الفصل الثامن

الجهاز الهضمي

The Digestive System

- تركيب القناة الهضمية
- عملية الهضم
- الاحتياجات الغذائية
- طبائع التغذية

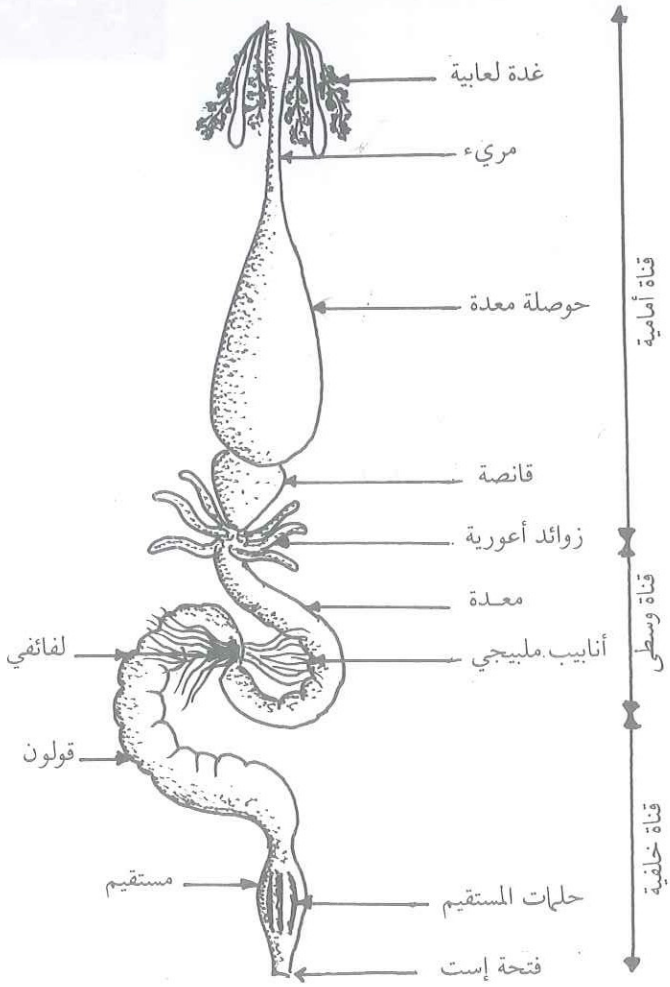
تركيب القناة الهضمية

Structure of the Alimentary Canal

القناة الهضمية عبارة عن أنبوبة تمتد خلال فراغ الجسم من الفم إلى الإست (الشرج) وغالبًا ما تكون بعض أجزائها ملتفة حول بعضها. وهي تنقسم إلى ثلاثة أجزاء هي: القناة الأمامية، Fore gut والقناة الوسطى Mid gut والقناة الخلفية Hind gut (شكل رقم ٣٠). ويفصل القناتين الأمامية والوسطى صمام فؤادي Cardiac valve. كما يفصل القناتين الوسطى والخلفية صمام بوابي. Pyloric valve وتعمل هذه الصمامات على تنظيم انسياب الطعام من جزء لآخر.

وتنشأ القناتان الأمامية والخلفية كانبعاجين لجدار الجسم، ولذلك فهي تبطن بطبقة رقيقة من الجليد. أما القناة الوسطى فهي أندودرمية المنشأ وتكون خالية من الجليد.

وتميل القناة الهضمية إلى القصر في الحشرات التي تعيش على أغذية غنية بالبروتين. بينما تميل إلى الطول في تلك التي تعيش على مواد غنية بالكربوهيدرات مع وجود بعض الشواذ.



شكل رقم (٣٠). أجزاء القناة الهضمية في الصرصور الأمريكي:

(عن: Richards & Davies, 1977a)

القناة الأماميـــة Forge Gut

تبدأ بفراغ الفم Cibarium ثم البلعوم Pharynx فالمريء Oesophagus فالحوصلة Crop فالقانصة Proventriculus .

وفي الحشرات الماصة يكون البلعوم واضح التكوين وغنيًّا بالخيوط العضلية التي ترتبط بجدار الرأس. وبانقباض وارتخاء هذه العضلات يعمل البلعوم كمضخة ماصة

كابسة ترفع الغذاء السائل وتدفعه إلى المريء ومنه إلى الخلف. والمريء يختلف طوله باختلاف الحشرة ويوجد بجداره ثنايا طولية عديدة تساعد على اتساع تجويف المريء من الداخل عند امتلائه بالغذاء.

أما الحوصلة فهي تمدد من الجزء الخلفي للمريء، وحجمها مميز في كثير من الحشرات وهي تؤدي عدة وظائف. فهي تعتبر مخزنًا مؤقتًا للغذاء في يرقات حرشفية الأجنحة. وقد يتم بها جزء من عمليات الهضم كما في الصرصور أو امتصاص بعض الدهون. وهي فضلاً عن ذلك تمتلىء بالهواء أثناء عملية الانسلاخ لتزيد الضغط على جليد الحشرة القديم فينشق وتتمكن الحشرة بجلدها الجديد من الخروج.

وتكون القانصة واضحة في الحشرات القارضة التي تتغذى على مواد صلبة. وقد لا توجد القانصة في معضم الحشرات الماصة. وتعمل القانصة على طحن الغذاء الصلب بوساطة الأسنان الحادة التي توجد بها. وكذلك على تكسير كرات الدم. وهي تنظم مرور الغذاء من الحوصلة إلى القناة الوسطى. وقد تختزل كثيرًا في شغالة نحل العسل لتصبح مجرد صمام يعمل كالغربال لفصل الرحيق عن حبوب اللقاح.

القنـاة الوسطـى Mid Gut

ويطلق عليها المعدة Ventriculus . وهي كبيرة الحجم نسبيًا. بسيطة التركيب. يفتح في مقدمتها عدد من الزوائد الأعورية Mesenteric caecae . وهي أنابيب ذات طبيعة غدية وتفرز إنزيمات هاضمة بجانب الأنزيمات التي يفرزها جدار المعدة نفسه. ويختلف عدد هذه الأنابيب في الحشرات المختلفة (٢ في رتبة ذات الجناحين وفي الحفار، ٨ في الصرصور) وقد ينعدم وجودها بالمرة (ذات الذنب القافزة وحرشفية الأجنحة).

يستكمل الهضم ومعظم الامتصاص في هذا الجزء، ويتم فيه أيضًا تحليل الهيموجلوبين وامتصاص الماء (نحل العسل). وحيث إن الأمعاء الوسطى أندودرمية المنشأ فإن السطح الداخلي لها يخلو من الكيتين. وعلى ذلك تتعرض الخلايا الطلائية المبطنة للأمعاء الوسطى لحبيبات الغذاء. ولحمايتها من أثر الاحتكاك يوجد في أغلبية الحشرات غشاء يحيط بالغذاء Peritrophic membrane يمكن اعتباره كبطانة للمعدة (Richards & Richards, 1977) . وهو يسمح بمرور الإفرازات الهاضمة ويسمح أيضًا

بمرور الغذاء المهضوم . ولا يوجد هذا الغشاء في معظم الحشرات التي تعيش على غذاء سائل (Sutton, 1951) .

القناة الخلفية Hind gut

وتنقسم إلى ثلاثة أجزاء في كثير من الحشرات هي : اللفائفي Lleum ويصب في مقدمته عدد من أنابيب ملبيجي Malpighian tubules ، والقولون Colon ، والمستقيم Rectum . ومن أهم وظائف الأمعاء الخلفية هضم السليلوز بوساطة البكتيريا والبروتوزوا وامتصاص الأملاح المعدنية (يرقات البعوض) أو الدهون (غشائية الأجنحة) فضلاً عن امتصاص رطوبة الغذاء عن طريق حلمات المستقيم (Stobbart 1968, Phillip 1964) .

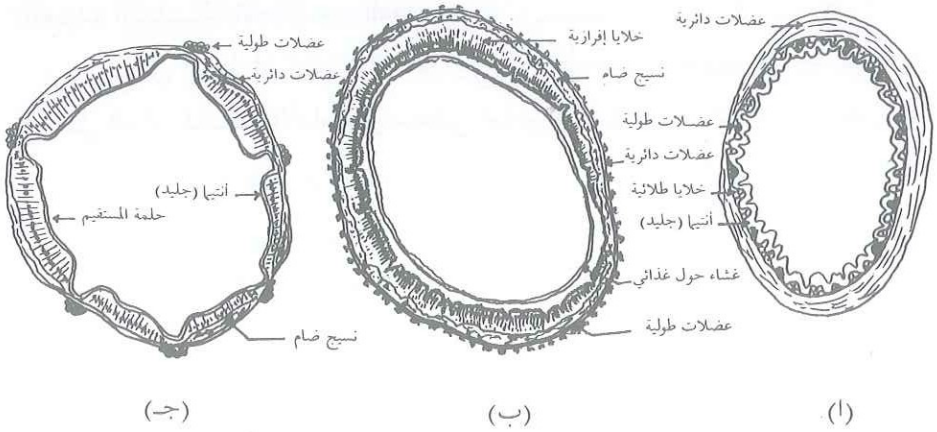
وظيفة اللفائفي استكمال امتصاص الغذاء المهضوم . القولون غير معروف الوظيفة وقد ينعدم وجوده . أما المستقيم فيقوم بتجميع وطرد المخلفات ويبطن بعدد من حلمات المستقيم Rectal papillae التي تتولى امتصاص الرطوبة من مخلفات الغذاء قبل التخلص منها .

التركيب الدقيق للقناة الهضمية Minute Structure

تنقسم القناة الهضمية في الحشرات كما سبق القول إلى ثلاث مناطق هي القناة الأمامية والقناة الوسطى والقناة الخلفية . ويختلف التركيب الميكروسكوبي لهذه المناطق كما هو واضح في (الشكل رقم ٣١) .

القناة الأمامية

تنشأ كانبعاج من جدار الجسم ، فهي أكتودرمية المنشأ ، ولذلك فهي تبطن من الداخل (في القطاع العرضي لها) بطبقة من الجليد يطلق عليها أنتيما . يلي هذه الطبقة نحو الخارج نسيج طلائي يتكون من خلايا مفلطحة الشكل . وتغلف القناة بعد ذلك بطبقة غير كاملة من العضلات الطولية للداخل وأخرى مكتملة من العضلات الدائرية للخارج ، وتحاط من الخارج بطبقة رقيقة من النسيج الضام .



(جـ) (ب) (ا)

شكل رقم (٣١). التركيب الدقيق للقناة الهضمية :
(ا) الأمامية . (ب) الوسطى . (جـ) الخلفية .

(عن : Chapman, 1971)

القنـــاة الوسطـــى

أندودرمية المنشأ ولذلك لا تبطن بطبقة من الجليد بل بغشاء رقيق يعرف بالغشاء الغذائي لحماية الخلايا المفرزة للعصارة الهضمية من حبيبات الطعام . توجد طبقة كاملة من النسيج الطلائي العمادي تقوم بعمليتي إفراز الأنزيمات وامتصاص الغذاء المهضوم . وقـد تتحلل بعض هذه الخـلايا أثناء الإفراز ويحل محلها خلايا أخرى جديدة نتيجة انقسام مجموعة من الخلايا تعرف بالخلايا المجددة توجد في قاع طبقة النسيج الطلائي . يلي هذه الخـلايا طبقـة من العضلات الدائرية ثم طبقة غير مكتملة من العضلات الطولية . أي أن وضع طبقتي العضلات هنا يكون بعكس وضعهما في القناة الهضمية الأمامية . ترتبط طبقتا العضلات هنا بغلاف من النسيج الضام .

القنـــاة الخلفيـــة

أكتودرمية المنشأ . أي أنها تبطن كما في القناة الأمامية بطبقة من الجليد تتميز بالرقة والنفاذية . الخلايا الطلائية مكعبة الشكل تحاط من الخارج بطبقتين من العضلات ، الدائرية للداخل والطولية للخارج .

الغـــدد اللعابيـــة Salivary Glands

هي في أبسط أشكالها عبارة عن زوج من الأنابيب الأعورية على جانبي المريء وأسفل القناة الهضمية الأمامية في منطقتي الرأس والصدر، وقد تمتد حتى البطن. وقد تكون عنقودية أو خيطية وهي ترتبط بالشفة السفلى. وتفرز هذه الغدد أنزيمات مختلفة. وقد ينعدم وجودها في بعض الحشرات. تفتح كل غدة في قناة ثم تتحد القناتان Salivary ducts وتفتحان في قناة مشتركة Common duct تنتهي فتحتها في قاعدة اللسان. وقد يوجد للغدة مخزن يتم تجميع اللعاب مايلي:

وأهم وظائف اللعاب مايلي:

١ ـ في آكـلات العشب وماصات العصارة من الحشرات يحتوي اللعاب على أنزيمات لتحويل النشا إلى سكر مثل أنزيمي Invertase, Amylas .

٢ ـ في الحشرات المفترسة يحتوي اللعاب على أنزيمات تحول البروتين إلى ببتون.

٣ ـ في الحشرات الماصة للدم يحتوي اللعاب على مادة تمنع تجلطه Anticoagulant ليبقى سائلاً فيسهل امتصاصه.

٤ ـ في يرقـة دودة الحـرير تكـون الغدد اللعابية على شكل أنبوبتين طويلتين متعرجتين تمتدان على جانبي القناة الهضمية وتفرزان خيوطًا حريرية تستعملها اليرقة في عمل الشرنقة.

٥ ـ في الذبابة المنزلية يقوم اللعاب بترطيب الغذاء الجاف (السكر) وإسالته.

٦ ـ يعمل اللعاب على تنظيف أجزاء الفم وجعلها في حالة صالحة لتأدية وظيفتها.

عمليـــة الهضـــم

Digestion

الأنزيمات الهاضمة Digestive Enzymes

من أهم الأنزيمات التي تفرزها الأمعاء مايلي:

١ ـ أنزيمـات لهضـم الكربوهيـدرات Carbohydrases مثل Amylase, Maltase Invertase

٢ ـ أنزيمـات لهضـم البروتينات Proteases . مثل Dipep-tidase, Aminopolypeptidase .

٣ ـ أنزيمات لهضم الدهون Lipases مثل Lipase .

ومن الأنزيمات التي تفرزها الحشرات ولا توجد في الحيوانات الثديية مايلي :

١ ـ أنـزيمات Lignocellulase, Hemicellulase, Cellulase : توجـد في أمعـاء الحشرات التي تتغذى على الأنسجة النباتية مثل حفارات الأخشاب والحشرات من رتبة مستقيمة الأجنحة .

٢ ـ أنزيم Cericinase : يوجد في فراش دودة الحرير ويستخدمه الفراش لتحليل مادة الحرير السمنتية اللاصقة للخيوط الحريرية للشرنقة ليتمكن الفراش من الخروج من الشرنقة .

٣ ـ أنزيم Chitinase : يوجد في الجهاز الهضمي للحشرات المفترسة لهضم جدار جسم الفريسة .

٤ ـ أنزيم Lichenase : وتفرزه الحشرات التي تتغذى على الأشن Lichens .

ويستطيع القمل القارض Order Mallophaga أن يهضم مادة الكيراتين Keratin وهو بروتين يوجد في الشعر . كما تستطيع يرقات دودة الشمع *Galleria mellonella* هضم شمـع النحل . أما المن Aphids فإنه يفرز للخارج أنزيم Pectinase لتسهيل اختراق أجزاء فمه لأنسجة النبات .

وحيث إن بعض أنزيمات اللعاب تحقن في أنسجة العائل النباتي أو الحيواني أو تلقى على سطح المادة الغذائية فإن جزءًا من عملية الهضم تتم خارج القناة الهضمية External digestion . فمثلاً تلجأ بعض الحشرات المفترسة إلى تقيؤ العصير الهضمي وحقنه بوساطة فكوكها المجوفة داخل جسم الفريسة، وبذلك يتم جزء كبير من عملية الهضم خارج جسم الحشرة . ويؤدي حقن العصير الهضمي إلى إسالة أنسجة الفريسة وسهولة امتصاص هذه المادة من جانب الحشرة عن طريق الفكوك .

إن فترة الهضم . أي المدة التي يستغرقها الطعام في المرور داخل القناة الهضمية تتراوح ما بين ٦ـ٣٣ ساعة بمتوسط ثماني ساعات . منها نصف ساعة تقريبًا في الأمعاء الأمامية وساعتان في المعدة . وقد تزيد هذه المدة على ذلك عند الانفعال وعند الصوم .

الكائنات الحية الدقيقة والهضم.

من بين الكائنات الحية الدقيقة ـ التي تعيش معيشة تبادل منفعة داخل الجهاز الهضمي لكثير من الحشرات ـ البكتيريا والبروتوزوا والفطر. وقد توفر هذه الكائنات لعـوائلها مواد ذات قيمة غذائية كالفيتامينات وفي أحيان أخرى تقوم هذه الكائنات بتصنيع أنزيمات تمكن الحشرة من هضم مواد تعجز بدونها عن الهضم.

فمثلاً تحتوي القناة الهضمية لبعض قافزات الأوراق على الخميرة التي تستطيع هضم النشا والسكروز. وفي كثير من الحشرات التي تتغذى على الخشب توجد أعداد كبيرة من البكتيريا وهي المسؤولة عن تخمير السليلوز. وفي النمل الأبيض الذي يستطيع المعيشـة على السليلوز تحتوي قناته الهضمية الخلفية على حيوانات سوطية أولية تفرز أنـزيم Cellulase . وتستـطيع الميكـروبـات التي تعيش داخـل أمعاء يرقات الذبابة الخضراء *Lucilia* sp أن تنتج مادة قلوية تساعد على إسالة أنسجة الحيوان المبتلع (Romoser, 1981).

الاحتياجـات الغذائيـة

Food Requirements

تحتاج الحشرات ـ شأنها شأن باقي الحيوانات ـ إلى كميات من المكونات الرئيسة الثلاثة للغذاء: الحموض الأمينية والكربوهيدرات والدهون. كما أنها تحتاج إلى بعض الستيرولات وبعض مشتقات الحمض النووي Nucleid acid والماء.

أما حاجة الحشرات إلى الفيتامينات فهي محدودة. وهي أساسًا من النوع الذي يذوب في الماء (فيتامين B المركب، حمض الأسكوربيك). ففي معظم آفات المخازن نجد أن الفيتامينات من المجموعة «B» المركبة هي التي تحتاجها مثل هذه الحشرات. ويعتبر الفيتامين A من الفيتامينات التي يحتاجها البعوض *Aedes aegypti* لتؤدي العيون المركبة وظيفتها الطبيعية.

وبالإضافة إلى ذلك فإن الحشرات تحتاج إلى الأملاح المعدنية لتنظيم كثير من العمليات الحيوية مثـل الضغط الأسموزي ونشاط بعض الأنزيمات. ومن العناصر المعدنية التي تحتاجها الحشرات البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم والفوسفور

والنحاس والمنجنيز والزنك. وتستطيع بعض يرقات البعوض ذات الحلمات الشرجية أن تمتص الأملاح من الماء من خلال جدرها الرقيقة.

طبائـــع التغذيـــة
Feeding Habits

يمكن تقسيم الحشرات تبعًا لطبيعة تغذيتها إلى :

حشرات تتغذى على النباتات Plant Feeding Insects

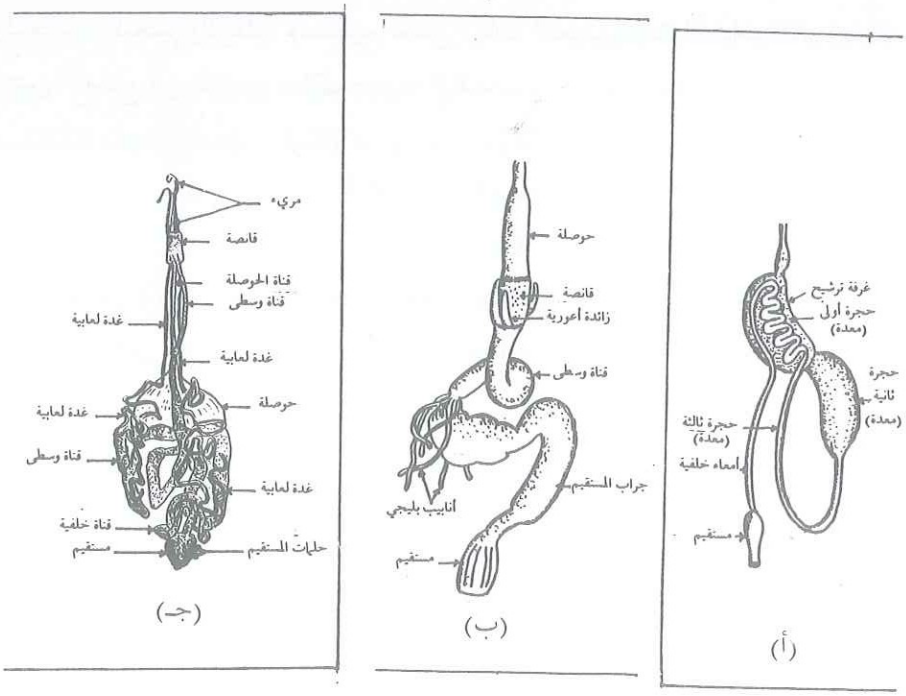
تتعرض أجزاء النبات المختلفة للإصابة بالحشرات. فمنها ما يقرض الأوراق ومنهـا ما يمتص العصـارة أو يحفر في السوق والأخشاب أو يمتص رحيق الأزهار أو يتغذى على الثمار أو البذور والحبوب ومنتجاتها.

١ ـ أوراق النبـــات Plant leaves

لا تحتوي القناة الهضمية لمعظم الحشرات التي تعيش على قرض أوراق النبات. على أنزيمات تؤثر على الجدر السليلوزية لأنسجة النبات. وقد ثبت أن الأنزيمات التي تفرزها هذه الحشرات لها قدرة على الانتشار خلال جدر الخلايا وهضم ما بداخلها من مواد غذائية. ثم تنتشر نواتج الهضم إلى الخارج لتستفيد منها الحشرة.

٢ ـ عصـــارة النبـــات Plant sap

عصـارة النبـات غنية جدًّا بالكـربوهيدرات. فقيرة جدًّا في البروتين. ولذلك تضـطر الحشرة التي تعيش على امتصاص عصارة النبات كالمن والذباب الأبيض إلى امتصاص كميات كبيرة من العصارة للحصول منها على ما يلزمها من بروتين. وتتخلص الحشرة من الكربوهيدرات الزائدة في صورة ندى العسل Honey dew عن طريق ما يعرف بغرفة الترشيح Filter chamber . إذ يتجمع جزء من مقدم القناة الهضمية وجزء من مؤخـرهـا داخل غلاف غشاء عضلي يعرف بغرفة الترشيح (شكل رقم ٣٢ـ ا). ويسمح هذا التركيب للماء الزائد بما يحتويه من مواد كربوهيدراتية ذائبة بالمرور مباشرة من مقدم القناة الهضمية (الحجرة الأولى من المعدة) إلى مؤخرة القناة الهضمية للتخلص



شكل رقم (٣٢). الملاءمة الوظيفية للقناة الهضمية في الحشرات:
(ا) الماصة للعصارة النباتية. (ب) التي تتغذى على الخشب. (جـ) الماصة للدم.
(ا/ عن: Borror *et at.*, 1981)
(ب/ عن: (Harris, 1964)
(جـ/ عن: Hindle. 1914)

منه في صورة مادة عسلية. ويحتفظ في الوقت نفسه بالمادة البروتينية في حالة مركزة نوعًا ليتم هضمها ثم امتصاصها.

٣ ـ الخشب Wood

يعتبر الخشب من الوجهة الغذائية قليل القيمة الغذائية إذ لا تتجاوز نسبة البروتين فيه ١ـ٢٪ كما تتراوح نسبة النشا فيه ما بين صفر. و٥٪ والسكريات ما بين صفر و٦٪. أما نسبة السليلوز (٤٠ـ٦٠٪) واللجنين (١٨ـ٤٠٪) فهي مرتفعة. إن انخفاض البروتين في الخشب يفسر السبب في طول دورة حياة الحشرات التي تتغذى عليه فقد يستغرق الطور اليرقي عدة سنوات.

تستطيع بعض الحشرات التي تهاجم الخشب الجاف هضم السليلوز بإفرازها لأنزيم Cellulase وذلك كما في حشرة *Macrotome palmata* . أما في بعض أنواع النمل الأبيض Termites فإنها تعتمد على وجود كائنات حية دقيقة (سوطيات من الحيوانات وحيدة الخلية) توجد بأعداد كبيرة في جراب المستقيم Rectal pouch في مؤخرة القناة الهضمية (شكل رقم ٣٢ـ ب)، وتعيش هذه الكائنات مع النمل الأبيض معيشة تبادل منفعة، ولها القدرة على تحليل الجدر السليلوزية بإفرزها لإنزيم السليوليز لإطلاق المواد الغـذائية المخـزنـة. ويبدو أن لهذه السوطيات القدرة بالإضافة إلى ذلك على تثبيت الأزوت الجوي والاستعانة بالسليلوز لتكوين مادة بروتينية تستغل الحشرة الجزء الأكبر منها. وقد ثبت أن النمل الأبيض يموت إذا عقم للتخلص من هذه الحيوانات الأولية وقدم له الخشب كغذاء.

٤ ـ رحيـق الأزهـار Nectar

يعتبر رحيق الأزهار الغذاء الرئيسي للفراشات وأبي دقيق على الرغم من خلوه من البروتين، ولذلك تلجأ هذه الحشرات إلى التهام كميات كبيرة من البروتين وهي في طور اليرقة ويتم تخزينها في أجسامها. فإذا ما تحولت اليرقات إلى حشرات كاملة كان لديها رصيد يعتمد عليه في إنتاج البيض حيث يعتبر البروتين مادة أساسية في تكوينه.

٥ ـ الثمـار Fruits

تتغذى يرقات ذبابة ثمار الزيتون *Dacus oleae* على ثمار الزيتون. وقد اتضح أن الزوائد الأعورية ليرقات ذبابة الزيتون تؤوي أعدادًا من البكتيريا التي تحيل كمية الزيت التي تؤخذ من الثمار إلى حموض دهنية وجلسرين. كما تتغذى يرقات ذبابة الفاكهة، *Ceratitis capitata* على ثمار المـوالح والحلويات وهي فقيرة في نسبة البروتين (٨,٠٪). وهي تعوض النقص في البروتين بالتهامها لنباتات الخميرة التي تنمو على الثمار المتخمرة.

٦ ـ البـذور Seeds

يعيش كثـير من أنـواع الحشرات، كالخنافس والسوس والفراشات في طورها الـيرقي وأحيانًا في طوري اليرقة والحشرة الكاملة على مختلف أنواع الحبوب النجيلية

والبقـولية وهي قائمـة في الحقـل أو أثناء التخزين. بعضها يستهلك جزءًا كبيرًا من المحتوى النشوي للحبوب والبعض يفضل الجنـين أولاً ربما لارتفاع محتواه البروتيني، وربما لمنع انبات البذور عند توفر الرطوبة.

حشرات تتغذى على الدم Blood-sucking Insects

يتغـذى كثـير من الحشرات على امتصـاص دم الإنسان أو الحيوان. من هذه الحشرات إناث البعوض وبعض أنواع الذباب الواخز والقمل والبراغيث. كما في ذبابة مرض النـوم *Glossina* sp. يتكون الجهاز الهضمي من حوصلة جانبية كبيرة لتخزين الـدم. وتستطيل القناة الوسطى لتعطي الغذاء فرصة أطول للهضم. توجد غدتان لعابيتان كل واحدة منها عبارة عن أنبوبة طولية متعرجة تمتد على جانبي القلب. وتفرز هذه الغدد مادة مانعة لتجلط الدم Anticoagulant . المريء عبارة عن أنبوبة أسطوانية تمتد للخلف وتنشأ الحوصلة عند نقطة اتصاله بالقانصة (شكل رقم ٣٢ ـ جـ).

ينساب الدم عند الحاجة من الحوصلة إلى المعدة حيث يتجلط. ثم تفرز كائنات خاصة تشبه الخميرة أنزيمات تحلل الدم إلى أحماض أمينية وسكريات ودهون (تستفيد منه الحشرة) وهيموجلوبين ينحل إلى مادتين: هيماتين (يتم امتصاصها) وجلوبين (يتم إخراجها من البراز).

حشرات تتغذى على مواد عضوية متخمرة Fermented Organic Matter

١ ـ مواد نباتية Plant matter

تنجـذب بعض الحشرات إلى المـواد العضـوية النباتية المتخمرة كثمار الفاكهة الساقطة. يتم انجذاب هذه الحشرات إلى رائحة التخمر التي تنبعث منها. من أمثلة هذه الحشرات ذبـابـة الدروسوفيلا *Drosophila melanogaster* التي تنجذب إلى ثمار الفاكهة المتخمرة. وتعتبر نباتات الخميرة التي تسبب تخمر هذه الثمار هي مصدر البروتين لهذه الحشرات وليست المـادة المتخمـرة نفسهـا. ويؤدي تعقيم هذه الثـمار من هذه الكائنات إلى عجز الحشرات عن النمو والتكاثر على المادة المعقمة إذا قدمت لها.

٢ ـ مواد حيوانية Animal matter

تنجـذب ذبابة اللحم . *Sarcophage* sp. إلى اللحوم المتعفنة والتي تحتوي على أعداد كبيرة من البكتيريا التي تعمل على إذابة الأنسجة الحيوانية وجعلها سهلة التناول . وتعتبر هذه البكتيريا الغذاء الرئيس للذبابة إذ بدونها لا يمكن للحشرة أن تعيش .

حشـرات تتغذى على روث المواشـي Dung-feeding Insects

تنجذب يرقات الذبابة المنزلية *Musca domestica* إلى روث الحيوانات لاحتوائه على عدد كبير من البكتيريا التي تعيش على الروث . وتعتبر هذه البكتيريا هي الغذاء الـرئيس ليرقـات الذبابة ومصدرًا للبروتين . وبدون هذه البكتيريا تعجز الحشرة عن المعيشة على الروث المعقم (Romoser, 1981) .

الفصل التاسع

تصوير

الجهاز الدوري

The circulatory system

- الفراغات الدموية
- الوعاء الدموي الظهري
- الدورة الدموية
- الدم وخلاياه
- تجلط الدم

الجهاز الدوري في الحشرات من النوع المفتوح Open type . ولا يوجد سوى وعاء دموي واحد (مغلق من الخلف ومفتوح من الأمام والجانبين) هو الوعاء الظهري Dorsal vessel الذي يمتد بطول الحشرة، وفي الجزء الظهري منها من مؤخرة البطن إلى أسفل المخ في منطقة الرأس والذي يتكون من جزءين هما القلب والأورطي . تأخذ دورة الدم معظم مجراها في فراغات الجسم وأعضائه .

الفراغات الدموية

Blood Sinuses

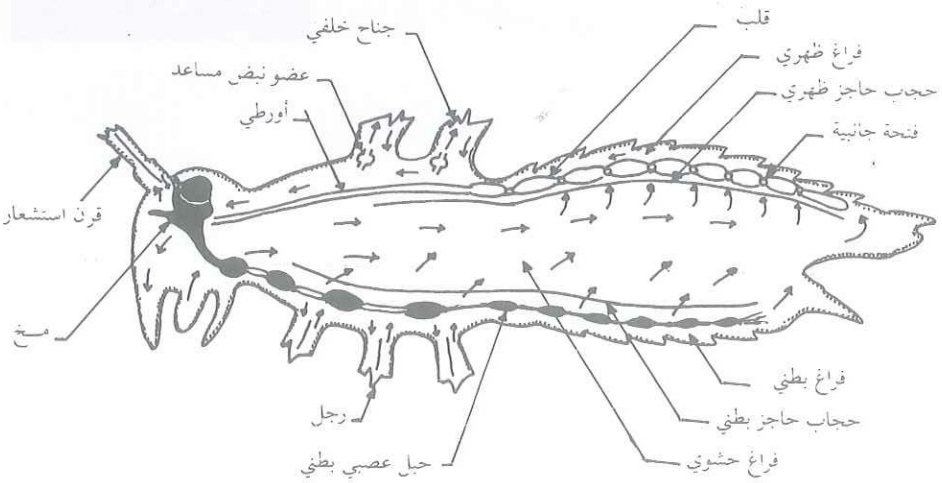
ينقسم فراغ الحشرة إلى ٣ فراغات بوساطة حاجزين (شكل رقم ٣٣) :

حجاب حاجز ظهري Dorsal Diaphragm

ويمتد خلال فراغ البطن أعلى القناة الهضمية . ويعرف الفراغ الذي يعمله بالفراغ الظهري Dorsal sinus ويوجد به الوعاء الظهري .

حجاب حاجز بطني Ventral Diaphragm

يمتد خلال فراغ الجسم فوق الحبل العصبي مباشرة . ويعرف الفراغ الذي



شكل رقم (٣٣). الجهاز الدوري ودورة الدم في الحشرات.

(عن : Romoser, 1981)

يعمله بالفراغ البطني Ventral sinus. (Richards, 1963).

يوجد بين الفراغين فراغ ثالث كبير يعرف بالفراغ الحشوي. Visceral sinus وهو يضم الأحشاء المغمورة بالدم.

الوعـــاء الدمـــوي الظهري

Dorsal Vessel

يعـد العضو الرئيس المسؤول عن حركة الدم. وهو يمتد بطول الخط الوسطي الظهري أسفل جدار الجسم وفوق الحجاب الظهري من النهاية الخلفية للجسم، مخترقاً الصدر لينتهي في الرأس أسفل المخ. وهو عبارة عن أنبوبة مغلقة من الخلف مفتوحة من الأمام. تتكون في معظمها من عضلات دائرية، ولكنها قد تحتوي على عضلات نصف دائرية أو مائلة أو طولية. وقد يغلف من الخارج بغشاء من نسيج ضام. تخرج ألياف مرنة من جدار الجسم الظهري ومن القناة الهضمية وعضلات الجسم لترتبط به.

ينقسم الوعاء الظهري إلى جزءين: القلب Heart والأورطي Aorta. ويتكون القلب من عدد مختلف من الحجـرات Chambers بوساطة اختناقات متتابعة. ولكل

حجـرة زوج من الفتحات الجانبية Ostia تتحكم فيها صمامات Valves تسمح للدم بالدخول إلى حجرات القلب عند ارتخاء عضلاته، وتحول دون خروجه منها عند انقباضها.

يحتـل القلب منـطقة الصدر والحلقات البطنية التسع الأولى. لكن في معظم الحشرات يقتصر وجوده على البطن. ويمتد الأورطي إلى الأمام خلال الصدر لينتهي في الرأس أسفل المخ حيث يفتح بفتحة قمعية أو بعدة فتحات. وتنقبض عضلات القلب بانتظام وتتأثر سرعة النبض بعدة عوامل.

الـــدورة الدمويـــة

Blood Circulation

يعـد القلب هو عضو النبض الرئيس في الحشرة. وتحدث انقباضاته المنتظمة بوساطة الألياف العضلية لجدار القلب. وتأخذ انقباضات حجرات القلب شكل موجة تتحرك من الخلف إلى الأمام. وتتحرك الموجة في بعض الحشرات بسرعة فائقة لدرجة يظهر فيها القلب وكأنه ينقبض كله دفعة واحدة. وفي البعض الآخر تتحرك الموجة ببطء لدرجة تظهر فيها موجتان أو أكثر تتحركان في تعاقب.

عند ارتخاء عضلات القلب Diastole يدخل الدم إلى القلب من خلال الفتحات الجانبية للحجرات وعند انقباضها تغلق صمامات الفتحات الجانبية للحجرات لتحول دون هروب الدم من القلب فيندفع بذلك إلى الحجرات الأمامية فالأورطي ويسيل في منطقة الرأس، ومنها يتجه في حركة خلفية إلى الصدر والبطن. ومن البطن يعود مرة أخرى إلى الفراغ الظهري حيث يوجد الوعاء الدموي الظهري.

يدعم حركة الدم إلى الخلف في الفراغين الحشوي والبطني نبض القلب واندفاعه منه إلى الرأس وكذلك الحركات التموجية للحجاب الحاجز البطني.

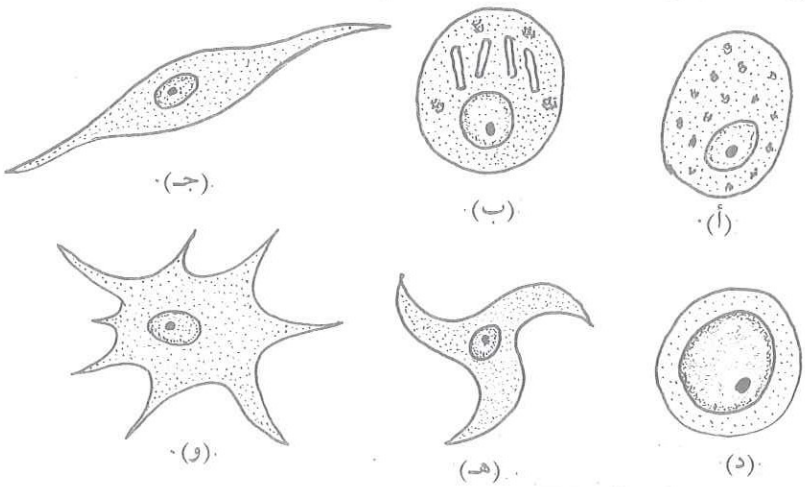
توجد أعضاء كيسية الشكل عند قواعد قرون الاستشعار (Clements, 1953) أو الأرجـل أو الأجنحـة (Perttunen, 1955) تنبض مستقلة عن القلب وتعرف بأعضاء النبض المساعدة. Accessory pulsating organs تدفع كميات وافية من الدم إلى هذه الأعضاء حيث تنقسم هذه الأعضاء بحاجز رقيق إلى نصفين لتسمح للدم بالدخول

إلى كل عضو من اتجاه والخروج منه من النصف الآخر. أما في الأجنحة فإن الدم يدخل الجناح في عروق الجزء الأمامي منه ثم يعود من خلال العروق الخلفية له (Arnold, 1964).

الـــدم وخلايـــاه

Blood and Blood Cells

الدم سائل رائق يعلق به عدد من خلايا أو كرات الدم (شكل رقم ٣٤). وهو غالبًا مائل للصفرة أو الخضرة. ونادرًا ما يكون أحمر اللون (في يرقات الهاموش يكون اللون أحمر نتيجة وجود مادة الهيموجلوبين ذائبة في البلازما). ويعرف الجزء السائل من الـدم بالبـلازما Plasma. وتحتوي الأخيرة على العديد من المواد الغذائية من أملاح وسكريات وحموض أمينية وحمض يوريك وغير ذلك.



شكل رقم (٣٤). بعض أنواع خلايا الدم في الحشرات:
(أ) Granular leucocyte (ب) Oenocytoid (جـ) Vermiform cell (هـ) Plasmato-cyte (د) Prohaemocyte (و) Podocyte.
(عن: Romoser, 1981)

يختلف عدد كرات الدم في كثير من الحشرات وفي الأطوار المختلفة من دورة حياة الحشرة. وتختلف كرات الـدم كثـيرًا في الشكـل والوظيفة. يتحرك بعضها مع الدم ويلتصق البعض الآخر بجدر الأنسجة.

ومن أشكال كرات الدم التي يتفق عدد كبير من الباحثين على وجودها في دم الحشرات مايلي :

كرة أو خلية بيضاء أولية Proleucocyte

صغيرة الحجم ذات نواة كبيرة. السيتوبلازم غير محبب وقابل للصبغ بالأصباغ القاعدية تنقسم لتعطي الأشكال الأخرى من كرات الدم.

كرة أو خلية بيضاء بلعية Phagocyte

كبيرة الحجم. السيتوبلازم هلامي. خلايا أكولة.

كرة أو خلية بيضاء محببة السيتوبلازم Granular Leucocyte

غير محدودة الشكل. فقد تكون أميبية الشكل أو هلالية أو دودية. إلخ . . . السيتـوبـلازم محبب. تشغل النواة نصف فراغ الخلية. قادرة على تكوين امتدادات رقيقة. وأحيانًا أكولة.

كرة أو خلية بيضاء شبيهة الخمرية Oenocytoid

كبيرة الحجم مستديرة أو كروية الشكل. ذات نواة صغيرة نسبيًا. السيتوبلازم غير محبب. ليست أكولة.

ليس من المعروف تمامًا وظيفة كرات الدم إلا أن معظمها خلايا أكولة تستطيع أن تلتهم البكتيريا. كما أنها تلعب دورًا مهمًا في التخلص من الخلايا والأنسجة الميتة خلال عملية التحول Metamorphosis .

أما وظائف الدم فيمكن تلخيصها فيمايلي :

١ ـ توصيل الهرمونات إلى أجزاء الجسم المختلفة.

٢ ـ نقل الغذاء المهضوم من الأمعاء وتوزيعه على الجسم.

٣ ـ التخلص من الفضلات عن طريق أعضاء الإخراج.

٤ ـ تمويل الضغط اللازم في حالات الفقس والانسلاخ وفرد الأجنحة.

٥ ـ التبادل الكيميائي بين الأعضاء المختلفة.

٦ ـ له دور محدد في عملية التنفس.

تجلـط الـدم

Blood Clotting

يمكن تقسيم الحشرات إلى ثلاثة مجاميع تبعًا لخاصية تجلط الدم:

١ ـ حشرات لا يتجلط الدم فيها أبدًا.

٢ ـ حشرات يتجلط فيها الدم نتيجة التصاق الكرات الدموية، إذ تلقي الكرات الدموية أقدامًا كاذبة خيطية دقيقة ثم تلتصق مع بعضها في كتل. أما البلازما فتبقى دون تغيير يذكر.

٣ ـ حشرات يتجلط فيها الدم نتيجة تجلط البلازما. وفي هذه الحالة لا تلعب الكرات الدموية دورًا ذا أهمية، ولكن يحدث عند التجلط أن تتكون مادة متجلطة ليفية في البلازما.

الفصل العاشر

الجهاز التنفسي

The Respiratory system

● تركيب الجهاز القصبي ● عملية التنفس

تركيب الجهاز القصبي

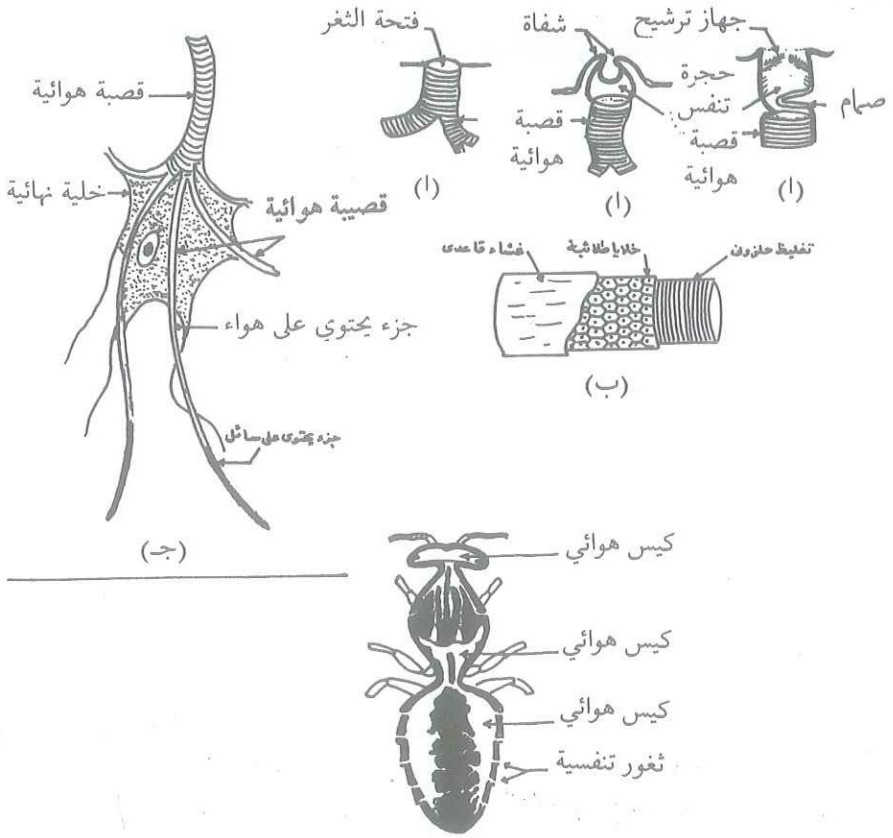
Structure of The Tracheal System

تمتلك الحشرات جهازًا تنفسيًا ذا كفاءة عالية. فبدلاً من انتقال الأكسجين إلى خلايا الجسم عن طريق الدم فإنه ينتقل إليها مباشرة عن طريق أنابيب تعرف بالقصبات الهوائية Trachaae . وتتخلص من ثاني أكسيد الكربون بالطريقة نفسها. تفتح القصبات الهوائية خارج الجسم بوساطة فتحات أو ثغور تنفسية Spiracles . وتتفرع القصبات الهوائية في الجسم وتتخلل الخلايا وتنتشر بين الألياف العضلية وتحيط بالقناة الهضمية وأنابيب ملبيجي والغدد التناسلية والأجسام الدهنية حاملة الهواء إليها.

الثغور التنفسية Spiracles

يوجد منها عادة زوجان بمنطقة الصدر الأوسط والخلفي .و٦ ـ ٨ أزواج في منطقة البطن. وهي نوعان: بسيطة Simple وهي لا تزيد على فتحات خارجية للقصبات الهوائية. أما النوع الثاني فتكون نهاية القصبة الهوائية فيه غائرة توجد في قاع حجرة تنفسية Atrium تفتح للخارج بفتحة الحجرة التنفسية. ولمنع تبخر الماء أو تقليله من هذه الثغور فهي تزود بإحدى طريقتين لغلق الثغور (Snodgrass, 1935) . في الحالة الأولى

تتحـور ثنيات من جدار الجسم على شكـل شفتين متقابلتين يؤدي تقابلهما إلى غلق الثغر. في الطريقة الثانية يزود الثغر بصمام يقع في النهاية الداخلية لحجرة داخلية وهو يتحكم في حجم فتحة القصبة الهوائية (شكل رقم ٣٥ ـ ا). وقد تزود الثغور التنفسية بشعور كثيفة أو صفائح مثقبة كالمصفاة Sieve plates تحول دون دخول الشوائب وتعرقل إلى حد ما فقد الماء.



شكل رقم (٣٥). الجهاز التنفسي:
(ا) الثغـور التنفسية. (ب) تركيب القصبة الهوائية. (جـ) القصيبات الهوائية.
(د) الأكياس الهوائية.

(أ، ب، د/ عن: Romoser, 1981)
(ج/ عن: خليفة، ١٩٨٧)

ترتبط ميكانيكية فتح الثغور وغلقها بعوامل عديدة كيميائية وعصبية وإفرازات هرمـونية . فإذا ارتفعت كمية ثاني أكسيد الكـربـون في جسم الحشرة تبقى الثغـور مفتوحة . وإذا ارتفعت نسبة الأكسجين أغلقت الثغور (Wiggles worth, 1935) .

وقد استغلت هذه الظاهرة علميًا في أغراض التدخين بغاز حمض الهيدروسيانيك لزيادة فعاليته ضد الحشرات . فإذا حقن ثاني أكسيد الكربون في الحجرة التي سيتم فيها التـدخـين قبـل إجراء العملية بفترة أدى ذلك إلى فتح الثغور التنفسية في الحشرات الموجودة فإذا قدمت المادة المدخنة السامة بعد ذلك أدى إلى استنشاق الحشرات لكميات أكبر من الغاز السام وتصبح عملية التدخين حينئذ أكثر كفاءة وتأثيرًا .

القصبـات والقصيبات الهوائية Tracheae and Tracheoles

عبارة عن أنابيب مرنة مقواة من الداخل . يفتح كل ثغر تنفسي في قصبة هوائية مستعـرضـة . Transverse trachea ترتبط القصبات المستعرضة في كل جانب بجذع طولي Longitudinal trunk ، ثم تتفرع القصبات الهوائية بعد ذلك داخل جسم الحشرة إلى فروع تتجه إلى السطح الظهري لتغذي جدار الجسم والأورطي والعضلات وباقي الأنسجة الظهرية . وتتجه بعض الفروع الأخرى جانبيًا إلى القناة الهضمية وملحقاتها أو بطنيًا إلى جدار الجسم والحبل العصبي والعضلات .

تشبـه القصبـة الهـوائية في تركيبها جدار الجسم . فهي تتركب من الخارج إلى الداخل من غشاء قاعدي ، ثم طبقة من الخلايا الطلائية تفرز طبقة داخلية من الجليد تعرف بالانتيما Intima تظهر في شكل تغليظ حلزوني Taenidium يحول دون انطباقها بفعل ضغط الأنسجة المحيطة (شكل رقم ٣٥ ـ ب) .

وباستمرار تفرع القصبات الهوائية يقل قطر هذه الأنابيب تدريجيًا إلى أن تصل إلى خلية تنفسية نهائية Respiratory end cell تعـطي عددًا من القصيبـات الهـوائية الأعـورية . Tracheoles تتميز برقـة جدرهـا وضيقها (لا يزيد قطرها على ميكرون) وخلوها من تغليظ حلزوني واضح واحتوائها على سائل . وتعتبر هذه القصيبات جزءًا من هذه الخلية (شكـل رقم ٣٥ ـ جـ) . وقـد تكـون شبكة تغلف بعض الأعضاء كالخصي والمبايض أو تمتد على سطح نسيج أو تتخلل بعض الخلايا أو تخترق الخلايا العضلية .

الأكياس الهوائية Air sacs

تنتهي أطراف القصبات الهوائية في بعض الحشرات قوية الطيران كالجراد ونحل العسل بأكياس هوائية تنتفخ عند امتلائها بالهواء. (شكل رقم ٣٥ ـ د) ومن أهم وظائفها (Wigglesworth, 1963) مايلي:

١ ـ توفر للحشرة كمية أكبر من الأكسجين تتولد عنه طاقة لتعويض المجهود الكبير الذي تقوم به.

٢ ـ تقلل من الكثافة النوعية للحشرة فتساعدها على الطيران.

٣ ـ تحافظ على مكان ملائم لنمو المبايض دون حاجة لتمدد البطن كما في الذباب المنزلي.

٤ ـ تعمل على معادلة الضغط على السطح الداخلي لأعضاء السمع ـ كما في الجراد والنطاط ـ بتكوين الفراغ السمعي لأعضاء السمع.

٥ ـ الحفاظ على الحرارة في الحشرات كبيرة الحجم والتي تحتاج إلى توليد حرارة عالية عند الطيران.

عملية التنفس

Respiration

أ ـ في الحشرات الأرضية Terrestrial Insects

تحدث عمليتا الشهيق والزفير نتيجة انقباض وارتخاء العضلات الظهرية البطنية التي تربط الترجات بالاسترنات في منطقة الصدر والبطن. فعند انقباضها تقترب الترجات من الاسترنات فتضغط على القصبات الهوائية محملة بثاني أكسيد الكربون. وعند ارتخائها تتباعد عن بعضها وتمتد القصبات فيدخلها الهواء محملاً بالأكسجين.

وتعمل عملية فتح وغلق الثغور التنفسية في تناسق تام. وفي بعض الأحيان يؤدي ذلك إلى دفع الغاز في اتجاه واحد على سبيل المثال إلى داخل الجسم عن طريق ثغور الصدر وإلى خارج الجسم عن طريق ثغور البطن.

وقد كان هناك اعتقاد بأن نهاية القصيبات الهوائية تحتوي على هواء جوي على شكل غازي وأن التنفس يحدث نتيجة انتشار هذا الهواء من القصيبات إلى الأنسجة

وانتشار ثاني اكسيد الكربون من الأنسجة إلى القصيبات. وقد ثبت أن أطراف القصيبات الهوائية تحتوي على سائل كما أن جدارها شبه منفذ يسمح بانتشار السوائل خلاله.

عند نشاط الحشرة ينحل الجليكوجين الموجود في أنسجة العضلات إلى حمض لكتيك. وهـذا يرفـع من الضغط الأسموزي للسائل بالأنسجة المحيطة بالقصيبات فينشأ عنه مرور السائل من القصيبات محملاً بالأكسجين الذائب إلى الأنسجة المحتوية على الحمض ليؤكسده فيحدث بذلك فراغًا في القصيبات يحل محله هواء (Wiggles-worth, 1930-31, 1935). وبانتهاء نشاط الحشرة يقل تكوين حمض اللكتيك فينخفض الضغط الأسموزي فيمر السائل مذابًا فيه ثاني أكسيد الكربون من الأنسجة إلى نهاية القصيبات ويستمر ذلك حتى يحدث التوازن.

إن أي مؤثر خارجي كيميائيًّا كان أو ميكانيكيًّا أو غير ذلك يؤدي إلى زيادة حركة التنفس. كما أن حركات التنفس تزداد أثناء القيام بمجهود عضلي كبير أو بعد الانتهاء منه.

لا يلعب الدم دورًا مهمًّا في عملية التنفس في الحشرات باستثناء حالات شاذة:

١ ـ في نحل العسل يزود الأورطي بعدد كبير من القصيبات الهوائية تكون مهيأة لتهوية الدم كما تفعل الرئتان في الحيوانات الفقارية.

٢ ـ توجـد مادة الهيمـوجلوبـين ذائبـة في بلازمـا دم بعض يرقـات الهـاموش (Chironomidae, Diptera) التي تعيش في الـطين بقاع البرك الفقيرة في الأكسجين. وكذلك في دم يرقات نغف معدة الخيل (*Gastrophilus intestinalis*) وتعمل كمخزن للأكسجين وقت الحاجة إليه عندما يقل تركيزه في البيئة الخارجية بدرجة كبيرة أي أن الهيموجلوبين لا يعمل كحامل للأكسجين إلا تحت الظروف الحرجة التي تشتد فيهـا الحاجة لهذا الغاز.

ب ـ في الحشرات المائية Respiration in Aquatic Insects

سطح الماء)، أو تكون قادرة على استخلاص الأكسجين الذائب في الماد أو تحصل عليه بكلتا الطريقتين. وفيما يلي أمثلة لذلك:

١ ـ تنفس جلدي Cutaneous respiration

يظل الجهاز القصبي في بعض يرقات الهاموش *Chironomus* في أطوارها الأولى مملوءًا بسائل مما يستلزم حدوث التنفس بالانتشار البسيط خلال جدار الجسم الرقيق.

٢ ـ الخياشيم الدموية Blood gills

خالية تقريبًا من القصبات الهوائية. ذات جدر رقيقة ومنفذة للماء والأملاح، وهي مهيئة لتبادل الأملاح أكثر منها لتبادل الغازات. *(Wigglesworth, 1933)*.

٣ ـ الخياشيم القصبية Tracheal gills

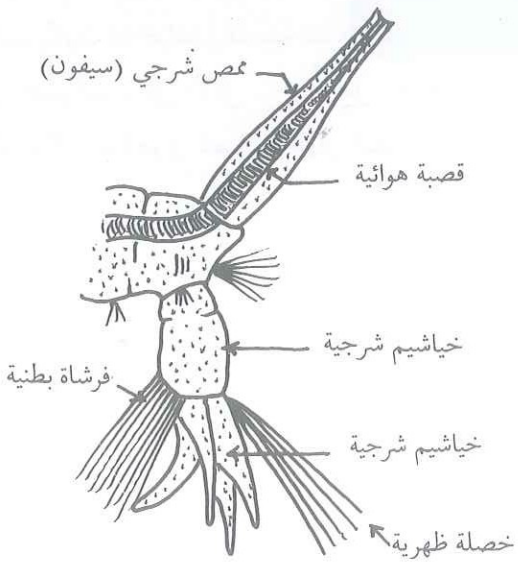
بروزات جلدية مغطاة بطبقة رقيقة من الجليد، وتزود بكثير من القصبات والقصيبات الهوائية، وغالبًا ما تكون متصلة بالبطن (حوريات الرعاش الصغير) (شكل رقم ٢٦ ـ ح). وبالرغم من وجود هذه الخياشيم يظل التنفس خلال الجلد محتفظًا بأهميته.

٤ ـ الخياشيم الجلدية Cuticular gills

نموات خيطية من جدار الجسم ذات جليد رقيق بسمك يقل عن ميكرون وتفتح مباشرة في القصبات الهوائية المقفلة. ويبدو أنها تحورت لتلائم المعيشة في المناطق المائية المعرضة للجفاف من وقت لآخر.

٥ ـ مخازن الهواء Air stores

إلى جانب الاحتفاظ بغشاء هوائي حول فتحات التنفس مباشرة فإن بعضًا من الحشرات المائية تحتفظ بأغشية أو فقاعات من الهواء على أجزاء أخرى من الجسم (تحت الغمدين مثلاً) وتقوم هذه الأغشية والفقاقيع بما يشبه عمل الرئة. فإذا قلت بها نسبة الأكسجين نتيجة تنفس الحشرة فإنها تصعد إلى السطح للتخلص من الفقاقيع القديمة والتي تحتوي على ثاني أكسيد الكربون وتأخذ فقاعة أخرى جديدة من الهواء.



شكل رقم (٣٦). إحدى وسائل التنفس في الحشرات المائية (الممص الشرجي في البعوض).

٦ ـ النباتـــات المائيـــة Aquatic plants

أحيانًا تلتصق الفقاقيع الهوائية الصاعدة من النباتات المائية بسطح جسم الحشرة. وهناك بعض الحشرات تحصل على الأكسجين اللازم لها من المسافات الهوائية في هذه النباتات بإدخال سيفونات تنفسية في الأنسجة المحتوية على الهواء.

٧ ـ تنفس الهواء الجوي Atmospheric air

كما يحدث في يرقات البعوض التي تصعد إلى سطح الماء وتتنفس الهواء الجوي من خلال السيفونات التي تنتهي أطرافها بثغور تنفسية (شكل رقم ٣٦).

(جـ) في الحشرات داخلية التطفل Respiration in Endoparasitic Insects

تعيش معظم هذه الحشرات داخل عوائلها خلال أطوارها غير الكاملة. ويتم التنفس هنا بإحدى الطرق الآتية:

١ ـ في بعض الحشرات يكون الجهاز التنفسي للطفيل غير فعال ولذلك يتم التنفس هنا عن طريق الجلد وذلك بتبادل الغازات بين أنسجة الطفيل وسوائل جسم العائل.

٢ ـ بعض الحشرات يكون لها خياشيم قصبية تشبه مثيلتها في الحشرات المائية.

ـ تعتمد بعض الحشرات ـ على الأقل ـ جزئيًا على الهواء الجوي حيث تحصل عليه عن طريق أنابيب أو تركيبات أخرى تتصل بالجهاز القصبي للعائل أو تمتد خارج جسم العائل إلى الجو الخارجي.