق ويحمل شعيرات أو حراشف يدعم بواسطة فرع خلفي للعرق الخلفي (A).

هذه الوضعية من الشبك نجدها فقط عند فصيلة (HEPIALOIDEA). تبقى المنطقة النيرية (JUGUM) عند بعض أنواع الحشرات فوق الجناح الخلفي وتعمل بواسطة ضغط بسيط، ولكن في بعض الحالات قد تمتد تحت الجناح الخلفي، وبهذه الطريقة يندمج الجناح الخلفي بين الحافة الداخلية للجناح الأمامي والمنطقة النيرية.

هناك ضمور للمنطقة النيرية (JUGUM) عند آلة شبك الأجنحة من النوع الخطافي (FRENATE) حيث يكون الـ (FRENULUM) متطورا، ويظهر المكان الذي يستقر فيه توافقا تاما.

يُظهر هذا النوع من شبك الأجنحة اختلافات حسب الجنس، وتكون الفرامل (FRENULUM) من حزمة مكونة من (2-20) شعيرة تنطلق جميعها من النقطة نفسها من العرق الضلعي (COSTA) للأجنحة الخلفية والقريبة من القاعدة. وتبقى هذه الشعيرات بشكل عام منفصلة عند الأنثى بينما تلتحم هذه الشعيرات بعضها مع بعض عند الذكر.

تتعلق هذه الشعيرات بالخطاف (RETINACULUM) الموجود على السطح البطني للجناح الأمامي، أما عند الأنثى فيتكون الخطاف من مجموعة من الشعيرات أو من مجموعة قوية من الحراشف التي تميل نحو الأمام. يتوضع هذا الخطاف بالقرب من الجهة الخلفية للخلية المسماة (DISCOIDALE) أما عند الذكر فيكون الخطاف عادة فصا كيتينييا محمولا بواسطة عرق، وغالبا يكون العرق تحت الضلعي (SC) وينقوس هذا الفص من الداخل مشكلا خطافا يتوضع فيه خصل الشعيرات.

بالنسبة لآلة شبك الأجنحة من نوع (AMPLEXIFORM) كما هو الحال عند فصيلة (PAPILIONIDAE) وبعض (BOMBYCIDAE) ليس هناك - في هذه الحالة - لا خصل من الشعيرات ولا الخطاطيف لأن سطح الاتصال ما بين الجناحين يزداد بكثرة بازدياد الضلعية (COSTA) للجناح الخلفي (تمدد المنطقة العضدية).

7- عضلات الأجنحة: شكل (35)

هناك نوعان من العضلات المؤثرة في حركة الأجنحة:

- عضلات غير مباشرة INDIRECT MUSCLES
- عضلات مباشرة DIRECT MUSCLES

α) العضلات غير المباشرة:

تعد هذه العضلات من أكبر عضلات الحشرة، وهي غير مرتبطة بقاعدة الجناح نفسه، ولكنها ترتبط بالصدر. إن هذه الالتواءات الصدرية المحرصة الناتجة عن تقلص هذه العضلات، تقود الجناح إلى الارتفاع أو الانخفاض، شكل (18).

(DORSAL LONGITODINAL MUSCLES):

تتميز هذه العضلات لدى غالبية الحشرات إلى عضلات طولية وسطى (LONITUDINAL MEDIAN) وعضلات جانبية مائلة (OBLIQUE LATERAL DORSAL)، شكل (18).

ترتبط العضلات الطولية الوسطى والمتطورة جدا في الحلقة الصدرية الحاملة للجناح، ترتبط هذه العضلات بالزوائد (PHRAGMA) المتتالية، وهي الخافضة للأجنحة (DEPRESSOR MUSCLES)، تعمل هذه العضلات في أثناء تقلصها على خفض الصفائح الترجية (TERGALE PLATES)، وهذا يؤدي إلى دوران الأجنحة إلى الأسفل على زائدة الجناح البلورية.

ترتبط العضلات الجانبية المائلة على الجزء الخلفي لـ (SCUTUM) من جهة وعلى الزائدة الداخلية (PHRAGMA) الموجودة للخلف من جهة أخرى.

هذه العضلات قليلة التطور بشكل عام، ولكنها متطورة جدا وبشكل استثنائي في الصدر الثاني للـ (CICADA) وللذباب (DIPTERA) حيث تأخذ هذه العضلات اتجاهها شبه عمودي نتيجة لحجم الزائدة الداخلية (PHRAGMA) وتكون هذه العضلات قوية في هذه الحالة، وتنخفض الترجية بتقلصها، ويضاف عمل هذه العضلات إلى عمل العضلات الترجية الاسترنية (TERGO STERNAL MUSCLES).

- العضلات الترجية الاسترنية

(TERGO STERNAL MUSCLES):

ترتبط هذه العضلات من الجهة الظهرية بالترجة على جانبي العضلات الطولية الوسطى، وفي المنطقة الأمامية للحلقة، وترتكز من الجهة البطنية على منطقة الاسترنة أمام الحرقفة وهذه العضلات تعاكس العضلات الطولية الظهرية، ويخفض تقلصها منطقة الترجة، مما يؤدي الى دوران الجناح على محمله البلوري باتجاه الأعلى، ولا نجد العضلات الترجية الاسترنية في الصدر الأول.

(β) - العضلات المباشرة: (DIRECT MUSCLES)

تتضمن العضلات المباشرة: (شكل 35).

1- العضلات الإبطية: AXILLARY MUSCLES.

2- العضلات فوق البلورية: BASALAR MUSCLES.

3- عضلات جناحية: SUBALAR MUSCLES.

- توجد العضلات الإبطية الرئيسية دائماً لدى جميع الحشرات، وهذه العضلات تساعد على طي الأجنحة، ومنشؤها القنزعة البلورية وترتبط بالصفحة الإبطية الثالثة (AX3).

- تقوم عضلات قاعدة الجناح بدور العضلات الخافضة (المقلصة) للحافة الضلعية للجناح، وعضلات باسطة (EXTENSOR MUSCLES) للجناح المطوي، بالرغم من وجود زوجين من عضلات قاعدة الجناح فان عددها يختلف من 1-3 حسب نوع الحشرات، منشأ إحدى العضلات هو الاسترنة (STERNUM) والأخرى هي عضلة يعود منشؤها إلى الأرجل وهي مرتبطة بالحافة الخارجية للحرقفة البلورية.

- عند غالبية الحشرات هناك عادة عضلة تحت جناحية واحدة مرتبطة بمنطقة الميرون (MERON) العائدة للحرقفة وذلك خلف نقطة تمفصل الحرقفة بالبلورة، ومع ذلك هناك في بعض الأحيان عضلة ثانية تحت جناحية ذات منشأ من الـ (EPIMERON).

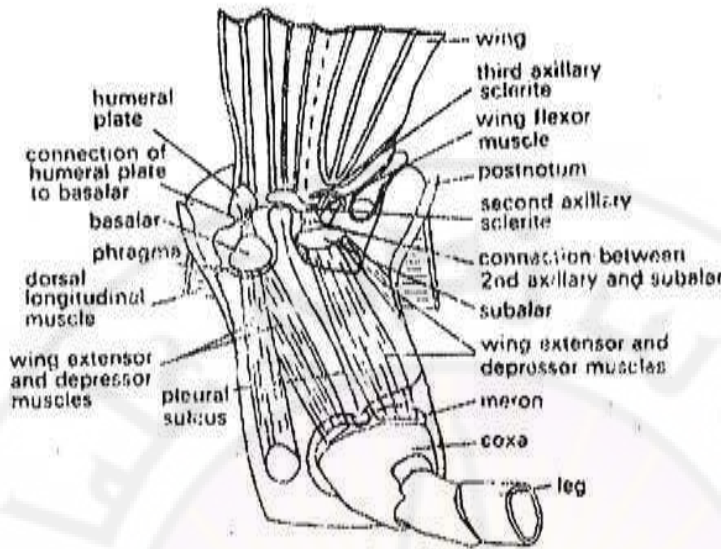
- العضلات تحت الجناحية هي عضلات باسطة وضاعطة للجناح (AND EXTENSOR MUSCLES DERESSOR) نتيجة للعلاقة الوثيقة بين الصفائح تحت الجناحية والصفحة الإبطية الثانية.

8- حركات الأجنحة الرئيسية في أثناء الطيران:

يعد جهاز الطيران معقدا جدا، لأنه يستخدم عمل العضلات وقوى مطاطية (CLICK MECANISM) وقوى الانسياب (الغازات وضغطها وحركتها).

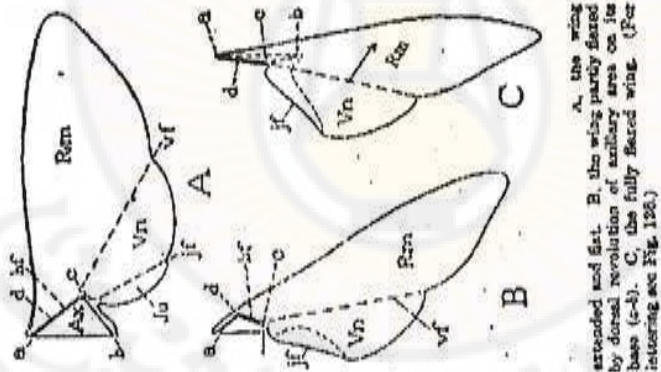
الأدوار التي تقوم بها مختلف العضلات:

يتمفصل الجناح بجسم الحشرة حسب خط يمر بالصفحة الإبطية الأولى والثالثة، ويرتبط بواسطة الصفحة الإبطية الثانية على زائدة الجناح البلورية، ويتكون بذلك جهاز شبيه بالعتلة، ويستجيب الجناح - كما شاهدنا سابقا - بواسطة حركاته إلى الأعلى والأسفل، إلى اعوجاجات الصدر الناتجة عن تقلص عضلات الطيران غير المباشرة، ومع ذلك يجب ملاحظة أن العضلات الترجية الاسترنية (TERGOSTERNAL MUSCLES) وكذلك العضلات الجانبية المائلة (OBLIQUE LATERAL MUSCLES) هي الوحيدة التي تؤثر في حركة الأجنحة إلى الأعلى، فإن وجود العضلة تحت الجناحية (SUBALAR MUSCLES) وهي من العضلات المباشرة والموجودة من حيث المنشأ على الحافة الحرقفية، يضاف إلى فعل العضلات الطولية الوسطى ويساعد على تحريك الجناح إلى الأسفل.



شكل (٣٥)

منظر جانبي للصدر يبين عضلات الطيران المباشرة



A, the wing extended and flat. B, the wing partly flexed by dorsal rotation of axillary area on its base (s-4). C, the fully flexed wing. (For interesting see Fig. 126.)

شكل (٣٦)

شكل تخطيطي يبين المفاصل الرئيسية للجناح أثناء تدد

كان من المتوقع أن تكون هذه الحركات هي الوحيدة المحتملة، لولا وجود بعض المرونة بالاتصال ما بين العروق والصفائح الإبطية أو ما بين الصفائح الإبطية المختلفة. وفي الحقيقة هناك دوران جزئي لكل جناح إلى الأمام

والى الخلف إضافة للحركات العمودية ويحدث تغيرات لتوجيه سطح الجناح وذلك نتيجة لتدخل العضلات فوق البلورية.

تعمل عضلات قاعدة الجناح (BASALAR MUSCLES) بنقلها على دوران صفيحة قاعدة الجناح إلى الداخل، ونتيجة للالتحام الوثيق لهذه الأخيرة (صفيحة قاعدة الجناح) بالصفيحة العضدية (HUMERAL PLATE) بالوقت نفسه الذي يدور فيه الجزء الأمامي للجناح ينخفض مقارنة بما تبقى من الجناح. ترافق هذه الحركة الانخفاض العام للجناح.

- في أثناء ارتفاع الجناح تنتج الحركة العكسية أي الحركة للخلف وانخفاض المنطقة الخلفية للجناح جزء منها على الأقل يعود لتقلص العضلات تحت الجناحية (SUBALAR MUSCLES).

وبما أن هذا يؤثر في الصفيحة الإبطية الثانية المرتبطة بالصفيحة تحت الجناحية خلف نقطة الاستناد البلورية فإن هذه العضلات تمارس تقلصا للأسفل على منطقة الجناح الخلفية.

9- حركات طي الأجنحة وبسطها :

من أجل حركات التمدد الأولية للطيران ولطي الأجنحة في أثناء فترة الراحة تعد الصفيحة الإبطية الثالثة هي العنصر العظمي الرئيسي والذي تتصل به عضلات الثني للجناح.

يبدأ طي الجناح بارتخاء عضلات التمدد (العضلات فوق البلورية) ويسمح هذا الجناح بالدوران قليلا إلى الخلف وبذلك تزداد الطية القاعدية التي تمر ما بين الصفائح الوسطى وتبدأ في الوقت نفسه الصفيحة الإبطية الثالثة بالدوران للأعلى حول خط يمر بنقاط تمفصلها مع الصفيحة الإبطية الثانية والزائدة الظهرية الخلفية وتنتهي عملية الدوران هذه إلى الداخل نتيجة تقلص عضلات الطي.

ويكون بذلك للصفحة الإبطية وضع معاكس تماما ويتم سقوط المنطقة الخلفية (VANNUS) على ظهر الحشرة وبما أن الصفائح الإبطية الثانية والثالثة ترتبط بعضها مع بعض ، فإن لهذه الحركة تأثيرا على السطح الوسطي الضلعي للجناح والذي ينطوي على امتداد الثنية القاعدية شكل رقم (36).

وعندما تصل الحافة الداخلية للجناح إلى الجسم فتطوى تحت المنطقة الخلفية (VANNUS) على امتداد الثنية النيرية (JUGAL FOLD).

تبقى المنطقة النيرية والمنطقة الخلفية بالمستوى نفسه عند الكثير من الحشرات (الذباب - النحل)، ولكن إذا كانت المنطقة الخلفية كبيرة فيمكن لها أن تنثنى هي أيضا تحت منطقة الـ (REMIGIUM) وعلى امتداد الطية الخلفية ومثال ذلك الأجنحة الخلفية لـ (CICADA).

في بعض الحالات يكون طي الأجنحة أكثر تعقيدا:

فعند حشرة فصيلة (ACRIDIDAE) شكل رقم 37 تكون المنطقة الخلفية واسعة جدا حتى إنها تجبر على الطي على شكل مروحة تحت ما تبقى من الجناح ومجمل الجناح محمي بواسطة الأجنحة الأمامية أو الـ (TEGMINA) والتي هي أضيق وتشكل شبه سقف.

تتطوي الأجنحة الخلفية لحشرات غمدية الأجنحة وحشرات (DERMAPTERA) شكل 38 طوليا وعرضيا حتى تستقر تحت الأجنحة الأمامية بغرض طي الأجنحة بشكل عرضي وعدم استمرارية العروق بمسيرها ويصبح بشكل ألي بفضل بنية العروق ومرونتها.

تفرض حركة تمدد الأجنحة التي تسبق الطيران أولا استرخاء العضلات التي تساعد على الطي ويؤثر تقلص العضلات عند قاعدة الجناح (BASALAR) وتحت الجناحي وذلك في مجمل منطقة مفصل الجناح ويحرص فيما بعد تمدد الجناح بشكل نهائي.



الفصل الرابع
البطن
ABDOMEN



البطن ABDOMEN

يختلف البطن عن الصدر والرأس بسهولة تركيبه وبساطته وسنرى فيما بعد إذا كانت هذه البساطة ظاهرية أم حقيقية.

تملك الحشرات عديمة الأجنحة وبعض الأطوار الشابة أو اليرقية للحشرات المجنحة بعض الزوائد البطنية مختلفة العدد فعند الحشرات الكاملة للحشرات المجنحة تكون الزوائد البطنية هي القرون الشرجية (CERCI) وأعضاء السفاد عند الذكر.

وقد علل بعض العلماء حالة سداسية الأرجل (HEXAPODA) عند الحشرات بأنها ناتجة عن ظاهرة تدعى (NEOTIMIE) لذا من المحتمل أن تنتج هذه الظاهرة عن ضمور أو اختزال أو تحول الأرجل البطنية الأمامية خلال فترة التطور.

وتبدو جيوب هذه الزوائد على البطن خلال فترة التطور الجنيني لمختلف الحشرات الحالية.

تجزئة البطن: SEGMENTATION

1- عدد حلقات البطن: شكل رقم 39

يتألف البطن عند الحشرات من (12) حلقة منها (11) حلقة حقيقية والحلقة الأخيرة (TELSON) تحتوي على فتحة الشرج (ANUS).

تعد حشرات الـ (PROTURA) هي الوحيدة التي تحتوي على الحلقات البطنية كافة خلال طور الحشرة الكاملة ويلاحظ وجود الحلقات الاثنتي عشر خلال مرحلة التطور الجنيني لبعض الحشرات مختلفة التطور أما عند

الحشرات الأخرى فإننا نجد اختزالاً أو ضموراً لبنية الحلقات الجنينية فهناك مثلاً عند الحشرات مختلفة التطور (11) حلقة بطنية بينما لا نجد عند الحشرات كاملة التطور إلا (10) حلقات بطنية فقط أما حشرات الكولومبولا فتتميز بعدد حلقات بطنها الست

لقد حدد عدد الحلقات البطنية التي تمتلكها اليرقات والحشرات الكاملة كافة تقريباً في أثناء مرحلة التطور الجنيني (EMBRYOGENESE) وبدعى هذا التطور بالـ (EPIMORPHE) وتعد حشرات البروتورا (PROTURA) هي الوحيدة التي يصل عندها عدد حلقات البطن إلى العدد النهائي خلال فترة التطور ما بعد الجنيني (POSTEMBRYONIC DEVELOPMENT)

فبعد الفقس مباشرة لا يملك الطور الأول إلا تسع حلقات بطنية أما الحلقات الثلاث الأخرى فتظهر بعد الانسلاخات اللاحقة ما بين الحلقة البطنية الأخيرة (TELSON) والحلقة السابقة هذا النوع من التطور يدعى (DEVELOPMENTANAMORPHIC) شكل رقم 40

يحتوي البطن على الأعضاء الحشوية الرئيسية وعلى فتحة الشرج وعلى الثغور التنفسية (هناك زوج واحد على كل حلقة بطنية من الحلقات الثمانية الأولى) ويحتوي إضافة إلى ذلك الفتحات التناسلية وهناك الفتحة التناسلية للأنثى على الصفيحة الاسترنية الثامنة للبطن أو على الصفيحة الاسترنية التاسعة أو خلفها مباشرة. ومع ذلك فإن الفتحة التناسلية للأنثى عند حشرات الـ (DERMAPTERA- EPHEMEROPTERA) تتوضع خلف الحلقة البطنية السابعة.

إن موقع الفتحة التناسلية للذكر أكثر ثباتاً فهي موجودة في المنطقة الخلفية للحلقة البطنية التاسعة أما عند حشرات الكولومبولا فتكون الفتحة التناسلية للذكر والأنثى ما بين الحلقة البطنية الخامسة والسادسة.

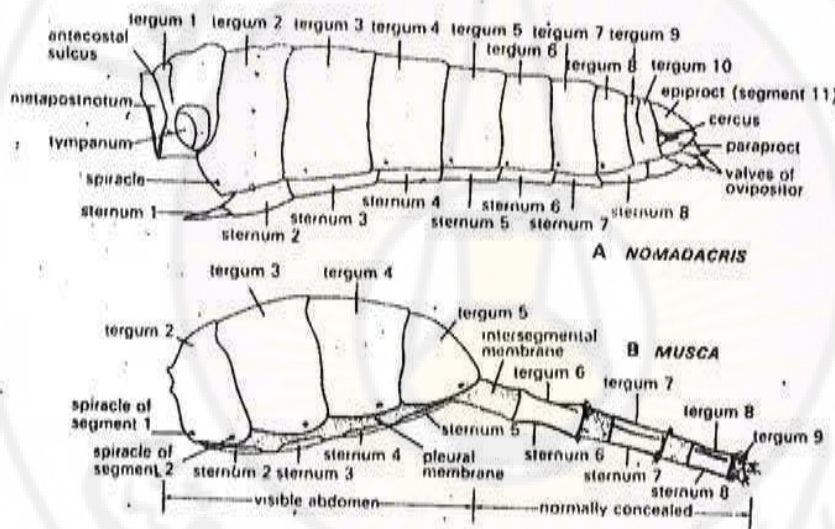
ومن السهل أن نميز الحلقات التالية:

- الحلقات الحشوية: VISCERAL SEGMENTS

- الحلقات التناسلية: GENITAL SEGMENTS

وتتضمن الحلقات الثامنة والتاسعة بالنسبة للأنثى والحلقة التاسعة بالنسبة للذكر.

- الحلقات ما بعد التناسلية: POSTGENITAL SEGMENTS



شكل (٣١)

- A - منظر جانبي للبطن عند انثى (نيمادكريس)
B - منظر جانبي للبطن عند انثى (موسكا) (الحلقات البطنية الأخيرة ممتدة)

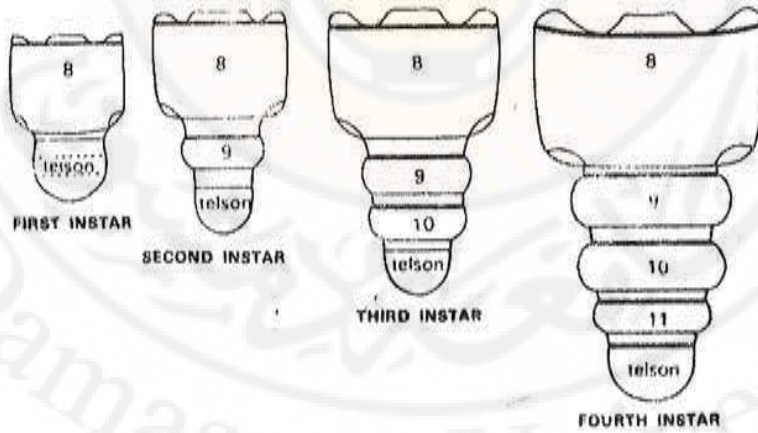
2- تركيب الحلقات البطنية : STRUCTURE OF ABDOMINAL SEGMENTS

تحتفظ بعض يرقات غمدية الأجنحة وغطائية الأجنحة وذات الجناحين وكذلك حرشفية الأجنحة ذات الجسم الطري بالتجزئة الأولية ونجد عند الأشكال

المتصلبة وخاصة عند الحشرات الكاملة التجزئة الثانوية سواء على الناحية البطنية أو الخلفية شكل رقم 41

وتعد كل صفيحة ما بين حلقة قد اتحدت مع الصفيحة الحلقية التي تليها وتشكل الثنية القديمة الموجودة ما بين الحلقات من الناحية الداخلية الصفيحة المسماة (ANTECOSTA) الترجية والاسترنية والتي تتركز عليها العضلات الطولية ويوافقها من الناحية الخارجية درز يسمى (ANTECOSTAL SUTURE) هو الذي يحدد من الناحية الأمامية منطقة تدعى (ACROTERGITE) الـ (ACROSTERNITE) والتي تغطي قليلا المنطقة الخلفية لكل حلقة وبشكل عام الحلقة التي تليها.

- احتفظت بعض يرقات الحشرات بالتركيب العام للحلقات المزودة بزوائد بطنية فعند حوريات رتبة الـ (EPHEMEROPTERA) مثلا تتفصل المناطق الترجية والاسترنية للبطن من كل جهة بواسطة فصوص هي التي تدعم الخياشم وعلى ما يبدو تمثل قاعدة الزوائد شكل رقم 42



شكل (٤٠)

رسم تخطيطي يوضح تطور الحلقات البطنية الأخيرة عند حشرة البهوتما

نجد آلة انفصام الزوائد نفسها وبشكل واضح عند رتبة (THYSANURA) فتحتوي كل حلقة بطنية عند حشرات الـ (MACHILIS) على صفيحة ترجية واسعة وصفيحة استرنية صغيرة مثلثة الشكل ووسطية وإلى جانبيها هناك صفيحتان بلورتان متطورتان.

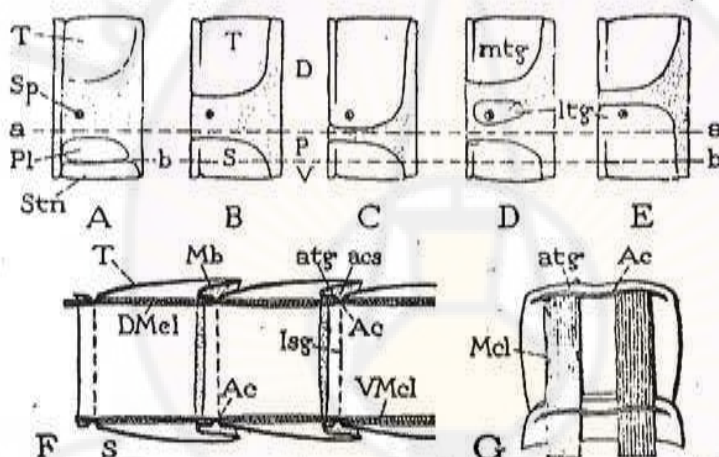
وتعد هذه الصفائح البلورية كأنها قاعدة الزوائد البطنية وسنطلق على هذه الصفائح اسم (صفائح الزوائد القاعدية). وتحتل هذه الصفائح القرون الشرجية و أجربة خاصة سنعرض لميزاتها فيما بعد. وبشكل عام تتألف الحلقة البطنية من:

- ترجة (TERGUM) تشكل القسم الأكبر من الظهر.
 - صفيحة بلورية (PLEURITE) أو مجموعة من الصفائح البلورية من كل جهة.
 - وتوجد الاسترنة (STERNUM) من الناحية البطنية.
- ومع ذلك فعند غالبية الحشرات الحالية نجد أن الصفائح البلورية والاسترنة الأولية تكون صفيحة واحدة قاسية.

ونسنتج عند حشرات البروتورا (PROTURA) أن الزوائد القاعدية التي تحمل المحبسات التناسلية (STYLUS) كانت قد اتحدت مع الاسترنة وعند بعض الحشرات المجنحة يبرز وجود هذه المحبسات التناسلية عند التحام الصفائح القاعدية بمنطقة الاسترنة النهائية.

وهناك اختلافات كبيرة لهذا التركيب عند الحشرات ويخلق في كثير من الحالات تعقيدات كثيرة ويصعب تحليلها. وتكون هذه الصفائح عند غالبية الحشرات، وخاصة في طور اليرقة، على شكل مجموعات من الصفائح الخلفية.

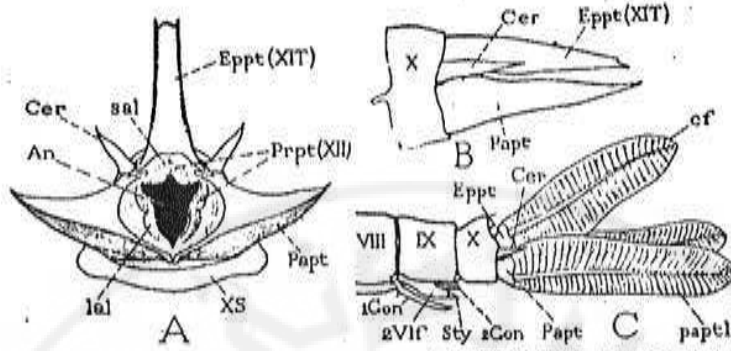
وفي بعض الحالات البسيطة كما هو الحال عند يرقات حشرة الـ (CALOSOMA) نميز ترجة وسطى وصفيحة أو أكثر من الصفائح الترجية الجانبية. وتحيط كل صفيحة ترجية منطقة الثغور التنفسية على جانبي جسم الحشرة ، وفي بعض الحالات يمكن أن يمتد التصلب أكثر وينزل من كل جهة حتى يصل إلى حدود الثغور التنفسية التي يحيط بها. وعندما يبدأ امتداد هذا التصلب من المنطقة البطنية تكون الصفيحة الاسترنية الناتجة عنه معقدة نسبياً لأنها تحتوي على سطوح استرنية وبلورية وترجية جانبية.



A-E, examples of variation in the abdominal sclerotization above and below the dorso-pleural line (a-a). F, typical secondary segmentation of the abdomen. G, inner view of consecutive tergite plates, with muscle attachments.

شكل (٤١)

تصلب الحلقات البطنية



A, noschnid larva, end view of abdomen showing possible rudiment of twelfth segment, or periproct (Prpt). B, same, lateral view, with parts in usual position. C, *Archilestes grandis* larva.

شكل (٤٢)

الحلقات البطنية الأخيرة عند الرماشات

3- تحورات تركيب البطن :

بالرغم من البساطة الظاهرية لتركيب البطن ، فإنه يعد جزءاً هاماً متحوراً ومتخصصاً.

وتمثل حلقات البطن حسب وضعياتها تحورات مختلفة قد تكون كبيرة للتأقلم مع نوع خاص من الحياة كما هو الحال عند الحشرات المائية حيث تتحور الحلقات البطنية ويكون لها دور تنفسي مثل (السيفون SIPHON)، التنفس لبعض يرقات الذباب والأنبوب التلسكوبي ليرقات (ERISTALE) وتشمل بعض التحورات الحلقات ما قبل التناسلية أو التناسلية أو حتى ما بعد التناسلية ولها صفات أكثر شمولية عند الحشرات.

α - الحلقات ما قبل التناسلية = الحلقات الحشوية : VISCERAL SEGMENT:

يكون للحلقات ما قبل التناسلية عادة تركيب بسيط وتختلف بعضها عن بعض قليلاً ولا تحتوي على أية زوائد إطلاقاً عند الحشرات المجنحة.

إن التحورات الهامة جدا والتي تشمل الحلقة البطنية الأولى ترتبط بالتغيرات التي تطرأ على عملية التصلب الناتجة عن وجود الأجنحة على الصدر. فعند الحشرات المجنحة - كما رأينا سابقا - تحمل الـ (ACROTERGITE) للحلقة البطنية الأولى الزوج الثالث من الزوائد (PHRAGMA) وتتطور إلى صفيحة ظهرية خلفية (POSTNOTUM) وهذه الأخيرة تتفصل غالبا عن بقية الحلقة لتشكل جزءا من الصدر الأخير (METATHORAX).

وما تبقى من الجزء الظهري للحلقة البطنية الأولى قد يندمج مع الحلقة التالية أو يضمم نهائيا، ويمكن أن تختفي عملية تصلب المنطقة الاسترنية عند رتبة غشائية الأجنحة التابعة لمجموعة (APOCRITE).

تتحد الحلقة البطنية الأولى مع الصدر الثالث في أثناء مرحلة التحول وتشكل جزءا من الصدر أو الحلقة الوسيطة والجزء الذي يفصل الصدر عن البطن يمر إذا بين الحلقة البطنية الأولى و الحلقة البطنية الثانية فتظهر الحلقة البطنية الأولى عند الحشرات المجنحة ميلا للاختفاء شكل رقم 43

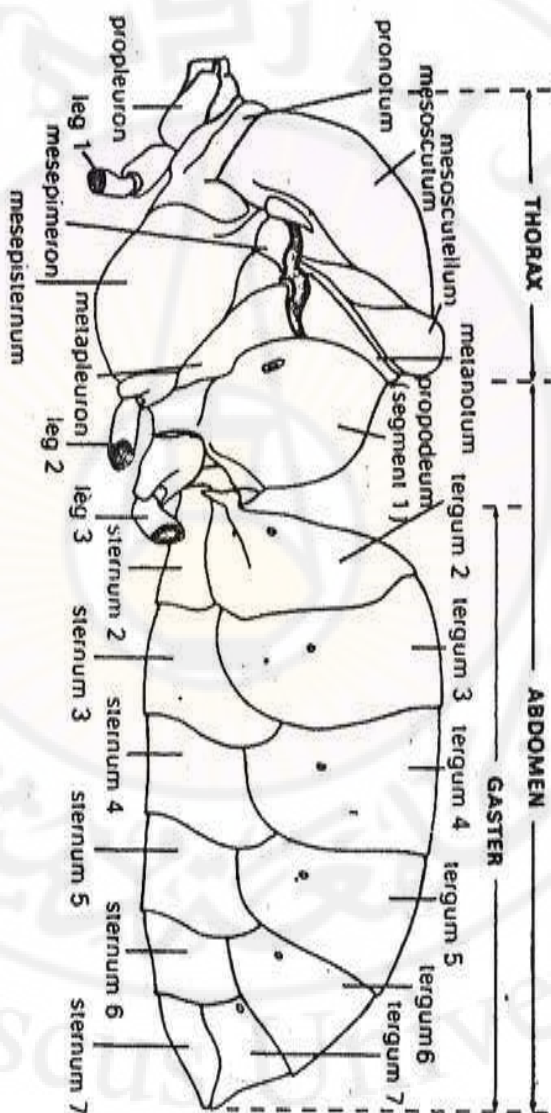
β- الحلقات التناسلية (GENITAL SEGMENT):

عند بعض الحشرات فقط لا تميز الحلقات المرتبطة بالفتحة التناسلية من بقية الحلقات ولكن تظهر عادة الحلقة البطنية التاسعة عند الذكور والحلقة البطنية الثامنة عند الإناث وتظهر بعض التحورات الوظيفية للتكاثر .

عند الإناث التي تحتوي على آلة وضع البيض وصفائح بلورية صغيرة تحمل حوامل المصاريع (VALVIFERS) والتي تعود للحلقات البطنية الثامنة والتاسعة . وفي بعض الأحيان يمكن للاسترنة الحلقة البطنية الثامنة أن تتوسع وتعطي صفيحة تحت تناسلية، وفي حال غيابها يستعاض عنها بالصفيحة الاسترنية للحلقة السابقة.

عند الذكور تتعرض الحلقة البطنية الثامنة لتحورات مختلفة حسب الرتب الحشرية ويمكن أن يتغير شكلها في بعض الأحيان أو تكون غير متناظرة وتتعرض لدوران حول محورها.

تبقى الأسترنه والترجة عادة كصفائح مميزة وقد نجد في بعض الأحيان أن تصلب الحلقة التناسلية أصبح شاملا ، وفي هذه الحالة يتعذر تمييز الصفائح.



شكل (٤٣)

منظر جانبي للصدر والبطن عند النحل

٧- الحلقات ما بعد التناسلية (POSTGENITAL SEGMENT):

إن اختزال عدد الحلقات البطنية ينتج وبشكل رئيسي عن اختفاء حلقة أو أكثر من الحلقات ما بعد التناسلية ويصحب ذلك بعض التحورات للحلقة التي أصبحت أخيرة.

إن حشرات الـ (PROTURA) هي الحشرات الوحيدة التي تملك العدد الكامل للحلقات البطنية في طور الحشرة الكاملة.

يفتح الشرج في وسط الحلقة البطنية الخلفية (TELSON)، وتحتوي الحلقة البطنية الحادية عشرة على تركيب كامل بالرغم من أنها مخبأة بواسطة الحلقة العاشرة فلها شكل حلقي وتحتوي على صفيحة ترجية وأخرى استرنية.

ولكن عند بقية الحشرات باستثناء حوريات (ANISOPTERA) يتوضع الشرج داخل الطية الحلقية عند الإناث ولا يوجد أي أثر للحلقة الخلفية (TELSON) عند الحشرات المجنحة البدائية وتحتل الحلقة البطنية الحادية عشرة نهاية جسم الحشرة ولها شكل مخروطي وتحمل من الجهة الجانبية القرون الشرجية (CERCUS). وهذه الزوائد تميز هذه الحلقة حيث توجد فتحة الشرج في قمته. ويغطي السطح الظهري بصفيحة مثلثية الشكل هي (EPIPROCT) بينما يشكل ما تبقى من الاسترنة صفيحتين جانبيتين هما (PARAPROCT) ويمكن لهذه الصفائح (PARAPROCT-EPIPROCT) أن تحمل امتدادات هي المصاريح الخلفية (VALVULA) لحوريات (ANISOPTERA) والشرايح التنفسية لحوريات (LYGOPTERA).

تتميز الأجزاء المختلفة للحلقة البطنية الحادية عشرة عن الحلقة السابقة عند حشرات الرعاشات (ODONATA) في طور الحورية والحشرة الكاملة. ولكن عند بقية الحشرات المجنحة الأخرى تميل الحلقة البطنية الحادية عشرة للضمور وتفقد فرديتها؛ إذ إنها مع الحلقة البطنية العاشرة عند بعض

الحشرات مستقيمة الأجنحة مثل (GRYLLUS ASSIMILIS) وتتحد الصفيحة العلوية (EPIPROCT) مع التزجة البطنية العاشرة .
 عند غالبية الحشرات كاملة التطور (HOLOMETA BOLA) تختفي الحلقة البطنية الحادية عشرة وينتهي البطن بالحلقة البطنية العاشرة ، وتحمل الحلقة البطنية العاشرة في بعض الأحيان بعض الزوائد المختلفة والتي يطلق عليها الاسم العام (PYGPODS) هذه الزوائد على شكل القرون الشرجية للحشرة الكاملة لفصيلة (TENTHREDINIDAE) والأرجل الشرجية لحوريات (NEUROPTERA) والـ (TRICHOPTERA) ويرقـات (LEPIDOPTERA) وأخيرا الـ (TENTHREDINIDAE).

زوائد البطن ABDOMINAL APPENDAGES

في أثناء مرحلة التطور الجنيني لكثير من الحشرات تظهر جيوب الزوائد على البطن وذلك على كل حلقة من حلقاته أو على بعض منها ، ويمكن لبعض هذه الزوائد أن تبقى وتتحول إلى أعضاء مختلفة بينما تختفي الزوائد الأخرى.

نذكر بأن الحلقة الأخيرة (TELSON) والتي لا تشكل فقرة حقيقية لا تحمل أية زائدة.

1- زوائد لا علاقة لها بالتكاثر (التناسلية):

:NON-REPRODUCTIVE APPENDAGE

α- القرون الشرجية (CERCI): شكل رقم (44):

تعد القرون الشرجية من الزوائد البطنية والتي تبقى غالبا عند الحشرات عديمة الأجنحة وبعض الحشرات المجنحة.

إن ضمور الحلقات البطنية الخلفية وتحوورها يعيق في بعض الأحيان .
 وخلال دراسة مورفولوجية بسيطة - معرفة أصل انتماء القرون الشرجية ولكن

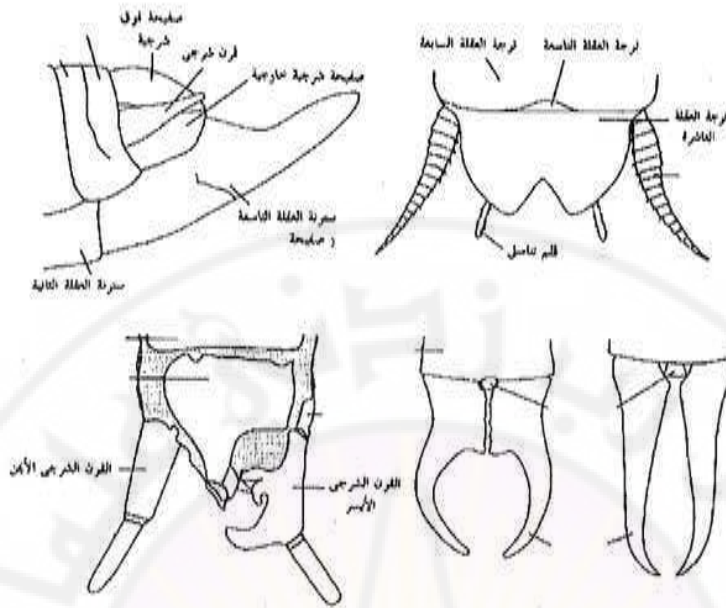
الدراسات الجنينية التي أجريت على الكثير من الحشرات أثبتت أن القرون الشرجية تعود إلى الحلقة البطنية الحادية عشرة وقد مالت القرون الشرجية - في أثناء مراحل التطور - إلى الهجرة باتجاه الأمام.

فتوضع جيوب القرون عند حشرات الـ (THYSANURA) أولاً على الحلقة البطنية الحادية عشرة، وتنتقل في نهاية التطور الجنيني حتى تصل إلى الحد الفاصل ما بين الحلقة البطنية العاشرة والحادية عشرة ، وتستقر القرون الشرجية عند العديد من الحشرات داخل السطوح الغشائية، وعلى قاعدة الصفيحة المسماة (PARAPROCT) وخلف الترجة البطنية العاشرة.

أما عندما تكون الحلقة البطنية الحادية عشرة ضامرة أو مدمجة بالحلقة البطنية العاشرة، فإن القرون الشرجية في هذه الحالة تظهر في المكان الأول وكأنها زوائد للحلقة البطنية العاشرة، أما عند الجنين فإنها تنمو على الحلقة البطنية الحادية عشرة.

ومنشأ غالبية العضلات التي تعمل على تحريك القرون الشرجية هو الصفيحة الترجية العاشرة للبطن.

تظهر القرون الشرجية اختلافات كبيرة بشكلها فقد تكون قصيرة أو طويلة جداً، ويتجاوز طولها في بعض الحالات جسم الحشرة كما هو الحال عند رتبة (THYSANURA) والـ (PLECOPTERA - EPHEMEROPTERA) وقد تكون القرون الشرجية حلقية، وفي هذه الحال لا يكون لها عضلات ذاتية، وهي أعضاء حسية، حساسة للتحريض الحسي - لحركات الهواء (حركات الهروب عند الصراصير) وحساسة للذبذبات الصوتية، كما هو الحال عند بعض الحشرات، وقد يnaud بها عمل آخر، وقد تتحول إلى ملقط يعمل كعضو إمساك عند رتبة إبرة العجوز أو فصيلة (JAPYGIDAE)، شكل (44).



(شكل ١٧-٤) بعض أنواع القرون الذرية :-
(أ) جنس *Nomadocoris* (ب) جنس *Periplaneta* (ج) جنس *Idiocmbia* (د) جنس *Porticula*

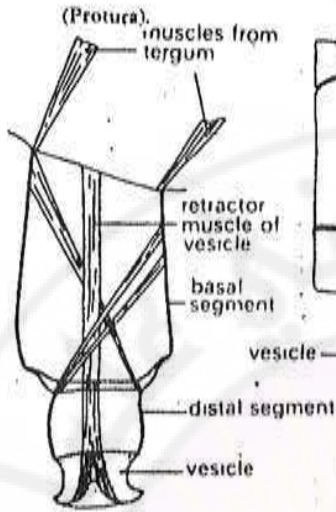
β- زوائد البطن عند الحشرات غير المجنحة :

ABDOMINAL APPENDAGE OF APTERYGOTA

حشرة الـ (PROTURA) شكل (45):

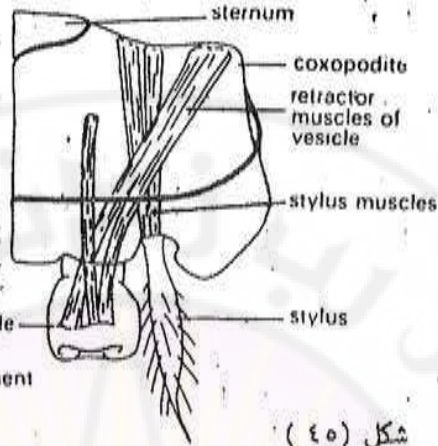
لهذه الحشرات زوج من الزوائد القصيرة موجودة على كل حلقة من الحلقات البطنية الثلاث الأولى، وتلتصق بالأجزاء الغشائية والتي تفصل الصفائح الترجية عن الاسترنية، وتكون هذه الصفائح متطورة جدا عند الحشرات التابعة لفصيلة (ESOENTOMIDAE) وهي مؤلفة من زوجين من العقل تنتهي بحويصلة، وتحرك هذه الزوائد بمساعدة زوج من العضلات الترجية الأولى أمامية والثانية خلفية، أما مركز ارتباط هذه العضلات فهو قاعدة العقلة الأولى، وتكون العقلة الثانية مزودة أيضا بعضلات، وقد تتحرك الحويصلة الطرفية بفضل عضلة كبيرة يكون منشؤها قاعدة العقلة الأولى وتنتج الحركة المعاكسة عن ضغط الدم.

A ACERENTOMON

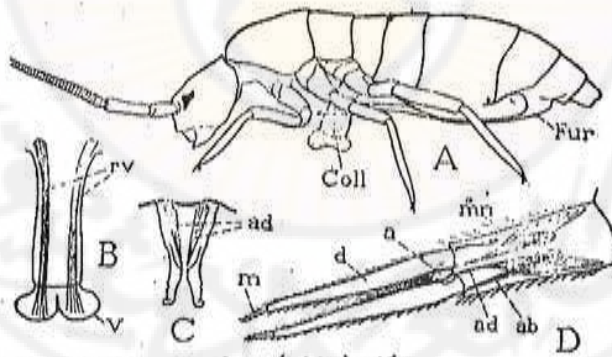


B NESOMACHILIS

(Archaeognatha).



شكل (٤٥)
الزوائد البطنية



شكل (٤٦)
Tomocerus vulgaris. A, entire
B, collophore. C, tenaculum. D, furecula.

الزوائد البطنية عند حشرة
الحشرة الكاملة مع زوائدها المختلفة

الكولومبولا (COLLEMBOLA) شكل (46):

تحتوي حشرات الكولومبولا على ثلاثة أعضاء محركة، وهي فردية ومتوضعة من الناحية البطنية الوسطى، ومنشؤها جيوب زوجية اتحدت خلال مراحل التطور الجنينية.

- الأنبوب البطني أو (COLLOPHORE): وهو أسطواني الشكل ويوجد من الناحية البطنية وباتجاه الأمام قليلا ابتداء من المنطقة الاسترنية للحلقة البطنية الأولى وينتهي هذا الأنبوب غالبا بحويصلة ذات فصين، وغالبا ما يكون منقلصا إذ يوجد زوج من العضلات المقلصة (RETRACTOR MUSCLES) تجتازه وترتكز على فص الحويصلة الطرفية، كما هو الحال بالنسبة للزوائد البطنية لرتبة (البروتورا) فيتم التمدد بفضل ضغط الدم.

أما بالنسبة للأنبوب البطني فلم توضح وظائفه، يمكن أن يستخدم كعضو التصاق، وهذا يسمح للحشرة بالمسير على السطوح الملساء أو المائية، وقد تبلل الحويصلة بواسطة إفرازات الغدد الشفوية السفلية، حيث تسيل هذه الإفرازات ضمن ميزاب صدري وسطي - بطني حتى تصل إلى الأنبوب البطني، وباعتبار أن الأنبوب البطني يكون مبللا فهذا يسمح للحشرة بالعموم أيضا على سطح الماء كما هو الحال عند حشرات (ANURIDA و PODURA AQUATICA و MARITIMA) وحسب رأي بعض العلماء يمكن للأنبوب البطني أن يؤدي دورا هاما في امتصاص الماء.

إن زوائد الحلقة البطنية الثالثة والرابعة هي الفوركيا (FURCULA) التي تسمح للحشرة بالقفز، أما الزائدة التي تحتفظ بالفوركيا تحت البطن والتي تدعى بالقابض (TÉNACULUM) فهي محمولة على الحلقة البطنية الثالثة وهي عضو صغير تحمل قاعدتها المخروطية زائدتان جانبيتان مزودتان بأسنان

ويتحرك كل فرع منها بمساعدة عضلات مقربة. ويستخدم القابض (TENACULUM) للمحافظة على وضعية الفوركا تحت البطن عند عدم استخدام هذا الأخير.

- الفوركا (FURCULA) وتكون على الحلقة البطنية الرابعة وتحتوي على قاعدة وسطى واسعة تدعى (MANUBRIUM) وعلى ذراعين طرفيين ينتهيان بنوع من المخالب (MUCRO) وتتحرك الفوركا بمساعدة العضلات الممددة والمقلصة. تتطوي الفوركا في أثناء الراحة ويختفي نصفها داخل تجويف بطني، أما ذراعاها فيتقلصان بالقابض. وبواسطة الارتخاء الفجائي، تعمل الفوركا كعضو للقفز، وينتج هذا التمدد والارتخاء عن تمدد العضلات المقربة للقابض وهذا ما يحرر الفوركا.

زوائد البطن عند (THYSANURA - DIPLURA):

للزوائد البطنية عند حشرات الـ (THYSANURA) أهمية كبرى لمعرفة أعضاء التكاثر الذكرية والأنثوية عند الحشرات، وتحتوي كل زائدة بطنية ما قبل تناسلية على:

- صفيحة زائدة قاعدية (أو صفيحة ما قبل حرقفية أو صفيحة حرقفية حسب المؤلفين) وهذه الصفيحة جانبية مقارنة بالصفيحة الاسترنية.

- زائدة خلفية وتكون المحسسات التناسلية (STYLUS) متحركة على قاعدتها وتتحرك بمساعدة عضلات التي منشؤها صفيحة الزائدة القاعدية.

- زوج أو زوجان من الحويصلات الموجودة على حافة الصفيحة القاعدية من الجهة الوسطى مقارنة بالمحسسات التناسلية (STYLUS) شكل (45).

أما حشرات الـ (DIPLURA) فتركيبها البطني شبيه بتركيب بطن حشرات (THYSANURA) ومع ذلك فقد اتحدت الصفيحة القاعدية تقريبا

وبشكل كلي مع الاسترنة. ولا تحتوي إلا على زائدة صغيرة الحجم هي المحبس التناسلي (STYLUS).

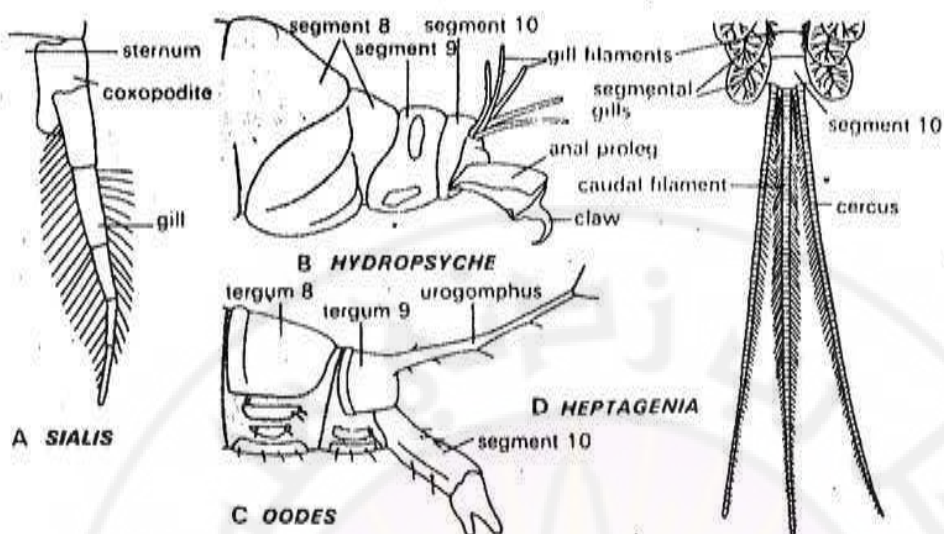
وبالرغم من وجود اختلافات في وجهات النظر بين العلماء حول تعليل المكونات المختلفة للزائدة البطنية وتحليلها فإنه يبدو أن الصفيحة القاعدية تمثل قاعدة الزائدة البطنية.

أما الزائدة (المحبس التناسلي) والتي تقابل الـ (TELOPODITE) فتكون موجودة تحت أشكال مختلفة على بطن بعض يرقات الحشرات المجنحة، ونجدها أيضا على الحلقات التناسلية لعدد من الحشرات.

٧- زوائد البطن عند يرقات الحشرات المجنحة: شكل (47)
تظهر زوائد البطن اختلافات كبيرة عند يرقات الحشرات المجنحة، ومع أن المعطيات الجينية تسمح في كثير من الحالات لاعتبار هذه الزوائد كأنها زوائد حقيقية، فإن بعض العلماء يعتقد بأنه من الأفضل اعتبار معظم هذه الزوائد هي تشكلات ثانوية.

تكون الزوائد البطنية عادة عند الحوريات المائية، وتحتوي حوريات الـ (SIALIS) والـ (DYTISCIDAE) والـ (GIRINIDAE) على زوائد بطنية ذات شكل يذكر بشكل الأرجل الصدرية.

تجتاز هذه الزوائد قصبات هوائية قد تعمل كغلاصم. عند العديد من أنواع الـ (SIALIDAE) مثل (CHAULIDES-CORYDALUS) تكون الزائدة البطنية ضامرة وتحمل بعض الأوبار الغلصمية، وعدت الغلاصم عند حوريات (EPHEMEROPTERA) كأنها تشكلات زواندية، ويمكن مقارنتها بالمحبسات التناسلية البطنية (STYLUS) لحشرات (THYSANURA).



شكل (٤٧)

الزوائد البطنية عند حوريات الحشرات المائية

قد تحتوي الحلقة البطنية العاشرة على زوائد لها مخالب مثل حوريات (SIALIDAE) و (TRICHOPTERA).

تستخدم يرقات بعض الحشرات كاملة التطور الزوائد البطنية من أجل حركتها إضافة للأرجل الصدرية، لقد تمت ملاحظة الطبيعة الزائدية للأرجل الكاذبة ليرقات حرشفية الأجنحة من قبل العالم (1931 EASTHAM) عند قيامه بدراسة جنينية لحشرة (PIERIS) فوجد أن الأرجل الكاذبة تتطور بدءاً من جيوب مطابقة لتلك التي تنشأ منها الأرجل الصدرية وتحتوي غالبية يرقات حرشفية الأجنحة على خمسة أزواج من الأرجل الكاذبة (زوج من 3-6 ضمناً على كل حلقة بطنية). وزوج آخر على الحلقة البطنية العاشرة. ولكن عدد

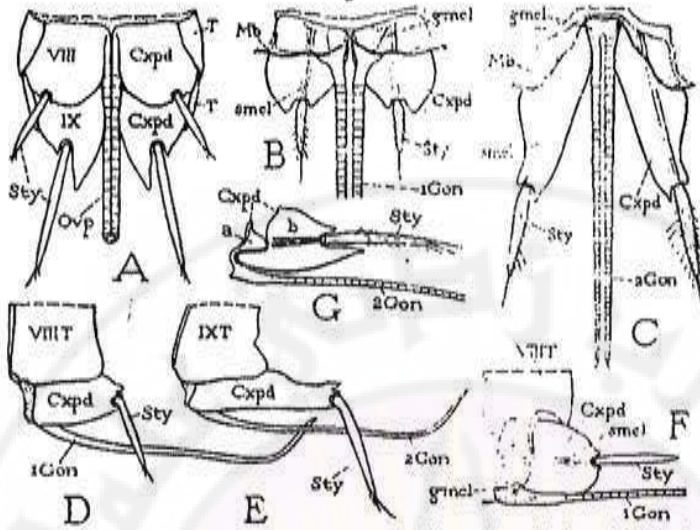
الأرجل البطنية قد يختلف، فهناك زوجان فقط عند حشرات فصيلة (GEOMETRIDAE) وليس هناك أي واحدة عند يرقات (PLUSIBAE).

وتحتوي الأرجل الكاذبة من الناحية الطرفية على مخالب متوضعة على شكل نصف دائرة أو دائرة كاملة حول فتحة (PLANTA) وهناك عضلات مقلصة منشؤها جدار الجسم وترتكز في مركز الـ (PLANTA). إن تقلص هذه العضلات يشد البلاتنا نحو الداخل وهذا ما يسمح بخرز المخالب، أما الحركة المعاكسة فمردها لتلك العضلات. تستخدم اليرقات البلاتنا على السطوح الملساء كنوع من المحاجم لأن المخالب تكون مخفية، تشبه الأرجل الكاذبة عند حشرات (TENTHREDINEDAE) تلك الملاحظة عند حرشفية الأجنحة. إلا أن تركيبها أكثر بساطة.

خارجا عن التشكلات البطنية ذات الأصل الزائدي يمكن لليرقات أن تحمل زوائد جلدية مختلفة جدا كتلك الموجودة على الحلقة البطنية التاسعة عند يرقات غمدية الأجنحة، وكذلك القرن المرفقي عند يرقات الـ (SPHINGIDAE).

2- زوائد الأجهزة التناسلية الخارجية = زوائد لها علاقة بالتكاثر:

EXTERNAL GENITALIA



A, *Thermobia*, eighth and ninth abdominal segments, ventral view. B, *Nesomachilis maorieus*, dorsal view of first gonopods. C, same, second gonopods. D, E, *Machilis*, lateral view of right gonopods and supporting tergal plates. F, *Thermobia*, muscles of first gonopod, diagrammatic. G, same, second gonopod, showing subdivision of coxopodite.

شكل (٤٨)

آلة وضع البيض عند حشرات الـ THYSANURA

إن طبيعة الأعضاء التناسلية ومنشأها تعد من المسائل الهامة التي لا تزال قيد المناقشة، فالعالم (WOODNASON 1879) يعد من أوائل العلماء الذين وضعوا فرضية تقول (إن طبيعة الأعضاء التناسلية هي الزوائد (GONAPOPHYSES).

ومنذ ذلك الوقت انعكف العديد من العلماء على دراسة أعضاء التكاثر الخارجية عند حشرات الـ (THYSANURA) وذلك لمحاولة تحليلها ولمعرفة أفضل لأعضاء التكاثر عند الحشرات الأخرى.

α - آلة وضع البيض عند الحشرات (OVIPOSITOR):

من بين الحشرات الحالية والتي تملك زوجاً من الفتحات التناسلية هي الحشرات التابعة لرتبة (EPHEMEROPTERA) وتكون هذه الفتحات خلف

الاسترنة البطنية السابقة، ونجد الوضعية نفسها عند الحشرات المزودة بفتحة تناسلية مفردة، كما هو الحال عند رتبة إبرة العجوز.

أما عند الحشرات الأخرى فتوجد الفتحة التناسلية المفردة، إما على الحلقة البطنية الثامنة، وإما على الحلقة البطنية التاسعة، وعندما تكون الفتحة التناسلية على الحلقة البطنية الثامنة ينضم إلى آلة وضع البيض المكونة من هذه الحلقة نفسها والحلقة التي تليها.

آلة وضع البيض عند رتبة (THYSANURA):

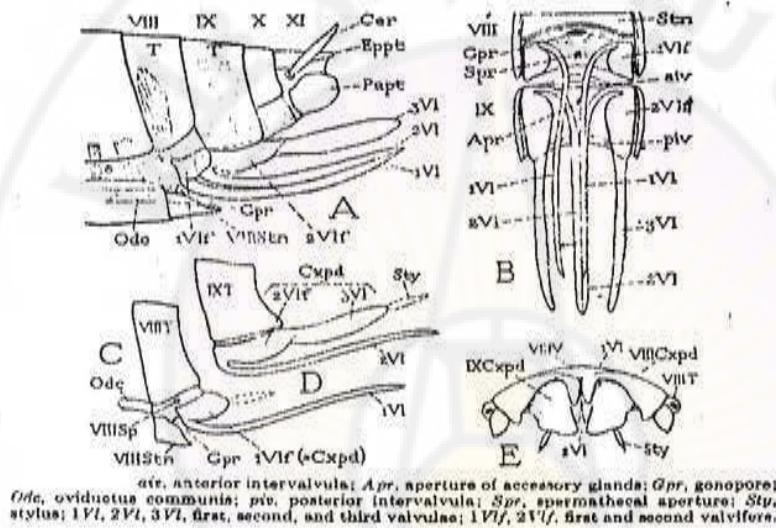
تكون آلة وضع البيض عند هذه الحشرات بسيطة، وقد شكلت العناصر المكونة لها آلة وضع البيض عند الحشرات المجنحة. لقد اختفت الصفائح الاسترنية عند الحلقات التناسلية (البطنية الثامنة والتاسعة) أما الغشاء البطني فهو مجزأ بواسطة الصفائح القاعدية، وتحمل كل صفيحة من هذه الصفائح، إضافة للمحبسات التناسلية زائدة وسطى تدعى السداة التناسلية — (GONAPOPHYSES) وهناك أربعة زوائد تجتمع بعضها مع بعض لتكون آلة وضع البيض (OVIPOSITOR) وتحتوي الزائدة المتعلقة بالتكاثر على صفيحة قاعدية ومحبس تناسلي وعلى سدايتين تناسليتين (GONAPOPHYSES) شكل (48).

آلة وضع البيض عند الحشرات المجنحة: شكل (49)

تبدو آلة وضع البيض عند الحشرات المجنحة كأنها تنتمي بتركيبها إلى

آلة وضع البيض عند حشرات الـ (THYSANURA) فتطور الصفائح القاعدية لزوائد الحلقات البطنية الثامنة والتاسعة إلى حوامل المصاريح الأولى

والثانية (VALVIFERE) أما الزوائد الوسطى (السداية التناسلية) التي تحملها الصفائح القاعدية عند حشرات الـ (THYSANURA) فتتحول إلى مصاريع بطنية (VALVUIAE) ومصاريع داخلية لآلة وضع البيض عند الحشرات المجنحة، أما المصراع الثالث فينمو بدءاً من حامل المصراع الثاني وهو المصراع الظهري.



شكل (٤١)

آلة وضع البيض عند الحشرات المجنحة

- A - رسم يوضح العلاقات الحلقية لأجزاء آلة وضع البيض
- B - منظر بطني للحلقات التناسلية وآلة وضع البيض
- C - D - منظر جانبي للحلقات التناسلية وأجزاء آلة وضع البيض منفصلة
- E - حجرة المصراع الشرقي : منظر بطني للحلقات التناسلية مع تصوير آلة وضع البيض .

وهكذا فإن آلة وضع البيض النموذجية عند الحشرات المجنحة تتألف من ثلاثة أزواج من المصاريع:

- زوج من المصاريح البطنية أو الأمامية (VENTRAL VALVE) (أو زوج المصاريح الأول)، ويقابل الزوائد الوسطى (السداة التناسلية) (GONAPOPHYSE) للحلقة البطنية الثامنة عند الـ (THYSANURA) وتحمل هذه المصاريح بواسطة حامل المصاريح الأول.

- زوج المصاريح الداخلية أو الخلفية (POSTERIOR VALVE) (أو زوج المصاريح الثاني) ويقابل زوائد الحلقة البطنية التاسعة أي الـ (GONAPOPHYSE) عند حشرات الـ (THYSANURA) ويحمل بواسطة حامل المصاريح الثاني.

- زوج من المصاريح الظهرية (PORSAL VALVE) (الزوج الثالث) وهو متطور جدا ابتداء من حوامل المصاريح الثانية، ومن المحتمل أن يكون منشؤه إما من عناصر مقدمة الحرقفة (PRECOXA) أو من عناصر حرقفية (COXA) ومع ذلك فإن مصدر هذه المصاريح قد يكون ناشئا عن المحبسات التناسلية للحلقة البطنية التاسعة (حسب رأي العالم SHAROV) ولهذه المصاريح دور هام في توجيه المصاريح الأخرى في أثناء حركتها عند وضع البيض.

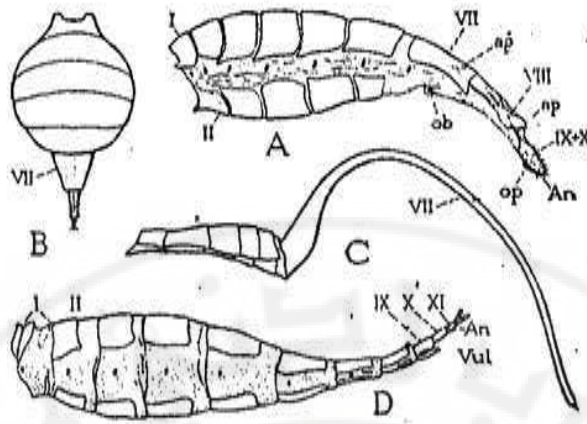
وهناك بعض آلات وضع البيض المتطورة جدا عند بعض الرعاشات (ODONATA) وعند مستقيمت الأجنحة والـ (THYSANOPTERA) ونصفية الأجنحة وكذلك عند غشائية الأجنحة.

وتتحصر الاختلافات الرئيسية في الأهمية النسبية للمصاريح (VALVES) وعلى تمفصل المصاريح فيما بينها وأخيرا على الحركات الناتجة عنها، شكل (50).

بالنسبة لآلة وضع البيض الضامرة عند مجموعة حشرات الـ (HETEROPTERA) نجدها بشكل عام عند رتبة (HOMOPTERA) وتكون هذه الأخيرة حوامل المصاريح محتفظة بارتباطها الوثيق مع حلقاتها الأم، وهناك حوامل المصاريح الأولى في المناطق الغشائية الجانبية البطنية للحلقة البطنية الثامنة، وتتمفصل من الناحية الخلفية مع الصفيحة الترجية للحلقة التاسعة وتتمفصل حوامل المصاريح الثانية بواسطة زائدة (CONDYLE) بالحافة البطنية للترجة التاسعة.

بالنسبة لآلة وضع البيض عند رتبة مستقيمة الأجنحة وبالرغم من كونها ذات نمط أكثر شمولاً من بقية آلات وضع البيض عند الحشرات الأخرى، فتبرز العديد من التخصصات البنيوية، وآلية خاصة تسمح للأنتى بحفر ثقب توضع فيها بيوضها. لا يستخدم زوج المصاريح الثالث من أجل الحفر فقط، ولكن المصاريح كافة متطورة على الأقل عند بعض الأنواع، وتعمل سوية كعضو ثاقب.

والتوافق ما بين المصاريح المختلفة دقيق جداً، ويمكن لزوج المصاريح الأول أن يتحرك على الزوجين الآخرين بفضل جهاز تشابك، وحسب الفصائل تختلف العلاقات ما بين المصاريح وترجة الحلقات الثامنة والتاسعة، فعند أسرة الـ (GRYLLIDAE) يتمفصل زوج المصاريح الأول بقوة مع ترجة الحلقة البطنية التاسعة، أما حوامل المصاريح الثانية فلا ترتبط مباشرة بترجة الحلقة التي تنتمي إليها، ولكنها تتمفصل مع حوامل المصاريح الأولى، وتقوم المصاريح إذا بحركات متناوبة إلى الأمام وإلى الخلف، والأولى على الثانية، ولكن عند فصيلة الـ (GRYLLIDAE) لا نجد زوج المصاريح الثالث.



شكل (٥٠)

أمثلة من آلة وضع البيض الخاصة عند بعض الحشرات

A, a moth, *Lymantria monacha*. (From Eidmann, 1929.) B, a fruit fly, *Paracantha culta*. C, a fruit fly, *Toxotrypana curvicauda*. D, *Panorpa consuetudinaria*.

ومع أن آلة وضع البيض عند رتبة غشائية الأجنحة أقرب بشكلها لآلة وضع البيض عند رتبة منشابهة الأجنحة منها إلى رتبة مستقيمة الأجنحة؛ فإن حوامل المصاريح الثانية عندها لا تتفصل مع ترجمة الحلقة البطنية التاسعة ولكنها مرتبطة بحوامل المصاريح الأولى، كما هو الحال عند فصيلة الـ (GRYLLIDAE).

تكون آلة وضع البيض عند كثير من حشرات غشائية الأجنحة عضوا قادرا على القطع أو الحفر، فعند فصيلة الـ (SIRICIDAE) تشكل المصاريح البطنية عضوا ثاقبا، تستخدم أخوافه على النهايات الجانبية كقطعة مفردة ناتجة من التحام المصاريح الداخلية.

تستخدم هذه القطعة كدعم للمصاريح البطنية وتحفظها بشكل مواز وتسمح لها بالوقت نفسه بالانزلاق إلى الأمام وإلى الخلف والعكس بالعكس.

تشكل المصاريع الظهرية غمدا حيث تستقر فيه آلة وضع البيض.
تحتفظ آلة وضع البيض بوظيفتها الأصلية عند الـ (SYMPHYTE) وعند الحشرات الطفيلية، أما عند الـ (ACULATE) فقد تحولت آلة وضع البيض إلى إبرة إذ تصب الغدد السمية على قاعدة المصاريع الأولى، ولا يوجد أية تحولات بنوية رئيسية، تخرج البيوض مباشرة من الدهليز التناسلي عوضا عن خروجها من آلة وضع البيض.

♦ تحورات البطن عند غياب آلة وضع البيض شكل (50):

تكون آلة وضع البيض أولية أو غائبة نهائيا عند العديد من الحشرات وهذه حالة الـ (COLLEMBOLA-DIPLURA) وغالبية الـ (EPHEMEROPTERA-ODONATA-COLEOPTERA-)
(PLECOPT-AWOPLURA-THYSANURA-NEVROPTER-
(MALLOPHAGA-MECOPTERA)، بالنسبة للحشرات التي لا تملك آلة وضع البيض لا تبرز أية تحورات خاصة من أجل وضع بيوضها، ولكن في عدد من الحالات تتحور الحلقات البطنية الخلفية وقد تكون رفيعة وضامة، ويمكن أن تكون رخوة قابلة للمد كأنبوب تلسكوبي يضع البيض.

وهذه النوعية من آلات وضع البيض نجدها عند الـ (THYSANOPTERA) الأنبوبية وعند بعض (DIPTERA-)
(COLEOPTERA-LEPIDOPTERA-MECOPTERA) تضع هذه الحشرات بيوضها داخل الشقوق أو تثبتها على بعض السطوح المصقولة بفضل بعض المواد اللاصقة والنااتجة من بعض الغدد الخاصة (COLLETERIAL-)
(GLANDA).

في بعض الحالات يمكن لنهاية البطن أن تستخدم كعضو ثاقب، فينتهي بطن الحشرة التابعة لفصائل (LONCHAEIDAE) والـ

(TRYPETIDAE) بحد ضامر قادر على ثقب قشرة الثمار التي تضع الأنثى عليها بيوضها، شكل (50).

β- آلة السفاد عند الذكر (MALE GENITALIA):

تتألف أعضاء التكاثر الخارجية عند الذكر من عضو السفاد (PHALLUS) (عضو إيلاج الحيوانات المنوية) والأعضاء المحيطة به، والمناطق بها الإمساك بالأنثى في أثناء التزاوج (COPULATION). تبرز آلة السفاد عند الذكر اختلافات كبيرة وتسمح غالبا بتمييز الأجناس والأنواع عند عدد من مجموعات الحشرات.

تكون الفتحة التناسلية الذكرية فردية وموجودة على الحلقة البطنية التاسعة عند غالبية الحشرات، ومع ذلك فهناك عند حشرات الـ (PROTURA) يكون السفاد زوجيا وموجودا بين الصفيحة الاسترنية للحلقة البطنية الحادية عشرة والصفيحة الثانية عشرة، يزيل هذا التوضع الخاص أي تشابه ما بين آلة السفاد عند الـ (PROTURA) والحشرات الأخرى.

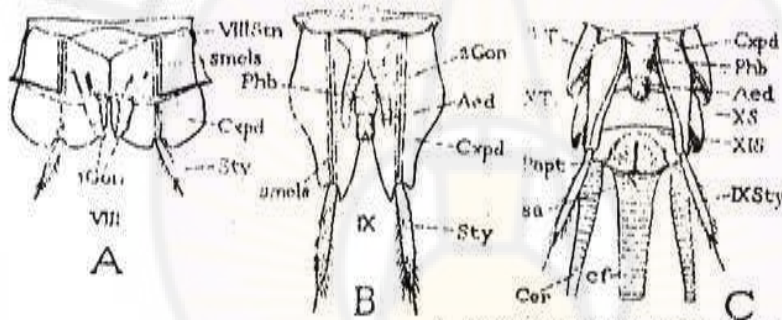
- آلة السفاد عند (THYSANURA): شكل (51)

تبرز حشرات الـ (THYSANURA) شكلا بسيطا مقارنة بالتركيب المعقد للحلقة التناسلية الذكرية للحشرات المجنحة.

ويتوضع عضو السفاد (PHALLUS) والذي له شكل أنبوبي وسطي خلف السطح الغشائي للحلقة البطنية التاسعة، ونميز فيه منطقة قريبة قاعدية (PHALLOBASE) ومنطقة طرفية بعيدة هي (AEDEAGUS)، وفي

الحقيقة لا يكون عضو السفاد (PENIS=PHALLUS) عضوا حقيقيا للولوج بحسب نوع الحشرة، حيث يضع إما كتلة من الحيوانات المنوية (SPERMATOPHORE) وإما قطرة منها خارج الأنثى في أثناء فترة الاستعراض.

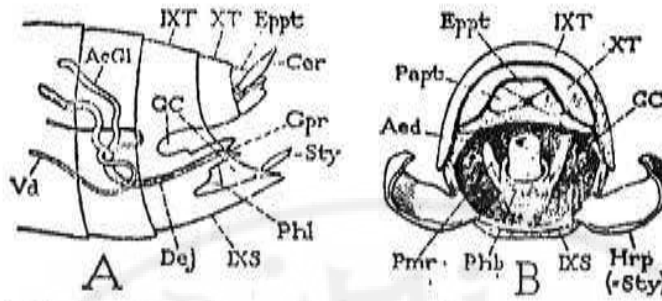
تنظم زوائد الحلقة البطنية التاسعة إلى عضو السفاد (PHALLUS) وهي الصفائح القاعدية والمحسبات التناسلية (STYLUS) الجانبية وتتحرك بواسطة العضلات التي منشؤها الصفائح القاعدية.



A, *Machilis variabilis*, dorsal view of first gonopods, showing gonapophyses of eighth segment. B, same, dorsal view of second gonopods and median copulatory organ. C, *Neomachilis mauricus*, ninth and terminal segments, ventral view.

شكل (٥١)

آلة السفاد عند ذكر THYSANURA



A, end of abdomen, with phallic organ in genital chamber, lateral view. B, same, end view, with clasperlike modifications of styl. AcGl, accessory gland; Aed, aedeagus; Dej, ductus ejaculatorius; GC, genital chamber; Gpr, gonopore; Hrp, harpago (stylus); Pph, phallobase; Phl, phallus (median penis); Pmr, paramere; Sty, stylus; Vd, vas deferens.

شكل (٥٢)

آلة السفاد عند ذكور الحشرات المجنحة

عند بعض الأنواع ينقسم زوج الزوائد التناسلية (السدادات التناسلية) إلى عدة عقل تحيط بعضو السفاد ويوجد بعض الزوائد الصغيرة (سدادات صغيرة) على الحلقة البطنية الثامنة. وبما أننا لا نجد هذه الزوائد عند الحشرات المجنحة، فيمكننا أن نعد أن الحلقة البطنية الثامنة لا تتدخل في تكوين آلة السفاد عند الذكور.

تبدو زوائد الحلقات التناسلية متماثلة ما بين الذكر والأنثى، فالسدادات التناسلية (GONAPOPHYSES) يمكن أن تقابل مصاريع آلة وضع البيض عند الأنثى، ويعد عضو السفاد هو الوحيد الذي له مقابل عند آلة وضع البيض عند الأنثى.

حسب رأي العالم (SNODGRASS) لا يبرز عضو السفاد في أثناء تشكله وخلال فترة التطور أية علاقة مع الصفائح القاعدية للحلقة البطنية التاسعة وقد يعود أصل العضو إلى الحلقة البطنية العاشرة.

- آلة السفاد عند ذكور الحشرات المجنحة :

عند الحشرات المجنحة تحمل الحلقة البطنية التاسعة آلة السفاد ولذلك تدعى الحلقة التناسلية وتحمل عضو السفاد المفرد عادة بواسطة منطقة غشائية تكون خلف استرنة الحلقة التاسعة. وهذه المنطقة تنغمد إلى داخل الحلقة البطنية التاسعة ويشكل ذلك الحجرة التناسلية الذكرية.

عند وجود الاسترنة البطنية التاسعة تكون الصفيحة تحت التناسلية ولكن هذه الصفيحة قد تنشأ من الاسترنة البطنية الثامنة أو السابعة. نجد غالبا على جانبي عضو السفاد زوجا من الزوائد هي (RARAMERES) كما نجد على جانبي هذه الزوائد زوجا من الزوائد تدعى (HARPAGONES) مزودة بعقل ولها شكل مخلب وتكون عادة مزودة بعضلات شكل رقم 52

يقبل عضو السفاد عند الحشرات المجنحة عضو السفاد عند حشرات الـ (THYSANURA) وتقبل بشكل عام المطابقة ما بين الـ (PARAMERES) والسدايات التناسلية عند حشرات (THYSANURA). قد تتحول الصفائح القاعدية والمحسسات التناسلية الموجودة عند حشرات الـ (THYSANURA) لتعطي الزوائد المسماة (HARPAGONES) وهناك وجهة نظر أخرى مخالفة مبنية على المعطيات الناتجة عن دراسة تطور الأعضاء التناسلية (أوضحها SNODGRASS عام 1957). تظهر بداية عضو السفاد أولا على شكل فصين ينتميان إلى الحلقة البطنية العاشرة عند الحشرات الأولية أما عند الحشرات المتطورة فتكون وضعية

هذين الفصين متجهة إلى الأمام أكثر وتشكل جزءاً من الحلقة البطنية التاسعة
تبقى هذه الفصوص زوجية عند رتبة (EPHEMEROPTERA) وبعض
حشرات (DERMAPTERA).

ولذا يكون عند هذه الحشرات زوج من أعضاء السفاد أما عند بقية
الحشرات فنجد هذه الفصوص تشكل عضواً واحداً مفرداً ينقسم كل فص أولي
عند الحشرات التي لا تملك زوائد (HARPAGONE PARAMERS) قبل
أن يلتحم إلى فصين ثانويين أو (PHALLOMERES) وتمثل هذه الزوائد
الوسطى PHALLOMERES الجيب المزدوج لعضو السفاد أما الـ
(PHALLOMERES) الخارجية فتعطي تراكيب السفاد الخارجية.

وبهذه الحالة يجب أن نعد عضو السفاد وملحقاته كبنيات ثانوية ذات
طبيعة غير زائدية.



الفصل الخامس

التطور في الحشرات

Insect METAMORPHOSIS

تبتدئ حياة الحشرة بالجنين الموجود في البيضة ،و عند فقسه يخرج من البيضة حشرة تختلف في المظهر وفي الشكل اختلافا كبيرا أو قليلا عن الحشرة الكاملة ولكي تصل الحشرة إلى الطور الكامل ADULT STAG تمر خلال سلسلة من التغيرات يطلق عليها التطور METAMORPHOSIS وأكثر هذه التغيرات وضوحا هو ما يختص بنمو الجذعة ويقسم العلماء مراحل التطور في الحشرات عامة إلى مرحلتين هما: سلسلة من التغيرات تحدث على الحشرة لتصل إلى الطور الكامل وأكثرها:

التطور الجنيني Embryonic Development :

ويقصد به تطور ونمو الحشرة من تكون البيضة حتى الفقس.

التطور ما بعد الجنيني POST-Embryonic Development:

ويقصد به أطوار الحشرة بعد فقسها حتى بلوغها طور الحشرة الكاملة.

بيوض الحشرات:

تختلف الأمكنة التي تضع فيها إناث الحشرات بيضها على حسب نوع الغذاء الذي تتناوله برفقاتها في أثناء حياتها فمثلا بعض الحشرات تضع بيضها داخل الثمار مثل ذباب الفاكهة ،أو بعض الإناث تضع بيضها ضمن الدقيق، أو على الحبوب، أو على أفرع النبات، أو ضمن العائل.

أشكال البيوض :

يبدو بيض الحشرات في أشكال وسطوح متنوعة وحتى النماذج الشائعة بيوض الذبابة المنزلية فهي طويلة نوعا ما أسطوانية مقوسة قليلا وسطحها أملس وتضع الصراصير والنطاط والنمل وكثير من الذباب بيضا من هذا النوع ومن بعض أنواع البيض المنقوش نقشا جميلا بيض أبي دقيق وبيوض وأنواع معينة من الفراشات . وتضع الحشرات من رتبة شبكية الأجنحة الخضراء بيضا أملس بيضي الشكل يلتصق بأوراق النباتات على أطراف أعناق طويلة. وتضع أغلب حشرات بق النبات كتلا من البيض الأسطواني القصير مزودة بأغطية تفتحها الحشرات الصغيرة عندما يفقس عنها البيض.

ويضع بعوض الانوفيلس بيضه إفراديا. وبيض الكيوليس يوضع في كتل ملتصق مع بعضه على شكل عوامة طولها أقل من 1 سم وهذه العوامات أجسام بنية تطفو على سطح الماء الراكد. تركيب البيضة:

تتركب البيضة من الخارج من القشرة CHORION التي يبطنها غشاء رقيق يسمى بالغشاء الجنيني Vitelline membrane. في داخل الغشاء يوجد سيتوبلازم البيض الذي يتكون من المح والنواة Nucleus.

ويوجد في قشرة البيضة ثقب واحد أو أكثر يعرف بالنقير يسمح بدخول الحيوانات المنوية (واحد أو أكثر) لإجراء عملية التلقيح. وغالبية الحشرات تنتج عن اتحاد خلية ذكرية مع خلية أنثوية Diploid فهي تتكاثر جنسيا وجميعها تضع بيضا oviparous (بيوض). وإنتاج البيوض والحيوانات المنوية ذات عوامل مورثة منفردة Haploid تنتج عن عملية الانقسام الاختزالي Meiosis.

فقس البيض:

يفقس البيض في الحشرات بعد عدة ساعات أو بعد عدة أشهر وقد يستغرق عدة سنين كما في فصيلة العيدانيات phasmidae. وقد يتم فقس البيض داخل الأم تضع الحشرة الأم أطوارا حية غير كاملة ويتوقف فقس البيض ومدة الفقس على عوامل كثيرة منها كمية المح في البيضة . وكما يتوقف على عوامل الجو من حرارة ورطوبة وعلى عوامل بيئية أخرى.

ويتم الفقس البيض بعدة طرائق تختلف باختلاف الحشرات منها يقرض الجنين جزءاً من قشرة البيضة ويخرج من الجزء المقروض كما في بعض أنواع حشرات السوس ويرقات حرشفية الأجنحة. أو يرفع الجنين غطاء خاصا للبيضة يسمى operculum بدفعه بعضو خاص كما في حالة الرعاشات. أو يقوم الجنين بتطعيم جزء من جدار البيضة نتيجة لحدوث ضغط دموي داخلي مما يسبب تحطيم البيضة وخروج الجنين. وأخيرا بواسطة أشواك. وأخيرا بواسطة أشواك خاصة موجودة على الرأس والصدر أو البطن.

أطوار الحشرات بعد الفقس Insect Instare

1- طور اليرقة The Larava

اليرقة حشرة صغيرة تخرج من البيضة في طور مبكر من النمو وتختلف عن الحشرة الكاملة كثيرا في الشكل والتركيب وطبيعة الحياة. فمثلا تختلف في تركيب أجزاء الفم. فهي في اليرقة (مثل يرقة دودة ورق القطن) "قارضة" بينما في الحشرة الكاملة فهي "ماصة".

يوجد عند اليرقات أعين بسيطة فقط ولا يوجد بها أعين مركبة كما في الحشرة الكاملة. وليس لليرقة أجنحة، وجهازها التناسلي على حالة أولية أو أثرية بينما في الحشرة الكاملة فهو كامل النمو.

أنواع اليرقات

اليرقات في الحشرات على أنواع مختلفة وهي:

- يرقات أولية **Primary Lavara**: وهي التي تنفقس من بيض خال من الصفار أو ليس به إلا قليل منه ، ولذلك تنفقس قبل أن يكون الجسم قد استكمل تكوينه بعد. فلا تكون حلقات الجسم قد تم وضوحها (أي أن هذه اليرقات من نوع عديمات الأرجل). وتكون بعض أجهزة الجسم في دور التكوين أو لم تتكون بعد. وتعيش مثل هذه اليرقات في وسط غذائي من الصفار أو اللمف في بيضة عائل خاص . ومن أمثلة ذلك النوع من اليرقات الأولية بعض الطفيليات من الدبابير في أعمارها الأولى .

- يرقات دودية **Vermiform Larva**:

وهي يرقات عديمة الأرجل وفي معظم الحالات مشتقة من اليرقات المنبسطة ومن اليرقات الأسطوانية، وهي قليلة الحركة إذ تفقد الأرجل وبعض أجزاء الحس ويكون جلدها رخواً تبعاً لطبيعة معيشتها السهلة. حيث تكون في حماية ضد أعدائها ومن أمثلة ذلك يرقات النحل والدبابير وبعض عائلات الخنافس مثل خنافس البقول والحفارات والسوس ويرقات الذباب مثل (الذباب المنزلي) ويلاحظ أن الزوائد البطنية في يرقات الذباب لا وجود لها في الجنين وهذه اليرقات من نوع Apodous لعدم وجود أرجل لها.

- يرقات أسطوانية **Eruciform Larva**:

جسمها أسطواني الشكل وأرجلها الصدرية قصيرة ولها عادة أرجل بطنية كاذبة وهي بطيئة الحركة. ومن أمثلتها يرقات الفرشات و أبو دقيق،

ودبور الحنطة المنشاري ويتغذى أغلبها على النباتات مثل يرقة دودة ورق القطن و يرقة دودة الكرب وهذا النوع من اليرقات من نوع Polypod.

- يرقات منبسطة Campodeiform :

جسمها طويل مبطط قليلا والأرجل الصدرية طويلة وليس لها أرجل بطنية كاذبة ولها أعضاء للحس والحركة أغلبها سريع الحركة مفترس مثل يرقات أسد المن وإبي العيد وجدار مغطى بالكيتين الصلب وهذا النوع من اليرقات من نوع Oligopod.

- يرقات مقوسة Scarabaeform :

ومن هذه اليرقات ما يقارب اليرقات المنبسطة في شكل الجسم المنبسط وفي سرعة الحركة والبحث عن الغذاء. ومن أمثلتها أنواع الخنافس.

ومنها ما يقارب الأسطوانية في الجسم الرخو والجلد الشفاف وبطء الحركة ومن هذه الأخيرة يرقات الجعال ؛ إذ يكون جسمها أسطوانيا تقريبا وأرجلها الصدرية قصيرة نوعا ما وليس لها أرجل بطنية. وعند عدم الحركة يكون شكلها مقوسا وتعيش أغلب هذه اليرقات المقوسة في الأرض على المواد المتحللة نباتية كانت أم حيوانية وتسمى يرقات الجعال مثل " الجعال المقوس " باليرقات.

- طور الحورية Nymphal stage :

وهي حشرة صغيرة تخرج من البيضة في طور متقدم من النمو. ولا تختلف عن الحشرة الكاملة (في الحشرات ذات التطور التدريجي) إلا في أن أجنحتها وأعضاء التناسل لا تكون تامة النمو مثل الجراد والصراصير.

أما أجزاء الفم فلا تختلف أيضا عن مثيلاتها في الحشرات الكاملة. وكذلك فإن العيون المركبة موجودة وقائمة بعملها. وفي معظم الحشرات التي من هذا النوع من التطور تعيش الحورية في البيئة نفسها التي تعيش فيها الحشرة

الكاملة، وتتناول الغذاء نفسه ثم تتكون لها الأجنحة والزوائد التناسلية بالتدريج وهناك بعض الحوريات (في الحشرات ذات التطور الناقص) تعيش في الماء يكون لها خياشيم تستخلص بواسطتها الهواء من الماء كما في حوريات الرعاش وحوريات ذباب أيار. وهذه الحوريات لها أجزاء فم تختلف عن مثيلاتها في الحشرة الكاملة. وتتغذى على غذاء مختلف عما تتناوله الحشرة الكاملة علاوة على أن شكلها يختلف كلياً عن شكل الحشرة الكاملة.

- طور ما قبل العذراء : prepupa :

يوجد هذا الطور في الحشرات ذات التطور التام. فبعد أن يتم نمو اليرقة ولكي تتحول إلى عذراء تبدأ في عمل شرنقة من خيوط تفرزها غدد اللعاب، كما في الفراشات أو تتعلق بالنباتات كما في أبي دقيق الخبازي مثلاً ثم يمضي بعض الوقت قبل أن ينسلخ جلد اليرقة. ليظهر تحته العذراء وقد تظن أن الحشرة (اليرقة) في هذه الحالة لكن. في أثناء ذلك منها ظهور الأجنحة (المتكونة في أثناء الطور اليرقي. من الداخل) خارج جلد العذراء. وهذه الفترة هي المدة المعروفة بالطور ما قبل العذراء ويختلف طول هذه المدة باختلاف الحشرات، ثم تحدث تغييرات أخرى بعد انسلاخ الجلد اليرقي الأخير. وبذلك تصل الحشرة إلى طور العذراء. تخرج بعدها الحشرة الكاملة والأطوار في هذه الحالة تكون كالآتي:

بيضة - يرقة - طور ما قبل العذراء - عذراء - حشرة كاملة

العذراء :Thepupa

العذراء هي الطور الساكن في الحشرة ذات التطور التام وهذا الطور يقع بين اليرقة والحشرة الكاملة. ويمكن اعتباره طور الانتقال الذي تتحول فيه كل أعضاء اليرقة إلى أعضاء الحشرة الكاملة. لكي تنتهي الحشرة الكاملة إلى طرائق معيشتها المخالفة لطرائق معيشة اليرقة.

أنواع العذارى:

- العذراء الحرة Exarate Pupa:

وفيهما الأجنحة والأرجل وقرن الاستشعار سائبة غير ملتصقة بجسم الحشرة ، ولكن تغلفها بغشاء رقيق يمنعها عن الحركة كما في عذراء شغالة نحل العسل وكذلك عذارى الحشرات غمدية الأجنحة.

- العذراء المكبلة Obtect Pupa: وفيها تكون الأجنحة والأرجل وقرون الاستشعار ملتصقة بالجسم، ولا يوجد فيها إلا تخطيط يدل عليها (أي على وجود هذه الأطراف الملتصقة بالجسم) كما في عذارى الفرشات وأبو دقيق التابعة لرتبة حرشفيات الأجنحة.

- العذراء المستورة Coarctat pup:

وتوجد العذراء داخل غطاء خارجي عبارة عن جلد اليرقة عند انسلاخها الأخير فهذا الجلد يبقى وينفصل عن جسم اليرقة ويحيط بها حتى تتحول إلى طور العذراء وقد يكون هذا الغطاء أسطوانى الشكل أو برميلى الشكل جافا سميكاً مفصّولاً عن العذراء الموجودة داخله كما في عذراء الذباب المنزلي.

- الشرنقة The Cocon:

بما أن الحشرة في طور العذراء تكون ضعيفة الحركة عديمة القدرة على الدفاع عن نفسها فإن كثيراً من اليرقات عندما يكتمل نموها تتسج حولها غطاء حريرياً تفرزه من الغدد الخاصة بذلك (كما في حالة الغدد التي تفرز الحرير في دودة الحرير) يقيها شر العوامل الجوية والأعداء الطبيعية. وهذا الغطاء هو ما يعبر عنه بالشرنقة تحول بداخله إلى عذراء بعد وقت يكون قصيراً وقد يطول إلى بضع أشهر. وقد لا تكون الشرنقة من الحرير بل من قطع صغيرة من الخشب تلتصق بعضها مع بعض كما شرانق يرقات دودة ساق الصفصاف. وقد

تكون الشرنقة من الطين كما في اليرقات التي تتحول إلى عذراء في التربة كعذراء الدودة القارضة. وقد تكون الشرنقة زغب اليرقة (إذا كانت اليرقة مغطاة بزغب فوق جسمها) مع مواد أخرى تفرزها من الغدد اللعابية كيرقات ديدان السنط ونسيج الشرنقة إما أن يكون متينا لا ينفذ منه الماء أو يكون ضعيفا كالشبكة.

طرائق خروج الحشرة الكاملة من الشرنقة:

- في الحشرات ذات الفم القرض تقص الحشرة لها طريقا للخروج.
- في الحشرات ذات أجزاء الفم الماص تقوم العذراء نفسها بتسهيل خروج الحشرة الكاملة بعدة طرق منها.
- للعذراء في كثير من الحشرات حرشفية الأجنحة عضو يوجد في الرأس تشق به الشرنقة.
- يوجد في مقدمة العذراء مسنن تشق به الشرنقة فتخرج الحشرة الكاملة من هذا الشق.
- تخرج العذراء سائلا قلويا من الفم ترطب به جزءاً من الشرنقة وتحلله لتنفذ منه الحشرة الكاملة بدفع نفسها وتلاحظ هذه الحالة في دودة الحرير.
- يوجد على جانبي العذراء في المنطقة الصدرية وعند قاعدة الجناح الأمامي زوج من الأشواك القوية تشق بواسطتها الحشرة الكاملة الشرنقة لكي تخرج.
- عندما تنسج بعض اليرقات شرايقها تبني في أحد أطراف الشرنقة صماما مخروطي الشكل تدفعه الحشرة إلى الخارج عند خروجها من الشرنقة كما في فراشة البصل.

- أما في الحشرات ذات أجزاء الفم اللاعقة كالذباب فيحصل ما يأتي لكي تخرج منه الذبابة.

- في بعض الأنواع الأخرى للذباب يوجد عضو يسمى **ptilinum** في مقدم الرأس على شكل كرة صغيرة تدفعه الذبابة خارج الرأس فيساعددها على الخروج ، وبعد أن تخرج الحشرة الكاملة يرجع الانتفاخ داخل الرأس مرة ثانية.

أنواع التطور في الحشرات **Insect Metamorphosis**:

تمر الحشرة خلال سلسلة من التغيرات يطلق عليها التطور **Metamorphosis** لكي تصل إلى الطور الكامل **Adulte Stage** وأكثر هذه التغيرات وضوحا هو ما يختص بنمو الأجنة . وتنقسم الحشرات بالنسبة لهذه التغيرات إلى:

حشرات عديمة التطور **Ametabola**:

والتطور فيها معدوم إذ تنفقس البيضة وتخرج منها حشرة كاملة صغيرة الحجم مشابهة تماما للحشرة الكاملة، ليس لها أجنحة تتسلخ عدة اسلاخات، ثم تكبر فيما بعد عند التغذية، فلا يتغير شكلها الخارجي ولا تركيبها الداخلي حتى تصل إلى حجم الحشرة الكاملة (أي الأبوين) ومثال ذلك حشرة الكولومبولا والسمك الفضي والقمل الحقيقي.

حشرات ذات التطور النقص وذات التطور الناقص وذات التطور التدريجي
Heterometabla:

وفي كلا النوعين تنفقس البيضة إلى حورية تتحول إلى حشرة كاملة فيما بعد ولكن الاختلاف بين هذين النوعين من التطور ينحصر في الآتي:

- في الحشرات ذات التطور الناقص **Heterometabla**:

تفقس البيضة إلى حورية (كما في أنواع الرعاش وذباب أيار) حيث تعيش في الماء وتتغذى على غذاء مخالف لغذاء الحشرة الكاملة كما أنها تتنفس بوساطة خياشيم Gills توجد على جسمها ولها أجزاء فم مختلفة تماما عن أجزاء فم الحشرة الكاملة التي تعيش في الهواء وتتغذى في الهواء الجوي بوساطة تغور تنفسية.

أما في الحشرات ذات التطور التدريجي **Paurometabola**:

تفقس البيضة إلى حورية كبيرة الشبه بالحشرة الكاملة من حيث أجزاء الفم والشكل الخارجي وتتغذى الحورية على الغذاء نفسه الذي تأكله الحشرة الكاملة كما أنه تقطن نفس الأماكن التي تعيش فيها الحشرة الكاملة. ويحدث التغير أو التطور إلى الحشرة الكاملة تدريجيا Gradual Metamorphosis حيث يكمل نمو الأجنحة والأعضاء التناسلية ومن أمثلتها أنواع الجراد والصراصير والحفار والبقعة الخضراء.

الحشرات ذات التطور التام **Holometabola**:

تختلف أطوار الحشرات في الشكل الخارجي اختلافا كبيرا في أثناء النمو فالحشرة تفقس البيضة ويخرج منها يرقة تتغذى وتنسلخ وتكبر وتتحول إلى طور ساكن يطلق عليه طور العذراء. ثم يخرج منها حشرة كاملة تختلف في شكلها الخارجي وتركيبها الداخلي وفي بيئتها عن اليرقات. فالتطور هنا تام Complete Metamorphosis. ومن أمثلة هذه الحشرات أنواع أبو دقيق والفراشات وأنواع الخنافس والذباب والنمل.

فرط التطور (التحول) Hypermetomorphosis :

يحدث هذا النوع من التطور في بعض الحشرات مثل حشرة SP EPICAUATA التابعة لرتبة غمدية الأجنحة فتأخذ يرقة هذه الحشرة في أثناء نموها أشكالاً مختلفة من أشكال اليرقات السابق شرحها. فمثلاً بعد الفقس مباشرة تكون منبسطة الشكل أرجلها طويلة سريعة الحركة. أجزاء الفم قوية وتتغذى على بيض الجراد والنطاط ثم تتسلخ الانسلاخ الأول فتصبح رخوة ضعيفة الحركة أرجلها قصيرة وتصبح قريبة الشبه من اليرقة الأسطوانية. وبعد أن تتغذى لفترة أخرى من الزمن ينقوس جسمها وتأخذ شكل اليرقات المقوسة ثم تتسلخ للمرة الثانية فتأخذ شكل العذراء الكاذبة مع أنها مازالت في طور اليرقة. فيصبح جلدها سميكاً وأطرافها لا تكاد تظهر. وتمضي الحشرة في هذا الطور بياتها الشتوي وفي الربيع التالي تتسلخ اليرقة (أي العذراء الكاذبة) للمرة الثالثة فتظهر في العمر قد تكون (الأخير) ثم تتسلخ للمرة الثانية الرابعة فيظهر طور العذراء الحقيقي وبعد ذلك تخرج الحشرة الكاملة. وكل هذه التغيرات هي ما يعبر عنها بفرط التطور.

الجيل وطول الحياة Generation and longevity :

الجيل هو الفترة التي تمر على الحشرة ابتداء من وضع البيضة وحتى تحولها إلى حشرة كاملة وبداية وضع البيض مرة ثانية. ويختلف عدد الأجيال في الحشرة في السنة الواحدة ويدعى ذلك Voltinis ، فتوصف الحشرات التي يستغرق مدة الجيل فيها سنة كاملة بـ univoltine بينما إذا كان للحشرة جيلان في السنة فتسمى BIVLTINE وبينما إذا كان للحشرة أكثر من جيل في السنة الواحدة فتسمى بـ multivoltine على أن بعض الحشرات قد يستغرق الجيل فيها عدة سنوات كما في حشرة السيكاذا وبعض حفارات الساق.

إن عدد أجيال الحشرة في وحدة زمنية معينة (عام) يرتبط عكسا بحجم الجسم، وبكلمة أخرى فإن للحشرات الصغيرة الجسم عددا من الأجيال في وحدة زمنية معينة أكثر من الحشرات التي تتمتع بحجم جسم كبير ولو أن هذا الحكم مجازي ، إذ يرتبط عدد الأجيال بعوامل عديدة من أهمها الرطوبة والحرارة والغذاء.

هذا ويلاحظ أن أكثر الحشرات تموت بعد أن تنتهي الأنثى من وضع بيضها بمدة وجيزة. والإناث غير المنتجة تعيش لفترة أطول. وفترة وضع البيض تختلف باختلاف الحشرة فقد تمتد إلى ساعات أو أيام.

السكون في الحشرات Diapouse :

يتوقف نمو وتطور بعض الحشرات في أي طور من أطوار الحشرة توفقا مؤقتا نتيجة لسوء الظروف البيئية السائدة من (حرارة جفاف). أو لعوامل غذائية سيئة كنقص الفيتامينات الأساسية كما يقال عن الحشرة أنها دخلت في طور سكون وتستعيد الحشرة قدرتها على متابعة دورة حياتها إذا والت الظروف المعاكسة. وقد وجد أن نشاط هرمونات النمو والانسلاخ خلال الفترة لا تتأثر نهائيا. فمثلا مرور فترة برودة حادة خلال الربيع يؤدي إلى توقف العمليات الحيوية لكنها تعود بعد عودة الحرارة إلى الدرجات الطبيعية. على أن هناك عددا كبيرا من الحشرات التي يتوقف نموها بسبب الظروف البيئية الخارجية تعود لمتابعة دورة حياتها. يلاحظ أن توقف النمو في هذا النوع يكون بصورة دورية. وقد يستمر طور السكون عدة أسابيع أو عدة سنوات ويحدث دائما في أطوار معينة. وقد وجد أنه يمكن إنهاء طور السكون في مثل هذه الحشرات بتعريفها لدرجة حرارة منخفضة أو لفترة إضاءة معينة. وتختلف حالة السكون الثابتة Diapouse عن حالة السكون المؤقتة Quiensence بأنه لا يمكن إنهاؤها بتبديل الظروف البيئية المحيطة. هذا وقد وجد أن هناك عدة عوامل تؤدي إلى

دخول الحشرات في طور السكون هذا Diapouse ومن أهم هذه العوامل هي طول فترة الإضاءة (طول النهار والليل). وقد وجد أن انخفاض عدد ساعات النهار يؤدي إلى دخول كثير من الحشرات في طور السكون وعكس هذا صحيح في بعض الحشرات الأخرى وهي حشرات المناطق الاستوائية وجد أنها تدخل في طور السكون عند اقتراب الشتاء. ولإنهاء طور السكون يجب أن تتعرض الحشرة إلى درجات حرارة منخفضة ويعتقد أن العامل الرئيسي الذي يدفع الحشرة في طور العذراء أو الحورية أو اليرقة للدخول في طور السكون هو فقدان هرمونات النمو الذي تفرزه الغدد الجار صدرية. وتتدخل فراشة الحرير في طور سكونها في أثناء طور البيضة. وقد وجد أن فترة السكون في طور البيض هذه كان نتيجة لإفراز هرمون خاص في الحشرة الأم التي وضعت هذا البيض. هذا وقد وجد أن أي عامل ينبه الغدد الجار صدرية على إفراز هرمونات النمو يؤدي إلى إنهاء طور السكون في اليرقات والحوريات أو العذارى فوراً.

وبعد طور السكون من الصفات المهمة المفيدة للحشرات التي اكتسبتها نتيجة تأقلمها مع الطبيعة ، إذ إن مثل هذه الحشرات تلجأ للدخول في طور السكون عندما لا تكون الظروف البيئية المحيطة من حرارة أو رطوبة أو ضوء أو غذاء مناسبة لمعيشتها فتحافظ على أجيالها في ظروف متباينة.

وتدخل الحشرة طور السكون في أوقات معينة من السنة أو بعد كل جيل من أجيالها أو في أجيال معينة من السنة وقد تدوم فترة السكون أسابيع أو شهور أو سنين عدة وإذا دخلت الحشرة فترة سكون خلال فصل الصيف فيقال إنها دخلت فترة سكون أو بيات صيفي Aestivation أما إذا دخلت فترة سكون خلال فصل الشتاء فيقال إنها دخلت فترة بيات أو بيات Hibernation.



الفصل السادس

جدار الجسم

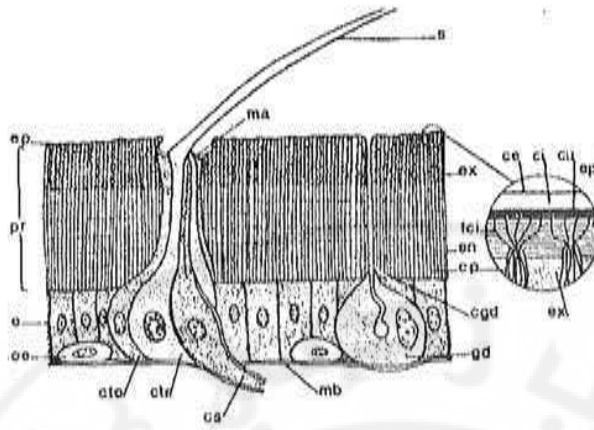
يحدد جدار الجسم الصفات الرئيسية للحشرات بالرغم من بساطة تركيبه. ويعتمد شكل جسم الحشرة بشكل أساسي على البشرة التي تفرز طبقة الكيوتيكل؛ إذ إنه في أثناء ملامسة هذه الطبقة المباشرة للوسط الخارجي تتطور تركيبات حسية متخصصة لاستقبال العديد من التحريضات المختلفة.

ويتدخل جدار الجسم وبشكل فعال في الظواهر الفيزيولوجية؛ إذ تقوم خصائصه الميكانيكية بدور الهيكل الخارجي وتميز أيضاً فيزيولوجياً النمو مع ضرورة الانسلاخ في أثناء الانتقال من طور إلى آخر. أما خصائصه الفيزيائية والكيميائية فتشكل سداً منيعاً ما بين الوسط الخارجي وجسم الحشرة وتمنع بذلك فقد الماء ودخول المواد الغريبة والممرضة.

1- البشرة وملحقاتها: L'epiderme

1- خلايا البشرة:

تتألف خلايا البشرة من طبقة من الخلايا الطلائية تفرز طبقة الكيوتيكل (L'Acuticle) وتقوم هذه الخلايا بإفراز الهيكل الخارجي يوجد إلى جانب هذه الخلايا الرئيسية خلايا أخرى متخصصة. تقوم بتشكيل تركيبات حسية وتتمايز إلى غدد خاصة مفرزة (Glandes Secrètrices) شكل (1).



شكل ١ :

رسم تخطيطي لجدار الجسم بين طبقاته المختلفة

الابيكوتيكل	ep	الطبقة السمنية	Ce
الابيكوتيكل الداخلية	epi	قناة غدة البشرة	Cgd
الكوتيكل الخارجية	ex	الطبقة الشمعية	Cl
غدة البشرة	gd	قناة الثقب	Cp
غشاء التمثيل	ma	الخلية الحسية	Cs
الغشاء القاعدي	mb	خلية التورموجين	CTo
الايوسيت	oe	خلية التريكوجين	CTR
البروكوتيكل	pr	الكوتيكلين	Cu
الشعيرة	S	البشرة	c
		الكوتيكل الداخلية	en

يختلف شكل خلية البشرة والأهمية النسبية لمختلف المكونات الخلوية (جهاز غولي - الجسيمات الكوندرية - الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية). يختلف كثيراً في أثناء فترة الانسلاخ.

ويحتوي العديد من هذه الخلايا على حبيبات وملونات تسهم في إعطاء اللون العام للحشرة. يكون السطح العلوي لخلايا البشرة متعرجاً ويشكل الغشاء السيتوبلاسمي القمي زغيبات متفاوتة الطول وبسهل وجود هذه الزغيبات دون شك عبور المواد في أثناء تشكل طبقة الكوتيكل إضافة إلى ذلك ترسل الخلية استطلاعات سيتوبلاسمية داخل قنوات ثقب الكوتيكل. تحصل الخلية على المواد الضرورية لها من الدم عن طريق ظاهرة الابتلاع (Pinocytose) والتي

تلاحظ بشكل واضح على الغشاء السيتوبلازمي القاعدي للخلية. تترابط الخلايا المتجاورة بواسطة روابط خلوية من نوع (junction septec). يفصل الغشاء القاعدي البشرة عن الدم ويتكون هذا الغشاء من سكريات متعددة حيادية (Mucopoly saccharideNeutres).

أدى وجود الأعضاء الحسية إلى تخصص بعض خلايا البشرة فمثلا الشعيرات المتحركة تشكل مجموعة من الخلايا (ثلاث خلايا) العضو الحسي وذلك بانقسامين متميزين بدءا من خلية الأصل: الخلية الأولى وهي الخلية المشكلة (Trichogene) وتسمى أيضا بخلية الشعيرة المحركة، الخلية الثانية هي (Tormogene) وهذه الخلايا كبيرة الحجم وتفرز بشكل رئيسي الشعيرة الحسية وغشاء التمثفصل، أما الخلية الثالثة فهي الخلية الحسية (ense cell) والتي تنتج المحور العصبي.

تتميز خلايا البشرة بنشاط إفرازي كبير فهي تصنع الطبقة الكيتينية وتتدخل في عملية التئام الجروح. وتقوم بعض الخلايا بعمل غذي خاص وتكون طبيعة المادة الناتجة مختلفة جدا وذلك حسب الحالات. وقد تتجمع الخلايا الغدية التي لا تحتوي على مخزن مع بعضها بعضاً داخل البشرة (مثل الغدد الاسترنية للنمل الأبيض) أو أن تتوزع بين خلايا البشرة. وتحتوي بعض الغدد على قنوات وتتكون هذه الغدد عادة من خليتين أو ثلاث خلايا:

خلية مفرزة، كبيرة الحجم مع وجود تجويف خلوي تتراكم فيه نواتج الإفراز، والانسلاخ، اللتان تشكلان قناة الإفراز التي تجتاز طبقة الكيوتيكل وتنصب خارج جدار الجسم. والمثال على هذا النوع من الغدد هو غدد الانسلاخ والتي تسهم في صنع سائل الانسلاخ. وتقوم بعض الغدد (Glandes Dermiques) والمنتشرة على سطح الجسم بإفراز المادة السمائية التي تغطي طبقة الكيوتيكل الخارجية.

ب- خلايا الاينوسيت Les Oenocytes:

تتوضع خلايا الاينوسيت بين خلايا البشرة والغشاء القاعدي وهذه الخلايا ذات منشأ أدمي خارجي (Ectoderme). وقد تتفصل هذه الخلايا عن البشرة، وتشكل كتلة بجانب الثغور التنفسية (stigmata) كما هو الحال عند حشرات حرشفية الأجنحة وبعض حشرات ذات الجناحين وبعض غمديات الأجنحة، وقد تحاط بالجسم الدهني عند بعض الحشرات الأخرى.

تتعرض خلايا الاينوسيت إلى تغيرات مورفولوجية وفيزيولوجية تتعلق بدورة أو مراحل الانسلاخ: إذ يزداد حجمها وتزداد كمية الفجوات قبل إفراز الكيوتيكل الجديد بوقت قصير، وتبدي السيتوبلازم نفس المظاهر اللونية كالبروتينات الدهنية والعائدة لطبقة الكيوتيكل الخارجية وتسهم هذه الخلايا بإفراز الكيوتيكلين (La Cuticuline) وذلك عند حشرات الـ (Calliphora - Rhodnius). أما عند الصرصار فتدخل بتركيب شمع الكيوتيكل الخارجي وذلك بإمداد خلايا البشرة بالمواد الضرورية لصنع الشمع.

2- الكيوتيكل: La Cuticule

الكيوتيكل عبارة عن الطبقة الخارجية لغطاء الجسم تفرزها خلايا طبقة البشرة الداخلية.

ويعطي الكيوتيكل المظهر الخارجي للحشرة إضافة إلى الشعيرات المتحركة والأعضاء الحسية التي تغطي سطح الجسم. أما لون الحشرة فهو ناتج عن وجود بعض الصبغات داخل طبقة الكيوتيكل أو في خلايا البشرة، ولكن

بعض الحشرات تبدي ألوانا تركيبية، منها ما يكون مسننا ويتغير حسب زاوية الرؤية وتعود هذه الألوان للاختلافات الناتجة عن البنية الحلقية الدقيقة الموجودة على الحراشف أو على طبقة الكيوتيكل.

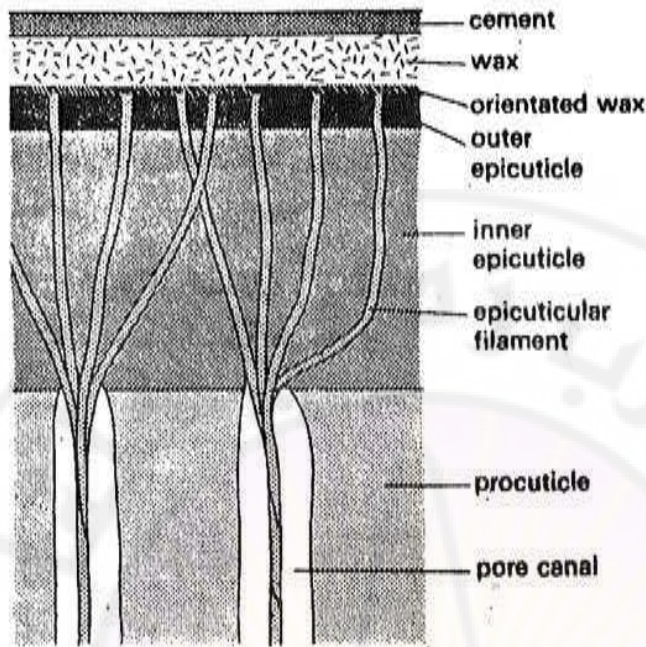
α - البنية والتركيب الكيميائي للكيوتيكل:

تختلف سماكة طبقة الكيوتيكل والخصائص الميكانيكية والفيزيائية حسب أجزاء الجسم، ويمكن تمييز طبقتين رئيسيتين في كيوتيكل الحشرات وذلك حسب تركيبها الكيميائي هما:

- طبقة الكيوتيكل الخارجية (Epicuticle) وهي طبقة خارجية رقيقة غير كيتينية.
- طبقة البروكيوتيكل الداخلية (طبقة الكيوتيكل الأولية) Procuticle وهي أكثر سماكة وكيتينية .

1- البيكيوتيكل (الكيوتيكل السطحي): Epicuticle

هي عبارة عن طبقة رقيقة جدا تتراوح بين 0.03 ميكرون عند يرقات البعوض و 4 ميكرون عند يرقات Sarcophaga، وبالرغم من رقتها فإنها تتميز بتركيبها المعقد، وتحتوي من الخارج إلى الداخل على الطبقات التالية: شكل (1) و(2).



شكل ٢ :

رسم تخليطي لقطع في منطقة الابينكيونيكل

- الطبقة السمنتية: Une Couche de Cement

تفرز هذه الطبقة قبل الغدد الأدمية (غدد فيرسون عند حشرات حرشفية الأجنحة) وتركيبها الكيميائي غير معروف تماما. ولكنه يختلف من حشرة لأخرى.

- الطبقة الشمعية: Une Couche de Cire

تتألف هذه الطبقة من خليط من شمع البارافين مع أسترات الأحماض الدهنية والكحولات الأولية. تتوضع جزيئات الشمع في نقطة التقائها بطبقة

الكيوتيكلين على هيئة طبقة منتظمة متراسة، وتُرى بمساعدة المجهر الإلكتروني، شكل (3).

أما الجزيئات الأخرى الخارجية فتشكل طبقة سميكة أقل انتظاماً من سابقتها وقد تمزج بالطبقة السمنتية.

- الكيوتيكلين La Cuticline

عبارة عن طبقة رقيقة جداً، تتكون من الدهون المتوضعة عمودياً على السطح وتغطي طبقة الالبيكيوتيكل الداخلية. وهناك تراكيب ليفية يتراوح قطرها بين 60-130 أنغستروم داخل قنوات الثقوب الخارجية. وتجتاز هذه التراكيب طبقة الالبيكيوتيكل الداخلية وكذلك الكيوتيكلين. وتعطي هذه التراكيب شكل أسطوانة متوضعة حول جزيئات الشمع ويوجد الشمع على هيئة سائل أو بلورات وذلك حسب الطور ويتصل هذا الشمع بالطبقة الشمعية.

- الالبيكيوتيكل الداخلي: Epicuticle Interne:

هذه الطبقة متشابهة التكوين وذات طبيعة بروتينية وقد تحتوي على مركبات عطرية.

2- البروكيوتيكل الداخلية (طبقة الكيوتيكل الأولية) Procuticle:

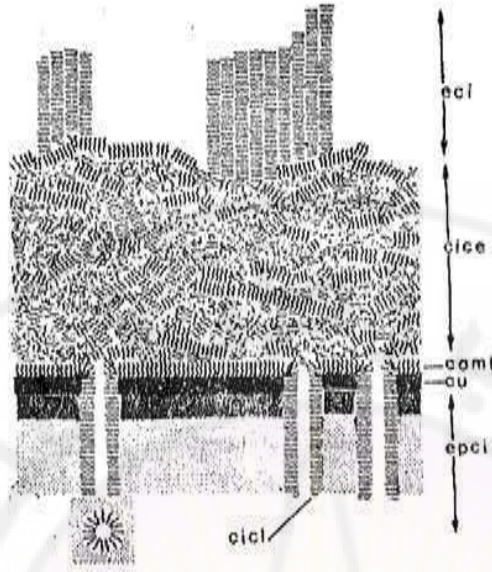
تحتوي هذه الطبقة على الكيتين والبروتين ويمتاز الكيتين بأنه مادة طرية مرنة نفوذة وغير ملونة وتشكل 33-55% من الوزن الجاف للكيوتيكل. والكيتين عبارة عن جزيئ حلقي غير متشعب وله عدة صفات مشتركة مع السيللوز وتجتمع بعض السلاسل ببعضها الآخر بواسطة جسور متعددة على

شكل حرف H. ويرتبط الكيتين بالبروتينات على هيئة معقد (Glycoproteine) وتشكل هذه البروتينات 25-37% من الوزن الجاف للكيوتيكل. من بين هذه البروتينات نذكر الارثروبودين (Arthropodine*) وهو الأكثر إنتشاراً ويعطي الكيوتيكل البنية الليفية.

يبدأ الكيوتيكل بالتصلب بعد الانسلاخ مباشرة وذلك نتيجة لتلون البروتين (و غالباً ما يكون الارثروبودين نفسه) بالكينونات. إذ تتحد جزيئات الكينون مع المجموعات (الأمينية) الحرة للجزيئات البروتينية وتشكل بذلك اتصالات عرضية ما بين السلاسل المختلفة. ويساهم هذا البروتين الملون والذي يدعى (Sclerotine) مع نواتج الميلانين في تلوين طبقة الكيوتيكل.

قد يجتمع الكيتين مع بعض البروتينات الخاصة كالرزيلين (Resiline) والذي تشبه خواصه خواص الايلاستين Elastine. وتجتمع سلاسل الرزيلين مع بعضها بواسطة بقايا التريتيروزين Trityrosine وال Dityrosine وتشكل بذلك شبكة في الاتجاهات كافة.

تعتمد صفات طبقة الكيوتيكل على أهمية البروتين الأول أو الثاني من هذه البروتينات. وتنقسم الكيوتيكل الأولية إلى طبقتين هما : طبقة داخلية Endocuticle وطبقة خارجية Exocuticle.



شكل ٣ :

تركيب الطبقات الخارجية للكيوتيكل

Cice	الشمع والطبقة السمنتية	Cu	الكيوتيكلين
Cill	الشمع على هيئة بلورات سائلة	ecT	زوائد سطحية من الشمع
CoML	طبقة وحيدة الجزيئات الدهنية	epci	الايكيوتيكل الداخلية

٢- البروكيوتيكل الداخلية (طبقة الكيوتيكل الاولى) Procuticle

- طبقة الكيوتيكل الداخلية: Endocuticle:

عبارة عن طبقة غير ملونة مرنة ومطاطية أحيانا وذلك نتيجة لغياب مادة السكليروتين ، وتتألف بشكل رئيسي من معقد: كيتين ارثروبودين، أما الريزيلين فيوجد بكميات قليلة بين طبقات الكيتين.

تبدو طبقة الكيوتيكل الداخلية على شكل صفائح متوضعة فوق بعضها، وقد تكون هذه الصفائح متوازية أو قد تكون مائلة وذلك حسب زاوية ثابتة بالنسبة للنوع الواحد. بمستوى أغشية التمثصل يمكن للريزلين أن يوجد بشكل نقي.

- الكيوتيكل الخارجي: Exocuticle:

تمتاز هذه الطبقة بوجود السكليروتين وهذا ما يسبب قساوتها وتبلغ سماكته القصوى بمستوى الصفائح، والسكليروتين هو المسؤول عن قساوة الفكين العلويين ولا يوجد بمستوى أغشية التمثصل فهو إما أن يكون غائباً أو مجزئاً كما هو الحال عند حشرة (Tenebrio) إذ يوجد على شكل قطع متفرقة ليسمح بمرونة كبيرة.

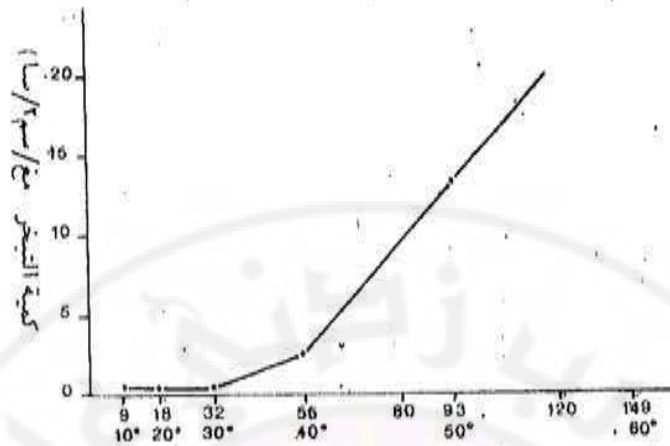
ب- نفوذية الكيوتيكل Permeabilite:

تعتبر نفوذية الكيوتيكل للماء والمواد المختلفة الأخرى من الأمور الهامة جداً نظراً لصغر حجم الحشرة. وتكون كثامة (عدم نفوذية) الكيوتيكل كبيرة عند الحشرات، إذ تقوم بتقليل خسارة الماء بالتبخر عند الحشرات الأرضية أو امتصاص الماء في الوسط المائي. ولمكافحة الحشرات الضارة يجب معرفة إلى دور الحماية الرئيسي الذي يقوم به الكيوتيكل ضد المبيدات.

α - نفوذية الماء:

تتكون طبقة الكيوتيكل بشكل رئيسي من معقد (كيتين - بروتين) محب للماء ويحتوي على كمية كبيرة من الماء. يؤدي تصلب السكليروتين المصطحب بفقد الماء إلى خفض نفوذية الكيوتيكل.

لذلك تبقى النفوذية مرتفعة بمستوى أغشية التمثصل، والأعضاء الحسية والاستطالات السيتوبلاسمية التي تخترق الكيوتيكل، وتعد القنوات المختلفة عبارة عن ممرات لنقل الماء. تعد طبقة الابينكيوتيكل والطبقة الشمعية الحاجز الرئيسي الذي يمنع مرور الماء إلى الداخل أو إلى الخارج. وبفسر هذا قدرة الحشرات ذات جدار الجسم الطري مثل يرقات (Tineola) على المعيشة في الأوساط الجافة، أما عند إزالة الطبقة الشمعية فإن معدل التبخر يزداد بشكل ملحوظ.



درجة الحرارة (°C) ونقص الاشباع الموافق (مم زئبق)

شكل ٤ :

منحنى بياني يبين فقد الماء تبعاً لدرجة الحرارة عند صرصار
وضع خلال ساعة في جو جاف (من Edney)

لقد أوضحت دراسة معدل التبخر عند الحشرات الحية أو الميتة، مقارنة بدرجة الحرارة، أن هناك درجة حرارة حرجية خاصة بكل نوع. ففي حال تجاوز درجة الحرارة هذه يرتفع معدل التبخر وبسرعة، شكل (4). تبلغ درجة الحرارة الحرجية 30° م عند الصرصار، وهي أقل بقليل من نقطة انصهار الشمع.

وقد تبين أن الطبقة الشمعية هي العامل المحدود الرئيسي لتقليل فقدان الماء، إضافة لذلك فإن توضع جزيئات الشمع المستقرة على طبقة الكيوتيكلين لها دور رئيسي. فقد تصبح السلاسل الطويلة مائلة قليلاً ونهايتها الكحولية متجهة للخارج، ويؤمن هذا الميلان التماس الواسع ما بين السلاسل المتجاورة وبالتالي يؤدي إلى عدم نفوذية أكثر.

أما سبب الارتفاع المفاجئ لنفوذية جدار الجسم عندما تتجاوز درجة الحرارة الدرجة الحرجية فمرده إلى توضع جزيئات الشمع، إذ تصبح عمودية على

السطح وتبتعد السلاسل عن بعضها بمسافات كبيرة وهذا يسمح بمرور الماء، أو قد يتم تغيير في وضع الجزيئات بمستوى لبيفات الشمع والتي تمثل ممرات لعبور الماء.

تستطيع بعض الحشرات امتصاص الماء وبشكل فعال عبر جدار الجسم والمثال على ذلك هو النمل الأبيض (Rhinotermitidae) فعندما تفقد هذه الحشرات جزءا من الماء عند مهاجمتها للخشب الجاف، فيتوجب عليها النزول إلى الأنفاق تحت الأرض والتي تكون رطبة من أجل امتصاص الماء. وهناك بعض الحشرات التي يزداد وزنها في الأوساط المشبعة ببخار الماء بالرغم من كونها جائعة، ففي هذه الحالات يكون هناك تبادل مستمر ما بين الرطوبة الجوية والماء الداخلي أي هناك تعويض كامل للماء الذي استخدم داخل جسم الحشرة، وذلك عن طريق جزيئات الماء الموجودة في الهواء الجوي. وبعض الحشرات قادرة على امتصاص الماء من جو ذي رطوبة نسبية منخفضة مثل حشرات Thermobia و Liposcelis وفي هذه الحال يترتب على خلايا البشرة عمل إضافي، فقد تكون هذه الخلايا قادرة على التحكم بكمية ماء الكيوتيكلين إذ يكفي خفض هذه الكمية بنسبة 1% حتى يبدأ امتصاص الماء من الجو ذي الرطوبة النسبية المرتفعة.

β - نفوذية المبيدات الحشرية:

تقلل طبقة الكيوتيكل من سرعة عمل المبيدات الحشرية والتي تؤثر عن طريق الملامسة.

ويعتمد عدم النفاذية بالنسبة للحشرة الواحدة على سماكة طبقة الكيوتيكل ودرجة صلابتها. وتصبح طبقة الكيوتيكل أكثر سماكة عندما تنتقل اليرقة من طور إلى آخر، ولذلك تكون اليرقات المعمرة أكثر مقاومة للمبيدات الحشرية.

وبالإضافة إلى سماكة الكيوتيكل هناك بعض العوامل التي تزيد من مقاومة الحشرة للمبيدات إضافة إلى بعض التغيرات الكيميائية كنقص نسبة الدهون وجفاف طبقة الكيوتيكل. أما عندما تنتقل من نوع من الحشرات إلى آخر فعندها لا توجد علاقة ما بين سماكة طبقة الكيوتيكل ونفوذيتها للمبيدات الحشرية. تعد الطبقة الدهنية للابيكويوتيكل عند غالبية الحشرات هي المانع الرئيسي لدخول المحاليل المائية وبعض المواد المحبة للدهون. وتسمح طبقة البروكيوتيكل بعبور المواد الدهنية والمواد السائلة أيضا وتعتمد أهمية هذه الطبقة على خصائصها البنيوية (سماكتها، تصلب السكليروتين، وجود القنوات والثقوب وكذلك قنوات غدد البشرة). إضافة لذلك تخضع النفوذية العامة للكيوتيكل بالنسبة لمادة ما لعدة عوامل فيزيائية وكيميائية من بينها درجة انحلالها.

إن غالبية المبيدات الحشرية والتي تؤثر بالملامسة عبارة عن مواد تتحلل في الدهون. وهذا ما يفسر قدرة بعض المبيدات على اختراق طبقة الكيوتيكل عندما يلامسها وهو على هيئة بلورات؛ لأنها تستطيع أن تتبع المعابر الدهنية وذلك بعملية انحلال بسيطة. وتبدو المرحلة الأولى لدخول مبيد ما وكأنها انحلال لهذا المبيد في الشمع الموجود داخل طبقة الابيكويوتيكل وعادة يكون الانحلال أكثر في الشمع الطري منه في الشمع القاسي.

ومع أنه من الضروري لعبور سائل ما أن يتمتع ببعض القدرة على الانحلال في الدهون فإن قدرته هذه يجب ألا تكون مرتفعة وذلك تحاشيا لتجمع كبير لهذه المادة في دهون طبقة الكيوتيكل. إن مبيد الـ DDT والمواد القريبة منه كيميائيا تتحلل وبسرعة في الدهون وتتراكم في طبقة الكيوتيكل لحشرة Phormia، ولا تستطيع هذه المواد الانتشار في الدم في حال دخوله وبسرعة إلى طبقة الكيوتيكل العائدة للصرصار وتراكمه بكمية كبيرة. وقد تم كشف نفس الظاهرة بالنسبة لمبيد الديازينون، فهناك إذا درجة انحلال صغرى في الدهون.

قد يكون حيز المبيد في بعض الحالات ناتجا عن امتصاصه من قبل الأجزاء البروتينية للكيوتيكل. ومثال ذلك (المالاثيون) الذي يخزن جزئيا في كيوتيكل الصرصار الأمريكي، ويمكن استخلاصه بواسطة الماء الساخن وليس بواسطة مذيبات الشمع.

أخيرا يجب ألا تعتبر طبقة الكيوتيكل وكأنها حاجز بسيط لمنع عبور المواد، لأنه قد يتم فيها تحلل المواد التي تجتازها وهذا الاستقلاب قد يضعف سمية المبيد أو على العكس قد يزيده وذلك حسب الحالة. فمثلا مبيد الـ DDT الذي وضع على كيوتيكل الجراد قد تحلل إلى مادة ثانوية هي DDE وهذه الأخيرة غير سامة تحمل فيما بعد إلى المناطق المجاورة. أما عند الجراد الصحراوي فيتحول المالاثيون الذي يجتاز الكيوتيكل إلى مالاكسون (Malaxon) وهذا الأخير عبارة عن مثبط قوي لإنزيم Cholinesterase. وبذلك تبدي الحشرة ظواهر السمية للمواد الفوسفورية العضوية بدرجة أكبر بعد الرش الخارجي مما لو حقنت الحشرة بالمالاثيون.

الفصل السابع

التغذية والهضم

يختلف النظام الغذائي كثيرا عند الحشرات وتستطيع هذه الأخيرة أن تتغذى على كافة المواد العضوية تقريبا الجافة منها كالحبوب أو السائلة مثل الدم وعصارة النبات أو رحيق الأزهار كما وتتغذى على الكيراتين وشمع العسل. ويوجد بين الحشرات العديد من الأنواع الضارة والتي تهاجم المحاصيل الزراعية والأشجار المثمرة والحراجية وحتى المواد المخزونة. كما تقوم بعض الحشرات بنقل بعض الأمراض خاصة تلك التي تتغذى على الدم Hematophages إذ إن العديد منها يتطفل على الإنسان والحيوانات الأليفة بعضها الآخر يهاجم الحشرات ويدعى في هذه الحال بـ (Entomophages). وتتدخل هذه الحشرات المفيدة بالمحافظة على التوازن البيئي. وقد تستخدم في بعض الحالات في مجال مكافحة الحيوية ضد الحشرات الضارة. تتألف أجزاء الفم عند مختلف الحشرات مع طبيعة المواد الغذائية (راجع مورفولوجيا وتصنيف الحشرات) كما أن الجهاز الهضمي يظهر العديد من الاختلافات المورفولوجية والهيستولوجية والوظيفية وذلك تبعا لنظام الحشرة الغذائي.

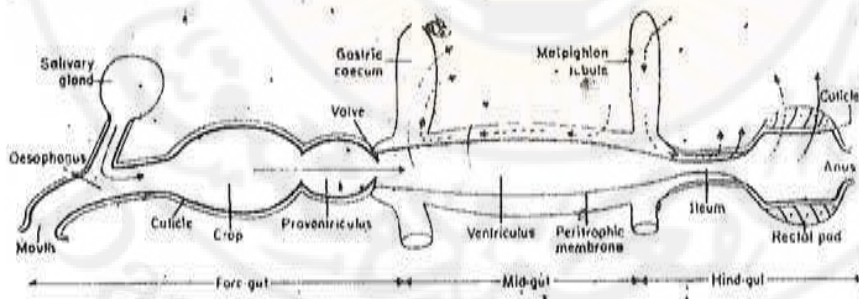
1- تركيب الأنبوب الهضمي الوظيفي:

يتألف الأنبوب الهضمي والذي يسبق بفتحة الفم من ثلاثة أجزاء ذات أصل جنيني مختلف، الأمعاء الأمامية، الوسطى والخلفية، شكل (5). إن أصل الأمعاء الأمامية والخلفية هو الوريقة الخارجية (Ectoderme) وتحتوي على غطاء كيتيني داخلي، أما الأمعاء الوسطى، فيمكن اعتبارها على الأقل في بعض الحالات بأنها ذات منشأ داخلي وهي الوريقة الداخلية

(Endoderme) وتغلف عند بعض الحشرات بغشاء داخلي رقيق يدعى الغشاء البيرتروفي (Peritrophic membrane) ويحمي الأمعاء الوسطى من الكتل الغذائية. يحاط الأنبوب الهضمي بطبقة من العضلات الطولية وأخرى دائرية، يختلف توزيعها حسب أجزاء الأمعاء، كما تربطه بجدار الجسم عضلات هيكلية تتركز في الجزء الأمامي للأمعاء الأمامية وبالقرب من الشرج. يغذي الجهاز العصبي المعوي الأمعاء الأمامية بالأعصاب الضرورية، وقد يزود الأمعاء الوسطى في بعض الأحيان بشبكة من الأعصاب. أما الأمعاء الخلفية فتزودها العقدة العصبية البطنية الخلفية بالأعصاب اللازمة.

ونجد هذا التنظيم البسيط للأنبوب الهضمي عند الحشرات البدائية أو عند بعض اليرقات.

وقد تقسم الأمعاء الأمامية عند بعض الحشرات إلى عدة مناطق متخصصة، أو قد نجد تخورات هامة مثل غرفة الترشيح كما هو حال حشرات Homoptera وترتبط هذه الاختلافات عادة بطبيعة الغذاء.



شكل ٥ :

شكل تخطيطي يبين المناطق الرئيسية للأنبوب الهضمي لدى الحشرات
(عن Berridge)

α - تجويف الفم والغدد اللعابية:

يحاط تجويف الفم عند الحشرات القارضة بالشفة العليا والفكين العلويين والفكين السفليين والشفة السفلى، ويوجد اللسان الذي يقسم تجويف الفم إلى حجرتين: سيباريوم Cibarium، ساليفاريوم Salivarium. ويتم ترطيب المواد الغذائية باللعاب داخل تجويف الفم، ومن ثم يدفع إلى الخلف (الفم) بمساعدة أجزاء الفم، وذلك بفضل توافق عمل عضلات الشفة العليا وعضلات السيباريوم واللسان.

تصب الغدد اللعابية داخل تجويف الفم في منطقة الساليفاريوم، ويختلف الأصل الجنيني لهذه الغدد، فعند غالبية الحشرات يكون أصلها الشفة السفلى، أما عند يرقات حرشفيات الأجنحة فإن أصلها هو الفك العلوي.

وتتألف الغدد اللعابية من نوع واحد من الخلايا أو من نوعين، وذلك تبعاً لنوع الحشرة، كما أن شكل هذه الغدد مختلف أيضاً. فمثلاً عند حشرة الذباب Calliphora، تكون الغدد اللعابية على هيئة أنبوبين طويلين يمتدان داخل التجويف العام للحشرة، ويتألفان من نوع واحد من الخلايا المفرزة، وتبين الدراسات التركيبية لهذا النوع من الخلايا أنها تتألف من: غشاء سيتوبلازمي قاعدي، ينغمد داخل الخلية ويشكل عدة طيات تحتوي على عدد كبير من الجسيمات الكوندرية، ويشير وجود هذه الأخيرة إلى النقل الفعال.

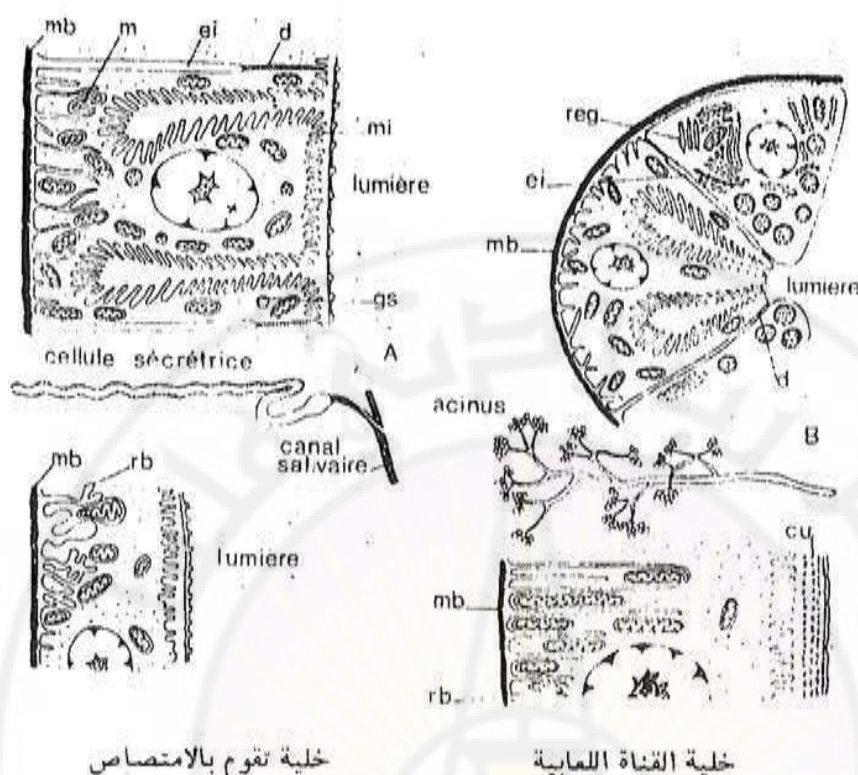
أما من الناحية القمية فيشكل الغشاء السيتوبلازمي عدداً كبيراً من الزغبيات Microvilli، كما ينغمد هذا الغشاء على هيئة قنوات طويلة وضيقة.

تقوم هذه الخلايا بإفراز سائل ذي ضغط اسموزي مساو للضغط الاسموزي للدم Asoosmotique، وهو غني بالبوتاسيوم (K^+)، كما ويحتوي على أنزيم الاميلاز Amylas. ويتغير التركيب الأيوني لهذا السائل في أثناء سريانه داخل القناة اللعابية إذ يحصل امتصاص لأيونات البوتاسيوم في الجزء القريب من هذه القناة وهذا ما يعيد تركيز اللعاب خفيف الضغط الاسموزي (Hypoosmotique) مقارنة بالدم.

أما النوع الآخر من الغدد اللعابية فنجده عند حشرات مستقيمات الأجنحة، وهي من النوع الكأسي (Acineuse) وتتألف من نوعين من الخلايا، شكل (6):

- خلايا تشبه تلك الموجودة عند حشرة Calliphora.
- خلايا من نوع آخر تحتوي على شبكة سيتوبلاسمية داخلية متطورة جداً، وتفرز هذه الخلايا مواد مخاطية Mucopolysaccharide وعلى حبيبات تدعى (Zymogene). وتقوم خلايا القناة اللعابية بامتصاص بعض عناصر السائل الأولي وتغير بذلك تركيز السائل.

يتألف اللعاب من سائل رائق ذي درجة حموضة PH معتدلة ويحتوي على Mucopolysacchride الذي يربط الغذاء وأجزاء الفم أيضاً. كما يحتوي اللعاب على بعض الأنزيمات مثل الاميلاز، الانفرتاز.



خلية تقوم بالامتصاص

خلية القناة اللعابية

شكل ٦ :

الفرد اللعابية : A : عند الذباب (Calliphora) B : عند مستقيمة الاجنحة

CU	الكيتيكل	m	الجسيمات الكوندرية
d	رابط خلوي	mb	الفشاء القاعدي
ei	فراغ بين خلوي	mi	الزغيبات الميكرونية
gs	حببات الافراز	rb	الانغمادات القاعدية
reg	الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية المحبة		

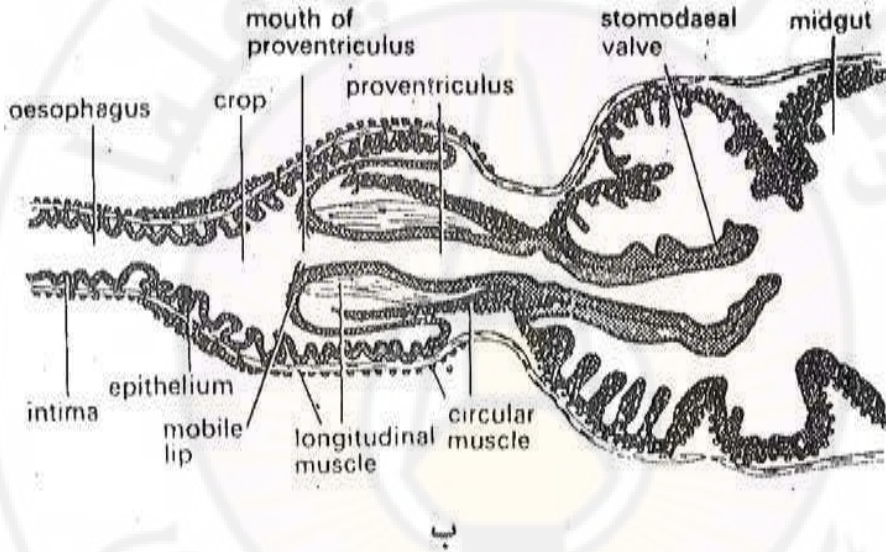
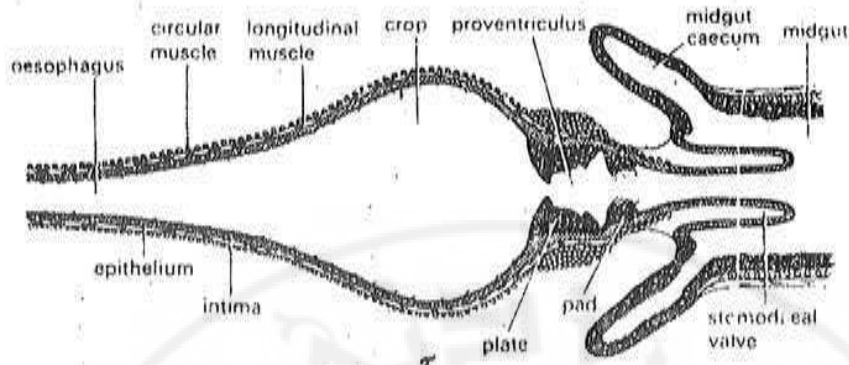
كما يقوم اللعاب ببعض الأعمال الخاصة في أثناء تناول الغذاء، إذ يسهل اللعاب دخول أجزاء الفم في الأنسجة النباتية كما هو الحال عند المن، إذ إن أنزيم البكتيناز Pectinase الموجود في اللعاب يحلل البكتينات والتي تشكل الطبقة السمنتية بين جدار الخلايا النباتية. أما عند الحشرات التي تهاجم الحيوانات فنجد

بأن لعابها يحتوي على أنزيم خاص هو هيلالورونيداز Hyaluronidase كما هو الحال عند حشرة Platýmeris التي تقوم بحقن اللعاب داخل الفريسة ويحطم إنزيم الهيلالورونيداز السكريات المعقدة للأنسجة الضامة. كما تقوم بعض الحشرات بإفراز لعابها الذي يحتوي على مادة مضادة للتخثر (Anticoagulant) ويمنع بذلك تخثر الدم الذي تأخذه الحشرة سواء داخل الخرطوم أم في الحوصلة.

β - الأمعاء الأمامية: Stomodeum:

تتألف الأمعاء الأمامية عند الحشرات الأولية وبعض اليرقات من أنبوب بسيط يمتد من الفم وإلى الأمعاء الوسطى ويقوم بإيصال المواد الغذائية إلى الأمعاء الوسطى ويتألف من طبقة من الخلايا الطلائية المسطحة والتي تغطي بطبقة كينينية من الناحية الداخلية أما من الناحية الخارجية فتحاط بطبقة من الألياف العضلية الطولية الداخلية يليها طبقة من الألياف العضلية الدائرية الخارجية وتسهم هذه العضلات بالحركة الدودية للأمعاء الأمامية التي تؤدي إلى حركة الغذاء وإضافة إلى ذلك يوجد عضلات موسعة خارجية.

تتميز الأمعاء الأمامية عند غالبية الحشرات إلى عدة أجزاء متخصصة وظيفياً شكل رقم (7):



شكل ٧ :

أ - مقطع طولي في الأمعاء الأمامية للصرصار .

ب - مقطع طولي في القونصة لدى النحل . (عن Snodgrass)

- البلعوم Pharynx: وهو الجزء الصغير من القناة الأمامية الذي يلي فراغ الفم مباشرة.

- المري Oesophagus: وهو عبارة عن أنبوب ضيق يقوم بنقل المواد الغذائية ويختلف طوله تبعاً لنوع الحشرات.

- الحوصلة Jabot: وقد تكون عبارة عن انتفاخ بسيط للأمعاء الأمامية أو قد تكون في بعض الحالات عبارة عن زائدة للأمعاء الأمامية وتفصل عنها كما هو الحال عند يرقات الذباب Calliphora. وتقوم الحوصلة بدورين رئيسيين الأول هو تخزين المواد الغذائية أما الدور الثاني فهو الهضم.

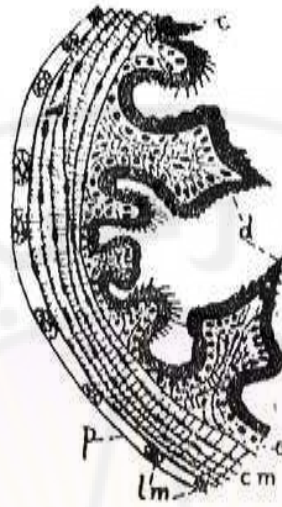
فقد أثبتت الدراسات العديدة بأنه يتم داخل الحوصلة العديد من ظواهر الهضم دون أن تقوم الحوصلة بإفراز أي أنزيم أما مصدر هذه الأنزيمات فهو مختلف:

- 1- المصدر الأول هو اللعاب: ونجد هذه الحالة عند نحل العسل إذ إن الرحيق يكون ممزوجا بأنزيمات اللعاب ويتحول إلى عسل داخل الحوصلة.
- 2- أما المصدر الثاني للأنزيمات: فهو الأمعاء الوسطى والتي يمكنها أن تصعد إلى الحوصلة عبر الصمام الفؤادي ونجد هذه الحالة عند رتبة مستقيمات الأجنحة وتكون بذلك الحوصلة المكان الرئيسي للهضم. وإذا كان جزء كبير من عمليات الهضم يتم داخل الحوصلة ولو جزئيا فإن عمليات الامتصاص لا تتم داخل هذا الجزء.

- القونصة Proventriculus:

وهي عبارة عن الجزء الخلفي للأمعاء الأمامية تحتوي على عضلات منطوية جدا كما أن الطبقة الكيتينية الداخلية ثخينة ومتصلبة ومزودة بعدد من الأسنان القوية شكل رقم 8. ويتم طحن المواد الغذائية القاسية في هذا الجزء. تتابع المواد الغذائية والتي تم هضمها جزئيا أو تلك التي لم تهضم إلى الأمعاء الوسطى وقد وجد عند بعض الحشرات أن تفريغ الحوصلة يقع تحت مراقبة الجهاز العصبي الحشوي (مثال ذلك حشرة Leucophaea) كما أن القونصة تسهم أيضا بتنظيم مرور المواد الغذائية إلى الأمعاء الوسطى ، فعند

الحشرات القانصة والتي تتميز بوجود قونصة متطورة يوجد لديها شعيرات كثيفة تشكل منخلا لمنع دخول الأجزاء الكبيرة ولا تسمح إلا بعبور الأجزاء الصغيرة.



شكل ٨ :

مقطع عرضي في جدار القونصة لدى حشرات Tettigonidae

المضلات الدائرية	cM	الطبقة الكيميائية
المضلات الطولية	Lm	الأسنان d
الفشاء الخارجي	P	الطبقة الطلائية e

(عن Bordas)

γ- الأمعاء الوسطى Mesenteron :

تكون الأمعاء الوسطى الجزء الحقيقي للهضم من الأنبوب الهضمي وهي عبارة عن أنبوب متجانس أو قد يبدي بعض الاختلافات المورفولوجية والوظيفية عند بعض الحشرات.

تفرز الأمعاء الوسطى الإنزيمات الضرورية لعمليات الهضم كما أنها تتدخل في ظواهر الامتصاص المختلفة. كما أن وجود الزوائد الأعورية Caecums Gastriques.

يزيد من سطح الامتصاص وتفتح هذه الزوائد بالقرب من الصمام
الفؤادي Stomodaeal valve.

وتتألف الأمعاء الوسطى من طبقة من الخلايا الطلائية المتطورة ترتكز
على الصفيحة القاعدية والتي تحيط بها طبقة من العضلات الدائرية الداخلية
وأخرى من العضلات الطولية الخارجية ويحيط بها غشاء قاعدي يفصل الأمعاء
عن الدم.

أما من الناحية الداخلية فتغلف الخلايا الطلائية بغشاء بيرونوتروفي يفصلها
عن الغذاء.

وقد تتألف الخلايا الطلائية من نوع أو أكثر من الخلايا موزعة بشكل
منتظم على امتداد الأمعاء ويختلف ذلك بحسب نوع الحشرات:

(1) الخلايا الرئيسية: Columnar cell:

توجد هذه الخلايا دائما عند كافة الحشرات وهي خلايا كبيرة الحجم
يحتوي سطحها القمي على زغيبات مغطاة بطبقة مخاطية Glycocalyx ولا
تحتوي بداخلها على جسيمات كوندرية وهذه الأخيرة نجدها مرتبطة بالغشاء
الخلوي. و من مواصفاتها فوق البنيوية أيضا هو احتواؤها على الشبكة
السيتوبلاسمية المحببة والمتطورة جدا وكذلك جهاز كولجي كما يوجد العديد من
الفجوات (الكثل) الدهنية. ولهذه الخلايا القدرة على إفراز الإنزيمات الهاضمة
وعلى الامتصاص أيضا شكل رقم (9).

إن تحرير الإنزيمات التي تصنعها الخلية يتم بعدة طرق :

- الإنزيمات من نوع Apocrine: يتم تحرير الإنزيمات عن طريقة ظاهرة
التحوصل الخارجي (الايكزوسيتوز Exocytose).

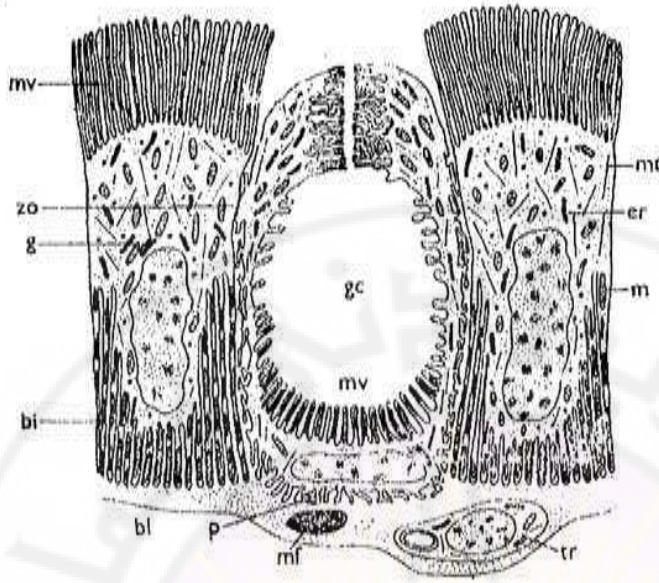
- وقد وجد بعض التمزقات الخلوية (في قمة الخلية) فقد يكون إفراز من نوع Merocrine مع طرح جزء من سيتوبلاسم الخلية.
- أو قد يكون إفراز Holocrine وفي هذه الحال يكون طرح لكامل الخلية المفرزة.

(2) الخلايا الكأسية: Goblet cell:

هذا النوع من الخلايا نجده في الأمعاء الوسطى ليرقات حرشفيات الأجنحة وعند Ephemeroptera والـ Paleoptera، وتكون هذه الخلايا متوضعة بجوار الخلايا الرئيسية، شكل (9). تمتاز هذه الخلايا بأنها تحتوي على تجاويف عميقة، وهذه التجاويف تحتوي على زغيبات طويلة تحتوي كل منها على ميتوكوندري واحدة. تتدخل هذه الخلايا بالتنظيم الأيوني للحشرات إذ تقوم بإطراح أيونات البوتاسيوم (K^+) من الدم وباتجاه لمعة الأنبوب الهضمي. ولذلك نجد هذه الخلايا لدى يرقات حرشفية الأجنحة والتي تتغذى على نباتات غنية بالبوتاسيوم.

(3) الخلايا القاعدية: Basal cell:

يطلق عليها أيضا اسم الخلايا المعوضة غير المتميزة، لأنها تقوم بتعويض الخلايا المعوية التالفة، وقد تكون هذه الخلايا منفردة ومنتشرة على امتداد الأمعاء الوسطى، وقد تكون مجتمعة على شكل عش، شكل (10).



شكل ٩ :

التركيب فوق البنيوي للأمعاء الوسطى لدى يرقة Hyalophora
يوضح الشكل الخلايا الرئيسية تحيط بالخلية الكأسية .

bi انغمادات الفشاء السيتوبلازمي القاعدي للخلايا الرئيسية مرتبطة بالجسيمات الكوندرية

الانابيب الميكرونية	mt	الصفحة القاعدية	bl
الزغيبات الميكرونية	mv	الشبكة السيتوبلازمية الداخلية	er
انغمادات الفشاء السيتوبلازمي	P	جهاز غولجي	g
القاعدي لدى الخلية الكأسية		تجويف الخلية الكأسية	gc
خلايا القصيبات الهوائية	tr	الجسيمات الكوندرية	m
رباط خلوي	Zo	الإلياف العضلية	mF

(من Anderson et col)

ويبرز نشاط هذه الخلايا، عند غالبية الحشرات في أثناء فترة الانسلاخ ؛
إذ أنها تقوم بتجديد كافة الخلايا الطلائية، أما عند الحشرات ذات التطور الكامل
فستبدل الخلايا الطلائية اليرقية في أثناء فترة التحول بخلايا طلائية جديدة
للحشرة الكاملة.

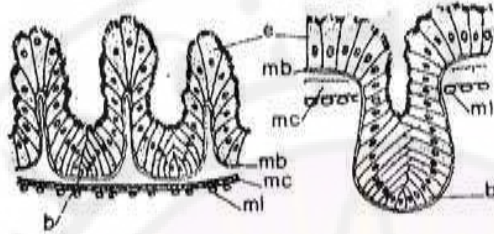
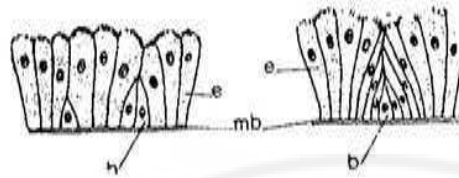
يمتاز الغشاء البيروثروفي والذي يغلف الخلايا الطلانية من الداخل، بأنه رقيق و شفاف، يختلف منشأ هذا الغشاء حسب نوع الحشرات، ويمتاز هذا الغشاء بأنه نفوذ للأنزيمات المختلفة والمواد المهضومة.

δ- الأمعاء الخلفية Proctodeum:

يوجد الصمام البوابي Valvule pylorique في نقطة اتصال الأمعاء الخلفية بالأمعاء الوسطى، كما تصب أنابيب مالبيكي عند هذا المستوى. وتقسم الأمعاء الخلفية مورفولوجياً إلى جزأين، أمامي أنبوبي الشكل وضيق، وخلفي كبير وواسع وهو عبارة عن المستقيم.

تتدخل الأمعاء الخلفية بامتصاص الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية، ولكن الامتصاص يكون قليلاً جداً. كما تعيش بعض الأحياء الدقيقة في الأمعاء الخلفية لبعض الحشرات مثل النمل الأبيض، حيث تقوم هذه الكائنات بهضم السيللوز، وتقوم الأمعاء الخلفية بامتصاص نواتج الاستقلاب. ولكن الدور الرئيسي للأمعاء الخلفية هو طرد الفضلات ونواتج الإطراح القادمة من أنابيب مالبيكي. كما تؤدي الأمعاء الخلفية دوراً هاماً في التعادل الاسموزي، وتجتمع الخلايا المسؤولة عن عملية الامتصاص هذه على شكل حلقات، تدعى حلقات المستقيم Papilles أو غدد المستقيم. وتمتاز هذه الخلايا بأنها كبيرة الحجم وهي من النوع القادر على الامتصاص، إذ تحتوي على زغيبات يتضمن كل منها ميتوكوندري. إضافة إلى أن الغشاء السيتوبلازمي يكون عدداً من الانغمادات، شكل (11).

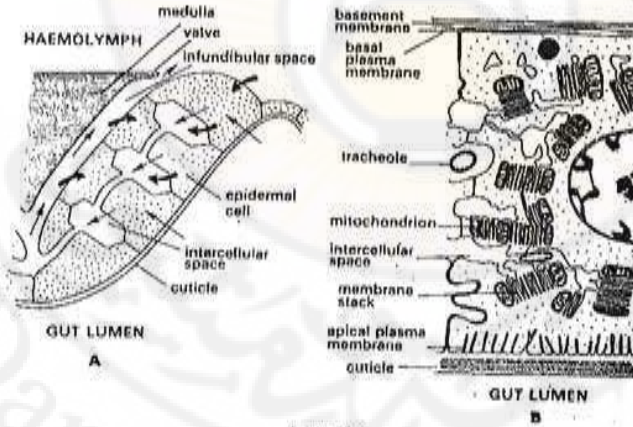
تحتوي الأمعاء الخلفية على عضلات متطورة جداً، ويكون لها نفس ترتيب عضلات الأمعاء الأمامية. أما من الناحية الداخلية فتحاط الخلايا الطلانية بطبقة كيتينية، يكون فيها الأبيكيونيكول رقيقاً ونفوذاً أيضاً.



شكل ١٠ :

رسم تخطيطي يبين الخلايا القاعدية في الأمعاء الوسطى

الخلايا القاعدية b
الخلايا الرئيسية e
mb الغشاء القاعدي
mc, ml المشلات الطولية والدائرية
(عن Snodgrass)



شكل ١١ :

تركيب حلقات المستقيم لدى حشرة Calliphora

A : مقطع في منطقة حلقات المستقيم بين اتجاه حركة الماء (الأسهم الرقيقة) والمواد اللدنية (الأسهم الثقيلة) .
B : تركيب الخلايا الطولية لأحدى حلقات المستقيم .
(عن Horridge)

2- فيزيولوجيا الهضم والامتصاص:

قد تبدأ عملية الهضم عند بعض الحشرات خارج جسم الحشرة، كما هو الحال عند بق النبات والتي يحتوي لعابها على بعض الإنزيمات مثل البروتياز Protease والأميلاز Amylase. أما المفترسات فإنها تقوم بعمليات الهضم خارج الأمعاء ومن ثم تقوم بامتصاص السائل الغذائي الناتج عن عمليات الهضم هذه، ونجد مثل هذه الحالة عند حشرات Carabidae ويرقات Cicidellidae. ولكن يبقى الهضم الداخلي هو الحالة الأكثر انتشاراً عند الحشرات، إذ إن عمليات الهضم تتم بشكل رئيسي داخل الأمعاء الوسطى، ويختلف الوقت الذي يستغرقه مرور الغذاء عبر الأنبوب الهضمي بكامله حسب نوع الحشرات. وهناك عدة عوامل تؤثر على سير عمليات الهضم عند الحشرات مثل درجة الحموضة، وآلية المحلول المنظم، وجهد الأكسدة والإرجاع للوسط المعوي.

α - هضم وامتصاص المواد الغذائية:

يتوافق المخزون الأنزيمي للحشرات غالباً وطبيعة المواد الغذائية المتوافرة لها، فعند الحشرات القارضة (Omnivore) كالصرصار نجد مجموعة من الأنزيمات التي تستطيع هضم كافة المواد الغذائية، أما بالنسبة للحشرات التي تتغذى على الدم Hematophages فلا تحتوي إلا على الأنزيمات التي تحلل البروتينات. أما الحشرات التي تتغذى على رحيق الأزهار فلا تحتوي إلا على أنزيم الانفرتاز (Invertase).

وتبدو عملية التأقلم ما بين الأنزيمات والغذاء واضحة المعالم عند الحشرات كاملة التطور والتي تغير نظامها الغذائي بعد فترة التحول. فمثلاً يرقات حرشفيات الأجنحة تتغذى على النبات وهي تحتوي على مجموعة واسعة

من الأنزيمات بينما لا تحتوي الحشرة الكاملة إلا على أنزيم الانفرتاز، وفي بعض الأحيان لا تحتوي الحشرة على أي أنزيم عندما لا تتغذى .
وفي بعض الحالات يمكن للأحياء الدقيقة المتعايشة أن تنتج بعض الأنزيمات المستخدمة من قبل الحشرة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة.

1) هضم وامتصاص المواد السكرية:

- هضم المواد السكرية:

تفرز معظم الحشرات أنزيمات الانفرتاز Invertase والتي تحلل الكربوهيدرات البسيطة مثل السكريز والمالتوز، كما تفرز أنزيم الاميلاز Amylase والذي يحلل السكريات المعقدة المخزونة عند النبات (النشاء). وهناك بعض الأنزيمات قليلة الانتشار مثل أنزيم السيلولاز Cellulase وقد تم تحديد هذا الأنزيم عند الحشرات التي تتغذى على السيلولوز، ولكن عددا قليلا من الحشرات يستطيع إنتاج هذا الأنزيم بنفسه مثل يرقات anobiidae، Cerambycidae أما الأنواع الأخرى فإنها تحصل على هذا الأنزيم من الكائنات الدقيقة الموجودة في أمعائها.

أما الأنزيم الآخر القليل الانتشار فهو أنزيم الكيتيناز Chitinase وقد تم تحديده عند الحشرات آكلات الحشرات (Entomophage) كما هو الحال عند بعض الرعاشات.

- امتصاص المواد السكرية:

لا يوجد عند الحشرات نقل فعال للسكريات الأحادية عبر جدار الأمعاء ولكن هذه السكريات تمتص عن طريق ظاهرة الحلول (الانتشار الخامل) وإن التحول السريع للغلوكوز إلى سكريات ثنائية تريهالوز يحافظ على درجة تركيز ملائمة. ويتم تحول السكريات إلى تريهالوز بشكل رئيسي داخل الجسم الدهني.

أما عند بعض الحشرات الأخرى فيتم تحول السكريات إلى غليكوجين كما هو الحال عند البعوض المصري.

وقد أثبت التجارب أن الجزء الأعظمي من السكريات الأحادية يتم امتصاصه داخل الزوائد الأعورية والجزء الأمامي للأمعاء الوسطى.

(2) - هضم وامتصاص المواد الدهنية:

- الهضم:

تنتج العديد من الحشرات إنزيم الليباز الذي يحلل المواد الدهنية إلى أحماض دهنية وجليسرول ولا يوجد أية مادة مصبنة والتي تؤدي إلى تحلل جزئي للدهون.

ويعتبر هضم شمع العسل من قبل يرقات Galleria من الحالات الخاصة جدا نظرا لأن الشمع الذي تتناوله اليرقات يتصبن وبسرعة من قبل مادة غير معروفة بعد ثم يتحلل بعدها مباشرة الجزء الأعظمي من المواد غير القابلة للتصبن ويتأكسد (مثل الكحول والهيدروكربون) إلى أحماض دهنية. كما لا يعرف الدور الذي تسهم فيه الكائنات الدقيقة لمساعدة الحشرة على الاستفادة من الشمع.

- الامتصاص:

تمتص المواد الدهنية بمستوى الزوائد الأعورية وداخل الجزء الأمامي للأمعاء الوسطى. وتعد الخلايا التي تجمع المواد الدهنية عبارة عن مراكز رئيسية لامتصاص المواد الدهنية ، وبذلك يكون امتصاص الدهون عند البعوض Aeds الجزء الأمامي للأمعاء أما عند Culex فيكون داخل المنطقة الوسطى. وقد تصل المواد الدهنية المتصبنة إلى الدم عبر الفراغات الخلوية.

(3) - هضم وامتصاص المواد البروتينية:

- الهضم:

تنشط معظم الإنزيمات التي تحلل البروتينات نجدها داخل الأنبوب الهضمي للحشرات على درجة حموضة معتدلة أو قلوية. ولقد وجد عند الحشرات *Musca domestica* *Calliphora vomitoria* نوعان من الإنزيمات المحللة للبروتين (Protenase):

النوع الأول: protenase ينشط في وسط قلوي درجة حموضة الدنيا $pH=8$ وهو من نوع التربيسين (Trypsine).

النوع الثاني: protenase يبدأ نشاطه في وسط حامضي على درجة حموضة مرتفعة 3 - $pH = 2.8$ وهو من نوع البيسين Pepsine.

تنشط إنزيمات البروتيناز بشكل خاص داخل الأمعاء وقد تمتص الببتيدات بشكل عام من قبل الخلايا الطلائية المعوية ويمكن للحلماة (Hydrolyse) النهائية للبروتينات أن تتم أو تستكمل داخل الخلية المعوية وذلك بفضل إنزيم الببتيداز Peptidase الموجود داخل الخلية نفسها.

تحتوي بعض الحشرات على بغض الإنزيمات الخاصة مثل الكولاجيناز Collagenase والذي يهضم بروتين الكولاجين ونجده عند يرقات Hypoderma والتي تتغذى على الجلود أو على المنتجات الجلدية .

وهناك بعض الحشرات التي تتغذى على مواد تحتوي على الكيراثين (مثل العثة) فإنها تنتج إنزيم الكيراثيناز داخل الأمعاء الوسطى وتمتاز الأمعاء الوسطى عند هذه الحشرات بأن جهد الإرجاع لديها يكون سلبيا وهذا ضروري لعمل إنزيم الكيراثيناز.

- الامتصاص:

إن امتصاص الأحماض الأمينية يكون سريعا جدا بمستوى الزوائد الأوربية والأمعاء الوسطى وذلك عند الصرصار الأمريكي والجراد الصحراوي. ويفترن عبور الأحماض الأمينية عبر الخلايا الطلائية للأمعاء بحركة الماء باتجاه الدم.

إذ إن هذه الحركة تخلق اختلافا في درجة التركيز وهذا ما يؤدي لنقل نواتج الاستقلاب باتجاه الدم.

أما الآلية التي تتم بواسطتها امتصاص الجزيئات الكبيرة فهي غير معروفة تماما عند الحشرات.

-β دور الأنبوب الهضمي في التنظيم الاسموزي:

تتخلص الحشرات التي تتناول كمية كبيرة من الغذاء السائل، من الماء الزائد عن طريق غرفة الترشيح (Chanbre filtrante) كما هو الحال عند حشرات Homoptera، شكل (12).

ويساعد ذلك على تفادي التمدد الشديد لدم هذه الحشرات ويسهل عمليات الهضم. وتلتصق بمستوى غرفة الترشيح الأمعاء الأمامية والخلفية، ويكون الجدار الخلوي في نقطة تماسها رقيقا جدا. وبذلك يمكن للمحتوى الغذائي أن يتبع إحدى طريقتين:

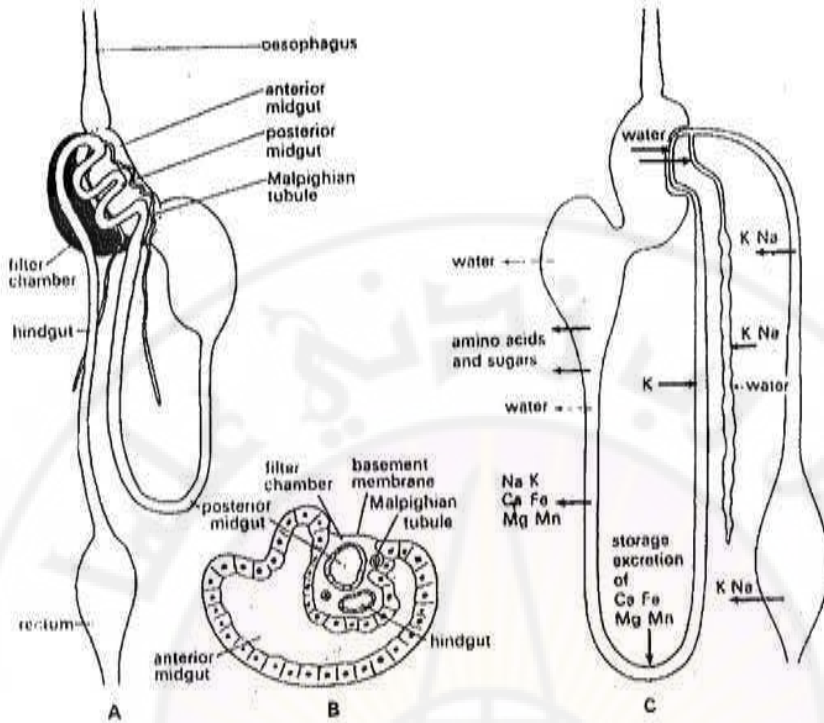
- الطريق الطبيعية: وتتبعه الأحماض الأمينية والبروتينات.

- الجزء الأكبر من الماء والسكر يمر عبر غرفة الترشيح متجنباً بذلك الجزء الأكبر من الأمعاء الوسطى ويصل إلى الأمعاء الخلفية ويتم طرحه على شكل ندوة عسلية.

أما الحشرات الأرضية، فتقاوم وباستمرار للحد من فقد الماء، والمحافظة على الماء الموجود في الغذاء. ولذلك يتم امتصاص الماء والمواد المنحلة داخل الأمعاء الوسطى والزوائد الأعورية وكذلك داخل الأمعاء الخلفية.

أما عند الصرصار الأمريكي فيرتبط عبور الماء خلال الخلايا الطلائية المعوية، يرتبط بالنقل الفعال لأيونات الصوديوم Na^+ . فتشكل انغمادات الغشاء السيئوبلاسمي القاعدي عدة قنوات تتصل بالدم، وترتبط هذه القنوات بعدد كبير من الجسيمات الكوندرية. يضخ الصوديوم من الخلية ويتركز داخل هذه القنوات ومن ثم يصب في الدم. ويستعاض عن شوارد الصوديوم وبالتدريج بشوارد صوديوم مصدرها تجويف الأنبوب الهضمي. إن طرح شوارد الصوديوم يخلق اختلافاً بالتركيز داخل القنوات الخلوية الداخلية، وبما أن الشوارد تكون مرتفعة التركيز في عمق الطبقة السيئوبلاسمية فهذا يشكل حركة الماء باتجاه الدم. إن وجود مضخة البوتاسيوم K^+ داخل الأمعاء الوسطى ليرقات *Hyolophora* يمكن أن يرتبط بالتركيب الأيوني لغذاء الحشرات التي تتغذى على النبات.

تحتوي الأمعاء الوسطى عند غالبية الحشرات، على تركيب موحد تقريبا دون وجود مناطق وظيفية محددة. ومع ذلك فقد وجدت بعض الاختلافات الهيستولوجية والتي قد تمثل تقسيمات وظيفية داخل الأمعاء الوسطى. فقد وجد عند حشرة *Glossina* ثلاث مناطق متميزة في الأمعاء الوسطى: المنطقة الأولى: لامتصاص الماء الموجود بالدم الذي تأخذه الحشرة. المنطقة الثانية: متخصصة بظواهر الهضم المختلفة. المنطقة الثالثة: لامتصاص.



شكل ١٢ :

شكل تخطيطي للانبوب الهضمي لدى حشرات Cercopidae

A — الترتيب العام للانبوب الهضمي يبين غرفة الترشيح .

(عن Snodgrass)

B — مقطع عرضي في غرفة الترشيح .

(عن IMMS)

C — حركة الماء والمواد الذائبة عبر جدار الامعاء .

(عن Marslyall)

- مراقبة نشاطات الهضم:

يرتبط النشاط الأنزيمي على الأقل عند بعض الحشرات بتناول الطعام وب نوعية المواد الغذائية. فقد وجد عند البعوض المصري *Aedes* أن نشاط أنزيم البروتيناز داخل الأمعاء الوسطى أكبر بست وعشرين مرة بعد تناول الدم، ولكنه يتضاعف فقط عند تغذية الحشرة على السكر.

كما أن الإفرازات الإنزيمية تكون خاضعة لمراقبة هرمونية فعند حشرة Tenebrio لم يلاحظ أي نشاط لإنزيم البروتيناز في الأمعاء الوسطى لدى الأفراد المعزولة قبل يوم واحد من ظهور الحشرة الكاملة. ولكن نشاط هذا الإنزيم Protease يبدو واضحا في حال عزل الأفراد بعد ظهور الحشرة الكاملة. لأن هذا الهرمون يفرز من الخلايا العصبية المفرزة للمخ عند الحشرة الكاملة.

وفي حال غياب الهرمونات العصبية عند حشرات Calliphoridae فإن الخلايا المعوية لا تفرز إلا كمية قليلة من البروتيناز Protenase ولذلك فإن استئصال الخلايا العصبية المفرزة في المخ يحرض على حجز البروتينات داخل الأنبوب الهضمي.

جهاز الإطراح

تعمل أجهزة الإطراح على ثبات الوسط الداخلي بشكل مستمر بحيث يسمح هذا الوسط بالنشاطات الخلوية المختلفة. إذ يعمل على ديمومة التركيب الأيوني للدم إضافة للمواد الأزوتية السامة والتي تنتج عن تحلل المواد البروتينية. عند غالبية الحشرات تقوم أنابيب مالبيكي بالإطراح وتنظيم الماء والأملاح. إذ تدخل الأملاح والماء ونواتج الإطراح إلى أنابيب مالبيكي من الدم ويتم في المستقيم إعادة الامتصاص. ويختلف تناول الماء والأملاح والبروتينات حسب نوع الحشرة وحسب تطورها أيضا. فالحشرات التي تعيش تحت ظروف جافة يتوجب عليها الحفاظ على الماء ولذلك فإن فقد الماء يكون قليلا جدا. أما الحشرات التي تعيش في المياه العذبة فيتوجب عليها طرح الماء باستمرار لتحافظ على التركيز الاسموزي الأدنى داخل الدم والنسج الأخرى.

1- أعضاء الإطراح :

تعد أنابيب مالبيكي من أعضاء الإطراح الرئيسية عند الحشرات وفي حال غياب أنابيب مالبيكي تقوم أعضاء أخرى بمهمة الإطراح مثل غدد الرأس عند الحشرات عديمة الأجنحة أو الأنبوب الهضمي مثل المن. كما أن الغدد الإضافية لجهاز التكاثر عند ذكر الصرصار تقوم بطرح اليورات. ويتراكم العديد من المواد مثل اليورات - المعادن والصبغات داخل الجسم الدهني أو الخلايا الجار قلبية وخلايا البشرة وكذلك داخل الأنبوب الهضمي. إن وجود مثل هذه المواد يمكن أن نعتبرها كدلائل للإطراح.

أ- أنابيب مالبيكي:



شكل ١٣ :

صورة مأخوذة بمساعدة المجهر العادي للزوج الأيسر لأنابيب مالبيكي
لدى يرقات الدباب Calliphora
(من قسيس)

أشير إلى وجود أنابيب مالبيكي لأول مرة في عام 1669 من قبل العالم مالبيكي وذلك في أثناء دراسته التشريحية لدودة الحرير وقد أعطاها اسم (Vasa Varricosa) إلا أن العالم ميكل Meckel أعطاها الاسم الحالي (أنابيب مالبيكي) وذلك عام 1826.

وقد أثبت العديد من العلماء دور أنابيب مالبيكي بالإطراح منذ فترة طويلة وقد قارنها العالم رينجير Renger عام 1817 بالكليتين عند الفقاريات.

بينت الدراسة التشريحية العديدة وجود أنابيب مالبيكي عند الغالبية العظمى من الحشرات باستثناء الحشرات غير المجنحة مثل الكولومبولات Callembola وDiplura من جنس Japyx ومن بين الحشرات المجنحة والتي

لا تحتوي على أنابيب مالبيكي حشرات المن Aphidae وذلك طور الحشرة الكاملة لرتبة Strepsiptera. ويختلف عدد أنابيب مالبيكي كثيرا وذلك حسب النوع.

إذ يتراوح العدد من اثنين إلى أكثر من مائة. ونستج من ذلك أن طول أنابيب مالبيكي يقصر كلما زاد عدد الأنابيب ويكون بالنتيجة سطح الترشيح بالميلغرام الواحد للحشرة ثابتاً.

إذ يبلغ 412 مم مربع/مغ عند الصرصار الذي يحتوي على 60 أنبوباً ويصل إلى 500 مم مربع/مغ عند يرقات Castropaga والتي تحتوي على 6 أنابيب. ترتبط أنابيب مالبيكي بالقناة الهضمية بواسطة قناة صغيرة أو حالب ureter عادة في المنطقة الفاصلة ما بين الأمعاء الوسطى والخلفية وأنابيب مالبيكي عبارة عن أنابيب عمياء دقيقة تعوم داخل الدم. وتكون النهاية الطرفية لهذه الأنابيب عادة حرة ومع ذلك عند بعض الحشرات التابعة لرتبة Homoptera وعند العديد من الحشرات كاملة التطور، ترتبط النهاية الطرفية أو تلتصق بجدار المستقيم ويطلق على هذه الحالة اسم (Cryptonephridisme).

تظهر أنابيب مالبيكي عند بعض الحشرات اختلافات مورفولوجية سواء بالطول أم بالشكل وحتى اللون.

وحتى ضمن الأنبوب الواحد غالباً ما نجد تمايزاً إلى عدة أجزاء. ونجد على الأقل منطقتين مميزتين: الجزء الطرفي (البعيد) Distale والجزء القريب (Proxinal) ويظهر هذا التمايز تخصصاً وظيفياً شكل رقم 13.

لقد أسهمت الدراسات التشريحية وفوق التركيبية في معرفة صفات الخلايا التي تشكل أنابيب مالبيكي. فتحتوي الخلية المالبيكية على مواصفات فوق تركيبية

والتي ترتبط عادة بنقل الماء والمواد الذائبة وتتألف الخلية النموذجية من المناطق التالية:

- المنطقة القاعدية: تحيط الصفحة القاعدية بالخلية من الناحية الخارجية وتكون عادة رقيقة (130 نانومتر) ويرتبط بها خلايا القصبات الهوائية من ناحية الدم.

ينغمد الغشاء السيتوبلازمي القاعدي انغمادات طويلة مشكلا عدة طيات مختلفة العمق أو ما يدعى بالحجيرات السيتوبلازمية القاعدية والتي تحتوي جسيمات كوندرية شكل رقم 14.

- المنطقة الوسطى: وتحتوي على النواة وعلى الشبكة السيتوبلازمية الداخلية المحببة R.E.G وتحتوي على العديد من الفجوات مختلفة الحجم والشكل والمحتوى.

- المنطقة القمية: يشكل الغشاء السيتوبلازمي القمي بانغماده زغيبات علوية تدعى Microvilli يحتوي بعضها على ميتوكوندري .

تزيد هذه التغيرات المورفولوجية من سطح التبادل بشكل كبير ويمكن عبر هذا السطح أن تنتقل المواد من الدم وإلى الخلية ومن ثم من الخلية وباتجاه لمعة الأنبوب.

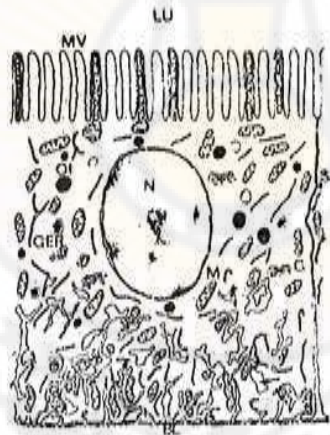


شكل ١١ :

١ - صورة مأخوذة بمساعدة المجهر الإلكتروني - تبين التركيب فوق
البنوي للخلية الرئيسية المالبكية :

الفغادات الغشاء السيتوبلازمي القاعدي Lab
لمعة الأنبوب LU
الزغيبات الميكرونية Mv

ويشير السهم إلى الجسيمات الكوندرية داخل الزغيبات العلوية
(من قيس)



ب - رسم تخطيطي للخلية الرئيسية لدى أنابيب مالبكي :

BL الغشاء القاعدي
GL جهاز غولجي
GER الشبكة السيتوبلازمية
LU لمعة الأنبوب
M جسيمات كوندرية
Mv الزغيبات
N النواة
ol نوايج اطراح داخل الخلية
SJ روابط خلوية

(من قيس وراكود)

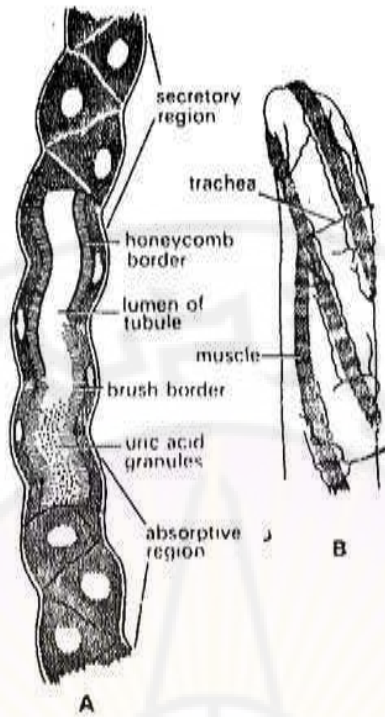
وقد تحاط الخلية المالبكيكية في بعض الأحيان بطبقة من العضلات كما هو الحال عند حشرات غمديات الأجنحة Neuroptera. وتساعد العضلات على تحريك أنابيب مالبكي (الحركة الدودية) مما يساعد على الاتصال المستمر لهذه الأنابيب بالدم ويسرع حركة البولة.

وقد يكون لأنابيب مالبكي عند بعض الحشرات تركيب موحد ويتألف في هذه الحال من نوعين من الخلايا، الخلايا الرئيسية الأنفة الذكر، ويتوزع بينها خلايا نجمية. وتتميز هذه الخلايا باحتوائها على زغيبات صغيرة وضامرة أو قد تكون مفقودة وإضافة لذلك فإن هذه الخلايا قليلة الارتفاع ولا تحتوي على عدد كبير من نواتج الإطراح ومثال ذلك أنابيب الزوج الأيمن لحشرة كاليفورا شكل رقم 13.

كما يمكن ملاحظة عدة مناطق متميزة في الأنبوب الواحد ويمكن أن نميز هذه المناطق بالاختلافات المورفولوجية والسيولوجية كما هو الحال عند أنابيب الزوج الأيسر لحشرة كاليفورا وأنابيب مالبكي عند حشرة رود ينوس Rhodnius حيث نجد عند هذه الأخيرة 6 أنابيب مالبكي تحتوي على منطقتين شكل رقم 15:

- الجزء البعيد: وتتميز خلاياه بأنها تقوم بالإطراح وتكون منطقتها القمية مخططة.

- الجزء القريب: تتميز خلاياه بأنها تقوم بالامتصاص ولذلك تكون المنطقة القمية لهذه الخلايا مزودة بعدد كبير من الزغيبات.



شكل ١٥ :

- A — جزء من أنابيب مالبيكي لحشرة *Rhodnius* بين المناطق المختلفة منطقة الامتصاص ، ومنطقة الأطراح .
- B — الجزء الطرفي لأنابيب مالبيكي لدى حشرة النحل ، تنوضع عليه العضلات والقضبات الهوائية .
- (عن Wigglesworth)

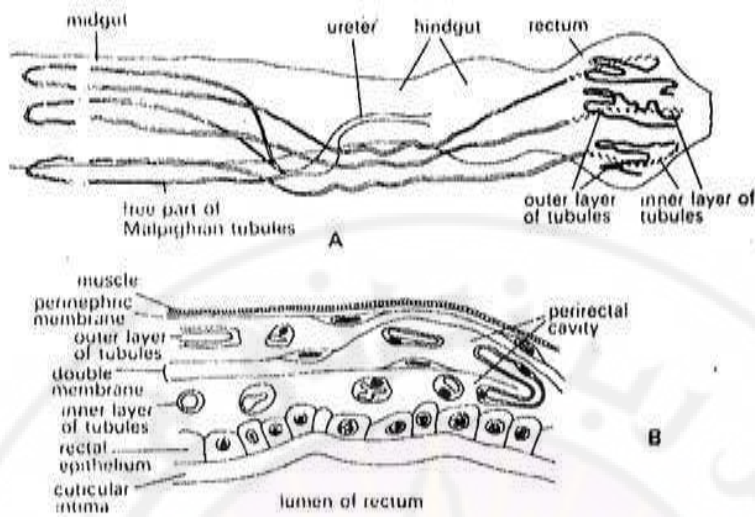
قد تقوم بعض خلايا مالبيكي عند الحشرات بأعمال خاصة فهناك خلايا مخاطية وخلايا مفرزة لحبيبات دهنية بروتينية (Brochosomes) وتتحوّل أنابيب مالبيكي عند اليرقات التابعة للحشرات كاملة التطور قبل مرحلة النمو إلى أعضاء متخصصة بإفراز الحرير .

تقوم أنابيب مالبيكي بعملية الأطراح بشكل أساسي ولكنها تقوم عند بعض الحشرات (نصفية الأجنحة - حشرية الأجنحة) بدور الامتصاص أيضاً .

وقد تبدأ عملية الامتصاص هذه في الجزء الطرفي البعيد والذي يحتوي على خلايا مزودة بزغيبات كثيفة يتضمن بعضها جسما كوندريا أو في الجزء القريب ومن ثم تنتهي عملية الامتصاص في منطقة المستقيم وهناك بعض الحالات التي لا يتم فيها إلا في خلايا المستقيم.

وتتميز خلايا حلقات المستقيم والخلايا المجاورة والتي تقوم بالامتصاص بأنها مغطاة بطبقة كيوتيكل رقيقة ولها أغشية جانبية تشكل عدة طيات متراسة وتحتوي هذه الأخيرة على جسيمات كوندرية ولها نشاط إنزيمي كبير وخاصة إنزيم الـ (ATPase). لا تسمح الروابط الخلوية من نوع (Desmosoms Septes) باتصال الفراغات ما بين الخلايا بالدم إلا في بعض النقاط القليلة نظرا لأن هذه الروابط موجودة بالقرب من السطح العلوي والقاعدي لهذه الخلايا.

وقد يستكمل تركيب حلقات المستقيم بنسيج خاص يتكون من الأنسجة الضامة والقصبات الهوائية والمحاور العصبية لبعض الخلايا العصبية المفرزة. عند وجود اتصال مباشر ما بين أنابيب مالبيكي والمستقيم نلاحظ أن المنطقة البعيدة من أنابيب مالبيكي تنطبق على خلايا المستقيم وتبقى محافظة على هذه الوضعية بفضل وجود غشاء مغلف ويشكل هذا الغشاء تجويفا خاصا يسمى (Perirectal Cavity) مليئا بسائل خاص شكل رقم (16).

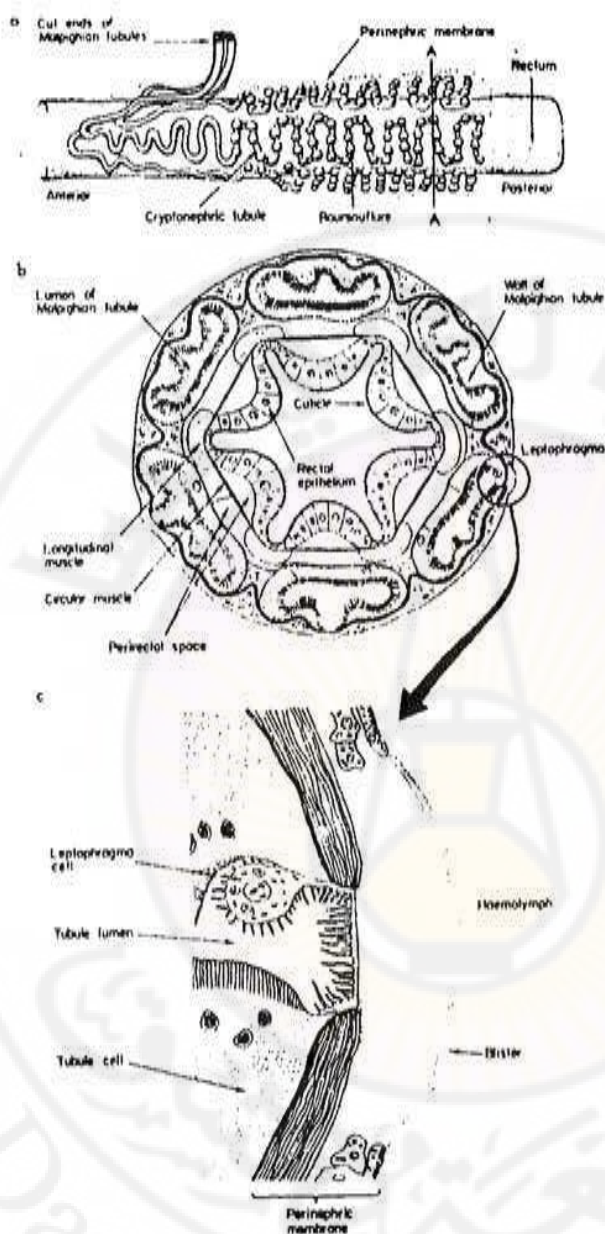


شكل ١٦ :

- A — رسم تخطيطي يوضح ارتباط أنابيب مالبيكي بالأمعاء الخلفية لدى يرقات *Aglais urticae* من حشرات الأجنحة .
 B — منقطع في منطقة المستقيم والأنابيب المالبيكية المرتبطة .
 (Wigglesworth ١٩٤٦)

وتحافظ خلايا مالبيكي على نفس التركيب الذي تتميز به خلايا هذا الجزء. إلا أنه يوجد بعض الخلايا المتخصصة تدعى (Leptophragme) عند الحشرات غمدية الأجنحة توجد هذه الخلايا على سطح التماس مع الدم شكل رقم 17.

وتتمتاز هذه الخلايا بأن نواتها موجودة على أحد الجوانب والجدار الخلوي المجاور للمعة أنابيب مالبيكي يكون رقيقا جدا ويشكل نوافذ صغيرة.



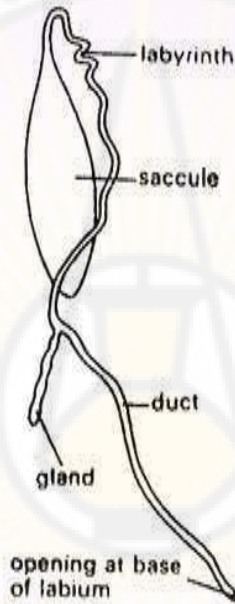
شكل ١٧ :

شكل يوضح ارتباطات أنابيب مالبيكي بالمستقيم لدى يرقات حشرة Tenebrio ويبين أيضا تركيب خلايا اللبنة فراجما .

(من Maddrell)

ب- الغدد الشفوية Labial glands:

عند الحشرات التي لا تحتوي على أنابيب مالبيكي مثل الكولومبولا والـ *Diplura* والـ *Thysanura* تقوم الغدد الشفوية بمهمة الإطراح. وتحتوي هذه الغدد على حوصلة نهائية *Saccule* تتكون من طبقة من الخلايا المسطحة وتحتوي أيضا على *Labyrinthe* وعلى أنبوب طويل ملتف تمتاز خلاياه بأن لها نفس المواصفات الموجودة عند خلايا أنابيب مالبيكي شكل رقم 18 وتستطيع هذه الغدد امتصاص الملونات من الدم.



شكل ١٨ :

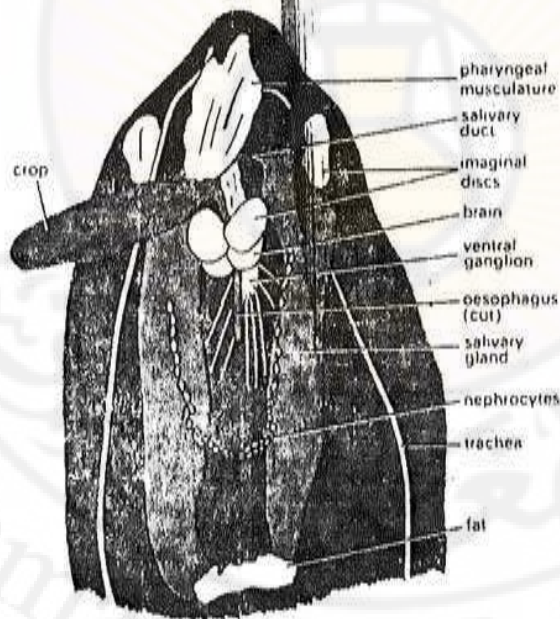
رسم توضيحي يبين الغدد الشفوية لدى حشرة الكولومبولا

(من Wigglesworth)

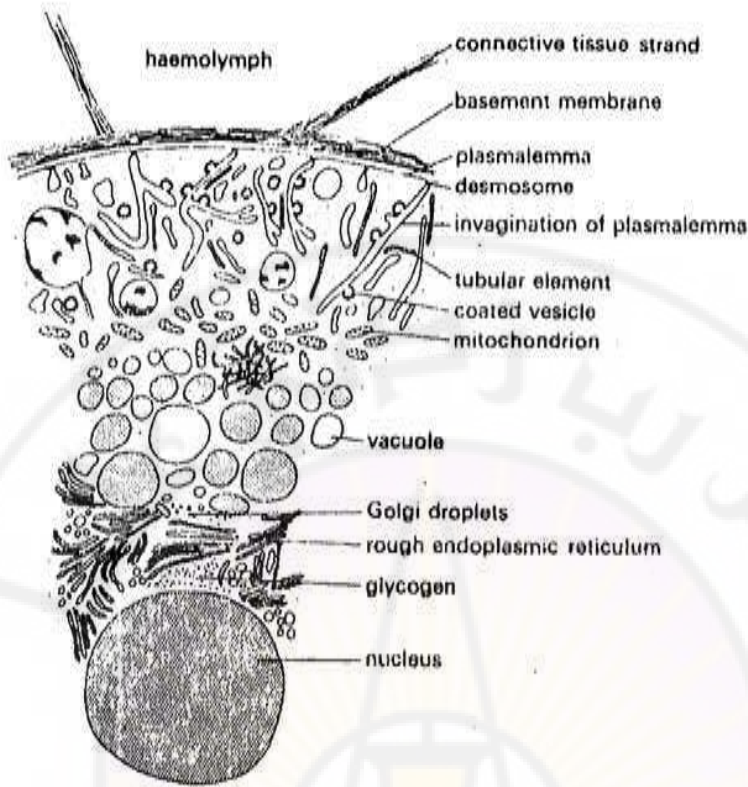
ج- النفروسيات: عبارة عن خلايا تقوم بتخليص الدم من الشوائب الكيميائية ذات الوزن الجزيئي الكبير والتي لا تستطيع أنابيب مالبيكي طرحها. وتستطيع هذه الخلايا التخلص من الملونات والأجزاء الغروية الأخرى باستثناء البكتيريا. توجد بعض خلايا النفروسيات بالقرب من القلب ولذلك تدعى بالخلايا الجار

قلبية Pericardial cell وبعضها الآخر يرتبط بالعضلات المروحية تتبعثر هذه الخلايا عند حوريات الرعاشات بين خلايا الجسم الدهني وأماكن أخرى. أما عند يرقات الذباب التابعة لمجموعة Cyclorrhapha فتكون على شكل سلسلة متوضعة بين الغدد اللعابية شكل رقم 19.

تتميز خلايا النفروسيات عند يرقات كاليفورا بأنها كبيرة الحجم يصل قطرها من 140 - 200 ميكرون، ويمكن تمييز عدة مناطق داخل الخلية نفسها. ينغمد الغشاء السيتوبلازمي القاعدي وبشكل Labyrinthe وقد نلاحظ بعض الأجربة التي تنشأ عن انغمادات الغشاء السيتوبلازمي تدعى (Coated vesicles) وبعد المنطقة القاعدية نلاحظ منطقة غنية بالفجوات (vacuoles) المختلفة الأنواع. ومن ثم تأتي منطقة غنية بالشبكة السيتوبلازمية الداخلية والجليكوجين وأجسام غولجي ومن ثم نلاحظ النواة، شكل (20).



شكل 19 :
تفصيل الجزء الامامي ليرقة الذبابة الزرقاء في الطور الثالث ، بين
سلسلة خلايا النفروسيات بين الغدد اللعابية .



شكل ٢٠ :
رسم تخطيطي لجزء من خلية النيفروسيت لبرقة كاليفورنيا
يبين مناطق الخلية المختلفة .
(عن Crossley)

2- فيزيولوجيا الإطراح :

تتكسد المنتجات النهائية لمختلف نشاطات الاستقلاب داخل الدم، إلا أن تراكُمها يكون مؤقتاً، فغاز ثاني أكسيد الكربون ينتشر عبر طبقة الكيوتيكل أو عبر القصبات الهوائية، أما المواد الأزوتية وغيرها فتطرح عن طريق أنابيب مالبكي.

إن الإطراح والتنظيم الاسموزي هما عبارة عن مرحلتين تتضمنان إطراح البولة الأولية عن طريق أنابيب مالبكي ومن ثم إعادة امتصاص الماء

والأيونات أو الجزيئات الغروية عن طريق الجزء الطرفي لأنابيب مالبكي أو بواسطة المستقيم.

α - نواتج الإطراح :

تعد الأمونيا أولى المنتجات النهائية لاستقلاب النتروجين ولكن هذه المادة سامة جداً، إلا في حال وجودها ممددة كثيراً، ولذلك لا يمكن التخلص منها إلا بواسطة البولة الغزيرة والممددة، ولذلك نجد الحشرات المائية وبعض يرقات الذباب هي الوحيدة التي تقوم بطرح الأزوت على هيئة أمونياك. وتشكل الأمونيا نسبة كبيرة من النتروجين الذي يطرحه الصرصار الأمريكي وتخزن هذه المادة هيئة حمض البولة داخل الجسم الدهني.

إلا أن المصدر الرئيسي للأمونياك لم يعرف بالضبط، وهل هو ناتج مباشرة عن تلك الأحماض الأمينية مباشرة أم أن الأمونياك تنتج عن التحلل الثانوي لبعض منتجات الإطراح؟ وقد وجد عند يرقات الذباب، أن الأمونياك ناتجة عن الادينوزين Adenosine وذلك بفضل أنزيم ديزاميناز Desaminase، وهذا يدعو للافتراض بأن مصدر الأمونياك هو التحورات الثانوية للإطراح الأزوتي بدءاً من تحلل الأحماض الأمينية للبورين Purine.

ولكن بشكل عام عند غالبية الحشرات يطرح القسم الأكبر من الأزوت على هيئة حمض البولة، والذي ينتج عن تحلل الأحماض النووية، ويتشكل داخل الجسم الدهني بدءاً من مجموعات أمينية ناتجة عن تحلل المواد البروتينية.

قد تتجمع اليورات وحمض البولة على هيئة حبيبات (Spherules) داخل أنسجة مختلفة، وتكون بشكل رئيسي داخل الجسم الدهني. وغالباً ما

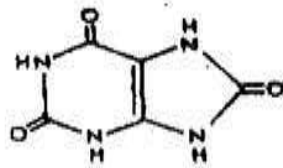
تكون هذه التجمعات مؤقتة لأن اليورات تنتقل إلى الدم تطرح من قبل أنابيب مالبكي. ولذلك يكون تركيز حمض البولة في الدم مختلفا جداً.

وتتمتاز بعض الحشرات بقدرتها على طرح نواتج تحلل حمض البولة مثل (Allantoine، Acid allantoinique) وهي تحتوي على الأنزيمات الضرورية داخل أنابيب مالبكي لمثل هذا التحلل أنزيمات اليوريكاز Uricase والانتويناز Allantoinase ، ونذكر من هذه الحشرات : كاليفورا، وصرصار الحقل ذا البقعتين. أما عند العديد من حشرات حرشفيات الأجنحة فتتم أكسدة حمض البولة في الجسم الدهني.

تستطيع بعض الحشرات الأخرى أن تطرح الأزوت على شكل يوريا ولكن هذه الكمية تكون قليلة، أما الأنزيمات اللازمة للحصول على اليوريا فتوجد في دم بعض الحشرات مثل Acheta، إذ يحتوي دم هذه الحشرة على أنزيم الانتونيكاز Allantoicase الذي يحول حمض الانتونيك إلى حمض غليوكسيليك Glyoxylique Acide ومن ثم يوريا. ويمكن تلخيص مختلف المراحل للحصول على اليوريا كما في الشكل (21).

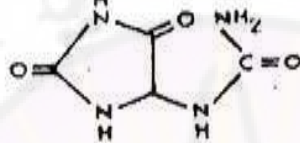
إلا أنه يوجد مصادر أخرى لليوريا فقد تنتج عن تحلل الأرجنين Arginine أو عن تحلل الفوسفوارجنين Phosphoarginine.

وهناك تراكم لبعض الصبغات والتي قد تعد كنواتج إطراح وأصبحت وبصورة ثانوية لها دلائل بيولوجية مثل مادة البترين Pterines والتي تتراكم داخل حراشف أجنحة الفراشات (فصيلة Pieridae) وتتراكم بعض الملونات الأخرى داخل الأنسجة الحسية أو داخل أنابيب مالبكي مثل الاموكروم Ommochromes والفلافون Flavone.



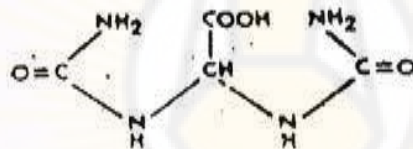
acide urique

uricase



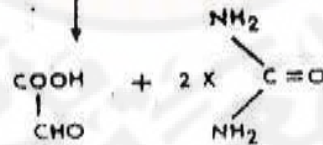
allantoïne

allantoïnase



acide allantoïque

allantoïcase



acide glyoxylique

urée

شکل ۱۲ :
استقلاب حمض البولة .

β- تشكيل البولة :

1) تشكل البولة الأولية داخل أنابيب مالبيكي :

تطرح نواتج النتروجين عند غالبية الحشرات من الدم عن طريق أنابيب مالبيكي. ويتضمن تشكل البولة الأولية على عدة مراحل نشطة، إضافة لأن بعض الجزيئات الصغيرة والسكر واليوريا قد تنتشر بصورة خاملة. ويتطلب النقل الفعال أو النشيط الطاقة، والتي يتم الحصول عليها عن طريق تحليل جزيئات الـ ATP، ويوجد أنزيم الـ (ATP ase) في المنطقة القاعدية والعلوية للخلية المالبيكية وذلك عند حشرة Calliphora (قسيس 1983)، شكل(22).

وتستخدم هذه الطاقة لضخ أيونات البوتاسيوم K^+ من الدم وباتجاه الخلايا وهذه الأخيرة تضخها باتجاه التجويف العام لأنابيب مالبيكي. ويحدد هذا النقل الفعال لأيونات K^+ سريان البولة، إذ يوجد علاقة ما بين إنتاج البولة الأولية وتركيز أيونات البوتاسيوم K^+ في دم الحشرة كما هو الحال عند حشرات Calpodes، Carausins، Calliphora، يخلق دخول أيونات البوتاسيوم إلى الخلية المالبيكية وخروجها من الخلية فرقاً بالتركيز داخل القنوات المتشكلة عن انغمادات الغشاء السيتوبلازمي القاعدي، وداخل الزغيبات القمية، ونتيجة لهذا الواقع يدخل الماء عبر الغشاء القاعدي عن طريق الترشيح الاسموزي ومن ثم ينتقل إلى خارج الخلية، شكل(23).

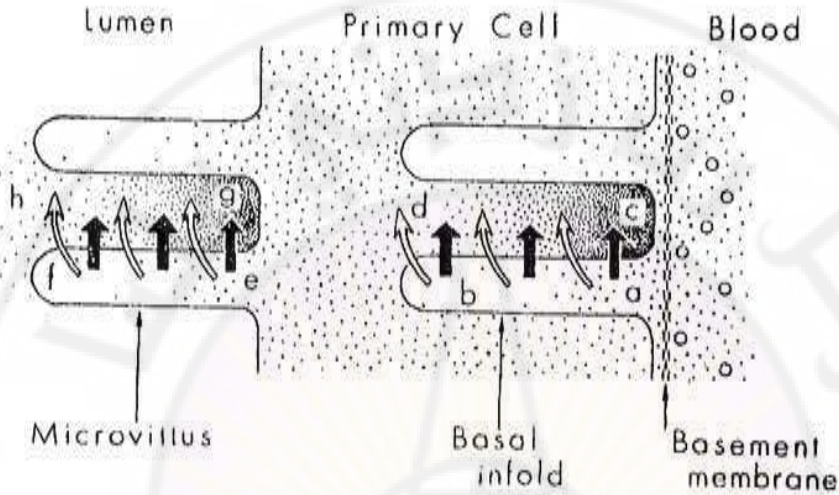


شكل ٢٢ :

صورة مأخوذة بمساعدة المجهر الإلكتروني لأحدى الخلايا الرئيسية
لأنابيب لانيبي مالبيكي تبين تركز انزيم الـ ATP ase على الفشاء
السيوبلازمي القاعدي والقمي (يشير السهم الى وجود هذا الانزيم)
EX الفراغات التي تشكلها انغمادات
الفشاء السيوبلازمي القاعدي
Lb الصفائح القاعدية
LU لمعة الانبوب
Mv الزغبيات القمية
reg الشبكة السيوبلازمية القاعدية
V فجوات خلوية
(من قسمين)

وتستطيع أنابيب مالبيكي أن تطرح حمض البولة على شكل أملاح
بوتاسيوم وأملاح صوديوم أكثر ذوبانا في الماء.

ويكون الضغط الاسموزي للبولة الأولية مساوياً للضغط السموزي للدم ولكن تركيبه الأيوني يكون مختلفاً، إذ إن تركيز شوارد الصوديوم في البولة تكون أكثر بست مرات على الأقل من تركيزها في الدم ، شكل(24).



شكل ٢٣ :

شكل تخطيطي يبين حركة الماء والمواد الذائبة داخل أنابيب مالبيكي : تدل الأسهم القائمة على نقل المواد الذائبة ، أما الأسهم الفاتحة فتدل على النقل الخامل للماء . (من Berridge et col)

(2) ظواهر الامتصاص و تشكيل البولة الثانوية :

تبدأ ظاهرة الامتصاص عند العديد من الحشرات Calliphora ، Drosophila ، Rhodnius ، Calpodes في الجزء القريب من أنابيب مالبيكي وتتابع ظاهرة الامتصاص هذه في منطقة المستقيم. أما عند بعض الحشرات الأخرى فيتم الامتصاص داخل حلقات المستقيم. وقد يرتبط امتصاص الماء داخل حلقات المستقيم بالنقل الفعال للأيونات باتجاه الفجوات بين الخلايا وذلك بفضل جهاز الضخ الميتوكوندري. ويؤدي هذا النقل الفعال إلى ارتفاع

الضغط الاسموزي داخل الفراغات بين الخلايا مما يؤدي إلى انسياب الماء من تجويف المستقيم.

وتستبدل الأيونات المأخوذة من سيتوبلاسم الخلايا بأيونات أخرى مصدرها لمعة الأنبوب أو من الدم وذلك لإعادة استخدامها. كما تمتص داخل حلقات المستقيم أيونات مختلفة وبخاصة القلوية منها بالإضافة إلى كافة الأحماض الأمينية تقريباً، شكل (25).

تزداد حموضة السائل الموجودة داخل المستقيم بسبب استخلاص الماء والأيونات القلوية وهذا يسبب ترسب حمض البولة ولذلك لا نجد بلورات البولة وبلورات حمض الأمونيوم (بلورات البوتاسيم والصوديوم) لا في داخل لمعة المستقيم وإنما في أماكن أخرى. فقد توجد على امتداد أنابيب مالبيكي كما هو الحال عند بعض حشرات الذباب أو داخل بعض الأنابيب كما هو الحال عند حشرة *Cryllotalpa*، أو داخل جزء فقط من أنابيب مالبيكي (حشرة *Rhodnius*).

وقد لا نجد أي نوع من الفضلات الصلبة عند بعض الحشرات مثل الحشرات التابعة لغشائيات الأجنحة وعند *Siphanoptera*.

وهناك اختلافات كبيرة في الضغط الاسموزي ما بين البولة الأولية والبولة الثانوية، إذ إن الأخيرة تكون أكثر تركيزاً. ويعتمد الاختلاف في التركيب الأيوني وتركيب البولة الثانوية على الوسط الذي تعيش فيه الحشرة وعلى كمية الماء المتوافرة بالغذاء.

الاينات	عذراء عذراء عذراء عذراء عذراء	عذراء عذراء عذراء عذراء عذراء	عذراء عذراء عذراء عذراء عذراء	عذراء عذراء عذراء عذراء عذراء	عذراء عذراء عذراء عذراء عذراء
الصوديوم	٤٨٤ر٤	٨٨٨ر٩	١٥١٥ر٧	٢٨٣٢ر٩	البولة
	١٤١ر٢	٨٧ر٦	٥٧ر٧	١١٦ر٣	الدم
البوتاسيوم	٦٠ر٩	٣٣٧ر٤	٤٣٠ر٩	١٤٢ر٧	البولة
	٢٢ر٦	٣٩ر٢	٢٤ر٣	١١ر٣	الدم
الكالسيوم	١١٦ر٧	٧٢٤ر٩	١٤٤٥ر٦	٢١٠ر١	البولة
	٤ر١	٢ر٣	١ر٢	٦ر٢	الدم
المغنيزيوم	١٤٤ر٦	٨٢٢ر١	٢٩٣١ر٧	٥٥٧ر٥	البولة
	٣ر٥	١٠ر٨	٧ر١	١٣ر٦	الدم
الفوسفور	٢٠٠ر٥	١٣٨٧ر٤	٤٣٣٦ر٨	٣٧٣ر٦	البولة
	٣١ر٩	٣٨ر٥	٤٧ر٨	١٨ر٤	الدم

شكل ٢٤ :

مقارنة ما بين التراكيز الايونية (ميليمول - ١) للبولة والدم في

مختلف اطوار الحشرة .

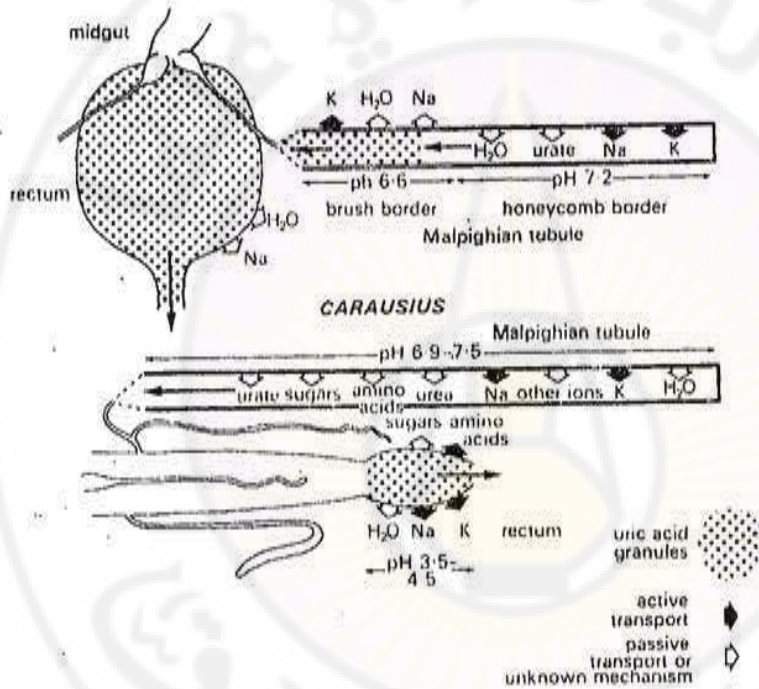
(من قياس)

٧- المراقبة الهرمونية للإطراح :

تنظم الهرمونات العصبية الصمية عملية الإطراح بحيث يتوافق وحاجة الجسم للماء والأملاح.

من بين هذه الهرمونات، هرمونات البولة Hormone Diuretique حيث تتجه مجموعتان من الخلايا العصبية المفرزة والموجودة داخل الجزء الخلفي للعقدة العصبية الصدرية الثانية.

وقد تم اكتشافه عند حشرة Rhodnius. ويترحر هذا الهرمون عند انتفاخ بطن الحشرة بعد تناولها وجبة من الدم، إذ إن هذا الانتفاخ يحرض مستقبلات الضغط البطنية وبالتالي إفراز الهرمون.



شكل ٢٥ :

شكل تخطيطي يمثل حركة الأيونات غير العضوية والجزيئات العضوية داخل وخارج جهاز الاطراح لدى حشرات Rhodnius و Carausius (من Stobbert et col)

وتوجد هذه الهرمونات عند غالبية الحشرات ، إلا أن مركز إنتاجها قد يكون مختلفاً، فعند الصرصار وجد أن العقدة العصبية البطنية الأخيرة تقوم

بإفراز هذا الهرمون، بينما تتدخل بعض المراكز العصبية الدماغية المفردة بإنتاجه عند بعض الحشرات الأخرى. كما تم استخلاص هذا الهرمون من الغدد الصم (C.C) عند أنواع مختلفة ، جراد- ذباب ... وقد وجد عند الجراد أن هرمون البولة هذا يؤدي دورا هاما مزدوجا ، فهو يزيد من حركة السائل عبر جدار أنابيب مالبكي من جهة ويثبط ظواهر الامتصاص داخل المستقيم من جهة أخرى ، إلا أن استجابة المستقيم تكون أكبر من استجابة أنابيب مالبكي.

تعد أنابيب مالبكي لحشرة كاليفورا و Carusius حساسة للـ AMP cyclique، إذ إن هذه المادة تنشط هرمون البولة وذلك عند وصول أو تحرر هذه المادة داخل خلايا أنابيب مالبكي.

وهناك بعض المواد الضارة لعمل هرمونات البولة، والتي تم اكتشافها في دم الصرصار، وداخل الغدد الصم والأعضاء الحشوية لحشرة الجراد. وقد تقوم هذه الهرمونات بتحريض امتصاص الماء داخل المستقيم.



الفصل التاسع

الجهاز العضلي (العضلات)

أثر وجود الهيكل الخارجي عند مفصليات الأرجل على تطور العضلات المسؤولة عن حركة الأجزاء المختلفة. وتحتوي عضلات الحشرات على بعض الألياف العضلية، وهذه العضلات من النوع المخطط (Strie). وتمتاز فيزيولوجيا الحشرات ببعض الصفات الخاصة نظراً لصغر حجم الحشرة.

تتشعب العضلات عند الحشرات وتنتشر في مناطق الجسم المختلفة بنظام مختلف حسب المجموعات. وكما هو الحال عند الفقاريات أو الحيوانات الأخرى فإنه يمكن تصنيف العضلات عند الحشرات حسب توضعها إلى ما يلي:

- العضلات الحشوية Visceral Muscles

تغطي هذه العضلات أجزاء الحشرة الداخلية (جهاز الهضم، القنوات التناسلية...). وتشكل هذه العضلات طبقتين منتظمتين من الألياف حول الجهاز الهضمي، وهذه العضلات إما دائرية أو طولية، وفي بعض الأحيان تتشعب الألياف العضلية وتشكل شبكة غير منتظمة مثال ذلك عضلات الحوصلة (Jabot) عند يرقات الذباب.

- عضلات الهيكلية Skeletal muscles

ترتبط هذه العضلات من أحد جوانبها بهيكل الجسم والطرف الآخر بمنطقة متحركة وهي كثيرة العدد (أكثر من 2000 عضلة عند يرقات حشرية الأجنحة) ويختلف ترتيبها من مجموعة إلى أخرى.

تتوزع العضلات الهيكلية، خاصة في منطقة البطن الحلقات ما قبل

التناسلية، ثلاث مجموعات هي:

- العضلات الظهرية Dorsal Muscles

- العضلات البطنية Ventral Muscles

- العضلات الجانبية Lateral Muscles

وتقسم العضلات الظهرية والبطنية إلى عضلات طولية (Longitudinal Muscles) وعضلات عرضية (Transversal Muscles).

تمتد العضلات الطولية على طول الحلقة البطنية وترتبط بالطيات بين الحلقية أو ترتبط بمنطقة (Antecosta) لحقتين بطنيتين متتاليتين وذلك عندما تتصلب طبقة الكيوتيكل.

عندما تنقلص العضلات الطولية الظهرية والبطنية معاً فإن ذلك يؤدي إلى تداخل الحلقات البطنية الواحدة داخل الأخرى، وتعود إلى حالتها الطبيعية بعد ارتخائها. أما عندما تعمل هذه العضلات بشكل منفصل فيؤدي ذلك إلى التواء البطن.

تعد العضلات العرضية، وهي عضلات داخلية مقارنة بسابقتها، عبارة عن عضلات الحجابين الحاجزين الظهرية والبطنية. أما العضلات الجانبية فهي عبارة عن عضلات ما بين حلقية وترتبط بالترجة والاسترنة. ولكن قد نجدها مرتبطة في بعض الحالات ما بين الترجة والبلورة أو ما بين البلورة والاسترنة.

وتعد العضلات الجانبية عضلات ضاغطة فعند تقلصها تقرب الترجة من الاسترنة.

توجد العضلات الهيكلية، حسب المخطط العام في الحلقات الصدرية لكافة الحشرات المجنحة باستثناء الرعاشات، أما الاختلافات فتتركز على اختفاء

بعض العضلات. وتصل درجة التعقيد لترتيب العضلات الصدرية أقصاها في الصدرين الثاني والثالث نتيجة وجود الأرجل والأجنحة (انظر كتاب مورفولوجيا وتصنيف الحشرات).

يوجد لكل زائدة من زوائد الجسم المتحركة عضلات خاصة بها، ويختلف حجم وتركيب هذه العضلات حسب نوع الزائدة (مقسمة أو غير مقسمة). فيتصل بالفك العلوي عند الحشرات القارضة عضلات قوية وسميكة تملأ أغلب تجويف الفم، ولا توجد عضلات داخل الفك نفسه، بينما توجد عند الزوائد المقسمة عضلات داخل الأجزاء نفسها، كالفكين السفليين مثلا إضافة للعضلات التي تتصل بقاعدة الفك السفلي والتي منشؤها الهيكل الداخلي للجسم. فتتحرك العضلات القاعدية أجزاء الزائدة بينما تحرك العضلات الأخرى ما تبقى من الزائدة.

1- تركيب الجهاز العضلي

تتألف جميع عضلات الحشرات من ألياف عضلية مخططة، ويمكن مشاهدة تخطيط العضلة بالمجهر العادي أو بمساعدة المجهر الإلكتروني خاصة عند العضلات الحشوية. تتوضع الليفات Myofilament، والتي تمثل عنصر النقلص الرئيسي، داخل الليف العضلي بشكل متواز وتتجمع على هيئة شبكة تدعى الليفات (Myofibrille).

أ- أنواع العضلات :

توجد الليفات متميزة بشكل واضح عند غالبية العضلات الهيكلية، أما عند العضلات الحشوية فلا تكون منعزلة. ويمكن تمييز عدة أنواع من العضلات وذلك حسب شكل وتوزيع ليفاتها (شكل 26).

- العضلات الأنبوبية Tubular Muscles

تمتاز هذه العضلات بأن لأليافها قطراً صغيراً نسبياً، وفي أثناء إجراء مقطع عرضي في هذه العضلات، تبدو الألياف العضلية أنبوبية لأن النوى تتوضع داخل عمود مركزي من السيتوبلاسم، وتتوضع الليفيات على هيئة صفائح حول هذا العمود. ونجد هذه العضلات عند غالبية عضلات جسم الحشرة وعند عضلات الطيران لحشرات (Odonata Dictyoptera).

- العضلات ذات الليفيات الميكرونية، Close, Packed (Microfibrillaire)

لا يتجاوز قطر الليفيات (Fibrils) عند هذه العضلات الميكرون (0.5_1 ميكرون)، وتتضمّن هذه الليفيات وبقوة بواسطة الشبكة الساركوبلاسمية. وتوجد النوى من الناحية الخارجية (على المحيط) وهي منبسطة الشكل. تشاهد هذه العضلات عند بعض اليرقات وعند الحشرات غير المجنحة وتشكل عضلات الطيران لحشرات مستقيمات الأجنحة وحرشفيات الأجنحة وكذلك Trichoptera.

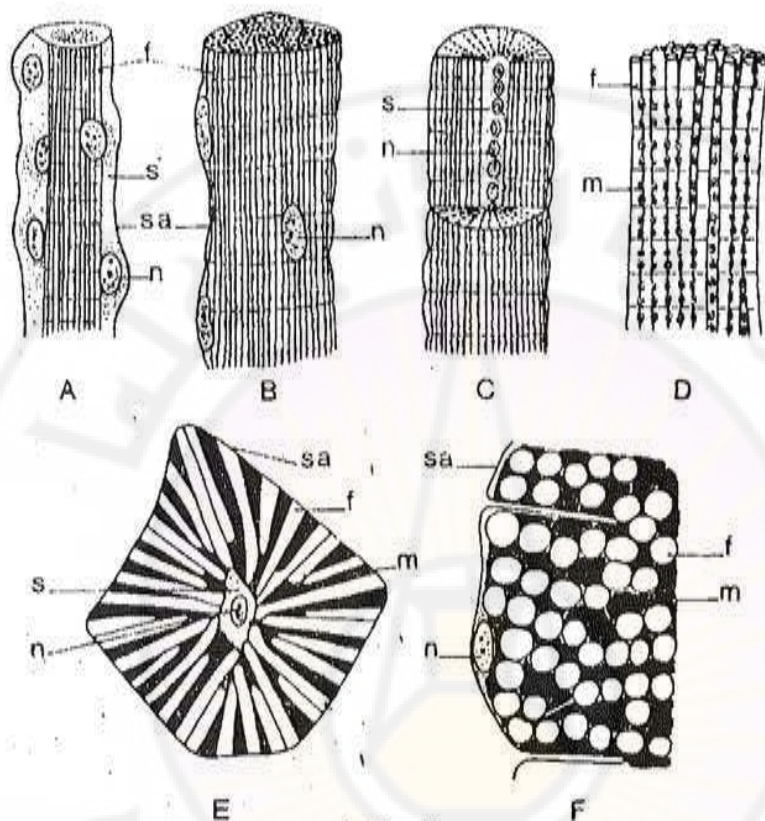
- العضلات الليلية Fibrillar Muscles

يمكن التعرف على هذا النوع من العضلات بسهولة، لأن قطر الليفيات (Fibrils) كبير (2 ميكرون وما فوق). ولا ترتبط الليفيات ببعضها بقوة، إضافة لذلك فإن الشبكة الساركوبلاسمية قليلة التطور والنوى أصبحت متفرقة بين الليفيات. ونجد هذه العضلات عند عضلات الطيران غير المباشرة للذباب وغمديات الأجنحة، وشبكة الأجنحة ونصفية الأجنحة.

ب- تركيب الليف العضلي Muscle Fibre Structure

يحتوي الليف العضلي ذو الشكل الاسطواني على عدد من النوى، ويحاط بالغشاء الساركوبلاسمي Membrane Sarcoplasmique يغلف هذا الغلاف بالصفحة القاعدية (أو الغشاء القاعدي) (Membrane Basement) والذي

تتراوح سماكته بين 200-2000 أنغستروم، ويطلق على الغشاءين معا اسم الغشاء العضلي (Sarcolemma).



شكل ٢٦ :

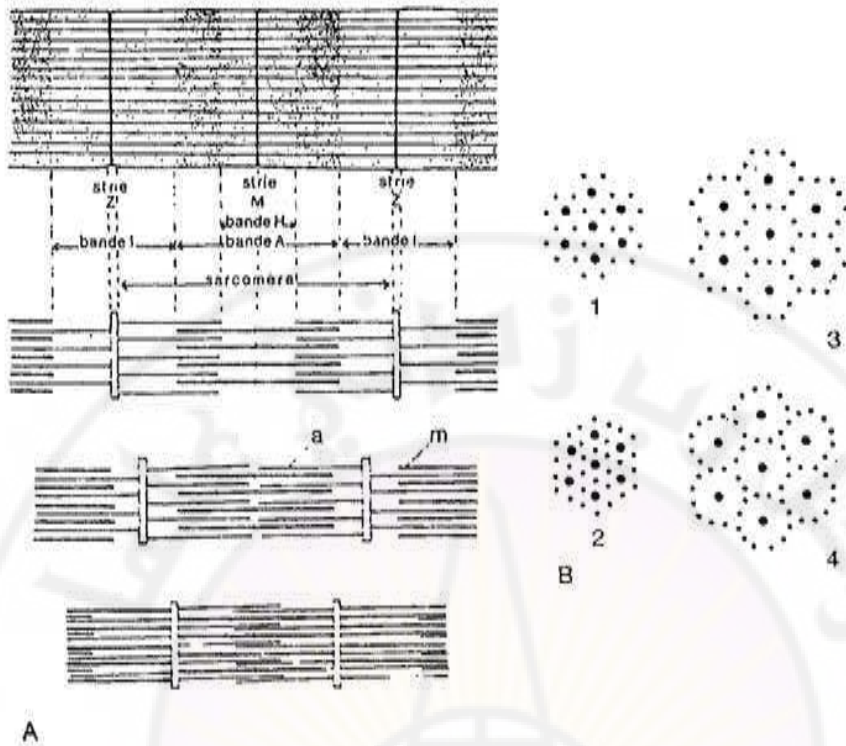
انواع الالياف العضلية الهيكلية لدى الحشرات

- A : عضلات يرقة النحل
B : عضلات أرجل حشرة Melolontha
C : عضلات أرجل النحلة
D : العضلات غير المباشرة للطيران لدى النحلة
E : مقطع عرضي لأحدى عضلات الطيران الانبوية عند الرماشات
F : مقطع عرضي لأحدى العضلات الليفية
- Myofibrille : f
Mitochondrie : m
Sarcoplasme : s
Noyau : n
Sarcolemme : sa

تحتوي السيتوبلازم العضلية (Sarcoplasme) على المكتثفات الخلوية المعتادة جهاز غولجي - الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية - جسيمات كوندريية، إضافة لاحتوائها على حبيبات الغليكوجين المتراسة.

يعتبر وجود الليفات العضلية (Myofibrils = Fibrils) من أهم مميزات الخلية العضلية، وتتوضع الليفات الدقيقة Myofilament على هيئة ساركومير Sarcomere والتي توافق حدودها الخط (Z) (شكل 27). وقد تكون هذه الوحدات العضلية (ساركومير) طويلة كما هو الحال عند العضلات الحشوية (7-8 ميكرون) أو قد تكون قصيرة لا يتجاوز طولها 2-3 ميكرون عند عضلات الطيران.

تقسم الساركومير إلى عدة شرائط (Band)، فالخط (Z) محصور بين الشرائط (I) والتي تبدو فاتحة في الأنسجة المثبتة.



شكل ٢٧ :

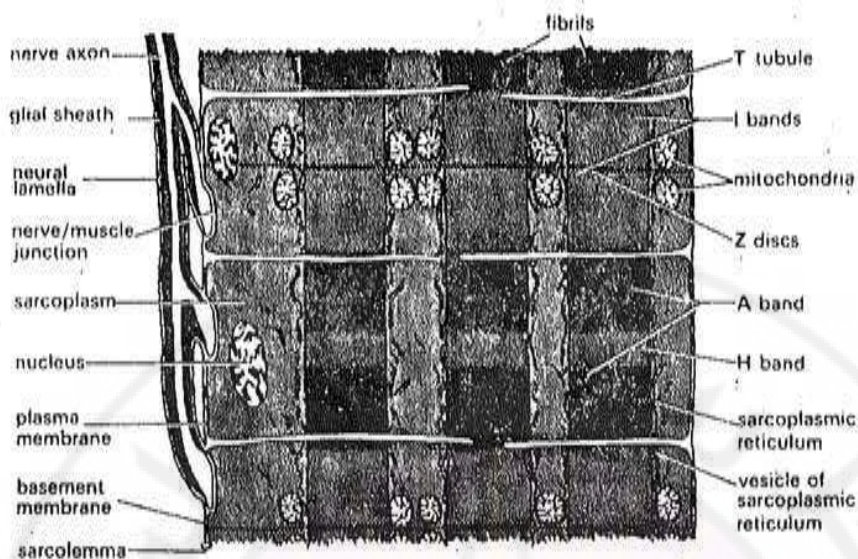
A : رسم توضيحي لاحدى عضلات الحشرات المخططة

a : ليفات الاكتين

m : ليفات الميوزين

B : توضع انواع الليفات في المناطق الجانبية للشريط A

أما الشريط الفاتح (a) فيشغل غالبية الساركومير، ويوجد في منتصفه شريط آخر فاتح جدا هو الشريط (H)، يوجد في وسط هذا الأخير الشريط (M). (الشكل 27-28).



شكل ٢٨ :

رسم تخطيطي لمنظر جانبي لجزء من الليف العضلي يبين ترتيب مكوناته المختلفة

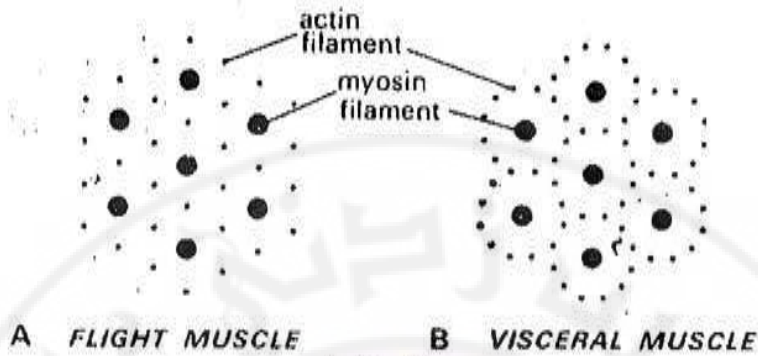
يتكون الليف العضلي من نوعين من الليفات هما:

- الليفات الدقيقة Myofilament، ويبلغ قطرها عند عضلة في حالة الراحة حوالي 50 أنغستروم، وتتكون من الأكتين (Actine) الذي ينضم له التروبونين (Troponine, A,B) وكذلك التروبوميوزين (Tropomyosine). وتمتد هذه الليفات من عند الخط (Z -) وإلى حافة الشريط (A).

- النوع الآخر من الليفات هي الليفات الكبيرة (THICK FILAMENT) والتي يبلغ قطرها حوالي 150 أنغستروم وتتألف من الميوزين Myosine الذي يمتد عبر كامل الشريط (A).

ينضم بعض الليفات الصغيرة والكبيرة إلى بعضها الآخر بواسطة جسور عرضية بمستوى الشريط (A) ويختلف توزيع هذه الليفات حسب نوع

العضلات (عضلات حشوية - عضلات طيران..). (شكل 29).



شكل ٢٩ :

توزيع اللييفات العضلية لدى عضلات الحشرات

A : عضلات الطيران

B : العضلات الحشوية

(من Smith et col)

وبشكل عام تتميز العضلات ذات العمل البطيء بأن نسبة اللييفات الدقيقة أكبر من اللييفات الكبيرة، كما وتوجد علاقة ما بين سرعة التقلص وطول الساركومير.

يتصف الليف العضلي أيضاً بوجود جهاز الساركومير الأنبوبي sarcotubulaire والذي يسمح بنقل التحريض داخلياً بسرعة كبيرة؛ إذ إن الانغمادات المنتظمة للغشاء الساركوبلازمي تكون متباعدة بشكل يدعى بالجهاز (T) أو الجهاز العرضي، وعادة توجد هذه الانغمادات بين الخط (Z) ومركز الساركومير (شكل 28).

تتوزع الجسيمات الكوندرية والتي تسمى ساركوزوم (Sarcosomes) داخل الساركوبلازم، وتكون صغيرة الحجم عند العضلات الحشوية وبعض

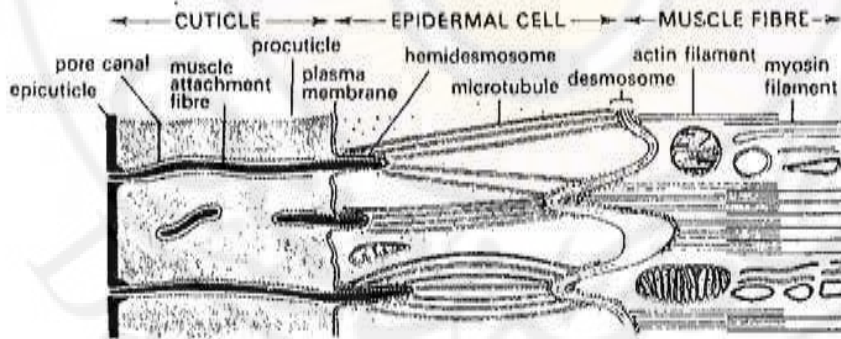
العضلات بين الحلقية ، أما عند عضلات الطيران فتكون كبيرة الحجم كثيرة العدد.

تختلف أهمية القصبات الهوائية حسب الأنواع العضلية، فعند العضلات الهيكلية يوجد تشعبات دقيقة للقصبات الهوائية تعبر إلى داخل انغمادات الساركوليم Sarcolemme وتتعمق داخل الخلية العضلية، ولها علاقة وثيقة بالجسيمات الكوندرية، وتكون هذه الشبكة من القصبات متطورة جدا عند عضلات الطيران. أما عند العضلات الحشوية فتتقاسم القصبيات الهوائية مع الأعضاء التي تحيط بها.

- ارتباط العضلات، والرباط العضلي العصبي:

Muscles Insertion and Innervation

ترتبط العضلات الهيكلية بجدار الجسم الخارجي أو الداخلي بواسطة لبيفات تدعى Tonofibrillae، تخترق هذه اللبيفات خلايا البشرة ومن ثم طبقة الكيوتيكل لتتثبت على طبقة الكيوتيكل الخارجية Epicuticle (شكل 30).



شكل ٣٠ :

رسم توضيحي يبين ارتباط الليف العضلي بجدار الجسم
(من Caveney)

يقتصر تزويد عضلة ما على عدد محدد من المحاور العصبية المحركة، وفي بعض الحالات قد يزود المحور العصبي أكثر من عضلة. ويتصل عادة بكل عضلة محور عصبي سريع Fast Axon ومحور عصبي بطيء Slow Axon ويوجد أحيانا محور عصبي مثبط > Inhibitory Axon.

ضمن الوحدة العضلية يستقبل كل ليف عضلي نهايات عصبية من محور عصبي سريع وبعضها الآخر يمكن أن يزود بمحاور عصبية بطيئة، فعند عضلات القفز للجراد هناك حوالي 40 % من الألياف العضلية تستقبل نهايات من كلا النوعين، أما عند عضلات الطيران للرعاشات ومستقيمت الأجنحة، والذباب وغشائيات الأجنحة فإنها تستقبل المحاور العصبية السريعة.

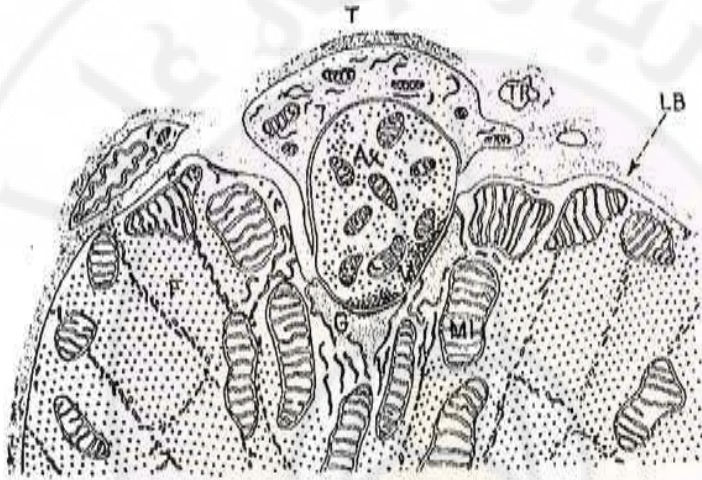
وغالباً ما تكون طريق اتصال المحور العصبي بالليف العضلي مختلفة جداً، فإما أن يستقر المحور العصبي داخل تجويف موجود على سطح الليف العضلي مع بقاءه مغطى من الناحية الخارجية بخلايا غليال Gliales، أو أن يدخل إلى عمق الخلية العضلية وذلك بمساعدة انغمادات الغشاء الساركوميلاسمي.

تبين الدراسات فوق التركيبية بأن الاتصال العصبي العضلي متجانس.

إذ يوجد داخل النهايات المحركة في منطقة ما قبل التشابك (Presynaptic) حويصلات قطرها بحدود 200_400 أنغستروم تكون على هيئة مجموعات صغيرة بالقرب من المواقع النشطة (شكل 31)، ولا يتجاوز عرض الحيز التشابكي الـ 100 أنغستروم وذلك بسبب غياب الصفيحة القاعدية.

أما الغشاء بعد التشابكي فيكون غير مثني ولا يوجد هناك اختلافات تركيبية تسمح بتمييز التشابكات المثبطة عن التشابكات المحرزة. أما الوسيط الكيميائي للتشابكات المحرزة عند الحشرات فهو L_Glutamate. وما تجدر

الإشارة إليه هو أن دم الحشرات يحتوي على الغلوتامات ولكن هذه الأخيرة تكون مرتبطة بالبروتينات. وقد تنتج الاختلافات في تأثير الأعصاب المحركة البطيئة والسريعة عن الاختلافات الكمية في تمرير الوسيط المرتبط بالسيالة العصبية. أما الوسيط الكيميائي المثبط فهو γ . Amino Butyric Acid (GABA).



شكل ٣١ :

رسم تخطيطي يبين الارتباط العصبي العضلي لدى رجل الدبور
 AX : محور عصبي
 MI : الجسيمات الكوندرية
 F : ليبفات الموزين
 TR : خلية القصبات الهوائية
 V : حويصلات تشابكية
 I.b : الصفحة القاعدية
 (من Edwards et col)

2- الظواهر الفيزيولوجية :

تشبه خصائص الليف العضلي خصائص الخلية الحية ألا وهي: الإثارة (Excitabilite)، التقلص (Contractilite) والمرونة (Elasticite). ويستجيب الليف العضلي للتحريضات بالتقلص وذلك باقتراب نهايتي الخلية العضلية الواحدة من الأخرى. وتتدخل مرونة العضلة لتحديد شكل التقلص، فعندما يكون

أحد أطراف العضلة متحركاً يطلق على التقلص اسم التقلص المتساوي التركيز (Isotonique)، أما عندما تكون نهايتا العضلتين ثابتتين فيدعى بالتقلص المتساوي الأبعاد (Isomerique) وفي هذه الحالة لا يقصر طول العضلة ولكنها تشد.

أ- تمدد وتقلص العضلات :

لا ينتج قصر وطول ساركومير العضلات عن تغير في طول اللييفات الدقيقة (Myofilaments fins) ولكنه ناتج عن تداخل مجموعات من اللييفات فيما بينها قابل للانعكاس (شكل 27). فعندما تقصر الساركومير فإن لييفات الأكتين تقترب من المراكز وبنفس الوقت تصل نهايتا لييفات الميوزين (اللييفات الكبيرة) إلى الخط (Z).

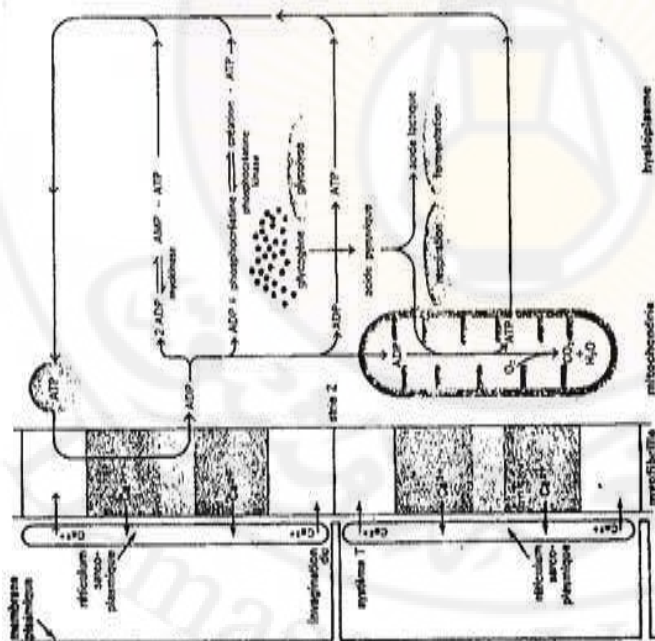
تبدى بعض العضلات (العضلات الحشوية، والعضلات بين الحلقية ليرقات الذباب) تقلصاً شديداً يطلق عليها اسم فرط التقلص Supercontraction، وفي هذه الحال تجتاز اللييفات الكبيرة الخط (Z) الذي يكون متقباً، وتتبع نفس الحركات في أثناء الراحة ولكن بشكل عكسي.

هناك جسور عرضية تنشأ عن لييفات الميوزين وترتبط بواسطتها لييفات الأكتين، تعد هذه الجسور أماكن لتحليل جزيئات الـ ATP، بواسطة أنزيم الـ (ATP ase)، وينشط هذا الأنزيم بوجود أيونات الكالسيوم (Ca^{++}) التي تثبت على التروبونين (Troponine_A) وتزيل تثبيط أنزيم الـ ATPase، وتؤدي الطاقة الناتجة عن تحليل جزيئات الـ ATP إلى تغيرات دورية في دورية اكتين - ميوزين مما يؤدي إلى تداخل المجموعتين من اللييفات فيما بينهما وذلك بتتابع سريع للتثبيط وفصل الجسور العرضية المرتبطة باللييفات الدقيقة.

يؤدي تحريض الليف العضلي إلى إلغاء قطبية الغشاء الساركوبلازمي

وبالتالي التقلص وهذا الأخير يزداد بازدياد اللاقطبية. وعلى العكس تماماً يؤدي التثبيط العصبي إلى زيادة في القطبية المحرصة ويرتبط بهذه التغيرات نقص أو إنهاء التحريض.

يؤدي جهاز T دوراً هاماً في توجيه الشارة الكهربائية بداخل الليف العضلي. وفي المكان الذي يلتقي فيه الجهاز T مع الشبكة الساركوبلاسمية يكونان مواقع هامة لنقل المعلومات: فيتبع جهد الشبكة الساركوبلاسمية تغيرات الجهد عبر الجهاز T، وتعرض لاقطبية غشاء الشبكة الساركوبلاسمية تحريراً مفاجئاً لأيونات الكالسيوم Ca^{++} الضرورية للتقلص، وفي نهاية التحريض تؤخذ وبنشاط أيونات الكالسيوم ثانية عن طريق الشبكة الساركوبلاسمية مما يؤدي إلى استرخاء الليف العضلي (شكل 32).



شكل ٣٢ :

الطرق الاستقلابية لتجدد الـ ATP وحملاته أثناء التقلص العضلي

يمكن أن تكون العضلات عند الحشرات قادرة إما على التقلص البطيء

وإما على التقلص السريع وذلك حسب طبيعة الخلية العصبية المحركة التي تحرضها.

ب- آلية العمل العصبي العضلي :

يكون معدل التقلص العضلي في الحالة العادية مساوياً للسيالات العصبية المستقبلية. ويوجد عند العضلات المتوافقة Asynchronous Muscles توافق واضح ما بين تطور الشبكة الساركوبلاسمية وسرعة التقلص لأن النشاط العضلي يعتمد على تحرير أيونات الكالسيوم Ca^{++} الذي يتبع التحريض.

تعمل العضلات الهيكلية بشكل عام على هيئة أزواج متضادة (عضلات مقربة - عضلات مبعدة - عضلات للطى - عضلات باسطة). ولقد تم تحديد مراقبة الجهاز العصبي المركزي على التقلص المتناوب للعضلات المتضادة، خاصة عند حركة الصرصار. ووجد أنه لكل رجل هناك طوران متتاليان: طور التأرجح Phase de Balancement وذلك عندما يرفع الرسغ من سطح الأرض ويتجه إلى الأمام، والطور الآخر هو طور الوقفة Phase de Posture وذلك عندما يركز الرسغ، وتكون الرجل باتجاه الخلف مقارنة بالجسم، والقوة اللازمة للتقدم متطورة جداً خلال طور الوقفة.

بينت الدراسات التخطيطية لعضلات الأرجل في أثناء المسير، أن هناك تناوباً ما بين النشاط الكهربائي لعضلات الطى والعضلات الممددة، إذ يبدأ تفريغ شحنة عضلات الطى قبل طور التأرجح بقليل، ويؤدي التقلص الذي ينتج عنه إلى رفع الرجل و تقدمها إلى الأمام. أما العضلات الممددة فهي نشطة خلال طور الوقفة وبذلك تتطور القوة الدفعية إلى الأمام. ويتحقق هذا المعدل داخل الجهاز العصبي المركزي ويبقى حتى في غياب المعلومات الحسية. وهناك مركز مولد مشكل من مجموعة من الخلايا العصبية الواصلة لكل رجل من

الأرجل و يوجد داخل العقدة العصبية الصدرية. ويحرض نشاط هذا المركز الخلايا العصبية القابضة (عضلات الطي) ويثبط بنفس الوقت العضلات الممددة والتي يكون لها عادة نشاط غريزي.

تقسم العضلات عند الحشرات إلى نوعين، وذلك حسب آلية العمل العضلي هما:

- العضلات المتوافقة : Synchronous Muscles

نجد هذا النوع عند عضلات الطيران للرعاشات ومستقيمت الأجنحة وحرشفيات الأجنحة، حيث يكون إيقاع ضربات الأجنحة خفيفاً 18-20 ضربة/ثانية عند الجراد وقد يصل إلى 50-70 ضربة/ثانية. عند حشرات فصيلة Sphingidae ، وتستطيع الأجهزة المولدة Pacemakers الموجودة داخل العقد العصبية الصدرية الثانية والثالثة أن ترسل سيالة عصبية Influx متتالية إلى كل مجموعة من العضلات المتضادة ومتوافقة مع ضربات الأجنحة، ونستنتج من ذلك أن هناك توافقاً أكيداً بين السيالات العصبية المستقبلية من قبل العضلة وحركة الأجنحة.

- العضلات غير المتوافقة: Asynchronous Muscles

ونجدها عند العضلات التي تنقلص بقوة بعد وصول السيالة العصبية، والمثال على ذلك عضلات الطيران عند حشرات ذات الجناحين وغشائيات الأجنحة، تكون ضربات الأجنحة عند هذه الحشرات كبيرة جداً إذ تصل إلى 1000 هزة ضربة/ثانية كما هو الحال عند حشرة Forcipomya. ويمثل هذا الوضع مشكلة بالنسبة للمراقبة العصبية؛ لأن معدل السيالات العصبية لا يمكن أن

يكون مرتفعاً إلى هذا الحد، ولكن كل ضربة (أو هزة) من ضربات الجناح تتطلب تقلصاً عضلياً، وعند حشرة كاليفورا تخفق أجنحتها في أثناء الطيران بواقع 12 مرة أو أكثر من عدد السيالات العصبية المحركة التي تصل إلى العضلات.

ولذلك لا تعتمد مراقبة نشاط هذه العضلات بشكل خاص على السيالة العصبية المحركة. وتستجيب هذه العضلات مع ذلك إلى التحريضات ذات الذبذبة المرتفعة وذلك بتقلص ثابت.

وقد يتم النشاط غير المتوافق مع عدة تقلصات عضلية بواسطة السيالة العصبية وذلك بفضل الخواص الميكانيكية للعضلات و للهيكل الخارجي للصدر. إذ يغير تناوب الجهاز الميكانيكي ذبذبة ضربات الأجنحة (هزات الجناح)، فمثلاً يدخل اختزال الأجنحة ارتفاعاً في الإيقاع، وعندئذ حتى ولو ألغيت الشحنة فإن العضلة تدخل بتقلص مستمر وثابت.

من بين العضلات المتوافقة نذكر أيضاً عضلات الغشاء الطلي عند صرصار الحقل والذي يصدر أصواتاً قد تصل إلى عدة كيلو هرتزات وتتقلص عضلات هذا الغشاء بذبذبة هي 380 هزة/ثانية.

ج- التمثيل العضلي Metabolism

تحصل العضلات على الطاقة الضرورية لعملها الميكانيكي من تحليل جزيئات الـ ATP، إلا أن كمية هذا الأخير والموجودة داخل العضلة قليلة جداً مقارنة بكمية الـ ATP، التي تستخدم في أثناء تقلص العضلات، إذ إن هذه الكمية

لا تستطيع إمداد العضلة بالطاقة اللازمة إلا خلال 0.1 % من الثانية. لذلك يجدد الـ ATP بدءاً من Glucose وذلك عن طريق تمثيل بعض المواد.

فيمكن أن تخزن الطاقة داخل الألياف العضلية على هيئة غليكوجين ثلاثي الغليسريد أو قد تصل إلى العضلات عن طريق الدم. وتختلف طرق إنتاج الـ ATP حسب الدور والنشاط العضلي. وهناك عدة مصادر للطاقة هي:

- السكريات Carbohydrates

وهي الوحيدة التي تستطيع إعطاء الـ ATP وذلك عند غياب الأوكسجين، ونجد ذلك عند عضلات القفز في أرجل الجراد والتي تمتاز بقدراتها على العمل الوجيز والمفاجئ، فهذه العضلات لا تحتوي إلا على عدد قليل من الجسيمات الكوندرية ولا تحتوي على شبكة من القصبات الهوائية، وتدل طبيعة النشاط الأنزيمي لهذه العضلات على تمثيل لا هوائي.

إلا أنه عند العديد من العضلات تتأكسد السكريات بكاملها عن طريق تفاعلات الوساطة بفعل أنزيم البيروفات ديهيدروجيناز Pyruvate Deshydrogenase.

تحتوي أرجل الصرصار على عدد كبير من الجسيمات الكوندرية وعلى شبكة متطورة من القصبات الهوائية، إضافة لاحتوائها على مخزون كبير من الغليكوجين والأنزيمات التي تسمح لها بالتمثيل الهوائي. وتعد عضلات الطيران من بين العضلات الأكثر نشاطاً وتتميز بقدرتها المرتفعة للأكسدة.

تعتمد العضلات في البدء على مخزونها الاستقلابي، إذ يتم استقلاب

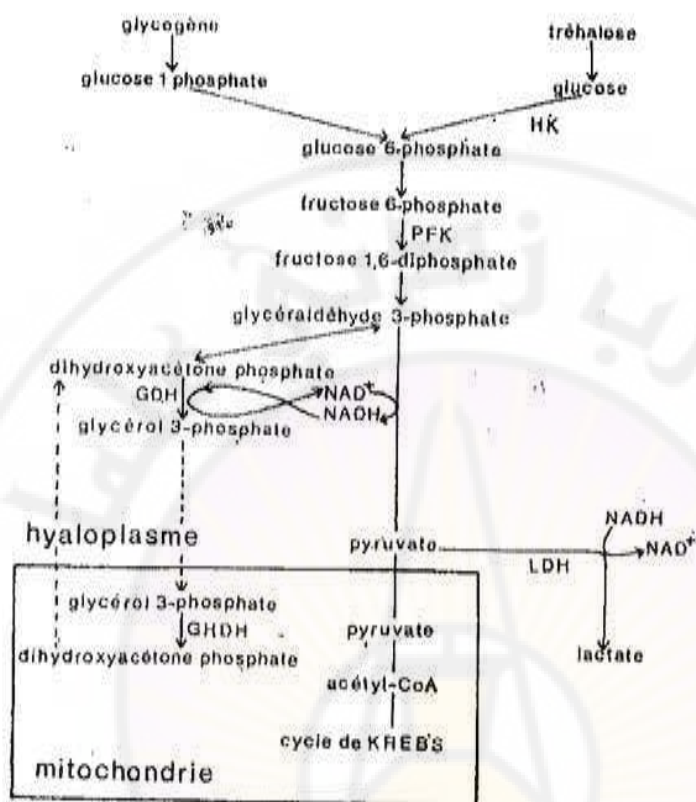
الجليكوجين واليوكوسيدات الداخلية حسب الطريق المعتادة: غليكوليز داخل الهيولي مع إنتاج البروفات Pyruvate ومن ثم الأكسدة النهائية بفضل إنزيمات الجسيمات الكوندرية لدورة كريبس مع إنتاج CO_2 والماء. إن تحليل الغليكوز يتطلب الحصول على H_2O الذي يختزل بأكسدة الغليسريد الدهيد ثلاثي الفوسفات Glyceralde Hyde_3_Phosphate (شكل 33).

- الليبيدات Lipids

تعد الليبيدات مصدراً هاماً وأساسياً من مصادر الطاقة المخزونة، لأن نفس الكمية من الدهون تحرر من الطاقة ضعف ما تحرره نفس الكمية من السكريات. وتعتبر الليبيدات المصدر الرئيسي للطاقة خاصة عند الحشرات التي لا تتغذى في طور الحشرة الكاملة وتعيش فقط على المخزون الذي جمعه خلال طور اليرقة، أو عند الحشرات المهاجرة، كالجراد وبعض الفراشات التي تستخدم الدهون كمصدر للطاقة في أثناء طيرانها.

تخزن الليبيدات داخل الجسم الدهني على هيئة غليسريدات ثلاثية، ولكنها تتحول إلى غليسريدات ثنائية داخل الدم وتنتقل على هيئة بروتينات دهنية > Lipoprotein.

يكون استقلاب الليبيدات هوائي، وستكمل نقل الأحماض الدهنية إلى داخل الجسيمات الكوندرية بإدغام الأحماض الدهنية مع الكارينتين. تتأكسد الأحماض الدهنية داخل الجسيمات الكوندرية وذلك بدخولها ضمن دورة كريبس على هيئة أسيتيل كواينزيم Acety Co A.



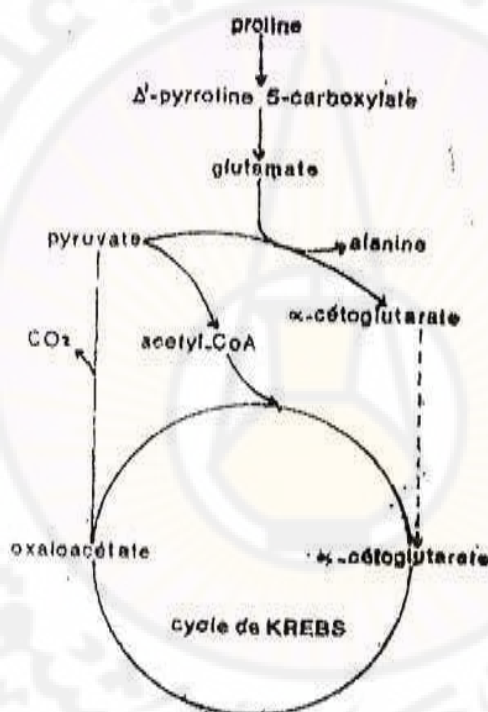
شكل ٣٣ :
استقلاب الكربوهيدرات

الأحماض الأمينية Amino Acids

يمكن أن نلاحظ أكسدة الأحماض الأمينية عند عضلات طيران العديد من الحشرات، ويعد البرولين Proline عند بعض الحشرات المصدر الرئيسي للطاقة في أثناء الطيران، والمثال على ذلك ذبابة Glossina. تكون كمية البرولين عند هذه الحشرة صغيرة في البدء ، وهذه الكمية تكفي الحشرة للطيران لمدة دقيقتين من أصل ثماني دقائق ، ومن المحتمل أن هذه الحشرة تصنع البرولين

في أثناء طيرانها، نظراً لأن الجسيمات الكوندرية غير متطورة بحيث لا تستطيع استخدام الكربوهيدرات، والليبيدات، والأحماض الأمينية الأخرى بشكل كامل.

يتحول البرولين إلى غلوتامات Glutamate والتي تعطي بعد عملية (Transamination) البيروفات والألانين Alanine التي تدخل دورة كريس على هيئة Cetoglutarate شكل (34).



شكل ٣٤ :
استقلاب البرولين



الفصل العاشر

أعضاء الحس

تملك الحشرات تراكيب حسية أو مستقبلات Receptors خاصة تستجيب للتحريضات المختلفة، والمعلومات المستقبلية تترجم من قبل الجهاز العصبي وتخلق بعدئذ السيالات العصبية المحركة التي تدعو الحشرة للاستجابة بطرق محددة.

تحتوي الأعضاء الحسية على خلية أو عدة خلايا حسية تنضم غالباً إلى تركيب مخصص لاستقبال المحرضات Stimuli. ومنشأ هذه الخلايا الحسية هو خلايا البشرة المتحورة والتي تعد كخلايا حسية أولية ويتوضع جسم الخلايا بالقرب من سطح الجسم أو على الجدار الداخلي للعضو الحسي وقد تكون هذه الخلايا العصبية الحسية متعددة الأقطاب أو ثنائية القطب وتقسم الأعضاء الحسية إلى عدة أنواع منها:

1- الأعضاء الحسية الميكانيكية Mechanoreceptor

هي عبارة عن تراكيب حساسة للتغيرات الميكانيكية التي تعتري جسم الحشرة ، وقد تكون هذه الأعضاء عبارة عن تراكيب كيتينية بسيطة مثل الشعيرات أو القباب المنعزلة أو المتجمعة أو قد تكون مستقبلات داخلية ولكنها ترتبط بالكيوتيكيل وتشكل بذلك عضواً حسياً معقداً كما هو الحال بالنسبة لعضو جونستون Johnston.

أ- تركيب العضو الحسي Structure:

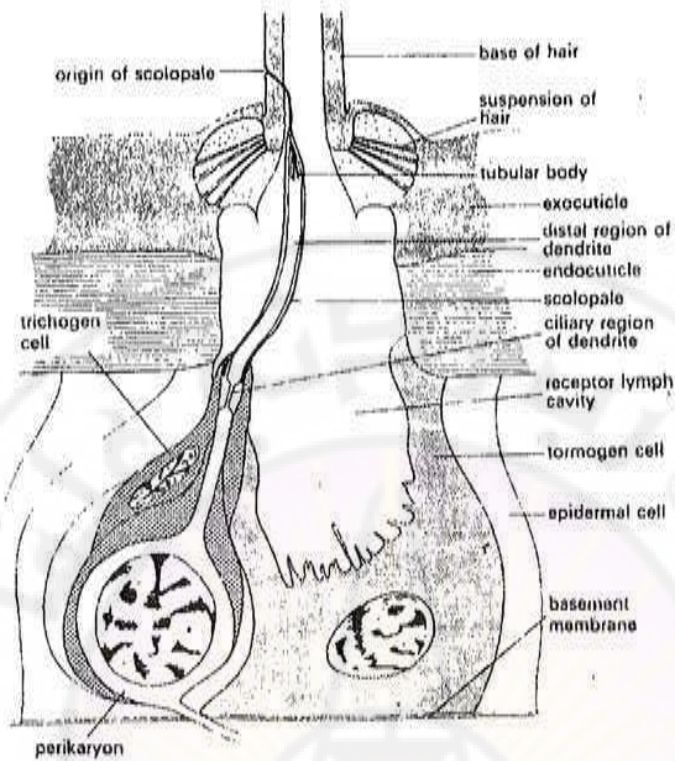
يتألف العضو الحسي الميكانيكي بشكل عام من الشعيرة الحسية إضافة إلى ثلاثة أنواع من الخلايا، خلية التريكوجين (Trichogen) و خلية الترموجين (Tormogen) وأخيرا الخلية العصبية الحسية (Neurone) تتكون الخلايا العصبية للعضو الحسي الميكانيكي من نوعين من الخلايا العصبية ثنائية القطبية (Bipolar Neurone) ولها تشعبات عصبية ذات ارتباط مباشر مختلف بالكيوتيكيل والنوع الآخر هو الخلايا العصبية متعددة الأقطاب (Multipolar Neurone) ترتبط هذه الخلايا بالعضلات والأنسجة الضامة شكل 35.

تقسم منطقة التشعبات العصبية (Dendrite) عند الخلية العصبية ثنائية القطب إلى ثلاث مناطق متميزة:

- المنطقة القريبة وهي التي تلي جسم الخلية العصبية (Perikaryon) مباشرة ويكون قطر هذه المنطقة بحدود 1-2 ميكرون وتحتوي على أجسام كوندرية.

- المنطقة الهدبية Ciliary region: وتكون بالقرب من الكيوتيكيل وهي منطقة ضيقة.

- المنطقة الطرفية (Distal Region): تبدأ التشعبات بعد المنطقة الهدبية وتزداد أعداد هذه التشعبات العصبية في الجزء العلوي وتبدو في النهاية القمية لهذه التشعبات كتل من الأنابيب الميكرونية والتي نجدها عند الأعضاء الحسية من تريكوئيد (Trichoide) والكامبانيفورم Campaniforme وتدعى بالجسم الأنبوبي.



شكل ٣٥ :

رسم توضيحي يبين التمثيل القاعدي لأحدى المستقبلات الميكانيكية وتوزع الخلايا المرتبطة .

- يرتبط الجزء القمي للتشعبات العصبية بسطح الكيوتيكل ويحاط بغلاف (يتألف من مواد شبيهة بالكيوتيكل) يدعى Scolopale ويخترق هذا الأخير التجويف بين الخلوي الذي تحدده خلية التورموجين والتي تحتوي على زغيبات قمية Microvilli. وترتبط خلية التورموجين بالخلايا المجاورة بواسطة روابط خلوية وبذلك ينفصل الدم عن السائل الحسي المستقبل الموجود داخل هذا التجويف. وتفرز هذا السائل خلية التورموجين ويمتص البوتاسيوم بنشاط ليزود هذا السائل بحاجته من الشوارد.

ب- أنواع الأعضاء الحسية الميكانيكية:

1- أعضاء التريكوئيد (الشعيرات الحسية): Trichoid Sensilla

تتصل الشعيرة الحسية بجدار الجسم بواسطة غشاء تمفصل يستقبل التنبهات المختلفة وينقلها أيضا وتستطيع هذه الشعيرات التحرك بحرية.

تفرز هذه الشعيرة من قبل خلية متخصصة هي خلية التريكوجين (trichogen) أما غشاء التمفصل فتفرزه خلية التورموجين (Tormogen) إضافة إلى الخليتين السابقتين يوجد الخلية الحسية التي ترسل من الناحية القمية المحور العصبي الذي يخترق الغشاء القاعدي وترسل المحور العصبي الذي يوصلها بالجهاز العصبي المركزي.

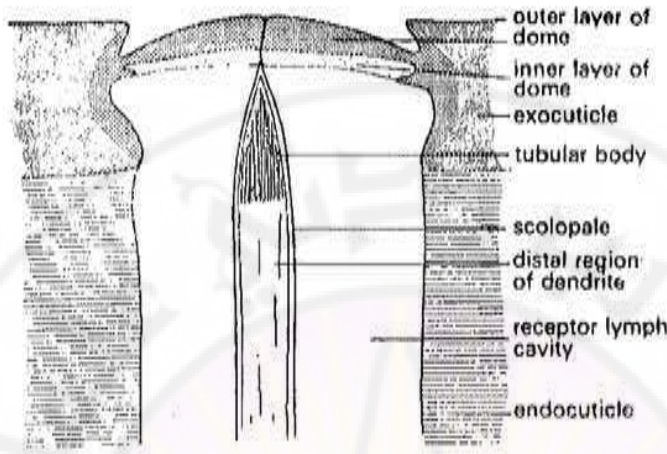
تعمل المستقبلات الميكانيكية بطرق مختلفة ولكن غالبا ما يكون الجواب طورياً (Phasic) وفي هذه الحالة لا يتطور جهد العمل إلا عندما تتحرك الشعرة أي عند انحائها أو انتصابها وفي بعض الأحيان لا يتم إلا عند حدوث الحادثتين ويكون لبعض الشعيرات جواب قرارى (Tonic) ، إذ إن جهد العمل يستمر طيلة فترة التحريض.

ويمكن للجواب أن يكون طورياً - قرارياً مع ارتفاع في ذبذبة التفريغ العصبي في بداية التحريض ويتبع ذلك تفريغ مستمر و لكن بذبذبة أقل إذا كان التحريض ثابتاً.

2- الأعضاء الحسية الجرسية Campaniform - Sensilla

تشبه هذه الأعضاء في تركيبها أعضاء الحس تريكوئيد إذ تتضمن الخلية الحسية إلى ثلاث خلايا إضافية تشكل تجويفا وتحاط التشعبات العصبية بغلاف يدعى Scolopale. أما نقطة الخلاف الهامة فهي أن الشعيرة الحسية يستبدل بها طبقة كيتينية على شكل قبة (Dome). ويكون شكل هذه القبة دائريا أو بيضويا

ويتألف من طبقة كيتينية داخلية سميكة وطبقة كيتينية خارجية رقيقة جدا شكل
36.



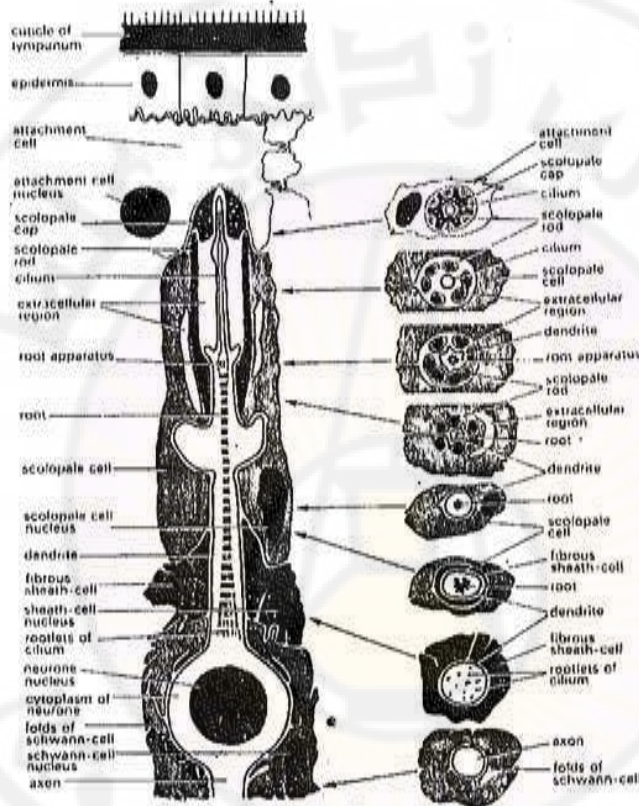
شكل ٣٦ :
رسم تخطيطي للعناصر الكيتينية وارتباط التشعبات العصبية
لدى الاعضاء الحسية من نوع Campaniform

يتوضع العضو الحسي الجرسى داخل جدار الجسم على العكس من الشعيرات الحسية ويستجيب إلى كافة الضغوط (أو القوى) التي تمارس على طبقة الكيوتكل. تكون هذه الأعضاء على هيئة مجموعات ويكون لها نفس الاتجاه ، نجدها على الرجل الخلفية للصرصار وعلى الأجنحة الأمامية للجراد بمستوى العرق تحت الضلعي، ونجدها أيضا على قاعدة دبوسي التوازن عند الذباب وتساعد هذه الأعضاء على حفظ توازن الحشرة في أثناء الطيران.

3- أعضاء الحس ذات القضبان الحساسة وأعضاء السمع: Scolopophorus:

تدل الدراسات فوق البنيوية على أن هذه الأعضاء عبارة عن شعيرات حسية متحورة بالرغم من عدم وجود أي تركيب كيتيني خاص من الناحية الخارجية.

يحتوي العضو الحسي على ثلاث خلايا حسية وعدد من الخلايا الإضافية المتوضعة على شكل خط ما بين نقطتين من جدار الجسم. يحاط جسم الخلية العصبية الحسية ومحورها العصبي بخلايا غليال وقد يضاف لهذه الغلاف خلية مغلفة ليفية وذلك عند قاعدة التشعبات العصبية.



شكل ٣٧ :
رسم تخطيطي لقطع طولي في عضو حسي من نوع Scolopidium
لدى حشرة Locusta. إضافة إلى مقاطع عرضية في المستويات المشار إليها
(من GRAY)

أما التشعبات العصبية فتحاط بخلايا مغلفة Scolopale (شكل 37).

نجد هذا النوع من الأعضاء الحسية على جميع أجزاء جسم الحشرة (الأرجل - قرون الاستشعار - الملامس - قاعدة الأجنحة..).

وقد تكون هذه الأعضاء معقدة جدا كما هو الحال عند عضو جونسون
Johnsto والأعضاء السمعية عند الجراد.

ثانياً - المستقبلات الكيميائية: Chemoreceptor:

يمكن أن تلاحظ أثر التحريضات الكيميائية عند الحشرات بعدة طرق
مختلفة:

- عندما يكون المحرض الكيميائي على هيئة غاز: عندما يزداد تركيز بعض
المواد كالأمونياك أو الكلور في الوسط الذي تعيش فيه الحشرة، فإن ذلك يحث
الحشرة على الهرب.

- الحالة الثانية عندما تكون المحرضات الكيميائية على هيئة محلول: تؤثر هذه
المحرضات عندما يكون تركيزها مرتفعاً وغالباً ما ترتبط بالغذاء، ولذلك تدعى
بالمستقبلات الكيميائية بالتماس.

- أخيراً قد تنتشر هذه المحرضات في الهواء وبتركيز خفيفة وتؤثر على
سلوكية الحشرة لذلك يجب أن تكون المستقبلات حساسة جداً ويطلق عليها اسم
المستقبلات عن بعد.

أ- تركيب المستقبلات الكيميائية :

تعد قرون الاستشعار من الأجزاء الغنية بالمستقبلات الكيميائية وكذلك أجزاء
الفم ، وتوجد أيضاً على الأرجل وعلى آلة وضع البيض.

وتكون الأجزاء الكيتينية للمستقبلات الكيميائية ذات أشكال مختلفة ويمكننا أن
نميز ما يلي شكل 38:

1- شعيرات التريكونيد *Senssilla Trichodea*

عبارة عن شعيرات طويلة قد يصل طولها إلى 300 ميكرون عند حشرات Saturnidae ومتطورة جدا عند الحشرات الليلية والفجرية وهي متخصصة غالبا لاستقبال الفورمونات الجنسية التي تفرزها الأنثى. يرتبط بهذه الشعيرات 2-5 خلايا حسية شمعية ولا تختلف هذه الشعيرات عن شعيرات التريكونيد (المستقبلات الميكانيكية).

2- الشعيرات الحسية القصيرة *Sensilla Basiconica*

وهي شعيرات شمعية قصيرة على شكل مخروط متخصصة باستقبال الروائح من النوع الغذائي.

3- الصفائح الحسية المثقبة *sensilla plocodea*

يكون التركيب الكيتيني على هيئة صفيحة مثقبة يوجد تحتها الخلايا العصبية الحسية والخلايا المساعدة ، وتوجد هذه التراكيب خاصة عند غشائيات الأجنحة الاجتماعية (النحل - الدبابير..).

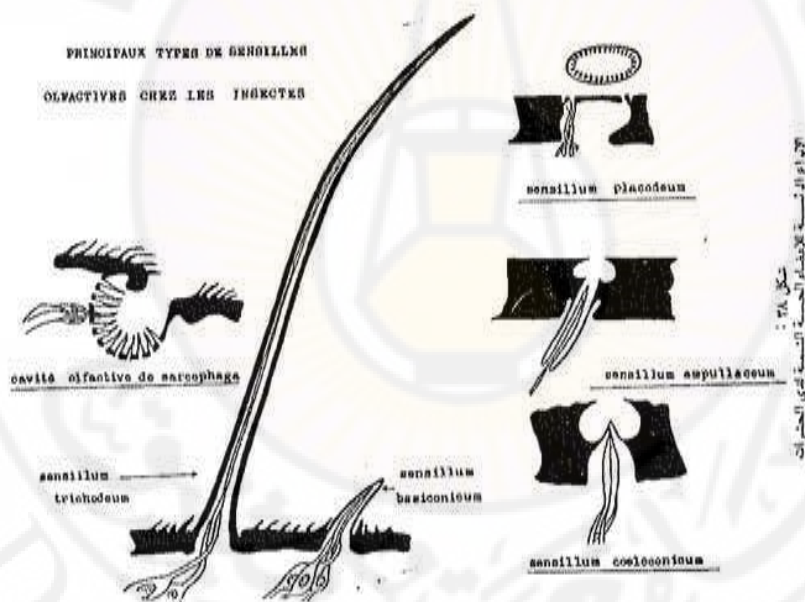
4- يختبئ التركيب الكيتيني داخل تجويف مختلف العمق بجدار الجسم ويدعى *sensilla coelonica*

ويوجد عند عدد كبير من الحشرات، وهذه الأعضاء الشمية تكون عادة من المستقبلات العامة.

يكون جدار الشعيرات أو المخاريط الكيتينية سميكة للمستقبلات الكيميائية بالتماس تكون حساسة للروائح القوية ، وتحتوي في نهايتها على فتحة وحيدة يمتد عادة الغمد الكيتيني الداخلي على امتداد الشعيرة أو المخروط ، وقد يلتصق في بعض الحالات على أحد الجانبين وعلى جدار الكيتيني للعضو

الحسي ، وبذلك نجد أن تجويف هذا العضو الحسي مقسم إلى حجرتين تحتوي أحدهما على تشعبات الخلية الحسية.

أما الجدار الكيتيني للمستقبلات عن بعد (المستقبلات الشمية) فيكون رقيقاً ومتقياً إلى عدد من الثقوب يبلغ قطرها حوالي 100 انغستروم ، وقد نجد غمداً كيتينياً واحداً أو أكثر داخل العضو الحسي. تفرز التراكيب الكيتينية الخارجية وكذلك الغمد الداخلي للأعضاء الحسية من قبل خلية التريكوجين *trichojene* وتتجدد هذه التراكيب بعد كل انسلاخ وعندما ينتهي هذا التجديد تنقلص خلية التريكوجين وكذلك خلية أو خلايا التورموجين مخلفة تجويفاً مليئاً بسائل أفرزته هي نفسها.



يتصل هذا التجويف بالغمد الكيتيني وأيضاً بتجويف الشعيرة الحسية وتحتوي هذه الخلايا من الناحية القمية على زغيبات تزيد من سطح التبادل بينها وبين التجويف.

يختلف عدد الخلايا الحسية عند المستقبلات الكيميائية ، فقد يبلغ عددها خمسا عند المستقبلات ذات الجدار السميك أما عند المستقبلات ذات الجدار الرقيق فقد توجد خلية حسية واحدة ، وقد يصل عدد الخلايا الحسية إلى أكثر من ستين . تكون الخلايا الحسية ثنائية القطب ويبلغ قطر محورها العصبي أقل من 0.1 ميكرون أما التشعبات العصبية فهي دقيقة وترتبط بالتركيب الكيتيني للعضو الحسي تنقلص التشعبات العصبية بعد مغادرتها جسم الخلية العصبية ويصبح لها شكل هديبي ، نجد تحت هذه الأهداب جسماً أو جسمين قاعديين.

تتوسع التشعبات العصبية فوق المنطقة الهدبية وتضم عدداً من الأنابيب الميكرونية والمرتبطة بالأنابيب الهدبية. تخترق التشعبات العصبية الأغصان الكيتينية في أثناء وجودها وذلك إلى النقطة التي تنتهي عندها المنطقة الهدبية فعندما يكون المستقبل الكيميائي ذا جدار سميك فإن التشعبات العصبية تخترق الغمد الكيتيني دون تشعبات وتنتهي بالفتحة القمية، أما عندما يكون المستقبل الكيميائي ذا جدار رقيق وله غمد أو عدة أغصان كيتينية فإن التشعبات العصبية تجتاز هذا الغمد وتخترق تجويف الشعيرة الحسية أو المخروط ، ومن ثم تنفرع إلى عدة تشعبات رقيقة يخرج منها ليفيات تنتهي بثقوب صغيرة تعود للشعيرة الحسية أما في حال غياب الغمد الكيتيني فتخترق التشعبات العصبية تجويف الشعيرة مباشرة أو المخروط.

ب- الظواهر الفيزيولوجية:

1- مستقبلات الملامسة (أعضاء الذوق):

توجد هذه المستقبلات بشكل خاص على أجزاء فم الحشرة واللسان وسقف الحلق، ولكنها توجد أيضاً على قرون الاستشعار والرسغ وتبدي هذه المستقبلات الكيميائية عتبات حساسية مختلفة بالنسبة لمادة ما وذلك حسب موقعها، فعند

الذباب تكون المستقبلات الشفوية أكثر حساسية من مستقبلات الرسف وتستجيب لمحاليل ذات تركيزات خفيفة.

لقد درست المستقبلات الكيميائية الشعيرات الشفوية لحشرة فورميا phormia وتم تحليلها بشكل كافٍ ، وهي تتألف من خلية مستقبلية ميكانيكية ترتبط تشعباتها العصبية بالقرب من قاعدة الشعيرة الحسية إضافة إلى ذلك يوجد أربع خلايا مستقبلية كيميائية:

- الخلية الأولى حساسة للكاثيونات الأحادية.
- الخلية الثانية حساسة بشكل رئيسي للأنيونات.
- الخلية الثالثة حساسة للسكريات ذات الأشكال الخاصة مثل البننوز petose هكسوز hexose بالاشتراك مع D.Glucopyranosib .
- الخلية الرابعة حساسة للماء.

إن آلية عمل هذه الأعضاء الحسية تتم على النحو التالي : تجتاز الجزيئات الثقوب الموجودة على العضو الحسي لتصل إلى التشعبات العصبية ولا يعرف بالضبط الدور الذي يقوم به السائل الحسي. والتفسير المقبول لطريقة تأثير الجزيئات عديمة الشحنة الكهربائية كالغلوكوز هو الآتي: يعد الشكل الجزيئي لسكر ما هو الصفة الأكثر أهمية لقدرته على التحريض ولذلك يفترض أن هذا السكر يتحد وبشكل قابل للعكس مع أحد سوائل أو أحد مواقع المستقبل ، وبشكل بذلك مركباً يفقد الغشاء الخلوي قطبيته ويخلق أيضاً جهداً استقبالياً بطيئاً ومدرجاً في مواقع المستقبل والذي بدوره ينتج جهداً مولداً بطيئاً ومدرجاً وذلك بمستوى التشعبات العصبية . فإذا كانت شدة الجهد المولد كافية فإنها تؤدي إلى إعطاء جهد عمل عند قاعدة الشعيرة الحسية فتتضخم السيات العصبية الناتجة بدءاً من

المركز وباتجاه الجهاز العصبي المركزي وكذلك ابتداءً من مسافة محددة لمركز التشعبات العصبية.

يتناسب عدد السيالات العصبية الناتجة وتركيز المواد المحرضة، أما عندما يكون التحريض مستمرا فإن النشاط المورد (المتجه نحو المركز) يصبح اكبر خلال الثواني الأولى للتحريض وذلك نتيجة لتأقلم مستقبلات الكاتيونات والسكريات ولذلك تزود المعلومات خلال هذه الفترة القصيرة.

عند الذباب، في وأثناء تناوله الغذاء ، ينتفخ خرطوم الحشرة نتيجة لتحريض الخلايا المستقبلية للسكر بإحدى المواد السكرية ، ونلاحظ نفس التأثير في أثناء تحريض مستقبلات الماء ويسمح نشاط مستقبلات الماء عند الذباب بتمييز الماء عن المحرضات الأخرى كالسكر وفي حال تحريض الخلايا الحساسة للأيونات بواسطة تركيز مرتفع من كلور الصوديوم فإن ذلك يؤدي إلى سلوكية الرفض عند الحشرة.

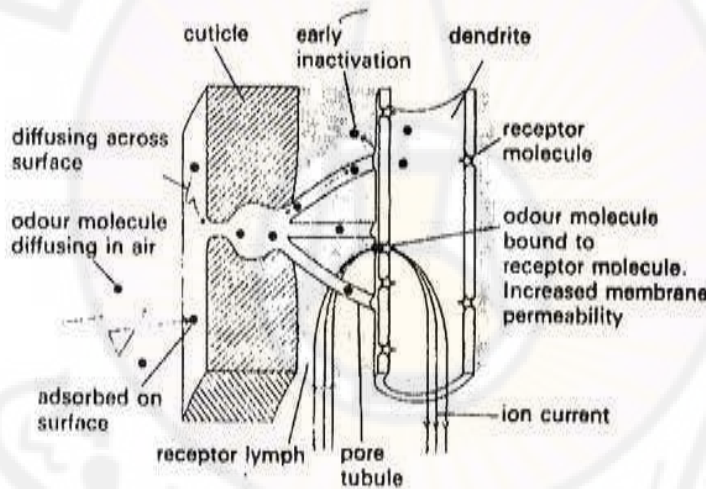
لا تكون استجابة الحشرة لمادة ما ثابتة ولكنها تعتمد على الحالة الفيزيولوجية وبالأخص الحالة الغذائية لأن عتبات التحريض تكون أقل بعد فترة الانقطاع عن الطعام.

2- المستقبلات عن بعد (حواس الشم):

توجه قوة الشم عند العديد من الحشرات سلوكية هذه الأخيرة كالبحث عن الغذاء أو عن مكان لوضع البيض. وتؤدي الفورمونات دورا رئيسيا في هذا المجال وتفرز الفورمونات بكميات ضئيلة جدا ، وهذا يتطلب من الحشرة المستقبلية أن تحتوي على أجهزة استقبال خاصة جدا لاستقبال الجزيئات المحمولة بالهواء وترجمة المعلومات الكيميائية المستقبلية.

تتوضع أعضاء الشم عند غالبية الحشرات على قرون الاستشعار وهي مصفاة للروائح نظرا لاحتوائها على المستقبلات الشمية ، ولا تستجيب الحشرة لأي تحريض شمي عند قطع قرون الاستشعار . وتتوضع الشعيرات الحسية على قرون الاستشعار بحيث تكون معرضة بأكبر قدر ممكن للتيارات الهوائية.

لقد بينت التسجيلات المختلفة لنشاط الخلايا الحسية المعزولة بمستوى أعضاء الشم أن المعلومات المنقولة إلى الجهاز العصبي المركزي عن طريق هذه المستقبلات يمكن أن تبرمج كنبضات (كسيالات) للتثبيط أو بالعكس للتحريض. وساعدت معرفة التركيب الكيميائي لبعض الفورمونات على تحليل أفضل لعمل الأعضاء الشمية والتي يمكن إيجازها على النحو التالي شكل /39/.



شكل ٣٩ :

رسم توضيحي لالتقاط واستقبال جزيء إحدى الروائح من قبل أحد المستقبلات الشمية .

(عن Kaissling)

تصل جزيئات الرائحة الفورمون وتمتص على سطح الشعيرة الحسية ومن ثم تنتشر باتجاه ثقب الشعيرة وتعبّر من خلالها إلى داخل العضو الحسي وتصل

هذه الجزيئات إلى غشاء التشعبات العصبية وذلك بمساعدة الجهاز الأنوبي كدليل لهذه الجزيئات تعرف هذه الجزيئات بواسطة مواقع الاستقبال ذات الطبيعة البروتينية والموجودة على غشاء التشعبات العصبية. ويتشكل بذلك رابطة قابلة للانعكاس ما بين جزيئات الرائحة وموقع المستقبل وذلك عندما يعرف تركيب الرائحة من قبل البروتين المستقبل . يتشكل بعد ذلك معقد من الرائحة والبروتين المستقبل ويكون نشيطاً أيضاً ويؤدي إلى تغيير في نفاذية الغشاء للأيونات ، وذلك بتأثيره على القنوات الأيونية وبالتالي إلغاء قطبية الغشاء أي يتشكل الجهد المستقبل، وعندما يصل هذا الأخير إلى سعة العتبة فإنه يولد جهد العمل وذلك بمستوى المستقبل المولد الموجود على قاعدة التشعبات العصبية . أخيراً تصبح هذه المعقدات المتشكلة غير فعالة وذلك بفضل آليات أنزيمية وبذلك تستعيد الخلية العصبية قطبيتها إلى أن تصل إلى جهد الراحة.

قسمت المستقبلات الشمية حسب طبيعة عملها إلى:

- أعضاء شمية متخصصة: لا تستجيب خلاياها بشكل خاص إلا إلى مادة معينة (Substance Clef). فهي عبارة عن مستقبلات متخصصة والمثال على ذلك مستقبلات الفرمونات الشمية عند الفراشات الليلية.
- الأعضاء الشمية غير المتخصصة: والتي يمكن أن تحدد عدداً من المواد حتى خليطاً معقداً من المواد . وتكون غالباً عبارة عن مستقبلات لرائحة الطعام الموجودة على قرون الاستشعار للعديد من الحشرات ذات النظام الغذائي المختلف (مثل الصرصار).

3- الفرمونات :

تشبه الفرمونات الهرمونات من حيث إنها تنتج من قبل غدد صم وتؤثر بكميات ضئيلة جداً و تؤدي إلى رد فعل متخصص عند المستقبل. ولكنها تختلف عن

الهرمونات ، من حيث إنها تفرز خارج جسم الحشرة و تتدخل فقط بنقل المعلومات ما بين أفراد النوع الواحد (انظر كتاب مكافحة - فصل الهرمونات للدكتور فوزي سمارة).

تستقبل غالبية الفورمونات عن طريق الشم إلا أنه يوجد بعض الفورمونات التي تؤثر عن طريق الفم.

تفرز الفورمونات بكميات ضئيلة جداً عند الحشرات بحدود ميكروغرام أو نانوغرام. وقد تحققت تطورات كبيرة جداً لمعرفة الفورمونات بفضل التقدم العلمي و خاصة في مجال التحليل الفيزيائي الكيميائي. ولتحديد عذراء، أنثى حشرة دودة الحرير، كان يتوجب جمع أكثر من 500.000 أنثى عذراء، أما الآن فيكفي فقط 10 إناث للحصول على نفس النتيجة.

وتنتج الفورمونات عند حرشفيات الأجنحة من قبل غدد متخصصة، وتتوضع هذه الغدد إما على الناحية البطنية أو الظهرية أو بشكل حلقي حول بطن الحشرة.

وتتألف الغدة المفترزة للهرمون من طبقة من الخلايا المفترزة ولا تحتوي على مخزن لتخزين المنتجات، فينتشر الهرمون على سطح جدار الجسم أثناء فترة الدعوة (شكل 40). وقد تأخذ هذه الغدد وضعية أكثر تحديداً كغدد ناسانوف عند شغالة النحل، أو مبعثرة كما هو الحال عند الجراد الصحراوي.

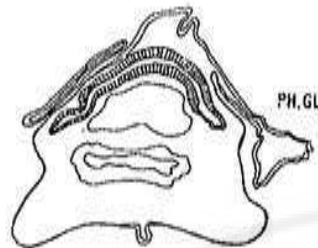
إن إفراز الفورمونات لا يقتصر على الإناث فحسب ، فعند ذكور حرشفيات الأجنحة نجد الفورمونات المهيجة Aphrodisiac pheromone وتتوضع الأعضاء التي تفرز هذا النوع من الفورمونات على أماكن مختلفة من

أعضاء جسم الحشرة (على الرأس-الصدر أو البطن). وتبدي هذه الأعضاء اختلافات مورفولوجية كبيرة . ولكن بشكل عام تتألف هذه الأعضاء من تركيب مضاعف :

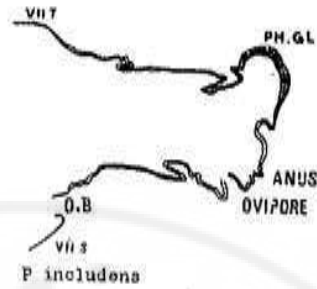
منطقة غدية والتي تفرز الفورمون، وعضو الإرسال الذي يقوم بنشر الفورمون في الوسط المحيط.

وهناك عدة طرق لدراسة الفورمونات (الجنسية منها خاصة) على الذكور، نذكر منها طريقة الالكتروانتينوغرافي Electroantenographie: نتلخص طريقة عمل هذه الطريقة على النحو التالي:

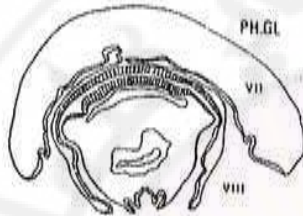
يوضع على قمة قرن الاستشعار المعزول مسرى تسجيل كهربائي، ومسرى آخر على القاعدة و يربط هذان المسريان بمضخم أولي ومن ثم على مضخم وبالتالي على جهاز التسجيل Oscillographe Cathodique. ويمكننا مشاهدة استجابة قرن الاستشعار على شاشة الجهاز وذلك بعد كل تحريض شمي (فرمون جنسي). يقاس هذا الجواب بالميلي فولت و يتألف من طورين: ON وذلك في لحظة إطلاق الفرمون، والطور الثاني هو Inter ويكون ذلك خلال فترة التحريض، أما الطور الأخير فهو Off مع عودة إلى جهد الراحة وذلك عند توقف المحرض، وتكون فترة التحريض هي ثانية واحدة (شكل 41).



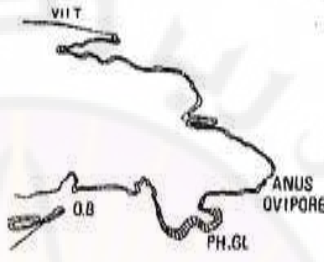
Pseudoplusia includens



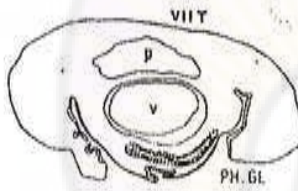
P. includens



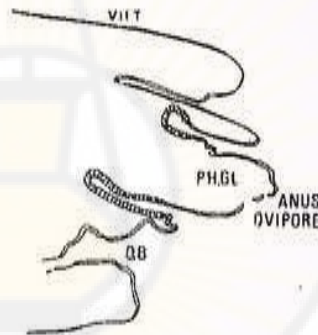
Autographia californica



Prodenia ornithogalli



Felita subterranea



Heliothis virescens

R:rectum
V:vagin
S:sternite
T:tergite
PH.GL:glande à phéromone
O.B:ostium bursae

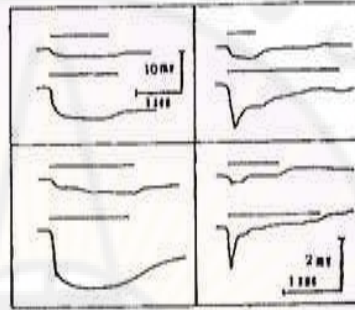
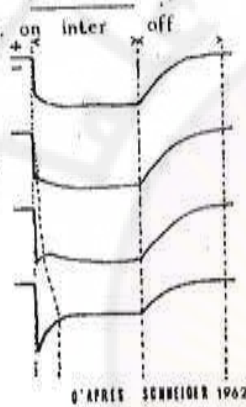
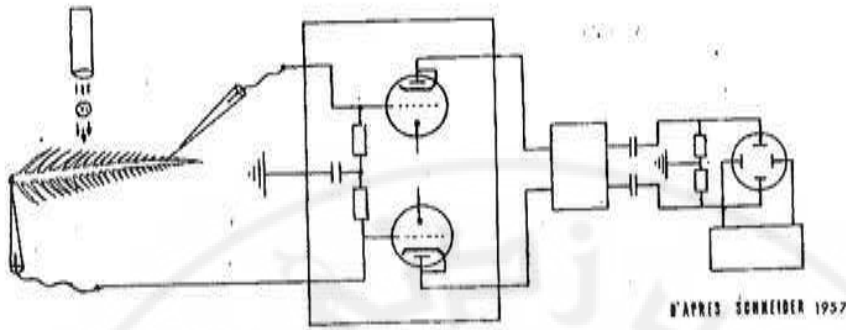
شكل ٤٠ :

مقاطع طولية وعرضية في مؤخرة بطن بعض الحشرات ،
يبين توضع الغدد المفردة للفرمونات .

... ..

وفي حال استخدام محرضات ذات تراكيز متساوية، يكون المحرض ذو التركيب الكيميائي المشابه للفرمون الجنسي للنوع المدروس هو الأكثر تأثيراً ويعطي أفضل جواب.

ELECTROANTENNOGRAPHIE



شكل ٤١ :

شكل تخطيطي لجهاز دراسة تأثير الفرمونات على قرون الاستشعار .

4- العيون و الرؤية:

تدرك الحشرات الضوء بواسطة عدد من الأعضاء الحسية من أهمها العيون المركبة والعيون البسيطة بنوعيتها الظهرية والجانبية، وتزود هذه العيون بالأعصاب اللازمة من المخ الأول. وتملك العيون المركبة تركيباً موحداً وهي الأكثر دراسة و معرفة من وجهة نظر فيزيولوجية.

أ- العيون المركبة:

توجد العيون المركبة عند غالبية الحشرات الكاملة، وكذلك عند الأطوار الفنية للحشرات مختلفة التطور، وتشغل حجماً مختلفاً على جانبي الرأس، وتتضمن بذلك حقلاً واسعاً للرؤية وفي جميع الاتجاهات. تمتد العيون المركبة عند بعض الحشرات من الناحية الظهرية مثل رتبة Anisoptera وذكر Tabanidae والـ Syrphidae وتدعى في هذه الحالة باسم Holoptic.

قد تكون العيون المركبة مختزلة عند بعض الحشرات أو غير موجودة عند الحشرات المتطفلة كما هو الحال عند Siphonaptera. ولا تملك حشرات البروتورا و الديبلورا Diplura عيوناً مركبة.

وتتألف العيون المركبة من عدد كبير من الوحدات البصرية Ommatidia ويرتبط هذا العدد بطريقة حياة الحشرة، فيكون مرتفعاً عند الحشرات سريعة الطيران وغالباً ما يكون هاماً عند الذكر أكثر مما هو عند الأنثى.

- تركيب الوحدة البصرية :

تتألف الوحدة البصرية بشكل رئيسي من جزئين أساسيين هما الجزء الضوئي (يجمع الأشعة الضوئية) وجزء حسي يتلقى الأشعة الضوئية ويحولها إلى طاقة كهربائية. ويمكننا أن نميز الأجزاء التالية عند كل وحدة بصرية و على التوالي (شكل 42):

1- القرنية (العدسة الخارجية):

وهي عبارة عن سطح شفاف متحور من الكيونيكل، وتشكل عدسة محدبة الطرفين ناتجة عن تتالي طبقات موازية للسطح ومعامل الانكسار عندها يكون

مختلفاً . تتجدد القرنية بعد كل انسلاخ وتفرز من قبل خليتين مولدتين للقرنية تحتويان على ملونات عند غالبية الحشرات ولذلك تدعيان بالخلايا المحببة الأولية.

ينوضع تحت القرنية أربع خلايا على هيئة مخروط، تدعى خلايا سيمبر (Semper)، وتكون هذه الخلايا عبارة عن الوحدات البصرية عديمة المخروط (Acones) شفافة و متحورة قليلاً ولا يوجد السائل البلوري، أما عند الوحدات البصرية حقيقية المخروط (Eucone) فتحتوي هذه الخلايا على سائل شفاف.

2- الخلايا الشبكية تحتوي الوحدة البصرية عادة على ثماني خلايا شبكية، وقد يختلف هذا العدد في بعض الأحيان. وتشكل هذه الخلايا شبكة أسطوانية تتداخل بين قمة المخروط البلوري والغشاء القاعدي المنقب، وترسل كل خلية شبكية محوراً يخرق هذا الغشاء ويتصل بالفص البصري. ويتشكل بمحاذاة الخلايا الشبكية وحدة المحور البصري Rhabdomere.

تجتمع وحدات المحاور البصرية للخلايا البصرية والتابعة لنفس الوحدة البصرية وتشكل المحور البصري Rabdome، ويكون هذا الأخير عند الذباب وعند حشرات نصفيات الأجنحة المائية (مفتوحاً)، وذلك لأن وحدات المحاور البصرية يبقى بعضها منفصلاً عن بعضها الآخر، ولكن غالباً ما تتجمع وحدات المحاور البصرية حول محور الوحدة البصرية وتشكل محوراً بصرياً مغلقاً.

3- الخلايا الملونة:

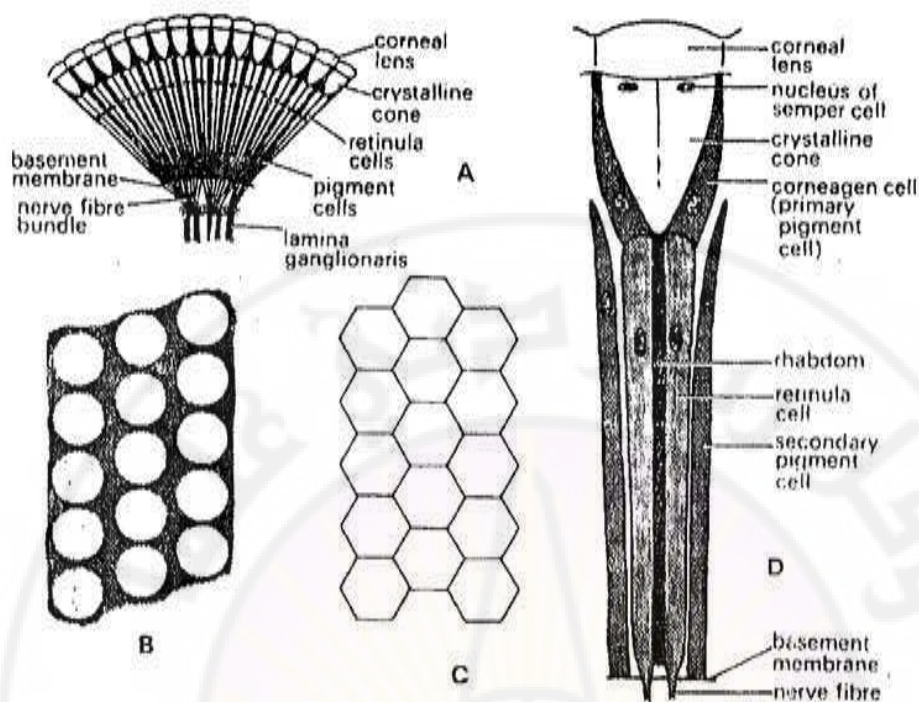
تحاط الوحدات البصرية بخلايا محملة بالملونات والتي قد تفصلها عن عناصر الرؤية المختلفة. ويوجد نوعان من الخلايا الملونة: الخلايا الملونة

الأولية وعددها اثنتان، تمتدان من القرنية وحتى قمة الخلايا الشبكية، النوع الآخر هو الخلايا الملونة الثانوية والتي يكون عددها مختلفاً (من 6 - 26 حسب نوع الحشرة) وتحيط هذه الخلايا بالشبكية. أما طبيعة هذه الملونات فهي إما أموكروم (Ommochrome) مرتبطة بالبروتينات وإما بتريدين Pteridine.

تجتاز القضبان الهوائية عند غالبية الحشرات الغشاء المثقب وتتشعب داخل الشبكية لتضمن وصول الأكسجين.

4- الارتباطات العصبية:

إن المحاور العصبية للخلايا الشبكية تجتاز الغشاء المثقب وتصل إلى الفص البصري، ويوجد عند كل وحدة بصرية بعض الخلايا التي يصل محورها العصبي إلى داخل الصفيحة العقدية، تتشابك هذه المحاور العصبية القصيرة مع محاور الخلايا العصبية الواصلة وحيدة القطب. أما الخلايا الشبكية الأخرى فلها محاور عصبية طويلة تصل إلى النسيج المخي الخارجي Medula Externe (انظر الجهاز العصبي).



شكل ٤٢ :

رسم توضيحي يبين تركيب العين المركبة عند الحشرات .

- A : مقطع في جزء من العين المركبة يبين ترتيب الوحدات البصرية
 B : سطح الرؤية لجزء من العين المركبة لدى المن
 C : سطح الرؤية لجزء من العين المركبة لحشرات Syrphidae
 D : تركيب الوحدة البصرية .

ب - العيون البسيطة الظهرية :

توجد العيون البسيطة الظهرية والعيون المركبة عند الأطوار الفتية والحشرة الكاملة وذلك عند الحشرات ناقصة التطور. وقد لا توجد هذه العيون

عند بعض أنواع الحشرات. ويبلغ عدد هذه العيون بشكل عام ثلاث عيون موزعة على شكل مثلث في رأس الحشرة.

تتألف العين البسيطة من الأجزاء التالية (شكل 43):

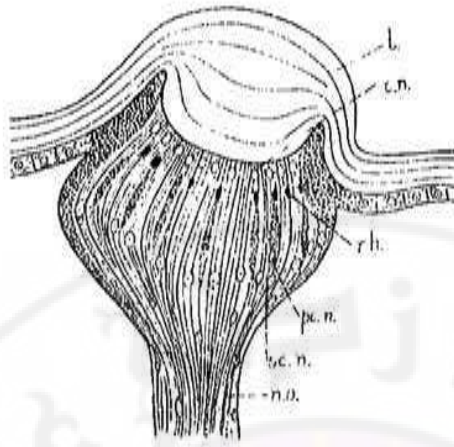
1 - القرنية Corne'e: تكون طبقة الكيوتيكل في هذا الجزء شفافة ولها شكل العدسة المحدبة Biconvex.

2 - الخلايا المفزة للقرنية :

وتقع تحت القرنية مباشرة وتكون هذه الخلايا شفافة عند بعض الحشرات، وقد تستطيل هذه الخلايا وتتجمع على هيئة جسم بلوري يرتبط فيزيولوجياً بالقرنية.

3 - خلايا الرؤية:

وتحتوي على جزء مستقبل مخطط، أما المحاور المحاور البصري Rhabdomere فيشبه نظيره عند العيون المركبة. تنظم هذه الخلايا على هيئة مجموعات لتشكل الشبكية، أما وحدات المحاور البصرية فتتجمع وتشكل المحاور البصري Rhabdome.



شكل ٤٣ :

مقطع في العين البسيطة الظهريّة لدى حشرة Aphrophora

Pigment cell	: PCN	Corneagen cell nucleus	: CN
Rhabdom	: Rh	Cuticular lens	: L
Sens cell nucleus	: sc.n	Ocellar nerve	: No
(عن IMMS)			

4 - الخلايا الملونة (المحببة):

تتوضع عند بعض الحشرات بين خلايا الشبكية وفي بعض الأحيان تحتضن خلايا الرؤية المواد الملونة.

تتشكل المحاور العصبية لخلايا الرؤية، حيث تترك العين البسيطة تشابكات عصبية مع عصب العين البسيطة وذلك بمساعدة الخلايا العصبية الواصلة و يكون جسمها متوضعاً في المخ الأول (Parsintercerebralis).

ج - العيون البسيطة الجانبية :

تعد العيون البسيطة الجانبية هي أعضاء الرؤية عند يرقات الحشرات كاملة التطور، وتتوضع على جانبي رأس الحشرة، ويختلف عددها حسب نوع

الحشرات (من 1 - 7 عيون على كل جانب من الرأس). وترتبط هذه العيون بالفصوص البصرية للمخ الأول، كما هو الحال في العيون المركبة.

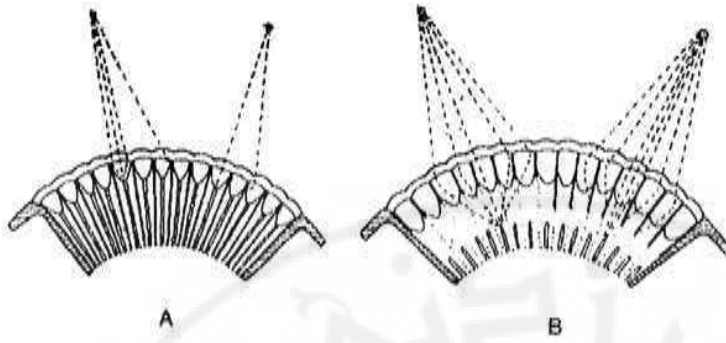
يختلف تركيب العيون البسيطة الجانبية كثيراً، وإذا تشكلت في بعض الأحيان من بعض خلايا الرؤية فإنها تحتوي غالباً على جهاز لانكسار الضوء متطور نسبياً (إما أن توجد القرنية أو الجسم البلوري) ومثال ذلك العيون البسيطة الجانبية عند حرشفيات الأجنحة والـ *Trichoptera*.

يختلف عدد خلايا الرؤية المحملة بالملونات باختلاف الحشرات، وغالباً ما تتوضع هذه الخلايا على هيئة مجموعتين و لهما محور بصري مشترك.

د - فيزيولوجيا الرؤية :

1- تشكل الصورة :

يتم تشكيل الصورة عند الحشرات النهارية ، والتي لها عيون ذات رؤية منفصلة (Apposition) على النحو التالي (وذلك حسب نظرية الرؤية على شكل موزاييك) والتي قدم شرحها كل من Muller , Exnea : تشكل كل وحدة بصرية صورة لجزء من حقل الرؤية، وتحقق بذلك مجموع الوحدات البصرية للعين المركبة شكل موزاييك، الذي يعطي صورة واضحة للجسم. وبما أن الوحدات البصرية منفصلة عن بعضها بواسطة الخلايا الملونة ، فإن محورها البصري لا يستقبل إلا الضوء الوارد من القرنية المطابقة للوحدة البصرية (شكل 44).



شكل ٤٤ : تشكل الصورة في العيون المركبة

A : عيون الرؤية فيها من نوع Apposition

B : عيون الرؤية فيها من نوع Superposition

يتركز الضوء الساقط على القرنية عند النحل داخل المخروط البلوري، وبعد هذا المستوى تتباعد الأشعة الضوئية، وتمتص الأشعة الجانبية من قبل الخلايا الملونة، ولا يصل إلى المحور البصري سوى الأشعة المركزية. وبما أن المحور البصري مغلق فإن وحدات المحور البصري لنفس الوحدة البصرية يكون لها محور مشترك و تعمل كوحدة ضوئية متكاملة.

أما عند الذباب حيث يكون المحور البصري من النوع المفتوح فإن وحدات المحور البصري السبع والعائدة لنفس الوحدة البصرية تحتوي على محاور بصرية مختلفة و يعمل كل محور كدليل ضوئي مميز.

أما عند الحشرات الليلية والتي يطلق على عيونها المركبة اسم العيون ذات الرؤية المتطابقة (المنضدة) (Superposition) فهناك هجرة هامة للمواد الملونة تتم استجابة للشدة الضوئية ، وتتحرك هذه المواد الملونة لتتركز في الناحية البعيدة، وبالقرب من الغشاء القاعدي المثقب وبذلك يفقد العزل الضوئي للوحدات البصرية. ويستقبل المحور البصري الأشعة الضوئية التي تجتاز

القرنية الموافقة و كذلك الأشعة المتباعدة والواصلة من الوحدات المجاورة وينتج عن ذلك تراكب في تشكيل الخيال (الصور) للجسم المرئي.

2- تكيف العين للضوء والظلمة:

تختلف حساسية العيون المركبة تبعاً للشدة الضوئية، فهي تقل بالنسبة للضوء القوي وبالعكس تزداد عندما تكون الحشرة في الظلمة. وتزداد الحساسية عند الانتقال من إضاءة قوية إلى الظلمة الدامسة إذ تزداد الحساسية بنسبة (10³) لدى العيون Apposition وتزداد بنسبة (10⁶) لدى العيون Supperposition.

يكون هذا التكيف سريعاً بالنور، ويحصل نتيجة لعدة مراحل هي:

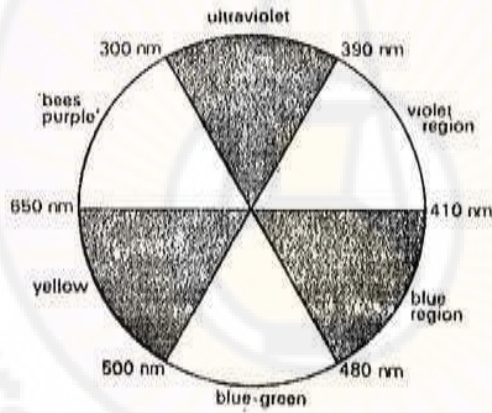
- التحكم بكمية الضوء التي تصل إلى التراكيب الحساسة للضوء والتي يمكن أن تتم بعدة طرق، نذكر منها ما يحدث لدى العيون ذات الرؤية المتطابقة، إذ تهاجر حبيبات الخلايا الملونة، وتشكل بتوزعها على امتداد الوحدة البصرية شاشة تفصل بين الوحدات وتقل بذلك السيلة الضوئية التي تصل إلى المحور البصري بشكل واضح.

- يوجد تكيف للخلايا الشبكية نفسها، ويرتبط هذا التكيف بدورة الرودوبسين Rhodopsine (الملونات البروتينية) والتي أصلها فيتامين A1. إذ إن الإنارة تؤدي إلى تفكك جزيء الرودوبسين، ويقل بذلك عدد جزيئات الملونات. بالعكس يزداد عدد الجزيئات الصبغية بالظلمة و ذلك بتجدها. وبما أن حساسية الخلايا المستقبلية للضوء تعتمد على كمية الملونات، فإن هذه الأخيرة تزداد عندما تكون الحشرة في وسط مظلم وتنقص عندما تكون في وسط مضيء.

3- رؤية الألوان:

يمتد مجال الرؤية عند الحشرات من الأشعة فوق البنفسجية وإلى الأشعة التي يبلغ طول موجاتها أقل من 300 نانومتر.

يتطلب رؤية الألوان وجود مستقبلات ضوئية ذات حساسيات طيفية مختلفة، وقد وجد عند الصرصار (والذي يكون عنده المحور البصري مغلقاً) بأنه يوجد نوعان مميزان من المستقبلات: المستقبلات الأولى حساسيتها بحدود الأشعة فوق البنفسجية أي 360 نانومتر، أما المستقبلات الأخرى فهي بحدود 510 نانومتر أي في اللون الأخضر. أما بالنسبة للنحلة فإنها لا ترى الألوان ذات الأمواج التي تكون أكثر من 650 نانومتر (أي حدود الأحمر) (شكل 45)



شكل ٤٥ :

دائرة اللون تبين الألوان المميزة من قبل النحل تشكل المساحات المظلمة
الألوان الأولى .

الفصل الحادي عشر

الجهاز العصبي

يضمن الجهاز العصبي العمل السريع والموافقة ما بين الأعضاء الحسية وذلك اعتماداً على المعلومات التي تم الحصول عليها من المستقبلات المختلفة.

ويتكون الجهاز العصبي من عدد كبير من الخلايا العصبية والتي تسمى أيضاً بالعصبون (Neurone) والتي تحتوي على زوائد سيتوبلاسمية طويلة تدعى بالمحاور العصبية (Axons) وتضمن هذه الأخيرة تزايد التحريض العصبي.

يتكون الجهاز العصبي المركزي من المخ وهو موجود في الرأس من الجهة العلوية، ومن سلسلة من العقد العصبية البطنية حيث تتوزع فيها الأعصاب التي تمتد الأعضاء الحسية السطحية واللوامس كما ويرتبط الجهاز العصبي المركزي بالجهاز العصبي السمبثاوي.

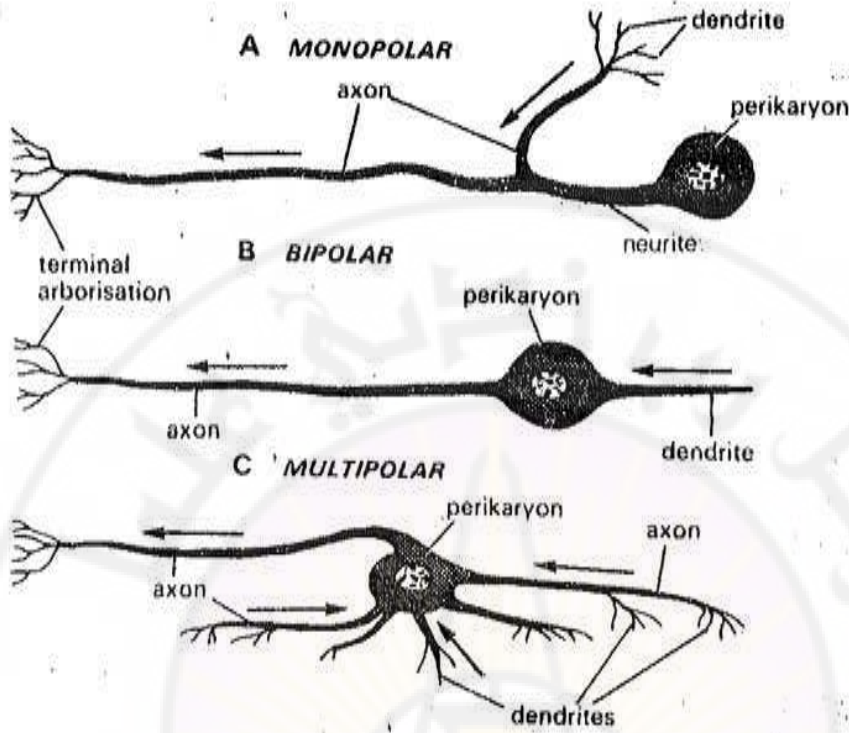
أولاً : التركيب العام للجهاز العصبي:

إن الوحدة البنائية الوظيفية في الجهاز العصبي هي الخلية العصبية والتي تتألف من جسم الخلية (perikaryon) ويقتصر توزيع جسم الخلية العصبية الحسية على المنطقة الخارجية لجسم الحشرة: أما جسم الخلايا العصبية الأخرى فتتجمع لتشكل عقداً عصبية تتوزع على حلقات الجسم. أما الجزء الآخر و الذي تتألف منه الخلية العصبية فهو الاستطالات السيتوبلاسمية والتي تقسم إلى نوعين

: الأولى و هي المحاور العصبية (Axons)، والثانية وهي التفرعات العصبية الجانبية (Collaterals) أو النهائية والتي تسمى التغصنات الشجرية (Terminal Arborisation)

تكون غالبية الخلايا وحيدة القطب (Monopolar) أي يكون لها استطالة سيتوبلاسمية وحيدة تدعى (Neurite) ينفرع منها محوران: المحور الأول وينتهي بالتشعبات العصبية، أما المحور الثاني فينتهي بتغصنات شجرية (شكل 46).

وتكون الخلايا العصبية الحسية السطحية ثنائية القطب (Bipolar) حيث تكون منطقة التفرعات العصبية قصيرة وتستقبل التحرضات العصبية الخارجية، أما المحور الآخر فإنه يتصل بمركز العقدة العصبية. وهناك بعض الحالات والتي تكون فيها الخلايا العصبية متعددة الأقطاب (Multipolar) ونجد هذه الخلايا في العقدة العصبية تحت الدماغية والعقدة العصبية الجبهية ...



شكل ٤٦ :

شكل تخطيطي يبين الأنواع المختلفة للخلايا العصبية في الجهاز العصبي لدى الحشرات . تشير الأسهم إلى اتجاه النقل (التوصيل) .

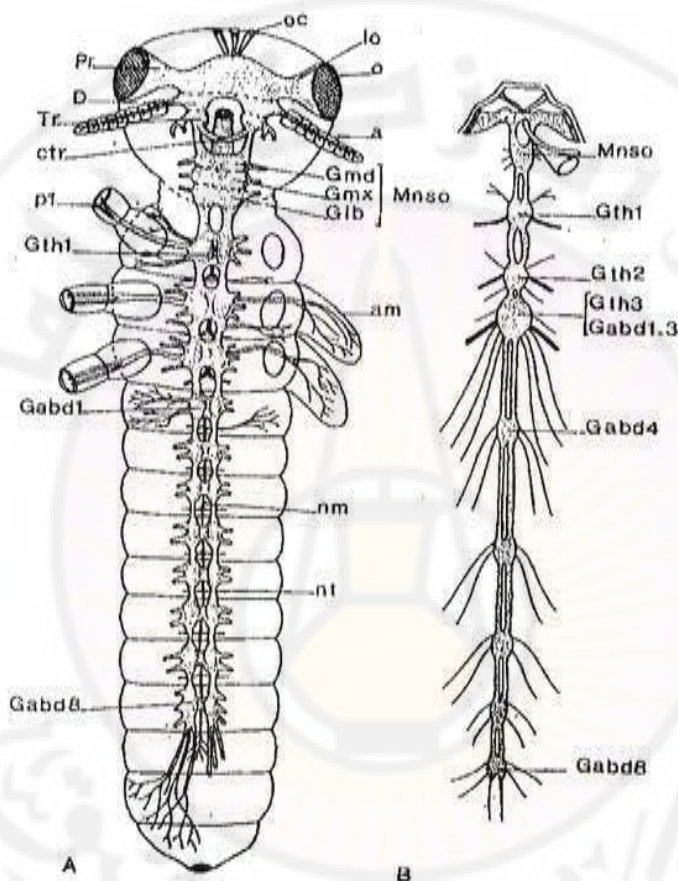
لا تكون الخلايا العصبية منفردة، ولكنها تتجمع لتشكل الجهاز العصبي والذي يتضمن الجهاز العصبي المركزي وأعضائه المحيطية أو السطحية، وكذلك الجهاز العصبي المعوي (شكل 47).

1- الجهاز العصبي المركزي Central nervous system

أ- أجزاء الجهاز العصبي المركزي:

يتألف الجهاز العصبي المركزي من المخ الذي يستقبل النبضات المحرّضة من الأعصاب الحسية الرأسية وكذلك من الخلايا العصبية الواسلة

للسلسلة العصبية البطنية ويكون بذلك المركز الرئيسي للارتباطات، وإضافة للمخ توجد السلسلة العصبية البطنية وعقدة تحت المري.

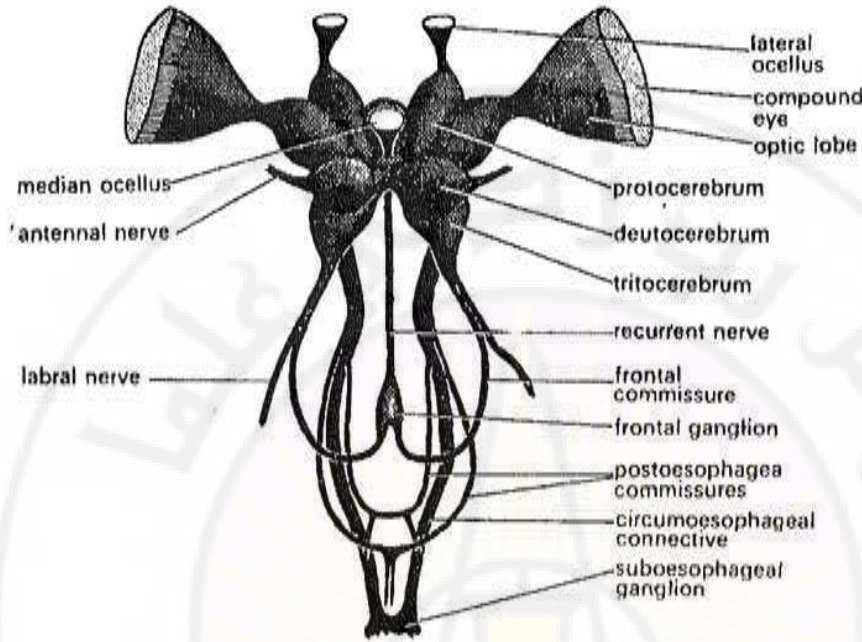


شكل ٤٧ :

- A : التركيب العام للجهاز العصبي
B : الجهاز العصبي لدى حشرة *Diasosteira Carolina*
a : قرن الاستشعار
a m : الجناح الأمامي
D : الجزء الرابط بين أجزاء المخ الثالث CTR : المخ الثاني
Gabd 1-4-8 : العقد العصبية البطنية الأولى والرابعة والثامنة
Glb, gm, gmx : العقد العصبية للشفة العليا والفكوك
Gth1, GTH2, GTH3 : العقد العصبية للصدر الأولى والثاني والثالث
Lo : الفص البصري
Mnso : الكتلة العصبية تحت المري
nm : العصب الأوسط
Rt : العصب المرضي
O : العين المركبة
oc : العين البسيطة
Pr : المخ الأول
Tr : المخ الثالث

1- المخ = cerveau Brain

ويتكون المخ من ثلاثة أجزاء هي (شكل 48):



شكل 48 :

منظر أمامي لمخ حشرة الجراد Locusta

1) المخ الأول = Protocerebrum

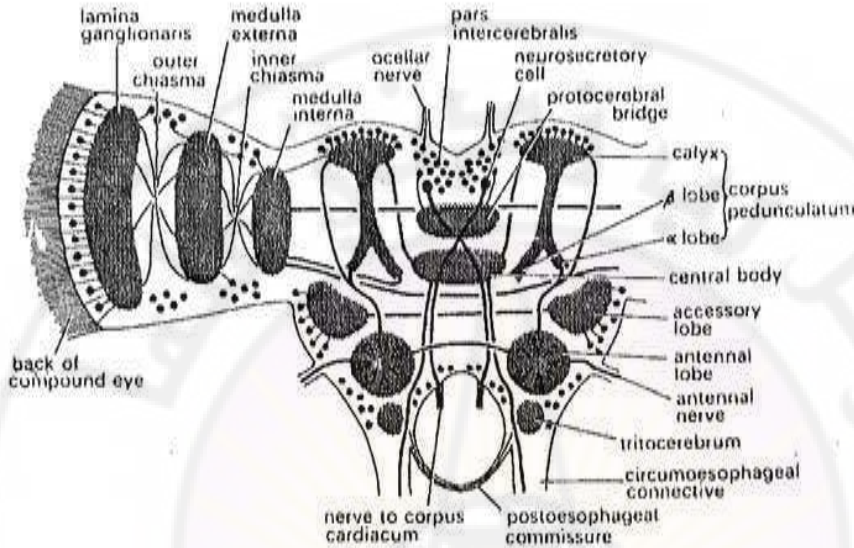
وهو أكبر الأجزاء وأكثرها تعقيداً: ويستقبل المخ الأول أعصاب أعضاء الرؤية (الأعين البسيطة والمركبة). ويمكن تمييز عدة كتل عصبية شعرية والتي تمثل مراكز ارتباطات هامة (شكل 49) نذكر منها:

- الفصان البصريان Optic Lobes: يعتبران من أكثر أجزاء المخ تعقيداً، ويتألف كل فص من ثلاثة مناطق تشابكيه هي من الخارج وإلى الداخل:

- الصفيحة العقدية Lamina ganglionaris

Medula externa - النسيج المخي الخارجي

Medula Interna - النسيج المخي الداخلي



شكل ٤٩ :

رسم تخطيطي للمخ يبين بعض المناطق الدماغية الهامة .

تنتهي الألياف القصيرة للخلايا الشبكية داخل الصفيحة العقدية حيث تكون هناك تشابكات عصبية مع الخلايا العصبية الواسلة.

أما الألياف العصبية الطويلة لخلايا الشبكية فإنها تخترق الصفيحة العقدية لتصل إلى النسيج المخي الخارجي من جهة وبين النسيج المخي الخارجي والداخلي من جهة أخرى.

وتشكل بذلك نوعاً من التصالب أو ما يدعى الـ (Chiasma) الخارجية والداخلية. تربط شبكة من الألياف العصبية الفصين البصريين كما تربط بنفس الوقت بقية أجزاء الجهاز العصبي المركزي.

- الأجسام ذات الساق المعلاقية Corpus Pedunculatum

يعتبر هذا الجزء من أكثر الأجزاء الدماغية التي تمت دراسته وتحليله وخاصة عند الحشرات الاجتماعية التابعة لرتبة غشائيات الأجنحة لأن هذه الأجسام تبلغ أقصى مراحل تطورها عند هذه الحشرات.

وتوجد هذه الأجسام في المنطقة الظهرية الخلفية للمخ الأول، وتبدو على شكل ساق مجزأة إلى فصين (β, α) تعلوها كأس Calyx أو عدة كؤوس لها شكل الهلال. وتكون الخلايا العصبية المتصلة بهذا الكأس صغيرة الحجم ولذلك يطلق عليها اسم الخلايا العصبية الواصلة الصغيرة، ويتمركز محورها العصبي فقط داخل الجسم ذي الساق المعلاقية والفصين.

تدخل هذه الخلايا العصبية الواصلة داخل الكأس والفص α وتشكل تشابكاً عصبياً مع الألياف العصبية القادمة من المراكز الحسية للمخ (المراكز البصرية، ومراكز قرون الاستشعار). كما أنها تشكل داخل الفص β تشابكاً عصبياً مع الألياف العصبية الواردة إلى المراكز المحركة. وبذلك يعدّ الجسم ذو الساق المعلاقية كمستقبل للمعلومات الحسية الأكثر تعقيداً وكمركز لترجمتها.

- الجسم المركزي Corp Central = Central Body

يعد الجسم المركزي أحد المراكز الواصلة الهامة وله عدة اتصالات مع المراكز المختلفة مثل الفصين البصريين، مركز قرون الاستشعار، الأجسام ذات الساق المعلاقية والـ Parsintercerebralis. وينشأ عن الجسم المركزي ألياف عصبية باتجاه السلسلة العصبية البطنية.

إضافة لهذه المراكز يوجد في المخ الأول أيضاً مراكز العيون البسيطة والجسر الرابط في مقدمة المخ. ويؤدي الجزء الأمامي الأوسط للمخ الأول

والذي يسمى Parsintercerebralis دوراً هاماً في فيزيولوجيا الحشرات وذلك لاحتوائه على الخلايا العصبية المفردة.

(2) المخ الثاني Deutocerebron = Deutocerebrun

يحتوي المخ الثاني على مركزي قرون الاستشعار، يتفرع من كل منهما الأعصاب المختلفة التي تغذي قرني الاستشعار. ويربط هذين المركزين جسر رابط (Commissure).

(3) المخ الثالث Titocerebron = Tritocerebrun

وهو أصغر الأجزاء، ويتألف من قسمين: أيمن و أيسر يتصلان ببعضهما بواسطة رابط تحت مريئي، أو رابط المخ الثالث. ينشأ عن هذا المخ أعصاب أمامية تغذي الشفة العليا واتصالات جبهية إلى العقدة الجبهية والتي تعود إلى الجهاز المعوي. كما و يتصل المخ بالسلسلة العصبية البطنية برابطين عصبين.

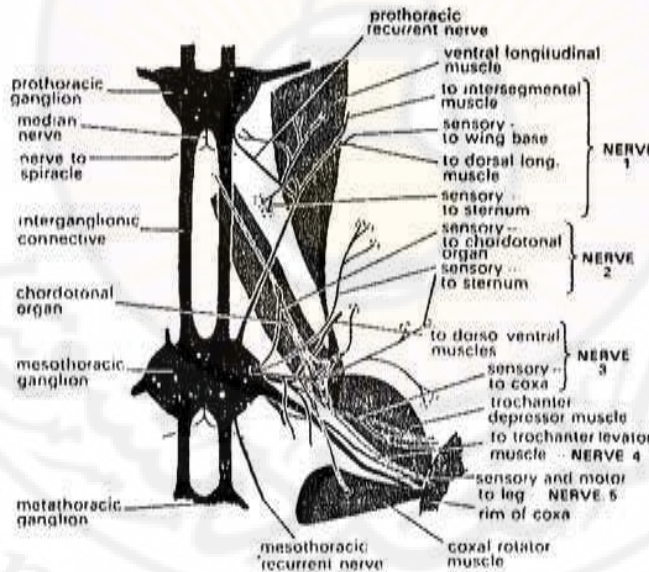
2- العقدة العصبية تحت المري Suboesophageal Ganglion

تتحد الأزواج الثلاثة للعقد العصبية التابعة لحلقات الرأس الثلاث (حلقة الفكين العلويين والسفليين، وأخيراً حلقة الشفة السفلى) في كتلة واحدة يطلق عليها اسم الكتلة العصبية تحت المري (Suboesophageal Ganglion) وتوجد هذه العقدة داخل الرأس من الجهة البطنية، ويتفرع عنها جملة أعصاب تغذي أعصاب الحس، وعضلات أجزاء الفم والغدد اللعابية وكذلك مستقبلات عضلات الرقبة ومستقبلاتها .

3- السلسلة العصبية البطنية = الحبل العصبي البطنى

Ventral Nerve Cord

تتألف السلسلة العصبية البطنية من عدد من العقد العصبية المزدوجة تتوزع على النحو التالي: بشكل عام يوجد زوج من العقد العصبية في كل حلقة من الحلقات الصدرية الثلاث، وكذلك في كل حلقة من الحلقات البطنية الثماني الأول. ولكن غالباً في أثناء مراحل تطور الحشرة، تصبح العقدتان العصبيتان التابعتان لنفس الزوج مرتبطتين ببعضهما ببعض بحيث تبدوان وكأنهما عقدة واحدة. وتتصل العقد العصبية الواحدة بالأخرى بواسطة حبل عصبي مزدوج (شكل 50). وتمثل كل عقدة مركزاً حسيّاً و محركاً بأن واحد للحلقة التابعة لها، وقد تمتد تشعبات العقدة العصبية الواحدة لتصل إلى عضلات الحلقة المجاورة كما هو الحال عند حشرات حرشفيات الأجنحة ومستقيمات الأجنحة.



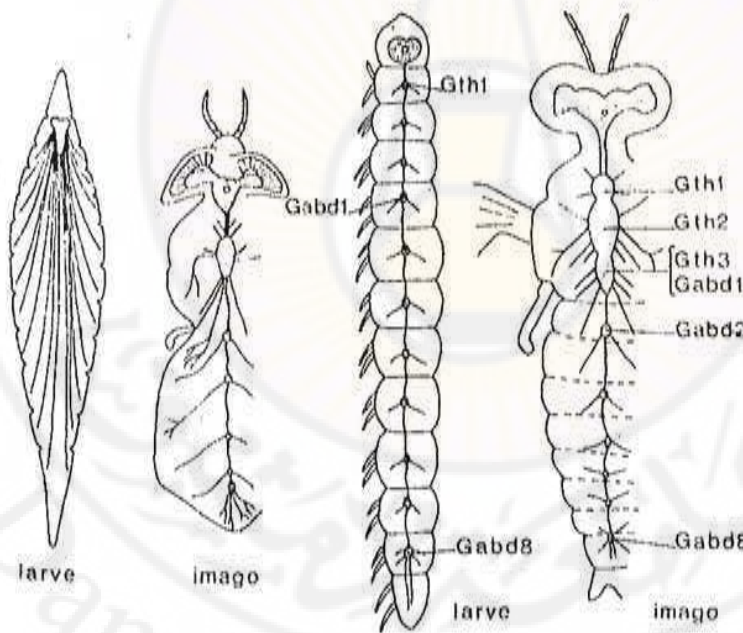
شكل ٥٠ :

منظر بطني لجزء من الحبل العصبي يبين بعض اعصاب

الحلقة الصدرية الثانية لدى حشرة Locusta

(عن Campbell)

تكون العقد العصبية البطنية أصغر من العقد الصدرية، إلا أن العقدة العصبية البطنية الأخيرة تكون مركبة وكبيرة الحجم نسبياً نظراً لالتحام الحلقات البطنية الأخيرة. ونجد العدد الأعظمي للعقد العصبية البطنية عند حشرات Thysanura وبعض الحشرات المجنحة الأولية وكذلك عند العديد من اليرقات. إلا أن بعض الحشرات تميل إلى تكثيف الجهاز العصبي وإقلال عدد العقد العصبية البطنية، وذلك بدمج عقدتين عصبيتين أو أكثر مع العقد العصبية البطنية الأخيرة أو مع العقدة الصدرية الثانية. ونجد الجهاز العصبي الأكثر تكثيفاً عند يرقات الذباب *Calliphora* حيث نجد أن كافة العقد العصبية قد اتحدت مع بعضها و شكلت كتلة عصبية واحدة (شكل 51).



شكل 51 :

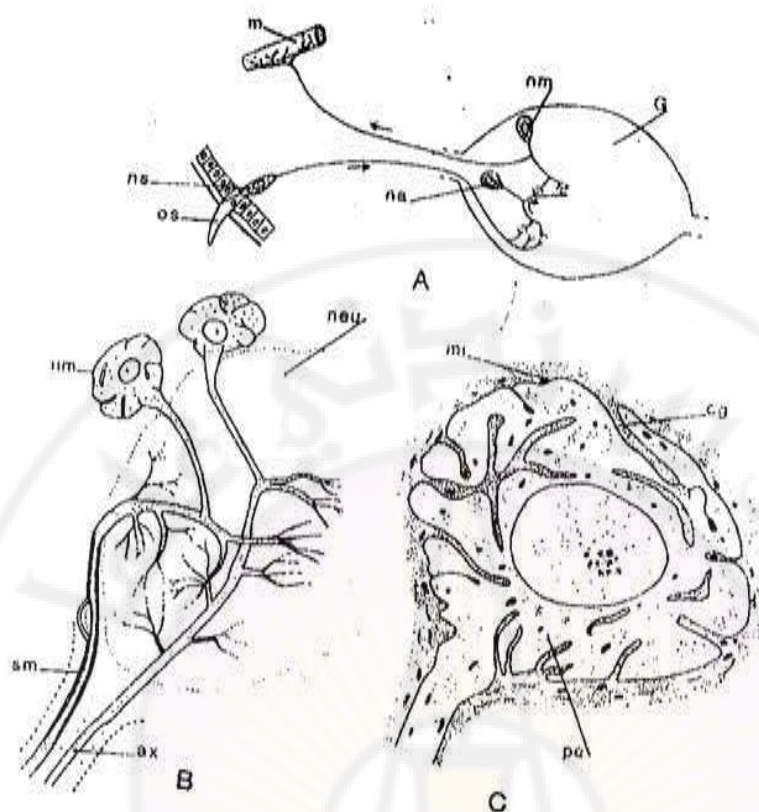
اختلافات تركيز الجهاز العصبي المركزي لدى الحشرات .

ب_ أنواع الخلايا العصبية :

يمكن تقسيم الخلايا العصبية عند الحشرات إلى أربعة أنواع (شكل 52):

_ الخلايا العصبية المحركة Motor Neurones

يقع جسم هذه الخلايا تحت طبقة الخلايا المغلفة مشكلاً الطبقة القشرية للعقدة العصبية. ويكون هذا النوع من الخلايا وحيد القطب، إذ يخرج من جسم الخلية العصبية ساق مشتركة تتفرع منه المحور العصبي والفرع الجانبي. يتجه المحور العصبي إلى الجهاز العصبي المركزي، أما الجزء الجانبي فيتجه إلى العقدة العصبية أو إلى الكومة العصبية Neuropihe. وتقسم الخلايا العصبية المحركة حسب طريقة تأثيرها على العضلات إلى خلايا عصبية سريعة أو بطيئة أو مثبطة. ويمكن لبعض المحاور العصبية أن تنقسم عدداً من الألياف العضلية.



شكل ٥٢ :

- A : رسم تخطيطي لقوس الانعكاس . تشير الاسهم الى اتجاه السيلة العصبية .
 B-C : الخلايا العصبية المحركة للعقدة العصبية الصدرية لدى حشرة Rhodnius
- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| nm : الخلية العصبية المحركة | ax : المحور العصبي |
| NS : الخلية العصبية الحسية | cg : سيتوبلازم الخلايا المحيطة |
| os : عضو حسي | G : العقدة العصبية |
| PE : جسم الخلية العصبية المحركة | m : الجسيمات الكوندرية |
| SM : جزء متصلب | Na : الخلايا العصبية الواصلة |
| | NEU : الكومة العصبية |

- الخلايا العصبية الواصلة Inter Neurones -

يكون جسم هذه الخلايا بشكل عام داخل الطبقة القشرية للعقدة العصبية مشكلا كريات (Globuli) المعروفة بغنى نواتها بالكروماتين. وتوجد هذه الخلايا بكاملها داخل الجهاز العصبي.

توجد بعض هذه الخلايا داخل الحلقة، وتشكل عدة تشابكات داخل العقدة العصبية الواحدة، وبعضها الآخر قد يوجد داخل أكثر من حلقة مع وجود عدة تشعبات داخل عدة عقد عصبية.

وهناك بعض الألياف العصبية العملاقة والتي يصل قطرها إلى 60 ميكرون، وتنتج هذه الألياف عن التحام عدة محاور عصبية تابعة لخلايا عصبية مختلفة.

وقد تغطي هذه الألياف السلسلة العصبية البطنية بكاملها. ويكون لها نفس التركيب والتنظيم داخل كل عقدة عصبية وتوفر هذه الألياف العصبية العملاقة التدفق السريع للسيالة العصبية. ونجد مثل هذه الألياف عند الصرصار والعديد من مستقيمات الأجنحة، وذبابه الخل.

- الخلايا العصبية المفرزة Neurosecretory cells -

إن الدور الرئيسي لهذه الخلايا كما يدل عليه اسمها هو الإفراز، ويتم ذلك داخل جسم الخلية العصبية حيث يتم نضجها هناك، بعد ذلك تسير هذه الإفرازات ضمن المحور العصبي إلى أن تصل إلى العضو المستجيب.

- الخلايا العصبية الحسية Sensory Cells -

تتميز هذه الخلايا بأن جسمها موجود على سطح جسم الحشرة، وهي خلية ثنائية القطب، ترتبط زوائدها البعيدة بالتركيب الحسي، حيث يتم هناك نسخ

المعلومات، أما محورها العصبي فإنه يدخل إلى العقدة العصبية حيث ينتهي هناك بعدة تشعبات. كما توجد خلايا عصبية حسية أخرى متعددة الأقطاب ينتشر جسمها على السطح الداخلي لجدار جسم الحشرة وكذلك على سطح الأمعاء، ويتجه المحور العصبي لهذه الخلايا إلى الجهاز العصبي المركزي.

2 - الجهاز العصبي السمبثاوي

يتألف الجهاز العصبي السمبثاوي من جزأين منفصلين هما :

أ- الجهاز العصبي المعوي: Stomatogastric Nervous System

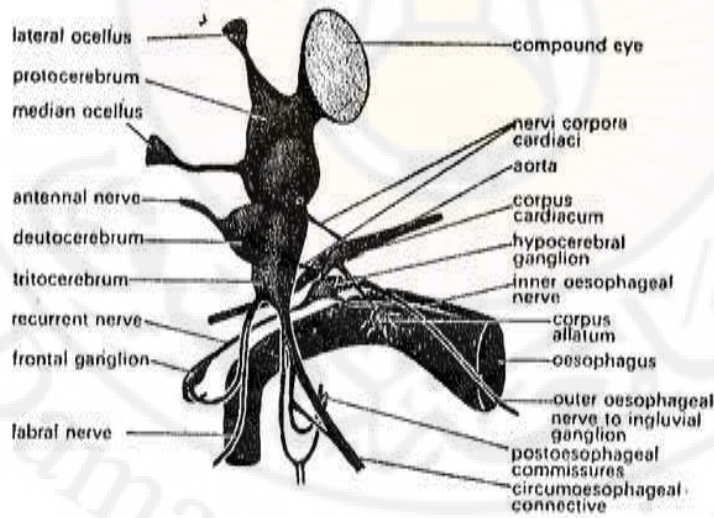
يمد الجهاز العصبي المعوي، الجهاز الهضمي بالأعصاب الضرورية وهو كثير التعقيد، ويحتوي على عقدة عصبية جبهية Frontal Ganglion تتصل من كل جهة بالمخ الثالث بواسطة رابط جبهية Frontal Commissure كما يتفرع عن هذه العقدة العصبية عصب يتبع الخط الوسطي الظهرى للمري ويصل إلى العقدة العصبية تحت الدماغية Ganglion Hypocerebral والموجودة خلف المخ (شكل 53) و ينشأ عن العقدة العصبية الجبهية عدد من الأعصاب التي تغذي الجهاز الهضمي.

ينفرع من العقدة العصبية تحت الدماغية واحد أو اثنان من أعصاب القونصة والتي تتصل بعقدتها الموجودة عادة في مستواها . كما يوجد تشعبات عصبية تربط هذه العقدة العصبية بالغدد الصم (C.C) الموجودة بقربها.

ب - الجهاز العصبي السمبتاوي البطني Ventral Sympathetic System

يتكون هذا الجهاز من العصب الوسطي الناتج من الجبهة الخلفية لكل عقدة عصبية والذي يتفرع إلى فرعين يغذيان الشغور التنفسية للحلقة الموافقة. وقد يمتد أحياناً هذا العصب الوسطي إلى أن يصل إلى العقدة العصبية التالية.

تكون العقدة العصبية الأخيرة معقدة التركيب، وتتشأ أعصاب باتجاه المنطقة الخلفية للجهاز الهضمي وإلى الجهاز التناسلي. وتكون الأعصاب مختلطة وتحتوي على محاور عصبية ناتجة عن الخلايا العصبية المحركة والموجودة داخل المنطقة الظهرية للعقدة العصبية وأيضاً على محاور عصبية حسية.



شكل ٥٣ :

منظر جانبي للمخ والجهاز العصبي المعوي لدى الجراد .

تسير المحاور العصبية للخلايا العصبية المفرزة والموجودة داخل السلسلة العصبية البطنية بمحاذاة الأعصاب الوسطى وتجتازها لتنتهي داخل أعضاء صغيرة تدعى (Perisymphique).

ثانياً- تشريح مكونات الجهاز العصبي :

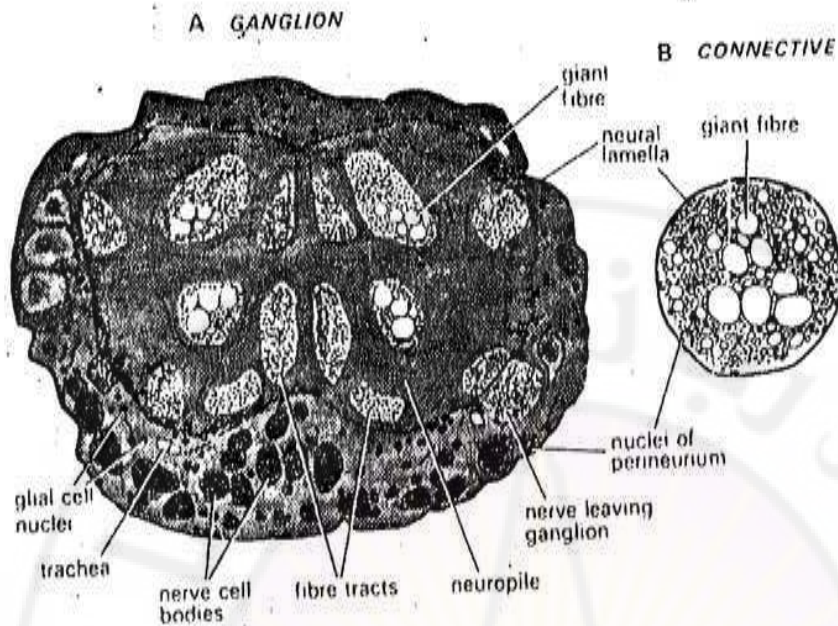
نلاحظ نفس المكونات الأساسية للجهاز العصبي ولذلك سنحاول وصف شامل لأحدى العقد العصبية (شكل 54) والذي يفى بالغرض لكل الجهاز العصبي.

1 - غمد العصب Nerve sheath

يحاط الجهاز العصبي المركزي بغلاف خارجي يدعى الصفيحة العصبية Neural Lamella، وهذه الصفيحة عديمة الشكل وتتكون من البروتينات المتعددة Mucoprotein وكذلك من (Mucopolysacharide) وكذلك من (Mucopolysaccharide) الحيادي.

تحتوي هذه الصفيحة على القصبات الهوائية وعلى بعض الليفيات Fibrils وعند بعض الحشرات تحتوي على تركيب يشبه الكولاجين Collagen-Like.

تقوم الصفيحة العصبية بدور ميكانيكي أساسي ألا وهو الحفاظ على ارتباط وشكل الجهاز العصبي المركزي. وتُفرز هذه الصفيحة ولو جزئياً من قبل طبقة الخلايا المغلفة Perineurium إلا أن بعض الخلايا الأخرى قد تسهم بتكوينها.



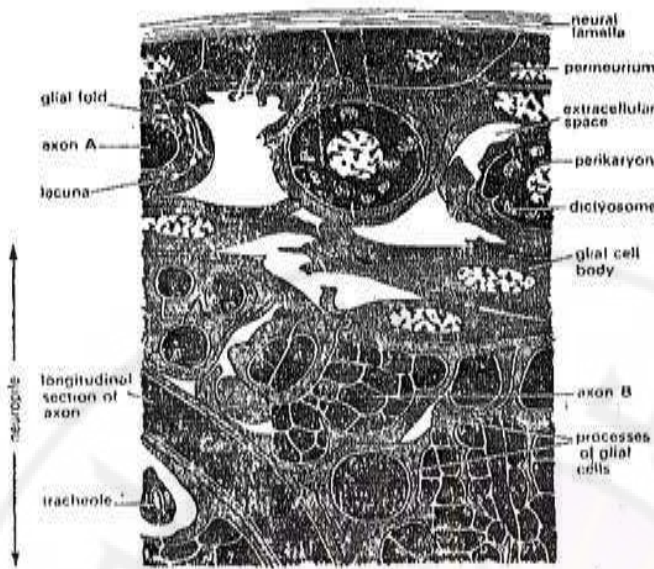
شكل ٥٤ :

مقطع عرضي في العقدة العصبية البطنية (A) وفي منطقة ارتباط العقد
العصبية البطنية (B) لدى الصرصار الاميركي .
(عن Roeder)

2- طبقة الخلايا المغلفة Perinerium (شكل 55):

تتوضع طبقة الخلايا المغلفة تحت الصفيحة العصبية مباشرة، وتشكل الحافة الداخلية لهذه الخلايا انغمادات بين خلايا غليال (Glial) وقد يصل عمق هذه الانغمادات حوالي 10 ميكرون، وقد تحتوي انغمادات بعض الخلايا على كتل من الغليوجين وعلى جسيمات دهنية كروية.

تقوم الخلايا المغلفة بدور مغذٍ إذ تسمح بمرور الغذاء من الدم و إلى الأنسجة العصبية. وقد أثبتت الدراسات بأن الصفيحة العصبية تسمح للجزيئات بالعبور من خلالها حتى الجزيئات الكبيرة، وتم ذلك بفضل استخدام النظائر المشعة.



شكل ٥٥ :
رسم تخطيطي لقطع عرضي لجزء من العقدة العصبية البطنية
يبين ترتيب الأنسجة المختلفة .
(من Smith et coll)

فقد تبين بأن هناك تبادلاً للأيونات والجزيئات الصغيرة ما بين الدم والجهاز العصبي. ومن المعروف أن دم الحشرات فقير بأيونات الصوديوم Na^+ ولكنه غني بأيونات البوتاسيوم K^+ إذاً لا يوجد توافق والسلوكية الكهربائية الطبيعية للخلايا العصبية. وتقوم الخلايا المغلفة وخلايا غليال بممارسة تنظيم فعال، ولا يمكن الاستغناء عن عملية التنظيم هذه حتى يسمح الوسط الذي تعوم فيه الخلايا العصبية والمختلف عن الدم بنقل طبيعي على امتداد المحاور العصبية. إلى جانب هذا التنظيم الفعال، تقوم طبقة الخلايا المغلفة بمنع مرور الجزيئات وتعمل كسد في طريق الدم، وباستخدام الجزيئات العاكسة للالكترونات، والتي تستخدم لتتبع مسير هذه الجزيئات في أثناء الدراسة بمساعدة المجهر الإلكتروني، تبين أن المواد التي تجتاز بسهولة الصفيحة العصبية تتوقف بمستوى الخلايا المغلفة وذلك بسبب وجود الرباط الخلوي من نوع (Tight Junction) والذي يغلق النهايات الداخلية للفراغات بين الخلايا المغلفة.

3- خلايا غليال Glial Cells

تحاط كل خلية عصبية بخلية أو أكثر من خلايا غليال. ويوجد عدة أنواع من خلايا غليال، وبعض هذه الأنواع كبير ويتصل بجسم الخلية العصبية وتدخل ضمنه مشكلة عدة انغمادات أو حجيرات تكون غنية بالجسيمات الكوندرية والشبكة السيتوبلاسمية الداخلية المحببة (R.E.G).

وتغلف خلايا غليال الأفرع الجانبية للمحاور العصبية العائدة للخلايا العصبية المحركة، وفي حال وجود المحاور العصبية الصغيرة فإنه يكفي لتغليفها إحدى ثنيات خلايا غليال، وعند وجود أكثر من خلية حول المحور العصبي فإنها ترتبط بواسطة رابط من نوع (Tight Junction). ويوجد نوع من خلايا غليال بمحاذاة الطبقة القشرية والكومة العصبية Neuropile. وقد ترسل هذه الخلايا بعض الزوائد التي تحيط بالمحور العصبي على شكل حلزوني.

وحسب الحالات يمكن أن يكون المحور العصبي مغلفاً بغطاء وحيد، أو قد تتجمع عدة محاور عصبية ويكون لها غطاء واحد. وهناك حالات نادرة، إذ تحاط المحاور العصبية بطبقة من مادة دهنية فوسفورية متصلبة Mellanese وهذه الحالة شوهدت عند الذبابة المنزلية.

تقوم خلايا غليال بعزل المحاور العصبية بعضها عن بعض، ولم تشاهد التشابكات العصبية إلا في الأماكن التي تحتوي على خلايا غليال. إضافة لذلك تقوم خلايا غليال بدور غذائي، فتوصل المواد الغذائية من الخلايا المغلفة وإلى الخلية العصبية.

4 - الخلايا العصبية Neurone

يتوضع جسم الخلايا العصبية المحركة والخلايا العصبية الواصلة بالقرب

من محيط العقدة العصبية وتحت طبقة الخلايا المغلفة، وتشكل بتوضعها هذا سطحاً يطلق عليه اسم السطح القشري.

5 - الكومة العصبية Neuropile شكل 55:

كما نلاحظ وجود منطقة أخرى أو سطح آخر واضح المعالم هو السطح المركز أو الكومة العصبية Neuropile، ويتألف هذا الأخير من كتلة من المحاور العصبية المختلفة وكذلك التشعبات العصبية إضافة لخلايا غليال التي تغلفها و الأفرع الرفيعة للقصبات الهوائية.

6 - التشابكات العصبية Synapses

تقتصر التشابكات العصبية عند الحشرات فقط داخل الكومة العصبية Neuropile حيث لا تفصل خلايا غليال كافة المحاور العصبية بعضها عن بعض في هذه المنطقة، ولذلك فإن هذه المنطقة أساسية للدمج العصبي. وإن وجد هذا النوع من التشابكات بمستوى المحاور العصبية فقط، فإنه غير موجود بمستوى أجسام الخلايا العصبية نظراً لأن خلايا غليال تفصل الخلايا العصبية بعضها عن بعض، والحالة الوحيدة لمثل هذا النوع من التشابكات وصف عند حشرة Formica bugubris بين العقدة العصبية الصدرية الأمامية والأجسام ذات الساق المعلقة، وقد يكون هذا الانفصال اتصالاً كهربياً فقط.

ثالثاً: فيزيولوجيا الجهاز العصبي :

يمكن للمنبهات أن تدرك بعدة طرق و تتوقف على طبيعة المنبه و على خصائص الأعضاء الحسية، وتتحول الطاقة المستقبلة من قبل الخلايا الحسية نتيجة التنبيه إلى طاقة كهربائية منتجة بذلك النبضة العصبية التي تتحرك على امتداد المحور العصبي إلى أن تصل إلى الجهاز العصبي المركزي . و تجتاز النبضات العصبية (السيالة العصبية) منطقة التشابكات العصبية Synapses إما

مباشرة وإما بواسطة الخلايا العصبية الواسلة وتستمر عبر المحور العصبي العائد للخلايا العصبية المحركة إلى أن تصل إلى العضو أو الأعضاء المستجيبة والتي تكون عادة العضلات.

1 - استقبال المحرضات و تحولها :

تدرك أنواع التحريض المختلفة بعدة طرق وتشمل مختلف الأعضاء الحسية، فتسبب المحرضات الميكانيكية بعض الانحراف الميكانيكي لتفرعات الخلية العصبية المستقبلية، أما المحرضات الكيميائية فقد تؤثر بعدة طرق غير واضحة تماماً إلا أنه افترض بأن السكريات تشكل معقدات مع جزيئات مستقبلية متخصصة في موقع العضو المستقبل، بينما يتضمن الإدراك البصري تحليل بعض الصبغات الساسة للضوء. تتحول الطاقة المستقبلية من قبل الخلايا الحسية إلى طاقة كهربائية، ويؤثر المنبه على نفوذية الغشاء السيترولاسمي لتشعبات الخلية العصبية (Dendrite) بطرق غير معروفة تماماً ويصبح بذلك غير مستقطب.

يدعى الجهد الناتج في منطقة التفرعات العصبية والناتج عن اللاقطبية بالجهد المستقبل Potential Receptor، وتختلف قيمته وقد يكون متدرجاً وذلك تبعاً لقوة المحرض (المنبه)، فالمحرض الضعيف يعطي جهداً مستقبلاً ضعيفاً، ويؤدي الجهد المستقبل إلى نشوء الجهد المولد (Generator Potential). ويعتقد أن الجهد المولد ينشأ في منطقة جسم الخلية العصبية، ويكون هذا الجهد متدرجاً فإذا تجاوزت قيمته عتبة معينة فإنه يؤدي لإنتاج النبضات العصبية (Nerve Impulse) من نوع كل أو لا شيء في الجزء الأمامي للمحور العصبي.

2 - النبضات العصبية (السيالة العصبية) :

لقد تمت دراسة ظهور السيالة العصبية ومسيرها وتحولها داخل الجهاز العصبي المركزي للحشرات و ذلك بمساعدة الأجهزة الحديثة المتطورة، وقد وجد أن إنتاج هذه النبضات يشبه مثيلاتها عند الفقاريات واللافقاريات الأخرى.

ولدراسة التغير الكهربائي الذي يحدث داخل الخلايا العصبية (الأنسجة العصبية الحية) كان لا بد من استخدام جهاز حساس جدا والذي يسمى باسم الأشعة المهبطية (Cathode ray oscilloscope (CRO) فبإمكان هذا الجهاز قياس الزمن بالميلي ثانية و الجهد بالميلي فولط.

أ- جهد الراحة: Potentiel de repos = Resting Potential

يختلف تركيز الشوارد داخل المحور العصبي عن تلك الموجودة على سطحه الخارجي بالرغم من أن الغشاء الخلوي يتمتع بالنفوذية الحرة . و تكون شوارد الصوديوم Na^+ خارج الخلية العصبية أكثر تركيزا من داخلها، وذلك لأن الصوديوم يضغط وبنشاط من داخل الخلية وإلى خارجها. ويرتبط هذا التحرك بحركة شوارد البوتاسيوم إلى الداخل والتي يكون تركيزها أعلى داخل الخلية من خارجها. وتتأثر الحركة الشاردية بواسطة شوارد عضوية كبيرة سالبة غير قابلة للانتشار داخل المحور العصبي ويتحقق توازن دونان Donnan عبر الغشاء البلاسمي بالتركيز العالي لشوارد البوتاسيوم داخل المحور العصبي وبالتركيز العالي لشوارد الكلور على سطحه الخارجي. وبنتيجة هذا التوازن يصبح السطح الداخلي للمحور العصبي مشحونا بالشحنة السالبة و السطح الخارجي بالشحنة الموجبة، والجهد الناتج بهذه الطريقة يدعى بجهد الراحة (السكون) أو جهد الغشاء. وفي أثناء قياس هذا الجهد بواسطة جهاز (CRO) وجد أن قيمته تبلغ حوالي (- 70 ميلي فولط)، ووضعت إشارة سالب قبل الرقم للدلالة على أن سطح الخلية الداخلي سالب بالنسبة لخارجها.

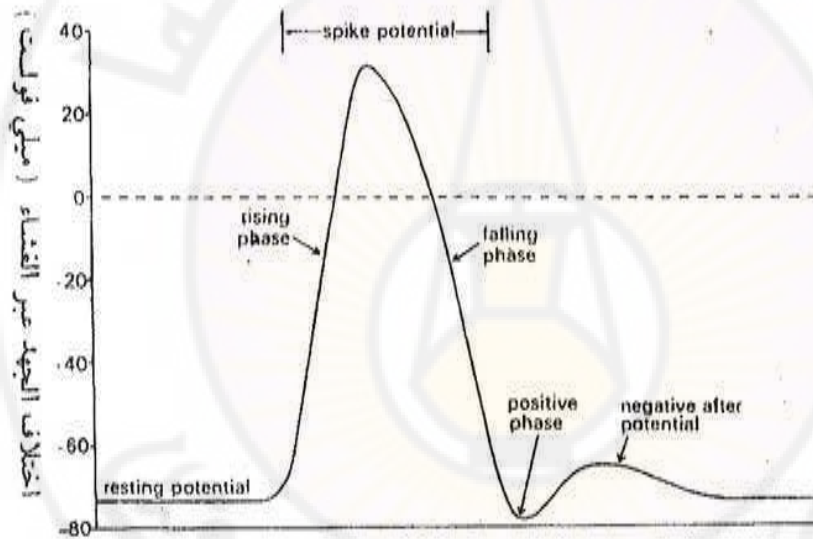
ب - جهد العمل Action Potential = Potentiel d,Action

بخلاف الجهد المولد الذي قد تختلف سعته ، فإن جهد العمل، أو جهد القمة (الجهد الشوكي) Spike Potential يكون ذا سعة ثابتة. ينتج جهد العمل عن لا قطبية غشاء المحور العصبي والذي يرافقه تغير في نفوذية الغشاء العصبي. ويحدث التغير في النفوذية عند بدء النبضة العصبية بواسطة الجهد المولد، ولكن عندما تمر النبضة العصبية على امتداد المحور العصبي فإن التغير يكون ذاتي التوليد.

يحدث التغير الأول رغم كونه بسيطاً ولكنه ملاحظ، زيادة في نفوذية الغشاء لشوارد الصوديوم Na^+ ، وتتدفق بالنتيجة شوارد الصوديوم عبر غشاء المحور العصبي وفق منحني التركيز نحو الأقل ، وهذا ما يسبب تموجاً إيجابياً سريعاً في الشحنة على السطح الداخلي للمحور العصبي، تمثل الطور الصاعد (Rising Phase) من جهد العمل (شكل 56). إن المناطق القريبة من المحور العصبي تكون مشحونة بالشحنة السالبة وبذلك يسري التيار في دائرة موضعية بعيداً عن نقطة اللاقطبية داخل المحور العصبي وباتجاه هذه النقطة من الخارج (شكل 57) وعندما يسري هذا التيار، فعند وصوله إلى أي منطقة من الغشاء الساكن فإنه يؤدي لإزالة الاستقطاب بمقدار قليل 20 ميلي فولت ، و بذلك تزداد نفوذية شوارد الصوديوم Na^+ وتميل شحنة السطح للمحور العصبي نحو الموجب.

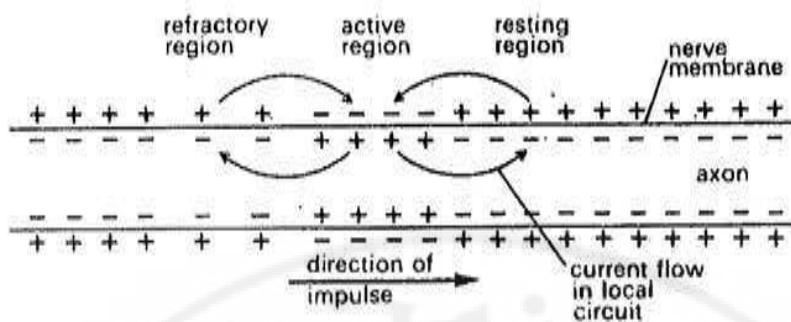
وبهذه الطريقة فإن موجة زيادة النفوذية ومنه النبضة العصبية تنتشر (تنتقل) على امتداد المحور العصبي دون تناقص.

تكون فترة النفوذية لشوارد الصوديوم Na^+ قصيرة جداً ، يليها فترة تزايد النفوذية لشوارد البوتاسيوم K^+ ، وبذلك فإن شوارد البوتاسيوم تتدفق إلى خارج المحور العصبي والذي يصبح سطحه الداخلي مشحوناً بالشحنة السالبة مرة أخرى. ويمثل هذا الطور النازل (الهابط) (Fallhng) من جهد العمل، وبذلك فإن المدة الكلية لجهد العمل أو الجهد الشوكي تكون قصيرة جداً لا تتجاوز (1-2 بالآلف من الثانية).



شكل ٥٦ :

مخطط بياني يبين التغيرات باختلاف الجهد عبر الغشاء البلاسمي للمحور العصبي خلال عبور السيالة العصبية



شكل ٥٧ :

رسم تخطيطي يبين انتقال السيالة العصبية على امتداد المحور العصبي .

3- النقل في منطقة التشابكات العصبية :

قد يكون النقل عند منطقة التشابكات العصبية إما كهربائياً أو كيميائياً، في حالة النقل الكهربائي يمكن لجهد العمل والذي يزداد داخل منطقة ما قبل التشابك Presynaptic أن يعبر دون تأخير مغيراً مباشرة قطبية الخلايا العصبية لمنطقة ما بعد التشابك Postsynaptic و يحرضها أيضاً. ولم يذكر هذا النوع من التشابكات إلا ما ندر عند الحشرات (عند Formica gubris).

أما النقل الكهربائي، والذي يبدو عاماً عند غالبية التشابكات العصبية المركزية والسطحية لدى الحشرات، فلا يحرض تدفق الأيونات ما قبل التشابكية أي جواب ذي أهمية في منطقة ما بعد التشابك. فهناك وسيط كيميائي يصنع ويخزن ضمن أجربة خاصة موجودة في منطقة ما قبل التشابك، يحرر هذا الوسيط داخل حيز التشابك وذلك عند وصول النبضات العصبية (السيالة)، ويثبت على مستقبلات أو مأخذ الغشاء بعد التشابكي مؤدياً إلى حدوث تغير في النفاذية الأيونية، ويتم بذلك تغير بيوكهربائي أو الجهد بعد التشابكي Postsynaptic Potential وحسب الحالات قد يؤدي إلى تغير في القطبية المحلية لفترة طويلة أو قصيرة يطلق عليها اسم الجهد المحرض بعد التشابكي،

وأما أن يؤدي إلى تغير تام للقلبية ويدعى في هذه الحال، الجهد بعد التشابكي
المثبط Inhibitory Postsynaptic potential.

إن الوسيط الكيميائي في منطقة التشابكات العصبية المحرصة هو الاستيل
كولين Acetyl choline، ولكن عند الاتصال العضلي - العصبي يكون
L. Glutamat. يتحطم الاستيل كولين في منطقة ما بعد التشابك بواسطة إنزيم
استيل كولين استيراز Acetylcholine esterase، الذي يصنع في المحور
العصبي في منطقة ما قبل التشابك، ويتم ذلك على مرحلتين، تتضمن الثانية
حادثة (Acetylation) للكولين من (Acetyl coenzyme A) بوجود إنزيم
كولين استيلاز (Choline acetylase).

بعد عودة الجهد إلى مستوى جهد الراحة، يتجاوز هذا الحد قليلا وذلك
بسبب النفوذية المرتفعة للبوتاسيوم، وتعرف هذه الحالة بالطور الموجب
(Positive Phase)، وبعدها يميل الجهد للعودة كما كان عليه وإلى مستوى
أعلى بقليل من المستوى العادي، والذي يعرف (Nwgtive after Potential)
(الجهد السالب التلوي).

وسبب هذا الطور هو تراكم أيونات البوتاسيوم خارج غشاء المحور
العصبي في أثناء الطور النازل حيث إن ميل البوتاسيوم للتحرك إلى الخارج
يبقى منخفضا. ومدة هذا الطور قصيرة جدا عدة أجزاء بالألف من الثانية، يعود
بعدها جهد الغشاء إلى حالته الطبيعية.

يتعدل التركيب الشاردي بعد جهد العمل داخل المحور العصبي، إذ تقوم
مضخة الصوديوم بإخراج كل ما دخل إلى الخلية من شوارد Na^{+} وإدخال ما
خرج من بوتاسيوم K^{+} .

لا يؤدي تنبيه العصب عادة لإنتاج نبضة عصبية واحدة ولكن لإنتاج عدة

نبضات. وحيث إن هذه النبضات يكون لها نفس السعة، فإن المعلومات المتعلقة بالمعرض يمكن أن تتقل فقط بعدد وبمعدل النبضات العصبية، وتكون الأخيرة متناسبة وحجم الجهد المولد.

أما الوسيط الذي يكون موجودا في منطقة التشابكات العصبية المثبطة فمن المحتمل أن يكون حمض (GABA) aminobutyric acid. والذي يؤدي إلى فرط القطبية في منطقة ما بعد التشابك.

ويوجد مواد أخرى لها تأثير على الجهاز العصبي عند الحشرات مثل أدريالين والنورادرينالين Noradrenaline وكذلك Dopamine والـ Serotonine ولكن إلى الآن لا توجد أية معلومات تثبت بأن هذه المواد تؤدي دور الوسيط.

يُدرج الجهد بعد التشابكي وذلك بالاعتماد على كثافة المحرضات إذ ينتج التحريض العصبي عندما يصل مجموع الجهد المحرض إلى حد ما، أي عندما يصل انعدام القطبية مرحلة كافية، وتتكون النبضات العصبية وتزداد على امتداد المحور العصبي بعد منطقة التشابك. يمكن لظواهر الإنذار أن تكون ذات طبيعة وموقته ناتجة عن وصول دفعة من النبضات إلى منطقة التشابك، فمثلا نبضة واحدة لا يمكن أن تحرض إلا جهدا ضعيفا بعد منطقة التشابك، أما تتابع النبضات فإنه يخلق جهداً بعد التشابكي ذا قيمة كبيرة كافية لتشكيل السيال العصبي. ولكن بإمكان ظواهر الإنذار أن تكون ذات طبيعة حيزية نتيجة التوجه بنقطة واحدة لعدة تشابكات عصبية مابين الأعصاب الواردة ومحاور الخلايا العصبية الواصلة، والمثال على ذلك تشابك الألياف العصبية العملاقة عند الصرصار مع أعصاب القرون الشرجية.

4- الاندماج الوظيفي ما بين الخلايا العصبية :

يتدخل الارتباط المباشر ما بين الخلايا العصبية الحسية والمحركة في عمل رد فعل الأرجل وقد تمت دراسة هذه الارتباطات في مستوى العقدة العصبية البطنية الأخيرة ليرقة ANAXA IMPRATOR التي تتبع رتبة anisoptera، وأجريت هذه الدراسة عن طريق تسجيل كهربائي للألياف والأعصاب التي تعود للـ paraproctes. ويوجد لدى العديد من الحشرات الأخرى الكثير من الارتباطات العصبية الأكثر تعقيداً وذلك بسبب تدخل العديد من الخلايا العصبية الواصلة مما يؤدي إلى إمكانية ارتباط أقوى.

ولقد تم دراسة هذه الارتباطات العصبية وتحليلها في السلسلة العصبية البطنية للصرصار، وذلك لأنها تحتوي على أعصاب عملاقة، ولقد درست عند هذه الحشرة ظاهرة، أو حركات الهرب الناتجة عن التحريض الميكانيكي للقرون الشرجية، فقد لوحظ أن حركة قرون الاستشعار تسبق الحركة الفجائية للأرجل الخلفية. والسبب في ذلك أن تحريض القرون الشرجية ينتقل إلى الألياف العصبية العملاقة، وإلى عدة محاور عصبية صغيرة، وهذه الأخيرة هي المسؤولة الوحيدة عن نقل هذه المعلومات إلى الخلايا العصبية المحركة للأرجل أما المحاور العصبية العملاقة فإنها تنقل المعلومات إلى الخلايا العصبية المحركة في المخ وكذلك إلى عضلات قرون الاستشعار. يمكن جواب الهروب أن يلغى بواسطة تنبيه المخ، ويتضمن ذلك نوعاً من الأمر النازل والذي بموجبه يمكن أن تتدخل ولو جزئياً الألياف العصبية العملاقة.

5- المراكز المولدة ومراقبة نشاطها :

تكون حلقة من حلقات الجسم مستقلة استقلالاً تاماً نتيجة وجود العقدة العصبية التي تزودها بالأعصاب الضرورية. مثلاً تحتوي العقدة العصبية

الصدرية على أقواس الانعكاسات الضرورية للحركة، ويتم التحكم بحركة الأرجل عن طريق المعلومات المزودة من قبل المستقبلات الميكانيكية كالشعيرات الحسية والأعضاء المستقبلية للاهتزازات الصوتية. وقد أظهرت رجل الصرصار المفصولة مع عقدها العصبية ردود فعل للمشى وذلك عندما تم تحريض الرسغ بواسطة السحب، أما عند النحلة فيوجد مركز انعكاس إدخال وسحب إبرة اللسع في العقدة العصبية البطنية الأخيرة. ولكن غالباً لا تعمل المعلومات الحسية إلا على تعديل النشاط لأحد المراكز المولدة.

يكون للمراكز المولدة الموجودة في المخ و داخل السلسلة العصبية البطنية نشاطات غريزية، قد تحتوي بعض الخلايا العصبية على مناطق غشائية متخصصة والتي تقوم بإرسال النبضات بشكل منتظم، وهكذا وفي حال غياب المعلومات الحسية فإن الجهاز العصبي يمكن أن يرسل نبضات (Bouffe) منقطعة، فعند الصرصار الأمريكي وخلال الحركات المنتظمة للرجل فإن المحاور العصبية المحركة للعضلات الرافعة للفقذ تبدي نبضات للنشاط تتناوب مع تلك الناتجة عن المحاور العصبية التي تغذي العضلات الخافضة. يستمر هذا النشاط بالرغم من إلغاء المعلومات الحسية القادمة من الأرجل، حتى بعد قطع الرأس، ويتحكم هذا النشاط الداخلي للجهاز العصبي المركزي بتقلص العضلات، ولقد تمت معرفة مركز مولد واحد لعدة نشاطات مختلفة كالمشي والتهوية التزاوج والصريير.

والنشاط الداخلي للجهاز العصبي هو نفسه مراقب، وذلك لتحاشي النشاط السلوكي المستمر، ولسير عدة نشاطات مختلفة بأن واحد. وقد تتم المراقبة والسيطرة من قبل المعلومات الحسية، فمثلاً عند الجراد لا يستطيع المركز المولد للطيران أن يعطي الذبذبات الكافية والتي تسمح للحشرة بالطيران إلا في حال استقباله النبضات من مستقبلات التوتر للجناح.

يوجد مراكز علوية في الجهاز العصبي المركزي والتي تراقب المراكز المولدة و تؤدي بذلك إمكانية التنسيق و التوافق ما بين هذه المراكز. كما يوجد داخل كل عقدة عصبية مركز مولد يتحكم بالتهوية و فتح الشغور التنفسية للحلقة الموافقة.

ولكن معدل التهوية يتم التحكم به عن طريق مركز علوي، فزيادة سرعة حركات التهوية بوجود مصدر من ثاني أكسيد الكربون يعتمد على العقدة العصبية الصدرية.

يؤدي المخ دوراً هاماً في سلوكية الحشرة المعقدة، حيث يتم هناك تجمع المعلومات الحسية، وبذلك فهو يؤدي الدور الهام في المراقبة والتنسيق. يمكن للحشرات التي تحتوي على مخ أن يكون لها بعض السلوكيات البسيطة والطبيعية نوعاً ما، ولكن غالباً ما يكون التوافق فيها معدوماً. فمثلاً عند حشرة (Gomphocrippus rufus) التابعة لرتبة مستقيمات الأجنحة، يؤدي الجسم ذو الساق المعلاقي عندها دوراً مثبطاً على المراكز المولدة الصدرية، فعند وصل هذه الأجسام ببعضها ببعض فإن ذلك يؤدي إلى ظهور نشاطات مركبة قوية ومتزايدة إذ تقفز هذه الحشرة ودون توقف عدة ساعات، كما أن أي تحريض كهربائي للجسم ذي الساق المعلاقية يعطي نتائج مغايرة تماماً.

وقد يمارس المخ عملاً مثبطاً، فعند حشرات (Gryllidae) يكون دور الكتلة العصبية تحت المريئية قليل الأهمية، فعند هذه الحشرات يؤثر الجسم المركزي على الكتلة العصبية تحت المريئية ويحرض بذلك المراكز العصبية الصدرية والتي بدورها تراقب السير. أما الجسم ذو الساق المعلاقية فإنه يقوم بعمل مثبط إذ يقوم بتنقية المعلومات المتوافرة لديه ويتدخل في المراكز المحركة للمشية.

أما عند فرس النبي فيخضع نشاط السير للمراقبات المضادة للمخ والكتلة
العصبية تحت المريئية، إذ ترسل الكتلة العصبية تحت المريئية نبضات والتي
تعرض بدورها المراكز الصدرية وتحت الحشرة على المشي.





الفصل الثاني عشر

الغدد الصم

تنتج الغدد الصم الهرمونات التي تسير عادة في الدم لتصل إلى أعضاء الجسم المختلفة وتنسق نشاطات الأعضاء على المدى الطويل. ويكمل الجهاز الصمي بذلك الجهاز العصبي.

يوجد نوعان من الأعضاء الصمية: الخلايا العصبية المفرزة الموجودة في المخ، والغدد الصم المتخصصة، وكلاهما ينتج الهرمونات التي تتحرر وتصل إلى الدم مباشرة أو بطريقة غير مباشرة عبر أعضاء التخزين ولكن في بعض الحالات قد تصل الهرمونات التي تنتجها الخلايا العصبية المفرزة إلى العضو المقصود عن طريق محاور الخلايا العصبية. وتؤدي التحريضات العصبية عادة إلى تحرر الهرمونات. وقد وجد أن الهرمونات تؤثر في بعض الحالات على نواة خلايا العضو مباشرة إلا أنه في حالات أخرى قد تؤثر بطريقة غير مباشرة.

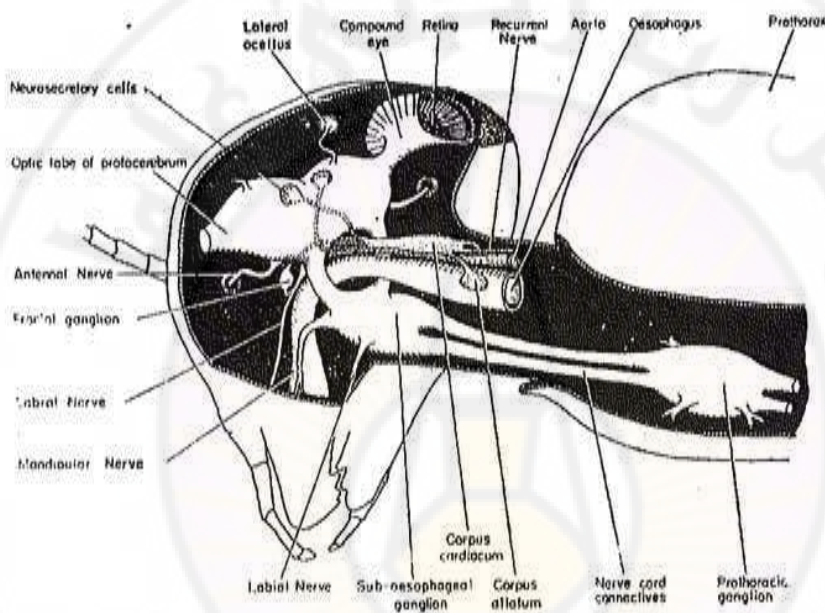
أولا - التركيب العام للجهاز الصمي :

يتألف الجهاز الصمي من الخلايا العصبية المفرزة المتمركزة بشكل أساسي في المخ، من غدد صم متخصصة مثل Corpora Cardiac = C.C و Corpora Allata = CA وغدد الصدر الأول porthoracic glands (شكل 58) وهناك بعض الأنسجة التي يمكنها القيام بوظيفة صمية مثل الأنسجة العلوية للخصية عند الحشرة Lampyris noctibuca.

آ - الخلايا العصبية المفرزة :

هي عبارة عن خلايا عصبية وحيدة القطب ولها مواصفات تشريحية تشبه الخلايا الغدية، ويمكن التعرف على هذه الخلايا بسهولة باستخدام صبغة

كوموري Gomori أو صبغة الفوشين بارا ألدهيد (Fuchsin Paraldahyde) وتبدو إفرازات هذه الخلايا بالمجهر الإلكتروني على هيئة حبيبات (حويصلات) بقطر 1000-3000 انغستروم ذات محتوى عاكس للالكترونات وتحاط بغشاء. ويمكن تمييز ثلاثة أنواع من الخلايا وذلك استنادا على التجانسات اللونية لهذه الحبيبات:



شكل ٥٨ :

رسم توضيحي يبين توزيع الغدد الصم .

- خلايا من نوع A : إيجابية لصبغة كوموري Gomori
 خلايا من نوع B : إيجابية لصبغة فلوكسينوفيل Phloxionophile
 خلايا من نوع C : تلون بواسطة صبغة الازان azan

يتم صنع ونضج المفرزات العصبية داخل جسم الخلية العصبية Pericaryon وبالتحديد داخل الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية (R.E.G)، وتتكثف إلى حبيبات عن طريق جهاز غولجي. تنقل هذه الحبيبات على امتداد المحور العصبي وتتراكم في نهايته المتشعبة والمنفخة. ويرتبط تحرر وإطلاق هذه المفرزات بالنشاط الكهربائي للخلية العصبية. وتستقبل هذه الخلايا العصبية من الناحية الجانبية المعلومات الواردة المحرصة أو المثبطة، وتستطيع أن تنقل السيالة العصبية على امتداد محورها العصبي ومع ذلك فإن مدة جهد العمل عند هذه الخلايا يكون أطول مما هو عليه عند الخلايا العصبية العادية. ويحرض دخول أيونات الكالسيوم Ca^{++} واللاقطبية في نهاية المحور العصبي لهذه الخلايا والذي سببه جهد العمل، يؤدي إلى اتحاد حبيبات الخلايا العصبية المفرزة مع الغشاء البلاسمي، ومن ثم تتحرر هذه الحبيبات بواسطة ظاهرة الاقترع Exocytose .

1 - الخلايا العصبية المفرزة في المخ (المخية):

يوجد مجموعتان من الخلايا العصبية المفرزة على كل جانب من جانبي المخ :

المجموعة الأولى: توجد هذه الخلايا في مقدمة المخ في منطقة Parsintercerebralis وتعد أولى الخلايا العصبية المفرزة التي تم اكتشافها، تجتاز محاورها العصبية المخ ويتشابك قسم من هذه المحاور داخل المخ، ويصل بعض من هذه المحاور أو كلها إلى الغدد الصم (C.C)، والقليل منها يصل إلى الغدد الصم (C.A) كوربورا الاتا.

المجموعة الثانية: ويختلف موقع هذه الخلايا، في بعض الحالات تكون بالقرب من الجسم ذي الساق المعلقة، أو تكون موجودة بين هذا الأخير والفص

البصري، وقد تتجمع أعصاب هذه الخلايا مع أعصاب خلايا المجموعة الأولى. تجتاز المحاور العصبية لهذه الخلايا الدماغ وتصل إلى الغدد الصم C.C، وقد تصل إلى C.A كما هو الحال عند الجراد.

تعتبر منتجات الخلايا العصبية المفترزة المحور العصبي إلى أن تصل إلى الـ C.A أو C.C، وهناك إما أن تحرر أو تخزن.

2 - الخلايا العصبية في العقد العصبية الأخرى:

تتوزع خلايا عصبية مفترزة كثيرة داخل العقد العصبية البطنية، عند حشرة دودة الحرير *Bombyx mori* يكون عدد الخلايا العصبية المفترزة داخل العقد العصبية البطنية أكثر مما هو موجود داخل المخ. كما أن العقدة العصبية تحت المريئية تحتوي على خلايا عصبية مفترزة وخاصة النوع A.

تضم العقد العصبية البطنية خلايا عصبية مفترزة خاصة بها، وقد تم تحديد أماكن وجودها عند العديد من الحشرات. يمكن لمفرزات هذه الخلايا أن تنتقل عبر الأعصاب الواصلة ما بين العقد العصبية إلى اتجاه آخر، أو قد تنتقل إلى السطح عن طريق الأعصاب المحيطة. وتحرر هذه المفرزات داخل الدم عبر الأعضاء التي تدعى Neurohaemal في الأعصاب المحيطة، ولكن يمكن لهذه المفرزات أن تنتقل مباشرة إلى الأعضاء المستجيبة (Effector organs).

3 - الخلايا العصبية المفترزة المحيطة :

تملك بعض الحشرات، مثل *carausius, Phormia* على بعض الخلايا العصبية المفترزة، والتي تكون أجسامها على بعض الأعصاب المحيطة. فعند

حشرة Carausius وجد 22 خلية عصبية مفرزة محيطية داخل كل حلقة بطنية، وهذه الخلايا تختلف عن الخلايا العصبية المفرزة المخية، وهي متعددة الأقطاب.

ب - الغدد الصم Corpora Cardiac = C.C

تتألف الغدد الصم من كتلتين صغيرتين لونهما أبيض تمتدان ظهرياً-بطنياً على السطح الخلفي للمخ، ولهما علاقة وثيقة بالجزء الأمامي لجدار الأورطة (aorte). تتوضع العقدة العصبية تحت الدماغية (Glande Hypocerebrale) تحت هاتين الغدتين وفوق السطح العلوي للمري، وتلتصق الغدة تحت الدماغية بالغدتين السابقتين بواسطة أنسجة دهنية كما هو الحال عند الجراد. تتصل الغدد الصم بالمخ بواسطة ثلاثة أزواج عصبية كما أنها تقوم بتخزين وطرح الهرمونات القادمة من الخلايا العصبية المفرزة الدماغية.

ج - الغدد الصم C.A = Corpora Allata

تتألف الغدد الصم من غدتين، تتوضع كل منهما على جانب من جانبي المري (شكل 58)، أو قد نجد لها خلف الغدد الصم C.C مباشرة تتصل هذه الغدد مع C.C مع (CA) بواسطة عصب يدعى Nerf allto-Cardiaque من جهة وبالمخ الثالث والعقدة العصبية تحت مريئية بواسطة تفرعات عصبية ثانوية من جهة ثانية. ويتصل بهذه الغدد تفرعات القصبات الهوائية.

تتميز غالبية الهرمونات العصبية بتأثيرها على النافذية الغشائية ، كما وتستطيع أن تؤثر أيضا على المكونات الوراثية إذ تقوم بتشجيع تشكل الـ ARN، وتدخل الهرمونات العصبية إذا بتنشيط الأنزيمات التي تحرض بدورها النشاطات الإستقلابية .

ونقسم الهرمونات إلى الأنواع التالية :

آ - هرمون المخ = Brain Hormone = BH :

وتفرزه الخلايا العصبية المفرزة للمخ الأول (Lateral Neuro Secretory Cells) ويتم تخزين هذا الهرمون داخل الغدد الصم C.C. وتم عزله من مخ عذراء دودة الحرير (Bombyx). ويتكون هذا الهرمون من مزيج لعدة بوليبيبتيدات Polypeptides نشطة ويتراوح الوزن الجزيئي لها من 9000-31,000 .

ب - هرمون السكون diapause Hormone :

يحررض هذا الهرمون عند حشرة (bombyx mori) السكون الجيني وهو موجود في العقدة العصبية تحت المريئية وهو ذو طبيعة بروتينية أو قد تكون بروتينية دهنية Lipoproteique أما وزنه الجزيئي فيتراوح من 2000 - 4000.

ج - هرمون البورسيكون Borsicon Hormone :

يقوم هذا الهرمون بمراقبة قساوة وتلون محفظة العذراء عند حشرات الذباب فصيلة Muscidae، ويوجد أيضا عند الصرصار وبعض الحشرات الأخرى. وتفرزه الخلايا العصبية المفرزة للمخ و أيضا العقدة العصبية الصدرية. وهو عبارة عن بروتين ذي وزن جزيئي مرتفع 38000.

د - هرمون الهيبيرغليسيميك Hyperglycaemic :

يوجد عند الصرصار والجراد وهو ذو طبيعة بيبتيديّة، وقد تم اكتشاف وسيطين عند الجراد، الأول هو أقل نشاطاً، يصنع داخل الخلايا العصبية المفرزة للمخ ويخزن داخل الغدد الصم C.C ، أما الوسيط الآخر فقد تم استخلاصه من الغدد الصم C.C. يحرض الوسيط تريهالوز زيادة تركيز التريهالوز في الدم وذلك بانشطار الكليكوجين.

هـ - الهرمونات المدرة للبول Diuretic Hormone :

توجد الهرمونات المدرة للبول أيضاً والمثبطة لإدرار البول Antidiuritic Hormone عند الحشرات، وتؤثر هذه الهرمونات على خلايا أنابيب مالبيكي وعلى المستقيم وحلماته . تفرز هذه الهرمونات عند الجراد من قبل الخلايا العصبية المخية وتخزن داخل C.C.

تعرض بعض المبيدات الحشرية إفراز بعض الهرمونات داخل الدم مثل الهرمونات المدرة للبول عند حشرة Rhodnius وهرمون هيبيرغليسيميك عند الجراد الصحراوي، وهذا يؤدي إلى حدوث اضطرابات فيزيولوجية مميتة.

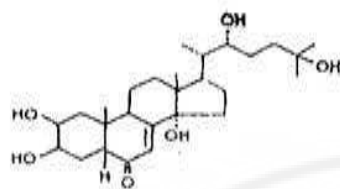
3 - أنواع هرمونات الغدد الصم :

آ - هرمون الانسلاخ Ecdyson :

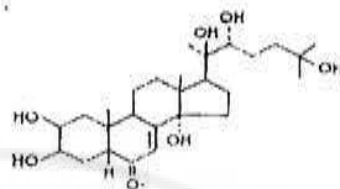
تقوم غدد الانسلاخ (غدد الصدر الأول) بإفراز هذا الهرمون. وتتصف خلايا هذه الغدد بأن ارتباطها مع بعضها ضعيف ، وشكل نواتها غير منتظم، كما أن السيتوبلاسم قاعدية اللون Basiphile وتتم نشاطاتها الإفرازية حسب دورة متوافقة ودورة الانسلاخ.

أما هرمون الانسلاخ فهو عبارة عن ستيروئيدات Steroides خاصة تحافظ على الهيكل الكربوني الكامل للكوليستيرول. ويكون الاكديزون على شكلين هما: الفا ايكديزون a-Ecdysone وبيتا ايكديزون B-Ecdysone والذي يعرف باسم 20-Hydroxyecdysone وقد يوجد مركب ثالث هو 20-16-Dihydroxyecdysone تم اكتشافه عند حشرة Manduca (شكل 60).

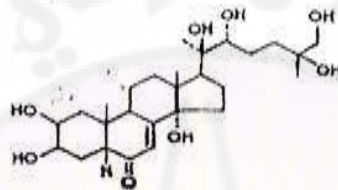
يصنع هذا الهرمون (الفا ايكديزون) داخل غدد الانسلاخ ومن ثم ينتشر في الدم وذلك بعد صنعه مباشرة ويتحول إلى بيتا ايكديزون أكثر نشاطا داخل الجسم الدهني. يسير البيتا ايكديزون في دم الحشرات مرتبطا بأحد البروتينات. أما عند حشرة Manduca فإن البيتا ايكديزون يتحول إلى 20-26-Dihydroxycalyon ويطرح الاكديزون خارج الأعضاء كما هو أو بعد تحوله إلى مواد غير نشطة.



α ECDYSONE



β ECDYSONE



20,26 Dihydroxyecdysone

شكل ٦٠ :

الصفة الكيميائية لهرمونات الايكديرون

ب - هرمونات الفتوة (الحداثة) Juvenile Hormones

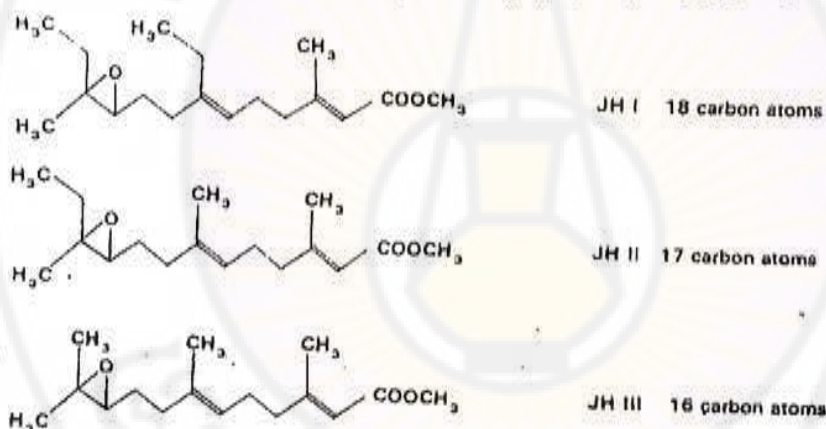
تقوم الغدد الصم C.A بإنتاج هرمون الحداثة (H.J) أو نيوتينين neotenine وذلك خلال طور اليرقة وهذا يؤدي للمحافظة على الصفات اليرقية، ويكون الإنتاج الهرموني دورياً ويبلغ قمة النشاط في بداية كل طور يرقي، وينخفض بعد ذلك دون أن ينعدم باستثناء طور الحورية الأخير بالنسبة للحشرات مختلفة التطور، ونهاية الطور اليرقي الأخير وحياة العذراء بالنسبة للحشرات كاملة التطور. وبعد هذه الفترة غير النشطة والتي تسمح بتشكيل الصفات البالغة. تتدخل الغدد الصم C.A من جديد خلال فترة طور الحشرات الكاملة لأن الهرمون الذي تنتجه سيكون له دور هام لمراقبة التكاثر عند غالبية الحشرات. وهذا ما يدعو للتساؤل فيما إذا كانت الغدد الصم C.A تنتج خلال

حياة الحشرة هرمونا واحداً أو مادتين مختلفتين الأولى هرمون الفتوة والثانية هرمون التكاثر.

إن زرع C.A لطور اليرقة في أنثى بالغة استؤصلت منها سابقا الغدد الصم C.A، قد أدى إلى تكون وتشكل البيوض.

وقد بينت الدراسات الحديثة أن منتجات الغدد الصم C.A تكون مختلفة قليلا ما بين طور اليرقة وطور الحشرة الكاملة.

تحتوي الحشرات على ثلاثة أنواع من هرمونات الشباب ذات أعمال فيزيولوجية مختلفة تعرف بأسماء (JHI, JHII, JHIII) وتحتوي على 17 - 16 ذرة كربون على التوالي (شكل 61).



شكل ٦١ :
الصيغة الكيميائية لهرمونات الفتوة (الحدادة)

فقد تم عزل الهرمونات JHI و JHII عند حشرة Hyalophora أما الهرمون JHIII فقد وجد عند الصرصار والجراد و Manduca. وبشكل عام تم إثبات أن الهرمونات JHI و JHII تعمل في أثناء طور اليرقة، أما بعد مرحلة

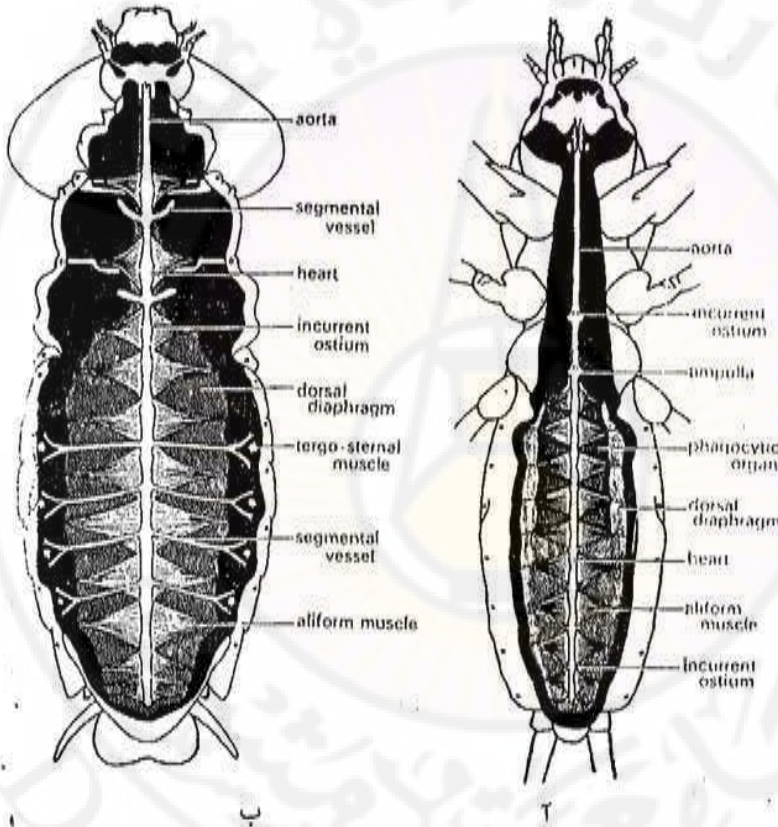
التحول فإن الغدد الصم تنتج الهرمون JHIII والذي يراقب تكون المخ عند البيوض.

وقد يتحلل هرمون الشباب بسرعة بواسطة الأنزيمات ليتحول إلى مركبات غير نشطة تطرح بعد ذلك. ولكن لا تستطيع الأنزيمات التأثير على الهرمونات فيما لو كانت محاطة بالليبوبروتين Lipoprotein.

الوعاء الدموي الظهري إلى قسمين متميزين:

الجزء الخلفي: ويدعى القلب ويتميز بوجود حجرات مزودة بزوج من صمامات جانبية .

الجزء الأمامي: يسمى الأذينية (اورطه) AORTA والذي يكون مفتوحاً في جزئه الأمامي (الشكل 62).



شكل ٦٢ :

A - التشرح من الناحية البطنية لحشرة Gryllotalpa
يبين جهاز الدوران .

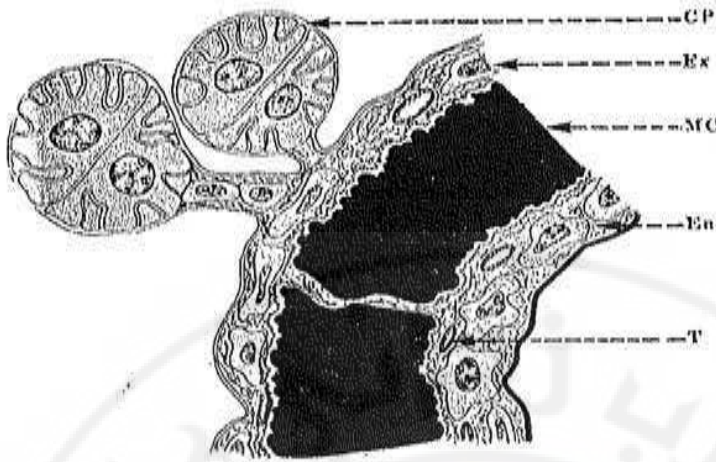
B - التشرح من الناحية البطنية لحشرة Blaberus
يوضح جهاز الدوران وملحقاته .

يتوضع القلب عند غالبية الحشرات في المنطقة البطنية لجسم الحشرة .
إلا أنه قد يوجد في منطقة الصدر عند بعض الحشرات (Dictyoptera)
ويتضخم الوعاء الظهري في بعض حلقات الجسم ويشكل حجراً قلبية تكون
واضحة المعالم عند غالبية الحشرات . ويكون القلب مغلقاً في نهايته الخلفية
ولكنه مزود بعدة أزواج من الفتحات الأذينية (Ostioles) الجانبية والتي
تسمح بدخول الدم إلى الحجرات القلبية، وينغمد جدار الوعاء الظهري عند كل
فتحة أذينية مشكلاً صماماً أذنياً يمنع خروج الدم وعودته إلى الخلف ، كما يوجد
صمام بطيني في الطرف الأمامي للحجرة القلبية يمنع الدم المدفوع إلى الأمام من
العودة إلى الخلف أي من حجرة إلى الحجرة التي خلفها .

يكون الحد الفاصل ما بين القلب و الأذينة (الأورط) مميزاً بوجود
صمامات أذينية ، والأورط أنبوبي الشكل ولكن وجد عند الحشرات رتبة
حشرقيات الأجنحة أنه بشكل كبيراً تقوساً وتمتد الأذينة داخل الصدر وتنتهي في
الرأس بالقرب من المخ ويكون لها فتحة ذات شكل قمعي ، وقد يكون لها فرعان
عوضاً عن فرع واحد ، يطلق على هذه الأفرع اسم الشرايين الرأسية . وللأذينة
علاقة وثيقة بالغدد الصم (Corpora cardiac) ويقوم جداره بتخزين وطرح
المواد المفترزة العصبية .

تتكون عضلات القلب (Myocard) من عدد من الألياف العضلية
المخططة عديدة النوى. وتكون الساركومير قصيرة جداً ولا تحتوي على الشريط
H، أما الجسيمات الكوندرية فهي كثيرة العدد ولكنها صغيرة الحجم.

يغطي النسيج العضلي القلبي من الخارج بطبقة من النسيج الضام تدعى
(Exothelium) حيث يتم فيها انضمام الألياف العضلية التي من نوع كولاجين
وايلاستين بطبقة شفاف متعددة السكريات. وقد يغطي القلب من الناحية الداخلية
بطبقة تدعى Endothelium شكل (63).



شكل ٦٣ :

شكل تخطيطي لجدار القلب لدى حشرة الجراد *Locusta migratoria*

(عن Hoffmann)

- CP : الخلايا الجارقلبية
- EN : الخلايا الطلائية الداخلية
- EX : الخلايا الطلائية الخارجية
- MC : العضلات القلبية
- T : خلايا القصيبات الهوائية

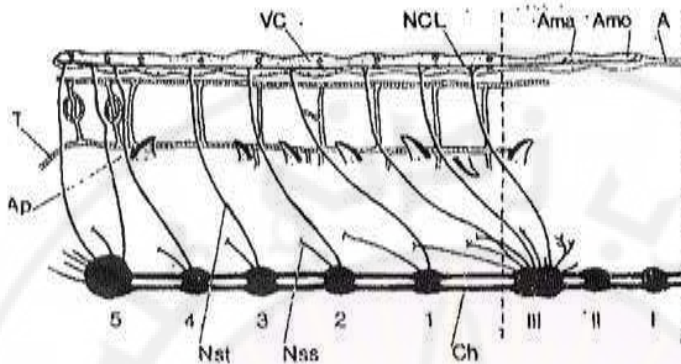
يوجد ثلاث حالات لتزويد القلب بالأعصاب الضرورية داخل حلقات الجسمية هي:

الحالة الأولى: لا يوجد أية أعصاب بمستوى القلب ونجد هذه الحالة عند العديد من الحشرات (الأطوار الفتية *Anopheles*) وفي هذه الحال تستقبل العضلات المروحية التشعبات العصبية الواردة من السلسلة العصبية البطنية.

الحالة الثانية: يزود القلب بزوج من الأعصاب الواردة من كل عقدة عصبية ونجد هذه الحالة عند اليرقات دودة الحرير الذباب المنزلي

الحالة الثالثة: التي تكون أكثر تعقيداً، إذ إن القلب يزود باللياف عصبية قادمة من العقد العصبية وكذلك شبكة عصبية بطنية قادمة من الغدد الصم *Coorpora Cardiaca* تجتمع هذه الأعصاب بعضها مع بعض لتشكل زوجاً

من الأعصاب القلبية الجانبية والتي تغطي الوعاء الظهري (شكل 64) وتحتوي الأعصاب القلبية عند الصرصار على محاور عصبية محركة وأخرى محملة بالمفرزات العصبية القادمة من السلسلة العصبية البطنية.



شكل ٦٤ :

تزويد الوعاء الظهري بالأعصاب الضرورية لدى *Locusta migratoria*

A : الأذينة (الأورطة)

AMa, AMo : حجرات الصدر الثالث والثاني

AP : زائدة داخلية

T : القصبات الهوائية

VC : القلب

CH : السلسلة العصبية البطنية

I, II, III : العقد العصبية الصدرية

NCL : العصب القلبي الجانبي

1, 2, 3, 4, 5 : العقد العصبية البطنية

NSS : العصب الاسترني

NST : العصب الترجي

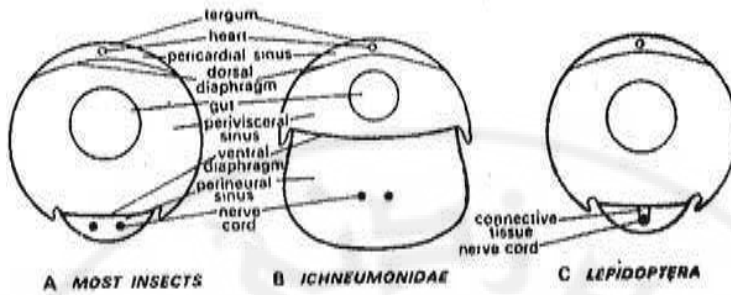
ب - الأحجبة الحاجزة والقلوب المساعدة (الأعضاء النابضة

المساعدة):

تنظم حركة الدم داخل تجويف الجسم بواسطة الحجابين الحاجزين المتطورين في البطن. يتألف الحجاب الحاجز من طبقة من الخلايا المسطحة والمحصورة بين طبقتين سمكيتين من المواد اللبيفة.

يوجد الحجاب الحاجز الظهري تحت القلب وغالبا ما يلتصق به ويرتبط من الناحية الجانبية بالصفائح الترجية، وبشكل ذلك التجويف الجار قلبي

Sinus Pericardia (شكل 65) يتصل بالحجاب الحاجز الظهري عضلات



شكل ٦٥ :

رسم تخطيطي لمقطع عرضي في جسم حشرات مختلفة يبين التجاويف الرئيسية للدم وموقع القلب والقناة الهضمية والحبل العصبي .
(عن Richards)

تتوضع على شكل مروحة ولذلك تدعى العضلات المروحية، وتتثبت هذه العضلات على القلب، وهي ذات أصل ترجي. ويختلف أزواج هذه العضلات حسب نوع الحشرات (4-12) وتكون الألياف العضلية طويلة جداً رقيقة ومتشعبة ولها سار كوميير طويلة. وترتبط بعض الألياف العضلية بالنسيج العضلي القلبي بواسطة أقراص مساعدة مما يؤدي إلى تضامن وظيفي أفضل.

ويتصل التجويف الجار قلبي بالتجويف الحشوي وذلك عن طريق الثقوب التي تكون موجودة في الحجاب الحاجز الظهري.

يوجد عند بعض الحشرات (الرعاشات - مستقيمات الأجنحة - ذات الجناحين) حجاب حاجز بطني له نفس تركيب الحجاب الحاجز الظهري ويمر فوق السلسلة العصبية البطنية ويحدد تجويفاً يطلق عليه اسم التجويف العصبي (Sinus Perineural) وتساعد حركة الحجاب الحاجز البطني وذلك في ثناء تقلص و انقباض عضلاته، على تحريك الدم داخل التجويف العصبي إلى الخلف وخلال هذه الفترة يصعد الدم إلى التجويف الحشوي والظهري من جانبي الجسم.

وهناك بعض القلوب المساعدة (أو الأعضاء النابضة المساعدة) والتي هي عبارة عن حويصلات مثقبة في بعض الأحيان تعطي فتحات جانبية يشبه دورها دور الفتحات القلبية، وتعمل هذه الأعضاء باستقلال تام عن القلب.

ويسهل عملها حركة الدم داخل الزوائد المختلفة و الأجنحة وقرون الاستشعار كما يوجد أعضاء نابضة مساعده خاصة بالصدري الثاني والثالث وتحافظ على دوران الدم داخل الصدر والأجنحة.

ج - الخلايا الجار قلبية Pericardial Cells

تتوزع هذه الخلايا على امتداد الوعاء الدموي الظهري على الحجاب الحاجز الظهري أو على العضلات المروحية. وقد تأخذ أوضاعا مختلفة عند بنية الحشرات فهي تتجمع على هيئة إكليل عند يرقات الجناحين أو توجد داخل النسيج الدهني عند حوريات الرعاشات ولا تتدخل هذه الخلايا في دوران الدم.

تتصف هذه الخلايا بغناها بالفجوات والحبيبات العاكسة للالكترونيات ويشكل الغشاء السيتوبلازمي بانغماده شبكة من القنوات. تقوم هذه الخلايا بتخزين بعض الملونات ولذلك اعتبرت وكأنها تقوم بدور إطراحي. وتختص هذه الخلايا بقدرتها على الابتلاع (Pinocytose) الفعال وتأخذ وبطريقه انتخابيه بعض البروتينات الموجودة في الدم وتقوم بهدمها . أخيرا اثبت العلماء أن هذه الخلايا تقوم بوظيفة أخرى هي إفراز بعض المواد المسرعة للقلب وذلك تحت تأثير بعض المواد الموجودة في مستخلص الغدد الصم (Corpora carpiaca).

ثانيا : دوران الدم

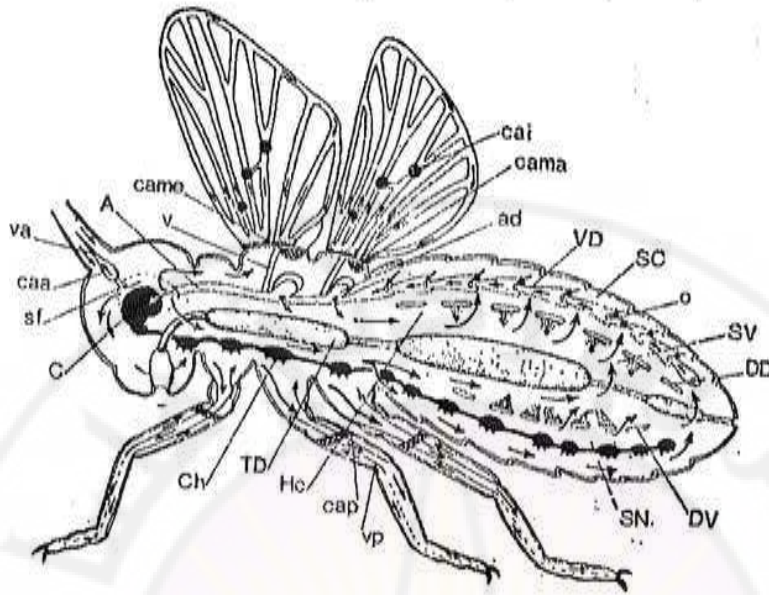
يتم دوران الدم بفضل تقلص القلب الدوري وتتضخم موجات التقلص على امتداد القلب ويتم ذلك من الخلف وإلى الأمام. ويختلف معدل ضربات القلب

حسب الحالة الفيزيولوجية للحشرات ونشاطها.

يحرص طور الانقباض Systole في الدورة الدموية بفضل تقلص عضلات القلب Myocorde أما طور الانبساط أو الانفراج (Diastole) فينتج عن ارتخاء العضلات القلبية ومرونة الألياف التي تثبت القلب إضافة لمرونة العضلات. وقد يتبع طور الانفراج بطور راحة وخلال هذه الفترة يبقى القلب منبسطاً.

وإذا كان مصدر النبضات القلبية هو العضلات القلبية فإن انتظام هذه النبضات وسعتها يكون تحت تأثير ومراقبة الجهاز العصبي . فتتأثر النقلات بالسيالة العصبية الواردة من الخلايا العصبية والعائدة للأعصاب القلبية الجانبية. كما أن نشاط العضلة القلبية وخلاياها العصبية تكون تحت تأثير ومراقبة الجهاز العصبي المركزي.

ويخضع القلب لنشاط هرموني فقد وجد أن الغدد الصم c.c تنتج بعض المواد التي تسرع القلب وقد تؤثر عن طريق الخلايا الجار قلبية أو قد تؤثر مباشرة . ووجد أيضاً عند بعض الحشرات أن الغدد الصم c.a تؤدي دوراً محرضاً للقلب وتتم الدورة الدموية على النحو التالي (الشكل 66).



شكل ٦٦ :

رسم توضيحي يبين دوران الدم لدى إحدى الحشرات المجنحة
(عن Hoffmann)

يسحب القلب الدم عبر الأذنين الجانبية وذلك خلال طور التمدد (Diastola) وذلك لأن ضغط القلب يكون أقل من الضغط المحيط به (ضغط تجويف الجسم). ويدفع الدم بعد ذلك إلى الأمام بفضل موجات التقلص حتى يخرج من النهاية الأمامية للأورط. ويمتص جزءاً من الدم فيما بعد عن طريق القلوب المساعدة باتجاه قرون الاستشعار وما تبقى يسري نحو الخلف نتيجة لوجود اختلاف في الضغط لأن خروج الدم بمساعدة الأورط يؤدي إلى ارتفاع الضغط داخل رأس الحشرة.

وتتضمن الأعضاء النابضية المساعدة لترجات الصدرين الثاني والثالث حركة الدم بين عضلات الطيران والتي تكون فيها عمليات تحول كبيرة أما داخل أجنحة فتكون حركة الدم منتظمة إذ يدخل الدم عن طريق العروق الأمامية

ويخرج عن طريق العروق الخلفية وهناك أعضاء نابضة مساعدة على قاعدة الجناح تقوم بامتصاص الدم.

وتساعد حركة الحجاب الحاجز البطني وكذلك الحركة الدودية للأنبوب الهضمي وحركات التنفس على انسياب الدم من الأمام وإلى نهاية البطن.

إن تقلص العضلات المروحية يؤدي إلى تسطح الحجاب الحاجز الظهري والذي يكون محدباً ويزداد ذلك بحجم التجويف الجار القلبي وبذلك يمر الدم إلى التجويف الأخير ليسحب من جديد من قبل القلب.

ثالثاً: الدم:

يشتمل دم الحشرات على البلازما وأنواع مختلفة من خلايا الدم وهو عبارة عن سائل عديم اللون ولكنه في بعض الحالات يكون مخضراً أو مصفراً وذلك عند احتوائه على بعض الملونات يختلف حجم الدم حسب نوع الحشرات ويزداد حجمها ضمن النوع الواحد وذلك قبل الانسلاخ وهذه الزيادة تؤدي إلى طرد الكيوتيكل القديم بعد اكتمال نمو الكيوتيكل الجديد ويعود إلى حجمه الطبيعي بعد الانسلاخ.

أ- التركيب الكيميائي للبلازما :

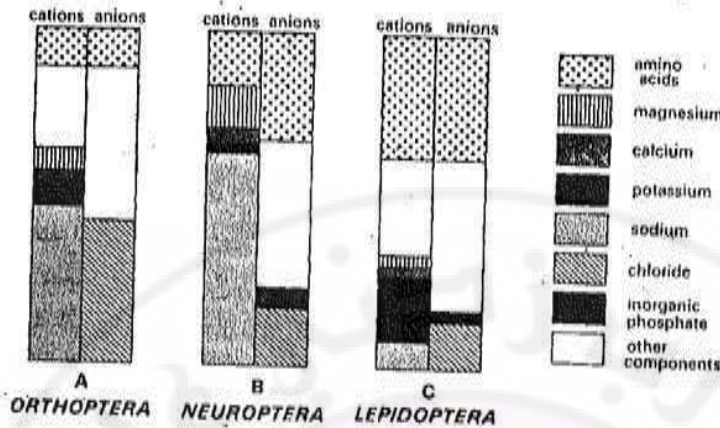
يختلف الضغط الاسموزي Osmotic Pressure عند الحشرة خلال فترة التطور ما بعد الجنيني، وسبب ذلك هو التغيرات الاستقلابية، وفي أثناء فترة البياض الشتوي لبعض الحشرات يلاحظ هناك ارتفاع بكمية الغليسول وبسبب ذلك ارتفاع الضغط الاسموزي.

عند غالبية الحشرات، يحافظ على الضغط الاسموزي عن طريق المكونات غير العضوية، ولكن تكون أيونات الصوديوم Na^+ والكلور Cl^- متفوقة، ونجد هذه الحالة عند الحشرات غير المجنحة وغالبية

Exopterygota أما عند حشرات Endopterygota فتعوض المركبات غير العضوية بجزيئات عضوية ويبقى الصوديوم Na^+ عند حشرات ذات الجناحين وشبكية الأجنحة هو الكاتيون الأساسي ولكن مجموع الكلور Cl^- يكون ضعيفاً ويعوض هذا الأنيون جزئياً بأحماض أمينية وجزيئات عضوية ذات حجم صغير .

وهناك اختلافات كبيره في التركيب الأيوني للدم، يختلف حسب نوع الحشرات (شكل 67) وكذلك حسب طور الحشرة. فعند الحشرات عديمة التركيب العام للدم لدى مجموعات مختلفة من الحشرات ، عبر عن كل مركب بنسبة مئوية مقارنة بالمجموع العام للتركيز الاسموزي يمثل كل عمود 50% من التركيز العام (عن Sutcliffe) الأجنحة والـ Paleoptera تكون نسبة الصوديوم مرتفعة مقارنة بنسبة البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم. أما عند يرقات حرشفيات الأجنحة وغمديات الأجنحة فإن ايونات الصوديوم Na^+ تكون قليلة ويستعاض عنها بأيونات المغنيزيوم والبوتاسيوم. أما بعد مرحلة التحول، فقد يتغير هذا التركيب الأيوني أو يعود إلى الحالة العادية وهي تفوق ايونات الصوديوم.

يحتوي دم الحشرات على كمية قليلة من السكريات المراجعة ولكنه يحتوي على كمية كبيرة من التريهالوز. ويصنع هذا الأخير في الجسم الدهني ابتداء من الجلوكوز لمنشأ الغذائي أو ابتداء من الغليكوجين المخزن داخل الجسم الدهني ويمكن أن يستخدم التريهالوز كاحتياط حراري دائم وتستخدمه كافة الأنسجة وتخضع كمية التريهالوز بالدم لمراقبة هرمون الهيبرغليسمين (Hyperglycémique) والذي تصنعه الغدد الصم (c.c).



شكل ٦٧ :

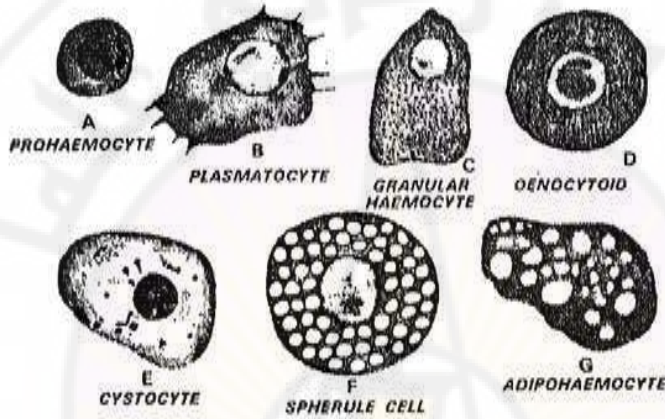
يحتوي الدم أيضاً على مركبات ازوتيه نذكر من بينها ، حمض البولة الاالانتونين، حمض الأنتونين، البولة والامونييك. وهناك الأحماض الأمينية الحرة والتي قد تصل إلى تركيزات عالية.

تصنع بروتينات الدم بشكل أساسي بمستوى الجسم الدهني وذلك تحت مراقبة الخلايا العصبية المفرزة للمخ الأول وللغدد الصم (C.A). وتستخدم البروتينات عند الأنثى خلال فترة تكون المخ، ويوجد عند العديد من الحشرات بروتين أنثوي خاص يوجد في دم الإناث ومن البروتينات الأنزيمية التي توجد في دم الحشرات نذكر الایملاز - الاستيراز - البروتينات المؤكسدة المرجعة. توجد الدهون في الدم على هيئة غليسيريدات، ستيرويدات ، ستيروولات أو دهون فوسفورية أحماض دهنية.

ب - خلايا الدم:

تسير خلايا الدم مع الدم وتنتقل أو لا تنتقل داخل القلب وذلك تبعاً للحاجة ويوجد جزء كبير من هذه الخلايا بشكل ثابت غير متحرك ويلتصق بسطح الأنسجة المحيطة بالأعضاء المختلفة.

إن أصل خلايا الدم وهو الوريقة الوسطى Mesoderme وقد تتمايز خلايا الدم عند العديد من الحشرات قبل الفقس. ويعد تصنيف الخلايا صعباً وذلك بسبب وجود اختلافات مورفولوجية كبيرة حسب نوع الحشرة وحسب ظروف المشاهدات (شكل 68)، إلا أنه يمكن تمييز ثلاثة أنواع رئيسية عند غالبية الحشرات هي:



شكل ٦٨ :

رسم تخطيطي يمثل الأنواع المختلفة لخلايا الدم

(من شابمان)

Prohemocytes - 1

تعد هذه الخلايا، عبارة عن خلايا الأصل وغالباً ما توجد بحالة انقسام Mitose، وهي خلايا صغيرة الحجم ذات نوات كبيرة، الجسيمات الكوندرية. قليلة العدد وصغيرة، وأما الجسيمات الريبية الحرة فتكون موجودة بكثرة والشبكة السيتوبلاسمية الداخلية متطورة.

plasmotocytes -2

تتصف هذه الخلايا بأن نواتها كبيرة دائرية وتوجد في مركز السيتوبلاسم المحببة وتتلون بالملونات القاعدية، وهي غنية بالجسيمات

الكوندرية ذات الحجم الكبير أن الخلايا البلاسماتوسيت متعددة الأشكال وهي متخصصة بعملية البلعمة Phagocytose.

Granulocytes -3

هي عبارة عن خلايا متماسكة ذات أشكال عديدة ونواتها صغيرة وهي نسبياً، وتحتوي السيتوبلازم على عدد كبير من الحبيبات ويساعد المجهر الالكتروني تظهر هذه الحبيبات وكأنها أجسام كثيفة محاطة بغشاء ولا تقوم هذه الخلايا بالبلعمة ولكنها بالتمثيل الوسيط.

تتضاعف خلايا الدم عند غالبية الحشرات وذلك في مرحلة التطور ما بعد الجنيني ، وينتج عن هذا التضاعف إما عن انقسام خلايا الدم المتحركة أو الثابتة (الملتصقة بالأنسجة) وتنقسم خلايا (Prohematocytes) عند العديد من الحشرات، وتشبه الخلايا الناتجة الخلية الأم. في إحدى هذه الخلايا تحتفظ بالمظهر العام للخلية الأم أما الثانية فيصبح لها صفات متخصصة وقد أشار بعض العلماء إلى أن كل نوع من أنواع الخلايا ينقسم عدة انقسامات.

ويختلف العدد الكلي لخلايا الدم باختلاف نوع الحشرة، وطورها كما يوجد اختلافات مرتبطة بدورة الانسلاخ، فهناك انخفاض بعدد خلايا الدم في أثناء الانسلاخ ، تتبعه زيادة في العدد في الفترة الواقعة ما بين الانسلاخين، كما ويزداد عدد الخلايا أثناء إدخال بعض العناصر الغريبة إلى الدم أو عند إحداث بعض الجروح التي تؤدي إلى النزيف.

ج- وظائف الدم:

يؤدي الدم دوراً بسيطاً بنقل الأكسجين، وذلك لأنه لا يحتوي على ناقلات الأكسجين الشبيه بالهيموغلوبين أو الهيموسيانين، ونجد بعض الحالات الخاصة جداً عند اليرقات Chironomidae فنجد عند هذه اليرقات الهيموغلوبين على

هيئة محلول في بلاسما الدم، ويتميز هذا الهيموغلوبين بمحبته للأوكسجين، ويبدأ بتحرير الأكسجين فقط عندما يبلغ ضغط الأكسجين اقل من 0:01 ضغط جوي فهو لا يؤدي دور ناقل للأوكسجين إلا في الظروف الخاصة.

يقوم الدم بدور ميكانيكي هام خاصة أثناء الانسلاخ. لأن ارتفاع الضغط الذي يسببه في منطقة محدده للجسم تؤدي إلى شق الكيوتيكل القديم وإلى تمدد الاجنجة بعد الانسلاخ الأخير.

تنقل بلاسما الدم الهرمونات إلى مكان تأثيرها وعملها، كما تقوم بنقل المواد المعدة للإطراح إلى أنابيب مالبيكي إضافة إلى ذلك توزع نواتج الاستقلاب أو المواد المخزونة في الجسم الدهني إلى الأعضاء والأنسجة التي تستخدمها وتعتبر المواد الدهنية الناتجة عن الامتصاص المعوي إلى الدم لينقلها إلى الأنسجة الدهنية حيث يتم تخزينها على هيئة غليسيريدات ثلاثية.

وتتداخل خلايا الدم في عمليات الاستقلاب الوسيطة، فعند حشرات ذبابة الخل والـ Sarcophaga تحتوي خلايا الدم على التيروسين Tyrosine وأنزيم التيروسيناز Tyrosinase والتي تتداخل في عمليات استقلاب الفينولات وفي النهاية تتداخل في ظواهر تصلب وتلون الكيوتيكل.

يؤدي الدم دوراً هاماً في الدفاع عن النفس ضد الأجسام الغريبة و ضد التطفل الداخلي. فتتم عملية تكيس الأجسام الغريبة بواسطة خلايا Plasmatocytes، فتلتصق هذه الخلايا على سطح الطفيل مشكلة غطاء كثيفاً مما يؤدي بالتالي إلى موت الطفيل. وقد تقوم هذه الخلايا أيضاً بدور البلعمة كطريقة ثانية للدفاع و أيضاً من قبل خلايا الدم الأخرى مثل Adippohemocytes. و تتم عملية البلعمة ضد الأحياء الدقيقة.

أخيراً تقوم خلايا الدم بإيقاف النزيف و ذلك عن طريق تخثر الدم،

وتعتمد أهمية النزيف على خواص الدم فبعض الحشرات كالنحل مثلاً لا يتخثر دمه، أما عند الحالوش وحشرات أخرى فإن التخثر الذي يتم بمستوى الجرح يطرح بعض المواد التي تؤدي إلى ظهور طبقة ترسب رقيق في البلاسما حيث يوجد عدد كبير من خلايا الدم التي تنضم إلى هذه الكتلة المتخثرة.



الفصل الرابع عشر

التنفس

تتحرر الطاقة المخزونة في المركبات العضوية عن طريق الأكسدة، وقد يتم تحرير جزء من هذه الطاقة عن طريق الاستقلاب اللاهوائي كما هو الحال لدى العضلات. وتعرف التبادلات الغازية ما بين الحشرة والوسط الذي تعيش فيه بأنه عبارة عن نقل الأوكسجين من الوسط الخارجي إلى أنسجة الجسم المختلفة و طرح غاز ثاني أوكسيد الكربون الناتج عن الأكسدة. وتتم التبادلات الغازية لدى غالبية الحشرات عن طريق القصبات الهوائية، والتي توصل غاز الأوكسجين إلى القرب من مكان الاستخدام (لبضعة ميكرونات). أما الحشرات المائية فإنها مزودة بجهاز خاص يسمح لها بالحصول على الأوكسجين اللازم.

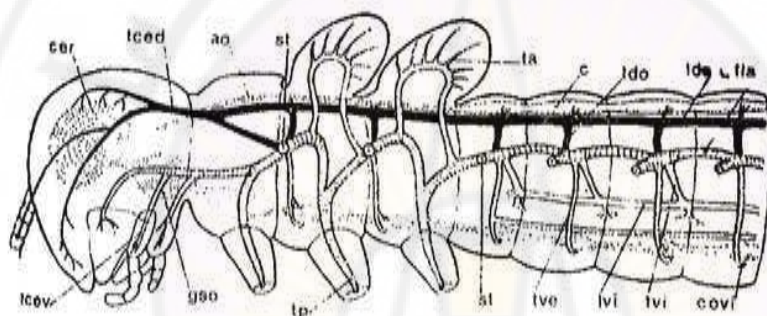
1- تركيب الجهاز التنفسي:

أ- القصبات الهوائية:

تتطور القصبات الهوائية خلال مرحلة النمو الجنيني عن انغمادات في الوريقة الخارجية Ectoderme والتي تتوضع على جانبي الحلقات الجسمية، وتصبح فتحات هذه الانغمادات فيما بعد ثغوراً تنفسية (Epiracles). وتشكل هذه الانغمادات باستطالتها القصبة التنفسية التي تتفرع إلى ثلاثة أفرع: فرع ظهري، وآخر بطني والثالث حشوي. وتتفرع هذه الأفرع بدورها لتصل إلى الأعضاء والأنسجة الموجودة في الحلقة الموافقة.

وقد تحتفظ بعض الحشرات عديمة الأجنحة في كل ثغر تنفسي بجهاز قصبي مستقل والمثال على ذلك حشرات Machilis. إلا أنه لدى الحشرات الأخرى تتحد القصبات الهوائية الشرجية المتتالية لتشكل على كل جانب ساقا

تحتوي الحشرات الحالية على عشرة أزواج من الثغور التنفسية، ويوجد زوجان في منطقة الصدر، وثمانية أزواج كحد أقصى في البطن (شكل 69).



شکل ۶۹ :

جهاز التنفس لدى الحشرات (عن Weber)

- | | |
|------------------------------|-----------------|
| الاذينة (الاورطة) | : ao |
| القلب | : C |
| المخ | : CER |
| العقدة العصبية تحت المريئية | : gso |
| القصبات الهوائية الطولية | : Ldo, Lla, Lvi |
| الظهيرية ، الجانبية والحشوية | |
| الثغور التنفسية | : S |
| القصبات الهوائية للجناح | : Ta |
| القصبات الهوائية للارجل | : Tp |

ويختلف موقع الثغور التنفسية الصدرية عند الحشرات، ولكن بشكل عام يوجد زوج على الصدر الثاني، أما الزوج الآخر فيوجد على الصدر الثالث، ولكن غالبا ما يتشكل زوج الثغور التنفسية الأول إلى الأمام ويتوضع إما على الغشاء بين الخلفي أو على الجزء الخلفي للصدر الأول، وتغذي القصبات الهوائية التي تنشأ عن هذا الثغر، الصدر الثاني والأول و الرأس أيضا.

وقد يقل عدد الثغور التنفسية وذلك نتيجة اختفاء بعضها أو أنه يصبح غير فعال ويبقى على شكل ندبة، x وبذلك يتغير التوزيع العام للقصبات الهوائية. ويمكننا أن نميز أنواعاً لتوزيع الثغور التنفسية:

1- نوع **Holopneustique**: ويعتبر هذا النوع الأكثر بدائية عند الحشرات الحالية إذ نجد كافة الثغور التنفسية.

2- نوع **Hemipneustique**: وينحدر عن النوع السابق ، و ذلك باختفاء زوج أو أكثر من الثغور التنفسية، و يمكننا أن نميز حسب توضع الثغور التنفسية الفعالة عدة نماذج:

- حشرات **Peripneustique**: يوجد لديها عدة أزواج من الثغور التنفسية على امتداد الجسم.

- حشرات **Amphipneustique**: لا يوجد لديها إلا زوج من الثغور التنفسية الموجودة على الصدر الثاني وآخر هو عبارة عن زوج الثغور التنفسية البطنية الأخيرة.

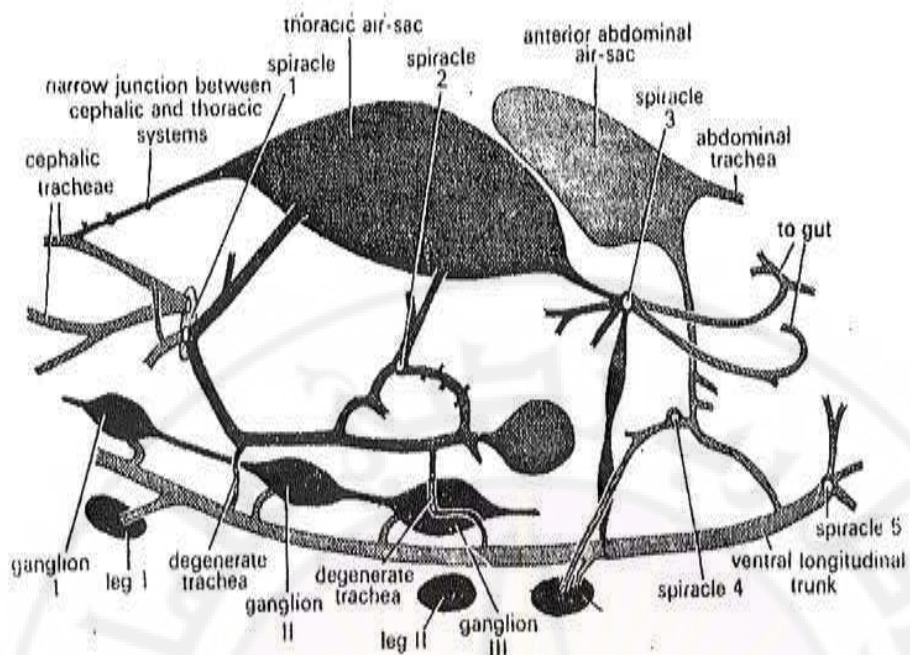
- حشرات **Propneustique**: يوجد لدى هذه الحشرات زوج من الثغور التنفسية على الصدر الثاني فقط.

- حشرات Metapneustique: لا تملك هذه الحشرات إلا زوجاً من الثغور التنفسية وهو الزوج البطني الأخير فقط .

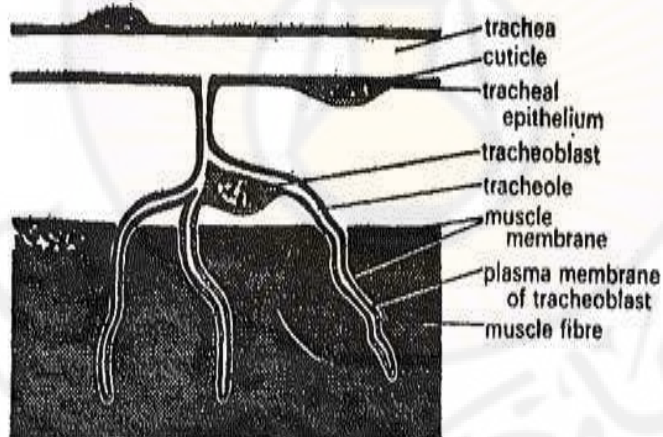
3- نوع Apneustique: نجد هذا النوع عند الحشرات المائية أو الحشرات الطفيلية الداخلية، لأن كافة الثغور التنفسية تكون مغلقة، ولذلك يطلق عليه اسم الجهاز التنفسي المغلق ويتم التبادل الغازي عند هذه الحشرات عن طريق جدار الجسم أو عن طريق الخياشم (الغلاصم).

ب- القصبات والأكياس الهوائية :

تتألف القصبات الهوائية من طبقة من الخلايا الطلائية ترتكز على غشاء قاعدي من الخارج، وتحاط من الداخل بطبقة كيتينية، تتصل هذه الأخيرة بالكيوتيكل الذي يغطي جدار الجسم. وتمثل تغلظات حلزونية داخل القصبات الهوائية المعدة للانتشار. تتوسع القصبات الهوائية في بعض المناطق لتعطي أكياساً وقد تكون هذه الأخيرة صغيرة وهي إما معزولة كما هو الحال في الأرجل أو قد تكون متعددة كما هو الحال عند عضلات الطيران غير المباشرة لحشرة Cicada، أو قد يصبح حجمها كبيراً والمثال على ذلك الذباب الذي يتبع مجموعة Cyclorrhaphes وبعض حشرات غشائيات الأجنحة. وتمتاز الأكياس الهوائية بأنها تحتوي على غشاء رقيق جداً ولا يوجد تغلظات حلزونية، وتستطيع أن تتمدد وتمتلئ بالهواء، وتصبح منبسطة عندما يخرج منها الهواء. وتعتبر كخزان احتياطي للهواء تستعملها الحشرات النشيطة (شكل 70).



شكل ٧٠ :
شكل تخطيطي للجهاز التنفسي في الصدرين الثاني والثالث
لدى حشرة Schistocerca (عن Miller)



شكل ٧١ :
رسم تخطيطي يبين تشعبات خلية القصبات الهوائية داخل
انغمادات فشاء العضلة السيتوبلاسمي

تتشعب القصبات الهوائية عدة مرات، وتصبح في كل مرة أكثر دقة وتتدخل بين مختلف الأعضاء قبل أن تنتهي بمجموعة من القصبيات (Tracheoles) القصيرة (200-400 ميكرون) وقطرها حوالي (1-2 ميكرون) وتنتهي هذه القصبيات بخلية يطلق عليها اسم خلية القصبيات الهوائية أو الخلايا النجمية والتي لا يتجاوز قطرها (0.5-0.1 ميكرون) (شكل 71).

تكون طبقة الكيوتكل التي تغلف هذه القصبيات والخلايا النجمية مثقبة، يبلغ قطر هذه الثقوب 30 أنغستروما، وهي ضرورية لحركة السائل عبر جدار القصبيات. وترتبط الخلايا القصبية بقوة بالأنسجة: وتلتصق غالباً بالغشاء الخلوي، وقد تتجاذبه في بعض الأحيان لتصل إلى الجسيمات الكوندرية كما هو الحال عند عضلات الطيران أو خلايا الجسم الدهني.

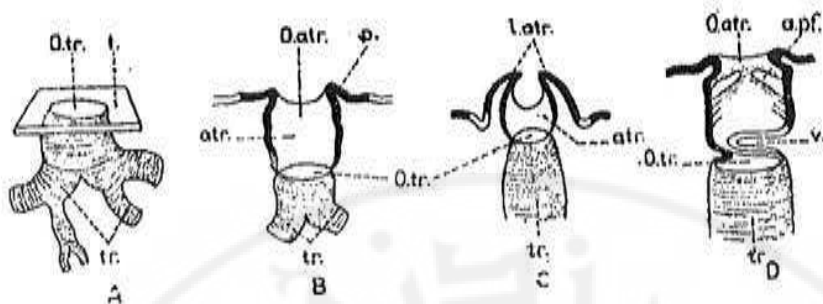
تستبدل القصبات الهوائية بعد كل انسلاخ، ويمكنها في بعض الحالات أن تتجدد حتى في طور الحشرة الكاملة والمثال على ذلك هو حشرة Rhodnius، إذ إنه في حال إيذاء طبقة البشرة نلاحظ أن هذه الأخيرة قادرة على إرسال زوائد سيتوبلاسمية والتي تصل إلى القصبة الهوائية القريبة، ومن ثم تنقلص وتشدها إلى المنطقة المحتاجة للأوكسجين.

ج - الثغور التنفسية :

توفر الثغور التنفسية التبادلات الغازية إضافة إلى أنها مسؤولة بنفس الوقت عن فقدان الماء، ولذلك فقد تجبر بعض الحشرات على المعيشة في أوساط رطبة.

وقد تكون الثغور التنفسية بسيطة التركيب، عبارة عن ثقب يصل القصبات الهوائية بالوسط الخارجي، أو قد يكون لها تراكيب متخصصة للحد من فقدان الماء و تسمح بنفس الوقت بالتبادل الغازي، وفي هذه الحال لا تتصل القصبة الهوائية بالوسط الخارجي مباشرة ولكنها تفتح أو تصب في دهليز خاص، مغطى بأهداب تمنع دخول الغبار والماء (شكل 72). إضافة لذلك تكون الثغور التنفسية مزودة بجهاز إقفال يحد من فقد الماء. ويختلف هذه الجهاز من نوع لآخر وحتى ضمن النوع الواحد قد يختلف حسب موقع الثغر التنفسي. ويتألف جهاز الإقفال من شفتين موجودتين على سطح الدهليز، يتم تقاربهما بفعل تقلص عضلة الإقفال، أما تباعدهما فينتج إما بفعل تقلص عضلة أو عضلتين متخصصتين لفتح الثغور، أو أنه ينتج عن مطاطية الجهاز.

أما إغلاق القصبات الهوائية فيتم بمستوى الارتباط ما بين قصبة الثغر التنفسي والدهليز. وقد ينتج بسبب وجود طبقة تشكل مصراعاً للانسداد، تنزل على فتحة قصبة الثغر التنفسي، وهذه الحالة نجدها عند غالبية الثغور التنفسية البطنية للحشرات كاملة التطور.



شكل ٧٢ :

(من Snodgrass) الثغور التنفسية

- A : ثغر تنفسي بسيط بدون حجرة Atrium
 B : ثغر تنفسي مع حجرة
 C : ثغر تنفسي مع حجرة وجهاز اغلاق
 D : ثغر تنفسي مع جهاز اغلاق على قاعدة الحجرة
 aPT : جهاز تنقية الهواء
 aTR : حجرة الثغر التنفسي
 LaTr : الحواف التي تغلق الحجرة
 O.Tr : ثقب القصبة الهوائية
 Oatr : فتحة حجرة الثغر التنفسي
 t : جدار الجسم
 tc : القصبة الهوائية
 v : صمام الاغلاق

وقد يرتبط بالثغور التنفسية بعض الغدد المحبة للماء، تسمى غدد جار
 ثغرية، تؤدي إلى إضعاف هذه الثغور. كما قد تزود بعض الثغور التنفسية
 بصفائح خاصة تغطي سطحها وتمنع دخول الغبار والطفيليات والماء.

2- فيزيولوجيا التنفس :

آ - الانتشار :

- تمتاز الحشرات التي لا تحتوي على قصبات هوائية بقدرتها على التبادل الغازي عبر جدار الجسم، والمثال على ذلك هو حشرات الكولومبولا، ولكن هذه الحشرات لا تشكل نسبة كبيرة.

أما عند غالبية الحشرات فإن التبادلات الغازية تتم عبر القصبات الهوائية، إذ يتم نقل الغازات عبر هذه القصبات ومن ثم يتم التبادل بشكل أساسي بمستوى القصبات الهوائية المرتبطة بالأعضاء والأنسجة المختلفة. ونستطيع تمييز مرحلتين أساسيتين بالنسبة لنقل الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون: المرحلة الأولى الانتشار الغازي داخل القصبات الهوائية، والمرحلة الثانية الانتشار داخل الأنسجة.

وقد تستطيع بعض الحشرات توفير حاجتها من الأوكسجين عن طريق الانتشار البسيط. ومن المعروف أن انتشار أي غاز يعتمد على عدة عوامل من بينها الوزن الجزيئي للغاز، اختلاف درجة تركيز الغاز ما بين وسطين وقد أثبتت الدراسات عند يرقات بعض الحشرات في حالة الراحة (COSSUS) والتي تكون تغورها التنفسية مفتوحة، إن اختلاف الضغط ما بين الهواء الجوي ونهاية القصبيات الهوائية هو 0.02 ضغط جوي. وهذا الاختلاف كاف لانتشار الأوكسجين حتى يصل إلى الأنسجة.

من خواص الأوكسجين أنه ينتشر في الهواء بسرعة أكبر بكثير من انتشاره في الماء أو الأنسجة، وهذا يسمح بعبوره لمسافة كبيرة نسبياً داخل القصبات الهوائية. ويحدد الانتشار البطيء للأوكسجين داخل الأنسجة المسافة بين الأنسجة ومصدر الأوكسجين والذي قدر بحدود 10 ميكرون، وهذا هام جداً

بالنسبة لعضلات الطيران التي تكون حاجتها كبيرة للأوكسجين ويتطلب بعض التحورات الهيستولوجية بمستوى ارتباط القصبيات الهوائية بالأنسجة المذكورة.

لدى العديد من الحشرات، يمثل الجزء الطرفي للقصبيات الهوائية وسائل يؤدي دوراً هاماً بنقل الأوكسجين. فعندما تكون الأنسجة نشيطة أو فقيرة بالأوكسجين، ينسحب هذا السائل، وينساب الغاز ليحل محله ويتحدد مستوى السائل بالتوازن ما بين قوى الخاصة الشعرية للقصبيات وقوى الأنسجة الأسموزية. إن تحرر الأنسجة لنواتج الاستقلاب يزيد الضغط الأسموزي ويتم بذلك سحب السائل. وفي حال غياب نواتج الاستقلاب فإن مستوى السائل يعود إلى حالته الطبيعية.

إن طرد غاز ثاني أوكسيد الكربون لا يطرح أية مشكلة نظراً لقدرته الكبيرة على الانحلال، إذ إن سرعة انتشاره أكبر بست وثلاثين مرة من انتشار الأوكسجين مع أن وزنه الجزيئي أكبر. ويتم طرح غاز ثاني أوكسيد الكربون عن طريق القصبات الهوائية وعن طريق جدار الجسم (المناطق الطرية منه).

ب - التهوية:

لدى الحشرات الكبيرة الحجم والنشطة، لا تكفي كمية الأوكسجين التي تصل عن طريق الانتشار حاجة هذه الحشرات، لذلك كان لابد من عملية التهوية والتي يمكن تحقيقها بفضل وجود قصبات هوائية للتهوية وخاصة الأكياس الهوائية. وتتم تهوية الجهاز التنفسي بشكل أساسي عن طريق حركات التنفس البطنية، ففي أثناء تقلص العضلات البطنية يؤدي ذلك إلى نقص حجم البطن ويضغط على الجهاز التنفسي مما يؤدي إلى حدوث الزفير Expiration، وهذه العملية ظاهرة نشيطة. أما عملية التنفس (الشهيق) Inspiration فهي ظاهرة خاملة (غير نشيطة) وتنتج عن ارتخاء العضلات ومطاطية الكيونتيكل البطيئة.

وينتج معدل تغيرات حجم بطن الحشرة بعدة طرق: مثل رفع و خفض الترجة نتيجة تدخل العضلات الظهرية البطنية، (غمديات الأجنحة _ حشرات مختلفة التطور). أو عن تغيير موقع الترجات و الاسترنات بأن واحد (رعاشات _ ذباب) أو قد يتطلب تغير المناطق البلورية والترجية والاسترنية (حشفيات الأجنحة...).

تقتصر عملية التهوية على القصبات الهوائية الأولى وعلى الأكياس الهوائية، أما فيما عدا ذلك فيتدخل فقط الانتشار الغازي. وتتوافق حركات التنفس مع فتح وغلق الثغور التنفسية، فقد يدخل الهواء ويخرج عند بعض الحشرات عن طريق كافة الثغور التنفسية دون تميز، أما عند الأنواع الأخرى، فهناك تيار يتوجه بشكل عام من مقدمة جسم الحشرة إلى مؤخرتها.

ويمكن إيجاز الدورة التنفسية عند الجراد على النحو التالي :

- تبدأ الحشرة بالتنفس والذي تدوم مدته 0.25 ثانية ويرافق ذلك توسع البطن وفتح الثغور التنفسية الصدرية، وزوجي الثغور التنفسية البطنية الأول. أما باقي الثغور التنفسية البطنية الستة فتبقى مغلقة. تغلق الثغور التنفسية قبل نهاية هذا الطور.

_ الطور الثاني: وهو طور الضغط تكون مدته أطول وتستمر مدة ثانية واحدة، تبقى كافة الثغور التنفسية مغلقة وبذلك يزداد الضغط الهوائي وبالتدريج مع تقلص العضلات.

_ طور الزفير: يدوم هذا الطور مدة ثانية أيضاً، وتصل العضلات بتقلصها إلى الحد الأقصى، وتفتح فقط الثغور التنفسية البطنية الأخيرة (الأزواج الستة الأخيرة).

إذاً، يدخل الهواء عن طريق أزواج الشغور التنفسية الأربعة الأساسية، والهواء الذي يدخل عن طريق زوج الشغور الأول يغذي الرأس ومن ثم ينزل على امتداد الساق القصيبة ويطرد بعدها عن طريق الشغور التنفسية الخلفية (الأزواج الستة).

ج _ مراقبة التبادلات الغازية:

1_ تنظيم حركات التنفس:

تستقبل عضلات التنفس الظهرية البطنية عند الجراد تشعبات عصبية لأعصاب عرضية، بينما تزود عضلات الزفير الظهرية _ البطنية والعضلات الطولية للشهيق والزفير بأعصاب زوجية جانبية. ويوجد عند كل حركة تنفس نفحة من السليالة العصبية المحركة لها مدة ثابتة مهما بلغ طول دورة التنفس، وقد تم تسجيلها بمستوى الأعصاب العرضية. وهناك نفحات للسليالة العصبية المحركة في الأعصاب الجانبية ترافق الشهيق وتتاسب مدتها ودورة التنفس.

وقد أثبتت الدراسات وجود عدة مراكز تنفسية داخل السلسلة العصبية البطنية، فعند الصرصار الأمريكي، وجد أن العقدة العصبية للصدر الثالث، والعقد العصبية للحلقات البطنية الأولى والثانية تحتوي على مراكز تنفسية، إلا أن نشاط العقدة العصبية للصدر الثالث هي التي تنظم جهاز التنفس وتضمن التوافق للحركات التنفسية المختلفة.

كما يوجد في المخ مراكز حساسة لغاز ثاني أكسيد الكربون و داخل العقدة العصبية للصدر الثاني. وتؤثر الخلايا العصبية المسؤولة عن هذا التنظيم وكأنها مستقبلات لغاز ثاني أكسيد الكربون.

2 - التحكم بفتحات الثغور التنفسية :

لا تفتح الثغور التنفسية إلا وقت الحاجة و ذلك تحاشياً لفقدان الماء عبر الفتحات التنفسية. ويعتمد معدل فتح وإغلاق الثغور التنفسية على مراكز التنفس الموجودة في السلسلة العصبية البطنية، إذ أن عضلات الثغور التنفسية تتلقى تفرعات عصبية مزدوجة ناتجة عن العقدة العصبية للحلقة الموافقة، وقد تزود هذه العضلات بأعصاب مصدرها العقدة العصبية للحلقة الثالثة.

ويعتمد معدل فتح وإغلاق الثغور التنفسية على عدة عوامل والتي تؤثر إما مباشرة على العضلات أو إن تؤثر على الجهاز العصبي المركزي. يؤثر وجود غاز ثاني أكسيد الكربون على العضلات التي تفتح الثغور التنفسية وبالتالي تفتح الثغور، وطريقة تأثيره على العضلات تكون بخفض توترها. كما أن غاز ثاني أكسيد الكربون يتدخل بمستوى العقد العصبية البطنية نفسها، وذلك من أجل التهوية ومن أجل فتح الثغور التنفسية. فقد وجد عند حشرة *Blaberus* أن غاز ثاني أكسيد الكربون يؤثر موضعياً بمستوى عضلات الثغور التنفسية ومن ثم يصل إلى الجهاز العصبي المركزي حيث يؤدي إلى تحريض نقص بالشحنات المقوية وهذا يسمح بفتح أكبر للثغور التنفسية كما أن الإفراط بالأوكسجين له نفس التأثير السابق.

وتؤدي الرطوبة الجوية ومخزون الحشرة من الماء دوراً في مراقبة فتح وإغلاق الثغور التنفسية والمثال على ذلك حشرة *Glossina* التي تنظم حركة ثغورها التنفسية تبعاً لمخزونها من الماء وحسب الرطوبة الجوية أيضاً.

إن التنسيق ما بين فتح أو إغلاق الثغور التنفسية والتهوية يستدعي تدخل الخلايا العصبية الواسلة لربط مركز التهوية بالخلايا العصبية المحركة للثغور التنفسية.

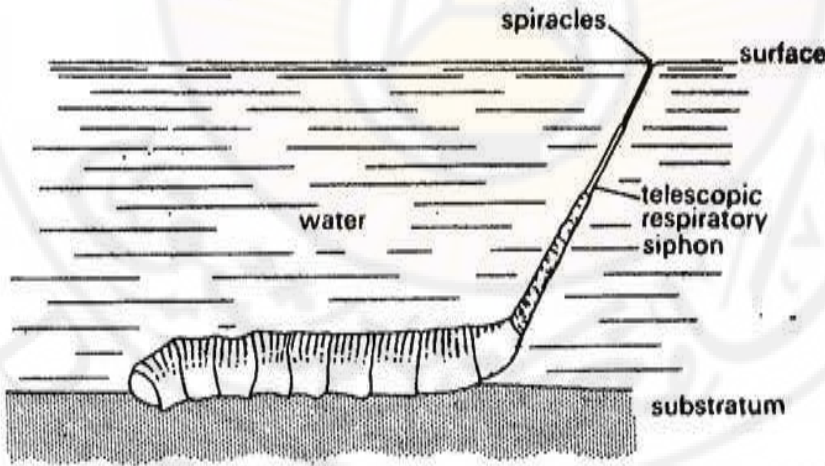
2_ التنفس عند الحشرات المائية:

يحصل الكثير من الحشرات المائية على الأوكسجين اللازم لها من الهواء مباشرة، وهذا يوجب أن تطفو من وقت لآخر على سطح الماء. أما بعض الأنواع الأخرى فتستخدم الهواء الموجود في النباتات المائية الغاطسة وبعضها الآخر يأخذ الأوكسجين من الماء مباشرة.

1_ استخدام الهواء الجوي:

تحصل غالبية الحشرات المائية، الأطوار الفتية والحشرات الكاملة لحشرات Dytique ولعدد آخر من حشرات ذات الجناحين، وخنافس الماء، على الأوكسجين من الهواء الجوي، تماماً كما هو الحال عند الحشرات الأرضية.

وبعض الحشرات الأخرى بالرغم من بقائها في عمق الماء فهي تحصل على الأوكسجين الهوائي بفضل وجود سيفون (Siphon) التنفس التلسكوبي والذي قد يكون أطول بكثير من الحشرة نفسها (شكل 73).



شكل ٧٣ :

ممص التنفس (السيفون) لدى حشرة Eristalis
(عن Imms)

ولا يختلف الجهاز التنفسي عند الحشرات المائية عن نظيره عند الحشرات الأرضية إلا بعدد الثغور التنفسية الفعالة، والتي يكون عددها قليلا عند الحشرات المائية، الثغور فقط هي التي تتعرض للهواء.

وتستطيع الحشرات المائية التي تستخدم الهواء الجوي أن تمنع دخول الماء عبر الثغور التنفسية وذلك عندما تغطس بعدة طرق، فقد يوجد غدد جار ثغرية تفرز مواد زيتية بالقرب من الثغور التنفسية وتصبح هذه الأخيرة غير قابلة للبلل، أو قد يوجد أوبار تحيط بالثغور التنفسية غير محبة للماء، في أثناء وجود الحشرة داخل الماء تشكل هذه الأوبار تاجا مغلقاً حول الثغر التنفسي وتمنع دخول الماء. وعندما تصعد الحشرة إلى سطح الماء، فإن هذا التاج الهدبي يحطم الفيلم السطحي للماء، ويفتح ومن ثم يتمدد نتيجة للضغط السطحي للماء وبذلك يتصل الثغر التنفسي وبشكل كبير مع الهواء الجوي.

تكون القصبات الهوائية الرئيسية عند خنافس الماء Dytique ويرقات البعوض متحورة لتخزين احتياطي كاف من الهواء يسمح لها بالبقاء مدة طويلة تحت سطح الماء. أما بعض الحشرات الأخرى فتتزود بمخزون آخر خارجي، إذ تحتفظ بفقاعة هواء مغلفة بطبقة كثيفة من الأهداب غير المحبة للماء ويختلف موقع هذه الفقاعة حسب الحشرة (تحت الغمدين لحشرة Dytiscus). وتفتح الثغور التنفسية ضمن هذا المخزون الاحتياطي، حيث تتم التبادلات التنفسية عندما تغطس هذه الحشرة في الماء. بتتالي هذه التبادلات التنفسية ينخفض الضغط الجزئي للأوكسجين في المخزون الهوائي، ويتم التوازن ما بين غاز الفقاعة والغازات المنحلة في الماء لا عن طريق دخول الأوكسجين باتجاه الفقاعة ولكن عن طريق خروج الآزوت، وبذلك يؤدي هذا المخزون الهوائي الخارجي دور الغلاصم الفيزيائية. كما أنه يساعد الحشرة على الطفو إلى سطح الماء.

2_ استخدام الهواء الموجود في النباتات الغاطسة:

تستطيع بعض الحشرات المائية سد حاجتها من الأوكسجين عن طريق النباتات المائية. ولا تحتاج هذه الحشرات إلى الصعود الدوري إلى سطح الماء للتزود بالأوكسجين. إذ يمكن للأجزاء غير المحبة للماء أن تلتقط الفقاعات الغازية التي تطرحها النباتات المائية. فيرقات Curaibionidae تحصل على الأوكسجين من الأبرونشيم Aeronchyme للنباتات المائية و ذلك بتمزيق الساق أو الجذور. وقد تحمل الثغور التنفسية الفعالة لبعض الحشرات (Culicidae) على عضو ثاقب يقوم بثقب النبات وتصل الثغور التنفسية إلى الأنسجة التي تحتوي على أوكسجين حيث تستطيع سد حاجتها من هذا الغاز.

3 _ استخدام الأوكسجين المنحل في الماء :

عند كافة الحشرات المائية هناك انتشار جزئي للأوكسجين المنحل في الماء عبر جدار الجسم، وتحتوي الحوريات المائية غالباً على كيوتيكل نفوذ للتبادلات الغازية والتي قد تكفي حاجة بعض الحشرات صغيرة الحجم، أما الحشرات الكبيرة فبإمكانها استخدام إحدى الطريقتين للحصول على الأوكسجين:

_ الخياشم (الغلاصم) Tracheobranchies

عبارة عن انغمادات خارجية في جدار الجسم أو المستقيم، يكون جدارها رفيعاً و تحتوي على عدد كبير من القصبيات الهوائية. فالأوكسجين الذي يدخل الجسم على هيئة محلول، سيتحرر على هيئة غاز داخل القصبات الهوائية والتي تحافظ على عملها كناقل للغازات داخل جسم الحشرة.

تحتوي غالبية الحوريات المائية على خياشم وكذلك بعض العذارى، ويختلف شكل وموقع هذه الخياشم حسب نوع الحشرات، ويتجدد الماء المحيط بهذه

الخياشم باستمرار، فعند حشرات Ephemera تؤدي ضربات الخياشم إلى حدوث تيار مائي ويعتمد سرعة ضربات الخياشم على نسبة الأوكسجين في الماء.

تحتوي بعض حشرات نصفية الأجنحة Aphelocheirus و غمديات الأجنحة Haemonia على طبقة هوائية والتي قد تغطي كلياً أو جزئياً سطح الجسم، وهذا الفيلم الرقيق من الهواء تحفظه أهداب غير محبة للماء، ولكن هنا تكون الأهداب كثيفة جداً وتكون متوضعة بشكل مائل مقارنة بسطح جسم الحشرة. ويبقى حجم هذه الطبقة ثابتاً، وبمكانه أن يؤدي دور الخياشم الفيزيائية وبشكل مستمر. تتصل الثغور التنفسية بهذه الطبقة من الهواء حيث تتم التبادلات الغازية، ويستبدل الأوكسجين المستهلك باستمرار عن طريق الانتشار.

4 _ الحشرات الطفيلية الداخلية:

تستخدم بعض الحشرات الطفيلية الداخلية الهواء الجوي كمصدر للأوكسجين. فيرقات الحشرات ذات التطول الداخلي والتي تهاجم الفقاريات، مثل يرقات Hypoderma، تقوم بثقب جدار جسم العائل وبذلك تضمن اتصال الثغور التنفسية بالوسط الخارجي.

بعض يرقات Gymnosoma Tachinidae وكذلك حشرة Encyrtus infelix من chalcidien تحصل على الأوكسجين اللازم لها من الجهاز التنفسي للعائل مباشرة.

لكن غالبية الحشرات ذات التطول الداخلي تحصل على الأوكسجين عن طريق الانتشار عبر أنسجة العائل.



الفصل الخامس عشر

الجسم الدهني

يؤدي الجسم الدهني أو الأنسجة الدهنية دوراً رئيسياً وهاماً في فيزيولوجيا الحشرات، حيث يتم فيه العديد من مراحل الاستقلاب المختلفة الأساسية منها والوسيط. كما يقوم بتخزين المواد السكرية والبروتينية إضافة للمواد الدهنية، ويزود الدم بهذه المواد وقت الحاجة. ويسهم الجسم الدهني بإزالة سمية بعض المواد السامة والتي تصل إلى دم الحشرة مثل المبيدات الحشرية، كما وتقوم خلاياه بتخزين فضلات الاستقلاب كالبولة أو الأملاح المعدنية الأخرى.

أولاً- تركيب الجسم الدهني:

يشغل الجسم الدهني جزءاً كبيراً من التجويف العام ليرقات الحشرات ذات التطور الكامل. ويحتل حوالي 50% من الوزن الكلي ليرقات الذباب (*Calliphora*) وقد يصل إلى حدود 65% من وزن يرقات النحل.

يشكل الجسم الدهني كتلة غير منتظمة الحواف، أو يكون على شكل خطوط عريضة أو طبقات مثقبة. أما عند الذباب الأبيض فتكون خلايا الجسم الدهني منفصلة بعضها عن بعض موجودة في الدم. وتحصل هذه الخلايا على الأوكسجين اللازم لها عن طريق القصبات الهوائية. وبشكل عام يمكن أن نميز طبقتين من الجسم الدهني، الطبقة المحيطية والتي تقع تحت نفع تحت جدار الجسم، والجسم الدهني الحشوي، والذي يحيط بالأنبوب الهضمي وجهاز التكاثر والجهاز العصبي (شكل 74).

وحاجتها للطاقة. ويصنع الغليكوجين داخل الجسم الدهني بدءاً من اليوريدين Uridine Diphosphate Glucos والتي يرمز لها بـ(UDPG). أما المادة الأخيرة فتتشكل من الغلوكوز ذي المنشأ الغذائي والموجودة في دم الحشرة باتحاده مع جزيء اليوريدين ثلاثي الفوسفات (UTP). وقد يصنع الغليكوجين أيضاً بتأثير أنزيم الفوسفوريلاز Phosphorylas .

(2) التريهالوز Trehalose

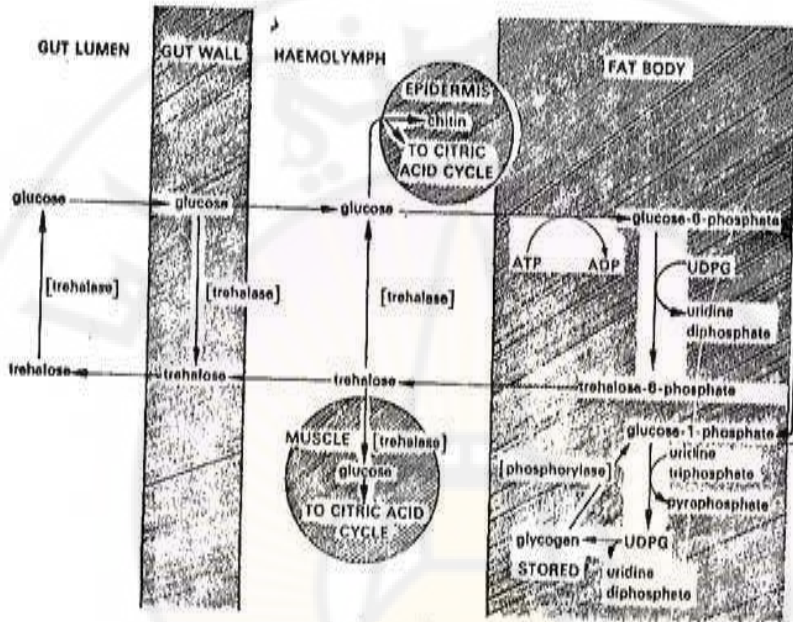
أثبتت الدراسات الحديثة أن تصنيع التريهالوز يتم داخل الجسم الدهني، ويستطيع هذا الأخير تحويل الغلوكوز إلى تريهالوز متبعاً نفس الطريق الاستقلابي للغليكوجين. إذ إن الغلوكوز الذي أخذه الجسم الدهني يعطي غلوكوزاً سداسي الفوسفات Glucose-6-Phosphate ويتحد هذا الأخير مع UDPG والذي يستخدم كمعطاء للغلوكوز لإنتاج التريهالوز 6 - فوسفات -Trehalose 6-Phosphate ويتحلل هذا الأخير بواسطة أنزيم الفوسفوريلاز Phosphorylase المتخصص.

يشكل التريهالوز مخزوناً حقيقياً للطاقة في الدم، و يعد المصدر الرئيسي للكربون في أثناء تحلل الغليكوليز Glycolyse. ويحدد تركيز التريهالوز في الدم بواسطة السرعة النسبية لمرحلتين، الأولى انسحابه من الدم لتلبية حاجة الحشرة للطاقة، و الثانية تعويضه من قبل الجسم الدهني (شكل 75).

يستخدم الـ(UDPG) أيضاً لتشكيل الغلوكوسيدات (Glucosides) داخل الجسم الدهني. وتسهم عملية تصنيع الغلوكوسيدات بإزالة السمية عند الحشرات. إذ تصبح المركبات السامة كالفيينول الممتص من الوسط أو المصنعة من قبل الحشرة تصبح غير فعالة على هيئة Phenyl-β-Glucosides. ونجد نفس الظاهرة بالنسبة للكاربامات.

ب- استقلاب المواد الدهنية:

تخزن الدهون على شكل غليسيريدات ثلاثية Triglycerides، و تختلف الأحماض الدهنية التي يتضمنها من مجموعة لأخرى، فتحتوي بعض الحشرات



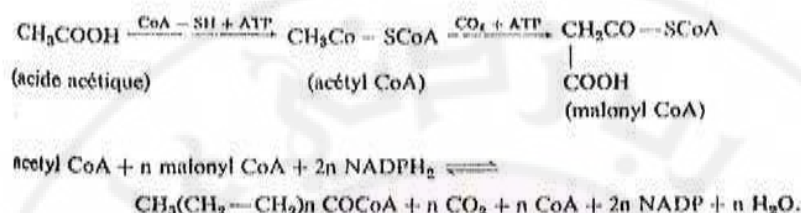
شكل ٧٥ :

شكل توضيحي يبين تحليل السكريات داخل الجسم الدهني

على نسبة كبيرة من الأحماض الدهنية التالية: حمض بالميتيك Palmitique و Stearique والمشبعة على ذرات الكربون (16-18c) وكذلك حمض Oleique. ولكن عند العديد من الحشرات نلاحظ أن الدهون تتألف بشكل أساسي من الأحماض الدهنية غير المشبعة ولها من 2 - 3 روابط مضاعفة أو أكثر. وتتصف الأحماض الدهنية عند المن بأنها مشبعة و ذات سلسلة قصيرة.

تحتوي خلايا الجسم الدهني على أنزيمات تشجع تصنيع الدهون وقد أثبتت الدراسات أن الجسم الدهني يمكنه أن يصنع سلاسل طويلة من الأحماض

الدهنية بتكثيف الخلات (Acetate) المتكرر. وقد تم إثبات ذلك باستخدام الخلات الموشومة ويتم صنع السلاسل الطويلة من الاحماض الدهنية على النحو التالي (شكل 76):



شكل ٧٦ :
النشاطات الاستقلابية للجسم الدهني

يتطلب تنشيط الخلات جزيئات الـ ATP وكذلك وجود (CoA = CoenzymeA) لإعطاء مركب استيل CoA. ولتحول هذا المركب إلى مالونيل Malonyl CoA يحتاج إلى وجود غاز ثاني أكسيد الكربون و ATP أيضاً. أما وجود حمض Cetoglutarique أو أي عنصر آخر من حلقات الأحماض ثلاثية الكربوكسيل فهو ضروري لإرجاع NADP إلى NADPH₂ وللنفاعلات اللاحقة.

تعد المواد الدهنية المحفوظة في الجسم الدهني مخزوناً هاماً للطاقة يمكن أن يتحرك وبسرعة عند الحاجة (جوع الحشرة) أو لتوفير النشاط العضلي. وتوجد أنزيمات الليباز Lipases حول الكتل الدهنية وتشجع تحلل الغليسيريدات الثلاثية وهذا التحلل عكسي. وتؤدي هذه الأنزيمات إلى قطع الروابط الاستيرية للغليسيريدات وتشكل بذلك الأحماض الدهنية والغليسرول. تسير الأحماض الدهنية والغليسيريدات الثنائية المتحررة في الدم بعد ارتباطها ببعض البروتينات المتخصصة. أما الغليسرول الناتج عن عمل انزيم الليباز فتتم فسفرته

(Phosphoryse) داخل الجسم الدهني وينتقل على هذا الشكل إلى عضلات الطيران حيث يتم هناك تحوله إلى استيل كوانزيم . Acetyle CoA.

ت- استقلال الأحماض الأمينية و البروتينات:

1) الأحماض الأمينية Amino Acids

يتم استقلال جزء كبير من الأحماض الأمينية داخل الجسم الدهني. وتختلف أهميته حسب نوع الحشرات، فيرقات الذباب Calliphora يحتوي الجسم الدهني لديها على كمية كبيرة من التيروسين Tyrosine، الذي ينتقل إلى الدم في أثناء تشكل العذراء ليقوم بتصلب وتلون الكيوتيكل. وبالنسبة للأجسام الدهنية التي تحتوي على خلايا Mycetocytes فإن الكائنات الدقيقة تقوم بتصنيع الأحماض الأمينية. أما في حال غياب هذه الخلايا فإن خلايا الجسم الدهني تقوم بتصنيع الأحماض الأمينية، وذلك بتحويل المجموعات الأمينية لأحد الأحماض الأمينية إلى حمض سيتوني (R-Co-Cooh) وكذلك تصنيع حمض أميني آخر دون أن يمر بالجذر (NH₃). ويكون هذا التحويل نشيطاً في الجسم الدهني، فلو أخذنا جناساً من الجسم الدهني لوجدناها قادرة على تشجيع تشكيل البروتينات ما بين α - Cetoglutarate والعديد من الأحماض الأمينية.

ويحتوي الجسم الدهني على عدد من الانزيمات مثل انزيم ديهيدروجيناز Deshydrogenase لحمض الغلوتاميك عند الجراد ويسمح هذا الانزيم بنقل الهيدروجين إلى NAD. كما توجد انزيمات أخرى والمرتبطة بالاستقلاب الوسيط للأحماض الأمينية، فقد أثبتت التجارب أن الجسم الدهني للجراد يستطيع أن يشكل الغلوتامين بدءاً من الغلوتامات و الأمونيوم. أما الجسم الدهني للصرصار فإنه يقوم بتصنيع السيرين بدءاً من الغليسين Glycine والفورمات .Format

تتدخل بعض الأحماض الأمينية الكبريتية بإزالة سمية بعض المواد فعند الجراد مثلاً يتحول المركب (P-Netrobenzyl) داخل الجسم الدهني إلى P-Nitrobenzylgutathion و الذي سيطرح فيما بعد كما هو أو أن يتحول إلى P.NITROBENZYL eysteine بواسطة أنابيب مالبكي.

(2) البروتينات:

تتراكم البروتينات داخل الجسم الدهني خلال الطور البرقي، وذلك من أجل استخدامه فيما بعد، أما عند الحشرة الكاملة فتخزن البروتينات داخل الجسم الدهني للأغنى خاصة و ذلك لإسهامه بتطور البويضات.

تنقص كمية البروتينات في دم بعض الحشرات (Pieris) وذلك في أثناء فترة التحول إلى عذراء، و توجد بروتينات الدم الرئيسية داخا الجسم الدهني. وقد بينت الدراسات الحديثة أن الدم يستطيع تصنيع البروتينات إضافة لتخزينها. وتسير هذه البروتينات في الدم لتشكيل بروتينات الدم و لتصل إلى مختلف أعضاء جسم الحشرة. وتقوم خلايا الجسم الدهني بصنع عدد من البروتينات الدموية مثل الغلوبولين (Globuline, I et II) كما هو الحال عند يرقات دودة الحرير.

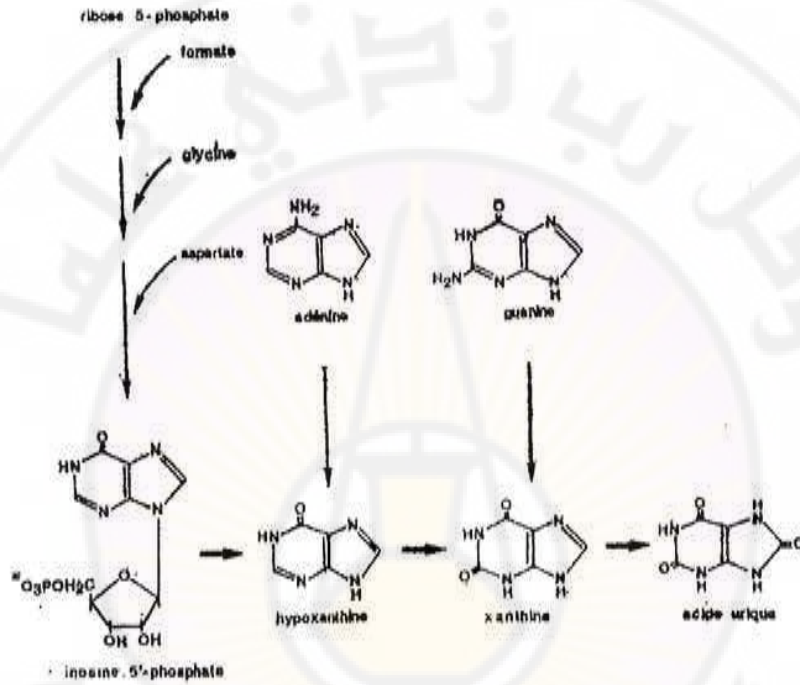
ث - استقلاب البورين Purine

يستطيع الجسم الدهني تصنيع حمض البولة و الذي يعد المادة الرئيسية للإطراح الأزوتي عند الحشرة. وقد يتراكم حمض البولة يكون مصدره الأزوت البروتيني. ويصنع حمض البولة بشكل مؤقت على هيئة بلورات كروية Sphero cristuax من اليورات أو قد يعبر الى الدم ليتم إطراره فيما بعد.

وتنتج كميات قليلة من حمض البولة عن طريق أكسدة القواعد البولية للأحماض النووية، و لكن الجزء الهام من حمض البولة بدءاً من سكر الريبوز -

5 - فوسفات إضافة للأزوت ذي المنشأ المختلف (فورمات - غليسين ...)
ليشكل لنا مركب:

انيوزين -5- فوسفات وهذا الأخير بعد عدة تفاعلات يعطينا حمض
البولة (شكل 77).



شكل ٧٧ :

تشكل حمض البولة داخل الجسم الدهني

يحتوي الجسم الدهني عند بعض الحشرات (Calliphora, Lucilia) على
انزيم اليوريكاز Urecase والذي يكون نشيطاً جداً، كما أن أنزيم الالنتويناز
(Allantoinas) يوجد داخل الجسم الدهني ليرقات (Saturina, Bombyx).
وتؤدي هذه الأنزيمات إلى تحلل حمض البولة و بالتالي طرح نواتج التحلل).



الفصل السادس عشر

جهاز التكاثر

يكون التكاثر عند غالبية الحشرات ثنائي الجنس، فالخلايا الجرثومية المذكرة والمؤنثة تنتج من أفراد مختلفة، ولا تتطور البويضة إلا بعد الإخصاب بالحيوان المنوي. وتكون أعضاء التكاثر عند كلا الجنسين متشابهة في مرحلة التطور الجنيني ثم تتمايز في مرحلة ما التطور ما بعد الجنيني لتصبح مختلفة جداً عند الحشرات الراقية. ونجد عند الحشرات حالات التكاثر البكري (Parthenogenesis)، كما وتظهر بعض الحشرات حالة التخثث Hermaphrodites مثل حشرات البق الدقيقي الاسترالي.

تتألف أعضاء التكاثر سواء لدى الأنثى أم الذكر من غدتين لإفراز الحيوانات المنوية في حالة الذكر والبيض في حالة الأنثى. تعبر هذه الإفرازات في قناتين جانبيتين تتحدان معاً وتشكلان قناة وسطية يرتبط بها بعض الغدد الإضافية، وتصب هذه القناة في الفتحة التناسلية و التي يكون لها موقع مختلف حسب النوع والرتب.

1. الجهاز التناسلي عند الأنثى :

يتوضع الجهاز التناسلي عند الأنثى في البطن على جانبي الأنبوب الهضمي، ويتألف من زوجين من المبايض (Ovaire) وعلى قناتين جانبيتين Oviduct منشؤها الوريقة الوسطى (Mesoderme)، تتصلان معاً وتشكلان قناة مشتركة (Oviduct commun) منشأ هذه القناة هي الوريقة الخارجية، وتفتح هذه القناة إلى الخارج بواسطة الفتحة التناسلية Gonopore.

تتكون المبايض من عدة أنابيب دقيقة تدعى Ovarioles تصب في قناة

Diagram A shows a longitudinal section of the ovary with multiple ovules and a single style. Diagram B shows a longitudinal section of the ovary with two styles, each with a stigma and a long style. Labels include ov, ovl, g, gsp, sp, gc, and cg.

رسم تخليطي لآلة وضع البيض

eg : المهبط O : المبيض

المهبط : cg O : المبيض

g : الفتحة التناسلية OV : افرع البيض

gc : العدد الإضافية
OVC : قناة البيض المشتركة

gcpr : هذه القابلة المنوية
OVL : قناة المبيض الجانبية

L : خيط التعليق (الخيط الطرقي) SP : القابلة المنوية

(Snodgrass عن)

374

غالبية الحشرات الأخرى فتحدد هذه القنوات الجانبية وتشكل قناة مشتركة تمتد داخل الحلقة البطنية الثامنة ولذلك توجد الفتحة التناسلية في نهاية الاسترنة الثامنة، داخل الحجرة التناسلية Genital Chamber.

وتصب في هذه الحجرة أيضاً قناة كيس الحيوانات المنوية Spermatheca وتخزن هذه الأخيرة الحيوانات المنوية الواردة من الذكر في أثناء السفاد . وقد تصبح الحجرة التناسلية عند العديد من الحشرات كجيب داخلي على امتداد قناة المبيض المشتركة وتدعى في هذه الحال بالمهبل Vagin. وهذا الأخير قد يفتح في الجزء الخلفي للحلقة البطنية الثامنة أو في الحلقة البطنية التاسعة، وهذا ما نجده عند العديد من الحشرات وتشكل الفتحة الثانوية الـ vulve الذي يستخدم للتزاوج ولإخراج البيض، أما عند حشرات حرشفيات الأجنحة (Ditrysiens) فيوجد فتحتان تناسليتان، الفتحة الأولى وتكون موجودة على الحلقة البطنية الثامنة و التي تدعى (vuvle) وتتصل بالقابلية المنوية (Burs Copulatrix)، أما الفتحة الثانية فتكون موجودة على الحلقة البطنية التاسعة وتستخدم لوضع البيض . ويصب غالباً في الجزء الطرفي للمهبل زوج أو زوجان من الغدد الإضافية.

أ- أفرع المبيض وتشكل البيض :

يتكون فرع المبيض من أنبوب طلائي طويل يتوالى على امتداد طوله عدة مراحل لتكوين البيوض. وبذلك نميز عدة مناطق: المنطقة الجرثومية Germarium وتلي مباشرة الخيوط الطرفية، والمنطقة التي تليها منطقة الإنضاج Vitellarium و المنطقة القاعدية التي تحتوي على البويضات الناضجة وتنتهي بحامل Pedicelle.

تضاعف الخلايا التناسلية Ovogonies والموجودة في المنطقة

الجرثومية لتعطي البويضات Ovocytes والخلايا المغذية أو ما يطلق عليها اسم Trophocytes.

منطقة الإنضاج Vitellarium: تشغل هذه المنطقة الجزء الأكبر من فرع المبيض وتحتوي على البيوض بأطوار مختلفة متوضعة الواحدة تلو الأخرى وتحاط بخلايا من نوع Follicule Epitheliale. تجمع البويضات مخزونها المحي في أثناء نزولها داخل فرع المبيض، ويصبح لها غشاء محي Membrane Viteline وقشرة خارجية هو الكوريون Chorione.

يتصل فرع المبيض بقناة المبيض الجانبية بواسطة حامل دقيق يدعى Pedicelle، ويوجد سداة مؤلفة من مجموعة من الخلايا الطلائية والتي تفصل البيضة النهائية عن تجويف الحامل.

1. أنواع أفرع المبيض :

يؤثر وجود الخلايا المغذية على طريقة تكوين مح البيضة، ولذلك تقسم أفرع المبيض إلى عدة أنواع وذلك حسب وجود الخلايا المغذية وتوضعها أو غيابها (شكل 79).

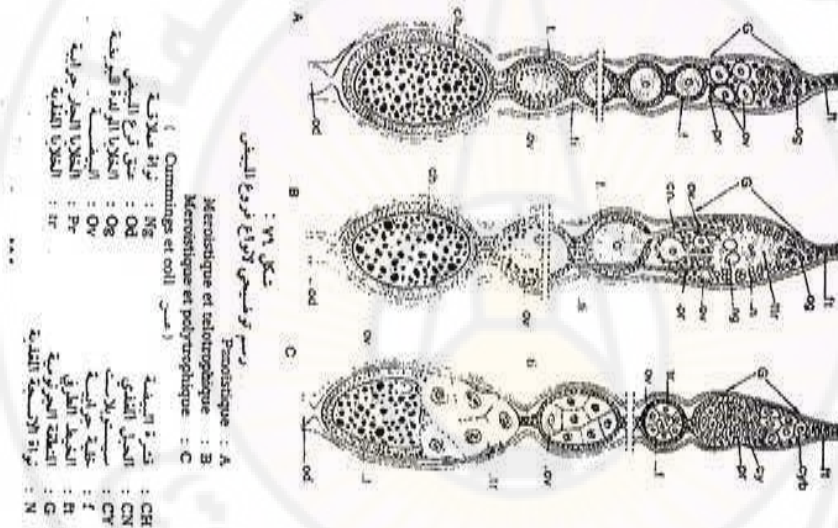
- Ovarioles Panoistiques: لا يحتوي هذا النوع من الأنابيب المبيضية على الخلايا المغذية، ويستعاض عنها بالخلايا الجرابية Celulle Folliculaire والتي تعمل كأنسجة مغذية، وتميز هذه الوضعية عند الحشرات القديمة مثل ذات الذنب الشعري - مستقيمت الأجنحة الرعاشات - النمل الأبيض . وقد اكتسبت بصورة ثانوية عند Ephemeroptera.

لا تحتوي المنطقة الجرثومية في هذا النوع إلا على الخلايا التناسلية والبويضات وكذلك الخلايا Prefolliculaire. أما في قاعدة المنطقة الجرثومية فتحات البويضات بطبقة من الخلايا الجرابية Cellules Folliculaires والتي

قد تشكل طبقة كاملة. أما في منطقة النضج (Vitellarium) فتحتاط البيوض بطبقة كاملة من الخلايا الجرابية.

:Ovarioles Meroistiques

يوجد لدى هذا النوع الخلايا المغذية وكذلك الخلايا الجرابية. تسهم الخلايا المغذية و التي تنحدر من الخيط النهائي بتجميع مخزون البويضة. ونميز في هذه الحالة نوعين من الأنابيب المبيضية:



Ovarioles Telotrophiques أو تدعى

Acrotrophiques: تبقى الخلايا المغذية عند هذا النوع من الأفرع ثابتة في المنطقة الجرثومية وتتميز هذه الخلايا بأن لها نواة كبيرة ويخرج منها أنبوب غذائي والذي يغذي البويضة الموجودة داخل منطقة النضج Vitellarium ، وما عدا هذه الميزة فإن الأنابيب (الأفرع) المبيضية تشبه الأنابيب من نوع

Panoistique. ونجد هذا النوع عند حشرات نصفية الأجنحة وغمديات الأجنحة ذات النظام الغذائي المتعدد.

Ovarioles polytrophiques: في هذه الحالة ترافق الخلايا

المغذية البويضة في أثناء انتقالها إلى منطقة النضج ، ويحاط كل بويضة بعدد محدد من الخلايا المغذية والتي تكون كبيرة الحجم في البداية ومن ثم تصب محتوياتها السيتوبلاسمية داخل البويضة. ونجد هذا النوع من الأنابيب المبيضية عند غالبية الحشرات كاملة التطور وعند بعض الحشرات ذات التطور الناقص .

2. تمايز البويضات و الخلايا المغذية :

يتم تمايز البويضات في المنطقة الجرثومية ، ففي حالة المبايض من نوع Panoistique تكون كافة الخلايا الجرثومية عرضة لأن تصبح بويضات ، أما عند المبايض Meroistique فهناك اختلاف بتطور الخلايا، إذ إن بعض الخلايا الجرثومية فقط تعطي بويضات ، أما الخلايا الأخرى فتعطي الانسجة المغذية لأفرع المبيض، أو تشكل خلايا مغذية (Trophocytes) لأفرع المبيض من نوع PloyTrophique وعند هذا النوع نجد الخلايا (Cystoblaste) الناتجة عن الخلايا التناسلية الأولية والتي تتحمل عددا محددا من الانقسامات غير المباشرة (Mitose) لتعطي (Cyste) مؤلفا من عدد ثابت من الخلايا، خليتان عند إبرة العجوز، ثمان خلايا عند البعوض Aedes تحاط كافة هذه الخلايا بغلاف داخل نفس الجراب (Follicule). وستطور خلية واحدة من هذه الخلايا لتعطي البويضة، أما بقية الخلايا فنتحول إلى خلايا مغذية.

3. تشكل المح :

تتراكم المواد السيتوبلاسمية بشكل رئيسي خلال الفترة التي تسبق تشكل المح، أما التخزين الحقيقي فيتم في أثناء تشكل المح ويكون ذلك على شكل كريات

دهنية متراكمة، أو صفائح ذات طبيعة بروتينية. يختلف منشأ هذه المواد ، فبعضها يتم صنعه من قبل البويضة نفسها أو من قبل الخلايا المغذية أو الخلايا الجرابية، والمصدر الأخير قد يكون عن طريق الدم

إن الدم هو المصدر الرئيسي للمخزون البروتيني عند البويضات، وقد وجد عند بعض الحشرات (Hyalophora) إن دم الإناث يحتوي على البروتينات خاصة لا توجد عند الذكور، وتمتص هذه البروتينات بشكل مفضل من قبل البويضات (Oocyte) وتصبح مركزة داخل مح البويضة بنسبة أكبر — 20-30 مرة عما هو موجود بالدم. أما بروتينات الدم الأخرى فإنها تمتص ولكن بكميات أقل . وتدعى هذه البروتينات الخاصة، باسم البروتينات الأنثوية، وتصنع من قبل الجسم الدهني، والذي يلقي بها في الدم، وبمرور هذا الأخير في الفراغ الموجود ما بين الخلايا الجرابية يصل إلى سطح البويضة حيث يتم أخذ لبروتينات الأنثوية من قبل خلايا البويضة عن طريق ظاهرة الابتلاع Pinocytose (شكل 80)، تتحد الكريات الصغيرة الناتجة معاً لتشكل كريات بروتينية كبيرة وتحاط بغشاء خاص. وقد وجد عند بعض الحشرات أن البويضة والخلايا الجرابية تقوم بتصنيع البروتينات ولكن بكميات قليلة، وتبقى بروتينات الدم هي الأكثر.

لا يوجد الغليكوجين في بويضات كل الحشرات، فعند حشرات Bombus و Anisolabis يحول السكر القادم إلى الدم إلى غليكوجين وذلك عن طريق الخلايا المغذية وبعد ذلك ينقل الغليكوجين إلى البويضة. أما عند الحشرات الأخرى، فلا يظهر الغليكوجين في البويضة إلا بعد هضم الخلايا المغذية، وفي هذه الحال قد تسهم الخلايا الجرابية في تصنيعه أو أن البويضة نفسها تقوم بصنعه ابتداء من الجلوكوز كما هو الحال عند النمل.

أما المخزون الدهني، فمصدره عند غالبية الحشرات هو الجسم الدهني، إذ

لوحظ بأنه عندما يوجد انخفاض في المخزون الدهني للجسم الدهني، فإن الزيادة داخل البويضة تظهر. ومن المحتمل أنه لدى الحشرات ذات الأنابيب المبيضية من نوع Meroistic، تحصل البويضات على الدهون اللازمة لها عن طريق الخلايا المغذية. ويوجد ثلاثة أنواع من المحتويات الدهنية:

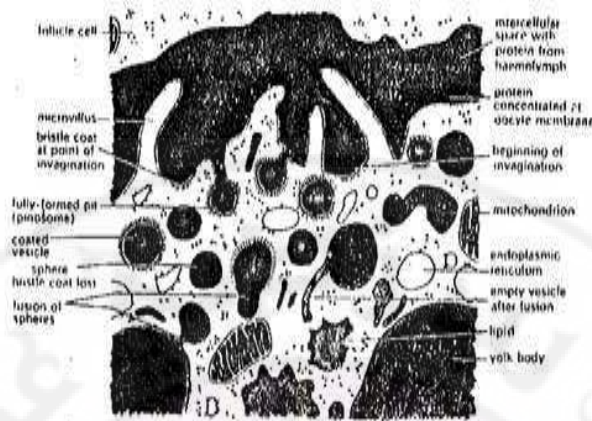
- التجمعات الأولية للمواد الدهنية: وهي عبارة عن حبيبات تحتوي بشكل رئيسي على الليبيدات الفوسفورية Phospholipids.

- الحبيبات التي تحتوي على كميات كبيرة من الغليسيريدات الثلاثية Triglyceride وتحاط هذه الحبيبات بطبقة من الليبيدات الفوسفورية.

- النوع الأخير من الحبيبات تتكون من الغليسيريدات الثلاثية المشبعة.

4- غشاء المح وقشرة البويضة:

تحاط البويضة، بعد انتهاء تشكل المح، وهي لا تزال في أفرع المبيض، تحاط بغلافين: الغلاف الداخلي وهو رقيق ويطلق عليه اسم الغلاف المحي، أما الغلاف الخارجي أو القشرة فيكون أكثر سماكة وذات تركيب معقد، وتقوم الخلايا الجرابية Follicule بإفراز هذا الغلاف. وقد بينت الدراسات فوق التركيبية عند حشرة Aeshma أن المادة الأساسية للغشاء المحي تصنع داخل الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية المحببة، وفي جهاز غولجي للخلايا الجرابية، وبعد ذلك تفرز إلى داخل الفراغ المحيط بالبويضة على هيئة أجسام محبة، تتحد هذه الأخيرة فيما بعد لتشكل طبقة مستمرة هي الغشاء المحي. وقد تساهم البويضة أيضا بإفراز هذا الغشاء.



شكل ٨٠ :

رسم تخطيطي يبين طريقة الحصول على البروتينات عن طريق ظاهرة
الابتلاع ، وضمها الى محتوى البويضة لدى حشرات Aedes
(عن Roth et coll)

تتشكل قشرة البويضة بعد الانتهاء من إفراز الغشاء المحي وتقوم الخلايا الجرابية غالبا بإفراز القشرة، ولكن عند الحشرات التابعة لفصيلة Acrididae تفرز قناة المبيض المشتركة القشرة إضافة إلى الخلايا الجرابية.

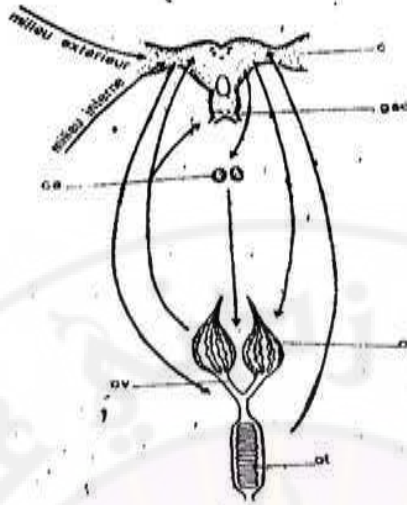
يعرف الجزء الذي تفرزه الخلايا الجرابية باسم القشرة Chorion وتتألف القشرة من طبقتين: الداخلية تدعى Endochorion والخارجية تدعى القشرة الخارجية Exochorion (شكل 81) ولكل من هاتين الطبقتين طبيعة كيميائية مختلفة.

وكما ذكرنا سابقا فإن حشرات الـ Acrididae تسهم بإفراز القشرة فهي تفرز طبقة تدعى Extrachorion تعطي الـ Exochorion. ويوجد على القشرة فتحة النفير Micropyle حيث نجد عددا من الثقوب الصغيرة أو خطوط الفقس.

وتقوم الغدد الصم أيضا بتنظيم ومراقبة عمليات الاستقلاب في الجسم الدهني وبشكل خاص مراقبة تشكل البروتينات الأنثوية الفردية لتشكل المح، ووجدت هذه الظاهرة عند العديد من الحشرات Rhodnius و الصرصار.

وتؤثر هرمونات الغدد الصم Gonadotrope مباشرة على مخزون المح الذي تحصل عليه البويضة، ففي أثناء وجود الغدد الصم نلاحظ إن البويضة التي تدخل في طور تشكل المح تصبح لديها الفراغات الموجودة بين الخلايا الجرابية لتسمح بعبور المواد البروتينية، وفي حال غياب هذه الغدد فلا نجد هذه الفراغات.

لقد أثبتت الدراسات أيضا، أن هناك أعضاء أخرى لها تأثير على النشاط التكاثري الأنثوي، فقد وجد أن الخلايا العصبية المفترزة للمخ الأول هي المسؤولة عن تشكل البويضات، وإن تخريب الجزء الأمامي للمخ الأول Parsintercerebralis يؤدي إلى اضطراب عمل المبيض وبالتالي إلى عقم قد يكون كاملا. وقد يكون تأثير المخ غير مباشر وذلك عبر الغدد الصم، فقد وجد عند حشرة Rhodnius أن امتلاء الأنبوب الهضمي بالدم، وهو عبارة عن المحرض الأساسي لبدء نشاط الخلايا العصبية المفترزة والتي بدورها تفرز وبسرعة الهرمون المنشط للغدد الصم Allatotrope.



شكل ٨٢ :

المراقبة الهرمونية لجهاز التكاثر الانثوي لدى الحشرات
(عن Scharrer)

المخ	: C	البويضات	: ov
الغدد الصم (كوربورا البثور)	: Ca	المهبل	: ot
العقدة العصبية تحت المريئية	: gao	قناة المبيض الجانبية	: ca

ويقوم المخ غالبا بمراقبة مزدوجة وذلك عن الطريق العصبي أو عن الطريق الهرموني. فالمخ هو المسؤول عن نمو الغدد الصم وبالتالي عن إخصاب الإناث، فقد أثبتت الدراسات التي أجريت على حشرة *Oncopterus* أن إزالة الخلايا العصبية المفرزة للمخ الأول لا تسمح للغدد الصم بالوصول إلى تطورها الكامل وبالتالي يكون إخصاب الإناث منخفضا. وفي حال جوع الحشرة يؤثر المخ عن طريق الأعصاب على الغدد الصم ويقوم بدور مثبط وبذلك لا تتضج البويضات.

وتؤثر الخلايا المفرزة المخية مباشرة على نشاط المبيض عند العديد من الحشرات، فإن تخريب مقدمة المخ الأول يخفض نسبة الإخصاب ويؤخر وضع البيض وقد وجدت هذه الظاهرة عند حشرات *Carausius* وعند هذه الأخيرة لا تقوم الغدد الصم بأي تأثير على عمليات تشكل البيض.

وتقوم الغدد الصم بمراقبة نشاط الغدد الإضافية، والتي يترافق تطورها مع نمو البويضات، وتقوم الغدد الإضافية بإنتاج مفرزاتها في وقت الإباضة في أثناء وضع البيض . ففي حال إزالة الغدد الصم C.A تبقى الغدد الإضافية صغيرة ولا تنمو إلا عندما تزرع هذه الغدد الصم ثانية .

2 . الجهاز التناسلي عند الذكر :

يشبه جهاز التناسل الذكري في ترتيبه جهاز التكاثر عن الأنثى، إذ يخرج من كل خصية مزدوجة قناة ناقلة، تتوسع غالباً لتعطي الحوصلة المنوية Vesicule Seminale . تلتقي القناتان الناقلتان وتشكلان قناة مشتركة هي القناة القاذفة (Ejaculatory Duct) ، ينتهي الجزء الطرفي للقناة القاذفة داخل عضو السفاد، وينضم إلى القناة الناقلة الغدد الإضافية. في بعض الحالات تصب القناة الناقلة مباشرة إلى الخارج دون أن تشكل قناة قاذفة ومثال ذلك حشرات Dermaptera , Ephemeroptera, Protura .

أ - الخصيتان وتشكل الحيوانات المنوية: شكل (83)

تتألف كل خصية من عدد من الأنابيب المنوية Testis stubs و التي تصل بالقناة الناقلة بواسطة ساق تدعى (Pedicelle) . يتكون جدار الأنبوب المنوي من طبقة من الخلايا الطلائية يحيط بها غشاء قاعدي. ويوجد غشاء ملون ورقيق جداً يحيط بكافة الأنابيب المنوية يدعى (Peritoneal Sheath) .

ينقسم كل أنبوب منوي إلى عدة مناطق توافق مراحل تكون الحيوان المنوي المختلفة:

المنطقة الجرثومية Germarium :

وتوجد في القمة وتحتوي على الخلايا المنوية الأم وتتضاعف هذه الخلايا وتختلط بخلايا الوريقة الوسطى، ونجد في قمة الأنبوب المنوي غالباً خلايا كبيرة

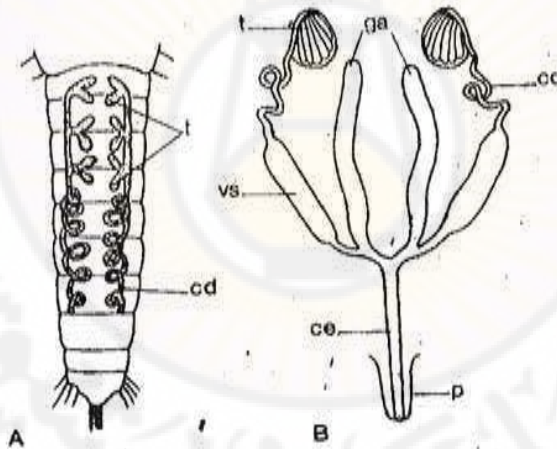
الحجم تؤدي دوراً مغذياً

- Spermatocytes 1 : تحاط كل خلية منوية Spermatogonie

بغطاء من الخلايا والتي تحدد (Cyste) أي صندوقاً خلويًا، تنقسم في داخله الخلايا الجنسية الثانوية Spermatogonie عدة انقسامات (6-8) وتعطي مجموعة من الخلايا 64 إلى 256 تتطور لتعطي (Spermatocyte1).

- منطقة النضج Maturation (شكل 84)

تنقسم خلايا السبيرماتوسايت Spermatocytes انقسامين غير مباشرين وتعطي 4 خلايا تدعى Spermatides . وتحتوي كل خلية على نصف عدد الكروموزومات.

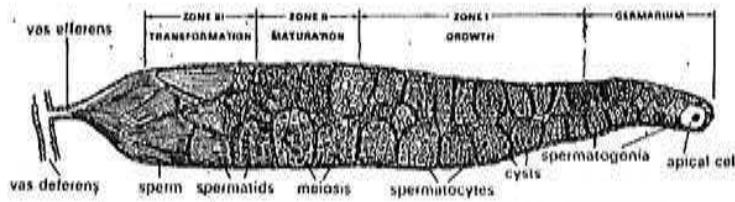


شكل ٨٣ :

A : الجهاز التناسلي الذكري لدى Lepisma

B : رسم تخليطي للشكل العام لجهاز التكاثر الذكري (عن Snodgrass)

عضو السفاد	: p	القناة الناقلة	: cd
الخصية	: t	القناة القاذفة	: ce
المخزن المنوي	: vs	الغدد الإضافية	: ga



شكل ٨٤ :

رسم تخطيطي للخصية يبين مراحل تطور الحيوانات المنوية

(من Wigglesworth)

منطقة التحول (Spermiogenesis) Transformation

في هذه المنطقة تتحول الحيوانات المنوية الأولية إلى حيوانات منوية مذنبية. ويتطلب تشكل الحيوانات المنوية تركيزاً لمواد النوية داخل رأس الحيوان المنوي وتطور الذنب المرتبط بالجسيم المركزي.

تفقد الجسيمات الكوندريية في بداية تكوين الحيوانات المنوية قنازعها الداخلية و تتحد بالقرب من النواة وتشكل (Magromitosome) تجتمع الجاميطات المذكرة داخل الصندوق الخلوي (Cyste) على شكل شبكة محاطة بمادة من السكريات المتعددة والتي ستدوب داخل الحوصلة المنوية (Vesicle Seminal).

ينتهي تكوين الحيوانات المنوية، عند غالبية الحشرات عند ظهور طور الحشرة الكاملة ، وتهاجر الحيوانات المنوية إلى الحوصلة المنوية ابتداء من الأيام الأولى لحياة الحشرة الكاملة ، بعد ذلك تبدأ الخصيتان بالضمور شيئاً فشيئاً. وقد تحافظ الخصيتان على نشاطهما عند بعض الحشرات خاصة تلك التي تتزاوج أكثر من مرة ونجد هذه الحالة عند فصيلة (Chrysomelidae).

ب - الممرات التناسلية والغدد الإضافية :

ينتهي تكوين الحيوانات المنوية قبل مغادرة الجاميطات الذكرية الأنابيب المنوية، ولا تتحل الطبقة الجيلاتينية والتي تجمع الحيوانات المنوية إلا داخل الحوصلة المنوية، ولكن في أغلب الحالات تحرر الجاميطات منذ لحظة خروجها من الخصية وتتحل المواد التي تجمعها وكذلك جدار الـ (Cyste).

عندما تصل الحيوانات المنوية إلى الحوصلة المنوية، فإنها تصبح غير متحركة أما سبب عدم الحركة فهو غير معروف تماما.

تختلف الإفرازات التي تنتج داخل الممرات التناسلية و الغدد الإضافية اختلافا كبيرا. فمثلا عند النحلة، يفرز جدار القناة القاذفة سائلا يختلط بالحيوان المنوي، أما الغدد الإضافية فإنها تفرز مادة مخاطية تتخثر في أثناء تماسها للهواء والماء، وتشكل بذلك سدادة داخل الممرات التناسلية الأنثوية لتأمين حفظ الحيوانات المنوية.

ج - المراقبة الهرمونية لنشاط التكاثر عند الذكر (شكل 85)

تؤثر الغدد الصم C.A على شكل الحيوانات المنوية عند الذكر، ولا يؤدي تغذية الحشرة إلا دورا ثانويا في تكوين الحيوانات المنوية.

ويؤدي الوسيط الجزيئي الكبير (MF) Macromolecular Factor

دورا رئيسيا لتمييز الخلايا الجنسية إلى حيوانات منوية ، وقد تم اكتشاف هذا العامل في دم بعض الحشرات التابعة لعائلة Saturnidae، وقد ينتج الوسيط داخل خلايا الدم المتخصصة، ويحرض الانقسام غير المباشر وتشكل الحيوانات

المنوية ، ولا ينشط هذا الوسيط إلا بوجود هرمون الايكديزون B- Ecdysone

A- Ecdysone

وتقوم الغدد الصم C.a أيضا بمراقبة الغدد الإضافية عند ذكور بعض

نفس المكان أو نفس المصدر الغذائي، كما هو الحال عند حشرات Buprestidae ولكن الحالة العامة ، يتم اللقاء عن طريق إصدار بعض المحرضات عن بعد والتي قد تكون كيميائية أو سمعية أو مرئية.

ولا تتم عمليات التسافد بعد ظهور الحشرة الكاملة مباشرة ، عند العديد من الحشرات وخاصة الإناث، التي ترفض بقوة اقتراب الذكر لأنها تحتاج إلى بعض النضوج حتى تستطيع استقبال الذكر وغالبا تقع عند بعض الأنواع خاصية الاستقبال تحت تأثير المبايض كما هو الحال عند حشرة Chorthippus parallelus أو تحت مراقبة الغدد الصم C.A مثل حالة الصراصير.

وقد تحدث بعض الحشرات حركات معينة قبل عملية التزاوج ، فقد تتراقص الإناث والذكور في أسراب ويتم خلال هذه الفترة التسافد كما هو الحال عند ذبابة أيار. وقد يتم التسافد لمرة واحدة كما هو الحال عند نحلة العسل أو عدة مرات.

وحسب نوع الحشرات، يتم انتقال الحيوانات المنوية من الذكر إلى الأنثى إما بطريقة مباشرة أو عن طرق كيس الحيوانات المنوية Spermatophore ويسمح وجود هذين النموذجين بالتعرف على تطور التكاثر الجنسي عند الحشرات.

عند الحشرات الأولية عديمة الأجنحة، يضع الذكر كيس الحيوانات المنوية على مادة ما في المكان الذي تعيش فيه، ولا يتطلب وضع الكيس المنوي وجود الأنثى، وتستطيع الحيوانات المنوية أن تبقى حية لعدة أيام داخل الكيس المنوي. ومثال ذلك حشرة Campodea. أما حشرات الكولومبولا فيضع الذكر الأكياس المنوية عند لقائه بالأنثى. وتوجد الأكياس المنوية عند الحشرات المجنحة الأولية ولكن حياة الحيوانات المنوية تكون قصيرة.

يتم الانتقال المباشر للحيوانات المنوية عند الحشرات الراقية مثل رتبة ذات الجناحين، تستطيع بعض الحشرات التي تملك عضو سفاذ طويل أن تضع الحيوانات المنوية مباشرة داخل المخزن المنوي Spermathique. وتخلط غالبا الحيوانات المنوية ببعض الإفرازات اللزجة الناتجة عن الغدد الإضافية وتوضع الحيوانات المنوية في المهبل أو داخل القابلة المنوية (Copulatrice Boures) تنتج بعد ذلك الحيوانات المنوية إلى المخزن. المنوي وذلك عبر الممرات التناسلية الأنثوية. وقد وجد عند حشرة Rhodnius مادة O-Dihydroxyindol Alkylamin و تعرض هذه المادة الحركة الدودية للمهبل.

وهناك العديد من الطرق الخاصة لنقل الحيوانات المنوية إلى الأنثى لا مجال لذكرها هنا.

4- الإخصاب:

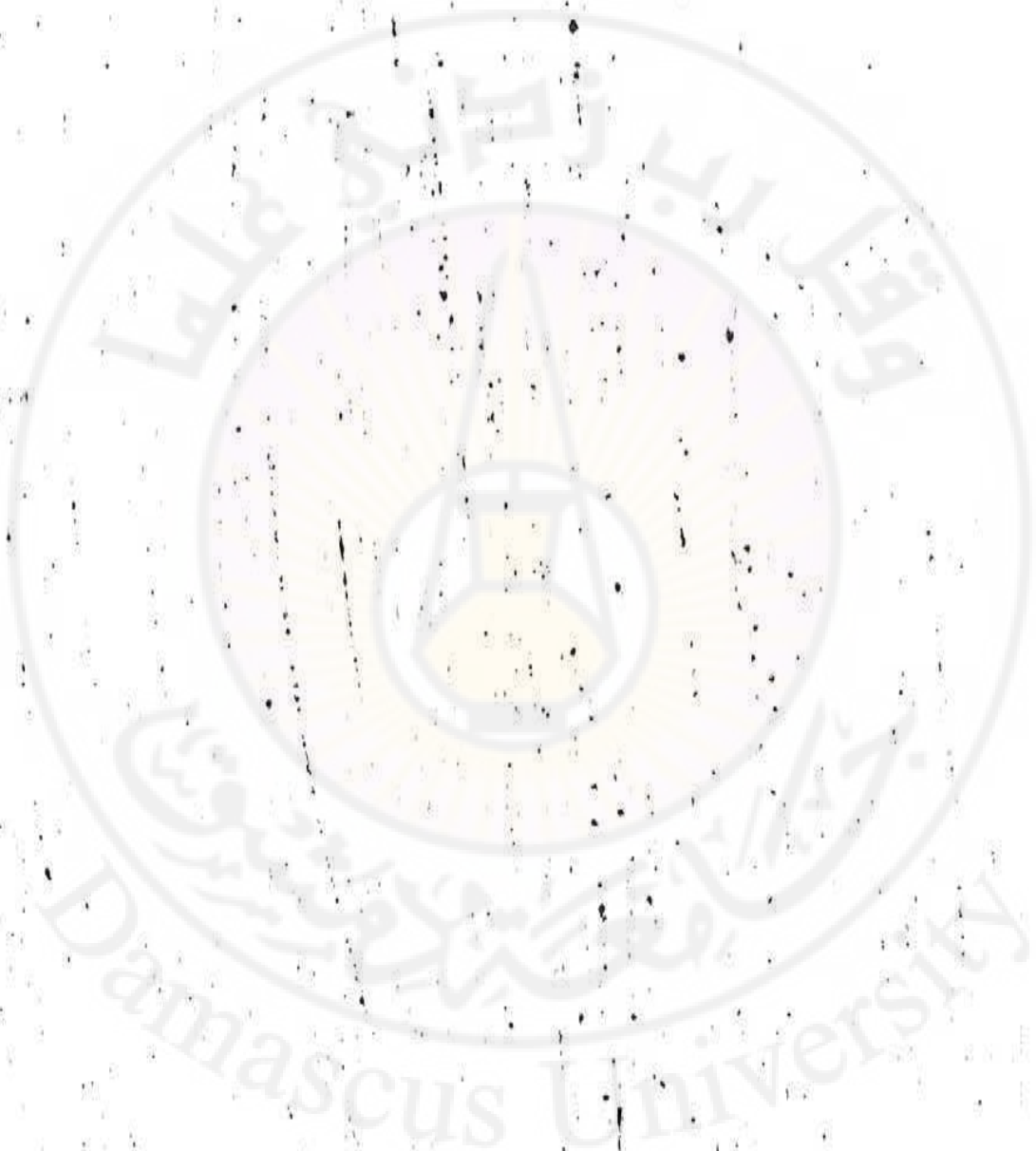
تستطيع الحيوانات المنوية البقاء لمدة طويلة داخل المخزن المنوي قبل أن تخصب البويضة. ويتم الإخصاب عادة بعد الإباضة مباشرة، ففي أثناء نزول البويضة داخل قنوات المبيض المختلفة، تغادر الحيوانات المنوية المخزن المنوي وتلقح البويضة عن طريق النقيير.

ويزود المخزن المنوي عند العديد من حشرات غمدية الأجنحة ونصفيات الأجنحة بعضلات ضاغطة يؤدي تقلصها إلى دفع بعض الحيوانات المنوية إلى المهبل. وقد تتعرض هذه العضلات نتيجة مرور البويضة داخل قناة المبيض كما هو الحال عند الصرصار. ولكن عند غالبية الحشرات يتم خروج الحيوانات المنوية من المخزن المنوي كنتيجة للإباضة، وفي بعض الحالات يتم الإخصاب قبل الإباضة أي عندما تكون البويضة داخل المبيض، مثال ذلك حشرة Cimex

فالحيوانات المنوية تصعد القنوات المبيضية إلى أن تصل إلى البويضة داخل أفرع المبيض حيث يتم إخصابها قبل أن تغلف بالقشرة.

5- وضع البيض:

تضع غالبية الحشرات بيوضها بعد التزاوج ، وقد جهزت الإناث بآلة وضع بيض تتناسب و المكان الذي ستضع فيه البيوض. ويتم التطور الجنيني لهذه البيوض غالبا خارج جسم الحشرة الأم، ولكن عند بعض الحشرات قد يتم التطور الجنيني داخل الأعضاء التناسلية وهي حالة حشرة Sarcophaga إذ تضع الإناث بركاتها مباشرة على المصدر الغذائي ويطلق على هذا النوع من الحشرات اسم الحشرات الولود. أ



الفصل السابع عشر

التطور ما بعد الجنيني

تقسم دورة حياة الحشرة إلى عدة مراحل، تتفصل كل مرحلة عن الأخرى بانسلاخ ويطلق اسم طور على شكل الحشرة الواقع ما بين انسلاخين. ويختلف عدد الانسلاخات حسب درجة تطور الحشرات، فالحشرات الأولية يكون لها عدد انسلاخات أكبر من الحشرات الراقية، فيوجد عند حشرات *Ephemera* و *Stenonema* وهي من رتبة *Ephemeroptera* أكثر من 30 انسلاخاً بينما نجد عند الحشرات مختلفة التطور خمسة أطوار فتية، وعند حشرات *Nematocera* توجد فقط أربعة أطوار.

1. النمو :

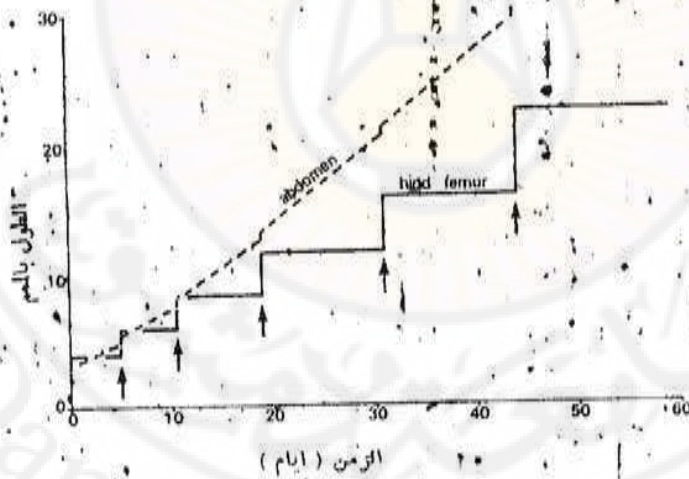
تبدأ الحشرة بعد خروجها من البيضة بالتغذية والنمو، ويختلف معدل نموها باختلاف العوامل البيئية المختلفة والتي من أهمها درجة الحرارة. وقد يصل طول الحشرة عند اكتمال نموها إلى أكثر بـ 5-20 مرة من طولها في وقت الفقس، أما وزنها فيزداد لأكثر من 100-15000 مرة.

قد يبقى عدد الخلايا اليرقية ثابتاً عند بعض الحشرات في أثناء تطورها. مثال ذلك حشرات غشائيات الأجنحة، ذات الجناحين وفي هذه الحال فإن الكبر ناتج عن ازدياد حجم الخلايا، ولكن في بعض الحالات قد ينتج زيادة في عدد خلايا الأنسجة و الأعضاء المختلفة اليرقية وهذا ما نجده عند الحشرات مختلفة التطور وبعض حشرات كاملة التطور.

تتشابه الزيادة في الوزن عند غالبية الحشرات الأرضية، ويرتفع المنحنى البياني لهذه الزيادة وبسرعة ما بين انسلاخين ولكنه ينخفض قليلاً في

كل انسلاخ نتيجة لفقدان الجلد القديم وفقدان كمية من الماء والذي لا تستطيع الحشرة تعويضه بسبب توقفها عن تناول الغذاء.

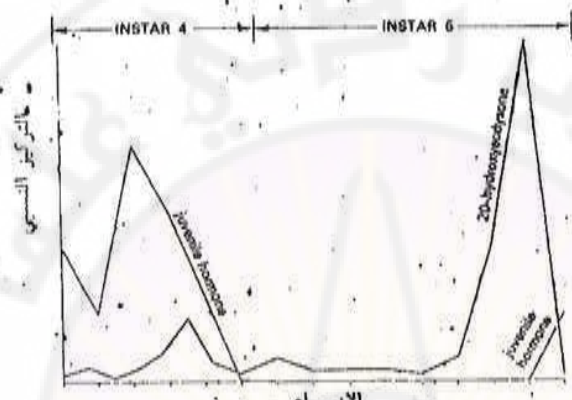
بالنسبة لطبقة الكيوتيكل، يلاحظ نمو الطبقة المتصلبة وذلك عندما تتسلخ الحشرة وتنتج طبقة الكيوتيكل الطرية. ويختلف نمو طبقة الكيوتيكل من نوع لآخر وذلك حسب الخواص الميكانيكية لهذه الطبقة. فعند الحشرات ذات جدار الجسم المتصلب جداً مثل حشرات Carausius نلاحظ أن تصلب طبقة الكيوتيكل غير مستمرة، فطول هذه الطبقة يبقى ثابتاً في المرحلة الفاصلة ما بين انسلاخين ولكن تزداد فجأة في أثناء كل انسلاخ. أما عند اليرقات ذات جدار الجسم الطري فإن النمو الكلي يبدو مستمراً، ولكن عادة تملك هذه اليرقات بعض الأجزاء المتصلبة جداً، والتي تزداد إلا في لحظة الانسلاخ أي في أثناء تجدد طبقة الكيوتيكل (شكل 86).



شكل ٨٦ :

مخطط بياني يبين نمو الرسغ الخلفي والبطن لدى حشرة Locusta
تشير الأسهم إلى وقت الانسلاخ
(عين Clarke)

ويقع نمو اليرقات تحت تأثير الهرمونات، وخاصة هرمون الشباب HJ والذي يؤدي دوراً رئيسياً في حث الخلايا المختلفة على النمو. ونلاحظ في نهاية الطور الرابع أو الخامس وجود اختلافات بمستوى الهرمونات. فبينما تكون نسبة هرمون الانسلاخ Ecdysone مرتفعة جداً حوالي 80 % فإن انخفاضاً كبيراً لهرمون الشباب HJ يلاحظ داخل الدم (شكل 87).



شكل ٨٧ :
التراكيز النسبية لهرمون 20-Hydroxyecdysone وهرمون الفتوة
(المعداة) خلال الطورين الرابع والخامس لدى حشرة Locusta
(من Johnson et coll)

2. التطور وأنواعه عند الحشرات :

لا يلاحظ خلال تطوّر اليرقات أي تغيير في شكل جسم الحشرة ، فكل طور من الأطوار يشبه الطور السابق، ولكن درجة الاختلاف في الشكل ما بين طور اليرقة الأخير والحشرة الكاملة تكون كبيرة جداً، مجمل هذه التغيرات يطلق عليها اسم التحول (Metamorphose). ويحدد من وجهة نظر فيزيولوجية بأنه عبارة عن التغيير الذي يرافق الانسلاخ وذلك في أثناء غياب هرمون الشباب HJ ولكن اسم التحول (Metamorphose) يطلق في بعض الأحيان على كافة التغيرات التي يمكن أن تطرأ على الحشرة في أثناء دورة حياتها من طور البيضة وحتى الحشرة الكاملة، ولكن من المفضل عدم استخدام هذا المصطلح بمعناه الواسع هذا.

وتقسم أنواع التطور عند الحشرات إلى ما يلي :

أ- الحشرات عديمة التطور Ametabolie :

لا يظهر على الحشرة أي تغير خلال فترة التطور ما بعد الجنيني، باستثناء بعض الظواهر المتعلقة بالنمو والنضج الجنسي، ويميز هذا النوع من التطور الحشرات عديمة الأجنحة.

ب- حشرات مختلفة التطور Heterometabolie :

توجد تغيرات توافق فترة التحول، إلا أن الانتقال من الطور الفتى إلى طور الحشرة الكاملة يتطلب انسلاخاً. عند الحشرات التابعة لهذا النوع من التطور، نجد أن الأطوار الفنية تحتوي على عيون مركبة كما أن تطور الأجنحة يكون إخراجياً، وحسب أهمية التحول يمكن أن نميز:

1- (Paurometabolie) : وفي هذه الحالة يشبه الطور

الفتى الحشرة الكاملة ويكون لها نفس طريقة الحياة، إلا أن الحشرة الكاملة هي الوحيدة التي تكون مزودة بالأجنحة. ويصعب في بعض الحالات التمييز ما بين هذا النوع من التطور والـ Ametabolie. وكمثال على هذا التطور نذكر حشرات مستقيمات الأجنحة.

2- Hemimetaboles : عند الحشرات التي تتبع هذا

النوع من التطور، تكون حياة الأطوار الفتية مختلفة عن حياة الحشرة الكاملة. تكون الأطوار الفتية لحشرات Plecoptera , Ephemeroptera , Odonata مائية بينما تعيش الحشرات الكاملة على اليابسة، وهناك تحورات عديدة عند الحوريات لتتوافق و الحياة المائية.

ج- الحشرات كاملة التطور Holometabolie :

تختلف اليرقة عن الحشرة الكاملة، سواء بطريقة المعيشة أو بالشكل المورفولوجي وحتى الفيزيولوجي. ويوجد عند اليرقات العيون البسيطة الجانبية عوضاً عن العيون المركبة، أما تطور الأجنحة فيكون داخلياً، ويتطلب الانتقال من طور اليرقة إلى طور الحشرة الكاملة انسلاخين، وتحدد هذه الانسلاخات طور العذراء. كمثال على هذا النوع من التطور نذكر حشرات حرشفيات الأجنحة، غمديات الأجنحة.

3. الانسلاخ:

يفرض وجود جدار الجسم عند الحشرات نوعاً من التطور الحلقي غير المستمر والذي يظهر بشكل واضح عند الانسلاخ الدوري لطبقة الكيوتيكل.

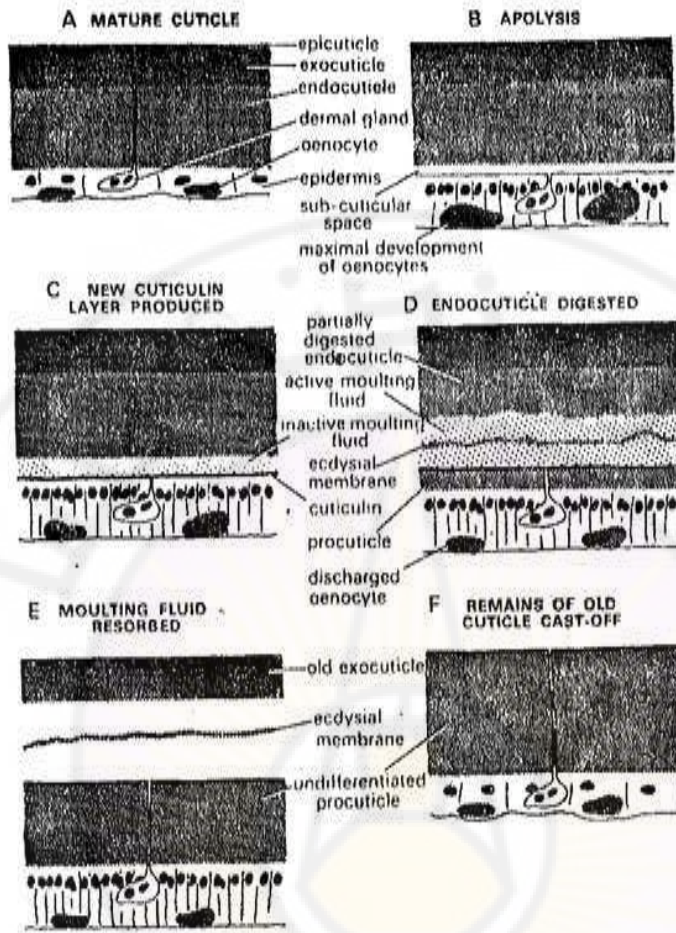
وتقوم الغدد الصم بمراقبة بدء الانسلاخ والنمو وكذلك تشكل الأعضاء. وتفرز هذه الغدد هرمونين هما: هرمون الانسلاخ الإيكديزون (Ecdysone) وهرمون الشباب HJ. ويحدد التوازن الهرموني نوعية الانسلاخ وكذلك إظهار صفات اليرقة أو الحشرة الكاملة. وتقوم الخلايا العصبية المفرزة للمخ الأول بمراقبة إنتاج هرمون الانسلاخ. معتمدة على التحريضات الخارجية أو الداخلية، كما أنها تعمل على ضمان التوافق ما بين التطور والظروف الخارجية المحيطة بالحشرة.

وتقوم طبقة البشرة بتجديد الكيوتيكل، وتتصف خلايا هذه البشرة بنشاطها الكبير لتشكل الكيوتيكل الجديد والذي يبدأ قبل طرح الكيوتيكل القديم أي قبل الانسلاخ، ويستمر في المرحلة التي تلي الانسلاخ (شكل 88).

أ- تغيرات البشرة :

ويرتبط نمو الحشرة عادة بالانسلاخ، فعند الحشرات متباينة التطور وبعض الحشرات كاملة التطور، يكون النمو عبارة عن ازدياد عدد الخلايا ولذلك

فإن بداية الانسلاخ تتصف بنشاط كبير للانقسام الميتوزي Mitose لخلايا البشرة إضافة لذلك تملك هذه الخلايا بعض الصفات البنيوية والتي تتلاءم والنشاطات المختلفة في أثناء مرحلة إفراز الكيوتيكل، وترتبط هذه الخلايا بروابط خلوية متصالبة ومتشعبة. تحتوي هذه الخلايا أيضا على عدد كبير من الجسيمات الكوندرية وبعض بعض الجسيمات الحالة الأولية (Lysosomes) كما ويكون جهاز كولجي متطور جدا. وتقوم الخلايا بتخزين بعض المواد الاحتياطية مثل الغليكوجين. ويشير وجود الزغيبات الطرفية في هذه الخلايا إضافة لحويصلات الابتلاع (Pinocytose) ووجود فراغات بين خلوية منتقخة إلى تبادل كبير ما بين خلايا البشرة والدم.



شكل ٨٨ :

الاختلافات التي تطرأ على جدار الجسم اثناء مراحل الانسلاخ

ب- فصل الكيوتيكل Apolysis = Apolyse

قد تتفصل طبقة البشرة بفعل بعض الظواهر الميكانيكية الناتجة عن تغير أشكال خلاياها، إذ إن اتصالها بالكيوتيكل ينقطع بمستوى قنوات الثقوب وقنوات غدد البشرة وكذلك بمستوى الكيوتيكل وخلايا البشرة وهذه الأخيرة هي التي تفرزه على شكل هلام. ومن الصعب تحديد الدور الذي تقوم به غدد الانسلاخ

لإفراز هذا السائل الذي يحتوي على إنزيمات مختلفة مثل كيتيناز Chitinase وكيوتوبياز Chitobiase وبروتياز Protease ولا تكون هذه الإنزيمات نشطة في هذه المرحلة .

ج- إفراز الطبقات الكيتينية قبل الانسلاخ :

لا تغطي خلايا البشرة بأي طبقة وذلك خلال فترة قصيرة لأن الكيوتيكل سرعان ما تتكون على النحو التالي : تمثل الزغبيات القمية بمواد محبة، تنفصل هذه الكتل وتتوضع على شكل صفائح متبادلة غامقة وأخرى فاتحة، ومن ثم تلتقي فيما بعد لتشكل صفيحة واحدة مستمرة. بعد ذلك تتوضع الالبكيوتيكل الداخلية ومن ثم البروكيوتيكل والتي تتألف بشكل رئيسي من الكيوتيكل والكينين والبروتينات. أما ترتيب الليفات الميكرونية (Microfibrils) على شكل صفائح فيتم تبعاً لدورة إفرازية يومية. وتغمر المنطقة الكيتينية التي ستكون ملونة فيما بعد بأنزيم ديفينول اوكسيداز Diphenoloxydase والذي تصنعه خلايا البشرة وبالذات جهاز كولجي.

د- امتصاص الكيوتيكل القديمة :

يترافق تنشيط سائل الانسلاخ وتشكيل الالبكيوتيكل الداخلية، ويقوم هذا السائل بتحطيم الكيوتيكل الداخلية Endocuticle باستثناء الطبقة الداخلية منها والتي تتغير وتبقى كغشاء انسلاخي. أما طبقة الكيوتيكل الخارجية Exocuticle فلا تتأثر ابداً. وتستفيد الحشرة من المواد التي تم هضمها من قبل سائل الانسلاخ.

هـ- التخلص من الكيوتيكل القديم :

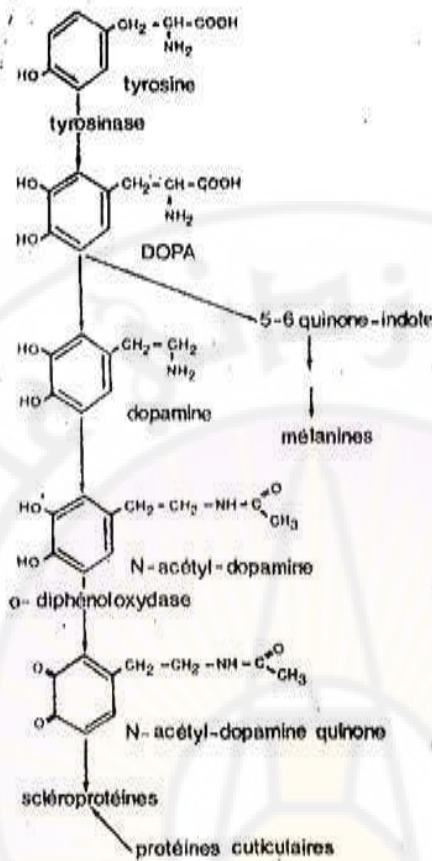
لا يبقى سائل الانسلاخ من الكيوتيكل إلا الالبكيوتيكل والكيوتيكل الخارجية Exocuticle . وبما أن خطوط الانسلاخ الموجودة على رأس وصدر

البيرقات لا تحتوي على الكيوتيكل الخارجية فإنها تبدو كخيوط ضعيفة القوة بعد هضم الكيوتيكل القديمة. ويمكن أن تتفصل طبقة الكيوتيكل بسهولة على امتداد هذه الخطوط وذلك تحت تأثير ضغط بسيط. ولكي تتخلص الحشرة من الكيوتيكل القديم تقوم بابتلاع الهواء أو الماء إذا كانت الحشرة مائية وذلك لملء أنبوبها الهضمي الذي يشكل ضغطاً إضافياً لضغط الدم الذي يزداد أيضاً، ويزداد الضغط بمستوى الرأس والصدر وذلك بفضل تقلص عضلات خاصة مما يؤدي إلى حدوث شق تخرج منه الحشرة، الرأس والصدر ومن ثم البطن وزوائده.

و- التطور بعد التخلص من الكيوتيكل (بعد الانسلاخ) :

بعد الانسلاخ مباشرة تكون الكيوتيكل الجديدة طرية ومرنة وتحافظ على حالتها هذه لفترة قصيرة. بعد ذلك تقوم الحشرة بابتلاع الهواء ويزيد ذلك من ضغط الدم الذي يؤدي إلى بسط وتمدد جدار الجسم. ويؤدي تصلب وتلون الكيوتيكل إلى قساوة جدار الجسم وبالتالي عدم تمدده ابتداءً من الطبقات الخارجية للكيوتيكل ويمتد بالتدرج نحو الداخل.

بينت الدراسات البيوكيميائية أن التصلب والتلون يتطلبان تفاعلاً بين البروتينات الموجودة في طبقة الكيوتيكل والكينونات (O-Quinones) الناتجة تحول التيروسين (Tyrosine) (شكل 89).



شكل ٨٩ :

استقلاب التيروسين وعلاقته بتصلب جدار الجسم

وتتم عملية التصلب في جدار الجسم على النحو التالي:

يؤثر أنزيم التيروسيناز Tyrosinase على التيروسين Tyrosine ويعطي دهيدروكسيفينيل الانين (DOPA) Dihydroxyphenylalanine ، ويزال من المركب الأخير الكربوكسيل وبذلك يتحول الـ DOPA إلى دوبامين Dopamine الذي يتفكك إلى N-Acetyldopamine. وتحت تأثير إنزيم O-Diphenoloxylase والموجود في طبقات الكيوتيكل يعطي المركب الأخير مادة N-Acetyldopamine Q uinones وهي المادة المسؤولة عن

تلون وقساوة جدار الجسم . ويكون تشكل مركب N-Acetyldopamine خاضع لمراقبة هرمون الانسلاخ الايكديزون، أما تلون جدار الجسم فالمسؤول عنه هو وسيط التلون (Borsien) والذي تفرزه الخلايا العصبية المفرزة للمخ الأول والعقد العصبية الصدرية.

تستمر عملية إفراز الكيوتيكل لفترة قصيرة بعد الانسلاخ، إذ يتم صنع الشمع في طبقة خلايا البشرة. وينتقل عبر قنوات الثقوب عند الحشرات التي تحتوي على قنوات. وأخيراً تفرز الطبقات السمنتية والتي تشكل الغطاء الخارجي الأخير من قبل غدد البشرة. أما تشكيل الكيوتيكل الداخلي Endocuticle فسيستمر خلال فترة طويلة كما هو الحال عند الجراد والذي يستمر خلال عدة أسابيع بعد الانسلاخ.

4. مراقبة الغدد الصم :

تخضع مراحل الانسلاخ المختلفة ونوعية الانسلاخ لمراقبة الغدد الصم، وقد تم إثبات دور هذه الغدد في بدء الانسلاخ تجريبياً.

بين العالم ويغلسورت Wegglesworth، في أثناء دراسته لحشرة Rhodnius أهمية الدور الذي يؤديه هرمون المخ والذي ينتقل عن طريق الدم لبحرّض الانسلاخ. ويتم صنع هذا الهرمون داخل الخلايا العصبية المفرزة للمخ الأول. فقد وجد عند العديد من الحشرات أنه في أثناء تخريب مقدمة المخ الأول Parsintercerebralis أو تعريضها للأشعة في وقت مبكر لمرحلة ما بين انسلاخين فإن الحشرة لا تستطيع الانسلاخ وتحافظ على وضعيتها خلال فترة طويلة. وقد يؤثر هرمون الدماغ إما مباشرة على خلايا البشرة أو أنه قد يحرض الغدد الصم (Glandes Prothoraciques) ، والتي يطلق عليها اسم غدد الانسلاخ . وتقوم هذه الغدد بإفراز هرمونات خاصة Ecdysone =

Hormone Prothoracique (Thoracotrope) تساعد على بدء عمليات الانسلاخ، وقد اكتشفت هذه الهرمونات عند يرقات دودة الحرير Bombyx mori وكذلك عند حشرات Rhodnius وكذلك Calliphora.

تحافظ غدد الانسلاخ (Prothoracique) عند الحشرات عديمة الأجنحة على نشاطها حتى وإن بلغت هذه الحشرات مرحلة النضج الجنسي، وتتسلخ هذه الحشرات طيلة فترة حياتها وبالتناوب ما بين الانسلاخ والنشاط التناسلي.

أما عند الحشرات المجنحة ، فتتضمن غدد الانسلاخ وتختفي في أثناء مرحلة التحول ومصيرها كمصير الأعضاء اليرقية الأخرى ، ولذلك فإن الحشرة الكاملة لا تتعرض للانسلاخ.

أخيراً يعتبر تنشيط أو تحريض المخ من العوامل الأولى الهامة لبدء الانسلاخ، لأنه يتدخل بحث الخلايا العصبية المفرزة للمخ على بدء نشاطها. وما يثبت ذلك هو توقف النمو أو السكون المرتبط بالفصول. ويوجد عوامل كثيرة تتدخل لتنشيط أو تنشيط المخ وذلك إما عن طريق هرموني أو عن طريق الجهاز العصبي.

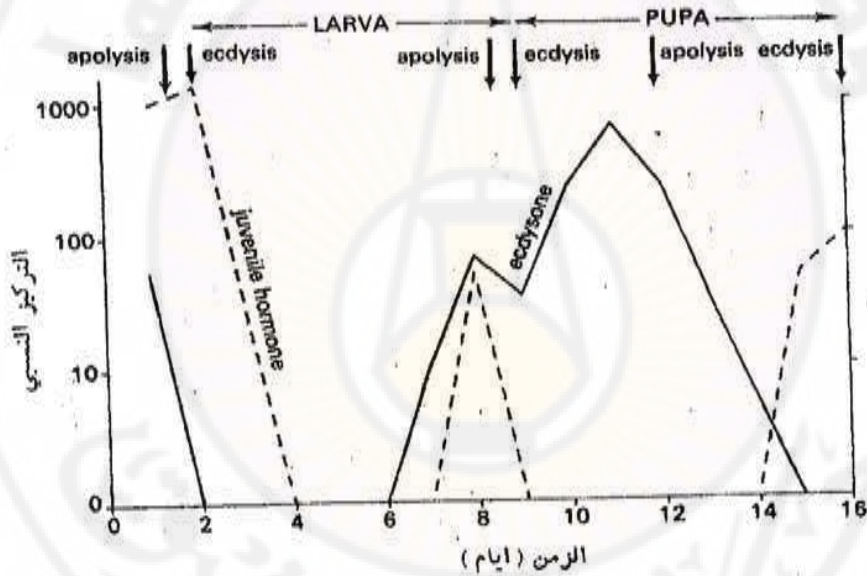
وقد افترض ويغلسورت في أثناء تحليل نتائج تجاربه على حشرة Rhodnius وجود هرمون آخر يساعد على المحافظة على أشكال الانسلاخ اليرقية أطلق عليه اسم هرمون الشباب (HJ) Hormone Jovenil. وتقوم الغدد الصم (C.A) بصنع هذا الهرمون.

ولذلك وفي بداية كل طور يرقي تنشط الغدد الصم (C.A) لتفرز الهرمون (HJ). وهذه الغدد تكون مراقبة من قبل الإفرازات العصبية المخية. ويوجد هذا الهرمون في دم الحشرة بعد مرور الفترة الحرجة ، وذلك ليحافظ على الصفات اليرقية. ويؤثر هرمون الانسلاخ بوجود هرمون الشباب (HJ) مما

يؤدي إلى الانسلاخ اليرقي.

ينخفض نشاط الغدد الصم (C.A) في نهاية الطور اليرقي الأخير وبالتالي تنخفض كمية هرمون الشباب (HJ)، أما هرمون الانسلاخ الايكديزون فإن نسبته تزداد ويحرض على انسلاخ طور العذراء.

خلال مرحلة التحول يتوقف نشاط الغدد الصم (C.A) ويعمل هرمون الانسلاخ منفرداً مما يؤدي إلى تطور النسيج الداخلية وأخذها الشكل النهائي، (صفات الحشرة الكاملة)، ويطلق على هذا الانسلاخ اسم انسلاخ الطور الكامل (شكل 90).



شكل ٩٠ :

التراكيز النسبية لهرموني الانسلاخ والحدادة في دم حشرة *Galleria* وذلك أثناء الطور اليرقي الأخير وفترة العذراء (من Hasiao et coll)

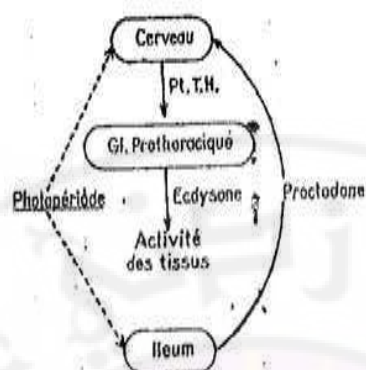
وتقوم الغدد الصم بمراقبة مرحلة السكون والتي تعرف عند الحشرات بأنها توقف عمليات الاستقلاب في أثناء إحدى مراحل التطور المختلفة. ويعد

السكون ضرورة ماسة للحشرات التي لا تعيش في الناطق الاستوائية ، حيث لا تتوفر الظروف البيئية المناسبة في أثناء الفصل السيئ، وخاصة درجة الحرارة، ولا توجد المصادر الغذائية الضرورية للمحافظة على حياة الحشرة.

وقد نجد السكون خلال أطوار الحشرة المختلفة، فهناك السكون عند الجنين كما هو الحال عند حشرات دودة الحرير (*Bombyx mori*)، أو السكون عند اليرقة أو الحورية مثال (*Gryllotapla*)، أو عند العذراء مثال ذلك (*Cercopia*)، وأخيرا السكون عند الحشرة الكاملة (*Leptinotarsa*).

وهناك عدة عوامل تجبر الحشرة على الدخول في طور السكون، فمنها ما يكون من العوامل الخارجية، كانهخفاض درجة الحرارة أو الفترة الضوئية، في هذه الحالة يمكن التغلب على فترة السكون بتوفير الظروف البيئية التي كانت السبب في دخول الحشرة طور السكون. إلا أنه توجد بعض العوامل الداخلية التي تميز الحياة البطيئة للحشرة التي تدخل في فترة السكون، والتي يكون فيها الاستقلاب منخفضاً جداً وتتحكم فيه آلية فيزيولوجية داخلية.

وقد أثبتت الدراسات الحديثة أن السكون ما بعد الجنيني ينتج عن توقف عمل الجهاز العصبي الضمني. فعند الحشرة *Hyalophora* يبدأ السكون بعد انسلاخ العذراء بفترة قصيرة، ويمكن أن تنتهي فترة السكون بعد مرور ستة أسابيع على درجة حرارة منخفضة 3 درجات مئوية يليها اسبوعان درجة حرارتهما أكثر من 25 درجة مئوية. وتشبه آلية عمل الغدد الصم في هذا المجال آلية مراقبة الانسلاخ والتي سبق وتحدثنا عنها عند الحشرات (شكل 91) فيقوم المخ بعد تعرضه لفترة من البرد طويلة والمتبوعة بفترة دافئة، يقوم بإفراز هرمون *Thoracotrope* والذي يؤثر بدوره على غدد الانسلاخ، ويقوم الايكديزون بعدها بحث الأنسجة على البدء بالنمو وتمايز أنسجة الحشرة الكاملة.



شكل ٩١ :

رسم تخطيطي يبين دور الغدد الصم في مراقبة السكون

لدى حشرة *Ostrinia nubilalis*

(عن Beck et coll)



المراجع العربية

- وجيه قسيس: الوجيه في فيزيولوجيا الحشرات، مطبوعات جامعة دمشق 1985.
- وجيه قسيس: الشكل الخارجي وتصنيف الحشرات (بالمشاركة)، مطبوعات جامعة دمشق عام 1986.
- وجيه قسيس: مورفولوجيا وتصنيف الحشرات (الجزء العلمي) بالمشاركة، مطبوعات جامعة دمشق 1987.
- وجيه قسيس: حشرات المحاصيل الحقلية والإرشادات العملية للتعرف عليها في البلاد العربية (نظري + عملي) بالمشاركة، مطبوعات جامعة دمشق - 1987.
- وجيه قسيس: تقسيم المملكة الحيوانية، مطبوعات الزيتونة للإعلام والنشر بאתة الجزائر 1989.
- وجيه قسيس: علم الحيوان العام، مطبوعات الزيتونة للإعلام والنشر بאתة الجزائر 1990.
- وجيه قسيس: علم الحشرات العام (بالمشاركة)، مطبوعات جامعة دمشق عام 1996.
- وجيه قسيس: أساسيات وقاية النبات (بالمشاركة)، مطبوعات جامعة دمشق عام 1997.



المراجع الأجنبية

ALKASSIS WAJIH 1983:

Les tubes de malpighi chez les dipteres superrieurs: leur evolution structurale et physiologique pendant la vie ppost-embryonnaire chez Calliphora erythrocephala Meig Leur signification taxonomique chez les Drosophilidae These de doctorat d' etat es sciences naturelles, universite Pierre et Marie Curie, Paris.

ALKASSIS. W et J.SCHOELLER-RACCAUD 1984

Ultrastructure of malpighian tubules of blow fly larva, Calliphora erythrocephala Meigen (Diptera: Calliphoridae).
Int. J. Insect morphol. And de morphol. And Embryol., Vol. 13, No. 3, pp215 to 231.

ALKASSIS WAJIH 1984

Le Dimorphisme des tubes de malpighi chez les imago de Calliphora erythrocephala Meig. (Diptere, dyclorrhapha).
C.R. Acad. SC. Paris, T. 299, Serie III No. 6.

ALROUZ HICHAM 1988

Le comportement alimentaire des laves. Attraction et phagostimulation alimentaire des laves. Attraction et phagostimulation par les substances Allelochimiques de la plante.

These de doctorat, univ. Tours France 181. P

BAKER JW and ALLEN G.E. 1982.

The study of Biology Fourth Edition Addison Wesley.

BERKALOFF. A et COLL 1977-1978-1981

Biologie et Physiologie cellulaires Vol: I-II-III. Hermann-Paris

BERRIDG, M.J. and OSCHMAN J.C 1972

Transporting Epithelia.

Academic Press, New-York, London 91P.

BOURN G.H et col 1976

International Review of Cytology Vol44 Academic press, New York, Sanfrancisco london

CHAPMAN R.E 1982

The Insects Structure and Function. Harvard

CHINERY. M. 1986

Le multiguide nature des Insectes d'Europe

FAWCETT, D.W 1960

An Atlas of fine structure. The cell, it's organelles and inclusions.
Ed. Par W.B Saunders Co Philadelphia, London, 4448 P.

GABE, M 1969

Technique Histologique
Ed. par Masso et cice Paris

GRASSE P.P

Trait de Zoologie, Vol VI, VIII, IX.X Masson, Paris

GUILLAUMIN.M et Coll 1069

Atlas Photographiques de morphologie et de dissections, La blatte.
Editions doin deren et Cie.

GUPTAB.L and col 1977

Transport of Ions and Water in animales.
Academic Press.

IMMS, A. D 1977

Ageneral Text Book of Entomology, 2 Vol.
Chapman and Hall London

JOLY P. 1968

Endocrinologie des Insectes. Masson et Cie-Paris

MARTOJA.R et MARTOJ.P 1967.

Insect Physiolygy
Black Well Scientific Pudlication

RACCAUD-SCHOELLER J. 1980

Les Insectes Physiologie, Developpement
Masson-Paris.

ROCKSTEIN. M 1974

The Physiologie of Insects, Academic Press, London and New
York.

TREHERNE J.E 1974.

Insect Neurobiology
North-Holland, American Elsevier

WIGGLESWORTH V.B. 1970

Insect Hormon
Oliver and Boyd Edindurgh

WIGGLESWORTH V.B. 1974

The Principles of Insect Physiology
Chapman and Hall, London.

المدقق اللغوي
د. سكينه موعد

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات

