الباب الثالث

التشريح الداخلى للحشرات

The Internal Anatomy

الهيكل الجسمى الداخلى

The Endoskeleton

لقد سبق التنويه من قبل إلى أنه فى مناطق محددة مخصوصة من جسم الحشرة يشاهد أن الجدار الجسمى الخارجى يصير منبعجاً للداخل فى التجويف الجسمى حيث يصنع كمرات أو سدابات أو أذرعا هيكلية داخلية(apodemes) يطلق على مجموعها اسم الهيكل الجسمى الداخلى وهو يعمل كأمكنة فسيحة ترتبط إليها عضلات جسمية معينة أوكدعامات لأعضاء جسمية داخلية بقصد صيانتها وتقويتها . وفى أحيان قليلة يلاحظ أن الأفواه الخارجية لتلك الأذرع الداخلية تظل مفتوحة باستمرار فتبدو آنئذ على سطح الجسم على هيئة نقر مستديرة أو مطاولة ، بينما فى غالبية الأحيان فيشاهد أن هذه الأفواه قد انقفلت بتأثير امتلائها بمادة جليدية (كيوتيكلية) فتبدو وقتئذ كمجرد نقط أو بقع غامقة على سطح الجسم الخارجى .

وفى معظم الحشرات يتركب ذلك الهيكل الجسمى الداخلى من هيكل داخلى للرأس وآخر للصدر وثالث للبطن .

أولا — الهيكل الداخلى للرأس (Endoskeleton of head): وهو يشبه الخيمة (tent) فى شكله ولذا أطلق عليه أيضاً اسم الهيكل الخيمى أو التنتوريم (tentorium) .

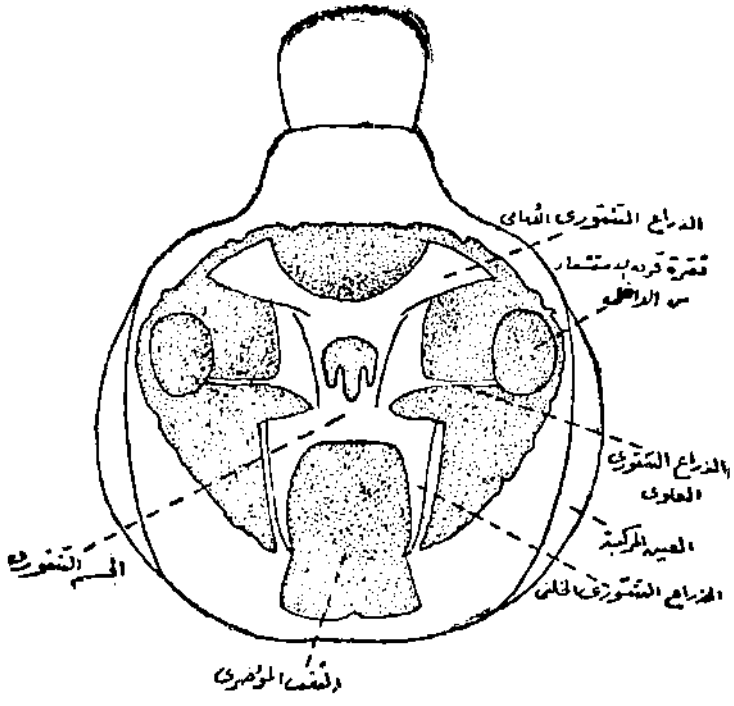
فى الأحوال النموذجية التى يكون فيها ذلك الهيكل الخيمى كاملا يشاهد (كما فى شكل ٦٠) أنه يتركب من ثلاثة أزواج من السدابات أو الأذرع الهيكلية الداخلية يطلق عليها الأذرع التنتورية (tentorial arms) وهى تتقابل معاً فى وسط التجويف الداخلى للرأس حيث تلتحم معاً صانعة جسما هيكليا مشتركا وسطيا يدعى الجسم التنتورى(corporotentorium or tenorial body) وهو الذى يوجد المخ فى أعـلاه .

فأول زوج من الأذرع التنتورية عبارة عن ذراعين تنتوريين أماميين (anterior tentorial arms)وهما منبعجان للداخل من النقرتين التنتوريتين الأماميتين (anterior tentorial pits) اللتين أشير من قبل إلى كونهما نقرتين غامقتين واقعتين بالسطح الأمامى من الجدار الخارجى لمحفظة الرأس على جانبى الدرز الجبهى الدرقى أو فوق الفمى (fronto-clypeal. or epistomal suture) ويمتد هذان الذراعان من النقرتين الأماميتين ثم يتجهـان للخلف بداخـل التجويف الداخلى للرأس لغـاية قـرب مركزه حيث يتصلان بالجسم التنتـورى.

وثانى زوج من الأذرع التنتورية عبارة عن ذراعين تنتوريين خلفيين (posterior tentorial arms) وهما منبعجـان للداخـل من النقرتين التنتوريتين الخلفيتين اللتين أشير من قبل إلى أنهما نقرتين غامقتين مطاولتين واقعتين بالسطح الخلفى من الجدار الخارجى لمحفظة الرأس عند مقدمتى الجزئين الجانبيين من الدرز المؤخرى الخلفى (postoccipital suture) . ويمتد هذان الذراعان الخلفيان من النقرتين الخلفيتين ثم يتجهان نحو الأمام بداخل التجويف الداخلى للرأس لغاية مركزه حيث يتصلان أيضاً بالجسم التنتورى .

وأما ثالث زوج من الأذرع التنتورية فهو عبارة عن ذراعين تنتوريين علويين (dorsal tentorial arms) اللذين لا ينبعجان من الجدار الخارجى

لمحفظة الرأس كالزوجين السابقين من الأذرع بل إنهما مجرد نتوئين ناميين إما من نفس الجسم التنتورى أو من قاعدتى الذراعين التنتوريين الأماميين بقرب الجسم التنتورى ثم يمتدان فى التجويف الداخلى للرأس متجهين إلى أعلى مع الانحراف قليلا نحو الجانبين حتى يتصلان أخيرا بالوجه الداخلى من السطح الأمامى للجدار الخارجى لمحفظة الرأس عند موضعى اتصال قرنى الاستشعار أو العينين البسيطتين الخلفيتين حيث لا يظهر لها بالطبع أى فوهات خارجية تحدد ذلك الاتصال لأنهما لم يتكونا بطريقة الانبعاج للداخل من الجدار الخارجى لمحفظة الرأس .



شكل (٦٠) : رأس الصرصار الشرق Blatta وقد قطع الجزء الأكبر من جدارها الأمامى لاظهار الهيكل الداخلى للرأس (التنتوريم) .

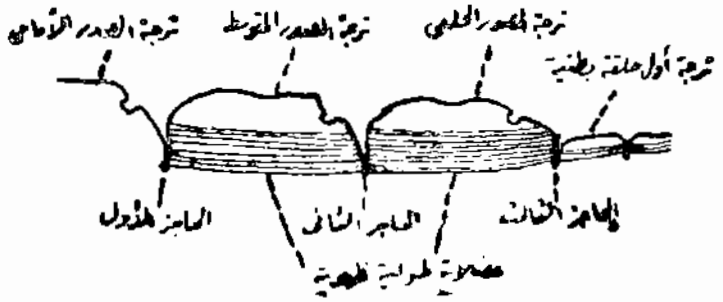
هذا هو التركيب المثالى للتنتوريم الذى يرى بداخل تجويف رأس الحشرات ذوات الأجنحة (ترىجوتا) . ولكن فى رأس بعض معين من تلك الحشرات ذوات الأجنحة فتشاهد بعض انحرافات بسيطة عن ذلك التركيب المثالى ؛ بينما فى رأس الحشرات عديمة الأجنحة (إبتريجوتا) فيكون ذلك الهيكل الداخلى للرأس شديد الاضمحلال .

وعلى العموم فالتنتوريم فوائده هى : (١) يوفر مواضع فسيحة ترتبط إليها كثير من عضلات الرأس الهامة ، (٢) يكسب الرأس صلابة وقوة ، (٣) يعمل كدعامة للمخ ومقدم القناة الهضمية ، (٤) يعمل على تقوية النقط التى تتمفصل عندها أجزاء الفم على الجدار الخارجى من محفظة الرأس .

ثانياً : الهيكل الداخلى للصدر (Endothorax) : وهو يتركب فى كل حلقة صدرية من أذرع أو سدابات هيكلية داخلية منبعجة للداخل من جدار الترجة فتسمى ترجايتات داخلية أو إندوترجايتات (endotergites) وأخرى منبعجة للداخل من جدار كل بلورة من بلورتى الحلقة فتسمى بورايتات داخلية أو إندوبلورايتات (endopleurites) وثالثة منبعجة للداخل من جدار الاسترنة فتسمى استرنايتات داخلية أو إندوسترنايتات (endosternites) .

(١) الإندوترجايتات (Endotergites) : وهذه وظيفتها توفير أمكنة فسيحة لكى ترتبط إليها العضلات الطولية الظهرية القوية التى تعمل على خفض الأجنحة إلى أسفل أثناء الطيران . وهى عبارة عن ثلاثة سدابات ناتئة للداخل من مواضع معينة من ترجات الحلقات الصدرية على شكل أذرع داخلية تسمى الحواجز (phragmata) (كما هو مبين فى شكل ٦١) . ويمتد الحاجز الأول (phragma 1) للداخل من بين مؤخرة ترجة الصدر الأمامى ومقدمة ترجة الصدر المتوسط ، والحاجز الثانى (phragma 2) يمتد للداخل من بين

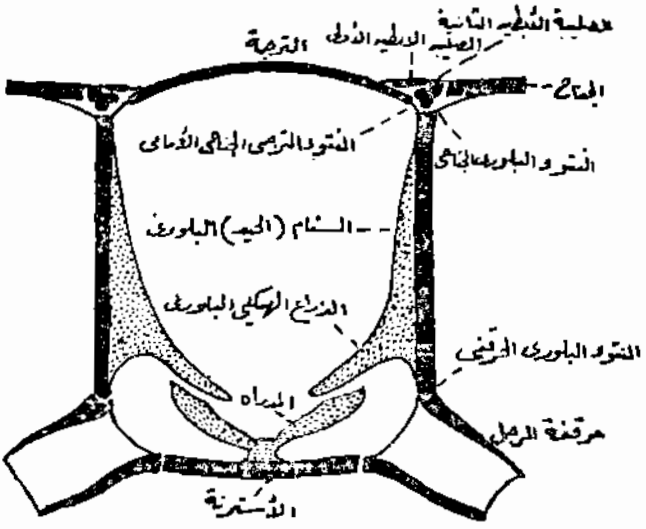
مؤخرة ترجة الصدر المتوسط ومقدمة ترجة الصدر الخلفى ، والحاجز الثالث (Phragma 3) يمتد للداخل من بين مؤخرة ترجة الصدر الخلفى ومقدمة ترجة الحلقة البطنية الأولى . ونظرا لارتباط هذ الحواجز ارتباطا وثيقاً بالعضلات الطولية الظهرية الخافضة للأجنحة فالملاحظ أنها تكون أكبر حجماً فى الحشرات ذوات الأجنحة وخصوصا تلك التى تجيد الطيران منها .



شكل (٦١) : شكل تخطيطى لقطاع طولى فى الجزء العلوى من الصدر المتوسط والصدر الخلفى وأول حلقة بطنية موضحاً به الثلاثة حواجز الهيكلية الترجية .

(٢) الاندوبلورايتات (Endopleurites) : فى الحلقة الصدرية المجنحة (كما هو مبين فى شكل ٦٢) على كل جانب من الجانبين يبرز من الوجه الداخلى لجدار البلورة نحو الداخل من على طول الدرز البلورى (pleural suture) نتوءاً هيكليا داخلياً جانبيا يطلق عليه السنام أو الحيد البلورى (pleural ridge) وهو ينتهى من أعلى فى النتوء البلورى الجناحى (pleural-wing process) ومن أسفل فى النتوء البلورى الحرقفى (pleural-coxal process) . كما ويمتد من هذا السنام فى المعتاد ذراع ناتىء نحو الداخل بتجويف الحلقة الصدرية ويسمى الذراع الهيكلى البلورى (pleural arm) .

(٣) الإندوسترنايتات (Endosternites) : وهى (كما هو مبين فى شكل ٦٢) عبارة عن ذراعين استرنيين (sternal apophyses) ناتئين للداخل



شكل (٦٢) : شكل تخطيطى لقطاع عرضى فى حلقة صدرية مجنحة موضحاً به الهيكل الداخلى لكل من البلورة والأسترنة .

من الوجه الداخلى لجدار استرنة كل حلقة صدرية وناشئين كانبعاجين للداخل من النقرتين الخارجيتين اللتين أشير من قبل إلى أنهما واقعتين على الخط الفاصل ما بين الصليبة القصيبة الأساسية (البازيسترنة) والصليبة القصيبة (الاسترنلة) . كما وفى أحوال كثيرة يتم اتصال هذين الذراعين الاسترنيين ببعضهما بتأثير وصلة مشتركة تسمى الشوكة (spina) وهى نابئة من وسط جدار الاسترنة كانبعاج للداخل من النقرة الخارجية التى أشير من قبل إلى أنها واقعة فى وسط الصليبة القصيبية الخلفية (البوستسترنلة) . وبهذه الصورة يتكون عندئذ جسم هيكلى استرنى شبيه بحرف واى (Y) أو بالشوكة ذات الشعبتين ويطلق عليه المدارة أو الفيوركا (furca) .

ثالثا : الهيكل الداخلى للبطن (Abdominal endoskeleton) : فى معظم حلقات البطن يمتد من جدار الترجات نحو الداخل حواجز (phragmata)

كتلك المشاهدة فى ترجات الصدر كما وأنها أيضاً بالمثل تعمل كأمكنة ترتبط إليها العضلات الطولية الظهرية الرئيسية الممتدة أسفل ترجات الحلقات البطنية. كما وكثيرا ما تمتد أيضاً من جدار استرنات الحلقات البطنية نحو الداخل أذرعا هيكلية استرنية (sternal apophyses). وكذلك قد توجد بالبطن أذرعا هيكلية داخلية متخصصة ومرتبطة بآلة وضع البيض فى الأنثى أو بآلة السفاد فى الذكر .

الجهاز العصبى
The Nervous System

يتكون الجهاز العصبى فى الحشرات من ثلاثة أجهزة فرعية وهى الجهاز العصبى المركزى (Central Nervous System) والجهاز العصبى الحشوى أو السمبتاوى (Visceral or Sympathetic Nervous System) والجهاز العصبى الحسى السطحى (Peripheral Sensory Nervous System) .

والجهاز العصبى بهذا التركيب يعتبر متكامل التكوين ويكفل الإحساس السريع بجميع المؤثرات الخارجية والداخلية والاستجابة إليها . ومن ثم فهو الذى يتحكم فى نشاط الحشرات وينظم وظائف الأجهزة الأخرى فى الجسم.

ويشتمل النسيج المؤلف للجهاز العصبى بالحشرات على طرازين رئيسين من الخلايا وهما الخلايا العصبية (nerve cells) المسماة أيضاً بالعصبونات أو النيورونات (neurones) ثم الخلايا البينية اللاعصبية (non-nervous interstitial cells) وهى متشعبة بغير انتظام وصانعة لما يعرف بالموثق العصبى أو الحشو العصبى (neuroglia) . والعصبونات التى تكون متجمعة مع بعضها فى مراكز عصبية (nerve-centres) معروفة بالعقد العصبية (ganglia) هى عبارة عن خلايا شديدة الاستدقاق مشتقة من الإكتوديرم ومتخصصة فى توصيل الإشارات العصبية الكهربائية الكيماوية بسرعة فائقة . وتتألف كل عصبونة (وهى الوحدة المورفولوجية لنسيج الجهاز العصبى) من جسم خلوى محتو على نواة ثم واحد أو أكثر من ألياف عصبية (nerve fibres) تدعى المحاوير (axons) . وتبعاً لعدد ما هنالك من محاوير توصف العصبونة بكونها إما وحيدة القطب (unipolar) أو ثنائية الأقطاب (bipolar) أو عديدة الأقطاب (multipolar) . وغالباً ما يكون للمحوار فرع جانبى يدعى المجانب أو الملازم (collateral) ، ثم ينتهى كل من المحوار والملازم بلويمات عصبية رهيفة متشعبة بدقة على

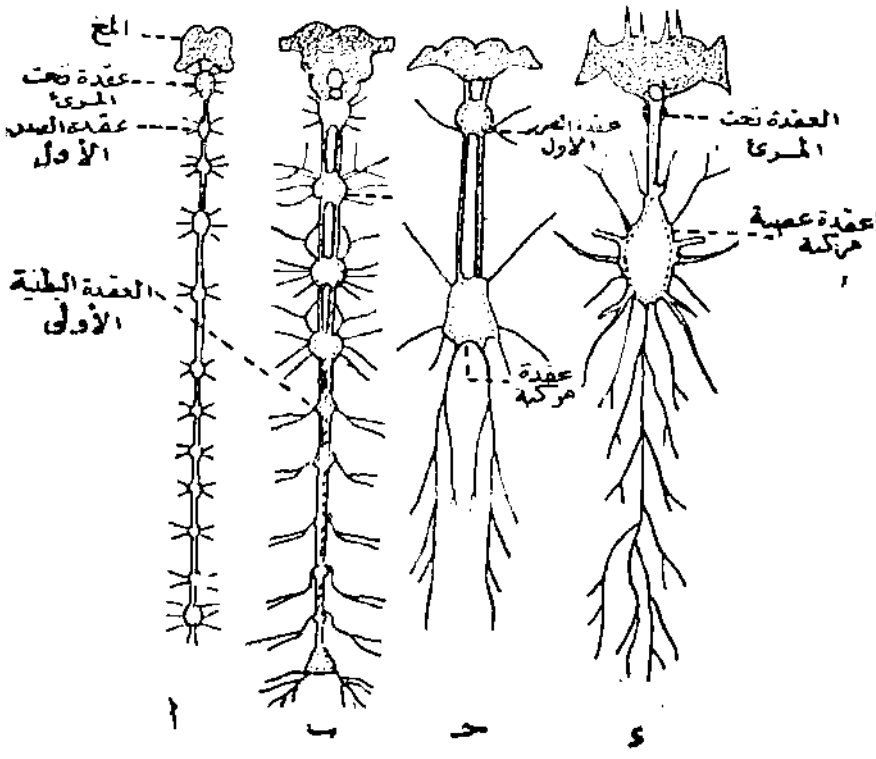
شكل شجيرة وتدعى التشجير النهائى (terminal arborization). ويكون كل محوار مطوقاً بغلاف خارجي ذى نوايا يدعى الغماد العصبى (neurilemma)، ومع أنه لا يوجد هناك تمدد نخاعى (myelin sheath) من النوع المتواجد فى الفقاريات فإن سيتوبلازم المحوار يكون محاطاً بطبقة رفيعة من مادة شبيهة بالدهن . ويشاهد من العصبونات ثلاثة أنواع وهى العصبونات الحسية (sensory neurones) والعصبونات المحركة (motor neurones) والعصبونات الرابطة أو القرانية (association neurones) . فالعصبونات الحسية تكون ملحقة بالأعضاء الحسية (sense-organs) وتقع قرب الأديم الجسمى الخارجى فهى لا تلاقى مطلقاً بداخل الجهاز العصبى المركزى مثلما الحال فى الفقاريات . وكل عصبونة حسية تكون عادة ثنائية الأقطاب، كما ويكون نتوءها القاصى معداً للاستجابة إلى نوع مخصوص من المؤثرات بينما محوارها الطويل (الذى يتشكل كبروز نائى من العصبونة) فينتهى أخيرا بتفرعات شجرية (تشجير) فى داخل احدى العقد العصبية التابعة للجهاز العصبى المركزى (شكل ٦٩) . والألياف العصبية الخارجة من عصبونات حسية متجاورة قد تتجمع مع بعضها البعض لتصنع ما يعرف بالعصب الحسى أو الوارد (sensory or afferent nerve) . وأما العصبونات المحركة فتقع دائماً فى داخل العقدة العصبية ، وهى غالباً وحيدة القطب كما وأن محاويرها قد تجتمع مع بعضها البعض لتصنع ما يعرف بالأعصاب المحركة أو الصادرة (motor or efferent nerves) وهذه تمضى على الأغلب إلى العضلات حيث تنتهى المحاوير إما بصفائح نهائية (end-plates) دقيقة مخروطية الشكل وإما بفروع دقيقة سواء على أو بداخل الألياف العضلية . بينما العصبونات الرابطة أو القرانية فتصنع بواسطة نتوءاتها وصلات

أو روابط فيما بين العصبونات الحسية والعصبونات المحركة كما هو مبين فى شكل ٦٩ . وبهذه الصورة فإن أية مؤثر يقع على عضو حسى ينقل بواسطة العصبونات الحسية وأعصابها الحسية إلى داخل عقدة عصبية مركزية حيث ينقل بواسطة العصبونات القرانية ونتوءاتها إلى العصبونات المحركة التى بواسطة محاويرها تنقل الإشارة العصبية إلى عضو تنفيذى (كعضل أو غدة) فتأمره بالقيام بواجبه إجابة على المؤثر الخارجى بما يتناسب مع مصلحة الحشرة . وهكذا تتكون دائرة متواصلة تعرف بالقوس أو الفعل المنعكس (reflex arc or action) (شكل ٦٩) وهو عبارة عن الوحدة الفسيولوجية لجهاز العصبى . والالتقاءات الناجمة فيما بين التشجيرات التابعة لخلايا عصبية متتاخمة تعرف بالاقترانات العصبية (synapses) . وليكن معلوماً أن اللويفات العصبية لتشجيرى عصبونتين متتاخمتين لا تكون فى الواقع متلامسة مع بعضها البعض عند الاقتران العصبى ، بل إن كل إشارة عصبية تصل إلى هناك لربما يتسبب عنها إطلاق مؤقت لمادة الاسيتايلكولين (acetylcholine) التى تقوم عندئذ بتنبيه لويفات تشجير العصبونة المتاخمة وبذلك تكفل تمرير الإشارة عبر الاقتران العصبى .

أولا — الجهاز العصبى المركزى
The Central Nervous System

يتركب الجهاز العصبى المركزى فى الحشرات (شكل ٦٣) من سلسلة مزدوجة من العقد العصبية (ganglia) الواقعة بالحلقات والممتدة من الرأس إلى مؤخرة البطن ، وترتبط هذه العقد العصبية ببعضها البعض بأحبال عصبية طولية مزدوجة تعرف بالموصلات (connectives) ، كما وأن كل زوج من أزواج هذه العقد العصبية يرتبطان معاً بأحبال عصبية عرضية تعرف بالضوام (commissures) . وفى الحشرات الأولية مثل حشرة السمك الفضى يوجد زوج من العقد العصبية فى كل حلقة من حلقات الجسم تقريباً (شكل ٦٣ أ) . بينما فى الحشرات الراقية فيقل عدد العقد المزدوجة عن ذلك بدرجات متفاوتة نظرا لاتحاد البعض منها ببعضه (شكل ٦٣ب ، جـ ، د) ، كما وغالباً ما تتقارب عقدتا الحلقة الواحدة من بعضهما ثم تلتحمان فتظهران كأنهما عقدة عصبية واحدة وفى هذه الحالة تختفى الأحبال العصبية العرضية الضامة . وفى الحشرات الأولية تظهر العقد العصبية المتتالية متباعدة عن بعضها والأحبال العصبية الطولية مزدوجة فى حين أنه فى الحشرات الراقية يلتحم كل حبلين عصبيين طوليين ببعضهما فيبدوان كأنهما حبل عصبى واحد سميك .

والعقد العصبية للجهاز العصبى المركزى تكون متركبة أساسيا من تجمعات من خلايا عصبية واقعة بقرب السطح الخارجى للعقدة وتحصر داخلها كتلة مركزية من ألياف عصبية تعرف بالركيزة أو الكومة العصبية (neuropile). ولكل عصب جانبى جذرين أحدهما ظهرى (dorsal root) والآخر سفلى (ventral root) ، وألياف الجذر الظهرى تنشأ من خلايا عصبية محركة



شكل (٦٣) : أشكال مختلفة للجهاز العصبى المركزى . (أ) فى السمك الفضى . (ب) فى الصرصار . (جـ) فى بقة البيلوستوما المائية . (د) فى الذبابة المنزلية .

واقعة بالجهة الجانبية الظهرية من العقدة العصبية ، بينما الألياف الحسية المكونة للجذر السفلى فتنتهى بتشجيرات نهائية بالجهة الجانبية السفلية من العقدة العصبية . وأما العصبونات القرانية فتقع على الأغلب فيما بين الجذر الظهرى والجذر السفلى . وتكون العقد العصبية والأعصاب مغلفة من الخارج بغلاف يدعى الغماد حول العصبى (perineurium) .

ويتكون الجهاز العصبى المركزى من المخ والعقدة العصبية تحت المريئية والحبل العصبى السفلى .

١ – المـــــخ (The Brain) :

يقع المخ داخل صندوق الرأس فيما بين أذرع هيكلها الداخلي وفوق المرىء ولذلك يطلق عليه أحيانا العقدة فوق المريئية (supraoesophageal ganglion). ويتكون المخ من اندماج ثلاث أزواج من العقـد العصبية هى عقد الحلقات الثلاثة الأولى من رأس جنين الحشرة . وتظهر آثار هذا الإندماج واضحة فى المخ النهائى الذى يبدو مقسماً من الظاهر إلى ثلاثة أقسام بكل منها زوج من الفصوص (شكل ٦٤) وهى :

المخ الأمامى أو الأول (Fore-brain or Protocerebrum) : وهو يمثل التحام زوج العقد العصبية للحلقة الرأسية الأولى (أى الحلقة العينية) فى الجنين . وهو أكبر أجزاء المخ ويقع فى مقدمته الأمامية ويغذى العيون البسيطة والمركبة ، حيث تتصل كل من العيون البسيطة بمقدمه من الوسط بواسطة جذع رفيع يعرف بالعنق العينى (ocellar pedicel) ، بينما العينان المركبتان فتتصل كل منهما ببروز ممتد جانبيا من أحد فصى المخ الأول على صورة فص كبير يعرف بالفص البصرى (optic lobe) وهو مركز أعضاء الإبصار ويعتبر مسئولا عن سلوك الحشرة إذ يحتوى على نظام متقن من خلايا وألياف عصبية تربط الخلايا الإبصارية للعين المركبة بمركز المخ الأول . ودرجة نمو الفصين البصريين تكون متمشية مع درجة نمو العينين المركبتين . وبداخل المخ الأول توجد أجسام تعرف بأجسام عش الغراب أو الأجسام المشرومية (mushroom bodies) وهى متألفة من أعداد هائلة من عصبونات قرانية صغيرة وهذه تكون محاويرها متجمعة مع بعضها فى صورة شبيهة بالسيقان ، وحجم ودرجة تعقيد هذه الأجسام يتطابقان بصورة عامة مع درجة تعقيد وتخصص السلوك .

المخ الوسطى أو الثانى (Midbrain or Deutocerebrum) : هو الزوج الثانى من الفصوص المخية ويقع خلف المخ الأول ويمثل زوج عقد الحلقة الثانيـــة من رأس الجنين وهى حلقة قرنى الاستشعار . ويتكون المخ الثانى أساساً من الفصين الشميين (antennary lobes) اللذين هما مراكز الإحساس بالشم فيخرج من جانب كل من فصيه عصب يذهب إلى قرن الاستشعار وعضلاته .

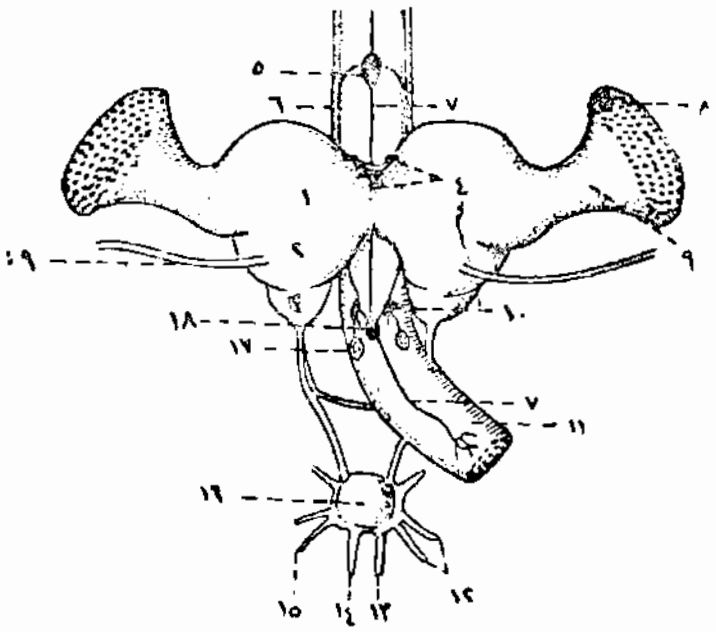
المخ الخلفى أو الثالث (Hind-brain or Tritocerebrum) : هو الزوج الثالث من فصوص المخ ويمثل زوج عقد الحلقة الثالثة من حلقات رأس الجنين . وهو أصغر أجزاء المخ جميعها وأضعفها نموا نظرا لغياب قرنى الاستشعار الثانيين فى الحشرات ، ويظهر منقسما إلى فصين صغيرين شديدى التباعد عن بعضهما ومتصلين بمؤخرة المخ الثانى كما ويرتبطان ببعضهما بحبل عصبى ضام يمتد بالعرض خلفاً من المرىء مباشرة ويسمى الحبل العصبى الضام خلف المرئى (Postoesophageal commissure) ، وكذلك يخرج من النهاية الخلفية لكل من هذين الفصين حبل عصبى طولى يعرف بالموصل جار المرئى (Paraoesophageal connective) وهـو يمتد للخلف ماراً خارج المرىء حتى يرتبط بالعقدة العصبية تحت المريئية . ويرسل المخ الثالث أعصاباً إلى الشفة العليا والقناة الهضمية الأمامية ، وكذلك تخرج منه أعصاب تتصل بالعقدة الجبهية من الجهاز العصبى السمبثاوى ولذلك فهو ينظم عمل ذلك الجهاز .

والمخ عامة يحتوى على عصبونات محركة قليلة مختصة بتحركات قرن الاستشعار ، ولكن وظائفه الأساسية هى أنه المركز الرئيسى للاحساس والشعور وأنه يقوم بمهمة التنسيق . فهو يتحكم فى الأفعال المنعكسة المخية المدبرة بوساطة العقد العصبية الصدرية والبطنية ، كما يمارس أثرا كابحا

على مراكز بالعقدة العصبية تحت المريئية ، وهو أيضاً مسئول عن الاحتفاظ بالقوة الانقباضية العامة للعضلات الجسمية الداخلية بمعنى أنه يتحكم فى تنظيم واتزان عمل تلك العضلات على جانبي الجسم . فاذا قطع المخ طولياً إلى نصفين ثم أزيل أحد هذين النصفين فإن الحشرة لا تستطيع التحكم فى حركة العضلات بالجانب الجسمى المنزوع منه نصف المخ بل تأتى آنئذ بحركات التفافية تجاه نصف الجسم الذى لم ينزع منه نصف المخ . أما إذا أزيل المخ بأكمله فإن ذلك يتيح للعقدة العصبية تحت المريئية أن تثير المراكز الحركية وبالتالى يحدث أن الحشرة تمشى أو تطير على غير هدى استجابة إلى أضأل المؤثرات ولكنها فى هذه الحالة لا تستطيع البحث عن طعامها وإنما إذا وضع الأكل فى ملامسة أجزاء فمها فانها تستطيع تناوله على شرط أن تكون تلك الأجزاء الفمية والعقدة العصبية المتحكمة فيها (وهى العقدة تحت المريئية) موجودة وبحالة سليمة .

٢ — العقدة العصبية تحت المريئية (Th. Suboesophageal ganglion) :

هى الجزء الثانى من الجهاز العصبى المركزى . وتقع هذه العقدة فى الناحية السفلية من الرأس تحت المرىء ، وتتصل بفصى المخ الثالث كما ذكرنا آنفاً بواسطة زوج الأحبال العصبية الطولية المعروفين بالموصلين جار المريئين (شكل ٦٤) . وقد تكونت العقدة العصبية تحت المريئية نتيجة اندماج أزواج العقد العصبية للحلقات الثلاثة الباقية من حلقات الرأس الجنينية وهى حلقة الفكين العلويين (الحلقة الرابعة) وحلقة الفكين السفليين (الحلقة الخامسة) وحلقة الشفة السفلى (الحلقة السادسة) . وفعلا يخرج من العقدة العصبية تحت المريئية جانبيا أعصاب زوجية تذهب إلى تلك الأجزاء الفمية المذكورة وبالتالى تتحكم فيها . كما ويخرج خلفياً من العقدة



شكل (٦٤) : المخ والعقدة العصبية تحت المريئية والجهاز العصبى السمبثاوى المريئى : [١ — المخ الأول (الأمامى) ، ٢ — المخ الثانى (الوسطى) ، ٣ — المخ الثالث (الخلفى) ، ٤ — عينون بسيطة ، ٥ — العقدة الجبهية ، ٦ — عصب يوصل العقدة الجبهية بأحد فصى المخ الثالث ، ٧ — العصب الراجع ، ٨ — عين مركبة ، ٩ — الفص البصرى ، ١٠ — العقدة المريئية ، ١١ — المرىء ، ١٢ — أعصاب تغذى الفكين العلويين ، ١٣ — أعصاب تغذى الفكين السفليين ، ١٤ — أعصاب تغذى الشفة السفلى ، ١٥ — حبلان عصبيان طوليان يوصلان إلى العقدة الصدرية الأولى ، ١٦ — العقدة العصبية تحت المريئية ، ١٧ — كوربورا اللاتم (الجسم التعادلى) ، ١٨ — العقدة العصبية تحت المخية ، ١٩ — عصب قرن الاستشعار ، ٢٠ — الحبل انضمام خلف المريئى (يصل بين فصى المخ الثالث) ، ٢١ — الحبل الموصل جار المريئى ، ٢٢ — عصب يغذى الشفة العليا .]

العصبية تحت المريئية زوج من الأحبال العصبية الموصلة التى تمتد إلى الخلف حتى تتصل بأول عقدة من العقد العصبية للحبل العصبى السفلى .

٣ — الحبل العصبى السفلى (The ventral nerve cord) : هـــو الجزء الثالث من الجهاز العصبى المركزى ، ويتكون من سلسلة من العقد

العصبية المزدوجة (شكل ٦٣) تمتد فى الخط الوسطى لمنطقى الصدروالبطن فوق الاسترنات مباشرة وتحت القناة الهضمية . وتتصل العقدة الأولى (الأمامية) منه بالعقدة تحت المريئية بواسطة زوج من الموصلات الطولية . ويصل بين كل عقدتين متتاليتين زوج من الأجيال العصبية الطولية أو الموصلات (connectives) وهذان غالباً ما يستمر مظهرهما الزوجى فى منطقة الصدر بينما فى منطقة البطن فهما يلتحمان معاً فيبدوان كأنهما حبل واحد . وترتبط عقدتا كل حلقة ببعضهما بأعصاب عرضية ضامة (commissures) ، ولكن كثيرا ما تقترب العقدتان من بعضهما حتى تلتحمان معاً فلا تظهر عندئذ الأعصاب الضامة . والمعتاد أن يوجد فى الصدر ثلاث أزواج من العقد العصبية بواقع زوج فى كل حلقة وتعرف بالعقد العصبية الصدرية (thoracic ganglia) ، بينما يوجد فى الحلقات البطنية أزواج من العقد العصبية المعروفة بالعقد العصبية البطنية (abdominal ganglia) وهذه يختلف عددها باختلاف أنواع الحشرات ولكن لا يزيد بأى حال عن ثمانية أزواج بواقع زوج فى كل من الحلقات البطنية الثمانية الأوائل . ومهما تكن الحال فان العقد العصبية الصدرية تكون دائماً أكبر حجماً من العقد البطنية كما وأن العقدة العصبية البطنية الأخيرة تكون دواماً أكبر حجماً بكثير من بقية العقد البطنية لأنها فى الواقع عبارة عن مركز عصبى مركب عن اندماج آخر ثلاثة على الأقل من العقد العصبية البطنية الجنينية .

هذا وفى كثير من الحشرات تتحد العقدة العصبية الصدرية الثالثة مع العقدة العصبية البطنية الأولى لتكونا عقدة واحدة مشتركة . بل وفى بعض الحشرات يشاهد أن مدى الاندماج فيما بين عقد الحبل العصبى السفلى قدتجاوز ذلك بدرجات متفاوتة كما هو موضح فى شكل (٦٣) .

فى مجموعة البق من رتبة نصفية الأجنحة تكون العقدة العصبية تحت المريئية مندمجة مع العقدة العصبية الصدرية الأولى على صورة مركز عصبى واحد بينما تلتحم العقدتان الصدريتان الثانية والثالثة مع جميع العقد البطنية لتصنع عقدة مشتركة أخرى كبيرة (شكل ٦٣ جـ) . وفى حشرات رتبة ذات الجناحين كالذبابة المنزلية تظل العقدة تحت المريئية مستقلة ومتميزة بينما تلتحم جميع العقد الصدرية والبطنية ببعضها فى مركز عصبى واحد مركب كبير (شكل ٦٣ د) يطلق عليه العقـــدة العصبية الصدرية البطنية (thoracic-abdominal ganglion) .

وتتحكم العقد العصبية الصدرية فى أعضاء الحركة ، إذ يخرج من كل منها زوجان من الأعصاب الرئيسية أحدهما يذهب إلى زوج الأرجل الصدرية والثانى يذهب إلى عضلات الحلقة ، بل وفى كل من الصدر المتوسط والصدر الخلفى يخرج من العقدة العصبية أيضاً زوج ثالث من الأعصاب الرئيسية يذهب إلى زوج الأجنحة ويتحكم فى حركتهـــا ، ويخرج من كل من عقد الحلقات البطنية زوج من الأعصاب الرئيسية يتحكم فى عضلات هذه الحلقة . والواقع أن كل عقدة بطنية تبدى استقلالا ذاتياً كبيرا وتعمل إلى حد ما كمركز عصبى موضعى مستقل يسيطر على كل الأفعال المنعكسة الخارية بالحلقة البطنية الموجودة بها العقدة ، ومما يدل على ذلك أن فعلا منعكساً كعملية وضع البيض يمكن أن ينفذ بواسطة بطن مفصولة من حشرة حية إذا نبهت تنبيهاً لائقاً وطالما أن العقدة العصبية البطنية الأخيرة موجودة بحالة سليمة وهى العقدة المسئولة عن إمداد الحلقات البطنية المحتوية على الجهاز التناسلى بالأعصاب .

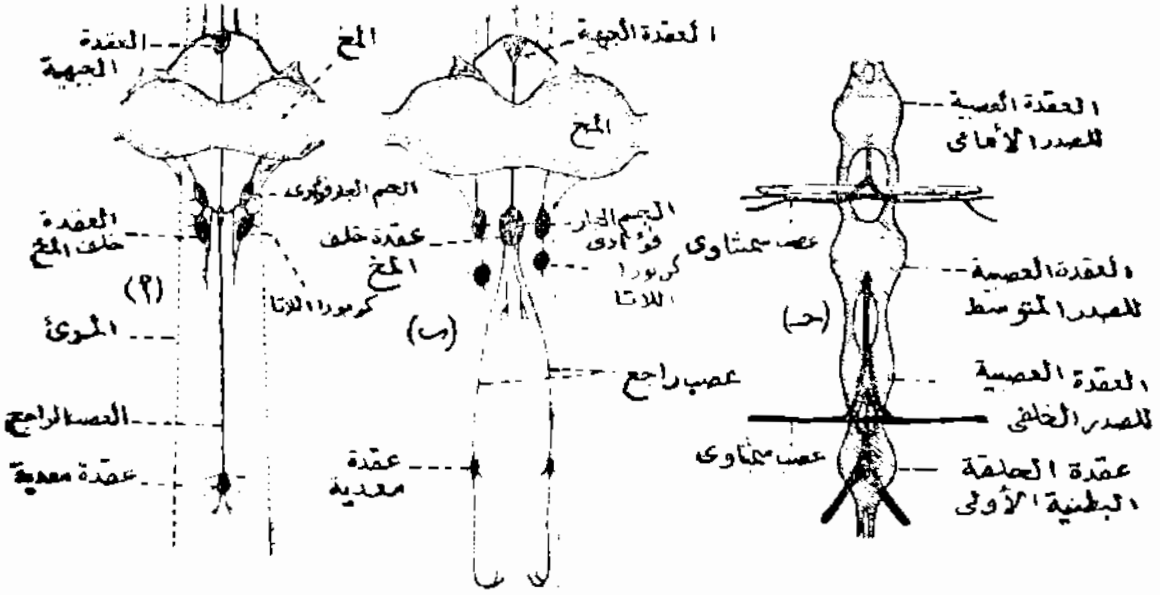
ثانيا — الجهاز العصبى الحشوى أو السمبثاوى
The Visceral or Sympathetic Nervous System

يتركب هذا الجهاز من ثلاثة أجهزة فرعية هى الجهاز العصبى السمبثاوى المريئى والجهاز العصبى السمبثاوى السفلى والجهاز العصبى السمبثاوى الخلفى .

١ — الجهاز العصبى السمبثاوى المريئى :

(The Stomatogastric or Oesophageal Sympathetic Nervous System)

ينشأ هذا الجهاز فى الجنين من الجدار العلوى للقناة الهضمية الأمامية ، ويتكون (كما فى شكل ٦٥ أ، ب) من عقدة عصبية جبهية (frontal ganglion) تقع أمام المخ مباشرة وتعتبر أهم مركز فى هذا الجهاز . وتتصل العقدة الجبهية بفصى المخ الثالث (tritocerebrum) مباشرة بعصب على كل جانب . كما يمتد منها عصب رئيسى هو العصب الراجع (recurrent nerve) يمر للخلف فوق جدار المرىء وتحت القلب إلى أن يتصل خلف المخ مباشرة بعقدة عصبية وسطية تعرف بالعقدة العصبية خلف المخية (hypocerebral ganglion) ثم يستمر بعدها فى السير إلى الخلف لينتهى إما بعقدة عصبية واحدة تعرف بالعقدة المعدية (ventricular ganglion) (شكل ٦٥ أ) وهى تقع عند اتصال الحوصلة بالمعدة أو قد يتفرع العصب الراجع بعد خروجه من العقدة خلف المخية إلى فرعين ينتهى كل منهما بعقدة معدية على كل جانب من جانبى الحوصلة (شكل ٦٥ ب) . ويتصل بالعقدة خلف المخية كذلك بواسطة عصب على كل جانب عقدة تسمى الجسم الجار فؤادى أو كوربورا باراكارديا كم (Corpora paracardiacum) التى تتصل بدورها بعقدة خلفية تسمى الجسم التعادلى أو كوربورا ألاتم



شكل (٦٥) : (أ) رسم توضيحى لجهاز عصبى سمبثاوى مريئى ذو عقـــدة عصبية معدية واحدة . (ب) جهاز عصبى سمبثاوى مريئى ذو عقدتين معديتين .
(جـ) جزء من الجهاز العصبى السمبثاوى السفلى .

(Corpora allatum) . كما يتصل كل جسم جار فؤادى من الأمام بعصب آت من المخ الأول .

ويشمل الجهـــاز العصبى السمبثاوى المريئى أيضاً أعصاب حسية (sensory nerves) وألياف عصبية محركة (motor nerve fibres) ؛ أى أن عقد هذا الجهاز أيضاً كمثل عقد الحبل العصبى البطنى تعمل كمراكز حسية مستقلة . ويغذى هذا الجهاز القلب والقناة الهضمية الأمامية بالأعصاب .

٢ــ الجهاز العصبى السمبثاوى السفلى (Ventral Sympathetic Nervous System) :

يتركب هذا الجهاز (كما فى شكل ٦٥ ج) من أزواج من الأعصاب المستعرضة متصلة بكل عقدة عصبية من عقد الحبل العصبى البطنى . وفائدة هذه الأعصاب تغذية الثغور التنفسية الموجودة فى الحلقات البطنية المعنية وتنظيم ميكانيكية فتحها وقفلها أثناء التنفس .

٣ــ الجهاز العصبى السمبثاوى الخلفى The Caudal Sympathetic Nervous System

يتكون هذا الجهاز من الأعصاب الممتدة خلفياً من العقدة العصبية البطنية الخلفية (الأخيرة) فى الحبل العصبى السفلى (شكل ٦٣) والتى تعرف بالاعصاب الأحشائية (splanchnic nerves) وهى تمد الجهاز التناسلى والقناة الهضمية الخلفية بالاعصاب اللازمة .

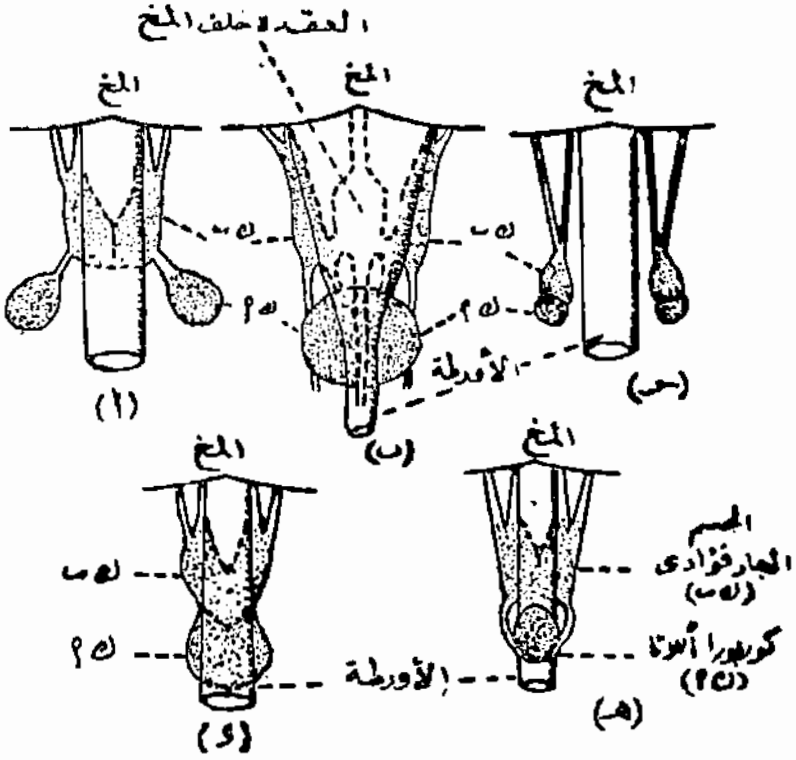
مما سبق يتضح أنه توجد بالحشرات أجسام معينة وثيقة الارتباط بالجهاز العصبى السمبثاوى المريئى وهى الجسمان جار الفؤاديين (كوربورا باراكارديا كا) والجسمان التعادليان (كوربورا أللاتا) . ولما كانت هذه الأجسام المذكورة ليست بعقد عصبية بل هى فى الواقع عبارة عن غدد منتمية إلى فئة الغدد الصماء أى الداخلية الإفراز فمن الأجدر أن نذكر فى هذا المقام نبذة عما يوجد فى الحشرات من غدد صماء .

الغدد الصماء (The Endocrine Glands) : هى عبارة عن غدد مزدوجة صغيرة فى الجزء الأمامى من جسم الحشرة وتلعب دوراً هاماً جداً فى السيطر على عمليتى الانسلاخ والتبدل أوالتشكل كما وقد تسبب تأثيرات فسيولوجية أخرى ، وأهم هذه الغدد فى الحشرات الأنواع الآتية :

١ — الجسمان جار الفؤاديين (كوربورا باراكارديا كا Corpora paracardiaca) والجسمان التعاديليان (كوربورا ألاتا Corpora allata) : وهذه الأجسام كما رأينا تكون وثيقة الالتحاق بالجهاز العصبى السمبثاوى المريئى . وقد أوضح كازال (١٩٤٨) أن نظام اصطفاف هذه الغدد يتبع أربعة أشكال رئيسية ثم أضاف إليها هينتون (١٩٥١) شكلا خامساً ، وهذه الأشكال الخمسة موضحة فى شكل ٦٦ وهى :

ا — الشكل المركزى الجانبى : وفيه يلتحم زوج الكوربورا باراكارديا كا تحت الأورطة ، ولكن يبقى زوج الكوربورا ألاتا منفصلا بدون التحام على جانبى الأورطة (شكل ٦٦ أ) . ويوجد هذا النوع فى رتب ذباب مايو (إفيميروبترا) والرعاشات (أودوناتا) ومستقيمة الأجنحة (أورثوبترا) وغشائية الأجنحة (هايمينوبترا) وبعض الذباب من فصيلتى كيوليسيدى (Culicidae) وسايكوديدى (Psychodidae) ومطبقة الأجنحة (بليكوبترا) وطويلة الأجنحة (ميكوبترا) ورتبة ميجالوبترا من رتبة شبكية الأجنحة (نيوروبترا) .

ب — الشكل الجانبى المركزى : وفيه يبقى زوج الكوربورا باراكارديا كا منفصلا تحت الأورطة ، بينما يلتحم زوج الكوربورا ألاتا ببعضه ويوجد أيضاً تحت الأورطة (شكل ٦٦ ب) . ويوجد هذا النوع فى رتبتى جلدية الأجنحة (ديرمابترا) وقمل الكتب (سوكوبترا) .



شكل (٦٦) : الأشكال المختلفة لنظام اصطفاف الكوربورا باراكارديا كا والكوربورا ألاتا . (ا) المركزى الجانبى ، (ب) الجانبى المركزى، (جـ) الجانبى ، (د) المركزى ، (هـ) الحلقى .

جـ — الشكل الجانبى : وفيه يقع زوجا الكوربورا باراكارديا كا والكوربورا ألاتا على جانبى الأورطة حيث تكون عقدتا كل جانب إما ملتحمتين أو منفصلتين (شكل ٦٦ جـ) . ويوجد هذا النوع فى رتب ذات الذنب الشعرى (ثايزانيورا) وبعض متشابهة الأجنحة (هوموبترا) وغمدية الأجنحة (كوليوبترا) وشعرية الأجنحة (ترايكوبترا) وحرشفية الأجنحة (ليبدوبترا) والبراغيث (أفانيبترا) وبعض الذباب من فصيلة تيبوليدى (Tipulidae) .

د — الشكل المركزى : وفيه يلتحم كل من زوجى الكوربورا باراكارديا كا والكوربورا أللاتا مع وقوعها جميعاً تحت الأورطة (شكل ٦٦ د) ، كما فى رتبة إمبيوبترا (Embioptera) وكثير من رتبة نصفية الأجنحة .

هـ — الشكل الحلقى : وفيه يكون زوج الكوربورا باراكارديا كا ملتحماً تحت الأورطة بينما يكون زوج الكوربورا أللاتا ملتحماً أيضاً ولكنه فوق الأورطة (شكل ٦٦ هـ) . كما فى بعض أنواع الذباب من رتيبى سايكلورافا (Cyclorrhapha) وبراكيسيرا (Brachycera) .

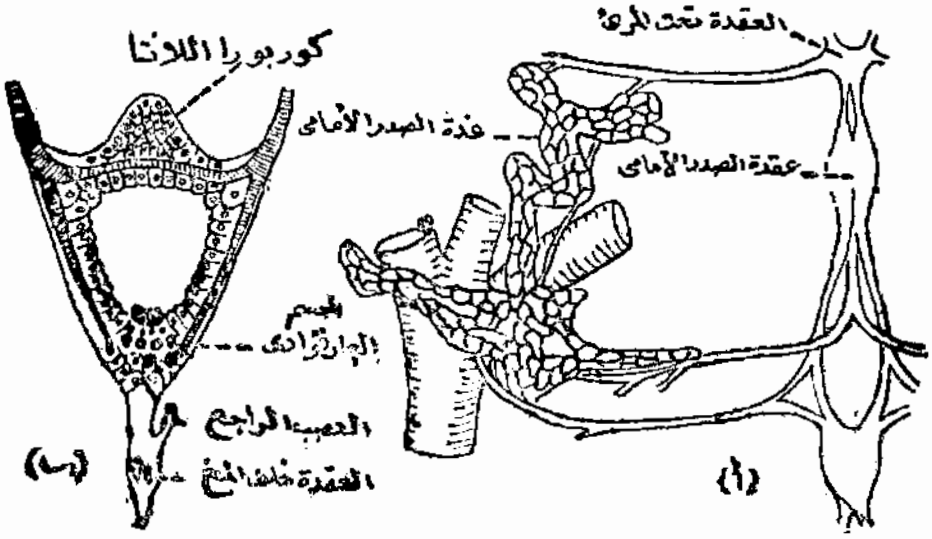
ووظيفة الكوربورا أللاتا انتـــاج ما يعرف بهورمون الصبـا (Juvenile hormone) المسمى بالنيوتينين (neotenin) والـذى يتزع إلى كبت ظهور الخواص اليافعية فى الحشرة النامية إذ طالما أنه يفرز بكمية كافية فانه يضمن كون الانسلاخات المبعوثة بواسطة غدة الصدر الأمامى تسبب التسلسل العادى للأعمار الحورية أو اليرقية . وعلى كل حال فقبيل نهاية الحياة الصبيانية تصبح الكوربورا أللاتا أقل نشاطا بكثير ويكون الانسلاخ آنئذ مصحوبا بالتكوين المفاجىء لصفات يافعية كمثل ذلك الذى يتبدى بصورة مدهشة فى التبدل الشكلى للحشرات تامة التبدل. ثم تستأنف الكوربورا أللاتا نشاطها فى الطور اليافع (الحشرة الكاملة) حينما يكون هورمونها ضرورياً لاكتمال نمو المبايض والغدد التناسلية الزائدة فى كل من الشقين (الذكر والأنثى) على السواء .

وأما الكوربورا باراكارديا كا فهما تحتويان على خلايا عصبية وأخرى عصبية إفرازية(neurosecretory) . وقد وجد أن استئصال هذان الجسمان لا يترتب عليـه تأثير على نماء حوريات رعاشات رتبـــة أودوناتا (فلوجهيلدر ، ١٩٥٢) ، بينما فى الصرصار بريبلانيتا (Periplaneta) فيبدو

أن الكوربورا باراكاردیا كا يتحكمان فى النشاط الإفرازى لغدد الصدر الأمامى (بودنشتاين ، ١٩٥٣) . وأما فى إناث ذبابة كاللیفـــورا (Calliphora) فقد تبين أن الكوربورا باراكارديا كا تعمل بتأثير المخ على إفراز هورمون يشجع نمو البيضات (ثومسين ، ١٩٥٢) .

٢ــ الخلايا العصبية الإفرازية للمخ (Neurosecretory cells of the brain) : وهى عبارة عن مجاميع من خلايا عصبية متحورة واقعة داخل الجزء الظهرى من المخ الأول وتنتج هورمونا يقوم بتنشيط غدد الصدر الأمامى لكى تفرز بدورها إفرازات تساعد الأطوار غير البالغـة من الحشرة على الانسلاخ فى الوقت الذى يكون فيه إفراز الكوربورا ألاتا متوقفاً .

٣ ــ غدد الصدر الأمامى (The prothoracic glands) : تنشأ هذه الغدد فى الجنين نتيجـة انبعاج للداخل (انغماد) من هايبوديرمس حلقة الشفة السفلى بالرأس . وهى توجد فى الحلقة الصدرية الأولى (شكل ٦٧ أ)



شكل (٦٧) : (ا) غدة الصدر الأمامى من الجهة اليسرى. (ب) حلقة وايزمان .

فى الأطوار غير البالغة من كثير من الحشرات مثل حرشفية الأجنحة ونصفية الأجنحة وغمدية الأجنحة وغيرها . وتظهر خلاياها فى حالة إفراز فى أوقات الانسلاخ . وهى تنتج هرمونا يسمى الانسلاخون (إكدايسون ecdysone) وهو يحث الطور غير البالغ من الحشرة على أن ينسلخ ، ثم تضمحل هذه الغدد فى الطور اليافع (الحشرة الكاملة) دائماً ما عدا فى الثايزانيورا (الحشرات ذات الذنب الشعرى) حيث يستمر الانسلاخ حتى بعد وصول الحشرة إلى مرحلة البلوغ الجنسى .

٤ — حلقة وايزمان (Weismann's ring) : فى يرقات كثير من أنواع الذباب من رتيبة سايكلورافا (Cyclorrhapha) لا يوجد الجهاز العصبى السمبثاوى السابق وصفه بل يوجد بها بدلا منه حلقة ينفذ منها الأورطة وتسمى حلقة وايزمان أو الغدة الحلقية (Weismann's ring or ring gland) (شكل ٦٧ ب) ، وتحتوى هذه الحلقة على ثلاث أنواع من الخلايا أحدها يقوم بنفس وظيفة عقدتى الكوربورا ألاتا وثانيها وظيفته تشابه وظيفة عقدتى الكوربورا باراكارديا كا وثالثها عمله يشابه عمل غدد الصدر الأمامى ، وتقوم القصبات الهوائية بتثبيت حلقة وايزمان فى مكانها بداخل جسم اليرقة . وتوجد فى يرقات الذباب من رتيبة براكيسيرا (Brachycera) حالة وسطية بين حالة الجهاز العصبى السمبثاوى العادى الموجود فى يرقات الذباب من رتيبة نيماتوسيرا (Nematocera) وبين حالته الموجودة فى يرقات الذباب من رتيبة سايكلورافا (Cyclorrhapha) حيث توجد حلقة وايزمان .

٥ — الغدد الرأسية السفلية والغدد فوق القلبية :

(The ventral cephalic glands & the Pericardial glands)

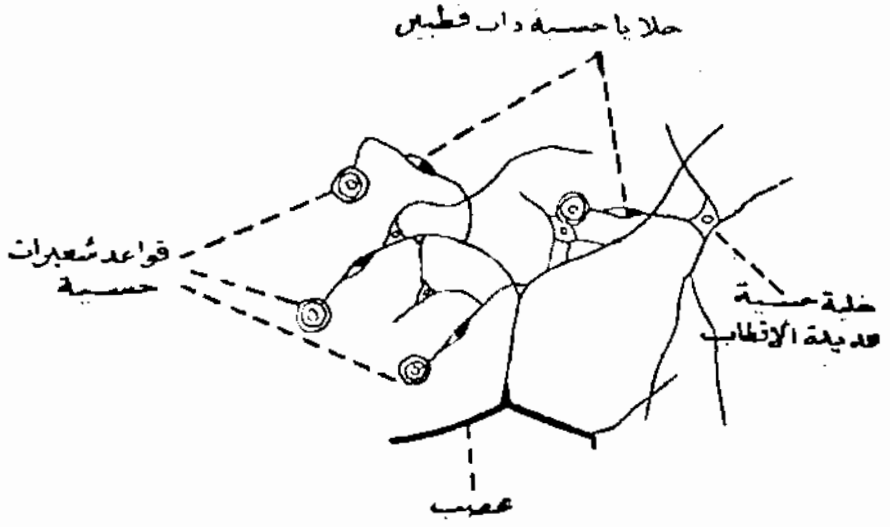
لقد وجد فلوجهيلدر (١٩٣٩) فى حوريات حشرتى كاروزياس

(Carausius) وفيلليام (Phyllium) غددا مزدوجة أسماها الغدد فوق القلبية (Pericardial glands) نظراً لوجودها فى الجزء العلوى الخلفى من الرأس . كما وجد نفس العالم (عامى ١٩٤٧ ، ١٩٤٨) غدداً أخرى إكتوديرمية فى المنطقـــة السفلى للرأس فسماها بالغدد الرأسية السفلية (ventral cephalic glands) وذلك فى حشرات كثيرة تابعـة لرتبة مستقيمة الأجنحة ، ولكنه لم يجد هذه الغدد الرأسية السفلية لا فى رتبة نصفية الأجنحة ولا فى جميع الحشرات تامة التبدل . ووجد هذا العالم أن كلا من هذين النوعين من الغدد يندثر عندما تصل الحورية إلى طور الحشرة الكاملة (اليافعة) . وبالتجارب البسيطة التى أجراها وجد أن وظيفتهما تشبه وظيفة غدد الصدر الأمامى .

٦ — الغدد الليمفاوية (Lymph glands) : وجد الشاتورى (١٩٥٥) وغيره خمسة إلى ستة أزواج من الغدد ملتصقة بجدار الأورطة والقلب فى برقات ذبابة الدروسوفيلا . وتتكون كل غدة منها من عدد قليل من الخلايا الكبيرة الحجم ، والخلية شكلها كروى أو مثلثى وتحوى نواة واحدة وأحيانا نواتين ، وتحاط الغدة الواحدة كلها بنسيج ضام . ومن السهل التفرقة بين هذه الغدد وبين الخلايا التى توجد فى الحشرات محيطة بالقلب وتعرف بالخلايا التامورية (Pericardial cells) . وتعتبر الغدد الليمفاوية من الغدد الصماء التى تفرز هورموناتها فى الدم وهذه الهورمونات تتحكم فى نمو البراعم اليافعية (imaginal buds) الموجودة بالفعل فى الطور اليرقى والتى ستكون الأعضاء المختلفة فى الحشرة الكاملة كالأجنحة والأرجل والأعين والصدر والبطن وغير ذلك .

ثالثا — الجهاز العصبى الحسى السطحى
The Peripheral Sensory Nervous System

يتألف هذا الجهاز من شبكة دقيقة الصنع من محاوير وخلايا عصبية حسية واقعة جميعا أسفل الجدار الجسمى الخارجى مباشرة ، والخلايا الحسية على نوعين أحدهما ثنائى الأقطاب والآخر متعدد الأقطاب. والنتوءات القاصية لهذه الخلايا الحسية متشعبة بدقة وتنتهى فى طبقة الهايبوديرمس نفسها حيث تكون على اتصال بالشعرات الحسية المنتشرة على جدار الجسم . وأما المحاوير فتنضم معا ثم تدخل الأعصاب المزدوجة الخارجة فى الحلقات من عقد الحبل العصبى السفلى . وفيما بين الحشرات يبلغ هذا الجهاز أحسن درجات نموه فى اليرقات ذات الجلد الرخو ، ولعله مناظر للشبكة العصبية الموجودة فى الحيوانات اللافقرية الدنيا .



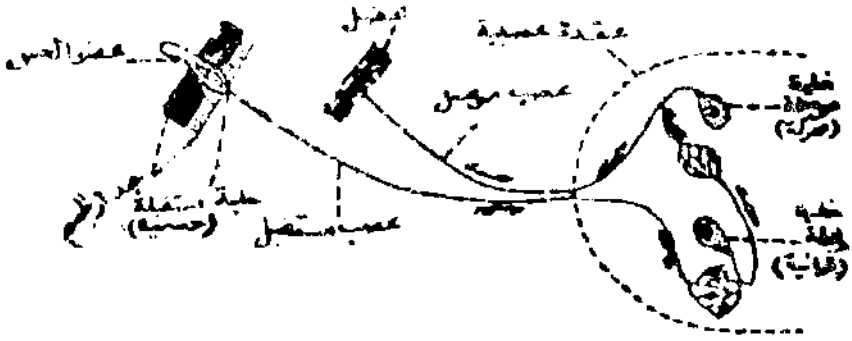
شكل (٦٨) : جزء من الجهاز العصبى الحسى السطحى فى يرقة الحرير

اعضاء الحس The Sense Organs

من أهم الخواص التى ساعدت الحشرات على البقاء والمعيشة قدرتها

الفائقة على الانفعال بالمؤثرات الخارجية وتكييف أفعالها على حسب الظروف البيئية المحيطة بها إذ تستطيع التمييز بين مختلف المؤثرات الخارجية الواقعة عليها ثم الاستجابة لها والمجاوبة عليها بما يناسب الموقف وذلك إما بالبعد عن العوامل الضارة بحياتها او بالاقتراب من المؤثرات الملائمة لها. وللحشرات جهاز معقد تستجيب به لجميع أنواع المؤثرات الخارجية . ويتم الإحساس بالمؤثر الخارجي عن طريق أفراد أو مجموعات من الخلايا العصبية الحسية (sensory neurones) تعرف بالمستقبلات أو المتقبلات (receptors) أو الحسيسات (sensillae) والتي تصنع ما يعرف بأعضاء الحس (sense organs) . وتتخذ هذه المستقبلات أشكالا متنوعة وتقع عند الأطراف القريبة لسطح الجسم من الأعصاب الحسية ، وهي تستقبل المؤثر الخارجي الذي ينقل بواسطة الأعصاب الحسية إلى داخل عقدة عصبية من عقد الجهاز العصبي المركزي وفي الأخيرة تنتقل الإشارة العصبية بواسطة العصبونات القرانية (الرابطة) ونتوعاتها إلى العصبونات المحركة التي بدورها عن طريق أعصابها المحركة تنقل الإشارة من داخل العقدة العصبية إلى خارجها بحيث توصلها إلى جهاز تنفيذي معين (كعضل أو غدة) فتكلفه بأداء اللازم للرد على الإشارة بما يتفق مع مصلحة الحشرة (شكل ٦٩) .

والمستقبلات (الحسيسات) في كثير من الأحوال ــ كحالة المستقبلات اللمسية مثلا ــ تكون مبعثرة في توزيعها ، بينما في حالة العيون والأعضاء السمعية ذات الطبلة فانها تكون متجمعة مع بعضها البعض وذلك بأعداد كبيرة غالباً . وفي صورتها الأقل تحورا تكون المستقبلات شبيهة بالشعرات الجسمية ولا تختلف عنها إلا في اتصالها مع الجهاز العصبي . ومكونات مستقبلة من هذا الطراز الشعري (trichoid) البسيط (شكل ٧٠) هي عبارة عن جزء خارجي كيوتيكلي (external cuticular part) بخليته



شكل (٦٩) : رسم يوضح طريقة انعكاس المؤثر خلال الخلايا العصبية .
(الأقواس تشير إلى إتجاه سير التأثير العصبى) .

الترايكوجينية (أى المولدة للشعرة) ثم خليـــة حسية ذات قطبين (bipolar sense cell) ، وتقع الأخيرة فى أو إلى الأسفل من هايبوديرمس الجدار الجسمى كما وأن نتوءها القاصى يخترق الخلية الترايكوجينية لكى يدخل فراغ الجزء الكيوتيكلى من المستقبلة . وفى أحوال كثيرة توجد أيضا بجانب الخلية الترايكوجينية خلية تورموجينية (أى المولدة للغشاء الشعرى) . ومن هذا الطراز الشعرى البسيط اشتقت طرز شتى تميز عن بعضها بشكل أجزائها الكيوتيكيلية فقد تكون مخروطية قاعدية (basiconic) أو لوحية (placoid) أو ناقوسية (campaniform) أو مخروطية غائرة (coeloconic) من واقع كونها وتدية الشكل أو صفيحية الهيئة أو شبيهة بالقبة أو واقعة فى نقرة على الترتيب . وتوجد بخلاف ذلك مستقبـــلات من نوع مختلف كل الاختلاف وهى الوحدات البصرية (ommatidia) المؤلفـة للعيـــون والمستقبلات الوترية الأسلوب (Chordotonal receptors) التابعة للأعضاء السمعيـــة ذات الطبلة (tympanal organs) .

والواقع أن لهذه المستقبلات وظيفة محددة فهى متخصصة من ناحية المؤثر الذى تستجيب إليه ولا تستجيب لغيره بحكم تركيبها الطبيعى . غير أن بعضاً من

المستقبلات لم يمكن للآن أن تنسب إليها وظائف محددة على وجه اليقين ، بل استنتج دورها المرجح من واقع بنيانها وموضعها أحيانا ، كما أمكن التحصل على مزيد من المعلومات عنها عن طريق دراسة ردود فعل حشرات قد أزيلت منها المستقبلات أو الأجزاء الحسمية المحتوية عليها أو غطيت فيها الأخيرة بمواد غير منفذة . وفى الزمن الحديث استعملت وسائل كهربائية لتسجيل الإشارات العصبية المارة فى الأعصاب الحسية مما قد هيأ معلومات فسيولوجية أدق عن المستقبلات . وعلى أى حال ففى أحوال كثيرة كانت دقة حجم المستقبلات (الحسيسات) وواقع أن أنواع متنوعة منها تتواجد غالباً على كثب من بعضها سبباً فى جعل استقصائها أمراً صعباً .

ولعل الأنسب أن تقسم أعضاء الحس (أى المستقبلات) فى الحشرات إلى الأقسام الخمسة التالية :

١ — أعضاء حس ميكانيكية (Mechanoreceptors) ، ومنها أعضاء الحس الخاصة باللمس (touch) أو التوتر (tension) أوحفظ التوازن الجسمى (balance) والشعرات الحسية الجسمية الخاصة بادراك الأصوات ميكانيكياً .

٢ — أعضاء حس كيميائية (Chemoreceptors) ، كالمستقبلات الشمية والذوقية التى تحس على الترتيب بالروائح (odours) ومذاقات المواد (tastes) .

٣ — أعضاء حس ضوئية (Photoreceptors) ، كالعيون البسيطة والمركبة وهما الأعضاء الابصارية (visual organs) .

٤ — أعضاء حس سمعية (auditory organs) ، وهى تدرك الأصوات .

٥ ـ أعضاء حس بالحرارة والرطوبة ، وهى تستجيب لتغيرات درجتى الحرارة والرطوبة .

وغالبية هذه المستقبلات المذكورة عبارة عن مستقبلات مؤثرات خارجية (exterioceptors) تحس بالمؤثرات الآتية من خارج الحشرة . إلا أن بعض المستقبلات الميكانيكية تعمل كمستقبلات مؤثرات باطنية أو ذاتية (proprioceptors) بمعنى أنها تستجيب لمؤثرات داخلية ناجمة عن تغيرات فى وضع الجسم أو أحد أجزائه .

أولا ـ أعضاء الحس الميكانيكية (Mechanoreceptors) :

وهى تثار بواسطة مؤثرات تتسبب بصفة مؤقتة فى تغيير شكل الكيوتيكل فى أو قرب المستقبلة ؛ ويوجد منها ثلاثة طرز رئيسية هى الشعرات الحسية البسيطة والمستقبلات الناقوسية والمستقبلات الوترية الأسلوب .

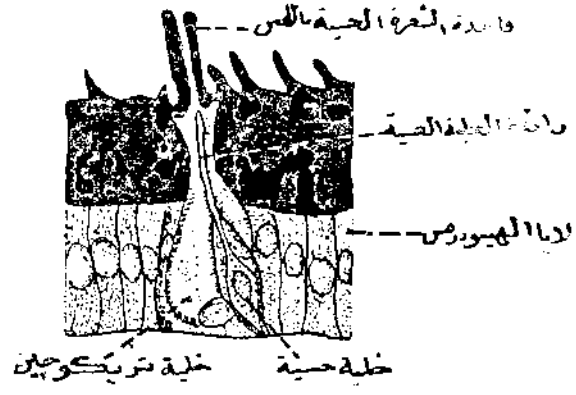
فالشعرات الحسية (sensory hairs) هى أبسط طرز الأعضاء الحسية الميكانيكية ، وهى منتشرة بكثرة فوق مختلف أجزاء الجسم حيث تتصل بالكيوتيكل اتصالا مفصلياً عن طريق غشاء واقع فى نقرة ، كما وأنها مزودة من عند قواعدها بخلايا عصبية حسية تمتد منها أعصاب حسية إلى الجهاز العصبى المركزى ومن ثم فان أى حركة تحدث للشعرة فى نقرتها نتيجة التوتر أو اللمس أو التيارات الهوائية أو المائية تسبب تغيرا فى ضغط قاعدة الشعرة على العصب الحسى وبالتالى تنتج فى الأخير إشارات عصبية تمضى إلى الجهاز العصبى المركزى . وعلى ذلك فتعتبر كل شعرة من هذه الشعرات بما يتبعها من خلية (أو خلايا) حسية وأعصاب حسية بمثابة

عضو حسى يؤدى حاسة اللمس أو يشعر بالتوتر أو يحس بالتيارات الهوائية أو المائية . ومثل هذه الشعرات الحسية منتشرة على سطح الجسم بأجمعه وعلى زوائده كقرون الاستشعار والأرجل والقرون الشرجية (شكل ٧٠). وبعض هذه الشعرات قد يهتز نتيجة لموجات صوتية مختلفة الدرجات ولذلك فهى لربما تعمل أيضاً كأعضاء سمعية ميكانيكية . وأحيانا تكون هذه الشعرات متجمعة معا فى صورة « ألواح شعرية (hair-plates) » موجودة بقرب المفاصل فيما بين عقـــل احدى الزوائد فتعمل عندئذ كمستقبلات باطنية (ذاتية) نظرا لأنها تثار كلما تحركت إحدى عقل الزائدة فوق جارتها .

أما المستقبلات الميكانيكية الناقوسية (companiform sensillae) فيتألف كل منها من مساحة ضئيلة دائرية أو بيضاوية وقبية الشكل من كيوتيكل رقيق كما ويكون كل منها متلامس داخلياً مع النتوء القاصى القضيبى الشكل لخلية عصبية حسية . وحين تتسبب حركة الجسم فى إحداث إجهادات (stresses) فى الكيوتيكل المتاخم فان النتوء القضيبى الحسى يزاح إلى فوق أو إلى تحت وبذلك يحث العصبونة على أن تقذف باشارات عصبية فى الليف العصبى الحسى . وهكذا فالحسيسات الناقوسية تعد أساسيا مستقبلات باطنية (ذاتية) تحس ميكانيكيا بالاجهادات الحارية فى الكيوتيكل بقربها نتيجة حركة الجسم ، وهى توجد اعتيادياً فى مجاميع بقرب مفاصل الأرجل والملامس وعند قواعد الأجنحة ودبابيس التوازن .

وأما الحسيسات الوترية الأسلوب (chordotonal sensillae) فتوجد إما فرادى أو متجمعة فى أجزاء كثيرة من الجسم . ففى النطاط ميلانوبلاس

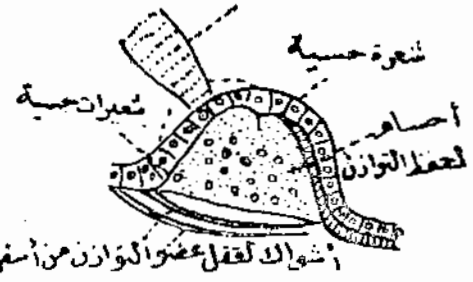
(Melanoplus) وجد من هذه الأعضاء الوترية الأسلوب ٦٧ زوج وكل عضو منها مؤلف من واحدة أو أكثر من تلك المستقبلات . وتتركب الحسيسة الوترية الأسلوب (كما هو مبين فى شكل ٧٧ د) من خلية طويلة مرتبطة بالأديم الحسى الخارجى وتدعى الخلية القلنسوية(cap-cell) ثم خلية غلافية (envelope-cell) وخلية حسية (sense-cell) ، فالخلية الغلافية تكون محيطة بالنتوء القاصى للخلية الحسية التى تكون قمتها ممدودة فى صورة ليف عصبى انتهائى مثبت إلى الكيوتيكل ، وعند قمة النتوء الحسى يوجد قضيب حسى (sense-rod) ذو تركيب معقد ويدعى الخازوق الحسى (سكولوبيل scolopale) ، وفى الخلية الحسية يوجد ليف محورى (axial fiber) رهيف وهو يعبر القضيب الحسى لكى ينتهى فى قلنسوته الغامقة الانصباغ المعروفة بالجسم القمى(apical body)، ولذا فيبدو أن أى ازاحة يتعرض لها القضيب الحسى تثير الخلية الحسية عن طريق الليف المحورى . وفى كثير من الأحوال تكون المستقبلات



شكل (٧٠): مستقبل حسى باللمس على القرن الشرجى لصرصار الغيط(Gryllus).

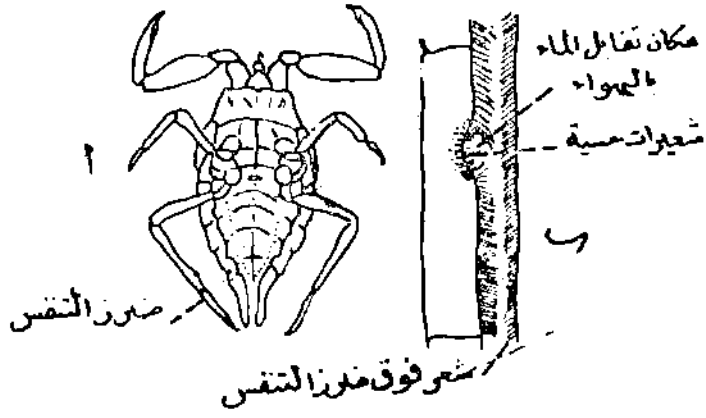
الوترية الأسلوب مرتبطة من كل من نهايتيها إلى الأديم الخارجي حيث يرجح آنئذ أنها تعمل كمستقبلات باطنية (ذاتية) تحس بتغيرات التوتر فى العضلات .

هذا وتوجد فى بعض الحشرات أعضاء حس ميكانيكية متخصصة تدعى أعضاء التوازن (organs of equilibrium) وهى تعتمد على وجود واحد أو أكثر من طرز المستقبلات الميكانيكية سالفة الذكر ، وتختص بحفظ توازن الجسم واتجاهه أثناء السير على الأرض أو أثناء الطيران أو أثناء العوم فى الماء فى حالة الحشرات المائية . فمثلا يوجد فى نهاية بطن يرقة إيفيليا (Ephelia) كيسان وكل كيس منهما (شكل ٧١) يحوى شعرات حسية وحبيبات ، ويمتلىء الكيس بالماء إذا كانت اليرقة متجهة فى الماء إلى أسفل ثم يفرغ إذا كانت متجهة نحو السطح ، وعند امتلائه تسقط الحبيبات على الشعرات الحسية . وعند تفريغه تبتعد تلك الحبيبات عن الشعرات ثانية ، ومن هذا يمكن للـــيرقة الإحساس باتجاهها داخل الماء .

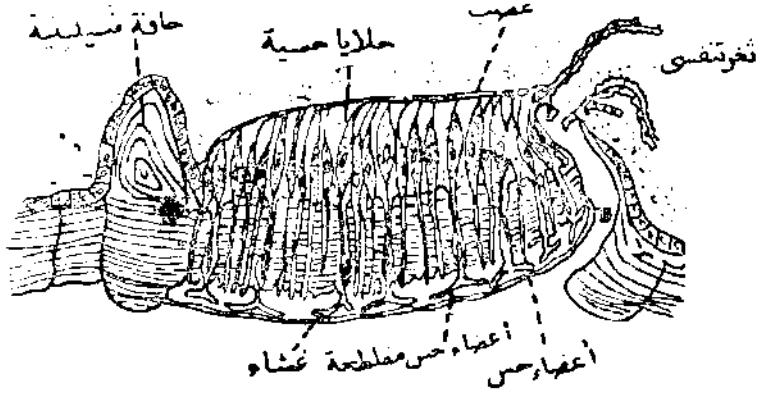


شكل (٧١) : عضو التوازن فى يرقة ايفيليا (Ephelia) .

وفى حوريات حشرة نيبـــا (Nepa) التابعة لرتبة نصفية الأجنحة يوجد تجويف لتخزين الهواء على امتداد كل من جانبى البطن من السطح السفلى (شكل ٧٢) ، ويغطى كل تجويف بشعيرات طويلة إلا فى أربعة أماكن (فوق أربعة من الحلقات البطنية) حيث الشعرات الطويلة مستبدلة بشعيرات قصيرة وحيث يتقابل فى هذه الأماكن الهواء الموجود بداخل التجويفين مع الماء .



شكل (٧٢) : (أ) السطح السفلى لحورية حشرة نيبا (Nepa) لبيان ضرز التنفس ، (ب) جزء مكبر من ضرز التنفس .



شكل (٧٣) : قطاع عرضى فى ثغر تنفسى بطنى فى الطور الكامل من حشرة نيبـــا (Nepa) لبيان المستقبل الحسى لضغط الماء .

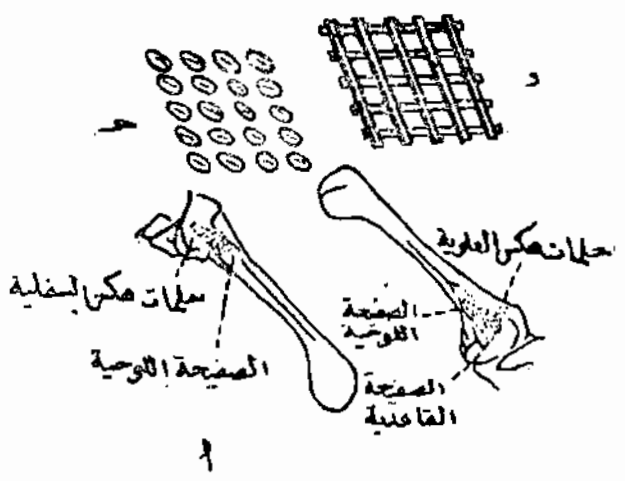
وفى الطور اليافع من الحشرة السابقة (نيبـا Nepa) يوجد ثلاثة أزواج من أجهزة التوازن (شكل ٧٣) حول أزواج الثغور التنفسية الموجودة على ثلاث حلقات بطنية وتستطيع هذه الأجهزة الإحساس بفروق الضغط الجارية حول الثغور التنفسية وبهذا يمكن للحشرة معرفة موقعها واتجاه سيرها داخل الماء .

والحشرة الكاملة من أفيلوكيراس (Aphelocheirus) بخلاف أكثر الحشرات المائية الأخرى لا يمكنها تخزين فقاعات الهواء تحت الشعر الذى يغطى جسمها ، ولكن فى استطاعتها معرفة اتجاه حركتها فى الماء إذ أنها تمتلك زوجاً من الانخفاضات على الاسترنة البطنية الثانية بجوار زوج الثغور التنفسية لهذه الحلقة وعلى كل انخفاض توجد شعيرات (بمعدل ٦٠٠٠٠ شعيرة على المليمتر المربع الواحد) تحمل كل واحدة منها غشاوة من الهواء وتتخللها شعيرات حسية تتحرك كلما تغير الضغط الموجود عند نقطة تقابل فقاعات الهواء بالماء (شكل ٧٤) .

شكل (٧٤) : قطاع فى مستقبل الحس بالضغط فى الطور اليافع من حشرة أفيلوكيراس (Aphelocheirus) .

والشعيرات الحسية المختلفة الموجودة على الأجنحة تساعد الحشرة على الأرجح فى ضبط توازنها أثناء الطيران .

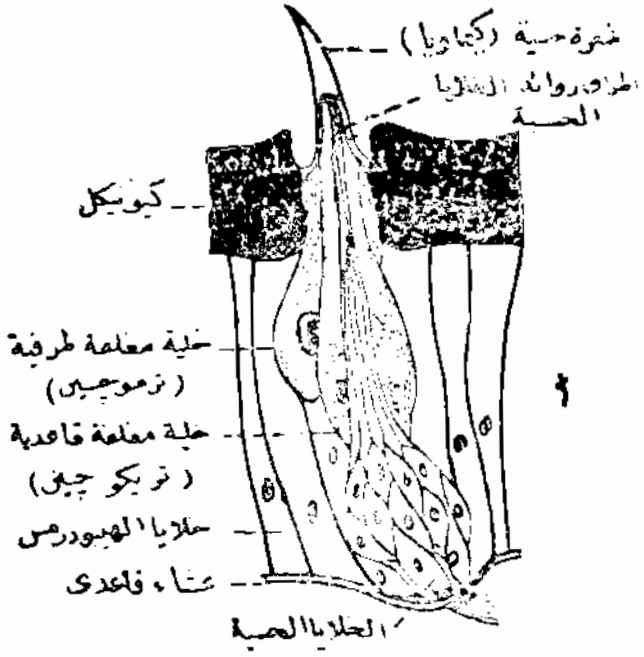
ودبابيس التوازن (halteres) الموجودة فى ذباب رتبة ذات الجناحين (ديبترا) والمختصة بحفظ التوازن أثناء الطيران تكون مزودة قاعدياً بمجاميع من مستقبلات ميكانيكية من الطراز الناقوسى مصطفة بشكل مخصوص (شكل ٧٥) وهى تسجل التغيرات فى توترات الكيوتيكل عند قاعدة دبوس التوازن المتذبذب حالما تغير الحشرة اتجاه طيرانها . وقد وجد أن هذه الدبابيس لا غنى عنها فى أغلب الأحوال لحفظ التوازن . فمثلا ثبت أن الذباب التابع لفصيلة كاليفوريدى (Calliphoridae) لا يمكنه الاحتفاظ بتوازنه أثناء الطيران إذا ما نزعت منه دبابيس التوازن بينما يمكن لذباب مسرى من فصيلة تابانيدى (Tabanidae) الطيران بدون دبوسى التوازن .



شكل (٧٥) : (أ) منظر لدبوس التوازن فى ذبابة ليوسيليا (Lucilia) من الجانب الداخلى . (ب) منظر لنفس الدبوس من الجانب الخارجى .
(جـ) الأعضاء الحسية المكونة للصفيحة القاعدية . (ب) قضبان حسية .

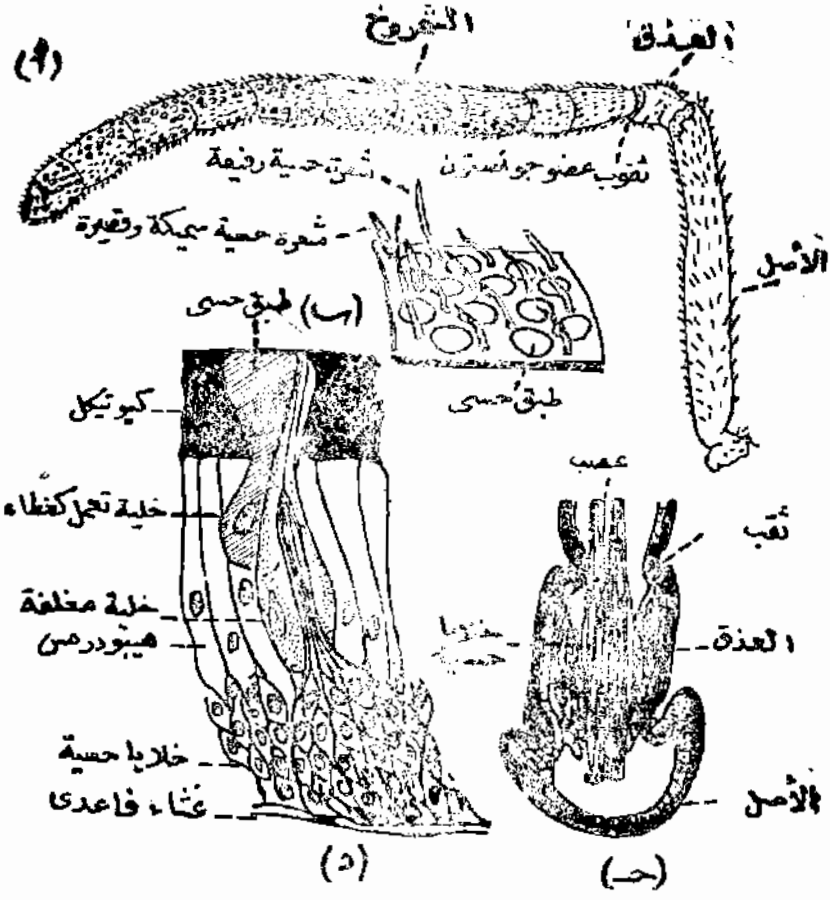
ثانياً — أعضاء الحس الكيميائية (Chemoreceptors):

تشمل هذه الفئة أعضاء الحس الخاصة بالذوق (taste) والشم (olfactory) وهى عبارة عن شعيرات رقيقة الجدر وتدية الشكل أى قصيرة نوعاً وسميكة (شكل ٧٦) ولها القدرة على التأثر بالمواد الكيماوية الذائبة فى السوائل (الذوق) أو الموجودة فى الهواء (الشم) . وكل شعيرة من هذه الشعيرات مجهزة من أسفلها بخلايا عصبية ينبعث منها إلى أعلى عصب رفيع يمتد بداخل الشعيرة . والذوق ينتج عن لمس مواد المحاليل بينما الشم فينتج عن تأثير كيميائى لمواد متطايرة يأتى من مسافة بعيدة ، وفى الحشرات الأرضية تنبه حاسة الشم بتركيزات منخفضة من أبخرة المواد المتطايرة بينما حاسة الذوق فتدرك تركيزات عالية نسبياً من المنبه فى حالة محلول مائى ، ولذلك كانت أعضاء الشم أكثر تعقيدا من أعضاء الذوق .



شكل (٧٦) : مستقبل حسى كيميائى .

والمستقبلات الشمية توجد أساسياً على قرون الاستشعار (شكل ٧٧) وفى أحيان قليلة على الملامس . وتمتلك كل مستقبلة جزءاً كيوتيكليا رقيقاً للغاية كما وتكون مستعصبة من أسفلها بالنتوءات القاصية لمجموعة من العصبونات الثنائية الأقطاب . ومن المستقبلات الشمية توجد طرز شتى فهى إما شعرية (trichoid) أو مخروطية قاعدية (basiconic) أو



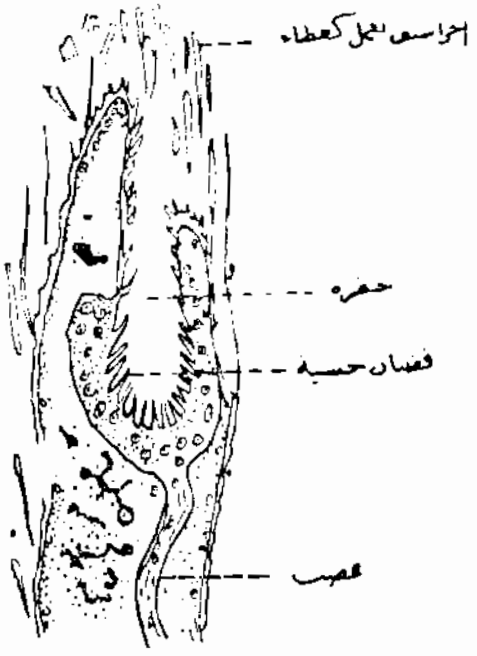
شكل (٧٧) : (أ) قرن استشعار شغالة نحلة العسل مبينا عليه المستقبلات الشمية . (ب) جزء مكبر من سطح إحدى حلقة الشمروخ . (جـ) قطاع طولى فى قاعدة قرن الاستشعار لبيان عضو جونستون . (د) قطاع طولى فى مستقبل حسى كيميائى طبقى الشكل .

مخروطية غائرة (coeloconic) أو لوحية (placoid) . وهى تكون فى العادة مبعثرة فوق سطح العضو الحامل لها ، إلا أنها أحياناً تكون متجمعة فى نقر حيث تصنع عضوا شمياً محددا كمثل الموجود على قرون استشعار الذباب التابع لفصلية مسكيدى (Muscidae) . وقد تكون هذه المستقبلات أكثر عددا فى الذكر ، فمثلا فى نحلة العسل ابيس (Apis) تحمل العقل الثمانية الأخيرة من قرن استشعار الذكور حوالى ٣٠ ألف حسيسة لوحية فى مقابل ستة آلاف فى الشغالات وألفين فى الملكات .

والواقع أن حاسة الشم تلعب دوراً هاماً جداً فى حياة الحشرات إذ تتمكن بواسطتها من انتخاب غذائها والاستدلال على مكانه ومن العثور على المكان الملائم لوضع بيضها . وبخاصة الشم أيضاً يستطيع الذكر أن يعثر على أنثاه عن طريق الرائحة المنبعثة من مواد تفرزها الأخيرة ، فمثلا الرائحة الصادرة من الإناث البكر لبعض أنواع الفراشات تجتذب الذكور فتجعلها تتجمع بقرب الأنثى من مسافات قد تزيد عن ميلين . والحشرات الاجتماعية كالنحل والدبابير والنمل تستطيع تمييز توابع نفس نوعها أو مستعمرتها بواسطة شم الرائحة كما وأن بعضها فى أثناء رحلاته من العش أو إليه يسلك طريقاً معيناً مستعيناً فى ذلك بشم الروائح المتخلفة عن زملائه التابعين لنفس المستعمرة . وكثير من إناث الحشرات تنجذب بتأثير الرائحة إلى المواقع الصالحة لوضع البيض وتنشئة الصغار الفاقسة حديثاً ، بينما بعض الحشرات آكلة النباتات فتنجذب إلى عوائلها بواسطة رائحة ما تحويه من الزيوت الطيارة .

أما المستقبلات الذوقية (gustatory receptors) فهى على الأرجح من الطراز المخروطى الغائر أو الشعرى . وهى توجد على سطوح الفراغ الغذائى قبل الفمى والأجزاء الفمية وخصوصاً الملامس الفكية والشفوية

(شكل ٧٨) وكذلك على قرون الاستشعار فى بعض حشرات رتبة غشائية الأجنحة وعلى رسوغ الأرجل فى نحلة العسل وكثير من حشرات رتبتى حرشفية الأجنحة وذات الجناحين فالأبى دقيق فانيسا أتلانتا (Vanessa atlanta) يستطيع بواسطة مستقبلاته الرسغية أن يميز بين ماء مقطر وبين محلول قوة ١/١٢٨٠٠ عيارى من السكروز وهى حساسية تساوى نحو ٢٠٠ مرة قدر حساسية اللسان الانسانى . والملاحظ بصفة عامة أن هناك فروقات شاسعة فى العتبة الذوقية (gustatory threshold) لمواد مختلفة مع نوع معين أو لأنواع مختلفة مع نفس المادة . وعادة تكون محاليل السكريات والمحاليل المخففة للأحماض والأملاح مفضلة على الماء المقطر



شكل (٧٨) : قطاع طولى فى نهاية الملمس الشفوى فى أبى دقيق الكرنب ليبان الحفر المحتوية على قضبان حسية .

بينما المحاليل الزائدة التركيز للأحماض والأملاح والاسترات والكحولات والأحماض الأمينية فتكون عادة غير مقبولة ومرفوضة .

ثالثا ــ أعضاء الحس الضوئية (Photoreceptors) :

أعضاء الحس الضوئية الرئيسية فى الحشرات هى العيون بنوعيها المركب والبسيط وهى عبارة عن مجموعة من خلايا خاصة حساسة للاشعاعات الضوئية وقادرة على إرسال تأثير هذه الاشعاعات إلى خلايا مخصوصة فى الجهاز العصبى ، وقدرة هذه الخلايا على تسجيل شكل ولون وحركة الأشياء الخارجية يتوقف إلى حد كبير على درجة نمو العيون والمراكز البصرية فى الجهاز العصبى . وكماهو الحال فى كثير من الحيوانات الأولية حيث تنتشر الخلايا البصرية فى مناطق مختلفة من جدار الجسم ، فان هذه الظاهرة توجد أيضاً فى بعض الحشرات مثل يرقات حرشفية الأجنحة والصراصير ويرقات خنفساء الدقيق والحشرات ذات الذنب القافز (كوللمبولا) التى تميز الإشعاعات الضوئية عن طريق جدار الجسم .

وتشمل أعضاء الحس الضوئية فى الحشرات العيون البسيطة أو العينات (ocelli or simple eyes) والعيـــون المركبـة أو ذات السطيحات (compound or faceted eyes). وعادة يوجد النوعان فى الحشرة الواحدة كما فى الجراد الصحراوى ، أو قد توجد العيون المركبة فقط ، أو قد توجد العيون البسيطة فقط كما فى أغلب اليرقات حيث تقع على جانبى الرأس .

(أ) العيون البسيطة أو العينات (The simple eyes or ocelli) :

يوجد فى الحشرات نوعان من العيون البسيطة هما :

(١) العيون البسيطة الظهرية (dorsal ocelli) : توجد فى الحشرات الكاملة والحوريات وتقع على الجبهة (frons) أو على قمة الرأس (vertex) وعددها غالباً ثلاثة فى شكل مثلث قاعدته إلى أعلى ، وهى تستمد أعصابا من المخ الأول . وتعرف العين البسيطة التى فى رأس المثلث بالعين الوسطية (median ocellus) التى كانت أصلا زوجية بدليل أنها ثنائية الشكل فى بعض الحشرات وأنها ذات جذور عصبية مزدوجة .

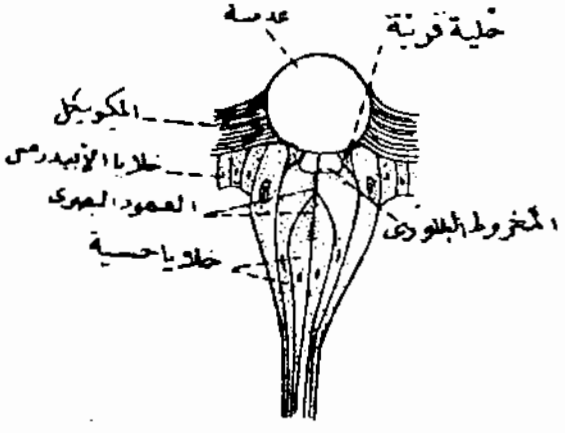
ولا يعرف عن وظيفة العينات الظهرية إلا القليل . فتركيبها يبين أنها لاتستطيع أن تشكل إلا أفج (crudest) الصور وأنها لربما تدرك التغيرات الحادة فى شدة الضوء . وفى بعض الحشرات وجد أن الاستجابة للضوء من جانب العيون المركبة تكون أكثر حدة وبقاء عندما تترك العينات الظهرية بحالتها الطبيعية عما عند طلائها بمادة معتمة ، وهو دليل يوحى إلى أن هذه العينات قد تكون « أعضاء تنبيهية (stimulatory organs) » تقوم بتنبيه الحشرة إلى وجود أى أثر مهما كان بسيطاً من الضوء وبذلك تكفل احساسية كاملة بالضوء .

(٢) العيون البسيطة الجانبية (lateral ocelli) : هى النوع الوحيد من العيون الذى يوجد فى أغلب اليرقات حيث تعرف أيضاً باسم المسمات (stemmata) ، وتقع على جانبى الرأس فى أماكن مماثلة لأماكن العيون المركبة فى الحشرات الكاملة . وهى التى تصنع العيون المركبة فى الحشرات الكاملة لنفس اليرقة . ويختلف عدد هذه العيون باختلاف أنواع الحشرات فقد توجد عين بسيطة واحدة على كل جانب من جانبى الرأس فى بعض اليرقات ، بينما فى بعض آخر فقد يوجد منها ستة أو أكثر على كل جانب . وتستعصب هذه العيون بأعصاب آتية من الفصين البصريين الناتئتين جانبياً من المخ الأول . وتستطيع هذه العينات الجانبية إدراك حركة الأشياء

الواقعة على كثب منها ، وإلى جانب ذلك فهى تعتبر مسئولة عن المواجهة (orientation) نحو الضوء وعن التفريق بين النور والظلام .

وتتكون العين البسيطة سواء كانت ظهرية أو جانبية من الأجزاء الأساسية الآتية (شكل ٧٩) :

١ — القرنية (The Cornea) : هى الجزء من الجليد (الكيوتيكل) الذى يصنع الغطاء الخارجى للعين ، وهو فى العادة شفاف ليسمح بمرور الاشعاعات الضوئية ، ولا توجد فيه الصبغات (pigments) التى توجد فى الجليد . وتتقوس القرنية إلى أعلى مكونة العدسة القرنية (corneal lens) لتركيز الضوء الساقط عليها .



شكل (٧٩) : تركيب العين البسيطة فى إحدى يرقات رتبة حرشفية الأجنحة .

٢ — الخلايا المنتجة للقرنية (The Corneagenous Cells) : تعرف أيضاً بالطبقة المنتجة للقرنية (corneagen layer) ، وهى طبقة من خلايا شفافة عديمة اللون منفذة للضوء توجد أسفل القرنية ، وهى من خلايا

الهايبوديرمس التى تفرز القرنية أثناء تكوين العين . وبعد تكوين العين تنكمش هذه الخلايا من تحت العدسة القرنية تكون ما يعرف بالمخروط البلورى (crystalline cone) الذى يساعد العدسة القرنية فى أداء وظيفتها ويكون أحيانا ممتلئاً بسائل أو صانعاً لجسم بلورى مخروطى الشكل .

٣ — الشبكية (The Retina) : وهى تتكون من طبقة واحدة من الخلايا الإبصارية الحساسة للضوء (visual cells) تقع أسفل الخلايا المنتجة للقرنية . وينفذ طرف كل خلية منها من جدار الغشاء القاعدى للعين ويتصل بعصب يصل إلى المخ . وتتجمع الخلايا البصرية فى مجاميع تتكون من خليتين أو ثلاثة أو أكثر تعرف بالشبيكية(retinula) التى تحيط بعمود بصرى (optic rod or rhabdom) يتكون نتيجة لتجميع المناطق الحساسة فى الخلايا البصرية فى صف أو خط رأسى فى أحد جوانب الخلية . وهناك فى بعض العيون البسيطة خلايا اضافية مملوءة بالصبغات الملونة تعرف بالخلايا الملونة أو الخضابية (pigment cells) وتوجد حول خلايا الشبكية . وفى العيون البسيطة الشديدة التلون تكون حواف العدسة القرنية وأطراف الخلايا البصرية محاطة بطبقة من خلايا ملونة تعرف بالقزحية (iris) . والخلايا الملونة قد لا توجد فى بعض العيون البسيطة الجانبية بينما توجد دائما فى العيون البسيطة الظهرية .

هذا ويوجد فى منطقة الرأس لبرقات الذباب عضوان لاستقبال الإحساسات الضوئية ، ويتكون كل عضو منهما (كما فى شكل ٨٠) من مجموعة من الخلايا الحسية موجودة فى جيب على أحد جانبى الهيكل البلعومى ، ووجد أن هذه الخلايا تستجيب للضوء الأخضر ولا تستجيب للضوء الأحمر أو البنفسجى أو الأزرق الساطع .

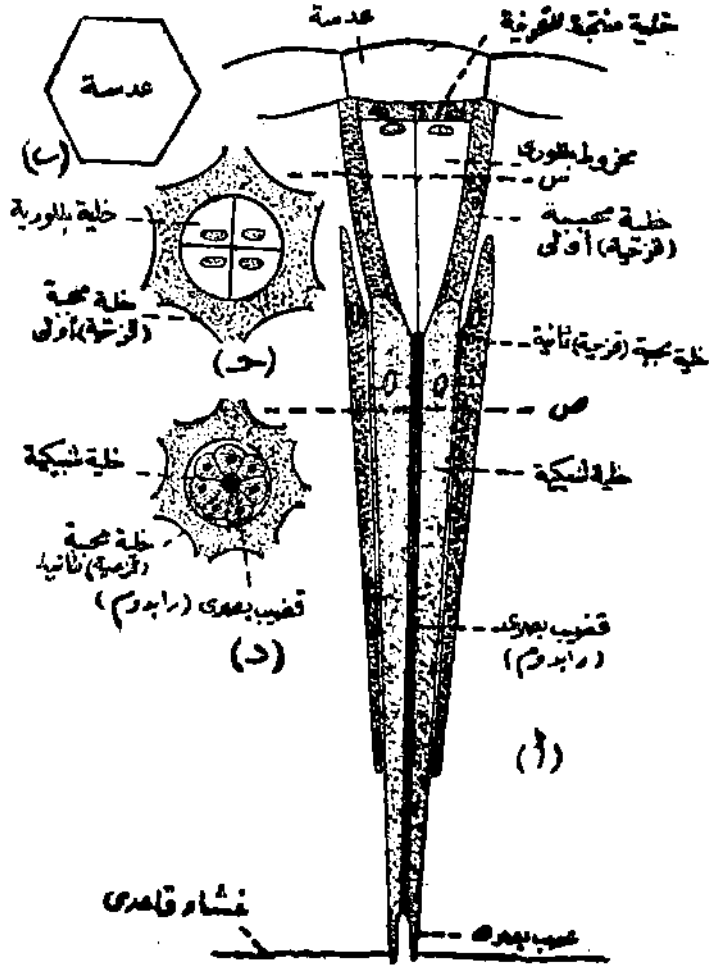
شكل (٨٠) : خلايا الاحساس بالضوء على جانب الهيكل البلعومى فى يرقة الذبابة مسكا (Musca) .

(ب) العيون المركبة (The Compound Eyes) :

تتكون العيون المركبة من نفس أجزاء العيون البسيطة غير أن القرنية فيها تنقسم إلى العديد من المساحات السداسية الشكل المكونة لكثير من العدسات أو السطيحات (facets) بينما توجد عدسة واحدة لكل عين بسيطة. ونتيجة لوجود الكثير من العدسات انقسمت خلايا الشبكية فى العين المركبة إلى إلى أقسام منفصلة مكونة لعدد من الوحدات البصرية تدعى أوماتيديا (ommatidia) (كما فى شكل ١٨١أ) أى أن كل أوماتيديم عبارة عن عضو بصرى مستقل . ويختلف عدد الوحدات البصرية فى العيون المركبة اختلافا كبيرا فى مختلف الحشرات . فبينما لا يتجاوز عددها فى شغالات بعض أنواع النمل ستة أو تسعة فقط ، فقد يصل العدد فى الذبابة المنزلية إلى حوالى أربعة آلاف ، وفى بعض أنواع فراشات رتبة حرشفية الأجنحة يبلغ عدد الوحدات البصرية حوالى سبعة عشر ألفاً ، بينما فى الرعاشات فيصل عددها إلى حوالى ثمانية وعشرين ألف وحدة .

وتتركب الوحدة البصرية للعين المركبة أو الأوماتيديم (شكل ١٨١) من الأجزاء الأساسية المكونة للعين البسيطة وهى :

١ - القرنية (The Cornea) : هى الجزء الشفاف من الجليد (الكيوتيكل) الذى يصنع العدسة الخارجية التى تكون محدبة الشكل وتنسلخ مع جدار الجسم عند كل انسلاخ تعمله الحشرة .



شكل (٨١) : (أ) التركيب النموذجى للوحدة البصرية (الأوماتيديم) .
(ب) الشكل السداسى للعدسة القرنية . (جـ) قطاع عرضى فى المنطقة س .
(د) قطاع عرضى فى المنطقة ص .

٢ — الخلايا المنتجة للقرنية (The Conegagenous Cells) : وهى تتكون من خليتين من خلايا الهايبوديرمس واقعتين أسفل القرنية وتقومان بافرازها.

وفى كثير من الحشرات قد تنعدم هذه الطبقة وفى هذه الحالة تفرز القرنية بواسطة خلايا المخروط البلورى .

٣ — المخروط البلورى (The Crystalline Cone) : يوجد تحت القرنية أو تحت الطبقة المنتجة للقرنية ، ويتكون من أربعة خلايا شفافة مخروطية الشكل تعرف بخلايا المخروط البلورى والتى إما أن تكون مملوءة بسائل أو صانعة لجسم مخروطى بلورى .

٤ — الخلايا المحبية الأولى أو القزحية الأولى(The Primary Iris Cells) :

وهى مجموعة من الخلايا التى تحتوى على حبيبات ملونة تحيط بكل من خلايا المخروط البلورى والخلايا المنتجة للقرنية .

٥ — الخلايا المحبية الثانية أو القزحية الثانية(The Secondary Iris Cells) :

وهى مجموعة من خلايا مستطيلة مملوءة بالحبيبات الملونة وتحيط بالخلايا القزحية الأولى وبخلايا الشبيكية (retinula) وبذلك تنفصل كل وحدة بصرية تماماً عن جاراتها .

٦ — الشبيكية (The Retinula) : وهى تقع فى قاعدة الوحدة البصرية وتتركب من سبعة خلايا بصرية ملونة تفرز فى مركزها قضيبا حسياً يعرف بالعمود البصرى (رابدوم rhabdom) الذى يكون المحور الوسطى للشبيكية ويتصل بنهاية المخروط البلورى . وترتكز النهايات الداخلية للوحدات البصرية على الغشاء القاعدى للعين الذى تنفذ منه الأعصاب البصرية للشبيكية لتصل إلى المركز البصرى فى المخ .

وفائدة العيون المركبة فى الحشرات بوجه عام تمييز شكل وحركة وموقع

الأشياء الخارجية ، كما يمكنها إدراك الاختلافات فى شدة ولون الضوء الساقط عليها. وحسب النظرية الفسيفسائية للابصار (mosaic theory of vision) تتكون صورة المرئى فى العين المركبة باستقبال الأشعة الضوئية الآتية من أشياء خارجية ثم بوأرتها على القضبان البصرية (الرابدومات) بواسطة القرنية والمخاريط البلورية بطريقة من شأنها أن تجعل كل رابدوم يتنبه بواسطة منطقة صغيرة جداً من ضوء آت من ذلك الجزء من الحقل الإبصارى الذى يقع هو فى قبالته ، وحيث أن المناطق الصغيرة تختلف اعتيادياً عن بعضها فى الشدة فانها مع بعضها تصنع صورة معدولة مؤلفة من نقاط فاتحة وأخرى غامقة وأشبه ما يكون بالصورة الفوتوغرافية المنشورة فى جريدة إخبارية . أما العملية التى تبوأر بواسطتها الأشعة الضوئية على الرابدومات فهى عملية معقدة نوعا ما ، فالمعروف أن الصورة تتكون بأسلوبين . ففى العيون التى تصنع صورة متضامة (apposition image) تكون كل وحدة بصرية معزولة بصرياً تماما عن جاراتها بواسطة الخضب (اللون) الكثيف الواقع فى خلايا القزحية ، ومن ثم فان كل رابدوم يتنبه فقط بأشعة ضوئية مبوأرة عن طريق الوحدة الكاسرة للضوء (dioptric unit) (وهى القرنية والمخروط) الواقعة فوقه مباشرة ، بل وأن أى أشعة لا يمكن بوأرتها على هذا الرابدوم تمنع بتأثير الخضب من المرور لتنبيه رابدومات متاخمة . وأما فى العيون التى تصنع صورة تراكبية (superposition image) فالخضب لا يعزل تماماً وحدات بصرية متناخمة عن بعضها فتكون النتيجة أن الأشعة الضوئية يمكن أن تبوأر على راديوم معين بعد مرورها خلال الوحدات الكاسرة للضوء الخاصة بعديد من الوحدات البصرية المتناخمة وبالتالى تكون الصورة فى هذه الحالة أقل تحدداً ولكنها أكثر وضوحا بالنسبة لقلة الأشعة

الضوئية الممتصة بمعرفة خضاب الخلايا القزحية . ولذلك فالطراز الأخير من العيون يوجد فى الحشرات الليليـة (nocturnal) أو الغسقيـة (crepuscular) ، وأما الحشرات النهـارية (diurnal) فتصنع الصورة بطريقة التضام . وعلى كل حال فإن ارتحال (تنقل) الخضب فى بعض الحشرات يتيح للعين أن تعمل بواحدة من كلتا الطريقتين على حسب شدة الضوء .

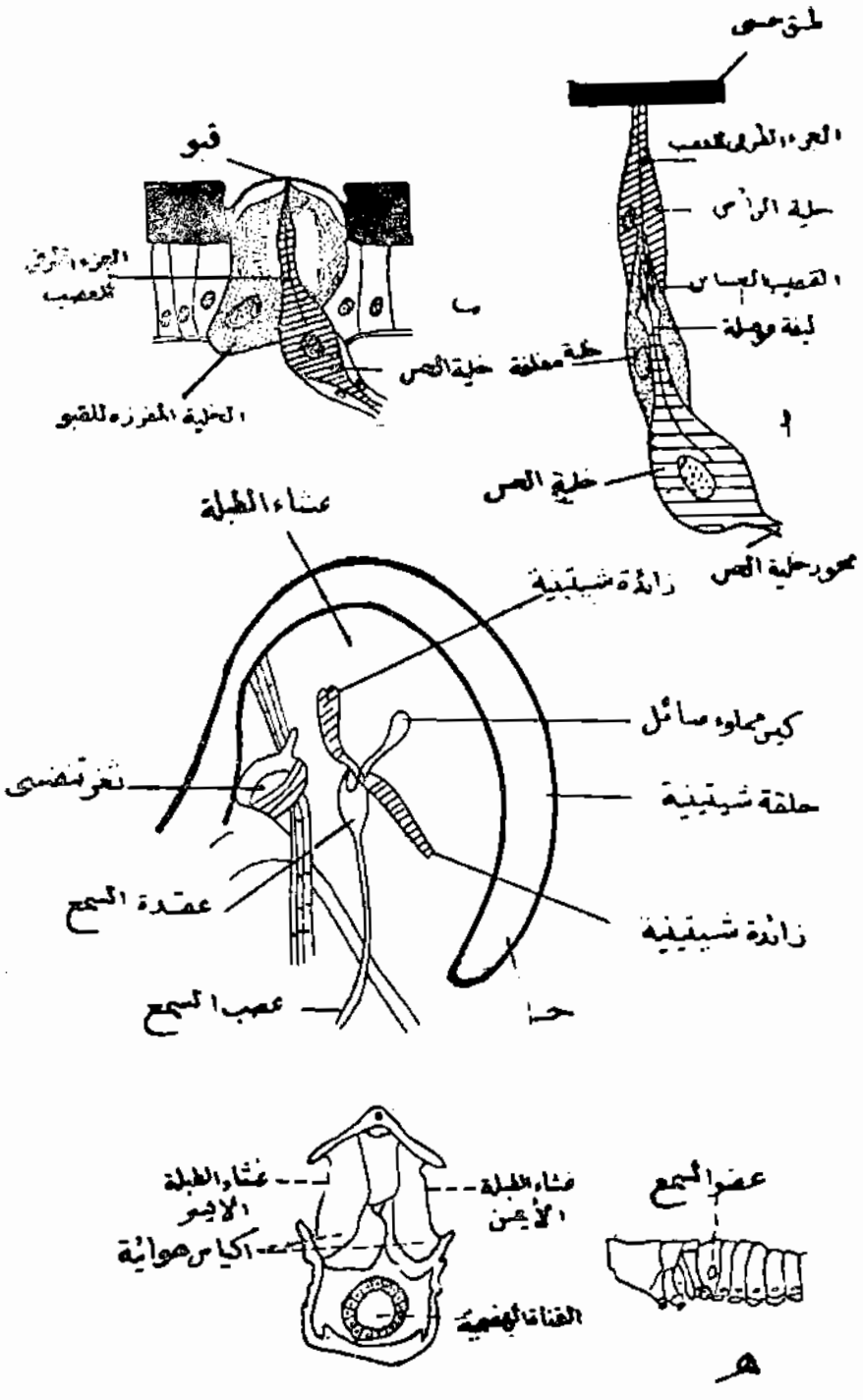
ومع أن الحشرات تستطيع اكتشاف حركة الأشياء بسرعة فان حدة إبصارها أقل كثيرا من حدة إبصار الانسان . وعلى العموم فحدة ابصار الحشرات متوقفة إلى جانب أشياء أخرى على عدد ما يوجد فى العين من الوحدات البصرية ومبلغ انعزالها الزاوى عن بعضها ، ولكنها أوطأ بكثير من أن تتيح التعـرف على الشكل بدقة . هذا وقد تبين أن لبعض الحشرات فقط (وليس جميعها) قدرة على ابصار اللون (Colour-vision) بل إن أنواع مختلفة منها تستطيع التمييز بين أطقم مختلفة من الألوان ، ومعلوم كذلك أن حشرات كثيرة تستطيع إدراك الإشعاع فوق البنفسجى الذى ليس فى مقدور الانسان أن يراه . كما وجد عن طريق تدريب أفراد من نحلة العسل على مصاحبة ألوان معينة بوجود الغذاء أنها تستطيع التمييز بين أربعة ألوان واحد منها يقع فى الفوق بنفسجى واثنان يطابقان ما يسمى لدينا بالبنفسجى المزرق والأخضر بينما الأخير فيكافىء المعروف لدينا بالأحمر والأصفر والأخضر ، غير أنها لا تفرق بين التدريجات المختلفة بداخل هذه الألوان .

رابعاً — أعضاء الحس السمعية أو مستقبلات الصوت :

(Hearing sensory organs or auditory receptors)

يقصد بأعضاء السمع الأعضاء الحسية التى تتمكن بواسطتها الحشرة

من استقبال الصوت وسماعه ، فيقال أن الحشرة قد سمعت عندما تتصرف وكأنها قد حددت مصدر الصوت الصادر من بعيد . و الموجات الصوتية المذاعة خلال الهواء تدرك بواسطة أعضاء متخصصة تستجيب لتزحزحات ضئيلة جدا فى أجزائها الكيوتيكلية بمعنى أنها على قرابة بالمستقبلات الميكانيكية الموصوفة آنفاً . فى الصراصير العادية وصراصير الغيط يوجد على القرنين الشرجيين شعرات سمعية لا تختلف كثيرا فى التركيب عن الشعرات اللمسية. وهناك فى بعض الحشرات عضو سمع آخر بسيط يتركب من حسيسات وترية الأسلوب أى مستقبلات ذات قضبان حسية(chordotonal sensillae or scolopidia) تتألف الواحدة منها من غشاء رقيق على شكل لوح أو طبق حساس (sense plate) مزود بعضو حسى مكون من ثلاثة خلايا الداخلية منها خلية حسية (sense cell) تتجمع نتوءاتها لتصنع قضيباً حساساً أو خازوقاً حسياً (sense-rod or scolopale) وعلى قمة الأخير تقع الخلية الثالثة المعروفة بالخلية القلنسوية (cap-cell) لأنها تشبه غطاء الرأس (شكل ٨٢ ا) ، ويوجد مثل هذا العضو منغرساً فيما بين الخلايا الهايبوديرمية لجدار الجسم فى كثير من البرقات والحشرات الكاملة لأغلب الرتب الحشرية ، ووجوده فى هذا الوضع يوضح أن وظيفته الأساسية هى تسجيل اهتزازات الجزء الموجود فيه من جدار الجسم . وقد يكون مستقبل الصوت من النوع المعروف باسم المستقبل القبى أو الناقوسى (campaniform sensillum) وفيه يتصل الجزء الطرفى من خلية الحس (sense cell) بغشاء رقيق على هيئة قبو أو قبة (dome) (شكل ٨٢ ب) . وفى كثير من الحالات يكون العضو الحسى مرتبطاً بطبلة خارجية فيسمى عضو السمع ذو الطبلة الخارجية(tympanal organ) وهو يسجل الاهتزازات الحادثة فى الطبلة بناء على ما يقع عليه من موجات صوتية .



شكل (٨٢) : أعضاء السمع ذات الطبلة الخارجية . (ا) عضو الحس ذو القصيب الحساس . (ب) عضو الحس ذو القبو . (ج) عضو السمع ذو الطبلة فى الجراد من الداخل . (د) قطاع عرضى فى منطقة عضو السمع ذو الطبلة فى الجراد ليوضح الأكياس الهوائية . (هـ) عضو السمع ذو الطبلة على الحلقة البطنية الأولى فى الجراد .

وبوجه عام يوجد فى الحشرات خمسة أنواع من أعضاء السمع وهى :

(ا) أعضاء السمع ذات الطبلة الخارجية (tympanal organs) .

(ب) عضو جونستون (Jonston's organ) وهو عضو سمع بدون طبلة خارجية .

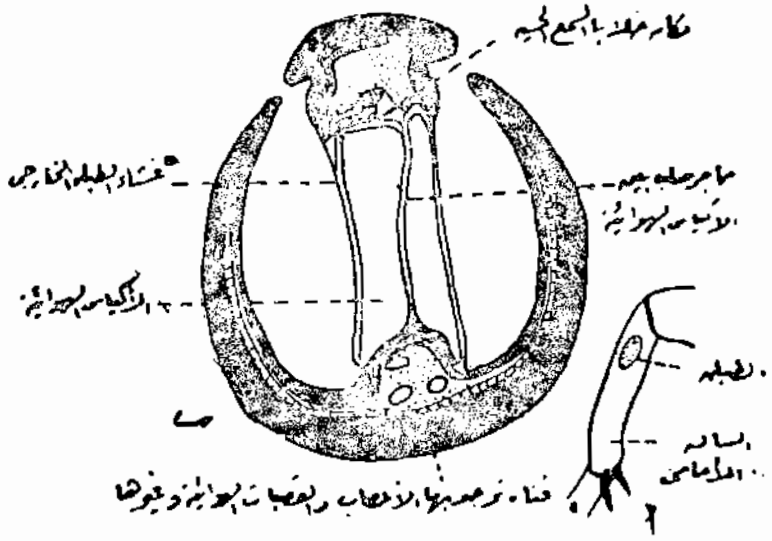
(ج) مجاميع الخلايا الحسية السمعية الموجودة على أرجل الحشرات (Subgenual organs) وهى أيضاً أعضاء سمع بدون طبلة خارجية .

(د) الأطباق الحسية السمعية المبعثرة على جدار الجسم (scattered scolopale chordotonal organs) وهى بدون طبلة خارجية أيضاً.

(ه) الشعرات الحسية السمعية المنتشرة على سطح الجسم (scattered hair chordotonal organs) .

(ا) أعضاء السمع ذات الطبلة الخارجية :

تتكون هذه الأعضاء فى الواقع من أطباق حسية تعتليها طبلة أو غشاء خارجى . وتوجد دائماً فى أزواج على جانبى الجسم فى رتب مستقيمة الأجنحة ونصفية الأجنحة وحرشفية الأجنحة . فى رتبة مستقيمة الأجنحة توجد أعضاء السمع هذه فى الحوريات والحشرات الكاملة ذكوراً وإناثا سواء على جانبى الحلقة البطنية الأولى كما فى أفراد فوق فصيلة الحراد والنطاط (Acridoidea) (شكل ٨٢ ه) أو على رسغ الأرجل الأمامية كما فى فوق فصيلة الحفارات وصراصير الغيط (Grylloidea) (شكل ٨٣) وفوق فصيلة الحراد ذو القرون الطويلة (Tettigonioidea). وفى الحراد الصحراوى الرحال (Locusta migratoria) يتركب عضو السمع من طبلة غشائية معرضة للهواء ومحملة على حلقة شيتينية (شكل ٨٢ ج) وعلى الطبلة من الداخل توجد مجموعة من الخلايا السمعية تعرف بعقدة السمع أو عضو مولر (Muller's organ) الذى يتصل به



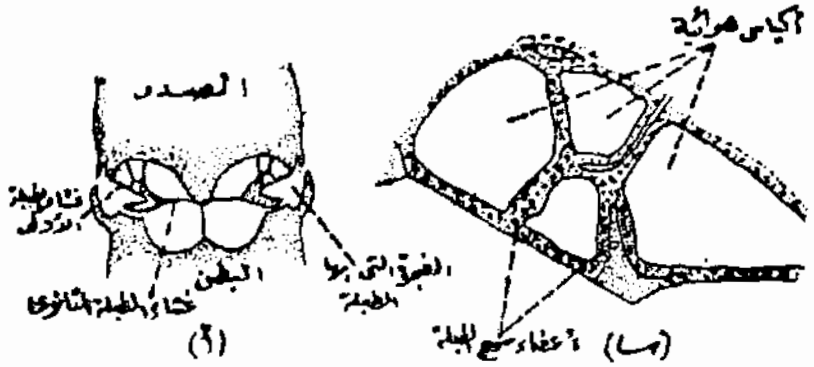
شكل (٨٣): (أ) منظر جانبى للساق الأمامية فى صرصار الغيط . (ب) قطاع عرضى فى منطقة عضو السمع ذو الطبلة فى الساق الأمامية لصرصار الغيط .

عصب سمعى يمتد إلى العقدة العصبية للحلقة الصدرية الثالثة ، وخلف السطح الداخلى للطبلة توجد أكياس هوائية تمنع اتصال غشاء الطبلة بالدم الموجود فى فراغ جسم الحشرة أو بأى نسيج داخلى آخر . وفى الحفار وصرصار الغيط يوجد عضو السمع ذو الطبلة الخارجية داخل تجويف على ساق الرجل الأمامية ، بينما فى الجراد ذو القرون الطويلة فيوجد عضو السمع داخل تجويفين على ساق نفس الرجل ، وفى كل تجويف يتركب عضو السمع من غشاء يقع بأسفله كيس هوائى ، كما توجد خلايا السمع الحسية عند الحافة الأمامية للرسغ .

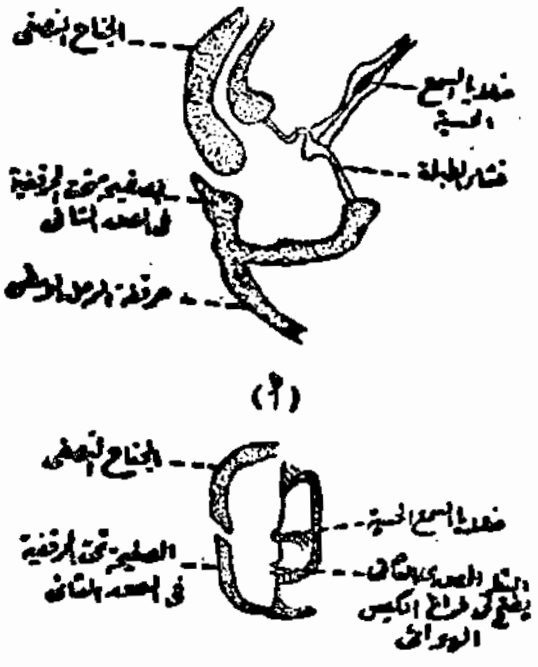
وفى رتبة حرشفية الأجنحة توجد أعضاء السمع على جانبى الحلقة الصدرية الثالثة فى فوق فصيلة Noctuoidea وعلى جانبى الحلقة البطنية الأولى أو الثانية أو السابعة فى فوق فصيلة الديدان القياسة (Geometroidea).

وفى إحدى فراشات فوق فصيلة Noctuoidea يتركب عضو السمع (شكل ٨٤) من تجويف كبير موجود بين الحلقة الصدرية الثالثة والحلقة البطنية الأولى على كل من جانبى الجسم ثم بهذا التجويف يوجد غشاء طبلة أولى من جهة الخارج وغشاء طبلة ثانوى من جهة الداخل ثم بين الغشائين يوجد الكيس الهوائى ، كما ويلامس سطح غشاء الطبلة الأولى من الداخل مجموعة من الخلايا السمعية الحسية .

وفى بعض الحشرات المائية من رتبة نصفية الأجنحة مثل حشرة بليا أتوماريا (Plea atomaria) يقع عضو السمع على كل من جانبى الحلقة الصدرية الثانية قرب منطقة اتصال الجناح الأمامى وفى ملاصقة الثغر التنفسى ، ويتكون (كما فى شكل ٨٥ أ) من غشاء طبلة خارجى يتصل سطحه الداخلى بنهاية حزمة من الخلايا السمعية الحسية . وفى الحشرة المسماة كوريكسا بنكتاتا (Corixa punctata) التابعة لنفس الرتبة



شكل (٨٤) : (أ) قطاع طولى فى مؤخر الصدر ومقدم البطن فى فراشة الدودة القارضة لبيان عضو السمع ذى الطبلة . (ب) تفاصيل عضو السمع فى الجهة اليسرى .



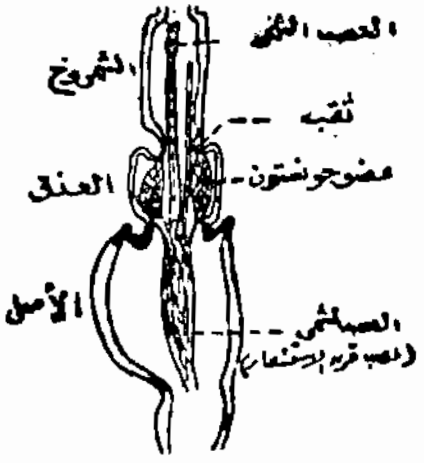
شكل (٨٥): (ا) قطاع عرضى فى عضو السمع فى البقة المائية Plea atomaria
(ب) قطاع عرضى فى عضو السمع فى حشرة Corixa punctata .

لا يوجد لعضو السمع طبلة غشائية (شكل ٨٥ ب) وتوجد الخلايا السمعية داخل فرع من إحدى القصبات الهوائية وتتصل بالخارج عن طريق الثغر التنفسى للحلقة الصدرية الثانية .

وفى جميع الأحوال السابقة يكون لأعضاء السمع ذات الطبلة نفس التركيب أساسياً ، إذ أن الطبلة تعتلى كيساً هوائياً منبثقاً من قصبة هوائية ومن ثم فيكون فى استطاعتها أن تتذبذب بحرية حين تقع عليها موجات صوتية وآنئذ تتسبب حركات الطبلة فى تنبيه الحسيسات الوترية الأسلوب المرتبطة بها .

(ب) عضو جونستون :

سمى هذا العضو نسبة إلى العالم جونستون الذى وصفه لأول مرة فى البعوضة كيولكس (Culex) ، وهو الآن معروف فى أغلب الحشرات ، وحتى فى الحشرات الأولية مثل السمك الفضى . ويوجد عضو جونستون داخل عقلة العذق (pedicel) فى قرن الاستشعار (شكل ٨٦) ويتكون من عدد مختلف من مجاميع من الحسيسات الوترية الأسلوب المرتبة ترتيباً شعاعياً والمرتبطة من الجهة القاصية إلى الغشاء المفصلى الواقع عند قاعدة العقلة الأولى (الدانية) من الشمروخ كما وتتصل من الجهة الدانية بعصب قرن الاستشعار . ويعمل هذا العضو كمستقبلة صوتية نظرا لأن الشمروخ المزود بريشات كثيفة يتحرك بتأثير الموجات الصوتية ثم تقوم الحسيسات بتسجيل اهتزازات عقل الشمروخ المحملة على عقلة العذق . ويظهر عضو جونستون بحالة متقدمة النمو ومحتويا على عدد كبير من المستقبلات فى فصيلتى الهاموش

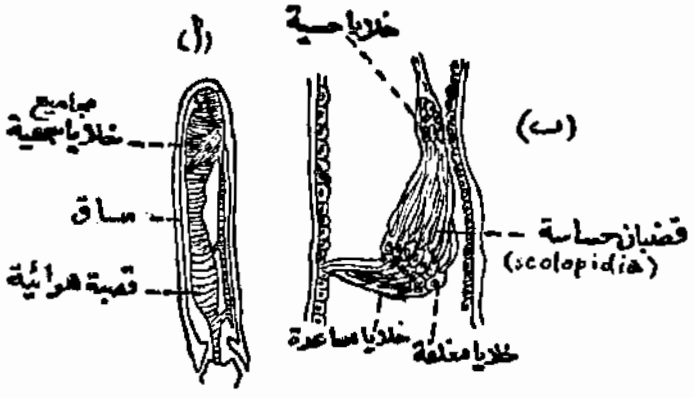


شكل (٨٦) : قطاع طولى فى قاعدة قرن الاستشعار فى ذبابة من رتبة ذات الجناحين ليبين عضو جونستون .

(Chrionomidae) والبعوض (Culicidae) من رتبة ذات الجناحين حيث يكون العذق متضخماً بالتبعية لكى يسعه ، كما يوجد أيضاً فى فصيلة النحل (Apidae) من رتبة غشائية الأجنحة وفى فراشات الديدان القارضة التابعة لفصيلة نوكتويدى (Noctuidae) من رتبة حرشفية الأجنحة . وبالاضافة إلى عضو جونستون فى جميع الحشرات السابقة توجد أيضاً شعرات وأطباق حسية سمعية على سطح قرن الاستشعار .

(ج) مجاميع الخلايا الحسية الموجودة على أرجل الحشرات :

توجد مجاميع هذه الخلايا فى حشرات رتب مستقيمة الأجنحة ومطبقة الأجنحة وحرشفية الأجنحة وغشائية الأجنحة ونصفية الأجنحة حيث تقع داخل طرف الساق من جهة الفخذ . وهى تتركب (كما فى شكل ٨٧)



شكل (٨٧): (أ) قطاع طولى فى عضو سمع (Subgenual organ) فى ساق الرجل الأمامية لأنثى النملة فورميكا (Formica) . (ب) نفس العضو مكبر .

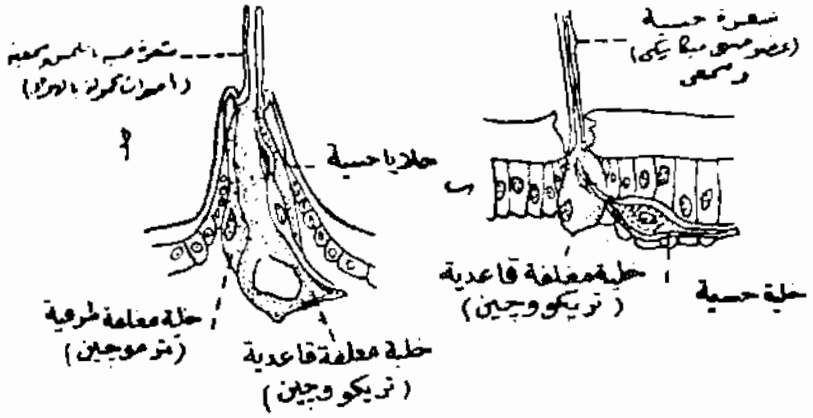
من خلايا شبيهة بالخلايا السمعية ذات القضبان الحساسة . إلا أن الخلايا الطرفية من مجاميع السمع الحسية الواقعة فى ساق رجل الحشرة توجد منغمسة فى كتلة من النسيج الضام التى تنتهى أطرافها على جدار جسم الساق، وبذلك تستجيب لاهتزازات سطح ساق الأرجل .

(د) الأطباق الحسية المبعثرة على جدار الجسم :

يكثر هذا النوع من أعضاء السمع فى الحشرات ، وهو يتأثر بالموجات الصوتية الضعيفة التى لا يتيسر سماعها عن طريق اهتزاز غشاء طبلى ؛ ولذا يكثر وجود هذه الأعضاء فى الحشرات المائية .

(هـ) الشعيرات السمعية الحسية المنتشرة على سطح الجسم :

توجد هذه الشعيرات السمعية مختلطة بالشعيرات الحسية الأخرى التى تغطى جسم الحشرة . وهى عبارة عن شعيرات حسية بالملامسة إلا أن المؤثر الخارجى فى هذه الحالة هو الموجات الصوتية . ويتركب عضو السمع من الشعيرة السمعية الحسية التى تغذيها خلية حسية مدببة الطرفين (شكل ٨٨) . ونتيجة لاهتزاز الشعيرة السمعية الحسية بتأثير الموجات الصوتية يصل الإحساس بالسمع إلى الخلية الحسية التى توصله بدورها عن طريق عصب حسى إلى الجهاز العصبى المركزى . وقد وجد هذا النوع من الشعيرات السمعية الحسية



شكل (٨٨) : (أ) قاعدة شعيرة حسية لأجل اللمس والسمع فى أبى دقيق الخبازى (Vanessa) . (ب) قاعدة شعيرة حسية لأجل اللمس والسمع على قرن استشعار الحفار (Gryllus) .

على أجسام يرقات رتبة حرشفية الأجنحة وعلى الأجسام والقرون الشرجية بكثير من حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة .

وسائل إحداث الصوت فى الحشرات (Sound Producing Mechanisms) :

تلازماً مع مقدرة كثير من الحشرات على الإحساس بالأصوات فانها قادرة أيضاً على إصدار أصوات ضوضائية وبذلك تستطيع التراسل مع بعضها البعض من على مسافات بعيدة نسبياً . وتحدث الأصوات فى الحشرات باحدى الطرق الآتية :

١ — نتيجة اهتزازات أجنحة الحشرة أثناء الطيران .

٢ — بسبب احتكاك جزء معين من أجزاء الحشرة بسطح جسم صلب خارجى آخر .

٣ — بسبب قيام الحشرة بأعمال ميكانيكية خاصة مثل الآتية :

(ا) احتكاك جزء بجزء آخر فى جسم الحشرة .
(ب) اهتزازات أغشية خاصة فى جسم الحشرة .
(ج) القيام بأعمال ينتج عنها مرور الهواء إلى داخل أوخارج الحشرة .

١ — الأصوات الناتجة بسبب اهتزازات أجنحة الحشرة أثناء الطيران :

يسبب اهتزاز أو تذبذب أجنحة بعض الحشرات أثناء الطيران تذبذب الحلقات الصدرية وينشأ عن تذبذب هذه الحلقات أصوات تفوق فى قوتها الأصوات الناتجة من تذبذب الأجنحة نفسها . ويعتقد بعض الحشريين أن الصوت الذى تحدثه ذبابة كاللیفورا (Calliphora) هو نتيجة اهتزازات أو ذبذبات الصدر بسبب احتكاكات قواعد الأجنحة به عند اهتزازها أثناء الطيران . وتحدث ملكة نحلة العسل أصواتا تعبيرية ناشئة عن اهتزازات الصفائح الصدرية أيضاً . وفى بعض أنواع الجراد يعتقد أن الأجنحة ترتطم

بسطح الجسم أثناء الطيران وينشأ صوت ضعيف نتيجة لهذا الارتطام ، ولكى يحدث الجراد الصحراوى صوتاً قوياً مسموعاً فإنه يقوم أيضاً بحك السطح الداخلى لفخذ الأرجل الخلفية فوق الأجنحة .

وبوجه عام تعتبر الأصوات التى تحدثها نحلة العسل أو البعوض عند الطيران من أوضح الأمثلة للأصوات الناشئة عن اهتزازات الأجنحة ، ويتراوح عدد ضربات جناح الحشرة أثناء الطيران من ٤ — ١١٠٠ ضربة فى الثانية الواحدة .

٢ — الأصوات الناتجة بسبب احتكاك جزء من أجزاء الحشرة بسطح جسم خارجى صلب :

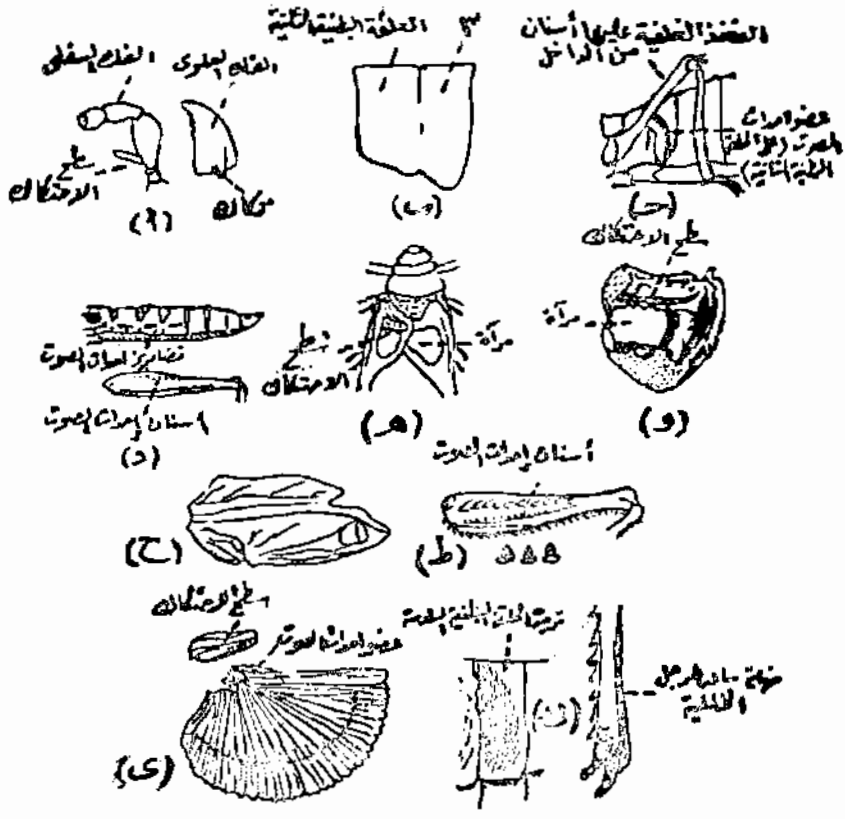
من أوضح الأمثلة على هذا النوع الأصوات التى تحدثها الحشرات الكاملة لخنافس الخشب (سستوبيم Xestobium وأنوبيم Anobium) التى تعيش هى ويرقاتها داخل انفاق فى أخشاب الأثاث ، وتحدث هذه الأصوات فى شهرى إبريل ومايو أثناء موسم التلقيح حيث تقوم الحشرات الكاملة بدق أرضية النفق بمقدم رؤوسها . ونوع النمل الأبيض المسمى ليوكوتيرمس تينويس (Leucotermes tenuis) تقوم أفراده بدق جدران الأنفاق التى يعيش بداخلها بمعدل ١٠ دقات فى الثانية فيحدث أصواتا مماثلة . وبعض أنواع من النمل تحدث أصواتا مشابهة بدق الأنفاق (العشوش) التى تعيش فيها برؤوسها . وبعض أنواع من قمل الكتب من رتبة سوكوبترا (Psocoptera) تحدث إناثها لأجل التلقيح أصواتا تسمعها الذكور وذلك بدق الأسطح التى تعيش بداخلها أو عليها بواسطة بروزات خاصة موجودة على استرنات الحلقات البطنية الخلفية .

وبعض حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة تحدث أصواتاً بدق الأسطح التى تعيش عليها برسغ أرجلها بأطراف بطونها . كما أن بعض الحشرات من رتبة مطيقة الأجنحة (Plecoptera) تحدث أصواتها بدق الأسطح بنهايات بطونها حيث توجد أعضاء خاصة بالدق على الاسترنة البطنية التاسعة .

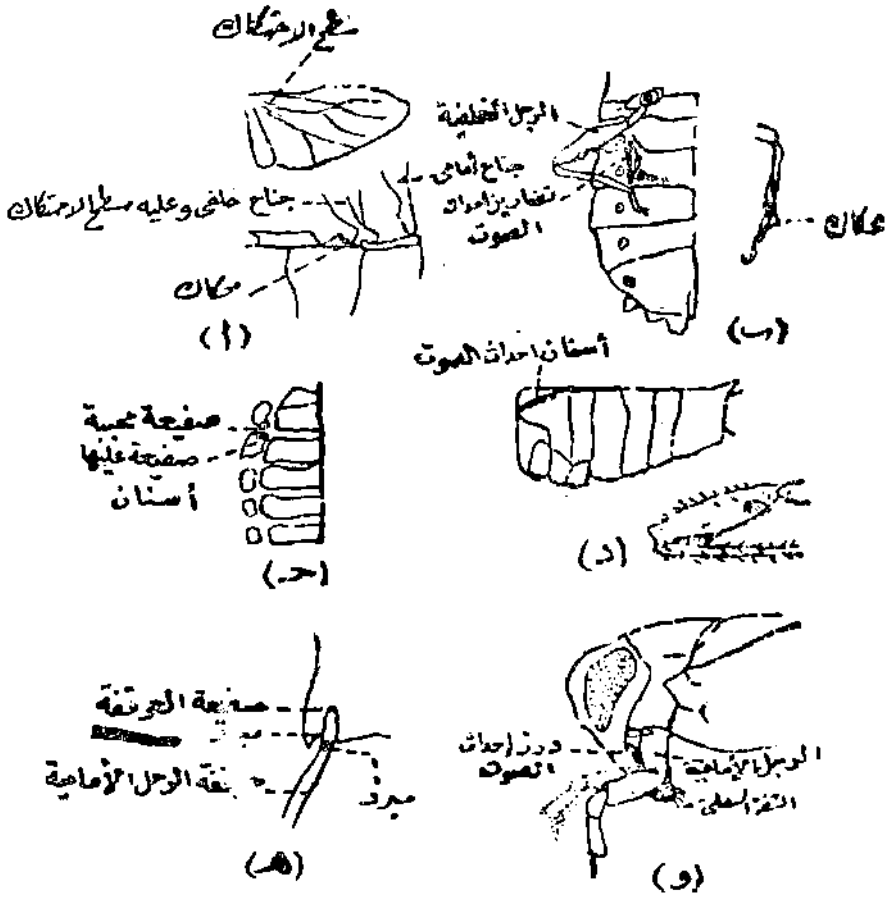
ويرقات بعض حشرات حرشفية الأجنحة تحدث أصواتا بحك شوكتين موجودتين على الحلقة البطنية العاشرة بأسطح أوراق النباتات التى تتغذى عليها . كما أن الأصوات التى تحدثها يرقات الدبور الأحمر(Vespa crabra) تنشأ عند تمشية أجزاء الفم على جدران عيون العش الذى تتربى فيه .

٣ — الأصوات الناتجة بسبب قيام الحشرة بأعمال ميكانيكية خاصة :

(ا) بسبب احتكاك أجزاء من الحشرة ببعضها البعض : وفى هذه الحالة يتكون عضو إحداث الصوت من جزئين أحدهما على شكل تضاريز أو بروزات ويعرف بسطح الاحتكاك أو المبرد (file) والآخر عبارة عن حافة (ridge) لجناح أو لحلقة من حلقات الجسم أو بروز يسمى المحاك (scraper) . وعند مرور هذا الأخير على سطح الاحتكاك تنتج اهتزازات فى سطح الجسم فيحدث الصوت . وهذا النوع من أجهزة إحداث الصوت يوجد فى حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة (شكل ٨٩) ورتبة نصفية الأجنحة (شكل ٩٠) ورتبة غمدية الأجنحة (شكل ٩١) وفى بعض اليرقات والعذارى والحشرات الكاملة لرتبة حرشفية الأجنحة (شكل ٩٢) وفى بعض الحشرات من رتبة غشائية الأجنحة (شكل ٩٣) ورتبة سوكوبترا (قمل الكتب) حيث تحتك بروزات موجودة على الأرجل بأسطح الأجنحة . وفى حوريات رتبة الرعاشات (شكل ٩٤) وفى



شكل (٨٩) : أعضاء إحداث الصوت فى بعض حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة . (ا) الفكان العلوى والسفلى فى حشرة Cylindracheta . (ب) الحلقتان البطنيتان الثانية والثالثة فى حشرة Ametroides . (ج) الحلقتان البطنيتان الثانية والثالثة والفخذ الخلفية فى ذكر حشرة Pneumora . (د) البطن والسطح الداخلى للفخذ فى حشرة Phonogaster . (هـ) السطح العلوى للجناحين الأساسيين فى حشرة Pterophylla . (و) السطح السفلى للجناح الأساسى الأيسر لحشرة Ephipiger . (ح) الجناح الأساسى الأيمن فى ذكر حشرة Acheta . (ط) السطح الداخلى لفخذ الرجل الخلفية فى الجراد . (ى) السطح العلوى للفخذ والجناح الخلفى فى حشرة Tridactylus . (ك) ترجة الحلقة البطنية السادسة والنهاية البعيدة لرسغ الرجل الخلفية فى حشرة Charora .

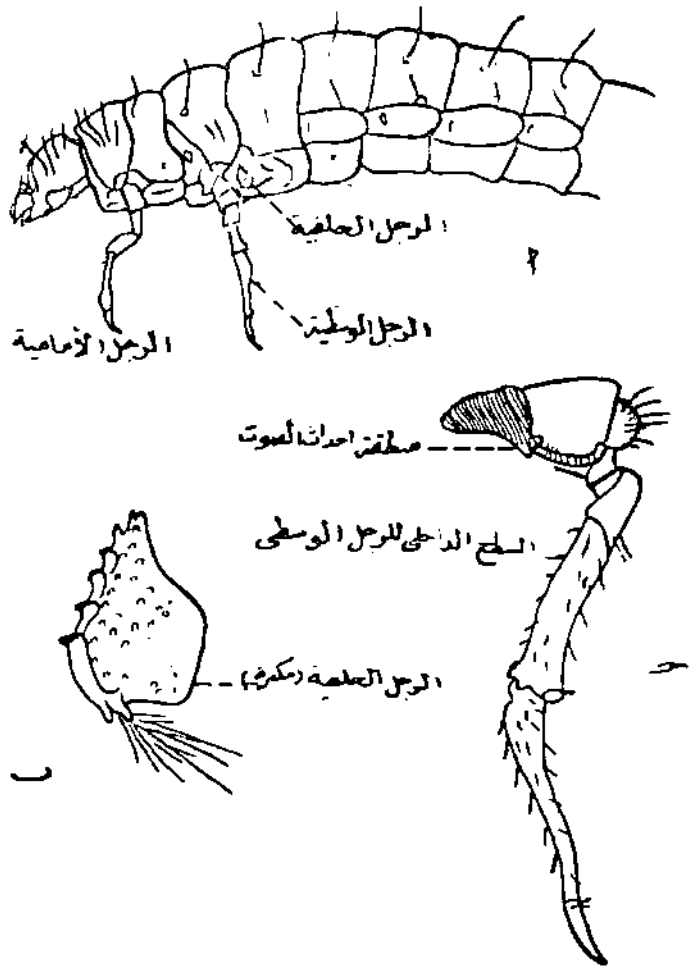


شكل (٩٠): أعضاء إحداث الأصوات فى بعض حشرات رتبة نصفية الأجنحة .

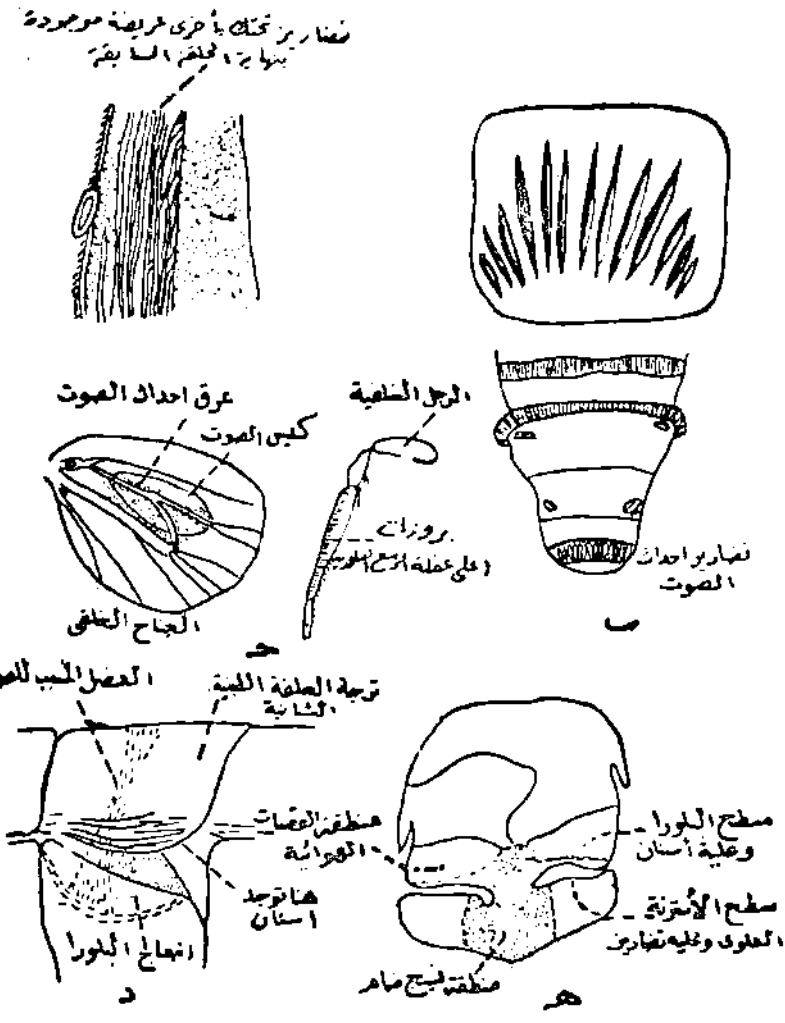
(أ) الجناح الخلفى والصدران الثانى والثالث فى ذكر حشرة Kleidocerys .

(ب) السطح السفلى للبطن وساق الرجل الخلفية فى حشرة Artabanus .

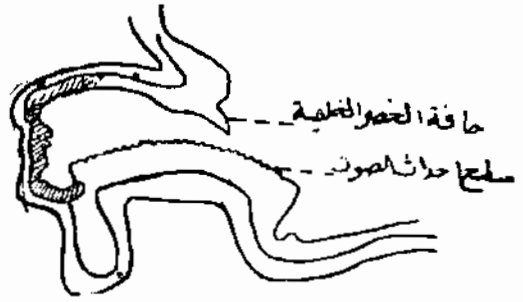
(جـ) السطح العلوى للبطن فى ذكر حشرة Saldula . (د) منظر جانبى للبطن والسطح الداخلى للساق الخلفى فى ذكر حشرة Velia . (هـ) الرجل الأمامية فى ذكر حشرة Corixa .



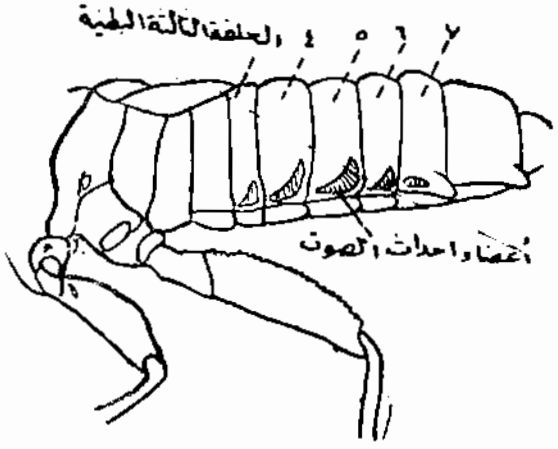
شكل (٩١) : أعضاء إحداث الأصوات فى يرقة حشرة Passalus من رتبة غمدية الأجنحة . (ا) الجزء الأساسى من اليرقة . (ب) الرجل الصدرية الخلفية المتحورة فى اليرقة المذكورة . (حـ) السطح الداخلى للرجل الصدرية الثانية فى نفس اليرقة .



شكل (٩٢): أعضاء إحداث الأصوات فى بعض حشرات رتبة حرشفية الأجنحة.
(ا) سطح الاحتكاك بين الحلقتين البطنيتين فى عذراء حشرة Lymantria . (ب) حشرة Eligma ، الشرقفة إلى أعلى ونهاية بطن العذراء إلى أسفل وعلى كل منها تضاريز الاحتكاك . (جـ) الجناح الخلفى والسطح الداخلى للرجل الخلفية فى ذكر حشرة Thecophora (د) منظر جانبى للحلقة البطنية الثانية فى ذكر حشرة Lymantria . (هـ) قطاع عرضى فى الحلقة البطنية الثانية فى ذكر الحشرة السابقـــة .



شكل (٩٣) : قطاع طولى فى حصر النملة Myrmica



شكل (٩٤): أعضاء إحداث الصوت فى الحورية التامة النمو للرعاش Epiophlebia.

ذباب الفاكهة من جنس داكس (Dacus) حيث عند اهتزاز الجناحين تحتك منطقتيها الزندية الشرجية (cubito - anal) بصفين من الأشواك الطويلة الموجودة على كل جانب من جانبى الترجة البطنية الثالثة .

فمثلا تنتج الصرصعة الشهيرة لكثير من الجراد ذى القرون القصيرة بواسطة حك السطح الداخلى لكل من الفخذين الخلفيين حيث يوجد صف من أوتاد (pegs) دقيقة ضد عرق متغلظ بالجناح الأمامى المتاخم وهو

مغلق . وفى صراصير الغيط يحمل كل جناح أمامى عضـــو احتكاك (مبرد file) ومساحة متيبسة (المحكاك scraper) ، وباشتغال مبرد أحد الجناحين الأماميين ضد محكاك الجناح الأمامى الآخر يحدث الصوت ثم تعمل على تضخيمه مساحات ترخيمية متخصصة بالجناح الأمامى. وفى الجراد ذى القرون الطويلة توجد أداة مماثلة إلا أن القائم بالعمل فقط هو المبرد الذى على الجناح الأيسر والمحكاك الذى على الجناح الأمامى الأيمن .

وفى بعض يرقات حرشفية الأجنحة يحدث الصوت إما باحتكاك زوج الفكوك العليا بعضها ببعض أو باحتكاك نهاية الرأس بالحافة الأمامية للحلقة الصدرية الأولى . أما فى عذارى هذه الرتبة فقد وجد هينتون (١٩٤٨) أن الأصوات تحدث باحدى الطرق الآتية : (١) دق العذراء للسطح الموجودة عليه ببطنها ، (٢) احتكاك بين زوج أو أكثر من حلقات الجسم (شكل ٩٢ أ) ، (٣) احتكاك بطن العذراء بخرطومها ، (٤) احتكاك التضاريز الموجودة على السطح الخارجى لجسم العذراء بجدران الشرنقة(شكل٩٢ ب). بينما فى الحشرات الكاملة لنفس الرتبة فيحدث الصوت فى الكثير منها نتيجة لاحتكاك العروق البارزة من الأجنحة الأمامية والخلفية بأسطح الأجنحة المقابلة لها . وفى بعض الفراشات الأخرى ينشأ الصوت عن احتكاك بروزات موجودة على الأجنحة الأمامية أو الخلفية بأسنان أو أشواك أو تضاريز موجودة على الساق أو الرسغ فى الأرجل الوسطية أو الخلفية (شكل ٩٢ جـ) .

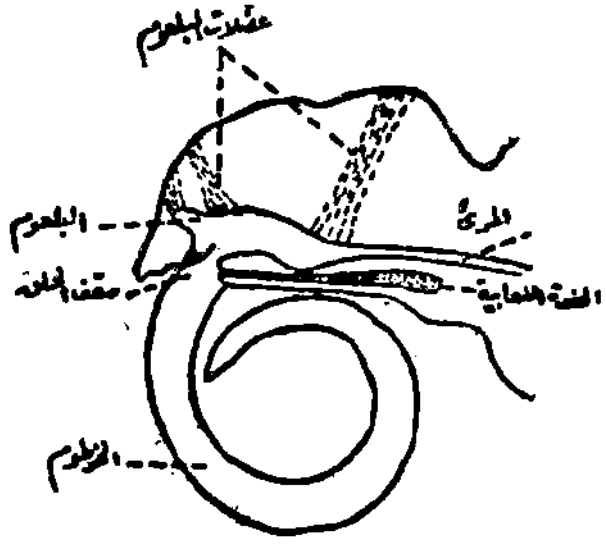
(ب) بسبب اهتزازات أو تذبذبات أغشية خاصة : يوجد فى كثير من الحشرات تراكيب خاصة فى مناطق معينة من الجسم ينتج عن اهتزازها صوت مسموع . ففى ذكور حشرة السايكادا من رتبة متشابهة الأجنحة يوجد عضو خاص يقع على كل من جانبى الحلقة البطنية الأولى (شكل٩٥ أ)

ويتكون من غشاء رقيق دائرى تقريباً ومقوس إلى الخارج (شكل ٩٥ ب) يسمى العضو الطبلى أو النقارية (tymbal) الذى تحد حافته الخارجية حلقة شيتينية ويتصل بمركزه من الداخل عضل يسمى العضل الطبلى (tymbal muscle)، وعند انقباض هذا العضل يجذب معه الغشاء إلى الداخل وعند انفراجه يرجع الغطاء إلى وضعه الطبيعى محـدثا ذبذبة واحدة من الصوت ، وبتكرار انقباض وانفراج هذا العضل بسرعة يهتز الغشاء للداخل والخارج مرارا فينشأ صوت مسموع على غرار الصوت الناتج عن دفع غطاء علبة زنك نحو الداخل والخارج ، وقد أمكن تسجيل عدد من الذبذبات يتراوح بين ١٢٠ و ٤٨٠ ذبذبة فى الثانية فى هذا النوع من الأغشية . وقد اكتشفت فى حشرات أخرى أعضاء مماثلة لتلك الموجودة فى حشرة السايكادا وتؤدى نفس الوظيفة ، فى بعض الحشرات الكاملة لرتبة حرشفية الأجنحة

شكل (٩٥) : (أ) موقع العضو الطبلى على جانبى الحلقة البطنية الأولى فى حشرة السايكادا . (ب) العضو الطبلى والعضو المتصل به .

وجد هينتون (١٩٤٨) أن صفيحة الإبيسترنة (Episternum) فى الحلقة الصدرية الثالثة تقوم مقام غشاء العضو الطبلى حيث يوجد تحتها فراغ كبير نوعاً يضيق ويتسع عند انقباض وانفراج عضلات الطيران العموميـة الواصلة بين حافتى ترجة الصدر الثالث فيحدث الصوت نتيجة لذلك ولكنه أثناء الطيران فقط .

(ج) بسبب مرور هواء داخل أو خارج جسم الحشرة : يحدث الصوت فى بعض الحشرات الكاملة لرتبة حرشفية الأجنحة نتيجة خروج أو دخول الهواء إلى جسم الحشرة ، ففى فراشة السمسم أكيرونتيا (Acherontia) ينشأ الصوت من البلعوم بمساعدة عضلاته التى تربطه بصفيحة الرأس ، حيث يعمل البلعوم وقت خلوه من الغذاء كمضخة تمتص أو تطرد الهواء خلال الخرطوم (شكل ٩٦) ويصاحب امتصاص أو طرد الهواء هذا حدوث صوت واضح .



شكل (٩٦) : قطاع طولى فى رأس فراشة السمسم أكيرونتيا .

والفراشة المسماة Rhodogastria bubo تخرج عند لمسها رائحة كريهة من الغدد الطاردة الموجودة بين الرأس والصدر الأمامى ؛ وعند طرد الهواء المحمل بهذا الإفراز خلال الثغور التنفسية بالإضافة إلى إهتزاز بلورة الحلقة ينشأ صوت مسموع . كما يحدث صوت مماثل فى كثير من حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة وفى بعض حشرات غمدية الأجنحة مثـــل الجعل Brachynus ballistains تقع الغدة المفرزة للرائحة الكريهة على البطن ويحدث الصوت أيضاً بنفس الطريقة .

وفى كثير من حشرات رتبة ذات الجناحين وغشائية الأجنحة يعتقد أن الصوت ينشأ عن اهتزازات مجموعة من الصفائح تقع داخل القصبة الهوائية خلف فتحات بعض الثغور التنفسية ، وتحدث هذه الاهتزازات نتيجة مرور الهواء عند تنفس الحشرة .

ولقد أثار الصوت الذى تحدثه ملكة نحلة العسل أثناء طيرانها للتلقيح أو أثناء التطريد أو حتى داخل الخلية انتباه كثير من الحشريين . فاعتبر سنودجراس (١٩٢٥) أنه ينتج من اهتزازات الصفائح الموجودة عند قواعد الأجنحة . ولكن وودز (١٩٥٦ ، ١٩٥٧) وجد أن الصوت ينشأ من اهتزازات الأجنحة بدرجة معينة تنفتح معها الثغور التنفسية بدرجة معينة أيضاً فيحدث الصوت نتيجة لخروج تيار من الهواء من تلك الثغور وكنتيجة لاهتزازات الأجنحة أيضاً .

هذا وقد تتخذ أصوات بعض الحشرات نغمة مخصوصة يتعرف عليها بقية توابع نفس النوع عن طريق الأعضاء السمعية . وقد يصدر نوع معين أكثر من ضرب واحد من الأغانى التى يلعب بعضها على الأقل دوراً هاماً فى اجتذاب الإناث أو حضها على التزاوج . وكثير من حشرات

أخرى تصدر أصواتا بوسائل مختلفة إلا أنها ليست مجهزة بأعضاء سمعية متخصصة ، وفى مثل هذه الأحوال إما أن تكون الأصوات دفاعية أو يكون لها مغزى آخر مازلنا نجهله .

خامساً — أعضاء الحس التى تستجيب لتغيرات الحرارة والرطوبة :

(ا) أعضاء الحس بالحرارة :

الحشرات كسائر الكائنات الحية عندها حساسية لتغيرات درجات الحرارة . وجميعها تميل إلى الابتعاد عن الدرجات المرتفعة لأنها قد تحـــدث ضررا للبروتوبلازم فى خلايا أجسامها . ومع أن قرون الاستشعار تحتوى على أهم مراكز الإحساس بالحرارة عند غالبية الحشرات إلا أن مستقبلات الحرارة هذه قد توجد على أجزاء أخرى من الجسم فى البعض منها . ففى أنواع النطاط تنتشر مراكز الإحساس بالحرارة على جميع سطح جدار الجسم ولكنها مركزة نوعا على النصف القاعدى من قرون الاستشعار وعلى الملامس الفكية وعلى رسغ ووسادات الأرجل الأمامية والخلفية . ويستقبل صرصار الغيط (Liogryllus) الإحساس بالحرارة بقرنى استشعاره ورسغ أرجله وأجنحته وبطنه وأماكن أخرى بجسمه . وتحس حشرة ليجياس (Lygeaus) من رتبة نصفية الأجنحة بالحرارة بالحلقة الطرفية من حلقات قرن الاستشعار . وفى حشرات الكوليمبولا مراكز الإحساس بالحرارة هى قرون الاستشعار أيضاً . وعلى كل حال فمازال لا يعرف عن تركيب وفسيولوجية المستقبلات الحرارية إلا القليـل .

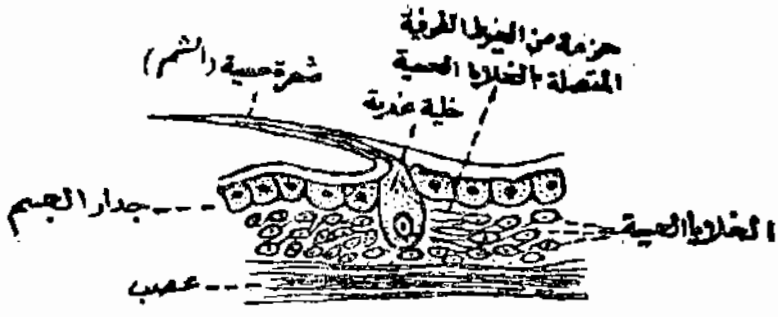
وتستطيع الحشرات التى تمتص دم الثدييات كالبعوضة أنوفيليس الاستدلال على أماكن عوائلها ذات الدم الحار بواسطة قرون الاستشعار

التى تحس بالحرارة الصادرة من أجسام هذه العوائل بجانب حاسة الشم أيضاً . وأنواع القمل الماص المتطفل خارجياً تكتشف عوائلها بواسطة مستقبلات الحرارة المنتشرة على جميع سطح الجسم ولكنها أكثر تركيزا على قرون الاستشعار . بينما الحشرات التى تعطى فرصة التحرك بحرية فى تدريج حرارى بالمعمل فتجنح إلى التجمع فى منطقة تعبر عن درجة الحرارة المفضلة لديها .

وتنجذب بقة الفراش (Cimex) وذبابة الاسطبلات (Stomoxys) إلى عائلها بواسطة الحس بالحرارة والشم معاً . ويحمل قرن الاستشعار فى بقة رودنياس (Rhodnius) بجانب الشعرات الشمية الطويلة شعرات أخرى رفيعة دقيقة وتحت كل منها مجموعة من ٥ — ٦ خلايا حسية (شكل ٩٧) ربما كانت هى مراكز الاحساس بالحرارة .

(ب) أعضاء الحس بالرطوبة :

تتفاعل حشرات كثيرة مع فروقات فى درجة الرطوبة الجوية ، وذلك إما باظهار أفضلية نحو رطوبات معينة (سواء كانت عالية كما فى حالة حشرات الكوليمبولا ويرقات خنافس فرقع لوز المعروفة بالديدان السلكية



شكل (٩٧) : قطاع فى شعرة شمية على قرن استشعار حشرة رودنياس (Rhodnius) وتظهر الخلايا الحسية عند قواعد الشعيرات الدقيقة الرقيقة الجدران.

ويرقات الدودة القارضة أم منخفضة كما فى حالة حشرات إبرة العجوزة وخنفساء جريش الذرة) وإما بتوجيه أنفسها إلى البخار المتصاعد من مصدر بعيد للمياه . وتعتبر قرون الاستشعار أهم مراكز الإحساس بالرطوبة عند الحشرات ، إذ توجد عليها حسيسات مخروطية قاعدية وشعرية ولوحية تقوم بهذا الإحساس ولكن طريقة عملها مازالت غير معروفة .

فنحلة العسل وذبابة الاسطبلات يمكنها الإحساس بوجود الماء من على مسافة بعيدة بواسطة أعضاء حسية خاصة على قرون استشعارها . وتتحاشى البعوضة كيوليكس (Culex fatigans) الأماكن التى ترتفع فيها درجة الرطوبة النسبية عن ٩٥٪ حتى ولو كانت نسبة الزيادة ١٪ فقط . وفى قمل الانسان توجد أعضاء الحس بالرطوبة على قرن الاستشعار وهى عبارة عن أربعة مجموعات من الخلايا الحسية وكل مجموعة منها تحمل أربعة شعيرات دقيقة (شكل ٩٨) .

الجهاز الهضمى

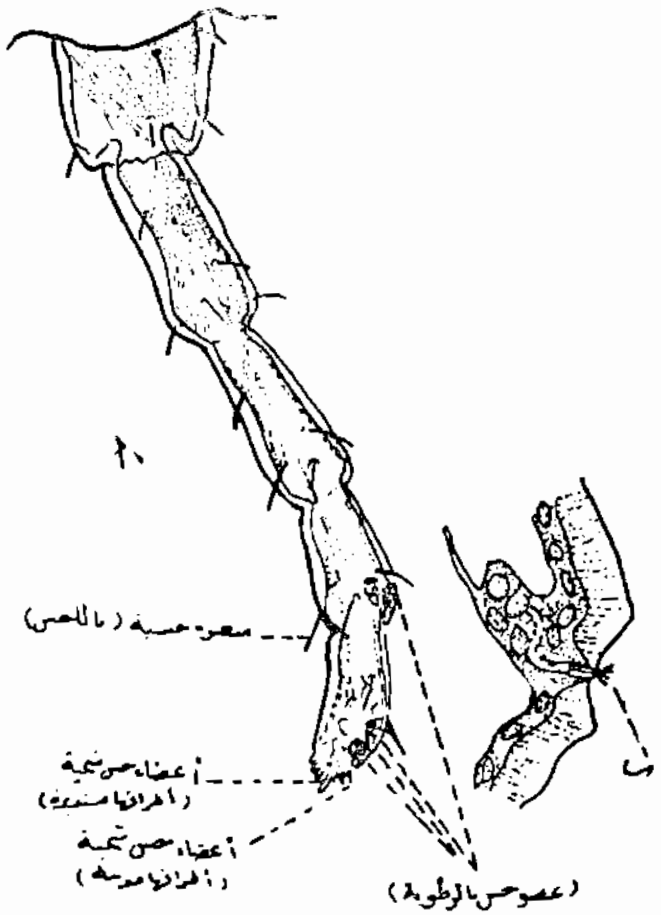
The Digestive System

يتركب الجهاز الهضمى فى الحشرات من القناة الهضمية و ملحقات لهذه القناة تشمل بعض الغدد التى تتصل بها إما اتصالا مباشرا مثل الأنابيب الأعورية وأنابيب ملبيجى أو اتصالا غير مباشر مثل الغدد اللعابية .

القناة الهضمية

The Alimentary Canal

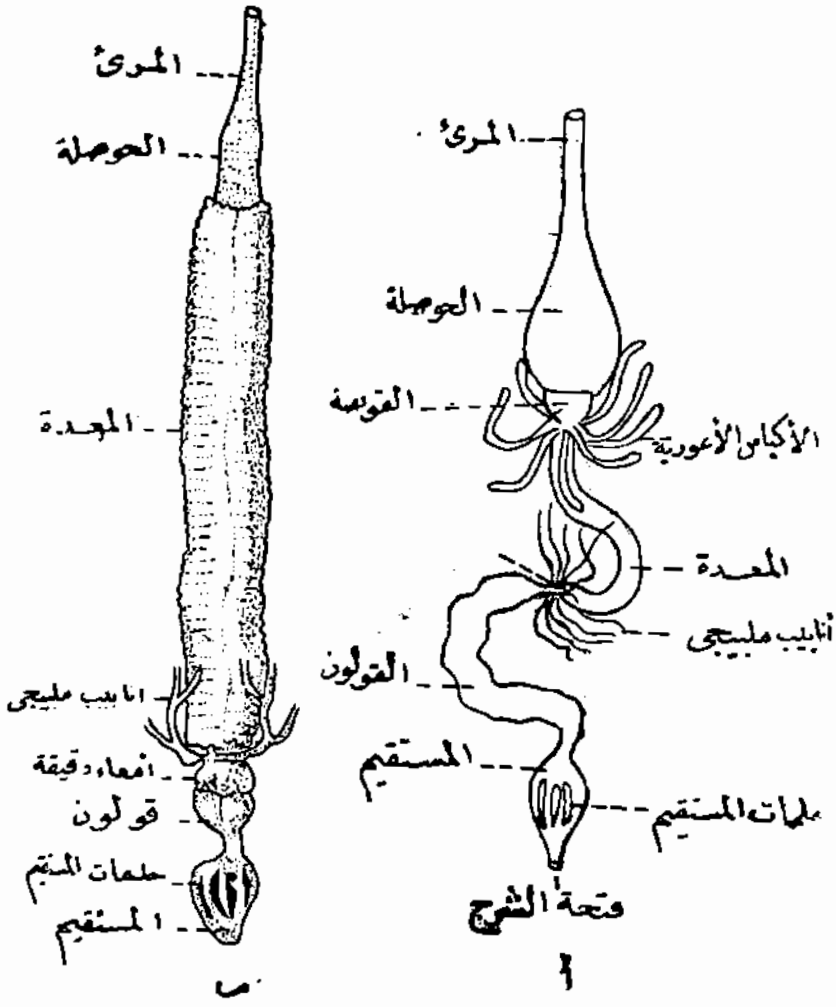
هى أنبوبة تمتد داخل المنطقة الوسطية فى جسم الحشرة ، وتوجد فتحتها الأمامية وهى الفم عند قاعدة تجويف يدعى التجويف قبل الفمى



شكل (٩٨) : أعضاء الحس بالرطوبة على قرن استشعار قملة الجسم .
(أ) منظر عام لقرن الاستشعار . (ب) تفاصيل مستقبل الرطوبة الحسي .

(preoral cavity) بينما تفتح تلك الأنبوبة في نهاية الجسم بفتحة خلفية هي الشرج ويختلف طول القناة الهضمية كثيراً باختلاف أنواع الحشرات ونوع غذائها ، فقد يكون طولها مساوياً لطول جسم الحشرة وقد يزيد كثيرا عن طول الجسم مما يجعلها تلتف وتلتوى على نفسها بداخل جسم الحشرة .

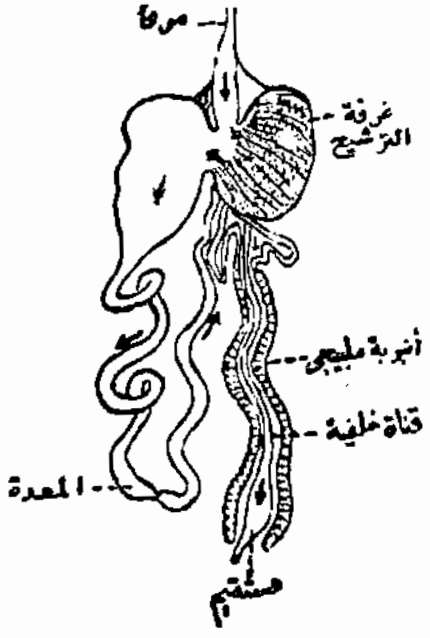
وأبسط أو أقصر أنواع القنوات الهضمية توجد فى الحشرات الكاملة لبعض أنواع رتبة مستقيمة الأجنحة (شكل ٩٩ أ) وطويئفة الحشرات عديمة الأجنحة (Apterygota) ورتبة جلدية الأجنحة وفى يرقات رتبة



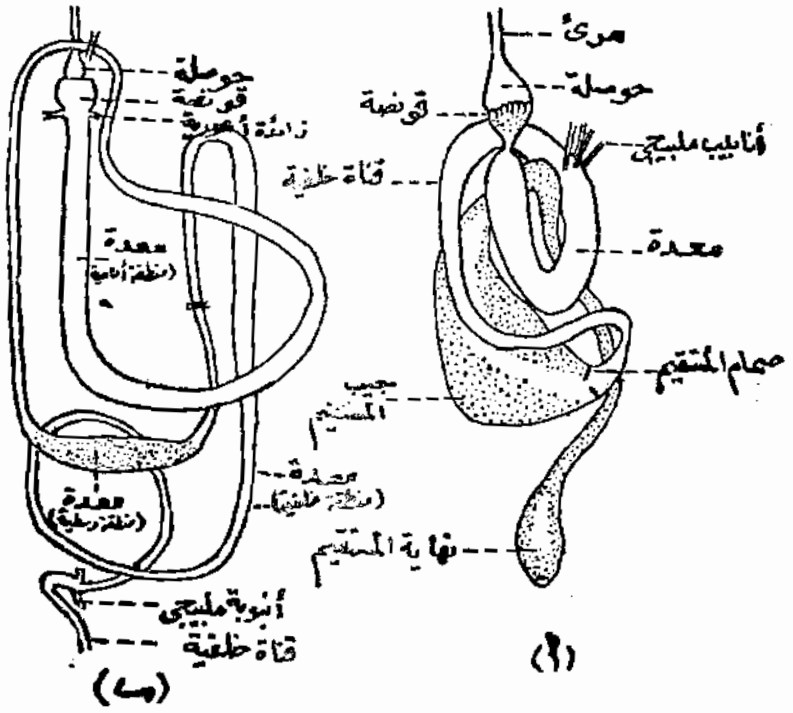
شكل (٩٩) : الجهاز الهضمى . (أ) فى الصرصار الأمريكى ، (ب) فى يرقة من رتبة حرشفية الأجنحة .

حرشفية الأجنحـــــة (شكل ٩٩ ب) . أما أطـول أنواع القنوات الهضمية فتوجد فى الخوريات والحشرات الكاملة لرتبة نصفية الأجنحة (شكل ١٠٠) وفى يرقات أنواع الذباب التابع لرتيبـــة سايكلورافا (Cyclorrhapha) حيث يفوق طول القناة الهضمية طول الجسم بعدة مرات (شكل ١٠١ ب) . وكقاعدة عامة تطول القناة الهضمية فى الحشرات التى تتغذى على سوائل باستثناء يرقات رتبة غشائية الأجنحة حيث تكون قنواتها الهضمية قصيرة مع أنها تتغذى على السوائل .

وتنقسم القناة الهضمية إلى ثلاثة مناطق رئيسية تنشأ أثناء مراحل النمو الجنينى حيث تتكون المنطقة الأولى وهى القناة الهضمية الأمامية كانبعاج للداخل من الجزء الأمامى للاكتوديرم وتتكون بالمثل المنطقة الثانية وهى



شكل (١٠٠) : الجهاز الهضمى فى حشرة من رتبة نصفية الأجنحة .



شكل (١٠٠) : (أ) الجهاز الهضمى فى نوع من النمل الأبيض من رتبة متساوية الأجنحة . (ب) الجهاز الهضمى فى الذبابة ليوسيليا (Lucilia) من رتبة ذات الجناحين .

مؤخر القناة الهضمية كانبعاج داخلى من الجزء الخلفى للاكتوديرم وتتكون المنطقة الثالثة وهى القناة الهضمية الوسطية أو المعدة على صورة كيس اندوديرمى يوصل بين المنطقتين السابقتين . وهذه الاختلافات فى النشأة الجنينية ترتب عليها فروقات هيستولوجية ملحوظة فى تركيب القناة الهضمية الوسطية بالمقارنة مع كل من المنطقتين الأخريين ، إذ بما أن القناة الهضمية الأمامية والخلفية عبارة عن انبعاجين للداخل من الجدار الجسمى الخارجى فهما تماثلان الأخير هيستولوجياً وتكونات مبطنتين بكيوتيكل .

وفيما يلى تفاصيل تلك الأقسام الرئيسية الثلاثة (أشكال من ٩٩ إلى ١٠٢) :

١ — القناة الهضمية الامامية : (The fore Intestine or Stomodaeum):

يعرف هذا الجزء بالمعى الأمامية أو المعبر الفمى ، وهو يبدأ بفتحة الفم التى تقع فى الحقيقة فى نهاية فراغ لا يعد فى الواقع جزء من القناة الهضمية وهو يعرف بالفراغ الغذائى قبل الفمى (pre - oral food cavity). ففى الحشرة ذات الأجزاء الفمية القارضة يكون هذا الفراغ عبارة عن الحيز المحدود أمامياً (او علوياً) بالسطح الداخلى للشفة العليا وخلفياً (أو سفلياً) بالشفة السفلى وجانبياً بالفكين العلويين والفكين السفليين . وأما تحت البلعوم (الهايبوفارينكس) الذى ينبعث من أرضية هذا الفراغ إلى داخله بالقرب من الشفة السفلى فيقسم الفراغ نفسه جزئياً إلى حجرتين واحدة أمامية وتعرف بحجرة استقبال الغذاء أى السيباريوم (cibarium) والأخرى خلفية وتعرف بالحجـــرة اللعابية أى الساليفاريوم (salivarium) . والحجرة الاستقبالية مزودة بعضلات موسعة (dilators) ناشئة من على الدرقة الخلفية (postclypeus) ، بل وأنها فى الحشرات ذات العادات الاغتذائية المتخصصة (كالحشرات الماصة حيث لاتوجد فتحة فمية حقيقية بل يكون مدخل الغذاء إلى القناة الهضمية هو نهاية الأجزاء الفمية الماصة) تصنع ما يعرف بالمضخة الماصة السيباريومية (cibarial sucking pump) . أما الحجرة اللعابية فتتلقى القناة المشتركة للغدتين اللعابيتين اللتين تفرزان لعاباً فى العادة ، وفى الحشرات الماصة تكون الحجرة اللعابية متحورة إلى ما يعرف بالمحقنة اللعابية (salivary syringe) وهى تعمل على حقن لعاب فى النبات أو الحيوان الذى تتغذى عليه الحشرة .

وتتكون هذه القناة الهضمية الأمامية من البلعوم والمرىء الحوصلة والقونصة .

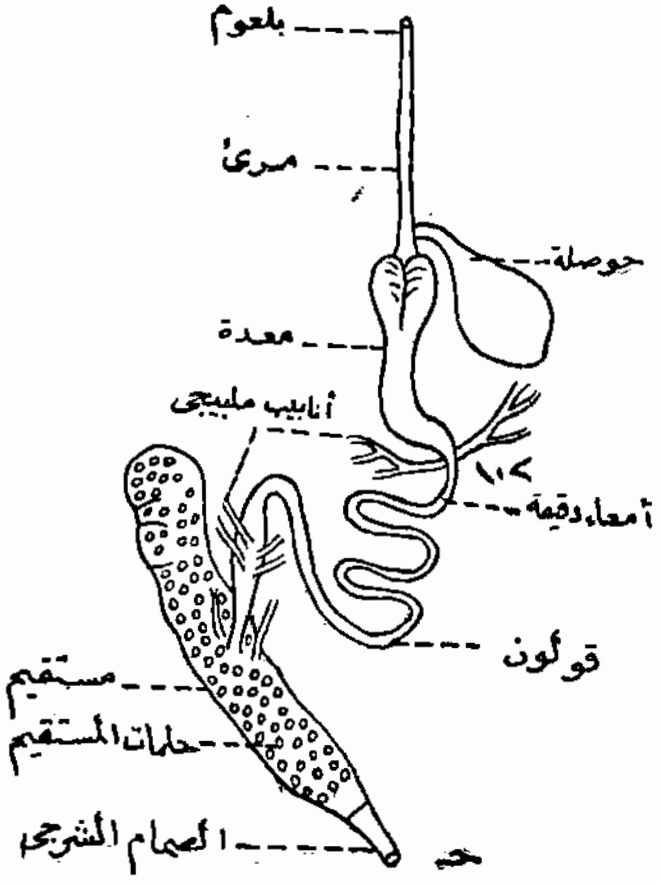
(ا) البلعوم (The pharynx) : هو المنطقة الأنبوبية الضيقة نسبياً التى تقع بعد الفم مباشرة وتوصل للمرىء وتكون أكثر وضوحا فى الحشرات ذات أجزاء الفم القارضة . والبلعوم مزود من الخارج بمجموعة من العضلات الموسعة القوية التى تتصل بالسطح الداخلى من الجبهة وبواسطتها تدفع المواد الغذائية إلى الخلف خلال المرىء . وفى بعض الحشرات كمثل غشائية الأجنحة وحرشفية الأجنحة يساهم البلعوم فى صنع مضخة ماصة تشفط الغذاء السائل ثم تدفعه خلفاً إلى المرىء .

(ب) المـرىء (The oesophagus) : هو أنبوبة بسيطة ضيقة نوعاً تلى المرىء ويختلف طولها فى مختلف الحشرات ، وتمتد من مؤخرة الرأس إلى الجزء الأمامى من الصدر ، ووظيفتها توصيل الغذاء من البلعوم إلى الجزء التالى من الأمعاء .

(جـ) الحوصلة (The crop) : يتسع المرىء أحيانا من نهايته الخلفية ليصنع ما يعرف بالحوصلة التى قد تكون على شكل اتساع كبير بسيط يؤدى إلى الجزء التالى من القناه الهضمية كما هو الحال فى الحشرات رتبة مستقيمة الأجنحة (شكل ٩٩ آ) . ولكن فى بعض الحشرات مثل الحفار ويرقات السوس والفراشات وأبى دقيقات وأنواع من الذباب تكون الحوصلة عبارة عن ردب جانبى خارج من المرىء وتظهر ككيس منفصل يتصل بالمرىء بواسطة قناة قصيرة رفيعة (شكل ١٠٢) . وتعتبر الحوصلة كمخزن مؤقت للغذاء أو حجرة انتظار تبقى فيها المواد الغذائية لحين الحاجة إليها فتنتقل آنئذ إلى المعدة حيث أن معظم الحشرات تتغذى بسرعة وعلى كميات كبيرة عند توفر المواد الغذائية . وعموما يتم بعض الهضم الجزئى للغذاء فى الحوصلة بواسطه إنزيمات الإفرازات اللعابية التى تصل إليها من الغدد اللعابية عن طريق الفراغ قبل الفمى ثم الفم.

ولكن فى بعض الحشرات كالصرصار مثلا يتم أغلب الهضم فى تلك الحوصلة وذلك برجوع العصارات الهضمية المفرزة بالمعدة إلى الخلف خلال القونصة لتصل إلى الحوصلة حيث تؤثر على الغذاء المختزن فيها .

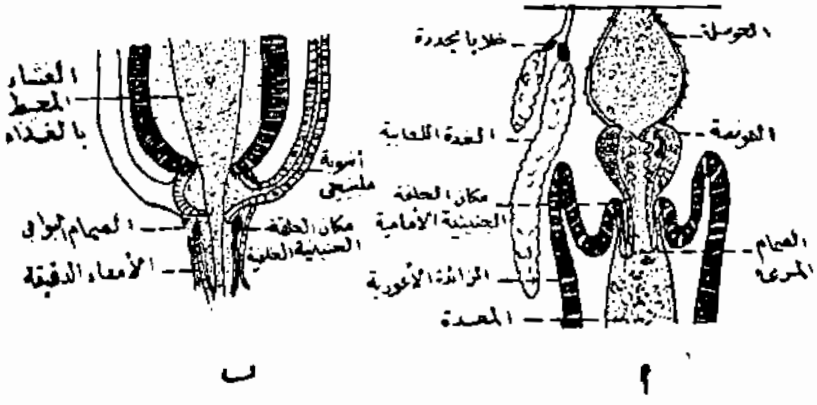
(د) القونصة (The proventriculus or gizzard) : هى نهاية القناة الهضمية الأمامية وتكون كبيرة وظاهرة فى الحشرات ذات أجزاء الفم القارضة . وأما فى الحشرات الماصة وبعض اليرقات فهى لا توجد غالباً ولا يبقى منها إلا جـــزءها المعروف بالصمام المـــــريئى أو الفؤادى



شكل (١٠٢) : الجهاز الهضمى فى فراشة دودة ورق القطن .

(oesophageal or cardiac valve) الذى يفصل القناة الهضمية الأمامية عن القناة الهضمية المتوسطة (شكل ١٠٣ أ) . والقونصة جزء عضلى سميك الجدران مبطن من الداخل ببطانة كيوتيكلية تخرج منها فى بعض الحشرات كالصرصار وبعض غمدية الأجنحة ثنيات كيتينية صلبة تشبه الأسنان (شكل ١٠٤ أ) . وتعمل القونصة فى الحشرات الماصة كصمام يقوم بتنظيم مرور المواد الغذائية السائلة من الحوصلة إلى القناة الهضمية المتوسطة. أما فى الحشرات القارضة فتقوم القونصة فضلا عن ذلك بواسطة أسنانها القوية بتفتيت وجرش الأجزاء الكبيرة من المواد الغذائية إلى أجزاء صغيرة كما وتعمل أيضاً كمنخل أو كمصفاة للغذاء قبل انتقاله إلى المعدة فلا تسمح للغذاء بالمرور إلا إذا كان مفتتا إلى جزيئات صغيرة بدرجة كافية .

وتدخل نهاية القونصة (أو نهاية الحوصلة فى الحشرات التى ليس لها قونصة) فى داخل المعدة لمسافة قصيرة كما وينثنى مقدم المعدة على مؤخرة القونصة بحيث يتكون عن ذلك صمام يعرف بالصمام المريئى أو الفؤادى (oesophageal or cardiac valve) (شكل ١٠٣ أ) وهو محاط بعضلات دائرية قوية ويعمل على تنظيم مرور الغذاء من القناة الهضمية الأمامية إلى القناة الهضمية المتوسطة (المعدة) أو العكس بالعكس .



شكل (١٠٣) : رسم توضيحى يبين موقع كل من الصمام المريئى والصمام البوابى فى الجهاز الهضمى بالحشرات .

والقناة الهضمية الأمامية تتركب من طلائية (epithelium) مكونة من خلايا صغيرة الحجم لا تظهر فواصلها الجانبية فى معظم الأحوال وغالباً ما تكون تلك الخلايا مموجة فى صورة ستة انثناءات ، وتبطن الطلائية من الداخل بطبقة من الكيوتيكل تعرف بالغلاف الباطنى (intima) كما وتغلف من الخارج بطبقة من العضلات الطولية التى تعلوها طبقة من العضلات الدائرية وقد يوجد فوق الأخيرة فى بعض الأحيان طبقة أخرى من العضلات الطولية .

٢ — القناة الهضمية الوسطى (The Mid Intestine or Mesenteron) :

هى الجزء الوسطى للقناة الهضمية ويعرف بالبطينة (ventriculus) أو المعدة (stomach) أو المعى المتوسطة ، وهى أنبوبية الشكل وأحيانا تكون على شكل كيس مستطيل أو أنبوبة طويلة ملتفة رفيعة كالمعى الأمامية. وتتكون المعدة هستولوجيا (شكل ١٠٤ ب) من طبقة داخلية من خلايا طلائية ضخمة اسطوانية الشكل حوافها الداخلية مزودة بأهداب مما يجعل الحافة الداخلية للطبقة تبدو متخططة (striated) ، وتوجد عند قواعد هذه الخلايا الطلائية خلايا صغيرة تعرف بالخلايا المجددة(regenerative cells) وهى إما فردية أو فى مجاميع صغيرة وتعمل عن طريق الانقسام على توفير خلايا طلائية جديدة وفى الأطوار الغير بالغة كالحوريات واليرقات تكون وظيفتها تكوين القناه الهضمية الوسطى للحشرة الكاملة أثناء التحول الشكلى ، وترتكز الخلايا الطلائية على غشاء قاعدى كما وتغلف من الخارج بطبقة من العضلات الدائرية يليها من ناحية الخارج طبقة من العضلات الطولية .

والمعدة هى الجزء من القناة الهضمية الذى يحدث فيه هضم المواد الغذائية وامتصاصها لأن تكوين جدارها يسمح بهذه العملية . ويجرى الهضم والامتصاص على التوالى بواسطة نفس الخلايا الطلائية للمعدة . ويتم الإفراز باحدى طريقتين . فالطريقة الأولى تسمى الجزئية (merocrine)

وفيها تقذف الخلايا بمنتجاتها خلال الحافة المتخططة بدون أن يطرأ عليها أى تغيرات عنيفة . أما الطريقة الثانية فتسمى التامة (endocrine) وهى أقل شيوعا فتوجد مثلا فى حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة حيث تتحطم الخلايا اثناء العملية ثم تعوض بعدئذ بواسطة الخلايا المجددة .

وفى كثير من الحشرات يزداد الحيز السطحى الداخلى للمعدة عن طريق وجود انبعاجات خارجية عند مقدمتها (شكل ٩٩ أ) أو على طول امتدادها وتعرف بالأعاور المعية أو المعدية (enteric or gastric caeca) ، ويختلف عدد وحجم هذه الأكياس الأعورية باختلاف الحشرات وتركيبها يشابه تماماً تركيب جدار المعدة ، وقد تحتوى هذه الزوائد الأعورية على بكتيريا لها صلة بعمليات الهضم والتغذية . وقد تتحقق نفس النتيجة (زيادة الحيز الداخلى للمعدة ، بطريقة أخرى وذلك بانثناء الطبقة الطلائية لتصنع ما يعرف بالسراديب (crypts) . وقد توجد الوسيلتين سوياً فى نفس النوع الحشرى .

وفى أغلب الحشرات ويرقاتها ينفصل جدار المعدة الداخلى عن الغذاء بغشاء رقيق عديم اللون (شكل ١٠٣) ويعرف بالكيس أو الغشاء حول الغذائى (peritorphic membrane) . ويتكون هذا الكيس فى الغالب من طبقة واحدة ، وفى بعض الحشرات قد يكون مكونا من أكثر من طبقة ، وهو يفرز بواسطة خلايا المعدة الموجودة جهة الصمام المريئى كما فى رتبة حرشفية الأجنحة والذباب أو قد تفرزه جميع خلايا المعدة كما فى النحل . وهو على شكل أنبوبة بارزة خلفياً قليلا بداخل القناة الهضمية الخلفية ، ويتكون جزئياً من كيتين . وينتزع هذا الغشاء بين آن وآخر ثم يقذف خارجاً عن طريق الفتحة الشرجية مع البراز . ويعمل الكيس حول الغذائى على حماية خلايا المعدة من التآكل بسبب احتكاك حبيبات الغذاء بها ، وهو يسمح بتمرير إنزيمات الهضم التى تفرزها خلايا المعدة كما يسمح فى نفس الوقت بمرور الطعام المهضوم إلى خلايا المعدة ومنها إلى الدم بخاصية الانتشار.

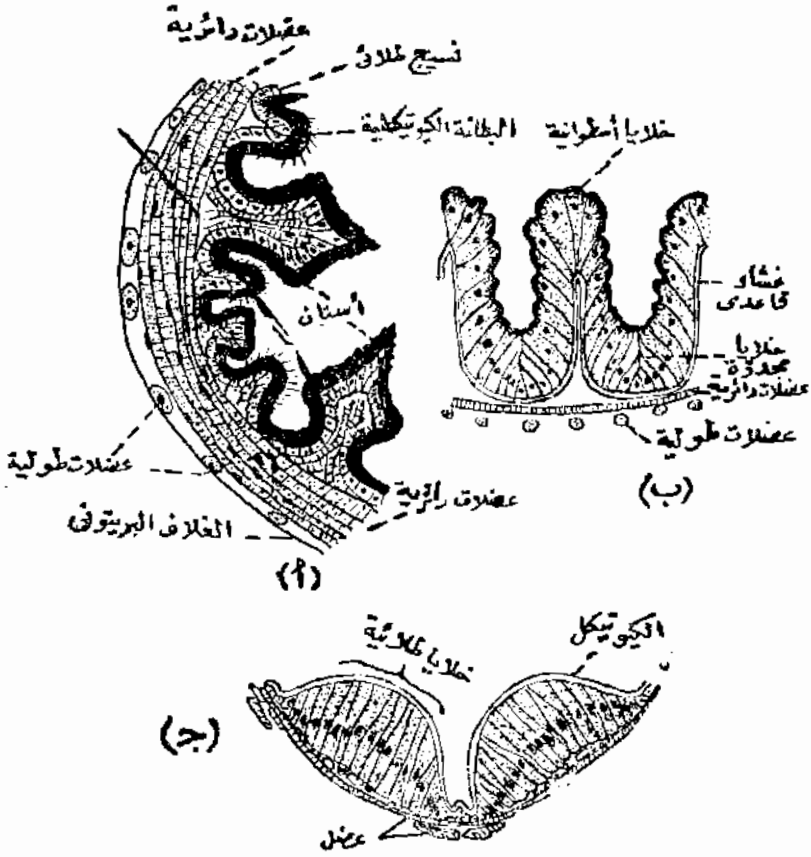
ولا يوجد هذا الغشاء فى أغلب (وليس كل) الحشرات التى تتغذى بارتشاف أغذية سائلة مثل الفراشات وأبى دقيقات ومعظم الحشرات التابعة لرتبة نصفية الأجنحة وكثير من الحشرات الماصة للدم ، وإذا وجد فانه يكون رقيقاً جداً ويصعب رؤيته .

وفى يرقات بعض من شبكية الأجنحة وغشائية الأجنحة تكون المعدة الغسيحة مغلقة خلفياً لغاية آخر الحياة اليرقية ثم بعدئذ يتحقق اتصالها بالقناة الهضمية الخلفية وتمرر المحتويات المتراكمة فى المعدة إلى الخارج .

٣ — القناة الهضمية الخلفية (The Hind intestine or Proctodaeum) :

هى الجزء الخلفى من القناة الهضمية الذى يوصل بين المعدة وفتحة الخروج أى الشرج (anus) . وتتكون من ثلاث مناطق متباينة أولها الأمعاء الدقيقة (ileum) وهى عبارة عن أنبوبة ضيقة تلى المعدة مباشرة وبينهما يوجد صمام يعرف بالصمام البوابى (pyloric valve) (شكل ١٠٣ ب) وهو ينظم مرور الغذاء الغير مهضوم من المعدة إلى القناة الهضمية الخلفية . وعند منطقة اتصال الأمعاء الدقيقة بالمعدة أو فوق هذه المنطقـــة بقليل تفتح مجموعة من الأنابيب المعروفة بأنابيب ملبيجى (Malpighian tubes) وهى من أعضاء الإخراج البولى . ويلى الأمعاء الدقيقة القولون (colon) ثم المستقيم (rectum) الذى يفتح للخارج بفتحة الشرج . وفى كثير من الحشرات يتضخم الجزء الأمامى من المستقيم مكونا كيس المستقيم (rectum sac) الذى قد تتضخم بعض خلايا طبقته الطلائية كثيرا بحيث تصنع ستة أشرطة طولية تعرف بحلمات المستقيم (rectal papillae) ووظيفتها تقليل فقدان الماء من جسم الحشرة بامتصاص الماء الموجود فى البراز قبل خروجه وإرجاعه ثانية إلى الجسم ، كما وأنها قد تمتص بعض بقايا الطعام غير العضوية الموجودة فى المستقيم .

ويوجد بجوار فتحة الشرج وعلى الأخص فى بعض حشرات رتبة غمدية



شكل (١٠٤) : التركيب الهستولوجي لبعض أجزاء القناة الهضمية .
(أ) قطاع عرضي في القوانصة في حشرة من مستقيمة الأجنحة . (ب) قطاع عرضي في المعدة . (ج) قطاع عرضي في المستقيم .

الأجنحة غدد تعرف بغدد الشرج (anal glands) ووظيفتها غالباً دفاعية حيث تفرز إفرازات لاسعة أو غير مقبولة الرائحة .

وتتكون القناة الهضمية الخلفية هستولوجياً (شكل ١٠٤ ج) من نفس الطبقات كما في القناة الهضميه الأمامية مع الفارق بأن البطانة الداخلية الكيوتيكلية تكون أرفع والعضلات الدائرية تكون موجودة على السواء إلى الخارج وإلى الداخل من العضلات الطولية .

الغـدد اللعابية (The Salivary Glands) :

يتصل بالجهاز الهضمى زوج أو أكثر من الغدد اللعابية تمتد فى منطقة الصدر على جانبى المرىء وتتحد قناتاهما ببعضهما مكونة قناة مشتركة تفتح بفتحة واقعة على أو قرب قاعدة الهايبوفارينكس ومنها تصب الإفرازات اللعابية فى الفراغ قبل الفمى حيث تختلط بالغذاء عندما يبتلع . ووظيفة هذه الغدد إفراز اللعاب الذى يساعد فى تنظيف الفم وترطيبه كما يعمل على هضم المواد الكربوهيدراتية . وسوف يأتى ذكرها بالتفصيل عند الكلام على الغدد وأعضاء الإفراز فى الحشرات .

التغـذية (Nutrition) :

تتغذى معظم الحشرات على أغذية كثيرة متنوعة نباتية أو حيوانية . والقليل منها يعيش على مواد غذائية معينة قد تقتصر على مادة أو اثنتين مثلا. ومهما اختلفت الحشرات فى طبائع التغذية فان الغالبية العظمى منها تتفق فى الاحتياجات الغذائية الآتية لأهميتها القصوى للنشاط الحيوى فى الجسم :

١ — الماء والأملاح المعدنية (Water and mineral salts) : وهما على أهميتهما يوجدان فى معظم المواد الغذائية التى تتناولها الحشرات . وفى البيئات الجافة قد تحصل الحشرة على الماء اللازم لها من نواتج عمليات الأكسدة التى تتم أثناء التنفس .

٢ — مصادر الطاقة (Sources of Energy) : ينبغى أن تتـــوفر فى الغذاء أيضاً مواد تعمل كمصادر للطاقة اللازمة للأنشطة المختلفة . وتعتبر المواد الكربوهيدراتية أهم مصادر الطاقة بالنسبة للحشرات . كما وقد تحصل بعض الحشرات مثل يرقات بعوضة الأيبدس (Aedes larvae) على الطاقة اللازمة لها نتيجة أكسدة المواد الدهنية والبروتينات .

٣ — البروتينات والأحماض الأمينية (Proteins and amino-acids) : لابد وأن يحتوى غذاء الحشرة أيضاً على كميات من البروتين الذى تحتاج إليه فى مختلف أوجه النشاط . وتعتبر الأحماض الأمينية الناتجة من هضم البروتين ضرورية للحشرة فى بناء الجسم وتجديد الأنسجة وتكوين البيض وغير ذلك . واحتياجات الحشرات من الأحماض الأمينية لم تعرف بالتفصيل إلا فيما يختص بأنواع قليلة ، ولقد اتضح أن بعض الأحماض الأمينية لازمة للنمو والتكشف ، فمثلا الصرصار بلاتيللا (Blatella) يلزمه الفالين (valine) والأرجينين (arginine) والهيستيدين (histidine) والتريبتوفين (tryptophane) والسيستين (cystine) .

٤ — الفيتامينات (Vitamins) : من الضرورى أن يحتوى الغذاء أيضاً على فيتامينات معينة تختلف باختلاف أنواع الحشرات ، فغالبيتها لا يحتاج إلى فيتامين « ج » أو « د » فى غذائه ، كما وأن فيتامين « أ » ليس ضرورياً لكثير منها ، وأما مجموعة فيتامينات (ب) (B-Complex Vitamins) فتعتبر جوهرية لها .

على أن عدداً من الحشرات لا يحصل من غذائه مباشرة على تلك المواد الضرورية بل إن هذه تصنع بداخل جسم الحشرة بواسطة كائنات دقيقة معايشة موجودة سواء فى القنـــاة الهضمية أو خلايا مخصوصة تسمى المايسيتوسايتات (mycetocytes) والتى قد تكون أحيانا متجمعة معاً على صورة أعضاء تدعى المايسيتومات (mycetomes) وهى تحتوى على بكتيريات أو فطريات أو خمائر . فالنمل الأبيض مثلا وهو حشرة تتغذى على الخشب يأوى فى قناته الهضمية الخلفية بعض البروتوزوا السوطية التى

تهضم له سليولوز الخشب وتقدمه له فى صورة مجهزة . كما وأن بعض الحشرات لا تحصل على غذائها بنفسها بل تتغذى على غذاء خاص مجهز يقدم لها مثل الغذاء الملكى (royal jelly) الذى تفرزه شغالات نحلة العسل الحديثة السن من غدد خاصة موجودة فى الرأس وتقدمه إلى اليرقات التى ستصبح ملكات .

الهضـــم (Digestion) :

تدخل معظم الحشرات طعامها فى الجسم عن طريق فتحة الفم . وليعض اليرقات المتطفلة القدرة على امتصاص غذائها من أنسجة عوائلها عن طريق أسطح أجسامها . والحشرات ذات أجزاء الفم الماضغة (المقارضة) مزودة بفكوك علوية وفكوك سفلية قوية تعمل على تقطيع المواد الغذائية وطحنها ثم دفعها فى البلعوم . أما الحشرات ذات أجزاء الفم الماصة فيعمل البلعوم فيها كمضخة ترفع الغذاء خلال أجزاء الفم إلى المرىء . ويتحرك الطعام على طول القناه الهضمية بواسطة الحركة الدودية .

ولكى يصير الغذاء صالحا للامتصاص بواسطة المعدة لابد وأن تحول مكوناته أولا إلى مواد ذائبة أقل تعقيداً . وتتم هذه التغيرات بتأثير إنزيمات هاضمة تفرزها الغدد اللعابية وطلائية المعدة . ويحدث ذلك الهضم فى الحوصلة والمعدة .

وتبدأ عملية هضم الطعام مع بدء التغذية حيث يضاف إليه اللعاب أثناء وجوده فى الفراغ قبل الفمى أو قبل ذلك كما فى كثير من الحشرات التى تحقن لعابها فى السوائل الغذائية التى تمتصها . واللعاب سائل متعادل غالباً ويحتوى عادة على أنزيم الأميليز (Amylase) الذى يؤثر على المواد الكربوهيدراتية . والحشرات الماصة للدم مثل البعوض لا يحتوى لعابها على إنزيمات هاضمة ولكنه يحتوى على مادة تمنع تجلط الدم (anticoagulin) حتى لا ينسد به مجرى الغذاء .

ويمرر الطعام بعد تناوله من المرىء إلى الجزء الخلفى من المعى الأمامية الذى يعمل كحوصلة يخزن فيها الطعام حيث يهضم هضماً جزئياً بواسطة إنزيمات اللعاب أو إنزيمات عصارات هضمية آتية من المعدة عن طريق القونصة . والقونصة مزودة بأسنان حادة تعمل على تقطيع الطعام وخلطه مع الإنزيمات الهاضمة وغربلته من الحبيبات الخشنة إن وجدت قبل تمريره خلفاً إلى المعدة .

وعند وصول الغذاء إلى المعدة (المعى المتوسطة) تفرز عليه هى والزوائد الأعورية الإفرازات الهاضمة التى تماثل إفرازات معدة الإنسان مع غياب إنزيم البيسين وحامض الإيدروكلوريك ، ولذلك تميل محتويات معدة الحشرات إلى القلوية . ولقد وجد أن إجمالى الإنزيمات التى تفرزها معدة الحشرات تقع فى ثلاثة أنواع رئيسية وهى : (ا) الكربوهيدريزات (carbohydrases) التى تؤثر على الكربوهيدرانات المعقدة فتحولها إلى سكريات بسيطة ، وهى تشمل الأميليزات (amylases) التى تؤثر على النشويات والجلايكوزيديزات (glycosidases) التى تحطم سكريات معقدة كالمالتوز والسكروز واللاكتوز . (ب) الليبيزات (lipases) التى تحطم الدهون . (ج) البروتييزات (proteases) التى تهضم المواد البروتينية ، وهى تشمل الإندوببتيديزات (endopeptidases) التى تؤثر على البروتينات والببتونات فتحولها إلى بوليببتيدات (polypeptides) ثم الإكسوببتيديزات (exopeptidases) التى تكمل العملية فتحطم الببتيدات إلى أحماض أمينية .

وكما رأينا قبلا أن الحشرات تختلف عن بعضها فى نوع الأجزاء الفمية تبعاً لنوع الغذاء وطريقة تناوله فاننا نجدها أيضاً تختلف عن بعضها من حيث الإنزيمات التى تفرزها المعدة وذلك تبعاً لصنف الغذاء ونوع محتوياته .

فالحشرات التى تتغذى على أغذية شتى كالصرصار تفرز معدتها جميع أنواع الإنزيمات السابقة . بينما فى الحشرات الماصة للدم فتفرز المعدة البروتييزات بكمية وافرة وتكاد لا تفرز أى كربوهيدريزات . وعلى النقيض من ذلك فانه فى الفراشات وأبى دقيقات (وهى تتغذى أساسياً على رحيق) تكاد المعدة لا تفرز إلا الإنفرتيزات (invertases) التى تحلل سكر القصب تحليلا مائياً . والحشرات التى تتغذى على أوراق النباتات أو أخشاب الأشجار بعضها تفرز معدته انزيم السليوليز (cellulase) الذى يحطم السليولوز بينما بعضها الآخر فلا تفرز معدته انزيم السليوليز إلا أن كائنات دقيقة بجسمه تقوم له بمهمة هضم السليولوز .

ويتم امتصاص نواتج هضم الطعام فى المعدة بواسطة خلايا طبقتها الطلائيـة .

وتمر بقايا الطعام بعد الهضم والامتصاص إلى المعى الخلفية حيث يحدث فيها امتصاص طفيف لنواتج الهضم . وكذلك قد يحدث امتصاص للماء فى المعى الخلفية بواسطة حلمات المستقيم لاسيما فى الحشرات التى تعيش فى البيئات الجافة والتى تتغذى على مواد جافة ، وتحتفظ الحشرة بهذا الماء الممتص لاستعماله مرة ثانية ، وفى مثل هذه الحالات تكون قطع البراز جافة وتدفعها عضلات المستقيم القوية للخارج .

والحشرات التى تتغذى على الأخشاب مثل النمل الأبيض ويرقات بعض أنواع خنافس الأشجار حيث لا تفرز القنوات الهضمية إنزيمات لها القدرة على هضم وتحليل السليولوز تأوى فى قناتها الهضمية الخلفية كائنات دقيقة مثل أنواع البروتوزوا السوطية التى تعيش بطريقة تبادل المنفعة (symbiosis) فى القناة الهضمية الخلفية للنمل الأبيض فتهضم له السليولوز نظير انتفاعها بالمأوى . فطالما كانت هذه البروتوزوا موجودة فإن أفراد

النمل الأبيض تستطيع المعيشة لأزمان طويلة على السليولوز النقى ولكنها سرعان ما تموت إذا حرمت من البروتوزوا بوسائل معملية كمثل تعريض الحشرات لدرجة ٣٦° مئوية لمدة ٢٤ ساعة أو لضغط أوكسيجينى قدره ٣- ٤ جو .

وبعض الحشرات تحوى خلايا بعض أنسجتها الداخلية مثل خلايا المعدة أو الزوائد الأعورية أو الأجسام الدهنية أو الأجسام الخاصة المعروفة بالميسيتومات (mycetomes) بكتيريا أوخميرة أو فطركما فى القمل وبعض أنواع البق وبعض الخنافس ، وتوجد هذه الكائنات فى فراغ القناة الهضمية حيث تعيش بطريقة تبادل المنفعة (Symbiosis) مع الحشرة التى تأويها نظير هضمها لسليولوز الخشب ومدها للحشرة العائلة بالفيتامينات والبروتينات .

وبعض الحشرات التى تعيش على الصوف والفراء مثل يرقات فراش الملابس (Tineola sp.) يمكنها تحليل كيراتين الصوف والاستفادة منه . ويرقات دودة الشمع لها القدرة على تحليل الشمع الذى تتغذى عليه وذلك لوجود بكتيريا بداخلها تمكنها من هضم هذا الشمع والاستفادة بمكوناته .

الجهاز التنفسى

The Respiratory System

التنفس هو حصول الكائنات الحية على الأوكسجين اللازم لحياتها والتخلص من ثانى أوكسيد الكربون الناتج من عمليات التمثيل الغذائى داخل أجسامها . ويشمل التنفس إذن عمليات كيميائية وأخرى فيزيقية (طبيعية)، فعمليات التأكسد التى تصحب التمثيل الغذائى داخل أنسجة جسم الحشرة والتى ينتج عنها خروج ثانى أوكسيد الكربون وبخار الماء تعتبر عمليات كيميائية ، بينما يعتبر نقل وتوصيل الأوكسجين إلى الأنسجة المختلفة ونقل وطرد ثانى أوكسيد الكربون الناتج عملية فيزيقية .

والأدوات والتراكيب المختلفة التى توجد فى أجسام الحشرات وتنظم عملية التنفس تعرف بالجهاز التنفسى (respiratory system) . وتتنفس الغالبية العظمى من الحشرات عن طريق فتحات خارجية يدخل عن طريقها الهواء الجوى وتعرف بالثغور التنفسية (spiracles) وهى توجد على جانبى الصدر والبطن فى منطقة البلورة غالباً وتتصل بمجموعة من الأنابيب الرفيعة التى تتفرع داخل الجسم تفرعات شتى وتنتشر على مختلف الأعضاء والأنسجـــة والأجهزة وتعرف بالقصبات الهوائيـــــة (Tracheae) (شكل ١٠٥) ، ونهايات هذه القصبات رفيعة للغاية وتعرف بالقصيبات الهوائية (Tracheoles) وهى تصل إلى خـــلايا الجسم مباشرة وعن طريقها يحدث تبادل الغازات التنفسية ، أى لا يحصل تبادل عن طريق الدم كما هو الحال فى الحيوانات الراقية ولكن يحصل الدم على ماينزمه فقط من الاوكسجين كأى نسيج آخر من أنسجة جسم الحشرة .

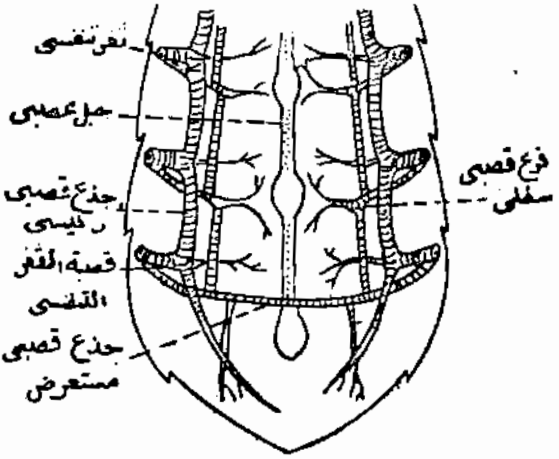
وكثير من الحشرات ولاسيما الحشرات الرهيفة مثل الكوليمبولا وبعض الحشرات المتطفلة داخلياً تكون الثغور التنفسية فيها مقفلة ولذا

فهى تتنفس عن طريق تبادل الغازات خلال جدار الجسم ، كما وأن معظم الأطوار غير الكاملة للحشرات المائية حيث لا توجد ثغور تنفسية مفتوحة يحدث فيها التنفس بانتشار الأوكسجين خلال الجدار الخارجى لنموات خارجية توجد على جدار الجسم أو فى مؤخرته وتعرف بالخيـــاشيم (gills or branchiae) .

وفى جميع تلك الحالات تكون الأعضاء التنفسية مشتقة من الإكتوديرم ، فالقصبات الهوائية تتكون كانغمادات للداخل أنبوبية ، والخياشيم تنشأ كنموات للخارج . وكل من الطرازين يتألف هيستولوجيا من طبقة رقيقة من كيوتيكل ثم طبقة خلايا إبيديرمية ثم غشاء قاعدى حيث جميعها تكون متواصلة مع طبقات مثيلة من الأديم الخارجى العمومى .

الثغور التنفسية : (The Spiracles) :

هى فتحات زوجية فى جدار الجسم توصل إلى القصبات الهوائية . وتوجد على الصدر والبطن فى منطقة البلورة عادة ، ولو أنها فى بعض



شكل (١٠٥) : الحلقات الخلفية من بطن حشرة ويتضح بها الثغور التنفسية على الجانبين وتفرع القصبات الهوائية داخل الجسم .

الحشرات قد توجد على الدرجات كما فى الثغور البطنية بالنمل والذباب . ويختلف عدد الثغور التنفسية باختلاف الحشرات ولكنها عادة لا تزيد عن عشرة أزواج . فى الحشرات غير المتخصصة مثل مستقيمة الأجنحة وفى بعض البرقات توجد عشرة أزواج ، زوجان منها فى الصدر أحدهما بين الصدر الأول والثانى والزوج الثانى بين الصدر الثانى والثالث ، بينما تقع أزواج الثغور الثمانية الباقية على حلقات البطن الثمانية الأوائل بواقع زوج على كل منها . ونادرا ما يزيد عدد الثغور التنفسية عن عشرة أزواج كما فى السمك الفضى ، بل الشائع أن يقل هذا العدد من عشرة أزواج .

وتقسم الحشرات بالنسبة إلى عدد الثغور التنفسية الموجودة بها وعدد وموضع المفتوح (العامل) والمقفل منها إلى القسمين التاليين :

(ا) حشرات قد تلاشى منها تماماً واحد أو أكثر من أزواج الثغور التنفسية وبذلك يفقد جهاز القصبات الهوائية كثيرا من طابعه التكرارى كما ويقل عدد الثغور (سواء عاملة functional أو مقفلة closed) عن عشرة أزواج ويطلق عليها اسم منقوصة الثغور التنفسية (Hypopneustic) مثلما الحال فى بعض توابع فوق فصيلة كوكسويديا (Coccoidea) التى تنتمى إليها الحشرات القشرية .

(ب) حشرات يوجد بها عشرة أزواج من الثغور التنفسية (عاملة ومقفلة) ، وهذه تقسم على حسب عدد ونظام توزيع الثغور العاملة فقط فى الحشرة الواحدة إلى :

١ — جهاز تنفسى كامل فى عدد الثغور العاملة :

(Holopneustic Respiratory System)

وفيه يوجد فى الحشرة عشرة أزواج من الثغور وجميعها عاملة أى مفتوحة ، اثنان منها على الصدر وثمانية على البطن . ويوجد هذا النوع

فى الحوريات والحشرات الكاملة لكثير من الرتب ، وفى يرقات فصيلة بيبيونيدى (Bibionidae) من رتبة ذات الجناحين وبعض يرقات رتبة غشائية الأجنحة .

٢ — جهاز تنفسى ناقص فى عدد الثغور العاملة :

(Hemipneustic Respiratory System)

يغلب وجود هذا النوع فى يرقات الحشرات ، وفيه ينقص عدد الثغور التنفسية العاملة زوجا أو زوجين عن العدد الموجود فى النوع السابق . ويقسم هذا النوع على أساس نظام توزيع الثغور العاملة كما يلى :

(ا) جميع الثغور عاملة ما عدا زوج واحد مقفل (Peripneustic) : وفيه يكون الزوج الصدرى الأول من الثغور وجميع الثغور البطنية مفتوحة وعاملة بينما يكون الزوج الصدرى الثانى مقفلا . ويوجد هذا النوع فى يرقات رتب شبكية الأجنحة وحرشفية الأجنحة وكثير من غشائية الأجنحة وغمدية الأجنحة وبعض فصائل رتبة ذات الجناحين .

(ب) جميع الثغور مقفلة ما عدا زوجان عاملان (Amphipneustic) : وفيه يكون الزوج الأول من الثغور الصدرية والزوج الأخير من الثغور البطنية مفتوحين وعاملين بينما تكون باقى الثغور مقفلة . وهذا النوع هو الغالب فى يرقات الذباب .

(ج) جميع الثغور مقفلة ما عدا زوج واحد أمامى عامل (Propneustic) : وفيه يكون الزوج الصدرى الأول من الثغور مفتوحا بينما تكون باقى الثغور جميعها مقفلة . وهذ النوع نادر بين الحشرات ويوجد فى عذارى بعض فصائل رتبة ذات الجناحين .

(د) جميع الثغور مقفلة ماعدا زوج واحد خلفي عامل (Metapneustic) :

يختلف هذا النوع عن سابقه فى أن الزوج الأخير فقط من الثغور التنفسية البطنية يكون مفتوحا وعاملا . ويسود هذا النوع فى يرقات فصيلتى تيبيوليدى (Tipulidae) وكيوليسيدى (Culicidae) من رتبة ذات الجناحين ، وفى العمر اليرقى الأول ليرقات الذباب من رتيبة سايكلورافا (Cyclorrhapha) ، كما يوجد أيضاً فى اليرقات المائية لبعض فصائل رتبة غمدية الأجنحة .

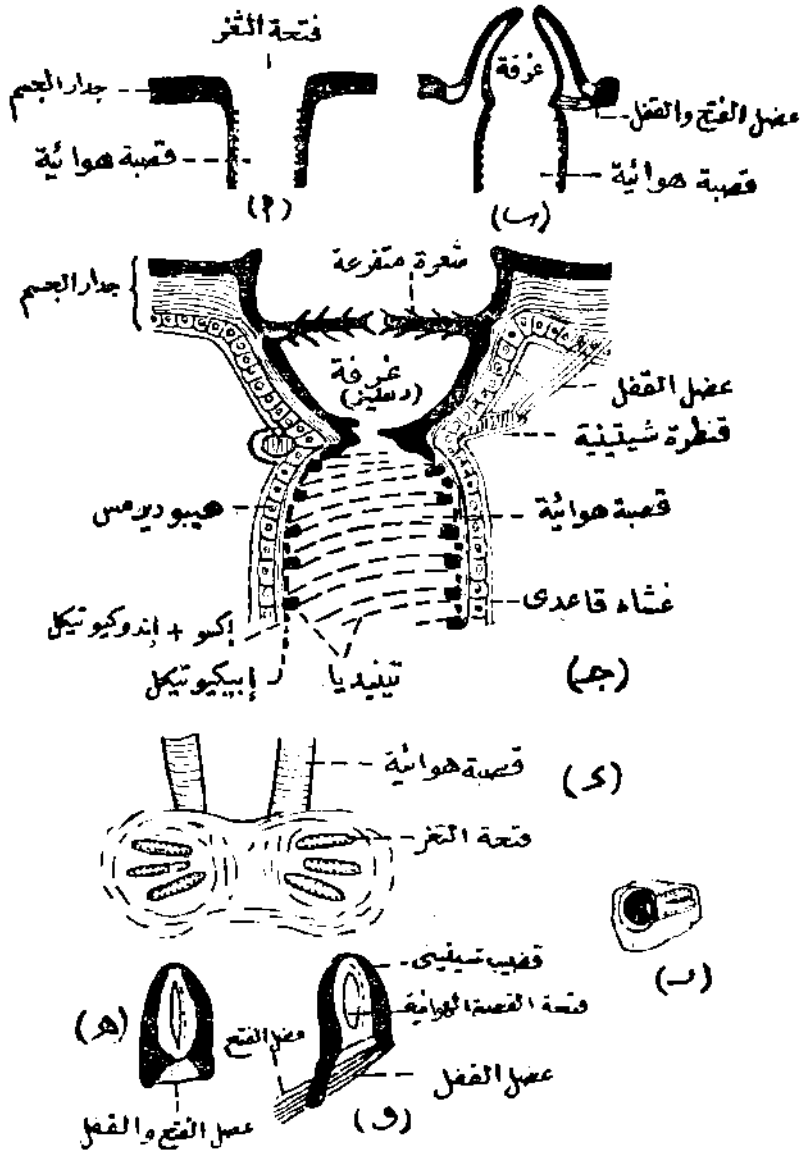
٣ — جهاز تنفسى فيه جميع الثغور مقفلة (Apneustic Respiratory System) :

فى هذا النوع يكون التنفس خلال جدار الجسم أو عن طريق خياشيم خاصة ، كما هو الحال فى الحشرات المائية وفى حوريات رتبتى ذباب مايو والرعاشات وفى يرقات بعض فصائل رتبة ذات الجناحين مثل فصيلتى سيميوليدى (Simulidae) وكايرونوميدى (Chironomidae) وبعض يرقات الحنافس من فصيلة إلميدى (Elmidae) وغيرها . كما يوجد أيضاً فى بعض الاعمار اليرقية للمتطفلات الداخلية من رتبة غشائية الأجنحة وفى يرقات ذباب التاكاينا (Tachina) .

وفى جميع الحالات السابقة تكون الثغور غير العاملة إما مقفلة أو مختزلة إلى شكل ندبات دقيقة كما ويكون كل منها متصلا إلى القصبات الهوائية الطولية بواسطة حبل مصمت يسمى الحبل الوصامى (stigmatic cord) وهو يساعد على تثبيت جهاز القصبات الهوائية فى موضعه .

تركيب الثغر التنفسى :

يتركب الثغر التنفسى فى الحشرة سواء كان صدرياً أم بطنياً من فتحة عادية واقعة على جدار الجسم وتؤدى إلى القصبة الهوائية إما مباشرة (شكل



شكل (١٠٦) : أ — ثغر تنفسى بدون دهليز . ب — ثغر تنفسى له دهليز . جـ — فتحة الثغر مغطاة بشعرات . د — الثغور التنفسية عديدة الفتحات فى نهاية عذراء من رتبة ذات الجناحين . هـ ، و — أجهزة فتح وقفل الثغر . ز — ثغر تنفسى ثنائى الثقوب (biforous) فى يرقة من فصيلة كليريدى من غمدية الأجنحة .

١٠٦ أ) أو قد تكون متصلة بانبعاج داخلى من جدار الجسم فى صورة حجرة واسعة تعرف بالدهليز الثغرى (spiracular atrium) (شكل ١٠٦ ب) والتى تتصل عن طريق فتحتها الخلفية بالقصبة الهوائية . وفى بعض أنواع الحشرات ينقسم الدهليز الثغرى بواسطة انبعاج نفس جداره للداخل إلى غرفتين متصلتين ، الأمامية منهما تتصل بالخارج عن طريق فتحة الثغر والخلفية تفتح فى القصبة الهوائية .

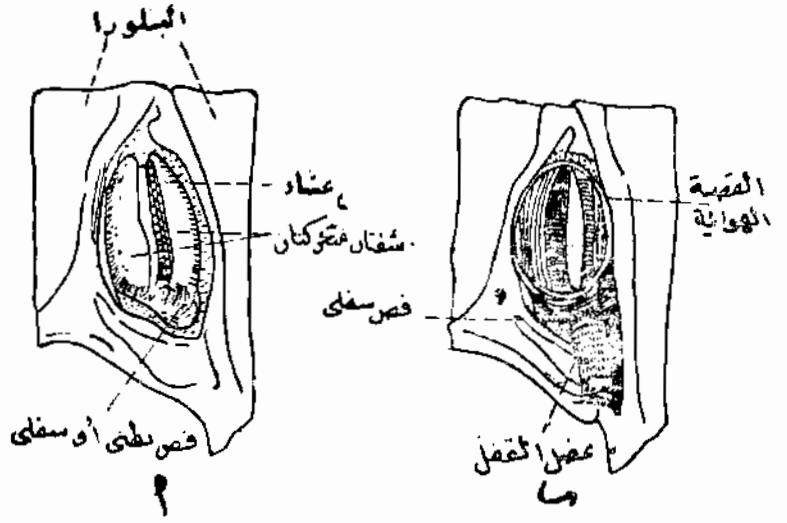
وفتحة الثغر تكون محاطة بطوق كيوتيكلى بسيط يدعى افريز الثغر (peritreme) ، وهى قد تكون مستديرة أو بيضاوية أو على هيئة شق صغير أو عدة شقوق (شكل ١٠٦ د) ، وقد تغطى من الخارج بأشواك أو شعيرات كثيرة (شكل ١٠٦ ج) لمنع دخول الأتربة والأجسام الغريبة وكذلك لتقليل فقد الماء من جسم الحشرة .

وقد وجد حمـــاد (١٩٥٥ — ١٩٥٧) فى بعض يرقات رتبة غمدية الأجنحة من فصيلتى كيركليونيدى (Curculionidae) وهيستيريدى (Histeridae) كما وجد آخرون فى فصيلتى كليريدى (Cleridae) ونيتيدبوليدى (Nitidulidae) من نفس الرتبة نوعين من الثغور التنفسية أولهما وحيد الثقب (Uniforous) وفيه توجد للثغر فتحة واحدة على هيئة شق صغير تؤدى إلى أنبوبة تفتح بدورها فى الدهليز الثغرى ، وثانيهما ثنائى الثقوب (biforous) حيث توجد أنبوبتان مستقلتان لكل منهما فتحة ضيقة خارجية (شكل ١٠٦ ز) ثم تؤدى الأنبوبتان من الداخل إلى الدهليز الثغرى الذى بدوره يفتح فى القصبة الهوائية .

وعادة يكون الزوج الأول من الثغور التنفسية الصدرية أكبر الثغور

حجماً ، ثم يصغر الحجم تدريجياً نحو نهاية البطن . وقد تتشابه الثغور الصدرية والبطنية فى التركيب وقد تختلف . كما أن الثغور البطنية نفسها قد يختلف بعضها عن البعض الآخر . ويختلف عدد الثغور التنفسية كثيرا عن فى الحشرات ، فمثلا أنواع القمل لها زوج واحد من الثغور الصدرية وستة أزواج من الثغور البطنية ، وفى حشرات رتبة هدبية الأجنحة يوجد زوج أو زوجان من الثغور على الصدر وزوجان على البطن ، والحشرات القشرية لديها زوج واحد فقط من الثغور ، وفى حشرات رتبة ذات الجناحين يقل عدد الثغور البطنية عن ثمانية أزواج . ومهما تكن الحال فالمشاهد فى كل رتب الحشرات أن الحلقة الصدرية الأولى لا توجد عليها ثغور مطلقاً.

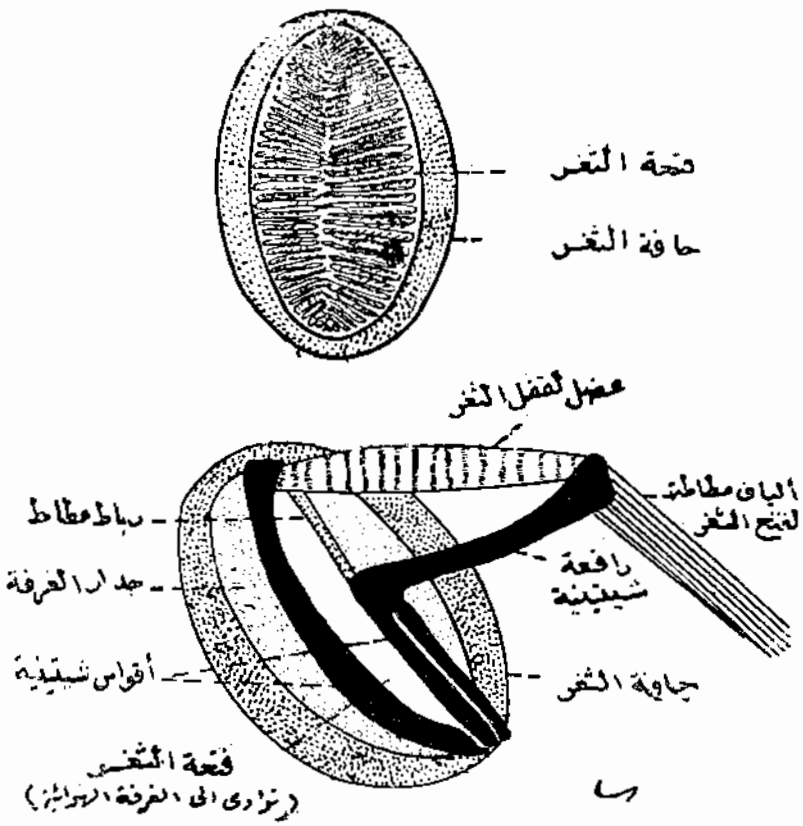
ولكل ثغر تنفسى فى المعتاد جهاز تنظيمى يتحكم فى دخول الهواء إلى القصبات الهوائية ثم خروجه منها بفتح أو قفل الثغر ويعرف بجهاز القفل (closing apparatus) . وهذا الجهاز إما أن يكون خارجياً أى ملاصقاً لجدار الجسم من الداخل تحت فتحة الثغر مباشرة كما فى الجراد والصرصار (شكل ١٠٧) ويرقات رتبة حرشفية الأجنحة (شكل ١٠٨) ، أو أن يكون داخلياً ويقع فى هذه الحالة بين الدهليز الثغرى والقصبة الهوائية المتصلة به كما فى رتبة غمدية الأجنحة (شكل ١٠٦ جـ ، هـ ، و) ، وعادة يوجد النوع الأول الخارجى فى ثغور الصدر بينما يوجد النوع الثانى الداخلى فى ثغور البطن . ويتكون جهاز القفل الخارجى كالحال فى الثغر التنفسى الصدرى للجرادة (شكل ١٠٧) من صليبتين شفويتى الشكل متحركتين ومتصلتين ببعضهما من أسفل بفص سفلى ويحصران فتحة الثغر فيما بينهما ، وهاتان الشفتان تنفتحان بتأثير مرونتهما الذاتية ولكنهما تنقفلان على بعضهما بتأثير انقباض عضل قافل (occlusor muscle)



شكل (١٠٧) : الثغر التنفسى الصدرى الثانى فى النطاط ديسوستيرا (Dissosteira) . أ — منظر خارجى ، ب — منظر داخلى لبيان عضلة الفتح والقفل.

تابع من على نتوء بقرب التجويف الحرقفى . أما جهاز القفل الداخلى فيكون على صور مختلفة منها صورة لا يكون للثغر فيها شفاه خارجية بل إن أحد جدارى الدهليز يكون متحركا بينما الجدار الآخر فيكون ثابتاً كما وأن الجدار المتحرك يكون ممتدا فى شكل نتوء يرتبط به عضل قافل (occlusor muscle) وعضل باسط (dilator muscle) وانقباض العضل القافل يتسبب فى كون الجدار المتحرك يقفل فتحة القصبة الهوائية بينما العضل الباسط ذو المفعول المضاد فيفتح تلك الفتحة المذكورة ، وفى أحيان أخرى (كالمبينة فى شكل ١٠٨) يكون العضلان المذكوران متصلين إلى قضبان كيتينية على شكل قوس وشريط ورافعة .

والثغور المزودة بجهاز قفل داخلى غالباً ما يكون الدهليز الثغرى فيها تمتد من جدرانه إلى الداخل نتوءات تسمى الحويجزات (trabeculae) وهى شعرية الشكل كثيرة التشعب إلى درجة الاشتباك فى بعضها البعض



شكل (١٠٨) : الثغر التنفسى فى يرقة من رتبة حرشفية الأجنحة من فصيلة سفينجيدى (Sphingidae) . أ — من الخارج ، ب — من الداخل لبيان جهاز الفتح والقفل .

بحيث تصنع جهازا يعرف بجهاز الترشيح أو التصفية (filtering apparatus) وهو يسمح للهواء بالمرور بحرية ولكنه يمنع دخول الماء أو الجزيئات الغريبة كالأتربة إلى داخل الدهليز . ومثل هذا الجهاز شائع فى يرقات رتبة حرشفية الأجنحة .

وفى الحشرات بسيطة التطور عديمة الأجنحة (Apterygota) تكون الثغور التنفسية غير مجهزة بأية أجهزة قفل ، بل تحاط فتحة الثغر من الداخل بألياف بيضاء مطاطة تفرزها خلايا هايبوديرمس القصبة الهوائيـــة (شكل ١٠٩) وتعمل هذه الألياف على فتح وقفل الثغر .

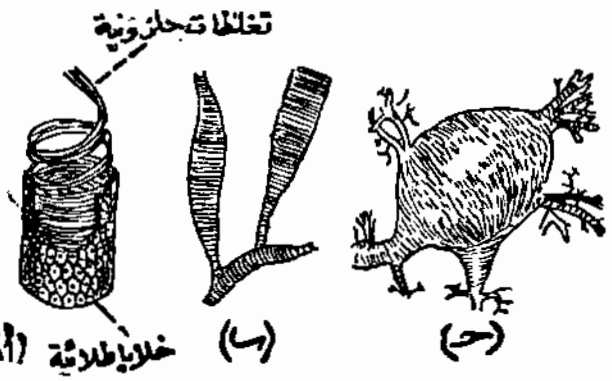
ومن الجدير بالذكر أن الثغور التنفسية علاوة على وظيفتها التنفسية تعمل كفتحات تسحب إلى الخارج عن طريقها بطانات القصبات الهوائية القديمة أثناء انسلاخ الحشرة كما وأنها عبارة عن مقر رئيسى لفقدان الماء وهى مسوأة يتم التغلب عليها جزئياً بواسطة جهاز القفل المذكور آنفاً .

القصبات والقصيبات الهوائية (The Tracheae and Tracheoles) :

توصل فتحات الثغور التنفسية إلى قنوات أنبوبية الشكل مرنة ذات لون فضى عندما تكون مملوءة بالهواء وتعرف بالقصبات الهوائية (Tracheae) التى تتفرع إلى عديد من الأفرع والفريعات وتنتشر بين جميع أجهزة وأعضاء جسم الحشرة لتوصيل الهواء إليها . وتتكون القصبات الهوائية

شكل (١٠٩) : قطاع عرضى فى ثغر تنفسى بطنى فى حشرة السمك الفضى (Lepisma) من رتبة ثايزانيورا .

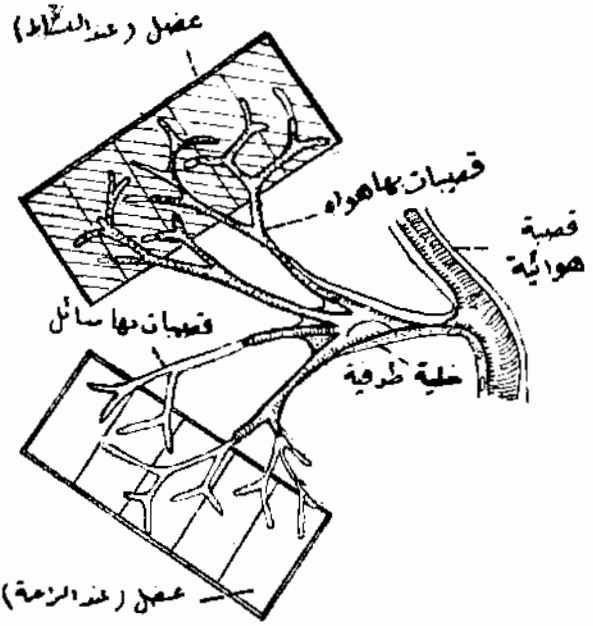
أثناء النمو الجنينى من انبعاج داخلى لجدار الجسم بجميع طبقاته (الجليد والهايبوديرمس والغشاء القاعدى) ولذلك فان تركيبها يماثل تماماً تركيب جدار الجسم ولكن مع انعكاس فى وضع الطبقات بحيث يكون الغشاء القاعدى للقصبات إلى الخارج ويليه من الداخل الهايبوديرمس ثم الجليد (الكيوتيكل) الذى يصنع البطانة الداخلية للقصبة . ومن الصفات المميزة للقصبة الهوائية أن بطانتها الداخلية متخططة الشكل بسبب وجود حيود (تغلظات) خيطية الشكل تجرى حلزونياً على طول المحيط الداخلى فتصنع ما يعرف بالشريط العصابى أى التينيديم (taenidium) أو الخيط الحلزونى (spiral thread) ، وكثيرا ما ينقطع تواصل هذا الخيط الحلزونى فى جزء ما فى القصبة الهوائية ثم يبدأ بعدئذ خيط حلزونى جديد . ومهمة هذا التغليظ الحلزونى دعم القصبة الهوائية وجعلها مفتوحة باستمرار (شكل ١١٠ أ ، ب) وبذلك تكفل حرية مرور الهواء . ولكن لا توجد هذه الدعائم فى المنطقة القريبة من الثغور ، بل يكون جليد (كيوتيكل) القصبات الهوائية فى هذا الجزء صلباً سميكاً .



شكل (١١٠) : أ ، ب — القصبات الهوائية وتظهر بها التغليظات الحلزونية .
جـ — كيس هوائى .

وعند انسلاخ الحشرات ينسلخ أيضاً جليد القصبات الهوائية وتكون خلايا الهايبوديرمس جليدا جديدا أسفله يحل محله ثم تخرج بقايا الجليد القديم من فتحات الثغور .

وتتفرع كل قصبة هوائية بداخل جسم الحشرة إلى أفرع ثانوية وهذه تتفرع بدورها إلى أفرع أصغر وهكذا إلى أن تنتهى بفريعات صغيرة جدا يدخل كل منها أخيرا فى خلية نجمية الشكل تعرف بالخليـة الطرفية (end-cell) ثم ينقسم هناك إلى فروع شعيرية دقيقة للغاية تعرف بالقصيبات الهوائية (Tracheoles) (شكل ١١١) وهى عبارة عن



شكل (١١١) : القصيبات الهوائية واتصالاتها النهائية بالأنسجة ومنها الألياف العضلية عند النشاط (إلى أعلى) وعند الراحة (إلى أسفل) .

أنابيب لا يصل قطرها إلى ما يكرون واحد كما وأن خيوطها الحلزونية تكون من الرهافة لدرجة أنها لا ترى إلا تحت الميكروسكوب الإلكترونى. وأطراف هذه القصيبات الهوائية تصل إلى خلايا الأنسجة الجسمية المختلفة حيث تنتهى بطرق متنوعة ، ففى القناة الهضمية والغدد اللعابية يشاهد أنها تمر بين الخلايا بدون ان تخترقها ، بينما فى الجسم الدهنى والحلمات المستقيمية فانها قد تدخل داخل الخلايا . وأما فى عضلات الطيران فهى تصنع بداخل الخلايا شكلا شبكياً . وفى هذا التركيب المذكور يجرى تبادل الغازات التنفسية . وتحوى القصيبات الهوائية المنغمرة فى الخلية الطرفية سائلا مجهول التركيب يسمى السائل القصبى الهوائى (tracheal liquid) .

الأكياس الهوائية (The Air Sacs) :

أحيانا تتسع القصبات الهوائية فى بعض أجزائها أثناء تفرعاتها لتصنع انتفاخات كبيرة كيسية الشكل رقيقة الجدران تعرف بالأكياس الهوائية (Air sacs) (شكل ١١٠ ج) والتى جدرانها تكون عادة رهيفة للغاية وخالية من التغلظ الحلزونى . وتوجد هذه الأكياس فى أغلب الحشرات المجنحة وتظهر بوضوح فى الحشرات السريعة الطيران بينما لا توجد فى الحشرات الغير مجنحة . وتعمل الأكياس الهوائية كمخزن للهواء لتغذية العضلات التى تحتاج إلى كميات كبيرة منه أثناء الطيران . وفى الجراد تكون الأكياس الهوائية موجودة بأعداد كبيرة على صورة انتفاخات من القصبات الهوائية الأصغر حجماً . بينما فى الذبابة المنزلية وكثير غيرها من حشرات رتبة ذات الجناحين وفى النحل فتكون الجذوع الرئيسية من القصبات الهوائية منتفخة لتصنع أكياس هوائية ضخمة وخصوصا فى منطقة البطن .

نظام تشعب الجهاز القصبى الهوائى :

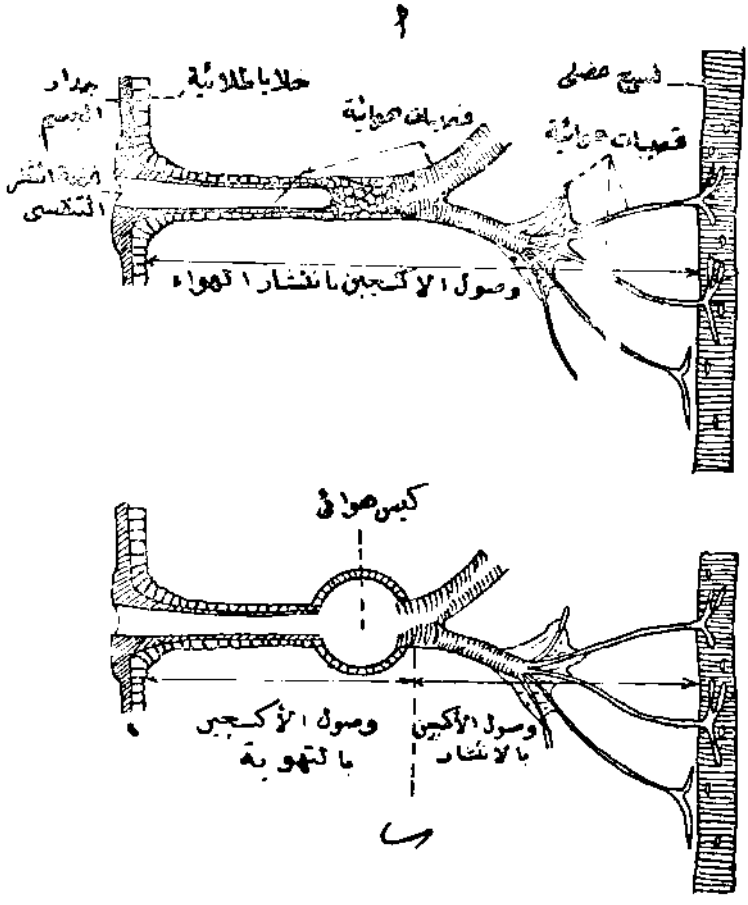
يختلف نظام ترتيب وتوزيع الجهاز القصبى الهوائى داخل أجسام الحشرات باختلاف أنواعها . ولكنه عموما يتكون فى الأحوال النموذجية من زوج من القصبات الهوائية الطولية التى تمر بطول الحشرة قصبة على كل جانب تعرف بالجذع القصبى الهوائى (tracheal trunk) الذى يتصل بالثغور عن طريق قصبات قصيرة جانبية تعرف بالقصبات الهوائية الثغرية (spiracular tracheae) (شكل ١٠٥) . ويخرج من الجذع القصبى الهوائى فى كل حلقة من حلقات الجسم ثلاث فروع أصلية . الأول ظهرى (dorsal trachea) تصل فروعه الثانوية إلى القلب والعضلات الجسمية الظهرية . والثانى حشوى (visceral trachea) تصل تفرعاته إلى الجهاز الهضمى والجهاز التناسلى والأجسام الدهنية . والثالث سفلى (ventral trachea) يغذى العضلات الجسمية السفلية والحبل العصبى كما ويغذى فى الصدر الأرجل والأجنحة . أما منطقة الرأس وأجزاء الفم فتصل إليها تفرعات تخرج رأساً من الجذع القصبى الطولى .

ميكانيكية التنفس (Mechanism of Respiration) :

يتم التنفس فى الحشرات الأرضية عن طريق تبادل الغازات بين الهواء الجوى الداخل إلى أجسامها فى الجهاز القصبى الهوائى وبين جدر خلايا الأنسجة الجسمية المختلفة . وعملية وصول واستعمال أوكسجين الهواء الجوى فى داخل الأنسجة وطرد ما يتخلف بها من ثانى أوكسيد الكربون وبخار الماء إنما تعتمد إلى حد كبير على انتشار الغازات (diffusion) خلال الجهاز القصبى الهوائى . وفى الحشرات الأرضية الصغيرة الحجم أو

القليلة النشاط التى تحتاج إلى كميات قليلة من الأوكسجين يمر الأوكسجين خلال الجهاز القصبى الهوائى من الثغور التنفسية إلى القصيبات الهوائية الدقيقة بواسطة عملية الانتشار الغازى فقط بسبب الفـــرق فى الضغط الجزئى للأوكسجين بين الجو وبين أطراف القصيبات الهوائية حيث يكون استنزاف الغاز جارياً باستمرار بواسطة الأنسجة المتنفسة (شكل ١١٢ أ) ؛ كما وأن نفس العملية فى اتجاه مضاد تكفى لطرد ثانى أوكسيد الكربون الذى ينتشر خلال الأنسجة الحشرية بأسرع مما ينتشر الأوكسجين ولذلك فالمرجح أن قدرا كبيراً منه (لربما ٢٥٪) يستبعد عن طريق جدران القصبات الهوائية وكيوتيكل السطح الجسمى وليس عن طريق الثغور التنفسية. أما فى الحشرات كبيرة الحجم السريعة الطيران التى يرتفع فيها معدل الأيض (الميتابوليزم) فان الأكياس الهوائية الموجودة فى أجزاء من القصبات الهوائية تقوم بعملية تهوية إضافية بدفع الهواء المخزن بها إلى داخل الجهاز القصبى الهوائى ثم طرد الهواء غير النقى منه إلى الخارج (شكل ١١٢ ب) ، وتتم عملية التهوية هذه بواسطة العضلات البطنية فى جسم الحشرة وخاصة العضلات الترجية الاسترنية (tergosternal muscles) التى تقرب الترجات للاسترنات وعضلات بين الحلقات (intersegmental muscles) التى تعمل عند انقباضها على تداخـــل حلقات البطن تلسكوبيـــا ، وتجرى العمليتان معاً فى وقت واحد ، كما وتساعد الخيوط الحلزونية (taenidia) للقصبات الهوائية على بقاء هذه القصبات الهوائية مفتوحة أثناء زيادة الضغط داخلهـــا .

وعند الراحة تكون الثغور التنفسية مقفلة والقصبات الهوائية مملوءة بالهواء ما عدا القصيبات الهوائية التى توجد نهاياتها بين خلايا أنسجة الحشرة فإنها تكون مملوءة بالسائل القصبى الهوائى . وعند قيام الحشرة



شكل (١١٢) : أ — جهاز قصبي هوائي يعمل بالانتشار العادي للغازات .
ب — جهاز قصبي هوائي يعتمد على الانتشار والتهوية لوجود الأكياس الهوائية .

بالمجهود أو عند الطيران أو زيادة التمثيل الغذائي فان ذلك يؤدي إلى نشاط العضلات وزيادة تكوين حامض اللاكتيك في أنسجتها مما يتسبب عنه ارتفاع الضغط الأوسموزي داخل هذه الأنسجة فيتحرك السائل القصبي الهوائي الموجود في نهايات القصيبات الهوائية ويصل إلى الأنسجة (شكل ١١١ — إلى أعلى) فيندفع الهواء الموجود في القصبات الهوائية

ويحل محل السائل فى القصيبات الهوائية وبذا يصل الهـــواء المحمـــل بالأوكسيجين إلى أنسجة الجسم ويتم تبادل الغازات ويخرج من الأنسجة ثانى أوكسيد الكربون . وعندما يقل نشاط الحشرة وترتخى العضلات يقل تكوين حامض اللاكتيك فيها وينخفض الضغط الأوسموزى داخل أنسجتها فيرجع السائل القصبى الهوائى مرة ثانية إلى نهايات القصيبات الهوائية (شكل ١١١ – إلى أسفل) .

ويحدث الزفير (expiration) عند انقباض جسم الحشرة نتيجة انقباض العضلات فيتسبب عن ذلك ارتفاع فى ضغط الدم الداخلى للحشرة . وبتأثير هذا الضغط المرتفع على القصبات الهوائية تقل سعتها ويزداد ضغط الهواء داخل الجهاز القصبى الهوائى عن الضغط الجوى فتنفتح الثغور التنفسية ويندفع الهواء منها إلى خارج الجسم . وتتم عملية الشهيق (inspiration) عندما ينبسط الجسم ويقل الضغط الداخلى للدم على القصبات الهوائية فتزداد سعتها ويقل ضغط الهواء داخلها عن الضغط خارج الجسم فيندفع الهواء الخارجى داخلا من فتحة الثغر ويملأ القصبات الهوائية . ثم يقفل الثغر عندما يتم التوازن الطبيعى بين الضغط الداخلى والخارجى للهواء . وهكذا تتكرر عملية التنفس حتى تحصل الحشرة على الهواء اللازم لها .

ويخرج ثانى أوكسيد الكربون بعد عملية تبادل الغازات وينتشر فى فراغ الجسم ثم يخرج إما عن طريق كيوتيكل سطح الحشرة وخاصة فى الحشرات الرخوة ذات الكيوتيكل الرقيق أو عن طريق الأغشية الرقيقة الموجودة بين الحلقات أو قد ينفذ عبر القصبات الهوائية ويخرج عن طريق الثغور . وتتم عملية طرد ثانى أوكسيد الكربون بخاصية الانتشار .

التنفس فى الحشرات المائية (Respiration of Aquatic Insects) :

توجد أنواع كثيرة من الحشرات تمضى مدة حياتها كلها أو تعيش بعض أطوارها مغمورة فى الماء وتعرف بالحشرات المائية (aquatic insects) . ومثل

هذه الحشرات تختلف فى طريقة تنفسها عن الحشرات الأرضية التى تتنفس الهواء الجوى ، حيث تتطلب البيئة المائية تكيفات (adaptations) خاصة تمكنها من الحصول على الأوكسجين اللازم لها سواء كان ذائباً فى الماء أو من الهواء الجوى مباشرة .

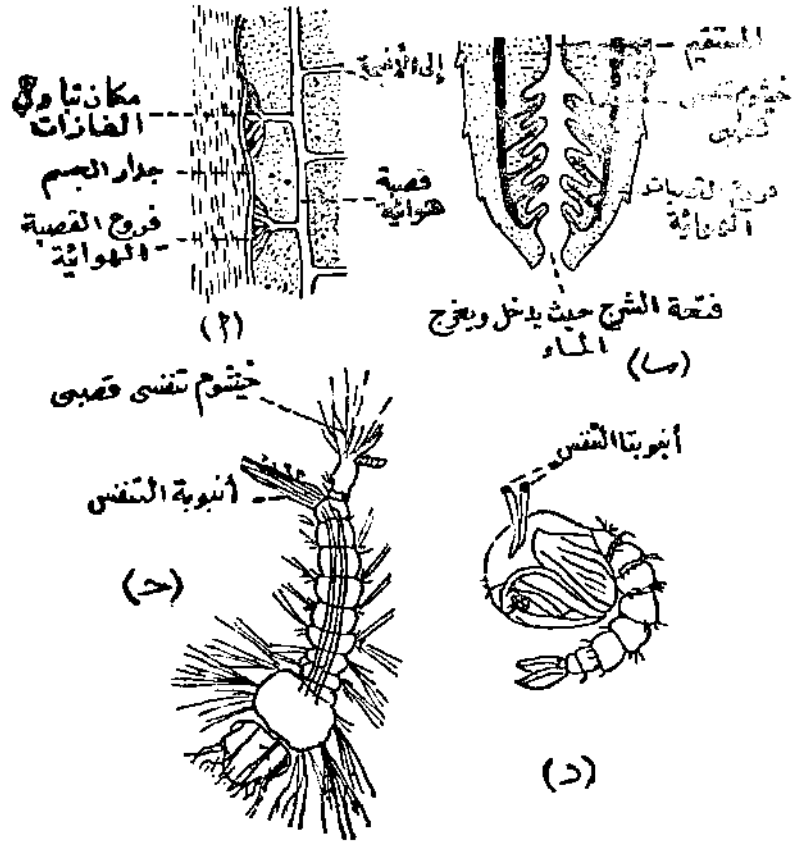
والطرق التى تتنفس بها الحشرات المائية هى :

١ — التنفس الجلدى خلال جدار الجسم (Cutaneus Respiration) :

يرقات وعذارى بعض الحشرات المائية لا يوجد لها جهاز قصبى هوائى أو يكون جهازها التنفسى إما مقفلا (apneustic) أو غير كامل التكوين فضلا عن كونها غير مجهزة بتكيفات خاصة لأداء وظيفة التنفس فى الماء . ومثل هذه الحشرات تحصل على الأوكسجين اللازم لحياتها بانتشاره من الماء خلال جدار الجسم الذى يكون فى هذه الحالة رقيقاً بدرجة تسمح بتبادل الغازات (شكل ١١٣ أ) كما فى بعض الحشرات الصغيرة الرخوة مثل يرقات الهاموش ، فى الأطوار المتقدمة لهذه اليرقات يحل محل الثغور التنفسية الغائبة مجموعة من القصبات الهوائية التى تتفرع من الجذع القصبى الهوائى الجانبى وتنتشر فى جدار الجسم أسفل موضع الثغر مباشرة حيث يحدث تبادل الغازات عن طريق الانتشار ثم يتم التنفس بالطريقة المعتادة فى الجهاز القصبى الهوائى لليرقة .

٢ — التنفس بالخياشيم ذات القصبات الهوائية (Tracheal- Gill Respiration) :

الخياشيم القصبية الهوائية تراكيب تنفسية توجد على أجسام الأطوار الغير بالغة لكثير من الحشرات المائية مثل حوريات ذباب مايو والرعاشات وهى نموات خارجية من جدار الجسم متصلة اتصالا مباشرا بفراغ الجسم الداخلى ولذلك فهى تحتوى على دم. وهذه الخياشيم القصبية الهوائية لها غطاء خارجى رقيق يسمح بانتشار الأوكسجين الذائب فى الماء إلى داخل جسم الحشرة ،



شكل (١١٣) : طرق تنفس بعض الحشرات المائية . أ — التنفس خلال جدار الجسم ، ب — بطن حورية الرعاش موضحا بها الخياشيم ذات القصبات الهوائية ، جـ — يرقة البعوض لبيان الأنبوبة التنفسية ، د — عذراء البعوض وبها أنبوبتان تنفسيتان .

كما أنها مزودة بقصبات هوائية لنقل وتوزيع الأوكسجين على أجزاء الجسم المختلفة (شكل ١١٣ ب) . وتوجد الخياشيم القصبية الهوائية إما على جوانب البطن كما فى حوريات ذباب مايو أو فى مؤخرة البطن أو داخل كيس المستقيم كما فى حوريات الرعاشات . وفى هذه الحالة الأخيرة يدخل

الماء عن طريق فتحة الشرج فى أوقات غير منتظمة فتستخلص الخياشيم بمساعدة قصباتها الهوائية الأوكسجين الذائب فى الماء . وقليلا ما توجد الخياشيم القصبية الهوائية على الحلقات الصدرية للأطوار الغير بالغة ، ونادراً ماتوجد فى الحشرات الكاملة .

٣ — التنفس بالخياشيم الدموية (Blood - Gill Respiration) :

فى بعض يرقات الهاموش التابع لفصيلة كايرونوميدى (Chironomidae) يوجد فى مؤخرة الجسم نموات تشبه الخياشيم تكون مملوءة بدم أحمر اللون (يحتوى على هيموجلوبين) يقوم بتوصيل الأوكسجين الذائب فى الماء إلى أجزاء الجسم المختلفة . وتعرف هذه الخياشيم بالخياشيم الدموية (Blood-gills) وهى لا تحتوى على قصبات هوائية .

٤ — التنفس بواسطة مخازن الهواء الغاطسة(Diving Air-Stores Respiration) :

كثير من الحشرات المائية تتنفس الهواء الجوى عن طريق أخذ بعض الهواء وخزنه فى أماكن من أجسامها على هيئة فقاقيع هوائية (Air-bubbles) تستعملها فى التنفس عند وجودها تحت سطح الماء . فالخنافس المائية من فصيلتى دايتيسكيدى (Dytiscidae) وهايدروفيليدى (Hydrophilidae) تصعد إلى سطح الماء وتأخذ بعض الهواء تحت أغمادها (أجنحتها الأمامية) حيث توجد الثغور التنفسية . ولا تقتصر وظيفة هذا المخزن الهوائى على إمداد الحشرة بالأوكسجين ، بل يقوم أيضاً بوظيفة مشابهة لوظيفة الرئة حيث يحدث بينه وبين الوسط المائى المحيط بالحشرة تبادل الغازات فتزيد بذلك مدة استعمال الفقاقيع الهوائية كما تطول مدة بقاء الحشرة غاطسة تحت الماء وتصعد إلى السطح بين حين وآخر لتجدد مخزن الهواء .

وبعض الحشرات الكاملة والحـــوريات من البق التابع لفصيلتى كوريكسيدى (Corixidae) ونوتونيكتيدى (Notonectidae) يمكنها حجز مثل هذه الفقاقيع الهوائية فيما بين الشعر الموجود على السطح السفلى من أجسامها وتستعملها فى التنفس تحت سطح الماء .

٥ — التنفس بواسطة الممصات الهوائية (Air - Tube Respiration) :

كثير من الحشرات التى تعيش مغمورة فى الماء تتنفس الهواء الجوى عن طريق أنابيب طويلة (ممصات أو سايفونات) يدخل إليها الهواء الجوى عن طريق زوج من الثغور التنفسية تفتح عند قمتها ، كما هو الحال فى يرقات بعض البعوض (شكل ١١٣ ج) حيث عند التنفس تصعد اليرقة إلى سطح الماء وتخرج الممص التنفسى أو السايفون (Siphon) البارز من حلقتها البطنية التاسعة خارج سطح الماء حيث يدخل إليه الهواء من خلال زوج الثغور التنفسية الخلفية الواقعة عند قمته . وعذارى البعوض لها أنبوبتان تنفسيتان عند منطقة اتصال الرأس بالصدر (شكل ١١٣ د). وفى بعض أنواع يرقات رتبة ذات الجناحين تكون الممصات التنفسية طويلة بحيث تغنى اليرقات عن الصعود إلى سطح الماء .

٦ — التنفس بواسطة ثقب النباتات المائية :

فى اليرقات والعذارى المائية المعيشة لأنواع قليلة من الحشرات مثل دوناسيا (Donacia — من رتبة غمدية الأجنحة) وتينيورينكس (Taeniorhynchus — من رتبة ذات الجناحين) تكون الثغور التنفسية الخلفية محمولة على نتوءات مدببة الأطراف يمكن بها ثقب سيقان النباتات المائية المغمورة ثم التغلغل فيها للحصول على الأوكسجين من الفراغات المليئة بالهواء الموجودة بالأنسجة النباتية الداخلية .

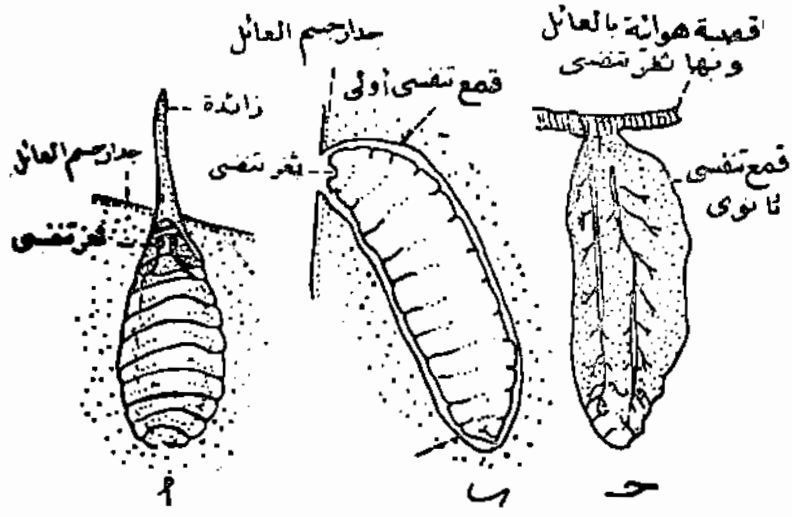
التنفس فى الحشرات المتطفلة داخلياً (Respiration in Endoparasitic Insects) :

تعيش يرقات كثير من الحشرات كطفيليات داخل أجسام عوائلها من الحشرات الأخرى حيث تكون محاطة بسوائل جسم العائل ، بمعنى أنها تعيش فى بيئة تشبه بيئة الحشرات المائية وبالتالى فهى تحوى تكيفات تنفسية مشابهة لتلك الموجودة بالحشرات المائية .

فى بعض هذه الطفيليات الداخلية كمثل الأعمار اليرقية المبكرة لكثير من طفيليات رتبة غشائية الأجنحة يكون الجهاز القصبى الهوائى إما غائباً أو ممتلئاً بسائل إلا أن الجدار الجسمى يكون رقيقاً بحيث يسمح بانتشار الأوكسجين من السوائل الجسمية للعائل إلى دم الطفيل كما ويخرج ثانى أوكسيد الكربون عن طريقه أيضاً ، وأما فى الأعمار اليرقية الأكبر سناً فيوجد جهاز قصبى هوائى ولكنه مقفل والأوكسجين ينتشر عن طريق الجدار الجسمى الرقيق المزود بشبكة من قصبات هوائية واقعة تحته مباشرة .

وأما فى البعض الآخر من تلك الطفيليات الداخلية فيوجد جهاز تنفسى ليس مفتوحا فيه إلا الزوج الخلفى من الثغور التنفسية . وفى بعض أنواع هذه الطفيليات الأخيرة مثل يرقات نغف جلد البقر (Hypoderma bovis) من رتبة ذات الجناحين والتى تعيش فى لحم الأبقار من تحت الجلد مباشرة تكون مؤخرة بطن اليرقة مدببة وعليها فتحتان تنفسيتان ويمكن لليرقة أن تثقب جلد العائل بهذه النهاية المدببة ثم تخرج الفتحتان من الثقب لكى تتنفس الهواء الجوى مباشرة . وكذلك فى يرقة الحشرة المسماة بلاستوثريكس (Blastothrix) وهى يرقة طفيلية من ذات الجناحين توجد زائدة تنفسية مدببة يمكنها اختراق جسم العائل والحصول على الهواء الجوى مباشرة

(شكل ١١٤ أ) . وفى يرقات ذبابة التاكاينا (Tachina larvarum) التى تتطفل داخلياً على يرقات دودة القطن يظل الزوج الخلفى من الثغور التنفسية عاملا . واليرقة الطفيلية تثقب بمؤخرة جسمها المدببة جدار جسم العائل أو إحدى قصباته الهوائية الرئيسية (شكل ١١٤ جـ) ثم بايلاج منطقتها الحسمية المحتوية على الثغرين التنفسيين داخل الفتحة المتكونة عندئذ تستطيع أن تستمد كفايتها من أوكسجين الهواء الجوى .



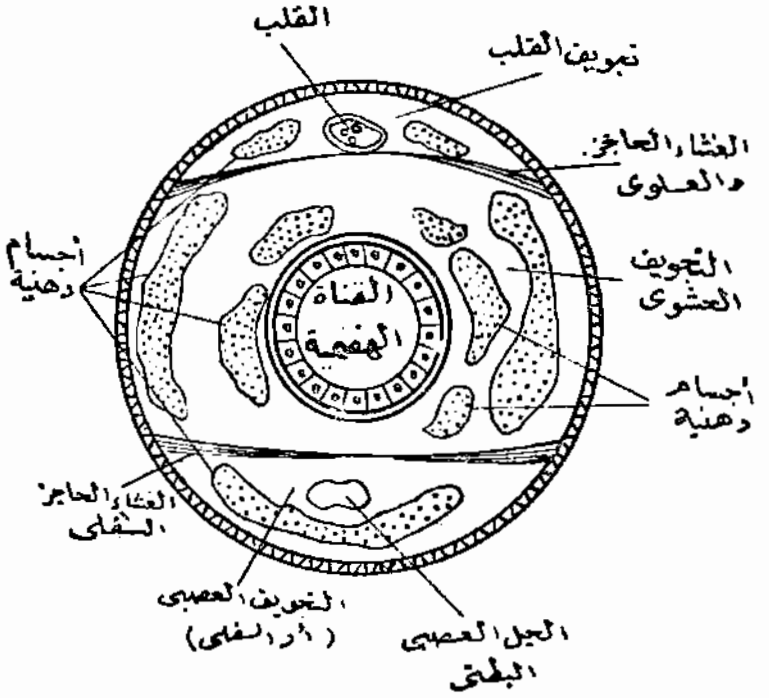
شكل (١١٤) : التنفس فى الحشرات الطفيلية الداخلية . (ا) يرقة Blastothrix فى عمرها الأول وترى الزائدة التنفسية مخترقة جدار جسم العائل . (ب) يرقة Thrixion محاطة بغلاف من جدار جسم العائل و تتنفس من قمع تنفسى عند مكان دخول الطفيل جسم العائل . (جـ) يرقة ذبابة التاكاينا (Tachina) متصلة بالقصبة الهوائية للعائل .

الجهاز الدورى

The Circulatory System

يتميز الجهاز الدورى فى الحشرات ببساطة تركيبه إذا قورن بمثيله فى الحيوانات الفقارية ، ففى هذه الفقاريات يكون الجهاز الدورى من النوع المغلق (closed system) حيث أن الدم يجرى خلال أوعية خاصة توصله إلى جميع أجزاء الجسم . أما الحشرات فجهازها الدورى من النوع المفتوح (open system) ولا يوجد إلا وعاء دموى واحد مفتوح من الأمام ويعرف بالوعاء الظهرى (dorsal vessel) الذى يمتد ظهريا على الخط الوسطى الطولى للجسم أسفل الترجات مباشرة وهو يدفع الدم من الخلف إلى الأمام فيوصله إلى الرأس حيث يسيل فى فراغها ومنه إلى جميع فراغات الجسم حيث يحيط بمختلف الأنسجة والأعضاء التى تؤدى وظائفها عن طريق تبادلات معه . ولهذا السبب سمى فراغ جسم الحشرات بالفراغ الدموى (haemocoele) .

وينقسم فراغ الجسم فى الغالبية العظمى من الحشرات إلى ثلاث تجاويف (sinuses) بواسطة حاجزين ليفيين عضليين يعرفان بالحجابين الحاجزين (septa or diaphragms) (شكل ١١٥) . أحدهما هو الحجاب الحاجز الظهرى (dorsal diaphragm) ويوجد بصفة دائمة ويمتد بعرض التجويف البطنى من فوق القناة الهضمية مباشرة فيقسم الفراغ الجسمى الدموى بهذه الكيفية إلى تجويفين ، أولهما يوجد أعلاه ويعرف باسم التجويف الظهرى أو التامورى (Dorsal or Pericardial Sinus) وهو يحتوى على الوعاء الدموى الظهرى الذى يعمل كمضخة لدفع الدم للأمام ويتكون من القلب والأورطة . بينما التجويف الثانى فيعرف باسم التجويف الحشوى (Visceral Sinus) وهو ضخم جدا ويمثل بقية الفراغ



شكل (١٠٥) : قطاع عرضى تخطيطى يبين تقسيم فراغ الجسم إلى ثلاث تجاويف بواسطة الحجابين الحاجزين الظهرى والسفلى .

الحسمى الواقع تحت الحجاب الحاجز الظهرى والمحتوى على جميع الأحشاء الداخلية عدا الوعاء الظهرى . أما الحجاب الحاجز الثانى فيوجد فى بعض الحشرات دون بعضها الآخر ويعرف باسم الحجاب الحاجز السفلى (ventral diaphragm) وهو يمتد بعرض التجويف البطنى من فوق الحبل العصبى وبهذه الكيفية فهو يحصر تحته تجويفاً جسمياً ثالثاً محتويا على الحبل العصبى وحده ويدعى التجويف السفلى أو حول العصبى (ventral or perineural sinus) . كما وتوجد أزواج من عضلات تعرف بالعضلات الجناحية (alary muscles) وهى ناشئة من ترجات الحلقات البطنية ثم تنتشر بصورة مروحية فوق الحجاب الحاجز الظهرى .

ويمر الدم وينتشر حول أجهزة الجسم المختلفة خلال هذه التجاويف الثلاثة بمساعدة انقباضات الوعاء الظهرى وتقلصات بعض عضلات الحجابين الحاجزين .

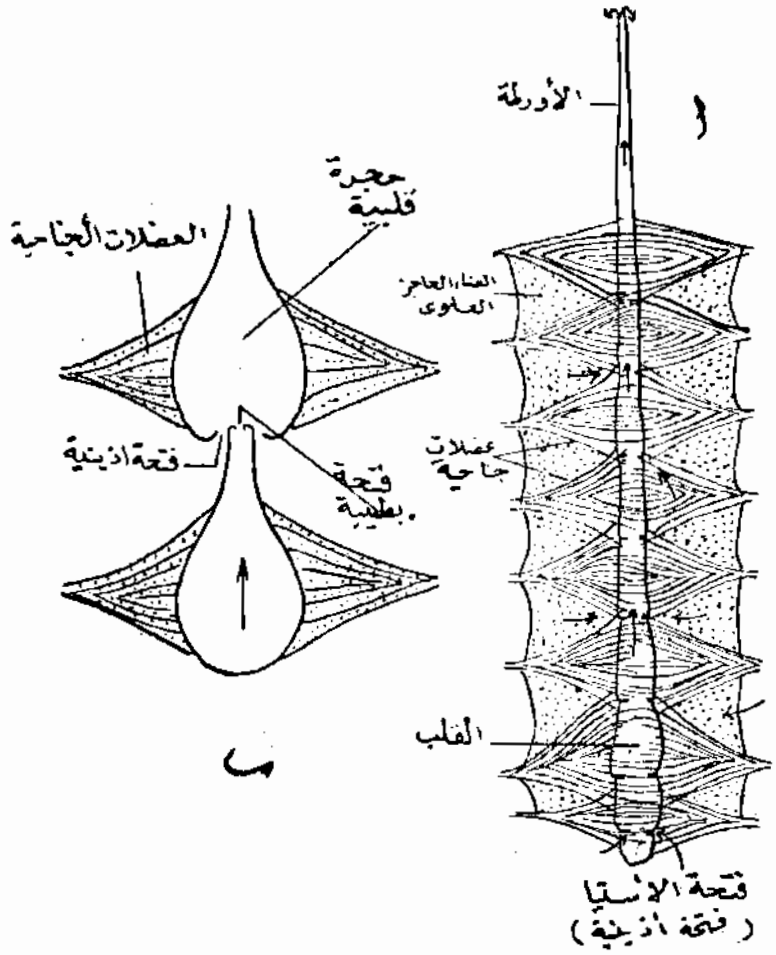
الوعاء الظهرى (The Dorsal Vessel) :

هو الوعاء الدموى الوحيد فى الحشرات ويمتد ظهرياً تحت الترجات فى الخط الوسطى للجسم من فوق الحجاب الحاجز الظهرى ، ويقوم بضخ الدم من المنطقة الخلفية للحشرة إلى منطقة الرأس الأمامية حيث ينسكب الدم فى فراغها الداخلى ثم يرجع خلال التجاويف السابقة ماراً بجميع الأجهزة ثم يدخل الوعاء الظهرى ثانية . ويساعد الوعاء الظهرى فى عملية دفع الدم إلى بعض أجزاء الجسم أعضاء أخرى تعرف بالاعضاء النابضة المساعدة (accessory pulsatory organs) . ولا يصل الحجابان الحاجزان إلى نهاية جسم الحشرة من الأمام أو الخلف بل يتركان منطقة أمامية وأخرى خلفية تسمح بمرور الدم بين التجاويف المختلفة .

ويتكون الوعاء الظهرى (شكل ١١٦) من جزئين رئيسيين هما القلب والأورطة ، وذلك كالآتى :

١ — القلب (The Heart) :

هو الجزء الخلفى النابض من الوعاء الظهرى وهو عبارة عن أنبوبة عضلية لديها القدرة على الانقباض وواقعة فى الخط الوسطى من التجويف التاموري فوقا مباشرة من الحجاب الحاجز الظهرى . والمعتاد أن يمتد القلب فى المنطقة البطنية للحشرة ويبدأ عادة من الحلقة البطنية الثانية ويمتد إلى الخلف حتى قرب نهاية البطن . ولكن فى الصراصير يبدأ القلب من



شكل (١١٦) : أ — الوعاء الظهرى (منظر علوى) ، ب — حجرتان من حجرات القلب وطريقة اتصال العضلات الجناحية بهما .

الحلقة الصدرية الثانية ويمتد خلال الصدر الثالث وباقى حلقات البطن . والقاعدة العامة أن يكون القلب عبارة عن وعاء ضيق متواصل وجدرانه مثقبة بأزواج من فتحات جانبية على شكل شقوق عمودية تدعى البوابات أى الأوستيا (ostia) ، وحافتا كل من هذه البوابات قد تكونان

ممدوتين فى داخل القلب بحيث تصنعان صمامين أذينيين (auricular valves) يمنعان عودة الدم من القلب إلى التجويف التاموري ثانية . ولكن فى بعض الأحوال يشاهد أن القلب يتكون من عدد من الغرف أو المقاصير (chambers) التى يفصلها عن بعضها البعض اختناقات أو مضايق (constrictions) واضحة ناتجة عن انبعاجات داخلية فى جداره (شكل ١١٦ أ) . ويختلف عدد هذه الغرف باختلاف الحشرات ، وعادة يكون عددها تسعة غرف بواقع غرفة فى كل حلقة من الحلقات البطنية التسعة الأوائل ، ولكن فى الصراصير يتكون القلب من ١٣ غرفة بواقع غرفة فى كل من الصدر المتوسط والصدر الخلفى وغرفة فى كل حلقة من الحلقات البطنية الأحد عشر ، وفى الذباب من ثلاث غرف ، وفى بعض حشرات غشائية الأجنحة من خمس غرف ، بينما يختزل العدد فى اليقة الخضراء إلى غرفة واحدة فقط . وعلى كل حال فان المقاصير تتطابق فى العدد مع أزواج الأوستيا التى توجد عندئذ عند الانقباضات (شكل ١١٦) .

ويدخل دم الحشرة من التجويف الجسمى التاموري إلى داخل القلب عن طريق أزواج فتحات الأوستيا التى تعمل صماماتها الأذينية على منع خروج الدم ثانية من القلب إلى التجويف التاموري . وقد يوجد فى الطرف الأمامى لكل مقصورة من مقاصير القلب صمام بطينى (ventricular valve) يسمح للدم بالمرور إلى الحجرة التالية الأمامية ويمنع عودته منها إلى الخلف .

ويثبت القلب فى موضعه بواسطة أزواج من عضلات مروحية الشكل تعرف بالعضلات الجناحية (alary muscles) وهى متطابقة فى العدد مع المقاصير القلبية ومع أزواج الأوستيا وتقع فوق الحجاب الحاجز الظهرى وتتصل قاعدتها العريضة بالأجزاء السفلية الجانبية من غرف القلب (شكل

١١٦ أ ، ب) كما وتتصل أطرافها الرفيعة بترجات حلقات البطن من الجانبين . وتقوم هذه العضلات الجناحية أيضاً بمساعدة القلب على الانقباض. ويساعد على تثبيت القلب فى مكانه أحبال ليفية مطاطة بعضها يوصل بين الجدار الظهرى للقلب وترجات الحلقات الجسمية المختصة بينما بعضها الآخر فيوصل بين الجدار السفلى للقلب والحجاب الحاجز الظهرى .

ويتركب الجدار العضلى للقلب من خلايا مبططة متميز سيتوبلازمها الخارجى إلى ألياف عضلية مخططة ، وتحد هذه الخلايا خارجيا وداخلياً بغشاء رهيف يمكن اعتباره بمثابة جلد العضل (sarcolemma) .

٢ — الأورطة (The Aorta) :

هو عبارة عن الامتداد الأمامى للوعاء الظهرى ، وهو أنبوبة رفيعة غير مقسمة إلى غرف وتبدأ عادة من الحلقة البطنية الأولى وتمر خلال حلقات الصدر ثم تنتهى فى الرأس خلف أو تحت المخ مباشرة . ولا توجد فى الأورطة بوابات جانبية (أوستيا) ولكنه مجهز بزوج من الصمامات الأورطية (aortic valves) عند اتصاله بالقلب . وينتهى مقدم الأورطة فى الرأس بفتحة قمعية الشكل عادة ولكن كثيرا ما تتفرع نهايته الأمامية إلى فرعين أو أكثر فى صورة أوعية دقيقة مفتوحة الأطراف يطلق عليها الشرايين الرأسية (cephalic arteries) .

الأعضاء النابضة المساعدة (Accessory Pulsatory Organs) :

يساعد القلب فى عملية دفع الدم خلال أجزاء من الجسم كقرون الاستشعار والأجنحة والأرجل أعضاء خاصة تعمل مستقلة عن القلب وتعرف بالأعضاء النابضة المساعدة أو القلوب المساعدة (accessory hearts) . وأهم هذه الأعضاء ما يعرف بالأعضاء النابضة الصدرية (Thoracic Pulsatory Organs)

وهى عبارة عن أغشية مرنة تتحرك حركة تموجية وتوجد عادة أسفل الترجات الصدرية الثانية والثالثة مباشرة كما فى الخنفساء المائية المسماة دايتيسكس (Dytiscus) (شكل ١١٧) حيث توجد تلك الأغشية عند قواعد الأجنحة وعند قيامها بحركتها التموجية تسحب الدم من الأورطة وتدفعه فى الأجنحة ثم تسحبه مرة ثانية إلى الأورطة ليسيل فى فراغ الرأس. وفى بعض الحشرات توجد تراكيب مماثلة فى الأرجل كما فى رتبة نصفية الأجنحة (Hemiptera) . كما وأنه فى نحلة العسل وفى الصرصار بلاتا (Blatta) توجد مثل هذه الأعضاء النابضة المساعدة فى الرأس عند قاعدتى قرنى الاستشعار وتعمل على دفع الدم خلالهما .

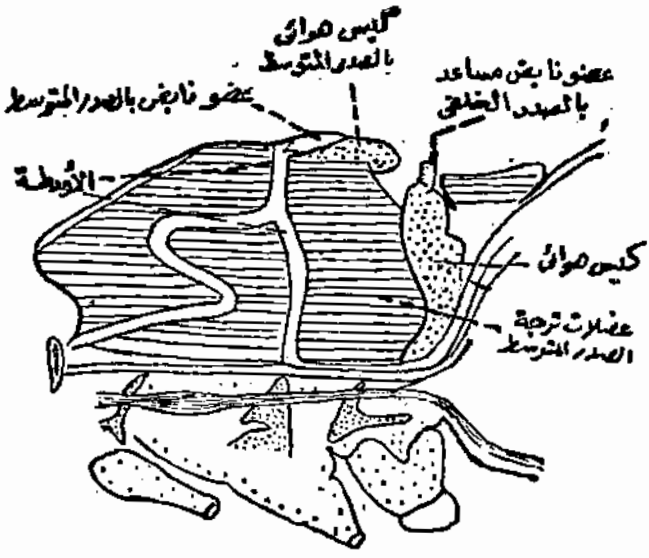
الدم أو الليمف الدموى (The Blood or Haemolyph) :

الدم هو السائل الأوحد الموجود بخارج الخلايا فى الحشرات والذى يقوم بحمل نواتج هضم المواد الغذائية وتوزيعها على جميع أجزاء الجسم عن طريق مروره فى فراغاته السابق ذكرها ثم دخوله القلب وخروجه ثانية إلى تلك الفراغات .

ويتكون الدم فى الحشرات من مادة سائلة تدعى البلازما (Plasma) ومجموعة من الخلايا العائمة فيها تعرف بالخلايا الدموية أو الهيموسايتات (blood cells or haemocytes) .

(١) البـــلازما (Plasma) :

البلازما فى الحشرات إما عديمة اللون شفافة وإما ذات لون أصفر أو أخضر باهت للغاية ويرجع ذلك إلى وجود بعض الصبغات (pigments) التى تتحد مع البروتينات الموجودة فيها . وفى حالة واحدة فقط وهى حالة



شكل (١١٧) : قطاع فى صدر الخنفساء المائية Dytiscus يوضح الغشاء النابض للصدر المتوسط والعضو النابض فى الصدر الخلفى .

يرقات الهاموش من فصيلة كايرونوميدى (Chironomidae) يكون الدم ملونا باللون الأحمر نتيجة لوجود مادة الهيموجلوبين فيه . وعادة لا يرتبط لون دم الحشرات بلون ونوع غذائها حيث وجدت جميع درجات التلون بالألوان المختلفة فى الحشرات النباتية والحيوانية ، ولو أن يرقات بعض الحشرات المتغذية على نباتات يرجع لونها الأخضر أو الأصفر إلى لون مواد امتصت من الغذاء دون حدوث تغير فيها . وفى الحشرات التامة التبدل يكون دم اليرقات أعمق لونا من دم الحشرات الكاملة الذى يكون عادة مائلا للاصفرار . وعندما يتعرض دم الحشرات للهواء يصبح لونه غامقاً نتيجة تأكسد المواد البروتينية وترسيب مادة اليورانيدين (uranidin) ذات اللون الأسود .

وتتألف بلازما دم الحشرات من نفس المواد التى توجد فى دم الحيوانات الثديية تقريباً . ويمثل الماء الجزء الأكبر من هذه المكونات إذ يبلغ حوالى

٨٥٪، وبجانب الماء تحتوى البلازما على بروتينات وأحماض أمينية وسكريات ودهون وأملاح غير عضوية (أساسياً أملاح صوديوم ويوتاسيوم وأيونات كلوريد) ولكن بنسب تختلف عما فى الحيوانات الثديية . كما يوجد فى بلازما دم بعض الحشرات مواد الكاروتين والكلوروفيل وبعض الإنزيمات.

وفى أغلب الحشرات لا يتجلط الدم وتقفل الجروح بواسطة بعض الخلايا الموجودة فى الدم .

(٢) خـــلايا الدم (The Blood Cells or Haemocytes) :

يوجد فى دم الحشرات خلايا دموية كثيرة كلها عديمة اللون إلا أنها تختلف فى أشكالها وأحجامها. ولقد ميز من هذه الخلايا الدموية طرز كثيرة مختلفة ، إلا أن بعضاً من هذه الطرز فى الواقع ليست بأنواع مختلفة بل يعتقد أنها إما تمثل أطوارا فى نمو نوع واحد وإما نتيجة لتغيرات مؤقتة فى الشكل نظراً لكونها تستطيع النمو والانقسام فى أثناء حياة الحشرة . ولقد وجد أن الدم الدائر يحتوى على عدد من الخلايا الدموية يتراوح من ألف إلى مائة ألف فى كل سنتيمتر مكعب. ولكن بالإضافة إلى ذلك يوجد المزيد من الخلايا الدموية ملتصقة بسطوح الأحشاء الداخلية حيث تصنع هناك أحيانا أعضاء مهاجمة (Phagocytic organs) ثابتة . ويمكن القول بأن هناك ثلاثة فئات رئيسية من الخلايا الدموية (شكل ١١٨) وهى :

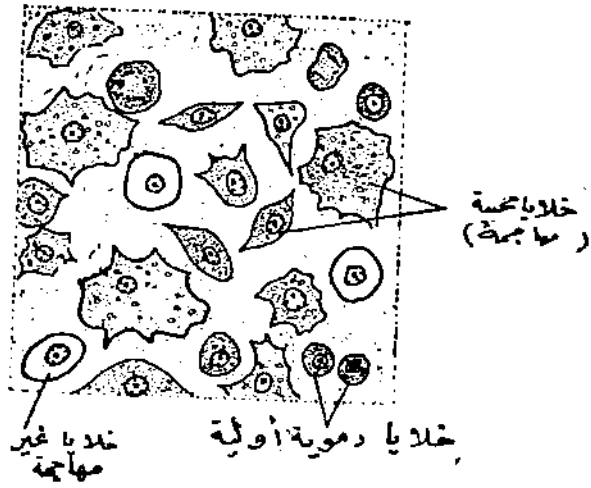
١ — الخلايا الدموية عديمة اللون الأولية (proleucocytes) : وهى خلايا صغيرة الحجم إلا أن النواة كبيرة وتملأ الخلية ، والسيتوبلازم فيها قابل للصبغ بشدة بالأصباغ ، وهى غالباً ما ترى فى حالة انقسام مباشر ،

ويعتقد أنها منشأ الخلايا الدموية الأخرى إذ تعتبر بمثابة أشكال صبية من الخلا يا الدموية .

٢ ــ الخلا يا الدموية عديمة اللو ن المحببة (granular leucocytes) : وتعرف أيضاً بالخلايا المهاجمة (phagocytes) . وهى خلايا متوسطة الحجم محبة للأصباغ القاعدية وشكلها غير منتظم ومتغير فقد تكون أميبية أو بيضية أو هلالية ، وتتميز هذه الخلايا بوجود حبيبات مختلفة الأحجام فى السيتوبلازم . وقدرتها على الاتيان بحركات أميبية تمكنها من مهاجمة الكائنات الدقيقة التى توجد داخل الجسم مثل البكتيريا ومن هضم حطام الأنسجة المنحلة لكى يعاد بناؤها من جديد أثناء مرحلة التبدل الشكلى ولذا فأعدادها تزداد كثيرا أثنـاء عمليتى الانسلاخ والتبدل الشكلى ، ولهذه الخلايا أيضاً خاصية التجمع حول الأجسام الغريبة والإحاطة بها ، كما وأنها تحتشد أيضاً عند أى موضع يحدث فيه جرح حيث تصنع سدادة تسهل عملية الالتئـام .

٣ ــ الإينوسايتويدات (oenocytoids) : وهى شبيهة بالخلايا المعروفة بالخلايا النبيذية (إينوسايتات) وليس لها القدرة على المهاجمة . وهى عبارة عن خلايا كبيرة الحجم ذات شكل مائل للاستدارة ونواتها أصغر حجماً من نواة الفئتين السابقتين ، والسيتوبلازم فيها متماثل وخالى من الحبيبات ومحب للأصباغ الحامضية . ولكن وظيفتها غير معروفة .

هذا ويوجد فى التجويف الجسمى الدموى خلايا أخرى لا تعتبر من الخلايا الدموية ومنها الخلايا النبيذية أو الإينوسايتات (oenocytes) والخلايا البولية أو النفروسايتات (nephrocytes) وسيرد ذكرهما فى حينه عند مناقشة أعضاء الإخراج .



شكل (١١٨) : بعض أنواع خلايا الدم .

وظائف الدم :

يقوم الدم فى الحشرات بعدة وظائف أهمها ما يأتى :

١ - النقـل (Transportation) : بعد أن يتم الهضم فى القناة الهضمية، يمتص الدم الجزء المهضوم ويحمله إلى جميع أنسجة الجسم فيغذيها ، ثم يأخذ نواتج الهدم المتخلفة فى هذه الأنسجة لتوصيلها إلى أعضاء الإخراج كأنابيب ملبيجى التى تطرد هذه النواتج السامة إلى الخارج . كما يقوم الدم أيضاً بنقل الهورمونات التى تفرزها بعض الغدد مثل الغدد الصماء كوربورا أللاتا (corpora allata) فيوصلها إلى الأنسجة المختصة .

٢ - التنفس (Respiration) : فى الحشرات التى يكون فيها الجهاز القصبى الهوائى كله عاملا يتم التنفس بالطريقة العادية التى سبق شرحها فى الجهاز التنفسى . ولكن فى بعض الحشرات يكون الجهاز

القصبي الهوائي عاملا إلا أن القصيبات الهوائية التي تتخلل الأنسجة تكون غائبة أو غير عاملة لأي سبب من الأسباب كأن تكون ممتلئة بسائل الجسم كما في الكوليمبولا (Collembola) ، وفي مثل هذه الحشرات يلعب الدم دوراً رئيسياً في عملية التنفس إذ ينقل إلى الأنسجة المختلفة الأوكسجين اللازم لها وكذلك يستمد منها أيضاً ثاني أوكسيد الكربون لطرده خارج الجسم . كما يقوم الدم أيضاً بعملية التنفس في كثير من الحشرات المائية والطفيليات الداخلية وخاصة في الأطوار المبكرة منها التي تفتقر إلى جهاز قصبي هوائي ، فينقل إليها الأوكسجين الذي يستمده من الوسط المحيط به عن طريق جدار الجسم ويحمل منها بالتالي ثاني أوكسيد الكربون إلى هذا الوسط .

٣ — الحماية (protection) : يقوم الدم بحماية أنسجة الجسم المختلفة عن طريق خلايا الدم المهاجمة (phagocytic blood cells) التي تهاجم الطفيليات الداخلية والكائنات الدقيقة الضارة مثل البكتير وتعزلها عن سائل الدم عزلا كاملا ثم تهضمها ، وبذلك تقدم هذه الخلايا الدموية نوعا من المناعة في الحشرة لكثير من الأمراض . كما وأن الخلايا الدموية المعروفة بالإينوسايتويدات تعمل على التئام الجروح الحادثة في جسم الحشرة .

٤ — الوظائف الميكانيكية (Mechanical Functions) : يؤدي الدم هذه الوظائف عن طريق قدرته على إحداث ضغط على الأنسجة المختلفة نتيجة وجوده محصورا داخل الجسم مكونا بذلك شبه جهاز هيدروليكي مقفل . وينظم هذا الضغط بواسطة انقباضات الصدر والبطن . ويساعد ضغط الدم على إتمام عمليات حيوية أهمها ما يأتي :

(ا) نقف (فقس) البيضة حيث يساعد الضغط على تمزيق غلافها الخارجي .

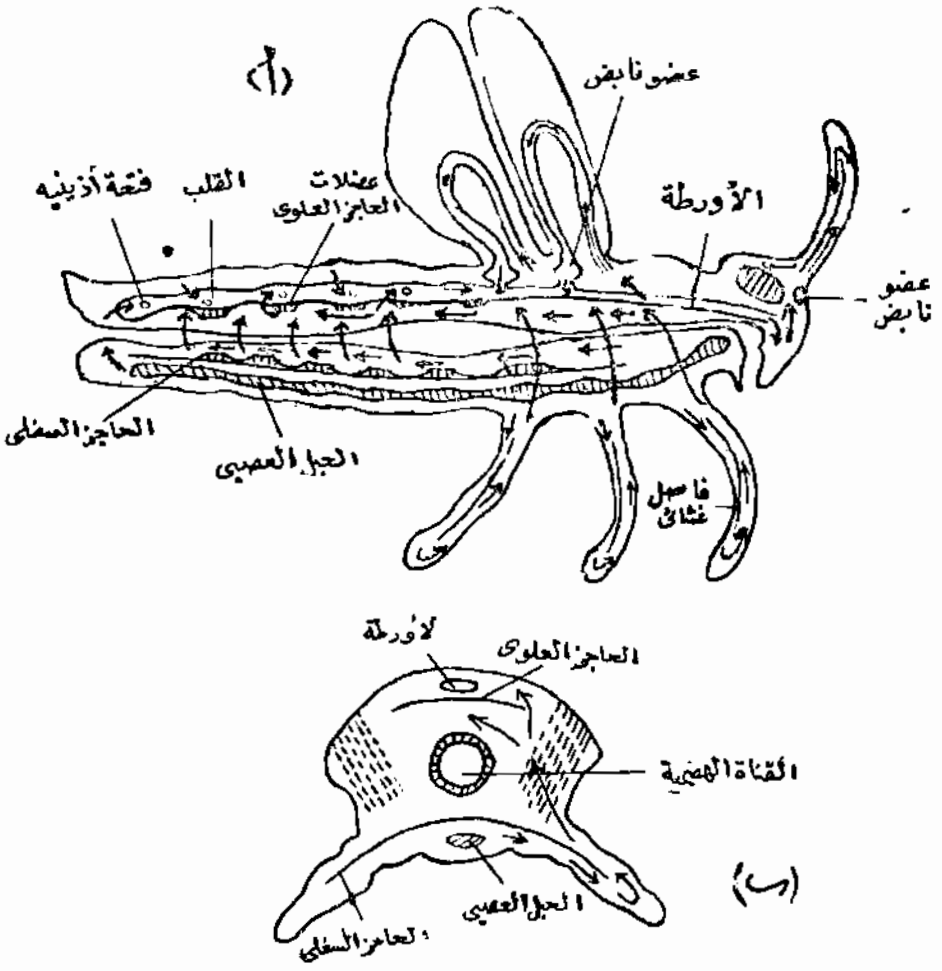
(ب) شق جدار الجسم فى منطقتى الصدر والرأس عند عملية الانسلاخ وبذلك تتخلص الحشرة من الجلد القديم نتيجة ضغط الدم وبمساعدة تقلص عضلات الجسم .

(جـ) نشر وفرد الأجنحة إلى حجمها الكامل فى الحشرة اليافعة عقب خروجها من العذراء حيث يجرى الدم فى عروق تلك الأجنحة ويملؤها فتنفرد وتأخذ شكلها المميز .

٥ — وظيفة تخزينيـة : يعمل الدم أيضاً بمثابة مستودع لاختزان المياه .

الدورة الدموية (Blood Circulation) :

القلب هو الأداة الرئيسية لضخ وتوزيع الـدم إلى جميع الأعضاء والأجهزة والأنسجة الجسمية ، ويساعده فى ذلك العضلات الجناحيـة والحجابان الحاجزان الظهرى والسفلى والأعضاء النابضة المساعدة التى سبق الإشارة إليها . فالقلب يقوم بسحب الدم من التجويف الجسمى الظهرى (التامورى) فيدخله إلى فراغه الداخلى عن طريق البوابات الجانبيـة (الأوستيا) ثم يدفعه خلال مقاصيره من الخلف إلى الأمام حتى يوصله إلى الأورطة الذى يفرغه فى فراغ الرأس . وهناك يضطر الدم نتيجة لامتلاء الرأس به إلى النزول خلفاً إلى التجويف الجسمى السفلى (حول العصبى) حيث بتأثير تحرك الحجاب الحاجز السفلى (بفعل عضلاته الذاتية) حركات تموجية رتيبة تجاه الخلف والجوانب يدفع الدم للسير فى التجويف الجسمى السفلى إلى الخلف والجوانب حيث يصعد إلى التجويف الجسمى الحشوى ومنه إلى التجويف الجسمى الظهرى أخيرا حيث بتأثير تحرك الحجاب الحاجز الظهرى (بفعل عضلاته الذاتية أيضاً) حركات تموجية رتيبة تجاه الأمام والجوانب بسير الدم فى التجويف الجسمى الظهرى نحو الأمام والجوانب حيث يدخل القلب ثانية وتتكرر نفس الدورة من جديد (شكل ١١٩) .



شكل (١١٩) : الدورة الدموية فى الحشرة (تشير الأسهم إلى إتجاه سير الدم) . ا — قطاع طولى فى حشرة يوضح الدورة الدموية التى يقوم بها القلب والأعضاء النابضة المساعدة . ب — قطاع عرضى فى منطقة الصدر يوضح خط سير الدم فيها .

وتبدأ هذه الدورة الدموية بوجود الدم فى التجويف الجسمى ثم سريان موجات من الانفراجات والانقباضات على غرف القلب بالتوالى من

الخلف إلى الأمام . فعندما يمتلىء التجويف الظهرى بالدم تبدأ عملية الانفراج أو الانبساط (diastole) فى غرف القلب نتيجة لانقباض العضلات الحناحية التى تعمل أيضاً على خفض الحجاب الحاجز الظهرى إلى أسفل قليلا فيزداد حجم الفراغ المحيط بغرف القلب وبالتالى يندفع الدم ليملأ ذلك الفراغ وتكون النتيجة أن يدخل هذا الدم تحت تأثير ضغط سالب إلى داخل فراغ القلب عن طريق فتحات الأوستيا التى تكون صماماتها الأذينية آنئـذ مفتوحة . وبعد امتلاء القلب هكذا بالدم تبدأ عمليات الانقباض (systole) فى غرف القلب بالتوالى من الخلف إلى الأمام نتيجة لانقباض عضلات نفس جدرانه ، فى أثناء انقباض كل غرفة تنقفل الصمامات الأذينية للغرفة فيمتنع بذلك خروج الدم ثانية من الغرفة إلى التجويف الظهرى وفى نفس الوقت تنفتح الصمامات البطينية الكائنة بين تلك الغرفة والغرفة السابقة لها فيندفع الدم تحت تأثير الضغط الموجب السائد بالحجرة الخلفية مارا إلى الحجرة التى تليها من الأمام ، وبتكرار ذلك يندفع الدم من الخلف إلى الأمام فى فراغ القلب حتى يصل أخيرا إلى الأورطة ومنه يخرج عن طريق نهايته الأمامية المفتوحة إلى فراغ الرأس حيث ينتشر فى مناطقها المختلفة كما وأن بعضا منه ينتشر إلى الأمام دائرا خلال قرنى الاستشعار إلا أن وجود الدم بكميات كبيرة فى داخلية الرأس يضطره فى النهاية إلى النزول خلفاً حتى يصل إلى التجويف الجسمى السفلى بعد أن يكون جزء منه قد دار أيضاً خلال الأرجل وعروق الأجنحة بمساعدة الأعضاء النابضة المساعدة الواقعة فى منطقة الصدر . وعقب ذلك يأخذ الحجـاب الحاجز السفلى (بفعل عضلاته الذاتية) فى القيام بحركته الخلفية الجانبية الرتيبة فيترتب على ذلك أن يسير الدم فى التجويف

الجسمى السفلى نحو الخلف والجوانب حيث عن طريق فراغات واقعة بجانبى الحجاب الحاجز السفلى وبنهايته الخلفية يصعد الدم إلى التجويف الجسمى الحشوى حيث يغمر جميع الأحشاء الداخلية ومنه يصعد إلى التجويف الجسمى الظهرى تحت تأثير انقباضات العضلات الجناحية وعن طريق ثقبات موجودة بالحجاب الحاجز الظهرى . وبعد صعود الدم هكذا إلى داخل التجويف الجسمى الظهرى يأخذ الحجاب الحاجز الظهرى (بفعل عضلاته الذاتية) فى القيام بحركته الأمامية الجانبية الرتيبة وبذلك يدفع الدم إلى الأمام والجانبين فى التجويف الجسمى الظهرى حيث يدخل إلى القلب ثانية عن طريق الأوستيا ثم تتكرر الدورة من جديد . ومن ذلك يتضح أنه فى نفس الوقت الذى تندفع فيه كمية من الدم إلى الأمام داخل أنبوبة القلب توجد كمية أخرى من الدم راجعة إلى الخلف داخل تجويف الجسم لكى تدخل فى القلب مرة ثانية .

هذا ويختلف عدد ضربات القلب باختلاف أنواع الحشرات وباختلاف الأطوار النموية فى نفس الحشرة الواحدة ، وكذلك يختلف تبعاً لمقدار نشاط الحشرة ودرجة حرارة البيئة فيزداد بازديادهما . فقد وجد أن عدد ضربات قلب يرقة ليوكانس (Lucanus) يبلغ ١٤ ضربة فى الدقيقة تحت درجة حرارة ١٨°م . بينما فى حشرة كامبوديا (Campodea) فيبلغ عدد الضربات أكثر من ١٥٠ عند درجة حرارة ٢٠°م . وفى يرقات فصيلة سفينجيدى (Sphingidae) من رتبة حرشفية الأجنحة تبلغ ضربات القلب أقصى عدد لها فى الأعمار المبكرة حيث تكون ٨٠ — ٩٠ ضربة فى الدقيقة . بينما فى العذارى فيصل معدل الضربات إلى أدنى درجة حيث يهبط إلى ١٠ — ١٢ ضربة فى الدقيقة بل ويكاد يتوقف تماماً فى أثناء البيات الشتوى .

اعضاء الاخراج

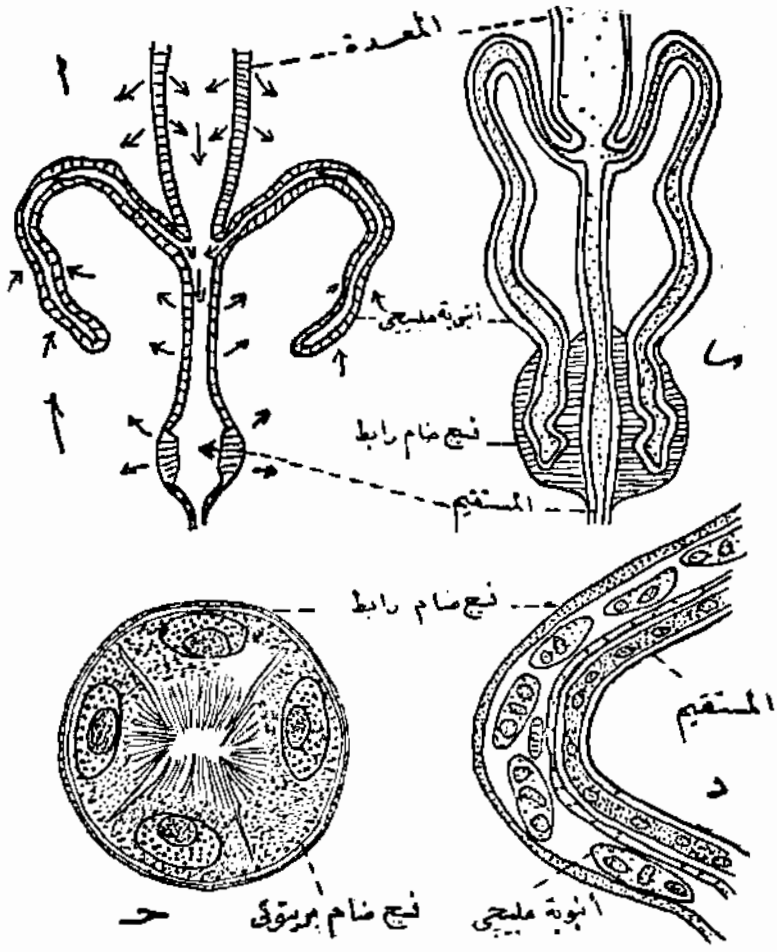
The Excretory Organs

يقصد بعملية الإخراج (Excretion) التخلص من الفضلات الناتجة عن عمليات التحويل الغذائى بما فى ذلك تخليص الدم من المواد النتروجينية المتبقية بعد هضم البروتينات وإبقاء تركيبه الأيونى على حاله بدون تغيير ، وذلك بغية الحفاظ للأنسجة الحسمية على بيئة داخلية ثابتة نسبياً . فى الحشرات يقوم بهذه المهمة بصفة رئيسية الأعضاء الإخراجية المعروفة بأنابيب ملبيجى (Malpighian Tubes) إلا أن هناك أنسجة أخرى معينة يظن أو كان يظن أنها تلعب دوراً ثانوياً فى هذا الشأن وهى الأجسام الدهنية (Fat-bodies) وخلايا النفروسايتات (Nephrocytes) والجدار الجسمى الخارجى (Body - wall) .

١ — أنابيب ملبيجى (The Malpighian Tubes) :

اكتشف هذه الأوعية لأول مرة العالم الايطالى ملبيجى (Malpighi) ولذا سميت باسمه ، وهى تعتبر أعضاء الإخراج الرئيسية فى الحشرة . وهى انابيب رفيعة واقعة فى التجويف الجسمى الدموى حيث تكون مغمورة بالدم بطلاقة وذات نهايات طرفية مغلقة وأما نهاياتها الدانية فمفتوحة وتصب محتوياتها فى القناة الهضمية الخلفية حيث تتصل بها عند منطقة إلتقاء المعدة بالأمعاء الدقيقة (شكل ١٢٠) . وتكون الأطراف المقفلة إما سائبة فى التجويف الجسمى (شكل ١٢٠ أ) كما فى الصرصار ، أو قد تلتصق مجرد التصاق بجدار القناة الهضمية الخلفية بواسطة نسيج رابط رقيق مع بعض الألياف العضلية التى تغلف المستقيم ولكنها لا تفتح فيها مطلقاً (شكل ١٢٠ ب) كما هو الحال فى كثير من يرقات رتبتى غمدية الأجنحة

وحرشفية الأجنحة ، وتعرف هذه الظاهرة الأخيرة بظاهرة أنابيب ملبيجى المستترة (cryptonephry) . ويعتقد بعض الحشريين أن هذا النوع من أنابيب ملبيجى يساعد على زيادة امتصاص الماء من البراز الخارج عن



شكل (١٢٠) : أ — النهايات الطرفية لأنابيب ملبيجى سائبة (تشير الأسهم إلى سير الماء) . ب — النهايات الطرفية لأنابيب ملبيجى ملتصقة بجدار المستقيم .
جـ — قطاع عرضى فى أنبوبة ملبيجى . د — جزء من قطاع عرضى فى جدار المستقيم وأنابيب ملبيجى الملتصقة به .

طريق الانتشار خلال خلايا القناة الهضمية الخلفية ، وقد استدل على ذلك من واقع وجوده فى الحشرات التى تتغذى على أغذية جافة . ولكن يعارض هذا الاعتقاد أن الأنابيب المستترة موجودة أيضاً فى الحشرات التى تتغذى على أغذية سائلة وأن الأنابيب السائبة توجد كذلك فى الحشرات التى تتغذى على أغذية جافة .

وتتركب أنبوبة ملبيجى هيستولوجياً (شكل ١٢٠ جـ) من خلايا طلائية ضخمة كبيرة الأنوية (عددها ٣—٨ خلايا غالباً فى القطاع العرضى) وهوامشها الداخلية ذات حافة متخططة (striated border) تشبة تلك الخاصة بخلايا المعدة كما ولا توجد بطانة كيوتيكلية ، وقد يوجد عند قواعد تلك الخلايا فى الأطوار غير الكاملة كالبرقات والحوريات بعض الخلايا الحنينية الصغيرة وهى خلايا معوضة (replacement ells) تنشط عند التبدل الشكلى وتصنع أنابيب ملبيجى بالحشرات الكاملة كما فى رتبتى حرشفية الأجنحة وغمدية الأجنحة . وتغلف الخلايا من الخارج بغشاء قاعدى أو بغلاف بريتونى (peritoneal membrane) مكون من نسيج ضام (شكل ١٢٠ حـ ، د) ، والمعتاد أن توجد ألياف عضلية فوق هذا الغلاف بطول الأنبوبة كلها أو عند قاعدتها فقط ، وهذه الألياف العضلية هى المسئولة عن الحركات التقلصية الذاتية (peristaltic movements) للأنبوبة . ولكن فى رتب الحشرات ذات الذنب الشعرى وجلدية الأجنحة وهدبية الأجنحة لا تقوم أنابيب ملبيجى بأية حركات ذاتية لعدم وجود ألياف عضلية فوق الغشاء المغلف لها .

ويختلف شكل أنابيب ملبيجى كثيرا فى الحشرات المختلفة . فقد تكون بسيطة كما فى الصرصار ، أو مفصصة شجرية التشعب كما فى دودة الشمع

جالليريا ميللونيللا (Galleria mellonella) ، أو مزودة بنتوءات صغيرة مقفلة كما فى حشرة ميلولونثا (Melolontha) .

وتفتح كل أنبوبة من أنابيب ملبيجى بفتحة مستقلة فى القناة الهضمية الخلفية كما فى الصرصار ، أو قد تتحد بعض من الأنابيب ببعضها لتفتح معا بفتحة مشتركة كما فى يرقات رتبة حرشفية الأجنحة ، أو قد تتحد الأنابيب بأجمعها كما فى فصيلة الحنفار جريللیدى (Gryllidae) لتصنع قناة واحدة مشتركة تفتح فى القناة الهضمية الخلفية .

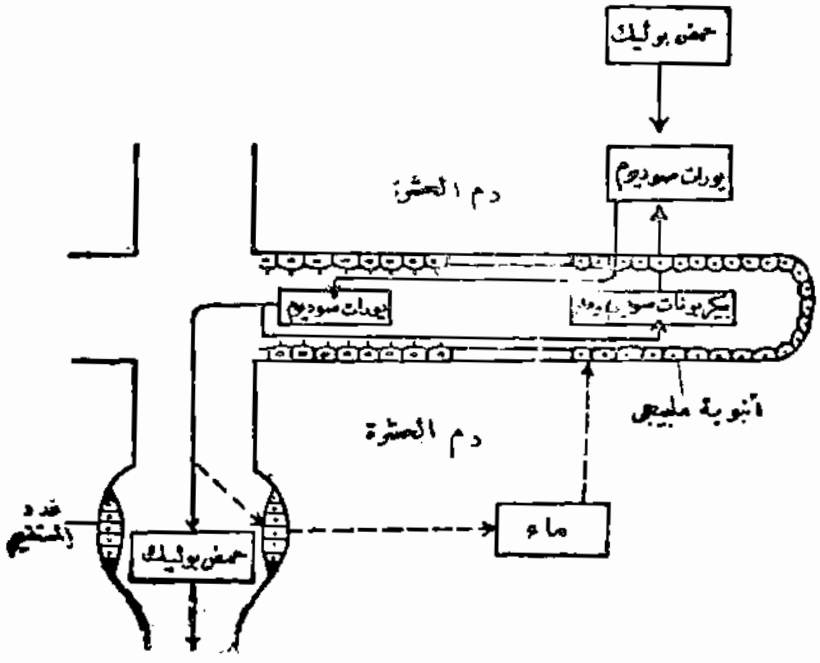
ويختلف عدد أنابيب ملبيجى كثيراً فى الرتب الحشرية المختلفة فتتراوح مثلا من ٣٠ إلى ٢٠٠ فى رتبة مستقيمة الأجنحة ومن ٤ إلى ٦ فى رتبة نحمدية الأجنحة ومن ٢ إلى ٨ فى رتبة متساوية الأجنحة (النمل الأبيض) ومن ٦ إلى ٢٠ فى النمل وأكثر من ١٠٠ فى النحل وباقى الحشرات اللاسعة من رتبة غشائية الأجنحة ، بينما لا توجد بالمرة فى حشرات رتبة كوليمبولا وفصيلة المن (إيفيديدى Aphididae) ، أو تختزل إلى حلمات صغيرة كما فى حشرات رتبتى بروتيورا (Protura) وديبلورا (Diplura) .

وتوجد انابيب ملبيجى غالباً فى أعداد زوجية ، ويشذ عن ذلك البعوض إذ له خمسة انابيب فقط . وفى بعض الرتب الحشرية مثل مستقيمة الأجنحة وغشائية الأجنحة يزداد عدد أنابيب ملبيجى باستمرار عند كل انسلاخ وعند التبدل الشكلى وعند خروج الحشرة الكاملة من الحورية أو العذراء وذلك نتيجة لأنه بعد انتهاء النمو الجنينى (أى فى أثناء الأعمار اليرقية أو الحورية) تتكون من الخلايا الجنينية (المعوضة) الموجودة عند أماكن مخصوصة أنابيب جديدة تعرف بأنابيب ملبيجى الثانوية

(Secondary Malpighian tubes) تمييزاً لها عن أنابيب ملبيجى الابتدائية (Primary M. T.) التى تكونت أثناء النمو الجنينى قبل الفقس .

وتقوم أنابيب ملبيجى بعملية طرد المـــواد النيتروجينية الضارة المتخلفة عن هضم البروتينات على صورة بول (urine) محتو بصفة أساسية على حمض البوليك أو اليوريك (uric acid) أو ربما أحد أملاحه مع الأمونيوم أو الصوديوم أو البوتاسيوم) ، حيث يتكون هذا الحمض داخل خلايا الجسم نتيجة لعمليات التمثيل الغذائى للبروتينات ثم من هذه الخلايا ينتقل إلى الدم عن طريق خاصية الانتشار فتمتصه أنابيب ملبيجى من ذلك الدم وتقدفه فى حالة محلول مائى إلى فراغاتها الداخلية ومنها تدفعه إلى القناة الهضمية الخلفية حيث يخرج مختلطاً مع البراز . وتتم هذه العملية فى دورة مائيـــة وفى وجود بعض الأملاح القاعدية للصوديوم والبوتاسيوم (شكل ١٢١) فتتحد هذه الأملاح فى وجود الماء مع حمض اليوريك الوارد إلى الدم وتتكون يورات الصوديوم والبوتاسيوم التى تحمل فى دورة الدم حول أنابيب ملبيجى فتمتصها بعض خلايا هذه الأنابيب أو كلها وتحولها نفس الخلايا أو خلايا أخرى مجاورة إلى حمض يوريك وماء ثم تعـــود الأملاح القاعدية للصـــوديوم والبوتاسيوم ثانية إلى الدم بينما يمر حمض البوليك فى نفس صورته أو فى صورة يوريا مختلطة بالماء إلى القناة الهضمية الخلفية حيث يطرد إلى الخارج من فتحة الشرج مع البراز . وقبل أن تطرد المواد البولية خارجا يسترجع منها الماء إلى الدم بواسطة الغدد أو الحلمات المستقيمة أو بواسطة خلايا أطراف أنابيب ملبيجى الملتصقة بجـــدار المستقيم فى الحشرات الموجود فيها هذا النوع من الأنابيب كما فى البق من جنس رودنياس (Rhodnius) حيث فى مثل هذه الحشرات تذوب الأملاح القاعدية

للصوديوم والبوتاسيوم فى الماء المسترجع ثم يفرز هذا المحلول فى الدم ليتحد مع حمض البوليك من جديد .



شكل (١٢١) : طريقة اخراج المواد الأزوتية التالفة بواسطة أنبوبة ملبيجى فى دورة مائية موضحة بالاسهم . ويسترجع الماء إلى الحشرة إما عن طريق قاعدة أنبوبة ملبيجى (خط غير متقطع) أو عن طريق غدد المستقيم (خط متقطع) .

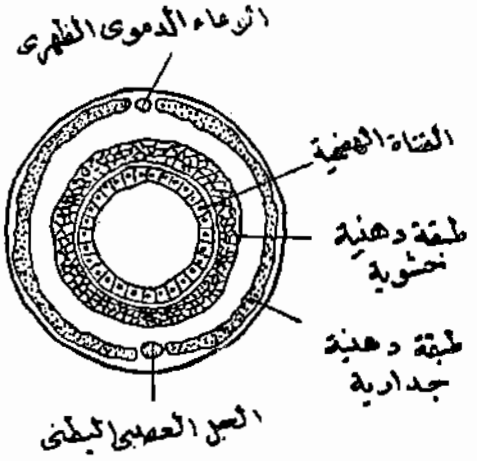
وتختلف طريقة عمل أنابيب ملبيجى نحو الإخراج باختلاف الحشرات ، إلا أن كثيرا من هذه الطرق يتيح استبعاد المواد النيتروجينية مع الاحتفاظ بكمية الماء المحدودة المتيسرة لدى الكائن الأرضى . فى البقة رودنياس (Rhodnius) (شكل ١٢١) يتحد حمض اليوريك أو اليوريا مع أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم الموجودة فى الدم مكونا محلولا من يورات الصوديوم او البوتاسيوم الذى يمتص بواسطة خلايا النصف الطرفى لأنبوبة (٢٢)

ملبيجى والتى تفرزه إلى داخل تجويف هذا الجزء من الأنبوبة وعندما تصل هذه الأملاح على صورة ذائبة فى الماء إلى الجزء القاعدى من الأنبوبة فان خلاياه الطلائية تقوم باستخلاص (إمتصاص) القواعد (الصوديوم أو البوتاسيوم) فى صورة بيكربونات وبامتصاص جزء كبير من الماء أيضاً ، ولذا فان حمض البوليك أو اليوريا يرسب فى ذلك الجزء القاعدى من الأنبوبة على صورة كرات بلورية تدفع إلى القناة الهضمية الخلفية توطئة لطردها بينما الماء والقواعد (بيكربونات الصوديوم أو البوتاسيوم) فتعاد من هناك إلى الجزء الطرفى لأنبوبة ملبيجى حيث تمتصها خلاياه الطلائية ثم تفرزها فى الدم حيث تستعمل فى استئناف الدورة من جديد بالاتحاد مع حمض اليوريك . وعند وصول الكرات البلورية من حمض اليوريك إلى المستقيم يستخلص منها فيه مزيدا من الماء وأيونات الصوديوم . وأما فى حشرة لبيزما (Lepisma) وحشرات رتبتى مستقيمة الأجنحة وشبكية الأجنحة وكثير من حشرات رتبة غمدية الأجنحة فلاتحتوى أنابيب ملبيجى إلا على سائل فقط إذ أن ترسيب كتلة بلورية بيضاء من حمض اليوريك يتم فى المستقيم الذى يجرى فيه امتصاص الماء عن طريق جدرانه . بينما فى كثير من حشرات رتبة غمدية الأجنحة وفى يرقات رتبة حرشفية الأجنحة فالجزء الطرفى من أنابيب ملبيجى يكون وثيق الالتصاق بجدران المستقيم ويبدو أن هذا التدبير ييسر حفظ الماء عن طريق استخدام القدرة الامتصاصية المشتركة للمستقيم ولأنابيب ملبيجى معاً .

٢ — الأجسام الدهنيـــة (The Fat bodies) :

توجد الأجسام الدهنية فى جميع الحشرات وتنشأ أثناء النمو الجنينى من الميزوديرم الخاص بجدران التجاويف السيلومية الجنينية . ويظهر الجسم

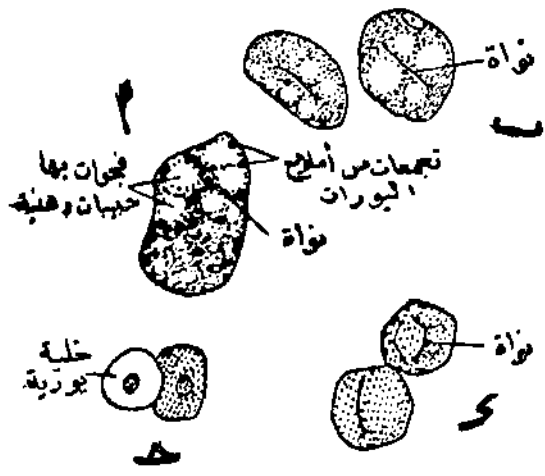
الدهنى عادة على شكل فصوص أو شرائط أو صفائح بيضاء أو مخضرة أو صفراء . وتتركز الأجسام الدهنية فى الحشرات فى طبقتين (شكل ١٢٢)، إحداهما تقع تحت جدار الجسم وتعرف بالطبقـــة الجدارية أو السطحية (parietal or peripheral layer) وهى طبقة رقيقة وخلاياها قليلـــة العدد وتوجد إما فردية أو فى مجاميع صغيرة ، والأخرى تقع فى تجاويف الجسم الثلاثة وحول الأحشاء الداخلية وخصوصاً القناة الهضمية وتسمى الطبقة الحشوية (visceral layer) وخلاياها أكثر عدداً وتوجد فى كتل أو مجموعات كبيرة محاطة كل منها من الخارج بغشاء من نسيج ضام .



شكل (١٢٢) : قطاع تخطيطى فى يرقة إحدى الحشرات يوضح توزيع الأجسام الدهنية فى تجويف الجسم .

وفى الحشرة الفاقسة حديثاً يشاهد أن خلايا الجسم الدهنى تكون مستديرة وذات سيتوبلازم متجانس خال من الفجوات أو المشتملات ومحتوية على نوايا مستديرة أو بيضية (شكل ١٢٣ حـ) . ولكن تكبر الخلايا فى الحجم مع تقدم نمو الحشرة وتصير محتوية على فجوات ممتلئة

دائماً حبيبات دهنية أو نقط زيتية (شكل ١٢٣ أ) أو تأخذ شكلا غير منتظم وكذلك تصبح النواة عصوية أو شريطية (شكل ١٢٣ ب ، د) كما ويصعب عندئذ رؤية الجدران الفاصلة بين الخلايا وبعضها .



شكل (١٢٣) : خلايا الجسم الدهنى فى الحشرات . أ — فى الحشرة الكاملة للنمل الأبيض . ب — فى يرقة بالغة . جـ — فى يرقة حديثة للنمل . د — فى اليرقة البالغة للنمل .

ونظراً لوقوع هذه الأجسام الدهنية فى الفراغ الجسمى الدموى فانها تكون منغمرة بالدم الذى يتغلغل أيضاً دائرا خلال الفجوات فيما بين نسيجها مما يجعلها مهيأة بحق للقيام بوظيفتها الأساسية وهى أنها تستخلص من الدم ما يزيد عن حاجة الجسم من الجليكوجين والدهن والبروتينات ثم تختزنها بداخلها توطئة لاستهلاكها والاستفادة منها وقت اللزوم كعند الانسلاخ أو أثناء التحول من يرقة إلى عذراء أو أثناء البيات الشتوى أو وقت تكوين وإنتاج البيضات (ولذا يلاحظ أن الأجسام الدهنية توجد بكثرة فى الإناث عما فى الذكور) أو فى بعض الأحيان عند الجوع .

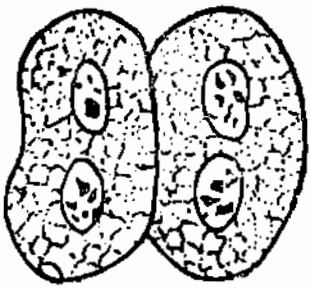
وتقوم الأجسام الدهنية أيضاً بوظيفة إخراجية . والدور الذى تلعبه هذه الأجسام الدهنية نحو الإخراج يظهر بوضوح فى يرقات رتبة غشائية الأجنحة كيرقة النمل حيث يوجد فيما بين الخلايا العادية المؤلفة لنسيج الجسم الدهنى خلايا متخصصة محتوية على رواسب من اليورات وتعرف بالخلايا البوليـــة (excretory cells) أو الخـــلايا اليوراتيـــة (urate cells) (شكل ١٢٣ حـ) وهى تعمل بصفة اجاليه كخلايا تخزينية إلى حين أن تستبعد حصيلاتها وقت التحول إلى عذراء . كما وفى حشرات كوليمبولا المفترة إلى أنابيب ملبيجى توجد مثل هذه الخلايا حيث تستودع حصوات يوراتية وتزداد فى الحجم طوال الحياة . وكذلك ذكر أن نفس الشىء تقريباً يجرى فى حشرة لبيزما (Lepisma) وحشرات رتبتى جلدية الأجنحة ومستقيمة الأجنحة حيث يبدو أن أنابيب ملبيجى لاتستبعد إلا كمية قليلة من حمض اليوريك . وفى بعض حشرات النمل الأبيض شوهدت أيضاً تجمعات من أملاح اليورات فى خلايا الجسم الدهنى (شكل ١٢٣ أ) . وفى كثير من حشرات رتبة حرشفية الأجنحة تخزن اليوريا فى الأجسام الدهنية أثناء طورى اليرقة والعذراء ومتى حدث التحول إلى طور الحشرة اليافعة تخرج تلك المواد عن طريق قناتها الهضمية .

وقد تبين أن المواد التى تخزن فى الجسم الدهنى تختلف فى الحشرات باختلاف المادة الغذائية نفسها . فقد أثبت وينجلزويرث (١٩٤٢) أن يرقات بعوضة أيبدس إيجيبتاى (Aedes aegypti) تخزن الجليكوجين فى الجسم الدهنى عند تغذيتها على النشا والسكريات فى حين أنها تخزن الدهن عندما تتغذى على زيت الزيتون بينما عندما غذيت على الكيزين استطاعت تخزين البروتين والجليكوجين مع قليل من الدهن .

وقيل أيضاً بأن الجسم الدهنى يقوم فى بعض الحشرات بهضم وابتلاع الأنسجة المنحلة أثناء التحول بمعنى أن عملها هذا يشبه عمل الخلايا الدموية المهاجمة (الفاجوسايتات) التى تلتهم الأجهزة المختلفة فى اليرقات والحوريات لكى تحل محلها أجهزة الحشرات الكاملة .

٣ — خلايا النفروسايتات (The Nephrocytes) :

وهى خلايا خاصة توجد إما مبعثرة فى الفراغ الجسمى الدموى للحشرة أو متركزة فى مناطق معينة محددة . فالمعتاد أن توجد فى صورة أحبال على كل من جانبى القلب ولذلك تعرف بالخلايا التامورية أو حول القلبية (pericardial cells) والتى تكون ذات نواتين غالبا (شكل ١٢٤). وفى يرقات الحشرات التابعة لرتبة سايكلورافا (Cyclorrhapha) من رتبة ذات الجناحين توجد النفروسايتات بنظام شبيه بالاكليل أو بالضفيرة فيما بين الغدتين اللعابيتين . والخاصية المميزة لهذه النفروسايتات أنها قادرة على تكديس صبغة الكارمين النشادرية فى خلاياها عندما تحقن الأخيرة فى التجويف الدموى . ولهذا السبب نشأ الاعتقاد قديماً بأنها عبارة عن أعضاء لأجل الإخراج التخزينى (storage excretion) بمعنى أنها تعمل على استخلاص بعض المواد الغريبة من الدم ثم تخزينها . وأما الآن فذلك بعيد الاحتمال ، ومع أنه قد ثبت حديثاً تحت ظروف التجارب المعملية أن هذه الخلايا تستطيع تكديس تشكيلة عظيمة من الجزيئات الغروية بداخلها فان دورها الطبيعى الفعلى لازال يتطلب التحقيق .



شكل (١٢٤) : خليتان من خلايا التفروسايتات

٤ — الجدار الجسمى الخارجى (The Body wall):

يعمل الجدار الجسمى فى بعض الحشرات كعضو إخراجى تخزينى بصفة غير مباشرة . ففى الفراشات وأبى دقيقات من رتبة حرشفية الأجنحة يخزن فى جدار الجسم جزء كبير من المواد المتخلفة عن التمثيل الغذائى مثل أملاح اليورات (urates) . فمثلا ثبت أن منشأ اللون الأصفر أو الأبيض فى أبى دقيق الكرنب (Pieris rapae) يرجع إلى وجود أملاح حمض البوليك مخزنة فى جدار الجسم ومرسبة فى جدران حراشيف الأجنحة .

٥ — الخلايا النبيذية أو الأينوسايتات (Oenocytes) :

وهى خلايا معينة لونها بلون النبيذ الأصفر (ومن هنا اشتق اسمها) وكبيرة الحجم غالباً بل وتعتبر من أضخم الخلايا الجسمية حجماً إذ تصل أحيانا إلى حوالى ١٨٠ مايكرون فى العرض . وتوجد فى السيرقات والحشرات اليافعة لجميع الرتب الحشرية . ومن أخص صفاتها كون النواة كبيرة والسيتوبلازم كثيف ومحب لصبغة الإيوسين ومحدود خارجياً

بغشاء تحديدى . وهى تنشأ فى الجنين من الإكتوديرم أو الهايبوديرمس كمجاميع من خلايا واقعة بالحلقات إلى الخلف مباشرة من الانغمادات التى سوف تصنع الثغور التنفسية . وأحيانا تظل الخلايا النبيذية وثيقة الالتحاق بقواعد الخلايا الهايبوديرمية فيما بينها وبين الغشاء القاعدى كما فى الصرصار بلاتا (Blatta) ، ولكنها فى أحيان أخرى تصبح بارزة بداخل التجويف الجسمى الدموى أو تنفصل عن الهايبوديرمس ثم تهاجر إما لتصبح مبعثرة فى أنحاء الجسم الدهنى السطحى كما فى الجـرادة لوكاستا (Locusta) وفى بعوضة الأنوفيلس (Anopheles) وإما لتصبح مستقرة فى حشود طويلة على كتب من القصبات الهوائية الثغرية كما فى حشرات رتبة حرشفية الأجنحة .

ولقد كان المعتقد أن للخلايا النبيذية وظيفة إخراجية تخزينية بامتصاص المواد الغريبة من الدم ثم اختزانها بداخلها . ولكن وجد أن هذه الخلايا تظهر بها دورة من التغيرات المورفولوجيـة والنشاط الإفرازى فى وقت كل انسلاخ فتكبر كثيرا فى الحجم قبيل تلك العملية مباشرة كما ويصبح السيتوبلازم محتويا على فجوات بل وقد تصير الخلايا متفصصة كما فى حشرة رودنياس (Rhodinus) . ومن هنا جاء الاعتقاد بأنها لربما تقوم بصنع بعض المواد المستخدمة فى بناء الكيوتيكل ولاسيما مادة الطبقة الكيوتيكيولينية من الإبيكيوتيكل . وقيل أيضاً بأنها ربما تفرز هورمون الانسلاخ او تفرز انزيمات تذيب المواد المختزنة فى الأجسام الدهنية لكى تستفيد بها الحشرة . وكذلك يظن أنها هى التى تفرز المادة الشمعية الشحيمة التى تغطى سطح الجدار الجسمى للصرصار .

الجهاز العضلى

(The Muscular System)

للحشرات جهاز عضلى معقد التركيب يتحكم فى حركة الجسم وزوائده وبعض أجهزته الداخلية . ويتكون هذا الجهاز من جزئين رئيسيين هما :

١ — الجهاز العضلى الهيكلى (Skeletal or Somatic M.S): ويقع تحت جدار الجسم ووظيفته تحريك حلقات الجسم وزوائده . وفيه يتكون العضل من ألياف متوازية كبيرة الحجم .

٢ — الجهاز العضلى الحشوى (Splanchnic or Visceral M.S.): وهو الذى يغلف الأجهزة الداخلية المختلفة ، وفيه يتكون العضل من ألياف طولية وأخرى دائرية ، وقد تكثر الطولية فى مكان والدائرية فى مكان آخر أو قد يتبادل النوعان مع بعضهما البعض فى نفس المكان .

والعضلات التابعة للجهازين السابقين على السواء تكون إما عديمة اللون أو رمادية فاتحة ما عدا عضلات الأجنحة فتكون مصفرة أو برتقالية أو بنية باهتة . وجميع هذه العضلات تكون أيضاً مخططة تخطيطاً مستعرضا فتختلف بذلك عن عضلات الفقاريات وكثير من الحيوانات الأخرى . وحتى اللويفات العضلية الرهيفة المكونة لجدار القلب والمغلفة للقناة الهضمية وأحشاء أخرى فيظهر فيها هذا التخطيط إذا ما صبغت بطريقة صحيحة لائقة .

والعضل الواحد بكل من الجهازين السابقين هو عبارة عن تركيب ليفى متألف من عدة لويفات عضلية (Sarcostyles or myofibrils) موازية لبعضها البعض ومطمورة فى مادة مالئة (matrix) مصنوعة من مادة سيتوبلازمية محتوية على نوايا وتعرف بالبلازم العضلى أو الساركوبلازم

(sarcoplasm) . والأغلب أن يصنع هذا الساركوبلازم طبقة سطحية ضامة تعرف بالجلد العضلى أى الساركولما (sarcolemma) ، إلا أنه قد يشكل لباً مركزياً أسطوانياً تصطف من حوله اللويفات العضلية . وتتكون كل لويفة عضلية من مناطق عرضية متتابعة بحيث أن منطقة فاتحة (مضيئة isotropic) تكون متلوة بمنطقة غامقة (معتمة anisotropic) . ولما كانت اللويفات العضلية متجاورة فان كلا من هذين النوعين من المناطق يصبح متصلا وهو الأمر الذى يعطى الليفة العضلية برمتها مظهرها المخطط تخطيطاً عرضياً مميزاً .

نظام ترتيب العضلات (Myology or Arrangement of Muscles):

يحتوى جسم الحشرة على عدد كبير من العضلات ، فقد يصل عدد العضلات الهيكلية وحدها إلى نحو ٢٠٠٠ عضلة كما فى يرقات رتبة حرشفية الأجنحة . وتتصل العضلات الهيكلية بالجدار الجسمى بطرق مختلفة ، فأحيانا تكون متصلة بخلايا هايبوديرمية غير متحورة ، ولكن الأغلب أن تكون تلك الخلايا معبورة عند موضع الاتصال بألياف رفيعة تعرف باللويفات المثبتة (tonofibrillae) وهى خيوط كيوتيكلية ممتدة بداخل الخلايا وتكون مصاحبة لكل لويفة عضلية بل وأحيانا تكون متواصلة مع مناطق متميزة خصيصاً من الكيوتيكل الذى يعلوها . وأما العضلات الهيكلية الأقوى فتكون متصلة غالباً إلى نتوءات مخصوصة بارزة من الكيوتيكل إلى داخل الفراغ الجسمى والتى قد تأخذ شكل نتوءات هيكلية داخليـــة (apodemes) أنبوبية أو عصوية أو تأخذ هيئة حواجز (phragmata) مبططة شبيهة بالصفائح .

والقوة العضلية النسبية فى الحشرات عظيمة جداً وهى تتناسب عكسياً مع الوزن ، فبعض الحشرات قادرة على رفع وزن أثقل من أجسامها بحوالى

٤٠ مرة كما وأن بعضها أيضاً يستطيع القفز لمسافات بعيدة نسبياً ، ومن هنا جاء الاعتقاد المشهور بأن الجهاز العضلى فى الحشرات أقوى بكثير منه فى الفقاريات ، ولكن الواقع هو أنه من حيث معظم الخواص الفسيولوجية لا توجد فروق كبيرة بين عضلات الحشرات والفقاريات بل وأن التغيرات البيوكيميائية المصاحبة للانقباض تكون متشابهة فى المجموعتين .

وتحتوى الفقرة التالية على بيان بأهم ما يوجد فى حشرة غير متخصصة من العضلات الهيكلية التى بأجمعها تقريباً تكون متواجدة فى أزواج نظرا لتماثل جسم الحشرة تماثلا جانبياً . وكل عضل يكون متصلا من أحد طرفيه (وهو الطرف المعروف بالمنبع أو المنشأ origin) بجزء ثابت من الهيكل الجسمى الخارجى ثم من الطرف الآخر (وهو الطرف المعروف بالمندغم insertion) بالجزء المزمع تحريكه . وفيما يختص بالزوائد فان العضلات تكون إما برانية أى أجنبيـة (extrinsic) وإما جوانية أى ذاتية (intrinsic) . فالعضلات البرانية (extrinsic muscles) تنشأ من خارج الزائدة ثم تندغم بقرب قاعدتها ، وهى مختصة أساسياً بحركات الزائدة كوحدة واحدة . وأما العضلات الجوانية أى الذاتية (intrinsic muscles) فتكون منابعها ومندغماتها كائنة بداخل الزائدة وتقوم بتحريك كل عقلة من عقلها مستقلة عن الأخرى . وتشتق أسماء العضلات المتنوعة من مقار مناشئها ومندغماتها كأن يقال مثلا عضل بلورى حرقفى (pleurocoxal muscles) أو من واقع وظائفها كأن يقال مثلا عضل رافع للساق (tibial levator) ، وربما كانت الطريقة الأخيرة هى الأفيد بوجه عام مع أنها قد تؤدى إلى بعض الارتباك أثناء دراسة تجانسات العضلات نظرا لأن الفروقات

الضئيلة فى الموضع قد تؤدى إلى تغيرات هامة فى الوظيفة . والعضلات التى يترتب على انقباضها تحرك الزائدة فى مستو أفقى إلى الأمام وإلى الخلف تعرف على الترتيب بالعضلات التقديمية أو الممدة (promotors or protractors) والعضلات التأخيرية أو الرادة (remotors or retractors) أما العضلات التى تحرك الزائدة رأسياً فمنها ما يرفعها إلى أعلى وتسمى العضلات الرافعة (levators) ، ومنها ما يخفضها إلى أسفل وتسمى العضلات الخافضة (depressors) . بينما العضلات القابضة أو المثنية (flexors) فهى التى تجر جزءاً نحو جزء آخر كأن تسحب عقلة من عقل زائدة تجاه العقلة المجاورة لها ، والعضلات الباسطة أو الفاردة (extensors) هى التى تقوم على العكس بزحزحة جزئين عن بعضهما . وهناك العضلات المعروفة بالعضلات المقربة (adductors) وهى التى تقرب زائدة من الزوائد إلى مثيلتها على الجانب الآخر من الجسم . بينما العضلات المسماة بالعضلات المبعدة (abductors) فتقوم بابعاد الاثنتين عن بعضهما . وأخيرا فهناك عضلات تعمل على لف زائدة أو جزء وهى تعرف بالعضلات اللفافة أو التدويرية (rotators) .

وتشتمل العضلات الهيكلية على عضلات بالرأس وعضلات بالصدر وعضلات بالبطن وذلك كالآتى :

عضلات الرأس (The Head Muscles) :

أهم العضلات الموجودة بالرأس وزوائدها ما يأتى :

(ا) العضلات الباسطة للسيباريوم والبلعوم (cibarial and pharyngeal dilators) وتمتد على التوالى من الدرقة إلى الجدار الظهرى للسيباريوم (وهو الحجرة الاستقبالية من التجويف قبل الفمى) ومن الجبهة إلى البلعوم .

ويعمل أحد هذه العضلات أو كلاهما على تشغيل المضخة الماصة للغذاء بالحشرات المتخصصة مثل نصفية الأجنحة (Hemiptera) ويرقات الخنافس المائية من فصيلة دايتيسكيدى (Dytiscidae) .

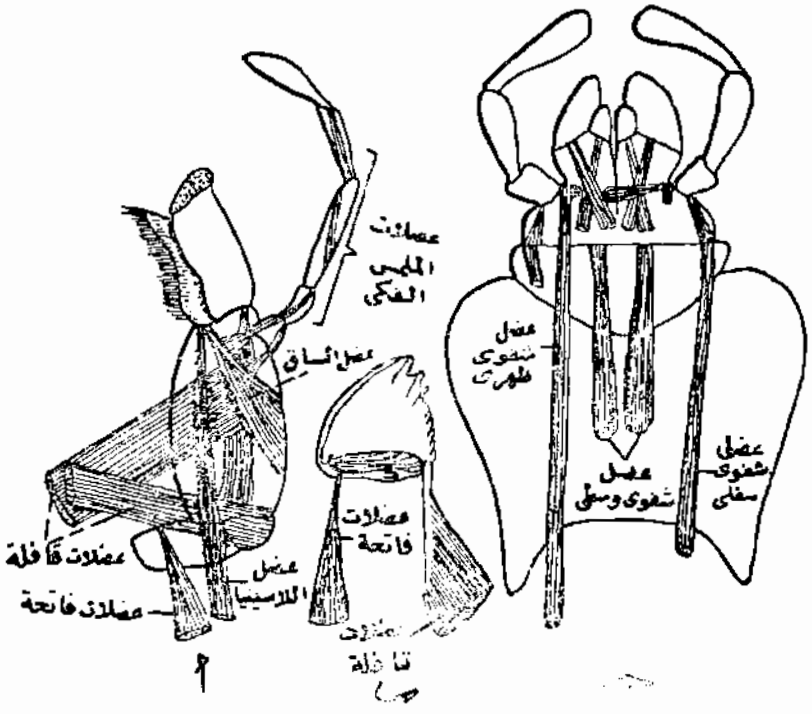
(ب) عضلات قرن الاستشعار ، وتشمل عضلان برانيان أى أجنبيان (extrinsic) أحدهما رافع (levator) والآخر خافض(depressor) وكلاهما ناشىء من الهيكل الداخلى للرأس ثم يندغم على قاعدة عقلة الأصل. ولا توجد بقرن الاستشعار فى معظم الحشرات عضلات أخرى إلا عضلان جوانيان أى ذاتيان (intrinsic) هما العضل الممدد (protractor) والعضل الراد (retractor) للشمروخ وهما ينشآن داخلياً من على قاعدة الأصل ثم يندغمان على قاعدة العذق . ومع كل فى حشرات رتبتى ديبلورا وكوليمبولا توجد عضلات جوانية أى ذاتية فى كل عقلة من عقل الشمروخ عدا الأخيرة الطرفية .

(ج) عضلات أجزاء الفم ، وتشمل الآتى :

١ — عضلات الشفة العليا ، وهى زوج أمامى من العضلات الرافعة (levators) ينشأ من على الجبهة ثم يندغم على الوجه الأمامى للشفة العليا ، وزوج خلفى من العضلات الخافضة (depressors) ينشأ أيضاً من على الجبهة ولكنه يندغم على السطح الخلفى للشفة العليا .

٢ — عضلات الفك العلوى (شكل ١٢٥ ب)، وتشمل عضلا مقرباً (addutor) ناشئاً من على الجزء الظهرى الجانبى لجدار الرأس ثم يندغم على الهامش القاعدى الداخلى الفك العلوى ، وعضلا مبعدا (abductor) ينشأ خارجياً بالنسبة للعضل المقرب ثم يندغم على الزاوية القاعدية الخارجية من الفك العلوى .

٣ — عضلات الفك السفلى (شكل ١٢٥ أ) . وتشمل العضلات اللفافة للكاردو (rotators of the cardo) التى تنشأ من على الجدار الظهرى للرأس ثم تندغم على الكاردو ، والعضلات المقربة (adductors) التى تندغم على الكاردو والساق وتنشأ من على الهيكل الداخلى للرأس ، بالإضافة إلى عضل جمجمى قابض للاسينيا (cranial flexor of lacinia) وهو عضل طويل نحيف ينشأ من على المنطقة القفوية للرأس ويندغم على اللاسينيا ، كما وينشأ من على الساق العضل الساقى القابض للاسينيا (stipital flexor of lacinia) والعضل القابض للجاليا (flexor of lacinia) والعضل الرافع (levator)



شكل (١٢٥) : عضلات أجزاء الفم . أ — الفك السفلى . ب — الفك العلوى . جـ — الشفة السفلى .

والعضل الخافض (depressor) للملمس الفكى . وكذلك قد تحتوى كل عقلة من عقل الملمس الفكى على عضلات ملمسية جوانية أى ذاتيـــة (intrinsic palp muscles) .

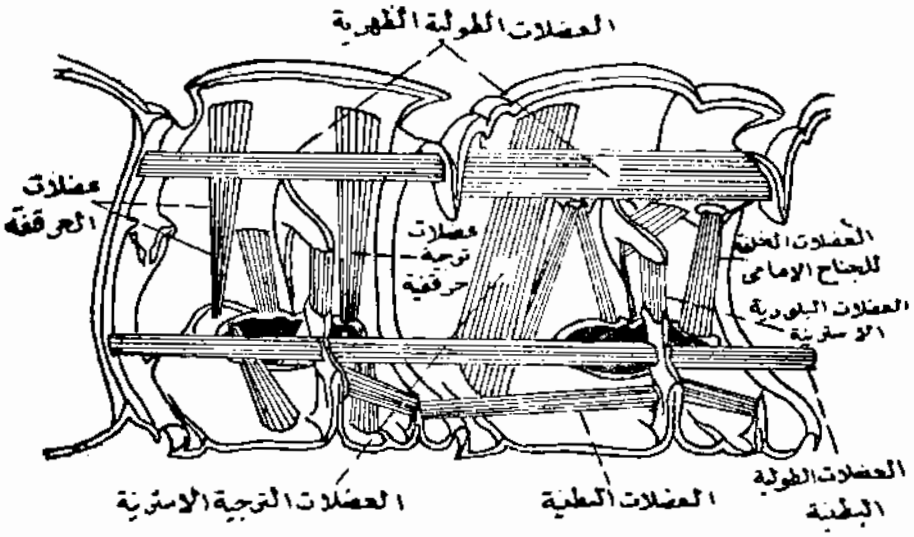
٤ — عضلات الشفة السفلى (شكل ١٢٥ جـ) ، وهذه كلها عضلات برانية أى آجنبية (extrinsic) وتشمل العضلات الظهرية والسفلية لمقدم الذقن (dorsal and ventral premental muscles) وهى تنشأ من على الهيكل الداخلى للرأس ثم تندغم على الترتيب على الحد القاصى والحد الدانى من مقدم الذقن ، وزوج العضـــلات الوسطانية لمقدم الذقن (median premental muscles) وهما ناشئان من على مؤخر الذقن أو تحت الذقن ثم يندغمان على الهامش الدانى لمقدم الذقن ، والعضلات المحركة للجلوستين وللباراجلوستين وللملمسين الشفويين وهى ناشئة فى مقدم الذقن وتضاهى العضلات الساقية للفك السفلى . ولكن فى الشفة السفلى لا يوجد مثيل للعضل الحمجمى القابض للاسينيا .

(د) عضلات الرقبة (cervical muscles) : تتحكم هذه العضلات فى حركة الرأس ، وتشمل عضلات ذات وظائف مختلفة فمنها عضلات رافعة وخافضة وقابضة ولفافة . وقد جاء ذكر بعضها آنفاً عند وصف الرقبـــة .

عضلات الصـــدر (The Thoracic Muscles) :

تشمل هذه العضلات (شكل ١٢٦) ما يلى :

(ا) العضلات الظهرية الطولية (dorsal longitudinal muscles) وهى مرتبطة إلى الحواجز الداخلية (phragmata) المتتالية . وتكون هذه العضلات أجود نموا فى الحلقات الصدرية الحاملة للاجنحة حيث نشاهدها



شكل (١٢٦) : منظر جانبى من الداخل يوضح عضلات الصدر الأمامى والمتوسط .

تصنع العضلات الخافضة للأجنحة ، بينما فى الحشرات عديمة الأجنحة أو الضعيفة الطيران فتكون تلك العضلات مختزلة أو غائبة . وفى الحلقة الصدرية الأمامية تكون هذه العضلات أصأل منزلة ومتصلة إلى المنطقة المؤخرية (القفوية) من الرأس .

(ب) العضلات السفلية الطولية (ventral longitudinal muscles) وهى ممتدة فيما بين النتوءات الهيكلية الاسترنية وبعضها ، ثم تمضى فى الصدر الأمامى إلى الرأس حيث تندغم على القفا (occiput) أو على الهيكل الداخلى للرأس .

(ج) العضلات السفلية المائلة أو المنحرفة (ventral oblique muscles) وهى تشمل سلاسل أمامية وخلفية من عضلات ناشئة من على النتوءات

الهيكلية الاسترنية ثم ترتبط إلى الشوكة الهيكلية (spina) للحلقة السابقة والحلقة اللاحقة على التوالى .

(د) العضلات الظهرية السفلية أو الترجيـــة الاسترنيـــة (dorsoventral or tergosternal muscles) وهى التى تعمل كعضلات رافعة للأجنحة بمعنى أنها متضادة المفعول مع العضلات الظهرية الطولية إلا انهما معا يعرفان بالعضلات غير المباشرة للأجنحة نظرا لكون اندغاماتهما ليس لها صلة بقواعد الأجنحة . والعضلات الظهرية السفلية لا توجد فى الصدر الأمامى بينما فى الحشرات التى لا تطير فهى تكون مختزلة .

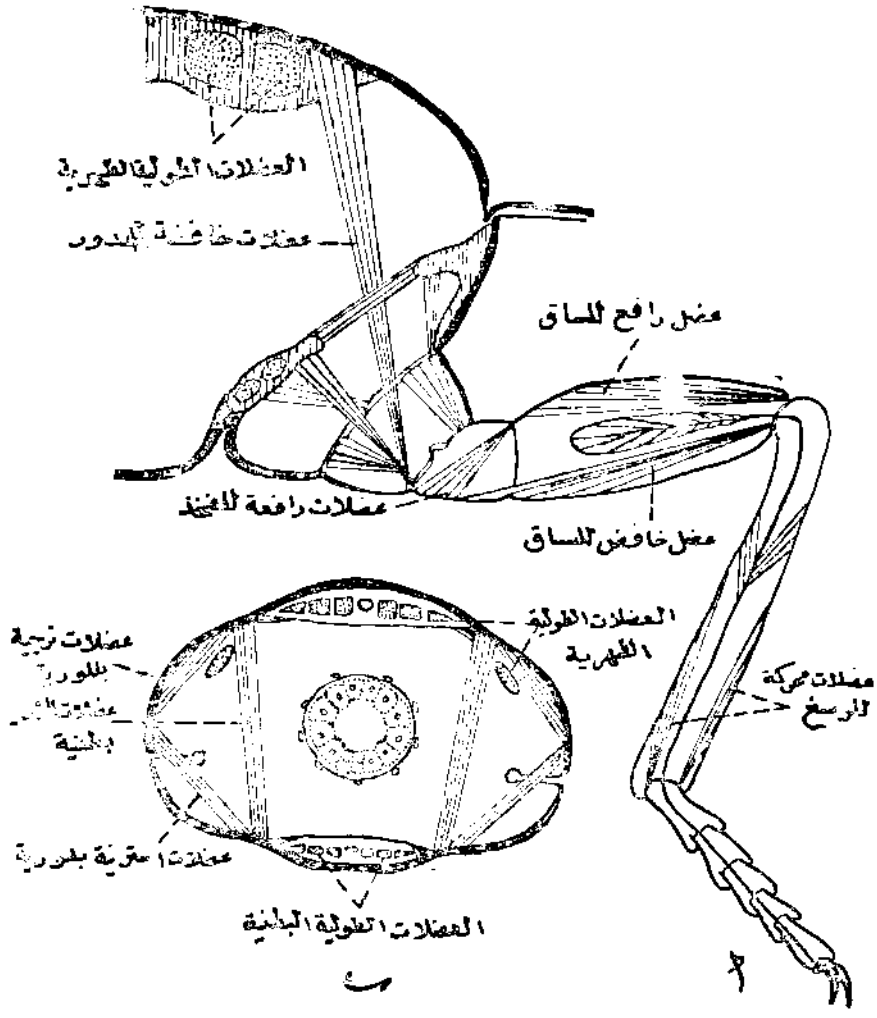
(هـ) العضلات البلورية أو الجنبية (pleural muscles) وهى التى تعرف بالعضلات الجناحيـة المباشرة نظرا لأنها تتصل بقواعد الأجنحة أو على مقربة شديدة منها . وهى تشتمل على العضلات الآتية :

١ — العضلات الأمامية الباسطة للجناح (anterior extensors of the wing) وهى ناشئة من البلورة وهامش الحرقفة ثم تندغم على الصليبة الجناحية البلورية القاعدية الأمامية تحت قاعدة الجناح .

٢ — العضل الخلفى الباسط للجناح (posterior extensor of the wing) وينشأ من على هامش حرقفة حلقته ثم يندغم على الصليبة الجناحية البلورية القاعدية الخلفية تحت قاعدة الجناح .

٣ — العضل القابض للجناح (flexor of the wing) وينشأ من على الحيد البلورى ثم يندغم على قاعدة الجناح .

(و) عضلات الأرجل (leg muscles) وهى موضحة فى شكل (١٢٧ آ) وتشمل سلسلة عضلات برانية وأخرى جوانية . وتختص سلسلة



شكل (١٢٧) أ — قطاع بين العضلات البرانية والحوانية للرجل .
ب — قطاع عرضى فى بطن الحشرة يبين العضلات البطنية .

العضلات البرانية بتحريك الرجل كلها كوحدة واحدة ، بينما تعمل سلسلة العضلات الحوانية على تحريك عقل الرجل المختلفة .

فالسلسلة البرانية (extrinsic series) تشتمل على العضلات الآتية :

١ — العضل الممدد والعضل الراد للحرقفة

(promotor and remotorof the coxa) ، وكلاهما ناشىء من على الترجة ثم يندغم الأول على التروكانتين والثانى على الحرقفة ، وهما يعملان على تحريك الرجل نحو الأمام ونحو الخلف فى مستو أفقى .

٢ — العضل المبعد والعضل المقرب للحرقفة

(abductor and adductor of the coxa) ، وينشأ أولهما من على الباورة وثانيهما من على الاسترنة ، وهما يعملان على تحريك الرجل إلى أعلى وإلى أسفـــل .

٣ — اللفافان الأمامى والخلفى للحرقفة

(anterior and posterior rotators of the coxa) وهما ناشئان من على الاسترنة ويعملان على لف الرجل جزئياً .

٤ — العضل الخافض للمدور (depressor of the trochanter) وهو عبارة عن مجموعة عضلات ناشئة من على الترجة والمدراة الهيكلية الداخلية (furca) والهامش السفلى للحرقفة . وحينما يكون التمفصل ما بين الفخذ والمدور ثابتاً فان هذا العضل يعمل كخافض للرجل .

أما السلسلة الحوانية (intrinsic series) فتشتمل على العضلات الآتية :

١ — العضل الرافع للمدور (levator of the trochanter) وينشأ من على قاعدة الحرقفة ثم يندغم فى قاعدة المدور . وكما فى حالة العضل الخافض فان هذا العضل يحرك الرجل برمتها إلى أعلى حالما يكون التمفصل ما بين الفخـــذ والمدور ثابتاً .

٢ — العضل الرافع للفخذ (levator of the femur) وهو العضل الوحيد المحرك للفخذ وينشأ سفلياً من على المدور ثم يرتبط إلى طرف الناحية

الظهرية من قاعدة الفخذ ، وهو غير موجود فى الرجلين الخلفيتين للجراد وصراصير الغيط .

٣ — العضل الرافع والعضل الخافض للساق

(levator and depressor of the tibia) وهما يشغلان معظم حيز تجويف الفخذ.

٤ — العضل الراد للمخلبين (retractor of the claws) وهو عضل فردى له نقط ارتباطية على الفخذ ثم يندغم وتره الطويل على الصفيحة الساحبة للمخلبين التابعة للرسغ الأقصى . وهو يقوم بجذب المخلبين إلى أسفل وتجاه الرسغ ، وأما انفراد المخلبين ثانية فيتم بواسطة مرونة اجزائهما الدعامية القاعدية .

٥ — العضل الرافع والعضل الخافض للرسغ

(levator and depressor of the tarsus) وهما ناشئان فى النصف القاصى من الساق ثم يندغم الأول على الحد الظهرى والثانى على الحد السفلى من قاعدة العقلة الرسغية الأولى .

عضلات البطن (The abdominal Muscles) :

بسبب عدم وجود أرجل وأجنحة فى البطن أصبح تعضيلها فى غاية البساطة ، إلا ان هناك عضلات مخصوصة ملتحقة بآلة وضع البيض فى الأنثى أو بآلة السفاد فى الذكر . وفيما يلى أهم العضلات الرئيسية الموجودة بالبطن (شكل ١٢٧ ب) :

(ا) عضلات ظهرية طولية (dorsal longitudinal muscles) وهى تنشأ وتتصل بالثنيات الظهرية الموجودة بين الحلقات. وتوجد هذه العضلات فى سلسلة ممتدة على كل جانب من جانبى القلب .

(ب) عضلات سفلية طولية (ventral longitudinal muscles) وهى المناظرة للعضلات الظهرية الطولية السابقة وتمتد على كل جانب من جانبي الحبل العصبي السفلي .

(جـ) عضلات ظهرية سفلية (dorsoventral or tergosternal muscles) وهى تمتد من الترجات إلى الاسترنات وتقع إما بداخل الحلقات الحاوية لمناشئها أو تعبر من حلقة إلى الحلقة التالية . وتقوم هذه العضلات بضغط البطن وهى تلعب دوراً هاماً أثناء عملية التنفس .

(د) عضلات بلورية أو أجنبية (pleural muscles) وتشمل سلسلة عضلات تربط الترجات بالبلورات (tergopleural series) وسلسلة أخرى تربط الاسترنات بالبلورات (sternopleural series) . وتعمل هذه العضلات فى بعض الحشرات كعضلات فاتحة وقافلة للثغور التنفسية .

الجهاز التناسلى

The Reproductive System

تتشابه أعضاء التناسل فى ذكور وإناث الحشرات أثناء النمو الجنينى ، ولكنها تتميز بعد ذلك فى الجنسين خلال مرحلة النمو بعد الجنينى . وفى الحشرات الأولية لاتزال أعضاء التناسل متشابهة فى الذكر والأنثى ، وأما فى الحشرات الراقية فان الجهاز التناسلى يختلف كثيرا فى ذكور وإناث الأنواع المختلفة . وتتكون أعضاء التناسل من جزئين رئيسين هما :

(ا) أعضاء التناسل الداخلية (internal reproductive organs) : وتتركب بصفة أساسية من الآتى :

١ — زوج من المناسل (gonads) المشتقة من الميزوديرم وتقومان بافراز البويضات فى الأنثى و الحيوانات المنوية فى الذكر .

٢ — مجموعة من القنوات المخرجة (efferent ducts) بعضها ينشأ من الميزوديرم والبعض الآخر من الإكتوديرم .

٣ — بعض الملحقات (annexes) كمثل الغدد الزائدة (accessory glands) والتراكيب التى تقوم باستقبال وتخزين الحيوانات المنوية بنحو مؤقت .

(ب) أعضاء التناسل الخارجية (external genitalia) : وهى وثيقة الالتحاق بالفتحات الخارجية للجهاز التناسلى ، ومثلها آلة وضع البيض فى الأنثى وآلة السفاد فى الذكر وقد سبق وصفهما .

وتشكل هذه التراكيب مجتمعـــــة الصفات الجنسية الابتدائيـــــة (primary sexual characters) حيث تظهر من الاختلافات ما يميز الذكر عن الأنثى إلا أن هناك صفات أخرى لا ترتبط بأعضاء التناسل ولكنها تستعمل فى نفس الغرض وتعرف بالصفات الجنسية الثانوية (Secondary sexual characters) فقد تظهر قرون الاستشعار اختلافات تركيبية فى كل من ذكر وأنثى النوع الواحد كالحال فى بعض الفراشات ، وقد يميز الذكر عن الأنثى بقع لونية على الأجنحة يختلف عددها فى كل منهما كما فى أبى دقيق الكرنب ، وكذلك تعتبر المسافة بين العينين المركبتين مميزا ثانوياً هامـــا فى كثير من الحشرات مثل ذبابة مسرى أى التابانا .

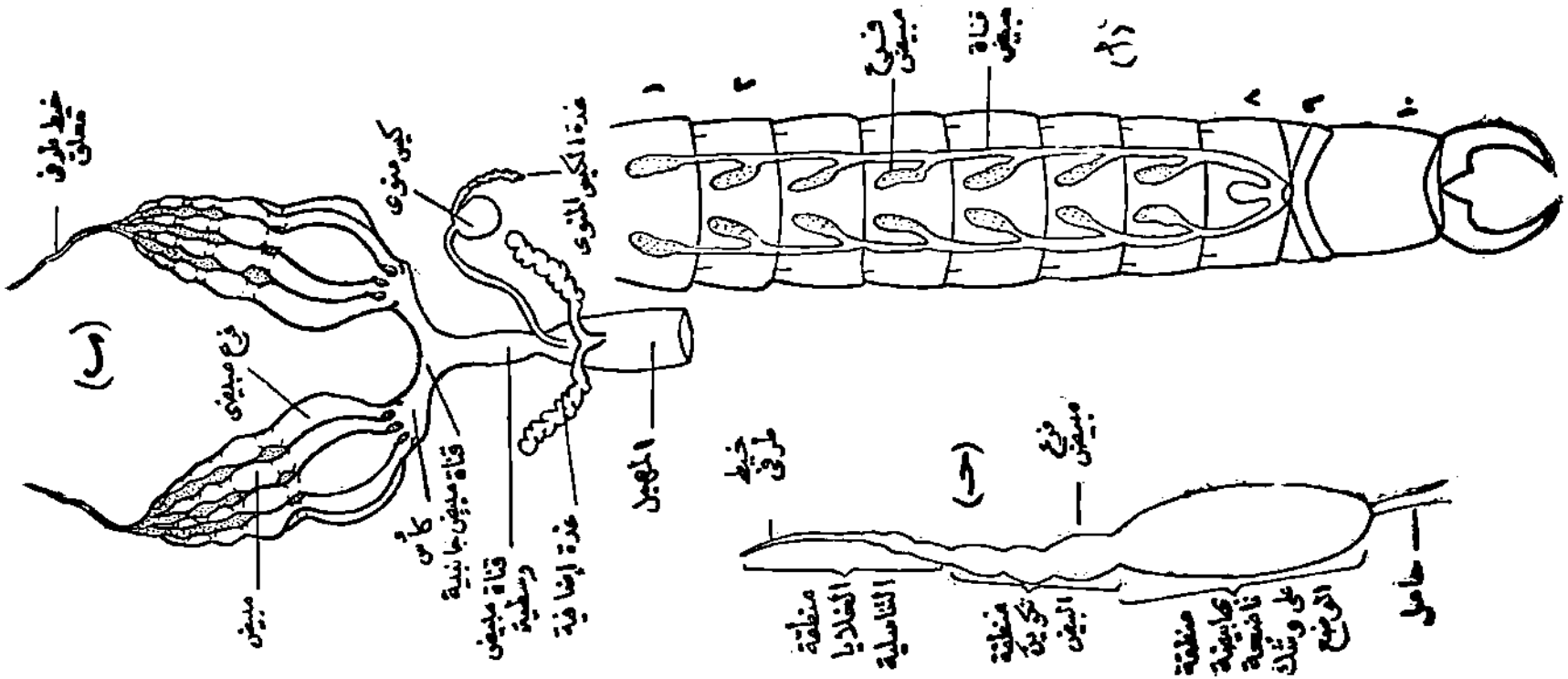
ويندر أن توجد بالحشرات خناث (her naphrodites) ، حيث تقترن ظاهرة التخنث (hermaphroditism) بوجود أعضاء التناسل الأولية المذكرة والمؤنثة معاً فى الفرد الواحد كما فى البق الدقيق الاسترالى (Icerya purchasi) الذى قد لا تظهر ذكوره فى بعض البيئات ، وفى هذه الحالة تحتوى الإناث على مبايض وخصيات تفرز بيضاً وحيوانات منوية وبذلك يتم الإخصاب ذاتياً وتضع الإناث بيضاً مخصباً .

وسوف نتناول هنا وصف أجهزة التناسل الداخلية حيث أنه قد سبق وصف أعضاء التناسل الخارجية من قبل .

الجهاز التناسلى فى الانثى

The Female Reproductive System

تتركب أعضاء التناسل فى أنثى الحشرات (شكل ١٢٨ ب) من زوج من المناسل المعروفة بالمبيضين (ovaries) ووظيفتهما إفراز البيض وقذفه إلى داخل قناتين أنبوبيتين جانبيتين تعرفان بالقناتين المبيضيتين (oviducts) وهما ناشئتان دائماً تقريباً من الميزوديرم . وفى الحشرات المعروفة بذباب مايو (mayflies) تفتح كل من القناتين المبيضيتين بفتحة تناسلية مستقلة تقع خلف الاسترنة البطنية السابعة ، وتمثل هذه الظاهرة الحالة البدائية الجارية فى الأطوار غير البالغة لمعظم الحشرات . وأما فى الإناث البالغة لبقية الحشرات فتتحد القناتان المبيضيتان ببعضهما ثم تتصلان بقناة واحدة وسطية تعرف بالقناة المبيضية المشتركة (common oviduct) والتى تتسع فى نهايتها مكونة المهبل (vagina) الذى يفتح بفتحة تناسلية خارجية واقعة خلف الاسترنة البطنية الثامنة أو التاسعة . وينشأ المهبل والقناة المبيضية المشتركة من انبعاج الإكتوديرم إلى الداخل . ومن مثل هذه الانغمادات الإكتوديرمية ينشأ أيضاً الكيس المنوى (spermatheca) أى القابلة المنوية (receptaculum seminis) وزوج من الغدد الإضافية أى الزائدة (accessory glands) ، وتفتح هذه التراكيب عادة فى الحشرة اليافعة بقنوات قصيرة فى المهبل أو القناة المبيضية المشتركة .



شكل (١٢٨) : الجهاز التناسلي في أنثى الحشرات . أ — نموذج في أنثى حشرة أولية (Heterojapyx sp.) . ب — النموذج العام . جـ — فرع مبيض .

(أولا) : المبايض (The ovaries) :

يتركب كل مبيض (شكل ١٢٨ ب) من عدة أنابيب أو فروع مبيضية (egg-tubes or ovarioles) تغلف جميعها فى بعض الأحيان فقط بغشاء خارجى بحيث تؤلف عضوا متضاماً . وقد تفتح الفروع المبيضية فى القناة المبيضية الجانبية (Lateral oviduct) بفتحات مرتبة الواحدة تلو الأخرى ، أو تكون الفروع المبيضية مصطفة بكيفية تشعبية ثم تفتح جميعاً فى القناة فى موقع واحد تقريباً . ويختلف عدد الفروع المبيضية باختلاف الحشرات فيتراوح فى المعتاد من ٤ إلى ٨ فى المبيض الواحد ، إذ أن هـــذا العدد قد يربو على ٢٠٠ فرع فى بعض حشرات رتبة غشائية الأجنحة بل وحتى قد يزيد عن ذلك فى ملكات النمل الأبيض من رتبة متساوية الأجنحة ، بينما على العكس فلا يتألف كل مبيض فى بعض الحشرات الولودة (viviparous) من رتبة ذات الجناحين إلا من فرع مبيضى واحد فحسب .

ويتركب الفرع المبيضى النموذجى (شكل ١٢٨ جـ) من ثلاثة مناطق متوالية وهى الخيط النهائى والمنطقة الحرثومية والمنطقة الانضاجية . وذلك كالآتى :

١ — الخيط النهائى (terminal filament) : وهو خيـــط رفيع بالطرف الأقصى للفرع المبيضى . والمعتاد أن تتحد جميع الخيوط النهائية لفروع المبيض الواحد ببعضها لتصنع خيطاً مشتركا يعرف بالرباط المعلق (suspensory ligament) (كما فى شكل ١٢٨ ب) الذى يتلاقى مع زميله الخاص بالمبيض الآخر فى الخط الجسمى الوسطى ليثبتا المبيضين فى الجدار الجسمى او فى جدار الجزء الخلفى من القناة الهضمية .

٢ — المنطقة الحرثومية أو الجرماريم (germarium) : وهى الموجودة بقمة الفرع المبيضى ، وتحتوى على الخلايا الحرثومية البدائية أو الأوجونيات (primordial germ cells or oogonia) التى فيما بعد تصير متميزة إلى خلايا بويضية أى أوسايتات (oocytes) وإلى خلايا مرضعة أى تروفوسايتات (nurse - cells or trophocytes) إذا كان مقـــدراً للأخيرة أن توجـــد .

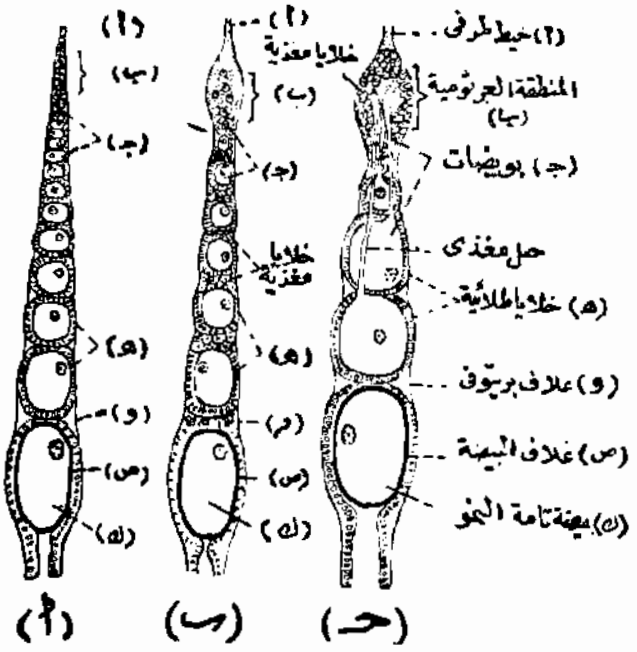
٣ — منطقة الانضاج أو الفايتلاريم (vitellarium) : وهى تقع أسفل المنطقة الحرثومية وتمتد حتى قاعدة الفرع المبيضى المتخذة شكل عذق (pedicel) قصير . وتتألف هذه المنطقة الانضاجية من سلسلة طويلة من البويضات فى درجات متتالية من النمو والمرصوصة بحيث أن أصغرها حجماً وأحدثها عمراً هى البويضات الأقرب ما يكون إلى المنطقة الحرثومية. وكلما نمت البويضات بايداع المح فيها فانها تنفخ الفرع المبيضى فى صورة سلسلة من الحويصلات أو الحجرات البويضية (follicles or egg-chambers) وتكون كل بويضة مطوقة خارجياً بطبقة من طلائية الحويصلة والتى تفرز فى النهاية قشرة البيضة (chorion or egg-shell) . وفى بعض الحشرات تكون البويضات الموجودة عند قواعد الفروع المبيضية (وهى أكبر البويضات حجماً وأقدمها عمراً) هى التى استكملت النمو فقط وصارت مستعدة للانقذاف إلى القناة المبيضية ، بينما فى البعض الآخر فعظم البيضات تكون قد استكملت نموها عند حلول موعد ابتداء عملية وضع البيض .

طرز الفروع المبيضية (Types of Ovarioles) :

يتوقف نمو البيض داخل الأنابيب المبيضية على كمية المواد الغذائية التى تصل إليه عن طريق الدم أو من الغذاء المخزن فى الأجسام الدهنية . وتختلف أشكال الأنابيب المبيضية تبعاً لطريقة حصول البيض على غذائه وعلى وجود

أو غياب الخلايا المرضعة ومكان وجود هذه الخلايا . ويمكن تمييز ثلاثة طرز من الأنابيب المبيضية وهى :

١ — الطراز كلى البويضات (The panoistic type) : فى هـذا الطراز (شكل ١٢٩ أ) لا توجد خلايا مرضعة (nurse - cells) ، بل تستمد كل خلية بويضية نامية محها من الغلاف الطلائى المحيط بالحويصلة والذى يقوم بتصنيع مواد محرزة من الدم . ويعتبر هذا الطراز من الفروع المبيضية طرازاً أوليا ويوجد فى الحشرات عديمة الأجنحة وفى الرعاشات وحشرات رتبة مستقيمة الأجنحة وغير ذلك .



شكل (١٢٩) : أنواع فروع المبيض . أ — النوع البسيط . ب . النوع المتبادل . جـ — النوع الطرفى .

٢ — الطراز متعدد التغذية (The polytrophic type) : فى هـــذا الطراز (شكل ١٢٩ ب) تحصل البويضات على غذائها من الخلايا المرضعة التى توجد فى أنابيب المبيض . فتكون كل بويضة نامية مصحوبة بمجموعة متاخمة لها من الخلايا المرضعة المسئولة عن انتاج المح اللازم . ويوجد هذا الطراز فى أغلب إندوتريجوتا (Endopterygota) . وفى كثير من حشرات رتب شبكية الأجنحـة وغمدية الأجنحـة وغشائية الأجنحـة توجد الخلايا المرضعة داخل غرف تعلو حجرات البويضات ، وبذلك تتبـادل غرف الخلايا المرضعة مع حجرات البويضات . ولكن فى حشرات أخرى كما فى رتبتى ذات الجناحين وحرشفية الأجنحة لا توجد غرف خاصة للخلايا المرضعة بل توجد الأخيرة سائبة فوق خلايا البويضات .

٣ — الطراز قمى التغذية (The acrotrophic type) : فى هذا الطراز (شكل ١٢٩حـ) تكون الخلايا المرضعة مقصورة على مقدمة الأنبوبة المبيضية أى توجد فى المنطقة الحرثومية فقط وترسل هذه الخلايا المرضعة خيوط بروتوبلازمية تزداد فى الطـول باضطراد وتتصل بالأوساييات النامية فتمرر إليها المواد المغذية . ويوجد هذا الطراز فى بعض حشرات رتبـة غمدية الأجنحة وفى حشرات رتبة نصفية الأجنحة .

(ثانيا) القنوات التناسلية وملحقاتها :

(The genital ducts and associated structures)

تشكل القنوات التناسلية الجزء الثانى من الجهاز التناسلى الداخلى للأنثى ؛ وفيها تمر البويضات بعد خروجها من الأنابيب المبيضية حتى تصل إلى منطقة

خروجها فى الفتحة التناسلية . وتتحد أعذاق (pedicels) الأنابيب المبيضية لكل مبيض (شكل ١٢٨ ب) على شكل مجمع أو كأس (calyx) يفتح بدوره فى القناة المبيضية الجانبية (lateral oviduct) . وتتحد القناتان المبيضيتان الجانبيتان ببعضهما مكونتين لقناة وسطية تعرف بالقناة المبيضية المشتركة (common oviduct) والتى تمتد إلى أسفل ثم تتسع عند نهايتها لتصنع تجويفا تناسليا يعرف بالمهبل (vagina) . ويفتح المهبل إلى الخارج بالفتحة التناسلية التى تقع خلف الاسترنة البطنية الثامنة أو التاسعة ، ويحيط بالفتحة التناسلية آلة وضع البيض (ovipositor) .

وفى بعض الحشرات الولودة من رتبة ذات الجناحين يتسع المهبل مكونا غرفة ضخمة تعرف بالرحم (uterus) حيث يفقس البيض بداخلها ثم تبقى فيها اليرقات الفاقسة لمدد مختلفة (أحيانا تظل هناك حتى يتم نموها تماما) . وفى بعض الحشرات يفقس البيض أثناء خروجه من الرحم وتظهر اليرقات خارجيا .

وتشمل ملحقات القنوات التناسلية الغدد الإضافية والتراكيب الخاصة باستقبال الحيوانات المنوية وتخزينها مثل الكيس المنوى والكيس السفادى .

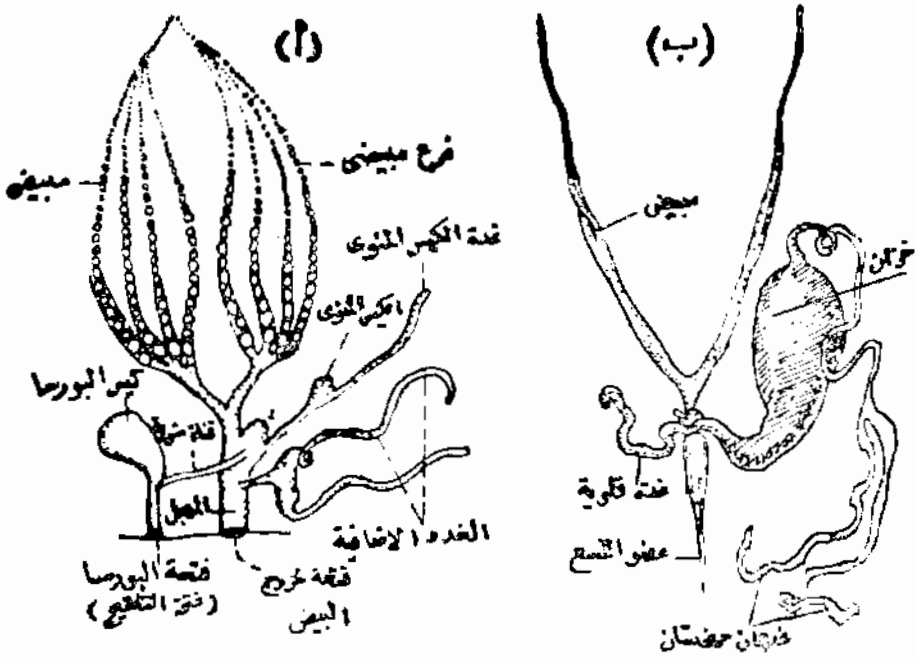
آ - الغـدد الإضافية أو الزائدة (The accessory glands) :

يتصل بالمهبل زوج من الغدد (شكل ١٢٨ ب ، ١٣٠ أ) يصبـــان إفرازاتهما فيه بواسطة قناتين صغيرتين منتهيتين بفتحتين مستقلتين أو بفتحة مشتركة بعد اتحاد القناتين ببعضهما على صورة قناة واحدة ، وتعرف هذه الغدد بالغـــدد الإضافية (accessory glands) أو الغدد الكتلية (Colleterial glands) وفى معظم الحشرات تفرز هذه الغدد مادة

لاصقة تلصق بها البيض إما إلى بعضه البعض أو إلى طبقة الوسط المزمع أن يوضع فوقه ، ولكن قد يستعمل ذلك الإفراز فى عمل أكياس البيض (oothecae or egg-capsules) وهى علب متصلبة يحتوى البيض بداخلها كما فى الصراصير وأفراس النبى ، أو فى صنع مواد رغوية يغطى بها البيض بعد وضعه . وفى الحشرات اللاسعة مثل شغالة نحلة العسل تتخصص هذه الغدد فى إفراز المواد السامة التى تستعملها الحشرة فى الدفاع عن نفسها ضد المعتدى حيث تفرز إحدى الغدد إفرازاً حمضياً وتفرز الأخرى إفرازاً قلوياً (شكل ١٣٠ ب) ومزيج الإفرازين هو الذى يحدث الأثر السام .

ب— الكيس المنوى أو القابلة المنوية (The spermatheca) :

لا يتم إخصاب البيض فى الحشرات عادة أثناء عملية التلقيح ، بل يحدث بعد هذه العملية بمدد تختلف باختلاف الأنواع . ولذا فان أعضاء التناسل الداخلية فى الأنثى مجهزة بتركيب يشبه الوعاء (شكل ١٢٨ ب و ١٣٠ أ) ويعرف بالكيس المنوى أو القابلة المنوية (spermatheca or receptaculum seminis) تخزن فيه الحيوانات المنوية المتلقاة بعد عملية التلقيح لحين استعمالها فى إخصاب البيض فى الوقت المناسب . وتفتح هذه القابلة المنوية غالباً فى المهبل وأحياناً فى القناة المبيضية المشتركة بواسطة قناة صغيرة تمر خلالها الحيوانات المنوية عن طريق مجرى مخصوص فى جدارها يعرف بمجرى الإخصاب (fertilization canal) ومنه تصب على البيض كلما وصل إلى القناة المبيضية المشتركة أو المهبل لكى تخصبه قبل مضيه إلى الخارج . وتتصل بالقابلة المنوية غدة خاصة لإفراز بعض السوائل لكى تسبح فيها الحيوانات المنوية للمحافظة عليها .



شكل (١٣٠) : الجهاز التناسلى فى أنثى من حرشفية الأجنحة . ب - الجهاز التناسلى فى شغالة نحلة العسل .

حـ - الكيس السفادى (The bursa copulatrix) :

هو تركيب يوجد فى بعض الحشرات ويختلف فى الشكل باختلاف أنواعها وهو معد لاستقبال آلة سفاد الذكر أثناء عملية الجماع وكذلك تصب فيه الحيوانات المنوية قبل ذهابها إلى القابلة المنوية . فى الأنواع الراقية من رتبة حرشفية الأجنحة توجد بالأنثى فتحتان تناسليتان (شكل ١٣٠أ)، فالفتحة الأمامية منهما تقع على الأسترنة البطنية الثامنة وتعرف بالفتحة السفادية(copulatory aperture) وهى تؤدى إلى كيس داخلى كبير يعرف بالكيس السفادى (bursa copulatrix) الذى يتصل بالقناة المبيضية المشتركة بواسطة قناة ضيقة تعرف بالقناة المنوية (sperm duct) أو القناة

التلقيحية (fecundation canal) والتى تستمر أيضاً بداخل المهبل الذى تمرر خلاله البويضات لكى تقذف خارجاً عن طريق فتحته النهائية التى هى عبارة عن الفتحة التناسلية المعروفة بفتحة خروج البيض (egg-pore) والتى تقع على الاسترنة التاسعة أى إلى الخلف من الفتحة السفادية . وتفتح القابلة المنوية (spermatheca) أيضاً فى القناة المبيضية المشتركة بقناة قصيرة، ولذا فالحيوانات المنوية (الآتية من الذكر مغلفة بكيس من مادة بروتينية يدعى حافظة المنى spermatophore) تودع فى الكيس السفادى ومن الأخير تأخذ طريقها حتى تصل أخيرا إلى القابلة المنوية التى تختزنها إلى حين نزول البويضات فى القناة المبيضية المشتركة فتصبها فوقها لإخصابها قبل خروجها من فتحة خروج البيض .

الجهاز التناسلى فى الذكر

(The Male Reproductive System)

تتشابه الأعضاء التناسلية فى الذكر (شكل ١٣١ أ) من حيث الشكل العام مع الأعضاء التناسلية فى الأنثى تشابها كبيرا . فيوجد فى الذكر زوج من المناسل (gonads) أو الخصى (testes) يماثل زوج المبايض فى الأنثى . ويخرج من كل خصية (testis) قناة جانبية تعرف بالوعاء الناقل (vas deferens)، ويماثل الوعاءان الناقلان (vasa deferentia) القناتين المبيضيتين الجانبيتين فى الأنثى . ويتصل الوعاءان الناقلان عند الخط الجسمى الوسطى بقناة وسطية ناشئة كإنغماد من الإكتوديرم وتعرف بالقناة القاذفة (ejaculatory duct) والتى تماثل القناة المبيضية المشتركة فى الأنثى . وتتسع نهاية كل وعاء ناقل قبل أن يفتح فى القناة القاذفة مكونة خزانا للمنى يعرف بالحوصلة المنوية (vesicula seminalis). ويفتح فى القناة

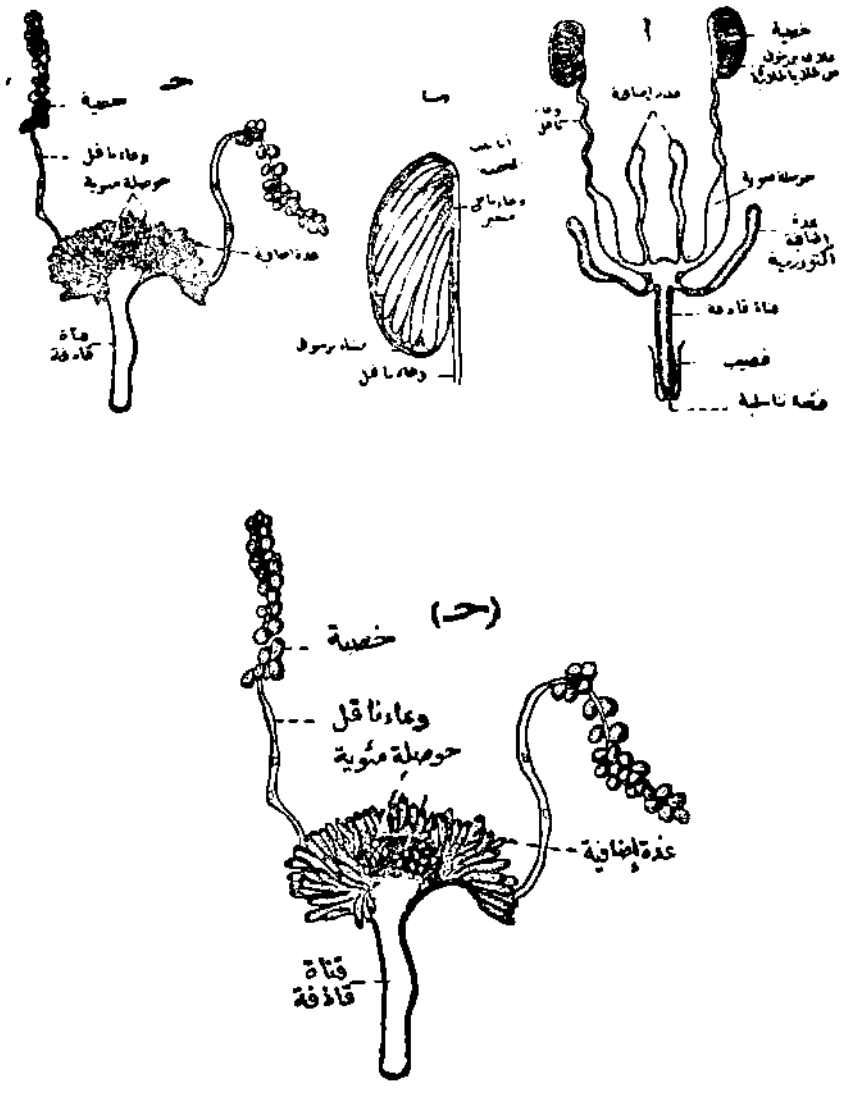
القاذفة أيضاً غدد إضافية (accessory glands) إكتوديرمية الأصل تناظر مثيلتها فى الأنثى . وتفتح القناة القاذفة للخارج بالفتحة التناسلية التى تقع على نهاية الاسترنة التاسعة البطنية عند طرف القضيب عادة .

وعلى العموم فالجهاز التناسلى الذكرى يتركب من الخصيتين والقنوات التناسلية بملحقاتها . وتفاصيل ذلك كالآتى :

(أولا) الخصية (The testis) :

تشبه الخصية فى غالبية الحشرات مبيض الأنثى فى الشكل ولكنها أصغر منه فى الحجم . وتوجد الخصيتان إما فوق القناة الهضمية أو على جانبيها وأحيانا أسفلها . ولكن تختلف الخصى عن المبايض فى عدم جود الحبل النهائى (terminal filament) الذى يثبت المبيض ، حيث تثبت الخصية فى فراغ البطن بواسطة الأجسام الدهنية والقصبات الهوائية .

وتتكون كل خصية (شكل ١٣١ ب) من مجموعة من الأنابيب الصغيرة تعرف بالأنابيب المنوية (أو الحويصلات الخصيية) (testicular follicles or sperm tubes) وهى تماثل الأنابيب المبيضية ويختلف عددها كثيرا باختلاف أنواع الحشرات ولكنها عادة أقل فى العدد من الأنابيب المبيضية لأنثى نفس النوع الحشرى ، ففى حشرات رتبة حرشفية الأجنحة توجد أربعة أو خمسة أنابيب فى كل خصية ، وفى حشرات رتبة ذات الجناحين تكون الخصية على شكل كيس واحد غير مركب من أنابيب ، وفى بعض حشرات رتبة غمدية الأجنحة تكون الخصية الواحدة مركبة من فصين كبيرين منفصلين . وتفتح كل أنبوبة من الأنابيب المنوية الخاصة بكل خصية فى الوعاء الناقل الواقع بنفس الجانب الجسمى



شكل (١٣١) : أ — الجهاز التناسلى فى ذكر الحشرات . ب — تركيب الخصية . جـ — الجهاز التناسلى فى ذكر الصرصار .

بواسطة قناة قصيرة أو ممر ضيق يعرف بالوعاء المخرج (vas efferens). وفى كثير من الحشرات تحاط الخصية من الخارج بغـــلاف طلائي (epithelial sheath) يعرف بالغلاف الخصي أو الصفن (scrotum) والذى كثيراً ما يلقب بالطبقة البريتونية (peritoneal layer) إلا أن هذه التسمية الأخيرة غير مرغوب فيها لأنه فى الحشرات لا يوجد تجويف بريتونى . ولكن فى بعض الحشرات عديمة الأجنحة تكون الأنابيب المنوية حرة بدون غلاف خارجى ومنفصلة عن بعضها البعض . ويتكون جدار كل أنبوبة منوية من طلائية مستقرة على غشاء قاعدى ، ومن خلايا هذه الطلائية تنشأ الخلايا الجرثومية الابتدائية (primordial germ-cells) التى تتحول فى النهاية إلى الحيوانات المنوية (spermatozoa) . وتتميز بكل أنبوبة منوية ابتداء من طرفها المقفل إلى أن تفتح فى الوعاء الناقل مناطق متعاقبة تفترق عن بعضها البعض بدرجة نموما فيها من الخلايا الجرثومية. وهذه المناطق هى : —

١ — منطقة الاسبرماتوجونيات (Zone of spermatogonia) : وتعرف أيضاً بالمنطقة الجرثومية (Germarium) وهى المنطقة القمية وتحوى خلايا جرثومية حديثة التكوين تعرف بالاسبرماتوجونيات (spermatogonia) التى تكون مختلطة مع خلايا جسدية (somatic cells) كثيرة العدد . وبقرب الطرف التحتانى من هذه المنطقة تصبح كل سبرماتوجونية محاطة بخلايا جسدية بحيث تصنع حويصلة (Cyst) ، وبانقسام الاسبرماتوجونية الواحدة انقسامات متتالية ينتج عدد من الخلايا المنوية (سبرماتوسايتات spermatocytes) يتراوح من ٦٤ إلى ٢٥٦ .

٢ — منطقة الاسبرماتوسايتات (Zone of spermatocytes) : وتعرف أيضاً بمنطقة النضوج (Zone of maturation) وهى تقع أسفل المنطقة

السابقة وفيها يسرى فى الاسبرماتوسايتات انقسام اختزالى يترتب عليه اختزال عدد الكروموسومات فيها إلى النصف ثم أخيرا ينتج عن كل سبرماتوسايت أربعة سبرماتيدات (spermatids) .

٣ — منطقة التحول (Zone of transformation) : وهى تقع تحت المنطقة الثانية وفيها يشاهد أن كل اسبرماتيدة وهى ما تزال مطوقة بجدار الحويصلة تتحول إلى عدد من الحيوانات المنوية (spermatozoa) التى تنطلق من الحويصلة بفعل الحركات الأندلاعية (الكرباجية) لأسواطها . وفى البداية تكون الاسبرماتوزوات ملتصقة ببعضها من رؤوسها على شكل حزم (bundles) ولكنها فى النهاية تصبح طليقة منفصلة عن بعضها ومستعدة للخروج من الوعاء المخرج .

(ثانياً) القنوات التناسلية وملحقاتها (The genital ducts and associated structures)

القنوات التناسلية عبارة عن الوعائين الناقلين والقناة القاذفة، وهى قنوات تنقل الحيوانات المنوية بعد تكوينها فى الخصية فتوصلها إلى الفتحة التناسلية الذكرية الواقعة على طرف القضيب الذى يدخلها إلى الأنثى إبان عملية الجماع لكى تخصب البويضات . وأما الملحقات فهى عبارة عن الحوصلتين المنويتين وغدد إضافية بعضها إكتوديرمى الأصل وبعضها الآخر ناشىء من الميزوديرم .

فكل من الوعائين الناقلين (Vasa deferentia) عبارة عن قناة أنبوبية بسيطة متصلة باحدى الخصيتين (شكل ١٣١أ، ج) وفيها تصب إفرازات الأنابيب الخصية عن طريق الأوعية المخرجة (vasa efferentia) التى أتى ذكرها آنفاً . وفى الحشرات الشهيرة بذباب مايو (Mayflies) يمتد الوعاءان الناقلان إلى الخلف مع بقائهما مستقلين عن بعضهما إلى أن يفتح

كل منهما بفتحة خارجية مستقلة كائنة بطرف قضيب واقع بنفس الجانب من الجسم . ولكن فى بقية الحشرات لا تلاقى هذه الحالة البدائية بل توجد حالة تخصصية نموذجية مشتقة منها وهى أن الوعائين الناقلين بعد أن يمتدا مسافة إلى الخلف ينحرفان إلى الداخل حتى الخط الجسمى الوسطى حيث يفتحان فى أنبوبة وسطية ناشئة على صورة انغماد اكتوديرمى وتعرف بالقناة القاذفة (Ductus ejaculatorius) وهذه هى التى تفتح إلى الخارج بفتحة واحدة واقعة عند قضيب واحد وسطى . وقبيل التقاء الوعائين الناقلين مباشرة بالنهاية الأمامية لتلك القناة القاذفة يصبح طرفاهما منضخمين على صورة قارورتين (ampullae) (شكل ١٣١ أ) واللتين تتحدان ببعضهما لتصنعا ما يعرف بالمثانة الميزوديرمية (mesodermal vesicle) . وفى الصرصار بلاتا (Blatta) وأغلب باقى حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة يخرج من تلك المثانة آنفة الذكر عديد من الغـــدد الإضافية (accessory glands) التى تلقب بالغدد الزائدة الميزوديرمية أى الميزادينيا (mesadenia) نظراً لكونها ميزوديرمية الأصل ، بينما فى حشرات أخرى فيوجد من زوج إلى ثلاثة أزواج من الغدد الاضافية التى يكون بعض منها ناشىء من اكتوديرم المنطقة الأمامية للقناة القاذفة ومن ثم يطلق عليها الغدد الزائدة الاكتوديرمية أى الإكتادينيا (ectadenia) . وعلى العموم فالغدد الإضافية تفرز مواد مخاطية سائلة تختلط مع الحيوانات المنوية لحفظها وصيانتها ، وفى أحوال كثيرة تتجمد هذه المواد المخاطية لتصنع علبة تحيط بالحيوانات المنوية وتعرف بحافظة الحيوانات المنوية أى الاسبرماتوفور (spermatophore) والتى تودع فى الكيس السفادى أو فى المهبل بالأنثى أثناء عملية الجماع وهناك ينفجر الغلاف وتصبح الحيوانات طليقة ، وتختلف الاسبرماتوفورات فى الشكل والتركيب باختلاف الحشرات وقد يصنع منها واحد أو أكثر أثناء تلقيحة واحدة . وهى توجد فى حشرات رتبتى

مستقيمة الأجنحة وحرشفية الأجنحة وغير ذلك . وفى كثير من الحشرات يتسع الوعاءان الناقلان بقرب نهايتيهما السفليتين ليصنعا انتفاخين كيسي الشكل يعرفان بالحوصلتين المنويتين حيث تختزن الحيوانات المنوية الناضجة عقب خروجها من الخصيتين ، بينما فى الصرصار بلاتا (Blatta) فتأخذ الحوصلتين المنويتين شكل نتوءات كثيرة خارجة من المثانة الميزوديرمية ومتى اضمحلت الخصى فى الصراصير البالغة المتقدمة فى العمر فان الحيوانات المنوية لا تتواجد آنئذ إلا فى تلك الحوصلات المنوية فقط .

التكاثر فى الحشرات

Reproduction in Insects

تتكاثر الحشرات أساسياً بطريقة وضع بيض مخصب ، إلا أن هناك طرقاً أخرى فريدة من التكاثر شائعة بين كثير من الحشرات . وفيما يلى بيان بجميع هذه الطرق :

١ — التكاثر البيضى (Oviparity) :

فى غالبية الحشرات يعتمد التكاثر على عملية التسافد أو الجماع (mating) بين حشرات يافعة (بالغة adults) من شقى (ذكر وأنثى) نفس النوع الحشرى ثم قيام الأنثى الملقحة بعدئذ بوضع بيض مخصب فى أماكن مناسبة تختارها ثم بعد مدة معينة من الزمن تفقس كل بيضة فى الخارج لينتج عنها صغير يعرف بالحشرة غير البالغة (immature insect) التى يكتمل نموها بعد مدة أخرى معينة من الزمن فتتحول إلى حشرة كاملة (بالغة أو يافعة) قادرة على القيام بواجبها نحو حفظ النوع . فالحشرات التى

تتكاثر بهذه الطريقة المذكورة تعرف بالحشرات البياضة (oviparous) كما ويعرف تكاثرها بالتكاثر البيضى (oviparity) . والشاهد أن عادات وضع البيض تختلف كثيرا فى مختلف الحشرات . فمن الحشرات البياضة ما يضع بيضه على سطح التربة مثل الحشرات العصوية من فصيلة فازميدى (Phasmidae) من رتبة مستقيمة الأجنحة ، بينما الأبى دقيقات من رتبة حرشفية الأجنحة فتلصق بيضها على أوراق نباتات معينة نامية . وتحفر الدبابير المنشارية من رتبة غشائية الأجنحة تجاويف فى سوق النباتات بواسطة آلة وضع بيضها المعدة لهذا الغرض ثم تضع بيضة واحدة فى كل تجويف. وقد يوضع البيض فردياً كما فى كثير من حشرات رتبة غمدية الأجنحة ، أو قد يوضع فى كتل أو فى مجاميع كما فى دودة ورق القطن . وفى الصراصير وفرسة النبى تكون كتل البيض محفوظة داخل كيس أو غلاف يعرف بكيس البيض (Ootheca) . وتتوقف كمية البيض الذى تضعه الأنثى على عوامل كثيرة بعضها عوامل بيئية مثل الحرارة والرطوبة والغذاء ، وبعضها عوامل فسيولوجية تتعلق بعمر الأنثى ومدى نشاط الجهاز التناسلى فيها ومدى الاستفادة من عناصر معينة فى المادة الغذائية وغير ذلك.

٢ — الولادة (Viviparity) :

تضع بعض الحشرات صغاراً أحياء سواء يرقات أو حوريات بدلا من البيض وتعرف بالحشرات الولودة (Viviparous insects) . وفى هذه الحشرات يتم التلقيح كالعادة بين الذكر والأنثى إلا أن الأنثى تحفظ بيضها الملقح بداخل جسمها سواء فى القناة المبيضية المشتركة أو فى المهبل حتى يتم نموه الجنينى ويفقس داخلياً ثم بعد ذلك تطرد الصغار إلى الخارج وهى فى حالة مبكرة من النمو مثل اليرقات التى تلدها ذبابة اللحم من فصيلة ساركوفاجيدى (Sarcophagidae) . أو تبقى تلك الصغار فى رحـــم

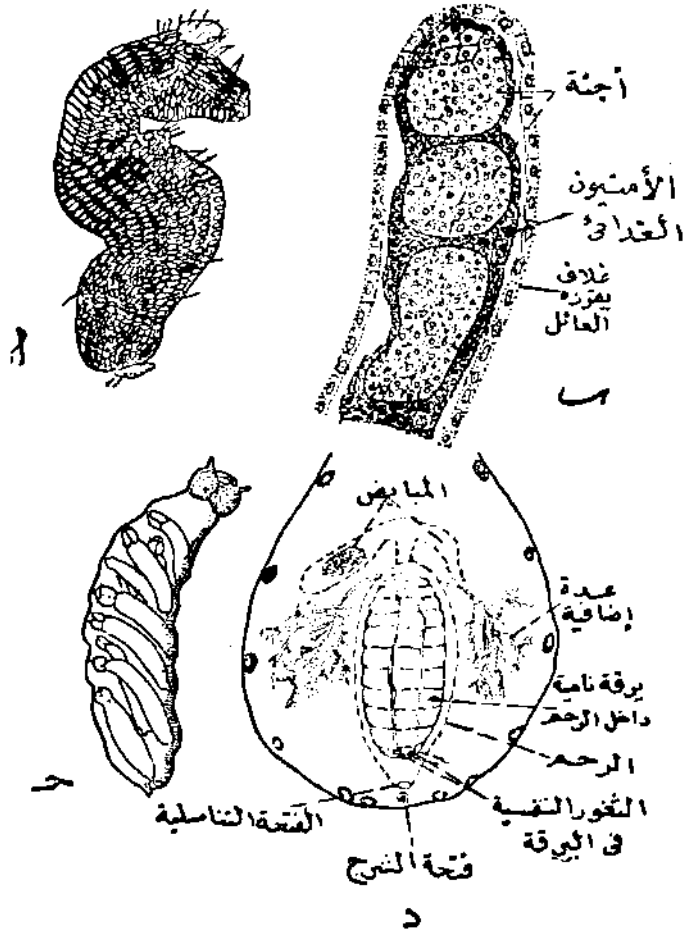
الأنثى حيث تتغذى وتنمو إلى أن تصبح يرقات تامة النمو وبعدئذ تطرد إلى الخارج حيث تتحول مباشرة إلى عذارى كما فى أنثى ذبابة تسيتسى (Glossina) ومجموعة البيوبيبارا من رتبة ذات الجناحين (Pupiparan Diptera) مثل حشرة برغش الأغنام (Melophagus) التى يتكون الرحم فيها من حجرة كبيرة (شكل ١٣٢ د) تكمل اليرقة نموها بداخلها. وتكون الولادة هى الطريقة الطبيعية للتكاثر فى حشرات المن (Aphids) حيث تخرج من الأم حوريات تامة النمو تتحول مباشرة إلى حشرات كاملة. كما وينتمى إلى طريقة التكاثر بالولادة طراز خاص يسمى بالولادة فور الفقس (ovoviviparity) حيث يتم فقس البيض بداخل الأنثى أيضاً إلا أن الأجنة تطرد إلى الخارج فورا بمجرد فقسها ، ويوجد هذا الطراز فى حشرات معينة من رتب هدبية الأجنحة وغمدية الأجنحة وذات الجناحين وغيرها .

٣ — التكاثر البكرى أو العذرى (Parthenogenesis) .

فى هذا النوع تضع الإناث بيضاً صالحاً للفقس أو تلد صغارا بدون أن يخصب البيض أى بدون تقابل الذكر مع الأنثى فى عملية جماع . ويحدث التكاثر العذرى فى أنواع معينة من أغلب الرتب الحشرية . وقد يكون إجبارياً (obligate) فى بعض الأنواع التى تكون الذكور فيها غائبة أو نادرة وغير قادرة على أداء وظيفتها فى التلقيح أو يكون اختياريا (facultative) فتتكاثر به الحشرة فى أوقات خاصة بجانب التكاثر الجنسى العادى السارى فى بقية الأوقات . وعموما توجد من التكاثر العذرى فى الحشرات خمسة أنواع هامة يمكن حصرها فيما يلى :

(ا) فى نحلة العسل وبعض الحشرات الأخرى تضع الإناث نوعين من البيض أحدهما غير مخصب ويحتوى على العدد الناقص أى الفردى (haploid) من الكروموسومات ولا تنتج عنه إلا ذكور ، والنوع الثانى

بيض مخصب يحتوى على العدد التـــام أى الزوجى (diploid) من الكروموسومات ولا تنتج عنه إلا أناث منها ما هو خصب كملكات نحلة العسل ومنها ما هو عقيم كشغالات نحلة العسل . بمعنى أن الطريقة



شكل (١٣٢): أنواع التكاثر فى الحشرات. أ — بقايا يرقة حشرة Plusia gamma مع عذارى الطفيل Litomastix الناتجة بطريقة تعدد الأجنة Polyembryony. ب — تعدد الأجنة فى بيضة واحدة حشرة من فصيلة كالسيدى . جـ — تكاثر الأطوار غير الكاملة (Paedogenesis) فى يرقة (Micromalthus) وترى اليرقات الصغيرة داخل اليرقة الأم . د — ولادة الأحياء (Viviparity) فى برغش الغنم (Melophagus) .

العادية لتعيين الشق (sex determination) بواسطة الكروموسومات الشقية (sex chromosomes) قد استبدلت هنا بتلك الطريقة المذكورة الأكثر مرونة .

(ب) فى بعض الدبابير المنشارية (sawflies) وبعض الحشرات العصوية (stik-insects) وفى نوع واحد من الحشرات القشرية تضع الإناث أيضاً نوعين من البيض ، أولهما بيض مخصب ينتج منه أعداد متساوية من الذكور والإناث ، وثانيهما بيض غير مخصب قد حدث فيه اندماج للنواة البويضية (egg-nucleus) مع الجسم القطبى الثانى (second polar body) وبذلك استعيد العدد التام الزوجى من الكروموسومات إلا أن مثل هذا البيض لا ينتج عنه إلا إناث .

(جـ) فى بعض من المن والسوس والفراشات والحشرات العصوية يسرى طراز غريب من التكاثر البكرى الإجبارى حيث يتكون البيض بدون انقسام ميوزى (اختزالى) ويكون النسل الناتج كله إناثا ، بمعنى أن الذكور لا تتواجد فى تلك الأنواع .

(د) فى بعض أنواع من المن والدبابير المسببة لأورام بالنباتات (gall-wasps) والمنتمية لفصيلة سايبيدى (Cynipidae) يحدث التكاثر العذرى بصورة دورية (cyclical) أى أن واحدا أو أكثر من اجيال متكاثرة بكرياً تتبادل مع جيل متكاثر بطريقة تزاوج الشقين ، أى أنه يوجد هنا تبادل أجيال (alternation of generations). فى هذه الحالات يجرى التكاثر البكرى فى الصيف والتكاثر التزاوجى فى الخريف . فتظهر فى الخريف ذكور وإناث تتزاوج وتضع بيضاً مخصباً يفقس فى الربيع ويعطى إناثا فقط تتكاثر لا جنسياً أى عذرياً طوال فصل الصيف ، وفى نهاية الصيف تنتج هذه الأمهات أناثا وذكورا تتزاوج وتعطى بيضاً مخصباً وهكذا .

(هـ) فى كثير من حشرات رتبة حرشفية الأجنحة مثل فراش الحرير يحدث التكاثر العذرى بصورة مشتتة (Sporadic) إذ يجرى اختياريا من وقت لآخر كلما دعت الحاجة إليه بالرغم من وجود الذكور .

٤ — تكاثر الأطوار غير الكاملة (Paedogenesis) :

الشائع فى الحشرات أن الأطوار الكاملة هى التى تتكاثر ولكن فى بعض الأحوال النادرة جدا تكون للأطوار غير البالغة مثل اليرقات أو العذارى القدرة على التكاثر بالطريقة العذرية وبطريقة الولادة معاً ، وتعرف هذه الظاهرة بتكاثر الأطوار غير الكاملة (Paedogenesis) . ومن أشهر الأمثلة عليها يرقات الذباب من جنس مياستر (Miaster) حيث يشاهد أن اليرقة الأم تنمو فيها اليراعم المبيضية لتنتج بيضات غير ملقحة وهذه تفقس بداخل جسم الأم إلى يرقات وليدة (daughter-larvae) وعندئذ تأخذ الأخيرة فى التغذية على أنسجة اليرقة الأم ثم تأكل طريقها إلى خارج جسم تلك اليرقة الأم التى تموت أثناء هذه العملية ، وبعد خروج هذه اليرقات الوليدة تبدأ هى الأخرى فى تكوين يرقات وليدة بنفس الطريقة السابقة وهكذا تتكرر الدورة لعدة أجيال بعدها تتحول اليرقات إلى عذارى وهذه تخرج منها الحشرات الكاملة من الجنسين التى تتزاوج وتضع بيضاً مخصباً ينتج عنه يرقات تتوالد وتعيد نفس تاريخ الحياة .

ويحدث تكاثر الأطوار غير الكاملة أيضاً فى عذارى أنواع من الهاموش من فصيلة كايرونوميدى (Chironomidae) من رتبة ذات الجناحين حيث تضع العذراء الأم بيضاً غير مخصب يخرج منه يرقات تنمو وتتحول إلى عذارى . كما توجد هذه الظاهرة كذلك فى بعض الخنافس التى تتكاثر يرقاتها مثل الخنفساء ما يكرومالثس (Micromalthus) (كما فى شكل ١٣٢ ج) .

• — تعدد الأجنحة (Polyembryony) :

لبعض أنواع الحشرات وخاصة الأنواع المتطفلة من رتبة غشائية الأجنحة القدرة على إنتاج أكثر من جنين من بيضة واحدة سواء كانت ملقحة أم غير ملقحة ، أى تنتج عدة يرقات بدلا من يرقة واحدة . وتوجد هذه الظاهرة فى بعض الدبابير الكالسيدية والإكنيومونيدية المتطفلة داخلياً (أى التى تضع بيضها داخل أجسام عوائلها) مثل ليتوماستيكس ترانكاتيلس (Litomastix truncatellus) .

وأساس العملية فى هذا النوع من التكاثر أن البلاستوميرات (blastomeres) الناتجة عن إنقسام البيضة تنعزل عن بعضها بحيث تصنع عدة مجاميع خلوية تعرف بالتوتيات (morulae) والتى تأخذ كل واحدة منها فى النمو إلى حشرة يافعة . والأفراد الناتجة تكون كلها إما ذكوراً أو إناثا إذا وضعت بيضة واحدة فقط من بيضات الطفيل بداخل العائل . ويتوقف الجنس عندئذ على تلقيح أوعدم تلقيح هذه البيضة . أما إذا وضعت أكثر من بيضة داخل العائل فتكون الأفراد الناتجة من كلا الجنسين . وقد يتراوح عدد هذه الأجنة من بضع مئات إلى بضع آلاف كلها تنمو إلى يرقات تعيش بداخل يرقة العائل (شكل ١٣٢ أ ، ب) .

الغدد أو أعضاء الافراز

The Glands or Organs of Secretion

تتركب الغدد فى الحشرات من خلية واحدة أو من عدة خلايا تفرز مواد إما تستعملها الحشرة داخل جسمها أولا تحتاج إليها الجسم فتطرد إلى الخارج . وهناك نوعان رئيسيان من الغدد المفرزة هما :

(أ) الغـدد غير الصماء (The exocrine glands) : تعرف أيضاً بالغدد القنوية أو الغدد خارجية الإفراز حيث تتميز بوجود قناة تمر عن طريقها إفرازاتها إما إلى خارج الجسم أو إلى الفراغ الداخلى للجسم أو إلى القناة الداخلية لجهاز أو أكثر من الأجهزة الداخلية .

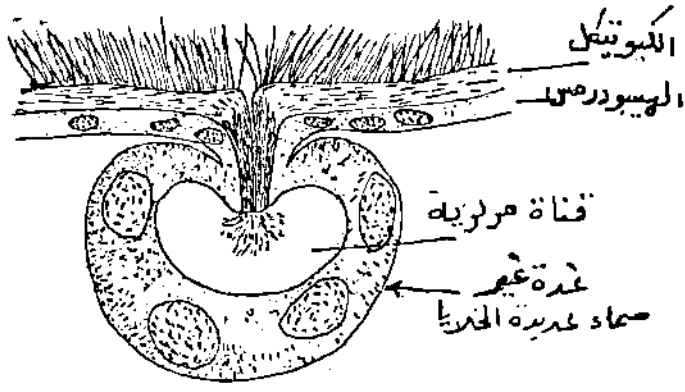
(ب) الغدد الصماء (The endocrine glands) : وتعرف بالغدد اللاقنوية فليس لها قناة ، كما أنها تسمى أيضاً داخلية الإفراز حيث تفرز هورمونات لا تمر إلى خارج الجسم بل تمر خلال جدرها لتنتشر فى الدم الذى يحملها إلى جميع أجزاء الجسم .

أ — الغـدد غير الصماء The exocrine glands

توجد هذه الغدد بين خلايا هايبوديرمس (hypodermis) الجـــدار الجسمى وفى جدار القناة الهضمية المتوسطة وفى أنابيب ملبيجى ، حيث تعتبر كلها أنسجة طلائية غدية . وتتركب الغدة الصماء من خلية واحدة غالباً مثل الخلايا الغدية الهايبوديرمية أو من عدد من الخلايا تصب إفرازاتها فى فراغ أو قناة مركزية واحدة (شكل ١٣٣) أو قد يكون لكل خلية من الخلايا المكونة للغدة قناة قصيرة وتصب جميع القنوات فى تجويف واحد يتجمع فيه الإفراز الكلى الذى يمر بعد ذلك إلى خارج الغدة خلال فتحة أو قناة واحدة .

وتتركب الغدة أساساً من خلايا طلائية مفرزة كبيرة الحجم نوعا ذات نواة بيضية أو متفرعة . وتغلف الخلايا من الخارج بغشاء من نسيج ضام وتبطن من الناحية الداخلية ببطانة كيوتيكلية .

وأهم أنواع الغدد غير الصماء فى الحشرات ما يأتى :

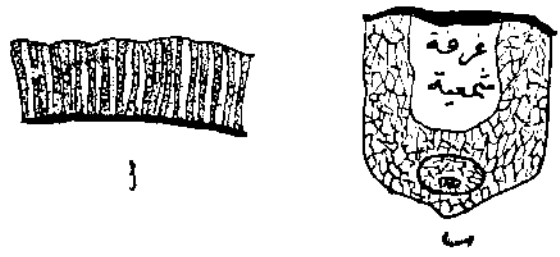


شكل (١٣٣) : غدة غير صماء عديدة الخلايا تصب كلها فى قناة واحدة .

١ — غدد الشمع (Wax glands) :

توجد غدد الشمع على الاسترنات البطنية لشغالات نحلة العسل ، كما تعتبر هذه الغدد من المميزات الهامة لكثير من حشرات رتبة متشابهة الاجنحة (هوموبترا Homoptera) كالحشرات القشرية وبعض المن . وهى إما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا وتنتشر بين خلايا هايبوديرمس الجدار الجسمى وتقذف بافرازها غالباً عن طريق مسمات أو ثقـــوب (أو تجمعات من ثقوب) صفيحية الشكل بالكيوتيكل . وقد يفرز الشمع على شكل مسحوق دقيق أو على شكل خيوط أو طبقات شمعية رقيقة (شكل١٣٤ أ) كما فى حشرات فصيلة المن. فعندما يفرز من التفاح الزغبى (Eriosoma Lanigerum) الشمع فانه يتجمع بداخل الخلية الغدية فى غرفة خاصة تعرف بالغرفة الشمعية (wax chamber) (شكل ١٣٤ ب) .

وفى شغالة نحلة العسل تتحور بعض خلايا الهايبوديرمس فى استرنات الحلقات البطنية من الثالثة حتى السادسة إلى غدد شمعية تفرز الشمع الذى تستعمله الشغالات فى بناء العيون السداسية ، ويستعمله الإنسان فى أغراض نافعة مختلفة .



شكل (١٣٤) : غدد الشمع فى سن التفاح الزغبى .

٢ — غدد اللاك (Lac glands) :

بعض حشرات فصيلة لاكيفيريدى (Lacciferidae) (وهى إحدى فصائل الحشرات القشرية والبق الدقيقى) تفرز مادة اللاك بكميات وفيرة تكفى لاستعمالها إقتصادياً على نطاق واسع . وتفرز إناث الحشرة القشرية (Laccifer lacca) هذه المادة كغطاء واق لها ، وتوجد الخلايا المفرزة لها بين خلايا جدار الجسم . ويتركب اللاك كيميائيا من الراتنج ومواد ملونة وشمع وبروتين وكميات قليلة من مواد أخرى .

٣ — الغدد المجاورة للثغور التنفسية (Peristigmatic glands) :

وهى توجد فى جميع يرقات الذباب مجاورة للثغور التنفسية . وهى غدد هايبوديرمية مكونة من عدد من الخلايا الكبيرة التى تصب إفرازها فى قناة الغدة التى تفتح للخارج بجوار الثغر التنفسى . وقد ذكر ريتشاردز (١٩٥١) أن فائدة إفراز هذه الغدد هى ترطيب الثغر التنفسى .

٤ — غدد الرأس (Cephalic glands) :

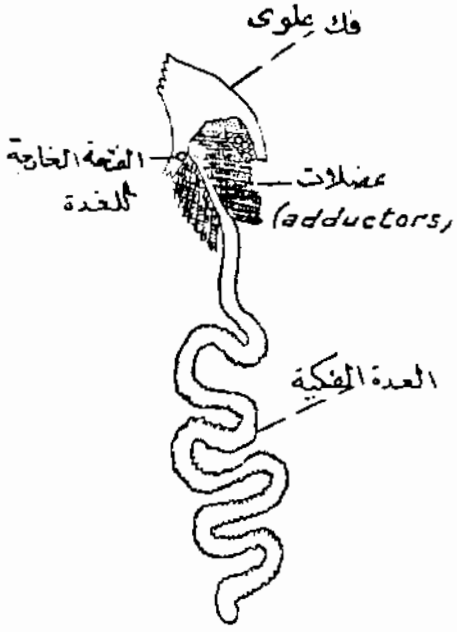
توجد فى رأس الحشرة غدد كثيرة منها الغدد الجبهية (frontal glands) الموجودة فى حشرات رتبة متساوية الأجنحة (أيزوبترا Isoptera) ،

وغدد قرون الاستشعار (antennal glands) التى توجد فى النمل والصرصار. ولعل أهم غدد الرأس تلك التى ترتبط بأجزاء الفم وهى غدد الفكوك العليا وغدد الفكوك السفلى وغدد الشفة السفلى .

أ — غدد الفكوك العليا (Mandibular glands) : وهى غدد صغيرة تفتح عند أو قرب قواعد الفكوك العليا فى الحشرات عديمة الأجنحة وفى رتب متساوية الأجنحة وغمدية الأجنحة وغشائية الأجنحة وغيرها . وفى يرقات حرشفية الأجنحة تكبر غدد الفكوك العليا فى الحجم (شكل ١٣٥) وتقوم بافراز اللعاب (saliva) ، بينما تتخصص الغدد اللعابية الحقيقية وهى غدد الشفة السفلى لإفراز الحرير الذى تبنى منه الشرانق التى تحيط بالعذراء . وفى ملكات نحلة العسل (رتبة غشائية الأجنحة) تفرز غدد الفكوك العليا مواد تجذب الذكور للحاق بالملكة وتلقيحها أثناء الطيران . وفى النمل القاطع للأوراق (Atta sexdens) ذكر ويجلزويرث (١٩٦٤) أن غدد الفكوك العليا تفرز مادة خاصة فائدتها طرد الأعداء وتحذير أفراد المستعمرة وتجميعهم للدفاع عنها .

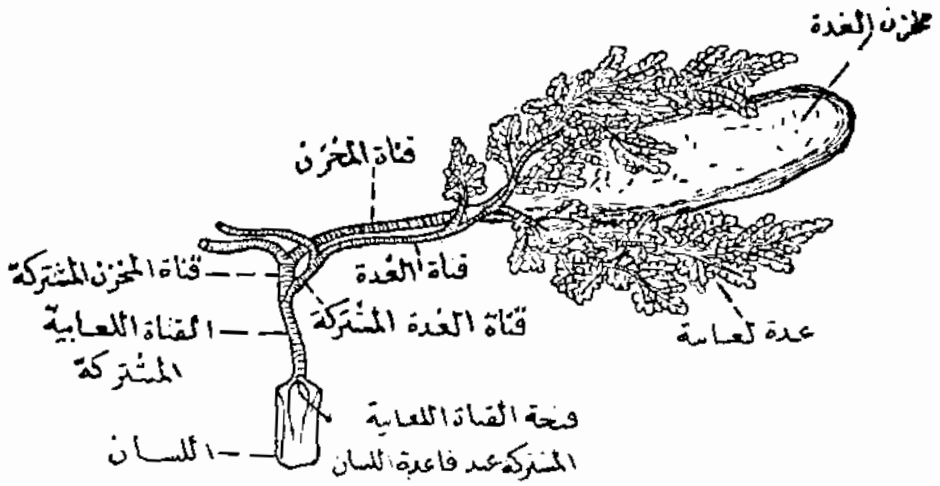
ب — غدد الفكوك السفلى (Maxillary glands) : توجد هذه الغدد فى حشرات رتبتى كوليمبولا (Collembola) وبروتيورا (Protura) وفى يرقات رتبة شبكية الأجنحة وفى البق الدقيق من جنس أيسيريا (Icerya). وتفتح هذه الغدد عند أو قرب قاعدة الفك السفلى وفائدتها إفراز اللعاب حيث أنها تكون جزءا من الغدد اللعابية الحقيقية التى تكون معقدة التركيب فى هذه الرتب .

جـ — غدد الشفة السفلى (Labial glands) : تعرف هذه الغدد بالغدد اللعابية الحقيقية (True salivary glands) حيث أن وظيفتها



شكل (١٣٥) : غدة الفك العلوى فى يرقة من رتبة حرشفية الأجنحة .

الأساسية إفراز اللعاب . وتتكون من زوج من الغدد تقع فى الصدر على جانبى الجزء الأمامى من القناة الهضمية . وتتحد قناتا الغدتين لتكونا قناة لعابية وسطية (median salivary duct) تفتح على الشفة السفلى قرب قاعدة الهايبوفارينكس . وفى كثير من الحشرات تقوى جدر قنوات الغدد اللعابية بتراكيب شبيهة بالقصبات الهوائية . وتوجد الغدد اللعابية فى معظم الحشرات وتختلف كثيرا فى الشكل والتركيب . ففى حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة مثل الصرصار تكون الغدد اللعابية كبيرة الحجم وتتركب كل غدة من عدد من الفصوص (شكل ١٣٦) يتكون كل منها من مجموعة من الخلايا الغدية ، ولكن غدة مخزن (reservoir) يخزن فيه اللعاب ، وتتحد قناتا المخزنين فى قناة واحدة مشتركة تصب فيها القناة المشتركة



شكل (١٣٦) : الغدد اللعابية فى الصرصار الأمريكى .

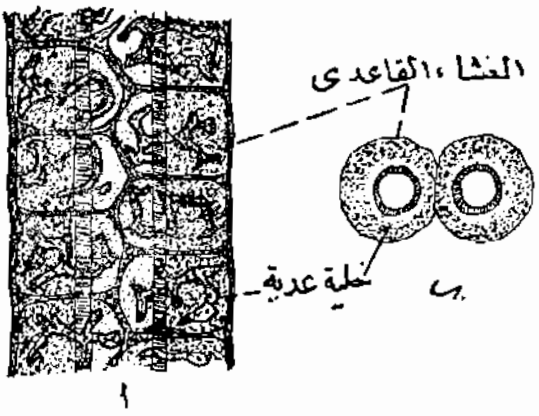
للغدتين . ويخرج اللعاب عند إفرازه عن طريق القناة اللعابية الوسطية التى تفتح عند قاعدة الهايبوفارنكس . وفى رتبة نصفية الأجنحة تتكون الغدة اللعابية من ١ — ٤ فصوص ولكل غدة خزان أيضاً . وفى الحشرات الكاملة من رتبة حرشفية الأجنحة يوجد زوج واحد من الغدد الأنبوبية الشكل . وفى رتبة ذات الجناحين يكون زوج الغدد اللعابية أنبوبى الشكل أيضاً وقد يطول جدا حتى يزيد عن طول جسم الحشرة كما فى فصيلة الذباب (Muscidae) . وفى نحلة العسل (من رتبة غشائية الأجنحة) يوجد زوجان من الغدد اللعابية . زوج فى الرأس والآخر فى الصدر ويصب الزوجان بفتحة واحدة مشتركة .

والوظيفة الرئيسية لغدد الشفة السفلى إفراز اللعاب . إلا أنه فى يرقات حشرات رتبة حرشفية الأجنحة وفى العمر الأخير ليرقات الدبابير التابعة لرتيبة سيمفايتا (Symphyta) من رتبة غشائية الأجنحة تتخصص هذه الغدد لإفراز الحرير فقط .

واللعاب إفراز مائى متعادل يعمل على تسهيل مرور الطعام عند التغذية . وهو يحوى إنزيمى الأميليز والإنفرتيز بكثرة كما يحوى أيضاً إنزيمى البروتييز والليبيز ولكن بنسب ضئيلة . وتقوم هذه الإنزيمات بهضم الطعام إما خارج جسم الحشرة أو داخل القناة الهضمية الأمامية . ويحتوى لعاب بعض الحشرات التى تمتص دم الإنسان والحيوان على مواد تمنع تجلط الدم . ويحوى لعاب بعض انواع قمل الإنسان على مواد تسبب الألم للانسان عند امتصاص القمل لدمه . كما يحوى لعاب الحشرات التابعة لفصيلة ميريدى (Miridae) من رتبة نصفية الأجنحة والتى تتغذى على عصارة النباتات مواد لها تأثير سام على أنسجة هذه النباتات .

٥ — غدد الحرير (Silk glands) :

تتخصص الغدد اللعابية فى يرقات رتبة حرشفية الأجنحة ورتبة ترايكوبترا (Trichoptera) والعمر الأخير ليرقات رتبة سيمفايتا من رتبة غشائية الأجنحة لإفراز الحرير بدلا من اللعاب وذلك لتكوين أغلفة واقية ليرقات أو لتكوين الشرانق حول العذارى . وغدد الحرير أنبوبية الشكل وتختلف كثيرا فى الطول وتتميز بنواياها المتفرعة (شكل ١٣٧ أ) . ويفرز خيط الحرير من الغدة على هيئة فيبرينوجين (fibroinogen) الذى يتحول مباشرة عند خروجه إلى خيط متين مرن مكون من البروتين والفيبروين (fibroin) ومحاط من الخارج بطبقة جيلاتينية بروتينية قابلة للذوبان فى الماء تعرف بالسريسين (sericin) . وتفرز يرقات بعض حشرات رتبة شبكية الأجنحة الحرير من أنابيب ملبيجى . وفى حشرات رتبة إمبيوبترا (Embioptera) وفى ذكور حشرة Hilara sp. (من فصيلة Empididae من رتبة ذات الجناحين) يفرز الحرير من غدد هايبوديرمية موجودة فى رسغ الأرجل الأمامية . ولإناث خنفساء Hydrophilus sp. القدرة على إفراز



شكل (١٣٧) : (أ) قطاع طولى فى غدد الحرير فى يرقات دودة القز التوتية (Bombyx mori) . (ب) قطاع فى خليتين غديتين لافراز الحرير فى نفس الحشرة.

شرنقة من الحرير حول البيض الذى تضعه وذلك بواسطة الغدد الإضافية الملحقة بجهازها التناسلى .

٦ — الغـدد الطاردة (Repugnatorial glands) :

تفرز كثير من الغدد الهايبوديرمية الموجودة فى المناطق المختلفة لجسم بعض الحشرات إفرازات ذات روائح طاردة للحشرات الأخرى ، وبالأحرى فهى ذات وظائف دفاعية . فالغدد التى تفرز الروائح الكريهة والتى تقع بين الترجات فى حوريات بعض حشرات رتبة نصفية الأجنحة ومثيلاتها التى تفتح على بلورة الحلقة الصدرية الثالثة فى بعض الحشرات الكاملة لنفس الرتبة هى من هذا النوع من الغدد . وفى رتبة غمدية الأجنحة توجد مثل هذه الغدد ولكنها تفتح قرب فتحة الشرج وخاصة فى حشرات رتيبـــة ايديفاجا (Adephaga) . وفى يرقات رتبـة حرشفية الأجنحة توجد غدد طاردة تفتح بين الأرجل الصدرية الأمامية .

وتتركب الغدد الطاردة من خلايا طلائية عادية مغلفة من الخارج بغشاء من نسيج ضام ومبطنة من الداخل ببطانة كيتينية ، كما أن السطح

الداخلى للخلايا الطلائية المجاور للبطانة الداخلية مخطط (striated) .والنواة فى الغدة الطاردة عادية أو متفرعة .

٧ — الغدد الجاذبة الجنسية (Sex attractant glands) :

توجد فى ذكور وإناث أبى دقيقات والفراشات غدد تفرز رائحة لجذب الجنس الآخر لأجل التزاوج أو لتنبيه الأنثى لإكمال عملية التلقيح . وتختلف شكل ومكان هذه الغدد باختلاف النوع والجنس. فى ذكور بعض الفراشات توجد حراشيف خاصة على الأجنحة تسمى أندروكونيا (Androconia) وتكون مجتمعة أو موزعة بين الحراشيف الأخرى . ويوجد عند قاعدة كل من هذه الحراشيف الخاصة خلية واحدة أو عدة خلايا غدية لإفراز المادة الجاذبة الجنسية. وفى ذكور الفراشة Hepialus sp. يتنفخ ساق الرجل الخلفية ويحمل فوق المكان المنتفخ حراشيف خاصة توجد عند قواعدها الخلايا الغدية التى تفرز المادة الجاذبة الجنسية . وفى فراشات أخرى توجد هذه الغدد الجاذبة الجنسية على أماكن أخرى من الأرجل أو فى مؤخرة البطن .

وأما فى إناث الحشرات الكاملة لأبى دقيقات والفراشات فتوجد هذه الغدد على الأجنحة عند قواعد حراشيف خاصة أو فى مكان الغشاء البينى الواقع بين الحلقتين الثامنة والتاسعة البطنيتين ، أو تتحول كل خلايا هايبوديرمس الحلقة الثامنة البطنية إلى خلايا غدية مفرزة وفى هذه الحالة يوجد فوق خلايا الهايبوديرمس هذه شعرات خاصة تعمل على نشر المادة الجاذبة الطيارة . وفى إناث الصرصار الأمريكى توجد غدد تفرز المادة الجاذبة الجنسية وأمكن معرفة التركيب الكيميائى لتلك المادة .

وقد أجريت دراسات كثيرة لمعرفة التركيب الكيميائى لإفراز الغدد الجاذبة الجنسية وحضر الكثير منه صناعياً ويباع الآن فى الأسواق التجارية بأسعار زهيدة . ويستعمل هذا الإفراز المحضر صناعياً بوضع كميات ضئيلة

جداً منه داخل مصايد خاصة من الكرتون أو الزجاج أو البلاستيك وذلك لجذب الذكور كنوع من أنواع المكافحة الأحيائية للحشرات .

٨ – الغدد الجاذبة غير الجنسية (Attractant glands) :

تفرز بعض الخنافس التى تعيش فى عشوش النمل العادى أو النمل الأبيض مواد ذات رائحة جذابة من غدد هايبوديرمية خاصة موجودة عند قواعد مجاميع من الشعيرات المنتشرة على أجزاء مختلفة من جدار جسمها وذلك لجذب النمل . وتوجد عند نهاية البطن فى بعض يرقات فصيلة لايكينيدى (Lycaenidae) من رتبة حرشفية الأجنحة انتفاخات تحمل اثنى عشر فتحة إفراز مادة جاذبة يلعقها النمل الذى تعيش معه هذه اليرقات . ويوجد بمقدم ترجة الحلقة البطنية السابعة فى شغالة نحلة العسل غدد تفرز رائحة خاصة لتوجيه الشغالات الأخرى إلى مكان معين غنى بالرحيق الزهرى . وتوجد مثل هذه الغدد فى الحشرات الاجتماعية الأخرى كالنمل والدبابير .

٩ – الغدد السامة (Poison glands) :

توجد هذه الغدد فى أنواع النمل والنحل والدبابير مرتبطة دائماً مع آلة وضع البيض أو آلة اللسع (التى هى آلة وضع بيض متحورة) . وتتكون الغدد السامة فى تلك الحشرات من غدد حمضية (acid glands) تفرز إفرازات أهم مكوناتها البروتين وبعض الإنزيمات الخاصة ، ومن غدد قلوية (alkaline glands) لا تعرف بالضبط وظيفة إفرازها . إلا أن مزيج إفرازات هذين النوعين من الغدد هو الذى يحدث التأثير السام فى جلد الملدوغ وما يترتب عليه من ورم وألم .

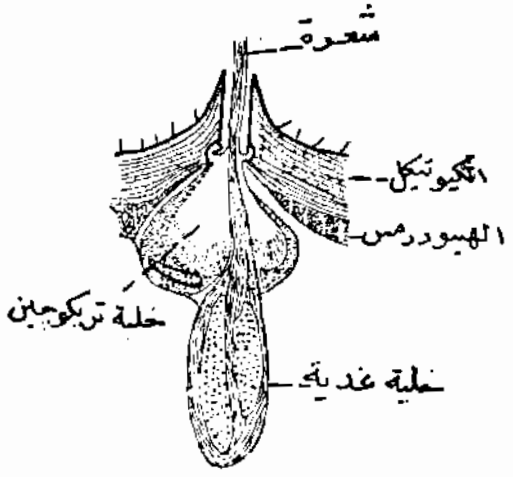
وفى يرقات رتبة حرشفية الأجنحة توجد على سطح الجسم أشواك أو شعيرات خاصة مجوفة تملك عند قواعدها غدداً هايبوديرمية (شكل ١٣٨)

تفرز مواد سامة وعند كسر هذه الأشواك أوالشعيرات داخل جسم إنسان تنطلق المادة السامة الآتية من الغدد خلالها وتسبب آلاما وأوراماً .

١٠ — الغدد الإضافية الملحقة بالجهاز التناسلى : وهذه سبق وصفها مع الأجهزة التناسلية فى كل من الذكر والأنثى .

ب — الغـدد الصماء (The endocrine glands) :

تشمل هذه الغدد التراكيب المعروفة بالكوربورا ألاتا (Corpora allata) والجسم الخارفؤادى (Corpora paracardiacum) وغدد الصدر الأمامى (Prothoracic glands) وقد سبق وصفها مع الجهاز العصبى السمبثاوى .



شكل (١٣٨) : شعرة سامة فى يرقة من رتبة حرشفية الأجنحة .