الباب التاسع

جهاز الدوران

The Circulatory System

جهاز الدوران فى الحشرات جهاز مفتوح Open Blood System حيث يغمر الدم جميع أعضاء وأجهزة وأنسجة الجسم، لا يوجد فى الحشرات أوعية دموية بالمعنى المفهوم فى الحيوانات الأخرى، باستثناء الوعاء الدموى الظهرى Dorsal Blood Vessel وأن دخول وخروج الدم من وإلى تجاويف الزوائد وعروق الأجنحة تشابه إلى حد ما تجاويف الأوعية الدموية. وفيما يلى شرح للأعضاء وأنسجة جهاز الدوران:

الأغشية الحاجزة والجيوب أو التجاويف الدموية The Diaphragms & sinuses

ينقسم التجويف العام لجسم الحشرات إلى ثلاث تجاويف دموية بواسطة حاجزين ليفيين عضليين Fibro-Muscular-septa هى غشاء الحاجز الظهرى Dorsal Diaphragm ويمتد عرضياً فوق القناة الهضمية وأسفل القلب ويعرف التجويف المتكون أعلاه بالتجويف الظهرى أو حول القلبى Dorsal or Pericardial Sinus ويمتد بداخله القلب، أما غشاء الحاجز البطنى Ventral Diaphragm فيمتد بعرض تجويف البطن فوق عقد الحبل العصبى البطنى وتحت القناة الهضمية ويعرف التجويف المتكون أسفله بالتجويف البطنى أو حول العصبى Ventral or Perineural Sinus، وعلى ذلك يتكون تجويف مركزى كبير يقع فى الوسط بين الغشائين السابقين يعرف بالتجويف الحشوى Visceral Sinus ويحتوى على الأجهزة الداخلية الرئيسية.

يتصل الغشاء الظهرى جانبيا بالترجات عن طريق العضلات الجناحية فتظهر مناطق مفتوحة على الجانبين كما يتصل الغشاء البطنى جانبيا بالأسترنات فى نقطة اتصال واحدة فتتكون فراغات جانبية وهكذا يكون اتصال بين الفراغ الظهرى من أعلى والبطنى من أسفل، وقد يكون الاتصال الجانبى للغشاء البطنى قاصرا على منطقة البطن فقط ولكنه قد يمتد إلى منطقة الصدر فى مستقيمة الأجنحة، وعموما لا يمتد الغشاء البطنى بعد النهاية الخلفية للحبل العصبى البطنى.

تمتد الأغشية الظهرية إلى الأمام حتى عضلات القلب الأولى فى منطقة البطن وتستمر بمسافات بسيطة فى منطقة الصدر.

تنشأ من الأجزاء الجانبية الظهرية لجدار الجسم أزواج من عضلات تتركب من ألياف مخططة تعرف بالعضلات الجناحية Aliform or Alary Muscles تأخذ شكلاً مروحياً تنتشر على سطح الحاجز الظهرى وقد تتصل ألياف كل عضلة جناحية فى الأجزاء الجانبية السفلية للقلب نفسه كما فى ذات الذنب القافز والقمل الماص ويرقات ذات الجناحين، أو تمتد لتتلاقى مع ألياف العضلة المقابلة لها تحت القلب مباشرة، وعموما فإن العضلات الجناحية تكون موجودة فقط فى حلقات الجسم التى تحتوى على حجرات القلب ولذلك فيكون وجودها قاصرا على منطقة البطن، ويشذ عن ذلك فصيلة الصراصير Blattidae حيث يمتد القلب والحاجز الظهرى حتى الصدر الخلفى والأوسط ويستمر معها وجود العضلات الجناحية فنجد فى مثل هذه الفصيلة ١٢ زوجاً من العضلات الجناحية (١٠ بطنية + ٢ صدرية)، بينما يكون عددها فى نحل العسل ٤ أزواج وفى قمل الجاموس ٣ أزواج بينما فى يرقات الهاموش زوجين فقط.

القلب أو الوعاء الظهرى: The Heart or Dorsal Vessel

يمتد الوعاء الظهرى ـ من قرب الطرف الخلفى للجسم ـ أسفل الترجات فى البطن والصدر وينتهى أسفل المخ فى الرأس، وهو عبارة عن أنبوبة مغلقة من الخلف ومفتوحة من الأمام فى الرأس. ويتكون الوعاء الظهرى من جزئين هما القلب أو

العضو النابض Heart ويتميز جداره بأنه مثقب بفتحات تعرف Ostia (المفرد Ostium) والأبهر Aorta وهى عبارة عن أنبوبة بسيطة خالية من الفتحات.

ينقسم القلب أحيانا بواسطة اختناقات متتالية إلى مجموعة من الحجرات Chambers، ولكنه فى حالات كثيرة يكون عبارة عن أنبوبة لا يلازمها أى اختناقات حيث يصعب تحديد الغرف المتتالية إلا عن طريق الفتحات الجانبية المزدوجة التى توجد عادة عند النهاية الخلفية لكل حجرة وكذلك بواسطة العضلات الجناحية. تتبع حجرات القلب تعقيل الجسم فى الحشرات الأولية فتوجد حجرة فى كل عقلة من عقل الصدر والبطن ما عدا البطنية الأخيرة (٣ حجرات صدرية + ٩ حجرات بطنية)، وفى معظم الحشرات يغلب وجود القلب فى منطقة البطن حيث ينكمش من طرفيه بدرجات متفاوتة فيصبح عدد الحجرات أقل من عدد عقل البطن، فعددها الأولى يكون ١٢ حجرة كما فى الصرصار الأمريكى، ١٠ فى Japyx، ٥ فقط فى رتبة غشائية الأجنحة، ٣ حجرات فى الذباب من جنس Musca.

ويتركب القلب نسيجيا من طبقة واحدة من الخلايا ذات الأنوية الكبيرة تتخللها ألياف عضلية مخططة دائرية وشبه دائرية Circular and Semicircular Muscle Fibers ويحدد القلب من الداخل والخارج غلاف رقيق من نسيج ضام.

يدخل الدم إلى القلب عن طريق الفتحات الجانبية Ostia وهى عبارة عن شق أفقى أو مائل على جانبى حجرة القلب، وتمتد جدر الشق إلى الداخل وإلى الأمام فى فراغ القلب مكونة ما يعرف بالصمام الأذينى Auricular Valve يمنع خروج الدم من القلب إلى الفراغ حول القلبى فى حالة الإنقباض Systole وقد يعمل كل زوج من هذه الصمامات كصمام بطينى Ventricular Valve حيث يمنع رجوع الدم فى القلب نفسه إلى الخلف فى حالة الانبساط Diastole، أما الأبهر فهو الامتداد الأمامى للوعاء الظهرى ويعتبر الشريان الرئيسى فى الجسم وهو خالى من الفتحات الجانبية ويتحدد مكان اتصاله بالقلب عادة عن طريق زوج من الصمامات الأبهرية Aortic

valves وهو يمتد عادة من الحلقة البطنية الأولى أو أحيانا من منطقة الصدر وينتهى فى الرأس بفتحة قمعية خلف المخ أو تحته، وقد يتفرع الأورطة حين ذاك إلى فرعين يطلق عليهما تجاوزا الشريانيين الرأسيين Cephalic Arteries وقد يخرج من كل منهما فروع أصغر.

الأعضاء النابضة المساعدة: Accessory Pulsatory Organs (شكل ١١٦)

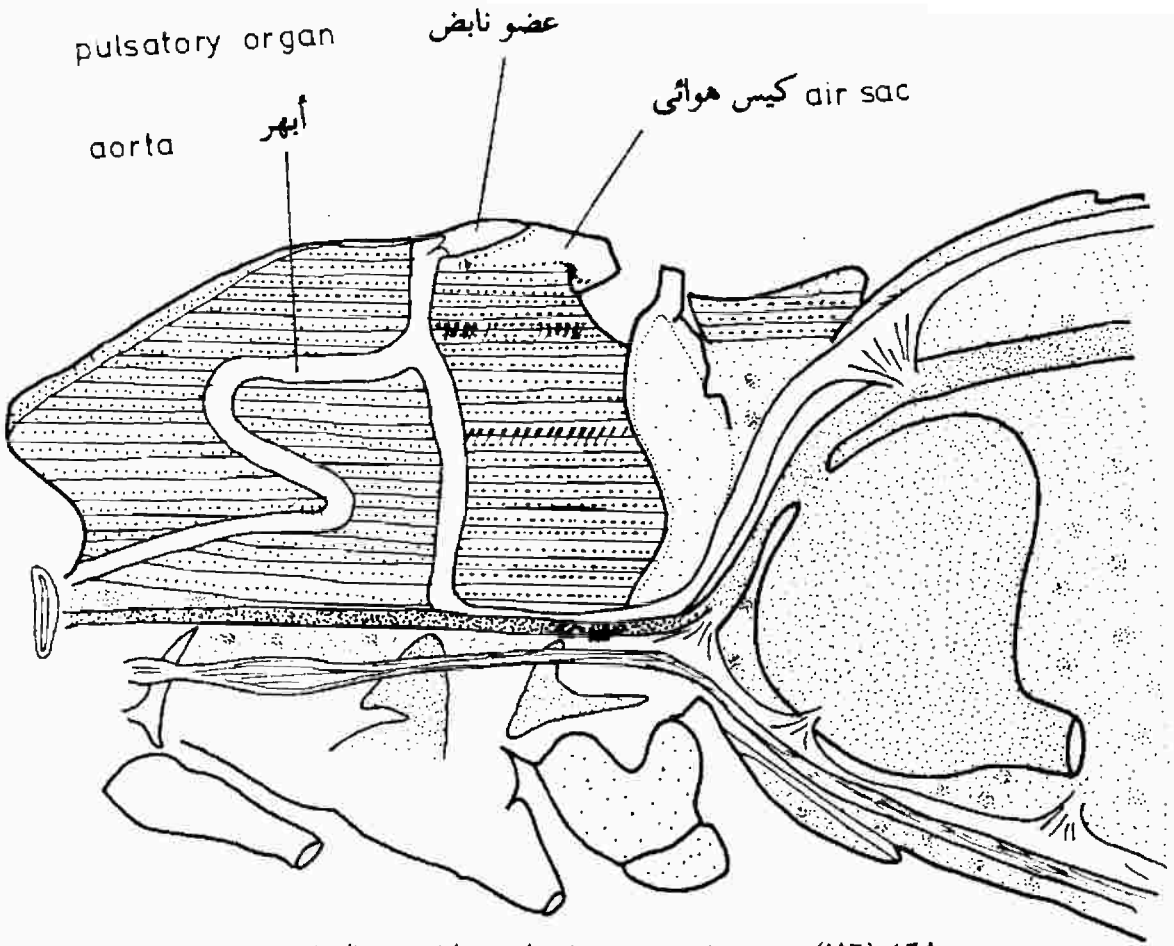
وهى أعضاء كيسية الشكل توجد فى بعض الحشرات فى مناطق مختلفة من الجسم وهى تنبض مستقلة عن القلب وتعمل على أحداث دورة دموية فى زوائد جسم الحشرة مثل قرون الاستشعار والأجنحة والأرجل.

يوجد زوج من هذه الأعضاء تحت ترجات الصدر الأوسط والخلفى فى نحل العسل وفى الصدر الأوسط فى الزنابير، أما فى الصرصار فيوجد زوج تحت الدرقة. ويخرج من كل منها وعاء يمتد إلى قمة قرون الاستشعار، وتكون عديدة فى رتبة نصفية الأجنحة حيث توجد فى قواعد الأرجل والأجنحة. وعموما فإن هناك عضو نابض خاص بالدورة الدموية داخل الأجنحة عن طريق الحبل الأبطى Axillary Cord.

وفى الرعاشات يتفرع الأبهر إلى أنبوبة جانبية تؤدى إلى حوصلة ذات جدر عضلية تعرف Ampulla لها فتحة يحرسها صمام يؤدى إلى مخزن Reservoir عند قاعدة الجناح. عند انقباض الحوصلة يندفع الدم إلى فروع الأبهر ومنه إلى الرأس وعند ارتخاء جدر الحوصلة يسحب الدم من القناة الأبهرية إلى الحوصلة ثم إلى المخزن حيث ينفتح الصمام الخاص بها ومنها إلى عروق الجناح. وبهذا يتجدد الدم باستمرار داخل عروق الأجنحة.

الدم: Blood or Haemolymph

يتكون الدم فى الحشرات من سائل البلازما ومعلقا به الخلايا الدموية ذات الأنوية.



شكل (١١٦): عضو نابض مساعد فى الصدر الثانى فى الرعاشات

(عن Brocher ١٩١٩)

ويختلف عدد خلايا الدم فى دوران الدم (ألف ـ ١٠٠ ألف/م٣) فى فراغ الجسم Haemocoele، ويقل عددها نتيجة لتجمع بعضها مع بعض عند أنسجة خاصة، ويختلف عددها أيضا أثناء مراحل النمو المختلفة فهى تزيد فى اليرقات داخلية الأجنحة عن الحشرات الكاملة وكذا فى الإناث عن الذكور وفى أثناء الانسلاخ وعند الإصابة بالأمراض. ووظائفها تشمل الالتهام Phagocytosis لكل ما هو غريب، تكوين الجلطة الدموية عند النزيف Healing وربما فى التخزين Storage أو التمثيل الغذائى، وحجم الدم يختلف أيضا تبعا لمراحل النمو التى تمر بها الحشرة وكذلك تبعا للحالة الفسيولوجية، وتحتوى البلازما على أيونات غير عضوية حيث يمثل الصوديوم والكلوريد أهمها تليها الأحماض الأمينية والبروتينات بنسب تختلف تبعا لأعمار الحشرات.

وتعمل البلازما كوسيلة لنقل المواد إلى أجزاء الجسم المختلفة ولو أنها تلعب دورا ولو بسيطا فى عملية التنفس، وتعمل أيضا كمخازن لبعض المواد مثل السكريات والبروتينات، بينما يعمل الماء على حفظ الأنسجة من الجفاف، والضغط المائى Hydrostatic Pressure للدم يعتبر ذو أهمية خاصة فى حركة اليرقات وكذا فى فرد الأجنحة والجليد الجديد بعد كل انسلاخ.

قد تكون البلازما عديمة اللون أو ملونة بلون أصفر فاتح أو أخضر أو أحمر نتيجة لوجود مواد ملونة متحدة مع البروتينات. يغمق لون الدم عند تعرضه للهواء وذلك نتيجة أكسدة المواد الزلالية وترسيب حبيبات اليورانيدين السوداء المخضرة. وخلايا الدم تنشأ من طبقة الميزودرم أثناء النمو الجنينى ويزداد عددها بعد ذلك بالانقسام غير المباشر ويمكن تصنيفها إلى الأنواع التالية:

١ ـ طلائع الكريات الدموية البيضاء أو الخلايا الأولية Proleucocytes or Prohaemocytes

وهى خلايا صغيرة (٦ ـ ١٢ ميكرون) تتقبل الصبغات القاعدية Basophilic

وذات أنوية كبيرة تشغل معظم حجمها، تلاحظ فيها دائما خطوات الانقسام غير المباشر Mitosis وبذلك تعتبر المصدر لتكوين الأنواع الأخرى من كريات الدم.

٢ ـ خلايا الدم الانتقالية Plasmatocytes

وهى تنشأ من خلايا الدم الأولية وفيها تكون الأنوية صغيرة وتتقبل الصبغات القاعدية وتقوم بالتهام الأنسجة القديمة (عند التطور) والأجسام الغريبة، وتأخذ أشكالا متعددة فقد تكون مستديرة أو مغزلية أو كمثرية عند وجودها حرة فى الدم ولكن عندما تلتصق بأحد الأعضاء تكون مفلطحة أو مستطيلة، ويكثر وجود هذه الخلايا فى رتبة حرشفية الأجنحة وتختلف فى الشكل والحجم وحجم الأنوية فيها فمثلا تسمى Nematocytes للخلايا الدودية، Macroplasmatocytes للخلايا الكبيرة الحجم، Micronucleocytes للخلايا ذات الأنوية الصغيرة.

٣ ـ خلايا الدم المحببة Granular Cells

تنشأ من خلايا الدم الإنتقالية ويتميز سيتوبلازمها باحتوائه على حبيبات حامضية كبيرة الحجم من سكريات مركبة، وتعمل أيضا كخلايا ملتهمة.

٤ ـ خلايا شبيهة بالخمرية Oenocytoids

خلايا كبيرة الحجم بيضاوية أو مستديرة تمثل نسبة بسيطة من مجموع خلايا الدم وتتميز بأنها ذات أنوية كبيرة، تتقبل الصبغات القاعدية وتوجد فى الحشرات غمدية الأجنحة وحرشفية ونصفية الأجنحة وبعض ذات الجناحين، ولا تنشأ هذه الخلايا من الخلايا الأولية ويعتقد أنها تنشأ من الخلايا الخمرية Oenocytes.

٥ ـ خلايا ذات التجاويف Spherule Cells

خلايا مستديرة أو بيضاوية وتوجد فى رتب حرشفية الأجنحة وذات الجناحين وتحتوى على تجاويف صغيرة عديدة تملأ الخلية وتستجيب للصبغات الحامضية.

٦ ـ الخلايا الدهنية Adipocytes

تتميز بامتلائها بقطرات من الدهن وتختلف عن خلايا الجسم الدهنى بأنها توجد حرة فى الدم وتوجد فى حشرات رتبة حرشفية الأجنحة وذات الجناحين.

٧ ـ الخلايا الشمعية Wax Cells

خلايا محملة بالشمع توجد فى دم حشرات المن والحشرات القشرية.

وظائف الدم فى الحشرات:

١ ـ نقل الهورمونات والغذاء المهضوم إلى الأعضاء المختلفة وكذلك فضلات التمثيل الغذائى إلى أعضاء الأفراغ.

٢ ـ التهام الأجسام الغريبة والمسببات المرضية وعمل حوصلة حول الطفيليات الداخلية.

٣ ـ أحداث الضغوط الهيدروليكية والتى لها دور هام فى عملية الانسلاخ والفقس وخروج الحشرات الكاملة من العذارى وفرد الأجنحة وغيرها.

٤ ـ يلعب دورا ثانويا فى عملية التنفس.

٥ ـ يعمل كمخزن للماء مما يحافظ على عدم جفاف أنسجة وخلايا الجسم وقد يعمل كمخزن للمواد السكرية والبروتينية.

٦ ـ تخثر الدم وسد الجروح عند حدوث النزيف Bleeding.

الأعضاء والأنسجة التى لها علاقة بالدم:

١ ـ الخلايا الخمرية Oenocytes

وهى خلايا كبيرة الحجم ذات أنوية بيضاوية أو مستديرة تنشأ من طبقة الأكتودرم أو من خلايا البشرة Hypodermis بالقرب من الفتحات التنفسية البطنية، وقد تظل

ملتصقة بأسفل هذه الخلايا أو قد تبرز فى التجويف الدموى وتنفصل حين ذاك عن طبقة البشرة مكونة كتلاً ذات ترتيب عقلى على جانبى البلورا أو فوق الأسترنة. وتختلف الخلايا الخمرية فى لونها، فقد تكون بنية أو حمراء أو عديمة اللون ولكنها تأخذ اللون الأصفر فى أغلب الأحيان، وذات سيتوبلازم كثيف متجانس فى حالة عدم نشاطها، وأثناء نشاطها تنمو لها زوائد فى صورة أقدام كاذبة وتتفرع أنويتها وتظهر بداخلها فراغات عديدة.

ووظيفة الخلايا الخمرية هى تنقية الدم من المواد الغريبة وقد تقوم بإفراز الأنزيمات التى تذيب المواد المخزونة فى الجسم الدهنى عند زيادة حجم الحشرة عند كل انسلاخ، كما أنها قد تفرز مادة البروتين الدهنى Lipoprotein الذى يدخل فى تكوين الجليد السطحى، وقد تفرز أيضا الهورمونات الجنسية.

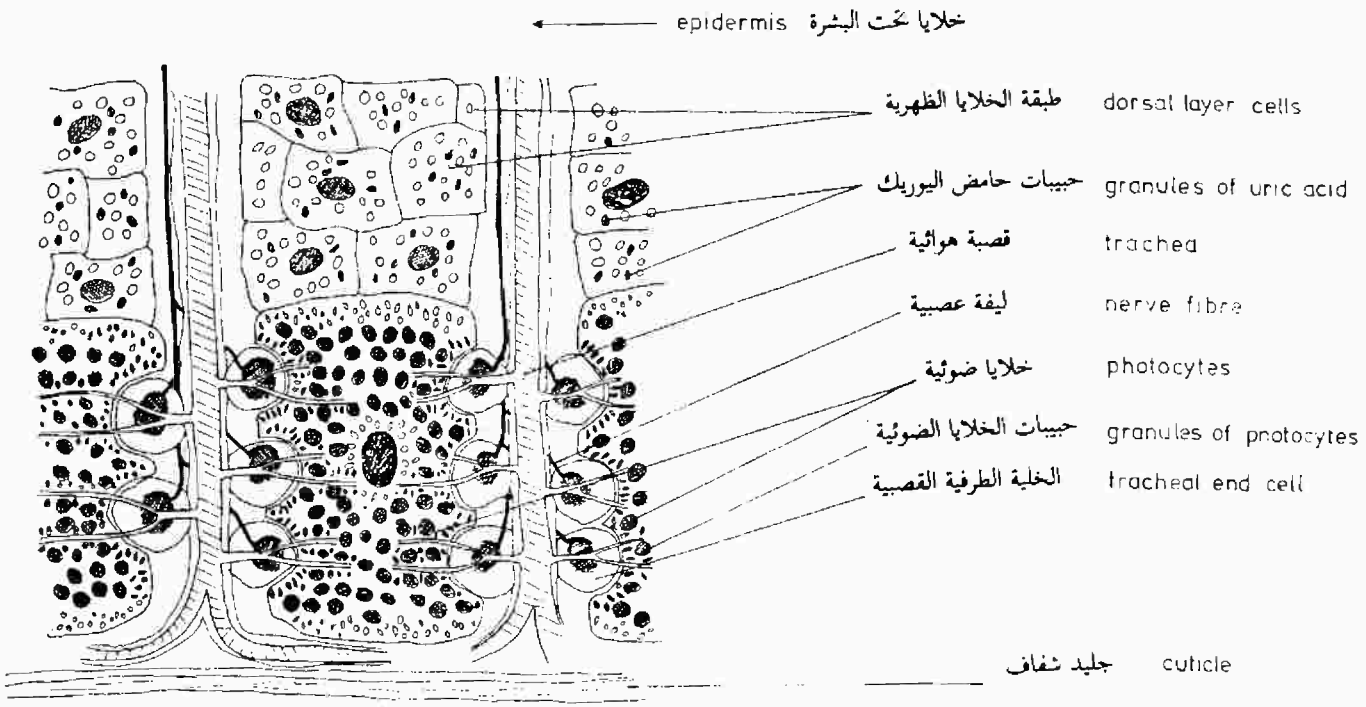
٢ ـ الأعضاء الملتهمة Phagocytic Organs

تعتبر ظاهرة التهام الأنسجة المتحللة الناتجة عن عمليتى الإنسلاخ والتحول وغيرها من الأجسام الغريبة التى تغزو جسم الحشرة من أهم وظائف الدم الحيوية وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة الالتهام أو البلعمة Phagocytosis، والخلايا التى تقوم بذلك تكون أميبية الشكل، وتكون جميع خلايا الدم فى الحشرات ذات الذنب الشعرى من الخلايا الملتهمة ماعدا الخلايا الأولية والخلايا شبيهة الخمرية ويتركب الغشاء الظهرى نفسه فى مثل هذه الحشرات من خلايا ملتهمة متجمعة.

وفى صراصير الحقل والجراد والنطاط توجد مجموعة من خلايا الدم تميل إلى التجمع على امتداد الوعاء الظهرى مكونة أعضاء ملتهمة، كما توجد تجمعات صغيرة من الخلايا الملتهمة محيطة بالخلايا حول القلبية Pericardial Cells.

٣ ـ الأعضاء المنتجة أو المولدة للضوء: Light Producing or Photogenic Organs (Luminescence) (شكل ١١٧)

توجد هذه الأعضاء فى كثير من الحشرات الأرضية التى يشع الضوء من أجسامها



شكل (١١٧): الأعضاء المنتجة للضوء

(عن Smith ١٩٦٣)

ممثلة فى رتب الحشرات: ذات الذنب القافز، بعض حشرات متجانسة الأجنحة، وبعض يرقات ذات الجناحين، ومعظم حشرات رتبة غمدية الأجنحة.

والأعضاء المنتجة للضوء تنشأ عادة من خلايا الجسم الدهنى أو من الخلايا الطرفية الكبيرة لأنابيب ملبيجى، وقد يكون تركيب هذه الأعضاء بسيطا وغالبا ما يكون على درجة كبيرة من التعقيد. ففى حشرة Photuris من غمدية الأجنحة يتركب العضو الضوئى من عديد من الخلايا الكبيرة الحجم تعرف بالخلايا الضوئية Photocytes يصل عددها إلى ١٥ ألف خلية ضوئية تقع تحت طبقة البشرة تماما يغلفها من الداخل عدة طبقات من الخلايا تعرف بطبقة الخلايا الظهرية Dorsal Layer Cells، وتكون طبقة الكيوتيكل المواجهة للخلايا الضوئية شفافة.

يتخلل الخلايا الضوئية مجموعة من القصبات الهوائية تتراص فى صفوف رأسية على جدار الجسم ويجاور كل قصبة هوائية ليفة عصبية. تتفرع القصبة جانبيا إلى قصيبات قصيرة تنتهى بالخلية الطرفية والتى ترى منغمدة على الحواف الخارجية للخلايا الضوئية. تمتلأ الخلايا الضوئية بحبيبات كل منها ذات تجويف والمعتقد أن المواد التى تشترك فى انتاج الضوء تكون داخل هذه الحبيبات، كذلك تحتوى طبقة الخلايا الظهرية على حبيبات من أملاح اليورات ولذلك يعتقد أنها تعمل كسطح عاكس للضوء كما أنها تقوم أيضا بخزن مادة Oxyluciferin التى تتكون عند انتاج الضوء.

وكقاعدة عامة ينتج الضوء بأكسدة مادة Luciferin فى وجود أنزيم Luciferase وأملاح المغنسيوم مع Adenyl Triphosphate (ATP) فى وجود الأوكسجين حيث يتكون فى النهاية مادة Adenyloxyluciferin ويشع الضوء.

والضوء الناتج قد يكون أصفر مخضر فى صورة أشرطة كما فى Photinus من غمدية الأجنحة أو أخضر مزرق كما فى Bolitophila من ذات الجناحين وفى يرقات

وأناث Phrixothrix يكون الضوء أخضر من منطقة الصدر والبطن وأحمر من منطقة الرأس.

الجسم الدهنى: The Fat Body (شكل ١١٨)

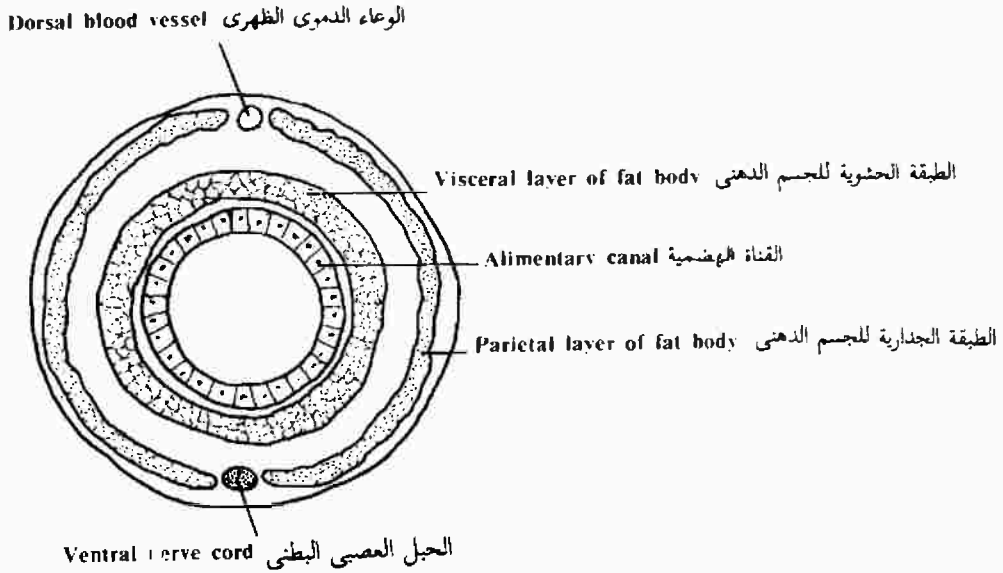
يتركب الجسم الدهنى فى الحشرات من تجمع مفكك أو مدمج متماسك غير منتظم داخل غلاف غشائى من نسيج ضام، خلاياه مستديرة أو عديدة الأوجه ذات أنوية مستديرة أو بيضاوية كما تحتوى على فجوات Vacuoles عادة، تترتب على هيئة شرائط أو دقائق غير منتظمة ويكون ترتيبها ثابت تقريبا فى النوع الواحد. يأخذ الجسم الدهنى ألوانا مختلفة فقد يكون أبيضا أو أصفرا أو برتقاليا أو أخضرا، وينشأ من طبقة الميزودرم. وتوجد فى معظم الحشرات فى طبقتين: طبقة خارجية تبطن جدار الجسم أسفل خلايا البشرة بينها وبين العضلات التى تقع أسفلها وتعرف بالطبقة الجدارية Parietal Layer وخلايا هذه الطبقة تكون فردية أو فى مجاميع خلوية قليلة.

أما الطبقة الأخرى فهى داخلية تحيط بالقناة الهضمية والأعضاء الأخرى وتتميز بأن خلاياها كثيرة العدد وتكون فى صورة فص سميك غير منتظم وتعرف بالحشوية Visceral Layer. قد تتجزأ الطبقة الجدارية فى بعض اليرقات عند كل عقلة وبذلك تأخذ الترتيب العقلى، أما الحشوية فهى غير مجزأة وتمتد بطول القناة الهضمية داخل عقل الجسم.

يتغير شكل وتركيب الجسم الدهنى أثناء دورة حياة الحشرة الواحدة. ففى أثناء تطور الحشرات ذات التطور الكامل تصبح الأنوية نجمية أو شريطية، وكثيرا ما يفقد الجسم الدهنى تركيبه الخلوى ويأخذ شكل المدمج الخلوى Syncytium (جسم متعدد الأنوية). ويوجد نوعان رئيسيان من الخلايا بالجسم الدهنى:

(أ) الخلايا المغذية: Trophocytes

تكون الجزء الأكبر من خلايا الجسم الدهنى، وخلاياها ذات أنوية صغيرة بها



شكل (١١٨): توزيع خلايا الجسم الدهنى فى الحشرة

(عن Imms ١٩٥٧)

فجوات قليلة، تقوم هذه الخلايا بتركيب وتخزين الغذاء الاحتياطى من الجليكوجين (النشا الحيوانى) والبروتين والدهون لحين الحاجة إليها عند الجوع مثلا أو خلال الطيران الطويل، أو خلال فترات السكون Diapause، فقد وجد أنها فى أناث بعوض الكيولكس قبل حلول الشتاء يصل وزنها إلى ٣٠٪ من وزن الجسم بينما فى نهاية الشتاء يقل وزنها كثيرا لتصل إلى ٦٪ فقط من وزن الجسم. كذلك تستغل المواد المخزونة فى الجسم الدهنى أثناء تطور الحشرة فى بناء الأنسجة الجديدة، وفى حالة الحشرات الكاملة التى لا تتغذى على الاطلاق يعتمد انتاج البيض وتكوينه أساسا على ما هو مخزون فى الجسم الدهنى. قد تقوم بعض خلايا الجسم الدهنى بالالتهام أو البلعمة Phagocytosis كما فى الحشرات حرشفية الأجنحة وغمدية الأجنحة.

(ب) خلايا اليورات: Urate Cells

وهى قليلة ومبعثرة بين الخلايا المغذية فى الجسم الدهنى وتعمل على استخلاص بلورات حامض اليوريك من الدم وترسيبها بداخله وخاصة فى الحشرات التى لا يوجد فيها أنابيب ملبيجى أو التى لا تقوم فيها هذه الأنابيب باخراج حامض اليوريك، ولذلك تعتبر كمخازن إخراجية Storage Excretion كما فى حشرات الكولمبولا والصراصير من جنس Blatta ويرقات غشائية الأجنحة ذات الخصر النحيل.

وبالرغم من وجود أنابيب ملبيجى فى يرقات حرشفية الأجنحة فإن بلورات حامض اليوريك تخزن فى الجسم الدهنى طيلة حياة الحشرة، وبعدها تقوم أنابيب ملبيجى بإخراجها عند التحول إلى طور العذراء. ويعتقد أن حامض اليوريك وأملاحه فى الجسم الدهنى يستفاد منها كمصادر نتروجينية فى تكوين الأنسجة الجديدة.