وتسبب الجرعات العالية للبيرثرم انخفاضا مستمرا في معدل نبض قلب الصرصر الامريكي ولكن التراكيز غير المميتة تسبب اسراعا في النبض ، ويؤثر هذا المبيد على قلب دودة الشمع ببطأ النبض وذلك باطالة فترة الارتخاء ثم يتوقف في النهاية . اما الروتينون فيسبب انخفاضا في معدل النبض ويتوقف القلب في حالة ارتخاء في الصرصر الامريكي . وليس لمركب DDT أي تأثير على قلب الصرصر الامريكي . وبسبب الكلوردان والتوكسافين في عدم انتظام نبض قلوب الصراصير . وعند حقن زرنخيت الصوديوم بتركيز 0,02 ملغم / غم في تجويف جسم دودة الحرير فأن ذلك يؤدي الى زيادة مباشرة في معدل النبض يليها انخفاض سريع ، وفي خلال خمسة دقائق يصبح معدل الانقباض نصف المعدل الطبيعي (Beard في Roeder1953)

الدم Haemolymph

الدم او الهيموليمف عبارة عن سائل رائق عديم اللون وغالباً ما يصطبغ بالصبغة الخضراء او الصفراء . وليس للدم علاقة بنقل الاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون باستثناء بعض حشرات Chironomids التي يحتوي دمها على الهيموكلوبين .

تنحصر المميزات المهمة لدم الحشرات بالنقاط التالية : ـ

١ ـ قابليته على احلال المؤثرات التنافذية غير العضوية (غالبا ما تكون الصوديوم والكلور) بالمواد العضوية .

٢ ـ تمتاز كثير من الرتب بقابلية الدم بتضنيع الايونات الموجبة .

٣ ـ التريهالوز احد مكونات الدم الاساسية .

٤ ـ وجود الفوسفات العضوية والانزيمات المختلفة .

ويختلف حجم الدم كثيرا وذلك باختلاف العمر والطور وعلى العموم فان حجم الدم يزداد كلما زاد وزن الجسم الجاف . يقوم الدم بتجهيز الماء الى الانسجة فعند تغذية الجراد على غذاء جاف فان ذلك يسبب انخفاض حجم الدم وبذا فأن المحتوى المائي للخلية لايتغير .

وتمتاز الحشرات على قدرتها بتنظيم الضغط التنافذي للدم ، فمثلا خلال فترة ازالة الماء فان حجم الدم ينقص ولكن يبقى الضغط

التنافذي فيه ثابتا ويعود هذا الى استمرارية انخفاض تركيز المواد المذابة ويحدث العكس عند اعادة الماء. وخلال فترة الاستحالة في دودة الحرير فان الضغط التنافذي للدم غالبا ما يبقى ثابتا، وبالعكس فان الضغط التنافذي لدم دودة الشمع ينخفض بشدة قبل انسلاخ العذراء وخلال فترة حياة العذراء، ويزداد الضغط التنافذي في وقت انسلاخ البالغة. وفي بعض الحشرات يلاحظ ارتفاع ضغط الدم التنافذي خلال فترة السبات الشتوي وسبب ذلك تراكم مادة الكليسيرول.

المؤثرات التنافذية : Osmolar effectors

في معظم حشرات خارجية الاجنحة Exopterygota والحشرات غير المجنحة Apterygota تكون ايونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمنغنيز نصف مواد الضغط التنافذي للدم، ويلعب ايون الصوديوم الدور الرئيسي في حين ان تراكيز الايونات الثلاث الباقية تكون واطئة جدا. ويعتبر الكلور الايون السالب الرئيسي اما الفوسفات غير العضوية والمواد العضوية فتكون تراكيزها واطئة، ولا تختلف هذه الظاهرة كثيرا في هذه الحشرات عن بقية الحيوانات. وتتشابه هذه الحالة مع عائلة عصا الراعي Phasmidae باستثناء احلال ايون المغنيسيوم محل ايون الصوديوم كمؤثر اساسي وتكون الفوسفات غير العضوية اكثر تركيزا في هذه العائلة. والحالة الاخرى المتمثلة برتب حشرات داخلية الاجنحة التي تشمل رتب الحشرات الآتية شبكية الاجنحة والذباب العقربي وخيطية الاجنحة وثنائية الاجنحة التي يكون فيها مجموع الايونات الموجبة الاربعة ايضا مسؤولة بتكوين نصف تركيز الضغط التنافذي مع الاخذ بنظر الاعتبار بان الصوديوم يكون المؤثر الاساسي فيها، بينما تكون اهمية ايون الكلور ثانوية اذ يمكن ان تحل الاحماض الامينية والجزيئات العضوية الصغيرة الاخرى محله.

اما في رتب حشرات غشائية الاجنحة وحرشفية الاجنحة ومعظم غمدية الاجنحة فليس للايونات الاربعة السابقة الذكر وكذلك ايون الكلور السالب أهمية حيث تقوم الجزيئات العضوية الدور الرئيسي كمؤثرات تنافذية. وبعض الحشرات ليس لها القدرة على التحكم

بتركيز الايونات غير العضوية في الدم عند وضعها في وسط ذات تركيز واطيء او عال ومع ذلك فان تنظيم الضغط التنافذي يحدث الى حد ما وذلك عن طريق تعديل تركيز مادة aminoacidemia كما في حوريات الرعاشات وبالغات حشرة Dytiscus marginalis (Florkin and Jeuniaux في Rockstein 1974).

- تركيب الدم - Haemolymph Composition

١ - الماء : Water وهو المكون الاساسي لفراغ الجسم ويكون نسبة 84 - 92% من الوزن الكلي للجسم .

٢ - البروتين : protein

تختلف نسبة البروتين في الدم باختلاف انواع الحشرات فتكون نسبته في يرقات نحل العسل 6,6% من الدم ويتكون من المركبين الاساسين الكلوبيلين Globulin والالبومين Albumen بينما في معظم الحشرات تكون نسبة البروتين حوالي 5% وفي بعض حشرات غمدية الاجنحة فان نسبته 2,6 - 3,3% وفي الحشرة العصوية Carausius 1% وتتذبذب نسبة البروتين خلال تطور دودة الحرير فتكون اكثر من 1% في الطور الرابع وتزداد الى 6% في وقت غزل الشرنقة ومن ثم تنخفض الى 2,6% في العذارى بعمر 10 أيام والى اقل من 2% اثناء خروج البالغة . ويعود هذا الانخفاض الى استهلاك هذه المادة في تكوين اعضاء الحشرة البالغة . وتوجد اختلافات كمية ونوعية ما بين بروتين الذكر والانثى فقد تم الكشف عن نوع من البروتين في الاناث البالغة ، ويظهر هذا البروتين اولا في طور قبل العذراء ويوجد ايضا بالذكر ولكن بتركيز جزء واحد بالذكر الى 1000 جزء في الانثى ويسمى هذا النوع من البروتين ببروتين الانثى Female protein (Vitellogenin)

ولوحظ وجود كثير من جزيئات البروتين متقرنة مع مواد اخرى Conjugated proteins فمثلا تم عزل 5 أو 6 جزيئات بروتينية من دم الصرصر تحتوي على الدهن المتعادل neutral lipid والستيرولات sterols وفوسفات الدهن phospholipid والكاربوهيدرات . وان نصف كاربوهيدرات دم الصرصر تتحد مع البروتين (Wigglesworth 1972).

٣ ـ الانزيمات : ـ Enzymes يوجد بالدم عدد من الانزيمات بنسب عالية وتكون فعالية بعضها مقاربة الى فعالية الانزيمات الموجودة في الانسجة . ويعتقد بان وجود الانزيمات بهذه التراكيز والفعالية لاتعتبر ضرورية نتيجة تسربها من الانسجة الى الدم كما تحدث في اللبائن . وللحكم المضبوط على وظيفة الانزيمات بالدم فتطلب دراسات كثيرة (Florkin and Jeuniaux في Rockstein 1974).

لقد وجدت عدد من الانزيمات في دم الحشرات منها الاميليز والايستيريز والبروتيز مع وجود انزيمات خاصة التي تشمل على Chitobiase, β-Glucosidase و Chitinase . واهمية الانزيمات المحللة للبروتين والكايتين اثناء فترة الانسلاخ والتشكل هي في تحلل الانسجة . وانزيم تريهاليز (trehalase) الدم يعمل على تحليل سكر تريهالوز الدم في كل انسلاخ الى السكر الاحادي كلوكوز .

ويتحكم هرمون خاص يفرز من غدد الأجسام الكروية بتثبيط نشاط هذا الانزيم في الفترة التي تقع ما بين كل انسلاخين اذ يعمل هذا الهرمون كمانع لنشاط الانزيم .

ويعتقد بعض الباحثين بان الدم هو مكان عمليات ميتابولزم الكاربوهيدرات اذ قد كشف عن فعالية انزيمات مؤكسدة في دم حشرات رتبة حرشفية الاجنحة وخنافس الطحين ونحل العسل وهذه الانزيمات هي : ـ

١ ـ Lactate dehydrogenase
٢ ـ Malate dehydrogenase
٣ ـ Isocitrate dehydrogenase
٤ ـ Glutamic dehydrogenase
٥ ـ Glucoase dehydrogenase
٦ ـ Glucose -6- Phosphate dehydrogenase
٧ ـ Glyceroldehyde -3- Phosphate dehydrogenase
٨ ـ Glycerophosphate dehydrogenase
٩ ـ Xanthine Oxidase
١٠ ـ Catalase

وتعتمد نوعية وكمية هذه الانزيمات العشرة في دم الحشرات على طور الحشرة والجنس وافراد الطائفة في نحل العسل . ووجد انزيم Deoxyribonuclease في دم عذراء Hyalophora السابتة وانزيم Tyrosinase المسؤول على تدكن لون الدم عند تعرضه للهواء .

٤ ـ الاحماض الامينية : Amino auids

يمتاز دم الحشرات عن دم الحيوانات الاخرى باحتوائه على تراكيز عالية من الاحماض الامينية مع وجود اختلافات كمية ونوعية كبيرة باختلاف نوع وطور وغذاء الحشرة . ان مصدر هذه الاحماض اما ان تكون من مصدر غذائي او تتمثل داخل جسم الحشرة نفسها .

ويمتاز دم الحشرات غير المجنحة على العموم بوجود عدد قليل من الاحماض الامينية ، أما دم غالبية الحشرات فيحتوي على تراكيز عالية من الاحماض الامينية التالية : ـ

Histidine, Lysine, arginine, Proline, Glutamine

وتتراوح نسبة الاحماض الامينية في دم الحشرات 35 ـ 65% من مجموع النتروجين غير البروتيني ، وان الاحماض الامينية الحرة الموجودة في دم الحشرات تتضمن 15 حامض اميني هي :

Aspartic acid - Arginine - Alanine
- Isoleucine - Histidine - Glycine - Glutamic acid
- Phenylalanine - Methionine - Lysine - Leucine
-Valine - Tyrosine - Threonine - Proline.

ويبلغ تركيز هذه الاحماض الامينية في دم يرقات Aeschna 399 ملغم / 100 ملليلتر وفي بالغات الصرصر الامريكي 248 ملغم / 100 ملليلتر وفي حوريات الجراد الصحراوي 636 ملغم / 100 ملليلتر وفي يرقات نحل العسل 1239 ملغم / 100 ملليلتر وفي بالغات خنافس الماء Hydrophilus 445 ـ 721 ملغم / 100 ملليلتر وتتراوح في عذارى عائلة Saturniidae مابين 1124 ـ 1989 في حين يكون تركيزها في عائلة عث الصقر Sphingidae مابين 515 ـ 1819 (Florkin and Jeaniaux في Rockstein 1974).

٥ ـ الدهن : Lipid

يوجد الدهن في الدم على هيئة حبيبات دهنية صغيرة Lipomicrons. في الصرصر الامريكي تتكون كميات كبيرة من الدهن في الدم بعد 14 ـ 19 ساعة من تغذية الصرصر على وجبة غذاء غنية بالدهن. وتزداد كمية الدهن في الدم اثناء استحالة الحشرات اذ تتحلل كميات كبيرة من الاجسام الدهنية وأن الجزء الكبير من الدهن المتضمنة الدهن المتعادل والستيرولات وفوسفات الدهن تتحد مع البروتين لتكون Lipoprotein (Wigglesworth 1972).

٦ ـ الكاربوهيدرات : Carbohydrates

توجد كميات كبيرة من الكاربوهيدرات في دم الحشرات متحدة مع البروتين مكونة Glycoprotein.

وينحصر وجود تراكيز عالية من السكريات الاحادية والثنائية المختزلة في بعض حشرات غمدية الاجنحة وثنائية الاجنحة وذلك لحاجتها اثناء الطيران. وعلى العموم فان سكر التريهالوز موجود بكميات كبيرة في دم الحشرات المدروسة باستثناء يرقات Phormia و Agria. تقوم معظم الانسجة بامتصاص تريهالوز الدم ومن ثم تحليله داخل خلاياها بواسطة انزيم Trehalase ويبقى مستوى سكر التريهالوز في الدم ثابتا نسبيا (Florkind and Jeuniaux في 1974 Rockstein)

ولوحظ وجود كميات صغيرة من الكلايكوجين في الدم. وهناك دراسات قليلة تشير الى وجود السكريات الامينية في دم الحشرات المدروسة فقد وجدت مادة acetylhexoamines بكميات كبيرة في دم يرقات الحشرات Tenebrio و Hyalophora و Bombyx وزاد تركيز هذه المادة من 2 الى 40 ملغم / 100 ملليلتر في دم يرقات دودة الحرير في فترة كل انسلاخ وتتعلق هذه التغيرات الى امتصاصها اثناء تكوين الابدرمس الجديد.

٧ ـ المواد غير العضوية : Inorganic constituents وتشمل :

أ ـ الايونات السالبة : ـ الكلور هو الايون السالب الاكثر شيوعا في دم الحشرات فيكون تركيزه عـــال في الحشرات غير المجنحـــة

والحشرات ذوات الاستحالة التدريجية Hemimetabolous بينما يمتاز دم الحشرات ذوات الاستحالة التامة Holometabolous بوجود تركيز واطيء من هذا الايون يقل عن 10% من مجموع تركيز مواد الضغط التنافذي . وتوجد ايضا كميات قليلة جدا من الايونات السالبة الاخرى وتشمل الكاربونات والفوسفات .

ب ـ الايونات الموجبة : ـ الايون الموجب والشائع وجوده في الدم هو الصوديوم الذي يوجد بكميات كبيرة باستثناء دم حشرات رتبة حرشفية الاجنحة ورتبة غشائية الاجنحة وبعض انواع رتبة غمدية الاجنحة التي يكون فيها تركيز هذا الايون منخفض نسبيا اذ يكون 10% من مجموع التركيز التنافذي . والتركيز الكلي للبوتاسيوم غادة يكون اقل من الصوديوم حيث يتراوح مابين 2 ـ 10% من مجموع التراكيز التنافذية بينما نسبة الصوديوم الى البوتاسيوم فغالبا ماتختلف باختلاف الحشرات ، ففي حشرة Petrobius تكون نسبة الصوديوم الى البوتاسيوم ـ 40 ، اما نسبة الصوديوم الى البوتاسيوم في حشرات رتب الرعاشات ومستقيمة الاجنحة وثنائية الاجنحة وبعض غمدية الاجنحة فتكون ذات قيمة عالية جدا ، وتكون واطئة جدا (قيمتها اقل من واحد) في رتب حشرات غمدية الاجنحة وغشائية الاجنحة وحرشفية الاجنحة ذوات التغذية النباتية . وقد استنتج بأن التغذية ترفع مستوى البوتاسيوم بالدم ولذلك يلاحظ حدوث فترة سكون بعد كل وجبة غذاء ونتيجة البحث الحقلي فقد استنتج بأن تغيرات حجم الدم وليس تركيز البوتاسيوم في الغذاء يؤثر على تركيز البوتاسيوم في الدم . يلاحظ وجود تراكيز عالية نسبيا من المغنيسيوم في دم الحشرات النباتية الغذاء . وقد يكون للغذاء دورا ولو جزئيا في زيادة تركيز هذا الايون في الدم اذ قد لوحظ انخفاض واضح في تركيز المغنيسيوم عند توقف يرقات حرشفية الاجنحة عن التغذي . اما الكالسيوم فيعتبر اقل اهمية من العناصر المعدنية السابقة الذكر . ان التراكيز الايونية في دم كثير من الحشرات تكون متشابهة تقريبا في الاطوار اليرقية والبالغات ، ولو أن دم بالغة حرشفية الاجنحة يحوي على مغنيسيوم اقل مما في دم اليرقات . وليس هناك

بحوث كافية تشير الى اختلاف تراكيز الايونات في دم الحشرات ذوات الاستحالة التامة خلال فترة الاستحالة . توجد بعض العناصر المعدنية الاخرى بكميات بسيطة جداً في الدم واهمها النحاس الذي يدخل في تركيب التايروسين والحديد الموجود في الـ Cytochromes والزنك والمنغنيز .

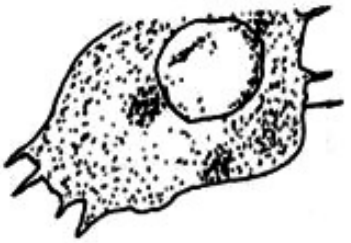
واخيرا فقد توجد نسبة معينة من العناصر المعدنية متحدة مع المركبات العضوية اذ أن ليس جميع العناصر المعدنية توجد بصورة حرة (Chapman 1978).

٧ ـ الصبغات : Pigments

يعطي الهيموكلوبين اللون الاحمر الفاتح لبعض يرقات Chironomid ويحتوي دم بقة الروديناس على كميات بسيطة جداً من مادة Kathoemoglobin المشتقة من وجبه الدم . اما بقية الحشرات فان الدم عادة يكون اما عديم اللون او اخضر او كهرماني اللون . ويمتاز دم معظم الحشرات النباتية بلونه الاخضر ويرجع هذا اللون الى صبغة الكاروتين والكزانثوفيل ويشيع اللون الاخضر في دم اناث اليرقات والعذارى والبالغات التابعة لحشرات رتبة حرشفية الاجنحة ، في حين ان دم الذكور يكون عديم اللون أو اصفر باهت ولا يعرف سبب الاختلاف الجنسي (Wigglesworth 1972).

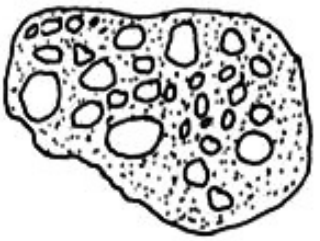
خلايا الدم Hemocytes

اختلف المؤلفون حول تصنيف خلايا الدم ويعتبر التصنيف الذي قام به الباحث Jones (لاحظ Arnold في Rockstein 1974) افضل ما نشر لحد الان اذ اعتمد في هذا التصنيف على وصف اشكال خلايا الدم بدون ان يعاملها بمثبتات كيمياوية ، وذكر هذا الباحث بوجود ثلاثة انواع رئيسية من خلايا الدم في معظم الحشرات وهي : Granular hemocytes و Prohemocytes و Plasmatocytes وانواع اخرى وجدت في بعض الحشرات وتشمل : ـ Oenocytoids و adiopohemocytes و Spherule Cells و Cystocytes ونوعان آخرين وجدت في قليل من الحشرات وهي : Vermiform و Podocytes ، لاحظ شكل (105) .



1- خلية الدم الأولية

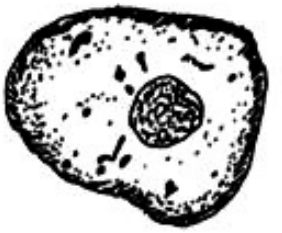
2- خلية الدم الأنتقالية



3- خلية الدم المجيبة

4- خلية الدم الدهنية

5- خلية الدم المحثرة



6- خلية الدم المجوفة

7- خلية الدم الشبيهة بالنبيذية

8- خلية الدم النجمية

9- خلية الدم الدودية

شكل ١٠٥ : انواع خلايا الدم. (١ - ٧ عن Roeder 1953 ، ٨ - ٩ عن Chapman 1978).

١ ـ خلايا الدم الاولية Prohemocytes

صغيرة الحجم شكلها دائري او بيضاوي والنواة كبيرة نسبيا اذ تشغل معظم حجم الخلية ، وتسمى بالخلايا المولدة وذلك لملاحظة خطوات الانقسام غير المباشر فيها اذ تعتبر المصدر الرئيسي لخلايا الدم بعد فترة النمو الجنيني ، وقد تسمى بالخلايا الناشئة حيث تتميز منها انواع الخلايا الاخرى . عددها قليل في جميع اطوار الحشرة .

٢ ـ خلايا الدم الانتقالية : Plasmatocytes

مختلفة الاشكال والاحجام ، والنواة كبيرة (اذ ان حجمها مساو لحجم السايتوبلازم المحيط بها) وشكلها دائري او بيضوي وتقع في مركز السايتوبلازم . يحتوي السايتوبلازم على حبيبات دقيقة . تتقبل الصبغات القاعدية بدرجة متوسطة . وغالبا ما تكون ملتهمة واميبية الشكل .

٣ ـ خلايا الدم المحببة : Granular hemocytes

الخلايا مختلفة الاحجام وشكلها دائري او قرصي ، والنواة صغيرة الحجم نسبيا . يحتوي السايتوبلازم على كثير من الحبيبات التي تصطبغ بصبغة الكاربوهيدرات (PAS)، ويكون محتوى وحجم الحبيبات غير متجانس .

يعتقد بعض الباحثين بانها اشتقت مباشرة من خلايا الدم الاولية وبسبب وجود الاشكال الانتقالية فقد اعتقد بصلتها مع خلايا الدم الانتقالية . تكون هذه الخلايا في معظم انواع الحشرات عديمة الحركة او قليلتها .

هذه الانواع الثلاثة من الانواع المميزة مورفولوجيا وتقوم بالوظائف التالية النوع الاول تكون خلايا مولدة والنوع الثاني أميبية ملتهمة أما النوع الثالث فيلعب دورا مهما في عمليات الميتابولزم .

٤ ـ خلايا الدم الدهنية : Adipohemocytes

تتكون من خلايا دائرية او بيضوية الشكل والنواة صغيرة تقع بعيدا عن مركز السايتوبلازم . يحتوي السايتوبلازم على فجوات

وحبيبات تحتوي على مواد دهنية ، وتصطبغ هذه الحبيبات أيضا بالصبغات الكاربوهيدراتية . الخلايا عديمة الحركة .

٥ ـ خلايا الدم المخثرة : ـ Cystocytes or Coagulocytes

خلايا هشة تشترك ببعض الصفات مع خلايا الدم المحببة وخلايا الدم الشبيهة بالنبيذية . النواة صغيرة دائرية ، والسايتوبلازم شفاف ومحبب في بعض الاجزاء . تساهم هذه الخلايا بعملية التخثر .

٦ ـ خلايا الدم المجوفة : Spherule Cells

خلايا مستديرة او بيضاوية ومن ميزاتها الرئيسية هو وجود تجاويف كروية او بيضوية الشكل التي تملأ السايتوبلازم بحيث تحجب النواة ، وتصطبغ هذه التجاويف بصبغة الكاربوهيدرات التي تحتوي في حشرة Sarcophaga على انزيم Tyrosinase . توجد في رتب حرشفية الاجنحة وثنائية الاجنحة . عددها قليل جداً او قد تكون غير موجودة في بعض انواع الحشرات . عديمة الانقسام والحركة .

٧ ـ خلايا الدم الشبيهة بالنبيذية : Oenocytoids

مختلفة بالحجم والشكل والنواة صغيرة ودائرية وغير مركزية الموقع . يحتوي السايتوبلازم اما على قنوات صغيرة او حبيبات او بلورات وذلك حسب نوع الحشرة . الخلايا عديمة الحركة ، وعددها قليل في اكثر الحشرات وقد تكون غائبة في بعض الانواع .

٨ ـ الخلايا النجمية : Podocytes

خلايا كبيرة الحجم شكلها نجمي مسطح ، النواة كبيرة مسطحة ومركزية الموقع . اعدادها قليلة ، وجدت في حشرة Prodenia

٩ ـ الخلايا الدودية : Vermiform Cells

خلايا طويلة ورفيعة ونواتها بيضوية الشكل ويحتوي السايتوبلازم على حبيبات صغيرة ، تتشابه هذه الخلايا كثيرا مع الخلايا الطولية للنوع الانتقالي ولكن لم يعرف اصلها وعلاقتها . مميزة كثيرا في دم الطور الاخير ليرقات Prodenia قليلة العدد .

ـ وظائف خلايا الدم Function of hemocytes ـ

١ ـ ابتلاع الاجسام الغريبة : Phagocytosis

تعتبر هذه الوظيفة من اهم وظائف خلايا الدم التي تتم فيها ابتلاع المواد الغريبة والاحياء المجهرية والانسجة المتحللة. ان معظم انواع خلايا الدم لها القدرة بالقيام بهذه الوظيفة وتلعب خلايا الدم الانتقالية الدور الاساسي في هذه العملية. يتم ابتلاع عادة بواسطة ثلاثة طرق هي :

١ ـ تكوين حويصلات الشرب الخلوي Pinocytotic Vesicles في غشاء الخلية لابتلاع السوائل المحتوي على الجزئيات الصغيرة.

٢ ـ تتكون اقدام كاذبة لتطويق الجزيئات الغريبة.

٣ ـ التصاق اغشية خلايـا الدم مع الجزيئات الغريبة وانتقالها داخل الخلايا بواسطة عملية الانتشار.

وتزداد عدد خلايا الدم الحرة عند حقن الاحياء المجهرية في تجويف جسم الحشرة. وتعتمد مهاجمة خلايا الدم الى البكتريا على حالة العائل وان اي عوامل خارجية توثر على صحة الحشرة تسبب في ضعف مقاومتها وزيادة تأثير البكتريا، وعلى العموم فان بلازما الدم تكون اكثر نشاطاً من خلايا الدم في مقاومتها. وتزداد فعالية ابتلاع المواد الغريبة اثناء فترة الاستحالة ويرجع هذا الى تحلل الانسجة. وفي بعض الحشرات تتجمع مجموعة من خلايا الدم لتكوين اعضاء ملتهمة تسمى Phagocytic orgnas التي تكون على هيئة كيس مثلث الشكل تقوم بازالة الاصباغ والجزيئات الكبيرة من الدم.

٢ ـ التغليف (تكوين الكبسولات) Encapsulation

يعتقد ان الطفيليات التي تهاجم الحشرات السليمة وخاصة رتبة حرشفية الاجنحة والتي لاتمتلك وسائل دفاعية في تجنب خلايا الدم تحاط بغلاف يتركب اساساً من خلايا الدم.

وتمتاز خلايا الدم في حشرات رتبة نصفية الاجنحة بعدم قدرتها على تغليف الطفيليات الداخلة للجسم وذلك بسبب تكيف الطفيليات بحيث تعمل على تشويه خلايا الدم. وتقوم خلايا الدم الانتقالية بصورة رئيسية بهذه العملية كما في معظم الحشرات، وقد تشترك خلايا الدم الشبيهة بالنبيذية في هذه العملية كما في بعض حشرات رتبة ثنائية الاجنحة.

ان ميكانيكية تكوين الكبسولات تتلخص بقيام خلايا الدم في تظيف الاجسام الغريبة او الطفيليات حيث تكون خلايا الدم كتلة متماسكة من خمسون خلية او اكثر ، وتترتب هذه الخلايا بثلاثة طبقات ، وتمتاز خلايا الطبقة الداخلية والخارجية بان تكون دائرية او مسطحة الشكل اما الطبقة الوسطى فتتكون من خلايا كبيرة مسطحة الشكل وبذا فان سمك هذه الطبقة يساوي سمك الطبقتين الخارجية والداخلية . وتتكون مواد مخاطية mucopolysaccharides بين خلايا الكبسولة اذ تعمل المادة المخاطية على التصاق وتثبيت الخلايا . وبعد ذلك تتكون مادة الميلانين melanin التي تنتج بواسطة خلايا الدم الشبيهة بالنبيذية وذلك باكسدة حامض التايروسين الذي يقوم بالتالي على قتل الطفيليات . (Arnold في Rockstein 1974).

٣ - القيام بالعمليات الحيوية : Metabolism

تقوم خلايا الدم بدورا هاما في تكوين الغشاء القاعدي لخلايا البشرة الحديثة لتكوين اثناء فترة الانسلاخ (لاحظ الفصل السادس) . ولوحظ التصاق بعض خلايا الدم بخلايا الجسم الدهني لبعض الحشرات حيث تقوم هذه الخلايا بتجهيز الجسم الدهني بالمواد الغذائية . وفي حشرة Sarcophaga لوحظ بزيادة عدد خلايا الدم المجوفة قبل طور العذراء بفترة وجيزة التي تمتاز بنشاط انزيم tyrosinase خلال هذه الفترة ، وتتجمع هذه الخلايا تحت طبقة البشرة مباشرة وبموازات القصبات الهوائية وبعد ذلك تتكسر وتفرز انزيم tyrosinase لينتقل الى بلازما الدم . وترجع اهمية هذا الانزيم بجعل جليد اليرقة صلب وداكن كمرحلة اولى في تكوين العذراء .

وتشترك خلايا الدم في كثير من العمليات الحيوية التي لم تعرف معظمها لحد الان ، فتعتبر هذه الخلايا مهمة في نقل المواد الغذائية حول الجسم ، ويظهر الكلايكوجين في خلايا دم يرقات Prodenia و Nasonia ولكنه لايلبث ان يستهلك اثناء فترة الاستحالة ، ووجد الدهن في خلايا دم بعض الحشرات بعد تغذيتها على المواد الدهنية . وفي بعض الحالات لوحظ تحلل خلايا الدم وذلك لتجهيز الانسجة الاخرى بالمواد الضرورية للنمو ، وفي حشرة Ephestia لوحظ التصاق

عدد كبير من خلايا الدم قرب اغشية الاجنحة المتطورة وتمر محتوياتها الى خلايا البشرة لتغذيتها (Chapman, Al-Dakazly1977 1978).

٤ ـ عملية التخثر : Coagulation

تتم عملية التخثر اما عن طريق التصاق خلايا الدم او نتيجة تخثر بلازما الدم او بواسطة الطريقتين والأخيرة اكثر احتمالا. وتقوم الخلايا المخثرة cystocytes في كثير من الحشرات بهذه العملية اذ تقف هذه الخلايا عن الحركة ويتسع السايتوبلازم ويصبح مجوفا ومن ثم تحاط كل خلية مخثرة بكتلة من البلازما وتزداد مساحة هذه الطبقة بمرور الوقت وبعد ذلك تتخثر البلازما بعد ان تحاط بعدد من الخلايا المخثرة. وتمتاز هذه الشبكة بان تكون لزجة ولذا فانها تصطاد انواع مختلفة من خلايا الدم التي تساهم في عملية التخثر ايضا.

والنوع الاخر من التخثر يحدث في عدد من يرقات حرشفية الاجنحة وعائلة الجعلان scarabaeidae، وتتلخص هذه العملية بان الخلايا المخثرة ترسل اقدام كاذبة مشابهة للخيوط وتلتصق هذه الخيوط فيما بينها من جهة ومع الاجسام الغريبة من جهة اخرى لتكوين شبكة كثيفة من الخيوط، وبمرور الوقت يصبح السائل في داخل الشبكة هلامي القوام ويتخثر اخيراً. وقد تلتصق خلايا الدم الاخرى بالارجل الكاذبة لتساهم في عملية التخثر.

وفي بعض حشرات غمدية الاجنحة وحرشفية الاجنحة تحدث عملية التخثر بواسطة هاتين العمليتين (Arnold في Rockstein 1974 Chapman, 1978).

الانسجة الاخرى المتعلقة بجهاز الدوران :

Other tissues associated with the Circulatory system

١ ـ خلايا الجسم الدهني : Fat body cells

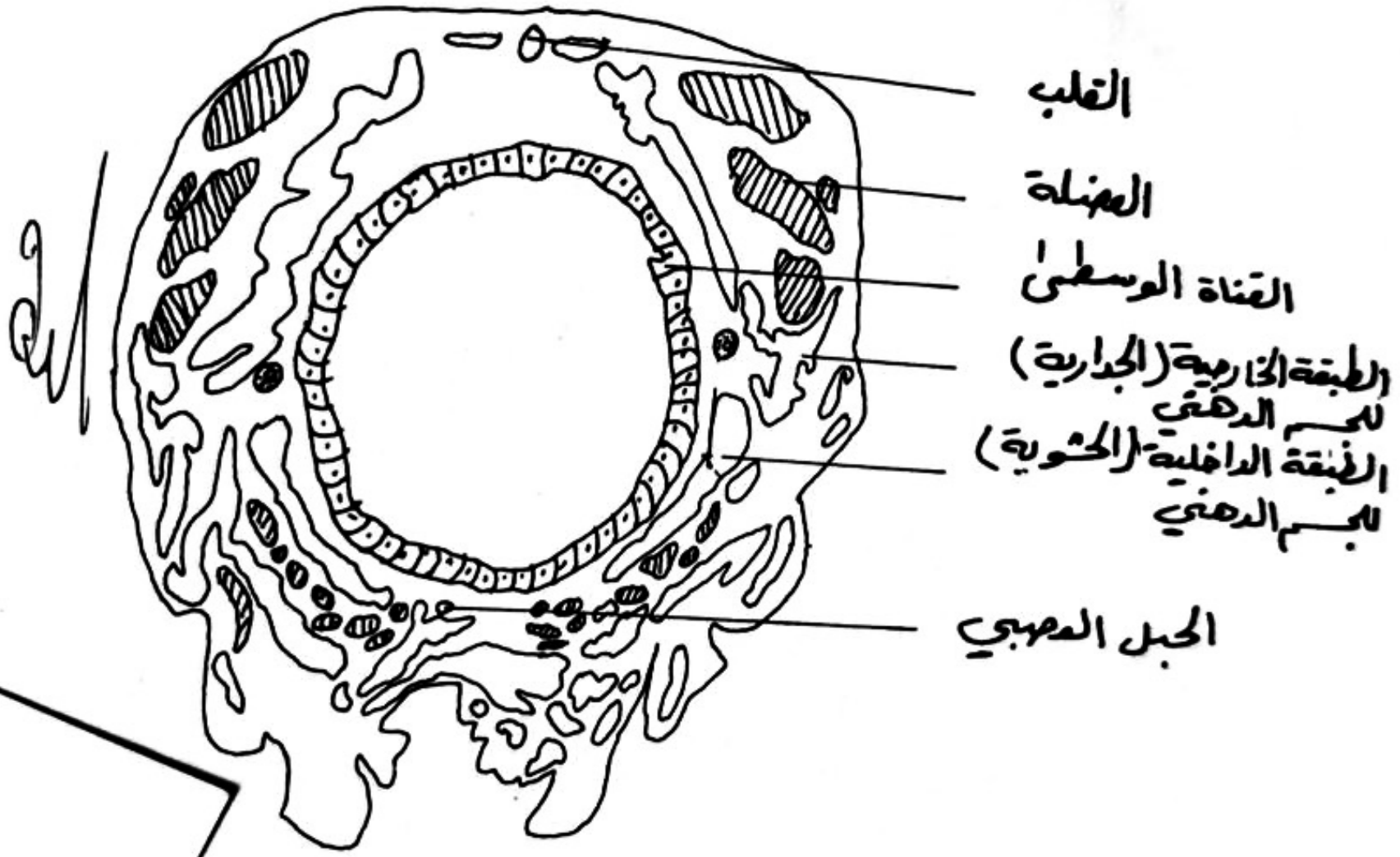
يتركب الجسم الدهني من عدد من الخلايا ويعتبر العضو البارز من تجويف الجسم وتشتق خلايا الجسم الدهني من الطبقة

الجرثومية الوسطى (الميزوديرم) الموجودة على جدران تجاويف الجسم. تترتب هذه الخلايا في بداية الامر على هيئة قطع متراصة، وبعد فقس البيضة تترتب هذه الخلايا على هيئة شبكة راخية من الفصوص محاطة بغلاف رهيف من النسيج الرابط. ويحتل الجسم الدهني في الاطوار اليرقية معظم تجويف الجسم بينما في البالغة فيحتوي على عدد قليل من الخلايا. وقد تظهر خلايا الجسم الدهني على شكل طبقة واحدة او طبقتين تمتد على طول الجسم، او قد توجد حرة في الدم بدون ارتباط منتظم كما في حشرة Aleuodes

وعلى العموم هناك طبقتين الاولى خارجية تقع تحت جدار الجسم مباشرة والاخرى داخلية تحيط بالقناة الهضمية (شكل 106). اما النواة فشكلها بيضوي او مستدير وتصبح نجمية الشكل في الاطوار اليرقية الاخيرة، وفي طور العذراء تختزل النواة كثيرا وتصبح غير نشطة وذلك لاحتواءها على كمية قليلة من الكروماتين (Wigglesworth 1972, Al-Darkazly 1977, Chapman 1978)

كثير من وظائف الجسم الدهني في الحشرات تشابه وظائف الكبد في اللبائن، فوظيفة خزن المواد الغذائية في الاطوار اليرقية الاخيرة في الحشرات ذوات الاستحالة التامة من الوظائف البارزة في الجسم، اذ تعتبر خلاياه الموقع الرئيسي لعمليات الميتابولزم.

تلعب خلايا الجسم الدهني في الحشرات دورا هاما بتصنيع البروتين وتصديره الى الدم حيث يكون معدل تصنيع البروتين في الاطوار اليرقية المبكرة عال ومن ثم ينخفض في الاطوار اليرقية الاخيرة الى ان يصل الى مستوى واطىء جدا في طور العذراء. وهناك عدة عوامل تؤثر على معدل تصنيع البروتين منها التغذية والتوازن الهرموني ودرجة الحرارة. وتعود اهمية البروتين الذي يخزن في الاطوار اليرقية باستخدامه خلال فترة تكوين انسجة الحشرة البالغة اثناء التشكل، ويخزن البروتين في خلايا الجسم الدهني بالحشرة البالغة للاستفادة منه في عملية التكاثر. وقد وجد في معظم الحشرات المدروسة بان خلايا الجسم الدهني تصنع بروتين المح والذي يذهب الى الدم لتوخذه البويضات عن طريق الشرب الخلوي (Steele 1976, Al-Darkazly 1977).



شكل ١٠٦ : مقطع عرضي ليرقة فراشة اللهانة يبين موقع الاجسام الدهنية في الجسم.
(عن Chapman 1978).

وتعتمد الحشرات على الدهن كمادة رئيسية في انجاز العمليات الحيوية اذ يخزن الدهن المتعادل على هيئة كليسيريلات ثلاثية triglycerides وعند الحاجة ينطلق الى الدم في حالة كليسيريلات ثنائية diglycerides الذي يشكل الجزء الاكبر من مكونات الدهن المتعادل في الدم، وتعتبر الكليسيريلات الثنائية في الدم العنصر الرئيسي للبروتينات الدهنية الخاصة. فقد وجد صنف من البروتينات الدهنية يقوم بنقل الكليسيريلات الثنائية من خلية الجسم الدهني الى الدم. ومن المعروف ان الهرمونات والفيرمونات التي توجد في الحشرة عبارة عن مواد دهنية وان هذه الهرمونات على الاقل تؤثر على ميتابولزم الدهن وتستهلك فوسفات الدهن والدهن المتعادل كمواد خام خلال فترة التكاثر والنمو الجنيني المبكر. وتخزن كميات كبيرة من الدهن خلال تطور بعض الحشرات ليكون مصدر الطاقة الرئيسي في الحشرات البالغة اثناء الطيران. بالاضافة لهذه الوظائف فان الدهن يجهز الحشرات السابتة الطاقة اللازمة لذلك عن طريق اكسدة الحامض الدهني (1967 Gilbert 1974 Gilbert and Chino). وبالمثل فان الجسم الدهني يعتبر المكان الرئيسي لخزن الكاربوهيدرات بصورة كلايكوجين ويتم تحويل الكلايكوجين الى سكر التريهالوز عند انطلاقه للدم. وتشترك خلايا الجسم الدهني في صناعة التريهالوز ايضا. ويعتبر الكلايكوجين المادة الاساسية في تجهيز الطاقة لعمليات الميتابولزم السريعة التي تجري في خلايا الجسم الدهني بالاضافة الى ذلك فان الكلايكوجين الموجود في هذه الخلايا يستخدم بواسطة الانسجة الاخرى ويستخدم كمصدر للطاقة اثناء الطيران الاضطراري وذلك لسهولة تحويله وانتقاله (1967 Wyatt, 1972 Wigglesworth)

اما تركيز مادة RNA في خلايا الجسم الدهني فهي غير ثابتة خلال فترة التشكل، ففي بعض اليرقات يصل تركيز حامض RNA الى مستوى عالي في الاطوار المبكرة وينخفض تركيزه كثيرا وبصورة تدريجية كلما تقدمت اليرقات في العمر ولا يحدث هذا في بعض الحشرات الاخرى اذ يبقى مستوى RNA ثابتا، اما في طور العذراء وخاصة اثناء سباتها فان معدل تصنيع هذا الحامض ينخفض كثيرا، وعند خروج الحشرة البالغة يزداد معدل التصنيع مرة ثانية.

ويطلق عادة على خلايا الجسم الدهني الانفة الذكر trophocytes وتوجد انواع اخرى من الخلايا لها وظائف خاصة قد تعتبر جزءا من الجسم الدهني وهي :

الخلايا البولية وخلايا حول القلب التي لها وظائف افرازية (لاحظ الفصل الثالث) ، ومن الجدير بالذكر أن لخلايا حول القلب وظائف اخرى فقد لوحظ في بعض الحشرات حول علاقة هذه الخلايا مع خلايا الجسم الدهني اثناء فترة الاستحالة اذ قد اثبت بأن هذه الخلايا تحرر المواد غير الحية (الكلايكوجين والدهن والبروتين) في سايتوبلازمها وتتبرعه الى خلايا الجسم الدهني وذلك لمواجهة المتطلبات الضرورية في بناء تركيب خلايا الاخيرة وخاصة في الاطوار اليرقية المبكرة (Al-Darkazly 1977).

٢ ـ خلايا الماسيتوسايت : ـ Mycetocytes

تحتوي على احياء دقيقة مسؤولة عن صناعة المواد الغذائية . لقد لوحظ في بعض الحشرات كحشرة Blaberus بتشابه تركيب هذه الخلايا مع خلايا الجسم الدهني الاعتيادية ، وبذلك فيظن أنها من أصل واحد (لاحظ الفصل الثاني) .

٣ ـ الخلايا القصبية : Tracheal cells

في الطور اليرقي الاول لطفيلي Gasterophilus يلاحظ زيادة حجم خلايا الجزء الامامي من الجسم الدهني حيث تقوم بخزن الدهون . اما خلايا الجزء الخلفي فتصبح متخصصة وذلك بتكوين اشكال اجاصية قطرها 350 ـ 400 مايكرون وتكون غنية بالقصيبات الهوائية والكلايكوجين ، ويملأ السايتوبلازم مادة الهيموغلوبين ذات وزن جزيئي 34.000 (وهذه القيمة تساوي نصف القيمة الموجودة في الفقريات) وتصنع هذه الصبغة في اليرقات ولها علاقة قوية مع الاوكسجين وعلاقة ضعيفة مع اول اوكسيد الكاربون . وتتكون هذه الصبغة من مركبات الحديد البروتيني Haematin-protein الذي يعمل كحامل للاوكسجين وكذلك تحتوي على عوامل مساعدة catalysts لعملية الاكسدة المحدودة . وعلى

العموم فأن وظيفة هذه الصبغة غير اكيدة ، فقد وجدت في بقة Buenoa و Anisopa خلايا عصبية كبيرة قطرها 120 مايكرون مجهزة بقصيبات هوائية كثيفة وتحتوي على الهيموغلوبين ولكن لم يعثر على هذه الصبغة في الاجناس المتقاربة كحشرة Corixa و Notonecta ولذا فلقد استنتج بأن الهيموغلوبين يتكون في هذه الخلايا كناتج غير جوهري وليس له دور وظيفي بالرغم من أنها قد تلعب وظيفة تنفسية خلال الظروف الحرجة .

الخلايا النبيذية : Oenocytes

خلايا كبيرة الحجم قد يصل قطرها الى اكثر من 100 مايكرون توجد على هيئة مجاميع في جانب كل حلقة بطنية ، في رتب الرعاشات وذبابة مايو ونصفية الاجنحة تبقى هذه الخلايا مرتبطة بطبقة البشرة بينما في رتب حرشفية الاجنحة ومستقيمة الاجنحة فأن الخلايا تظهر على هيئة عناقيد تقع في تجويف الجسم ، اما في رتب حشرات متجانسة الاجنحة وغشائية الاجنحة وبعض ثنائية الاجنحة فأن هذه الخلايا تنتشر مابين خلايا الجسم الدهني .

تتوالد الخلايا النبيذية بصورة مستمرة وخاصة اثناء فترة الانسلاخ ، أما في الحشرات ذوات الاستحالة التامة فتنشأ الخلايا النبيذية للبالغات بمعزل عن خلايا اليرقات . وتعمل الخلايا النبيذية كوسيط للعمليات الحيوية او تصب افرازاتها في الدم ويكون نوع الافراز هو الكلايكوجين والبروتين وقليل من الدهن .

وقد وجدت بلورات شمعية في سايتوبلازم الخلايا النبيذية يعزى أليها تصنيع الشمع . ويعتقد ايضا أنها تقوم بازالة الفضلات والسموم من الدم وبعبارة اخرى تنظيم التركيب الكيمياوي والفيزياوي للدم . ولهذه الخلايا علاقة خاصة بالنمو والتكاثر فقد تفرز انزيمات تسبب في تحليل المواد المخزونة في الجسم الدهني . وللخلايا النبيذية علاقة بتطور الاعضاء التناسلية ففي خنفساء الطحين Tribolium مثلا لوحظ في سايتوبلازم هذه الخلايا أجزاء تشبه العصا والانشى ، وفي بالغات chironomids قد تقوم هذه الخلايا بافراز هرمون خاص او مواد اخرى كالبروتين الدهني Lipoprotein rod-like inclusions تختفي في وقت النضوج الجنسي في الذكر

لتكوين اغلفة البويضة او تقوم بتجيز البويضة نفسها بهذه المواد (1978 chapman, 1972 wigglesworth)

الاعضاء المنتجة للضوء : Light-producing organs

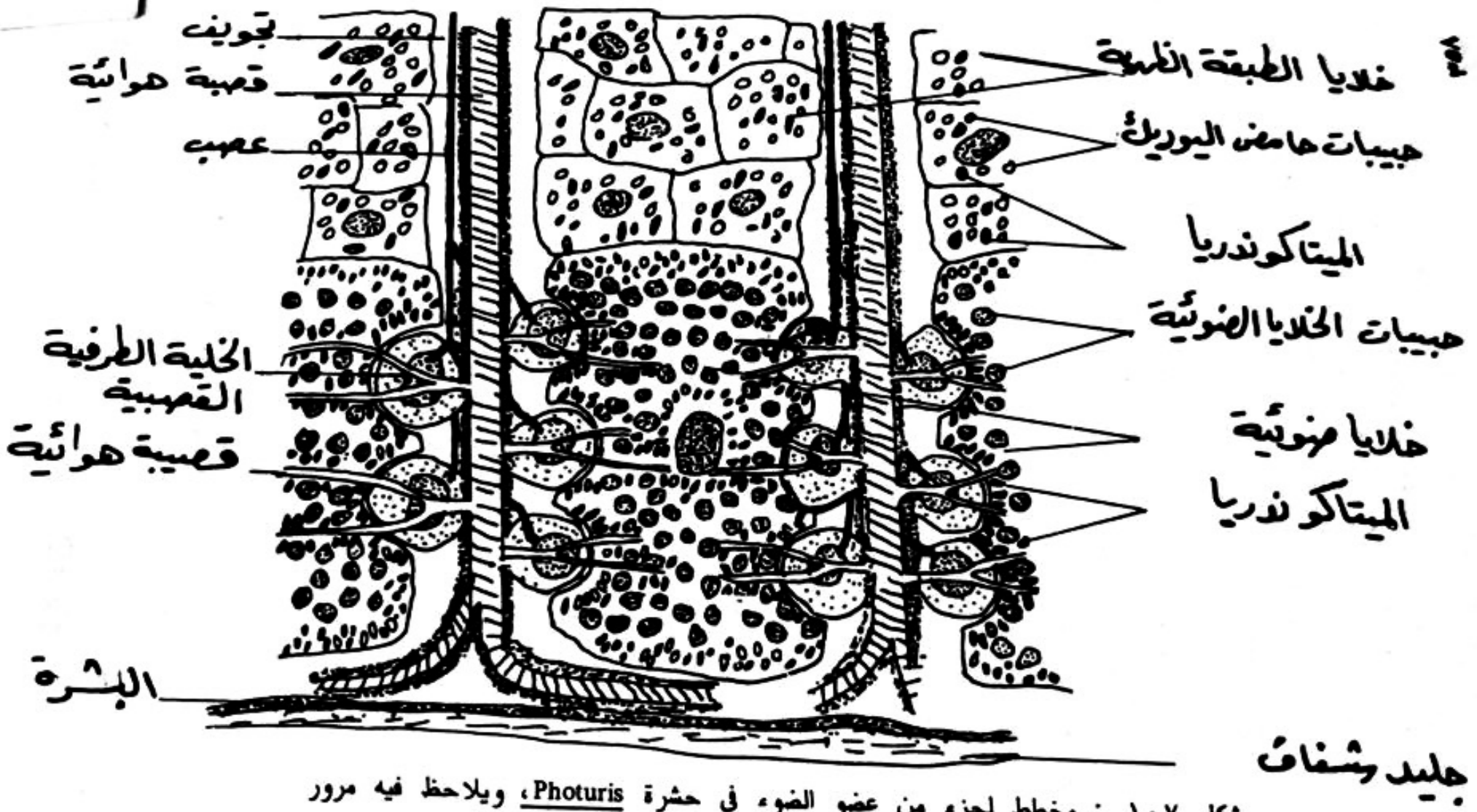
تنتشر هذه الاعضاء في اجزاء الجسم المختلفة وغالبا ما تقع في السطح السفلي من البطن. وتشتق هذه الاعضاء من خلايا الجسم الدهني كما هو الحال في معظم الحشرات، أما في حشرة ثنائية الاجنحة فتنشأ هذه الاعضاء من الخلايا الطرفية الكبيرة لأنابيب مالبيجي.

وقد درس تركيب هذه الاعضاء في حشرة photuris بصورة مفصلة حيث يحتوي كل عضو على عدد من الخلايا الكبيرة تسمى بالخلايا الضوئية photocytes تقع تحت طبقة البشرة مباشرة وتقع خلفها عدة طبقات من الخلايا تسمى بالخلايا الظهرية dorsal Layer cells.

يمتاز الجليد الذي يغطي عضو الضوء بأن يكون شفافا. وتترتب الخلايا الضوئية على شكل اسطوانات مجاورة للزاوية اليمنى من الجليد وعلى يمين كل اسطوانة توجد قصبة هوائية واعصاب وتتفرع كل قصبة الى فريعات لتدخل الخلايا الضوئية وبالمثل يتشعب كل فريع الى عدد من القصيبات الهوائية التي تنفذ بين الخلايا الضوئية وبموازاة الجليد، وتدخل الاعصاب الى نهاية الخلية الضوئية مابين اغشية بلازما الخلية الطرفية والخلية القصبية (شكل 107).

تمتلأ الخلايا الضوئية بحبيبات ضوئية وتحتوي كل حبيبة ضوئية على تجويف متصل مع السايتوبلازم الخارجي بواسطة قنوات خاصة. وأن أهمية الحبيبات هو القيام بأنتاج الضوء. وتحتوي خلايا الطبقة الظهرية أيضا على حبيبات ولكنها تعتبر حبيبات بولية وليس ضوئية.

تقوم هذه الاعضاء أساسا بانتاج الضوء عن طريق أكسدة مادة Luciferin بوجود أنزيم Luciferase. وتنشط مادة Luciferin أولا بواسطة ATP وبوجود المغنسيوم. ويسبب انزيم Luciferase بأنتاج مادة Adenylluciferin لتتأكسد الاخيرة بواسطة الاوكسجين، وبوجود الانزيم Luciferase تتكون مادة Adenyloxyluciferin التي تتحلل ذاتيا لتخفض طاقتها في انتاج الضوء، وأن الطاقة اللازمة من هذا



شكل ١٠٧ : مخطط لجزء من عضو الضوء في حشرة Photuris، ويلاحظ فيه مرور القصيبات الهوائية بين الخلايا الضوئية.
(عن Smith في Chapman 1978).

التفاعل يحصل عليه من عملية الأكسدة وليس من الـ ATP وتنطلق هذه الطاقة مرة واحدة حيث أن 98% منها تسبب بأنتاج الضوء. وأن اللون الناتج كما في كثير من الحشرات يكون أصفر مخضر او أزرق مخضر أو أبيض وذلك حسب نوع الحشرات وأن شكل 108 يلخص ميكانيكية أنتاج الضوء (Chapman 1978).