جامعة تكريت /كلية الزراعة / قسم وقاية النبات – الماجستير

المحاضرة السابعة – فسلجه الحشرات

جهاز الدوران

Circulatory System

اعداد

دكتور محمد شاكر منصور

جهاز الدوران في الحشرات

وهو من النوع **المفتوح** ويتركب اساسا من **الوعاء الدموي الظهري** Dorsal Blood Vesselالذي هو عبارة عن انبوبة بسيطة تقع في المنطقة الوسطى للظهر تحت الصفيحة الظهرية لحلقات الجسم مباشرة ويمتد على طول الجسم .**ينقسم** الوعاء الدموي الظهري الى جزئيين ، **الجزء الخلفي وهو القلب** Posterior Heart**والجزء الامامي وهو الابهر** Anterior Aorta ومن **متممات** هذا الجهاز **الحاجب الظهري** Dorsal Diaphragm **والحاجب البطني** Ventral Diaphragm**والقلوب المساعدة** المرتبطة بزوائد الجسم .

- **القلب** Posterior Heart : وهو الجزء الاول من الوعاء الدموي الظهري وغالبا ما يقع في منطقة البطن وقد يمتد الى حلقة الصدر الاولى كما في رتبة الصراصر Dictyoptera، ويمتاز قلبها بتقسيمة الى حُجرات ، وفي يرقات الرعاشات وحشرة *Tibula* (رتبة ثنائية الاجنحة) فان القلب مقسم الى غرف عن طريق صمامات تقع في مقدمة كل زوج من الفتحات الجانبية .

يوجد في جدران القلب الجانبية فتحات تسمى Incurrent Ostia وهي عبارة عن شق يختلف عددها باختلاف الحشرات فتوجد ١٢ زوجا في رتبة Dictyoptera و٥ أزواج في بعض حشرات غشائية الاجنحة و٣ أزواج في الذباب المنزلي. وتمتد حافات الفتحات الجانبية للداخل لتكون صمامات تمنع رجوع الدم الى تجويف الجسم عند انقباض القلب ، وفي حالة ارتخاء القلب تنفصل الصمامات عن بعضها ليسهل دخول الدم الى القلب.

وقد تكون فتحات القلب سفلية وتسمى في هذه الحالة Excurrent Ostia كما في حشرات مستقيمة الاجنحة وذات الذنب الشعري ، ويختلف عددها باختلاف الحشرات فيوجد زوجان في الصدر وخمسة في البطن كما في حشرات عائلة الجراد والنطاط .

توجد في بعض الحشرات تفرعات دموية جانبية Segmental vessel التي عن طريقها يخرج الدم من القلب وذلك لعدم وجود الفتحات السفلية لمثل هذه الحشرات. تمتد هذه الاوعية بالفراغات الموجودة ما بين العضلات الجناحية ومن الجهة الاخرى تتصل بالصفيحة الظهرية لحلقات الجسم بالقرب من مواقع نشوء العضلات. وتكون في نهاية كل وعاء دموي تشعبات صغيرة تصب في خلايا الجسم الدهني. ان جدران هذه الاوعية الدموية غير عضلية اذ انها تنقبض بمعزل عن القلب ولو ان هناك عضلات قليلة جدا في منطقة الصمام يعزى لها انقباض الوعاء الدموي ليتحرك الى الاسفل .

ترتبط بالقلب من المنطقة الجانبية الظهرية عضلات جناحية Alary muscles مرتبة على شكل ازواج والتي تنتشر على سطح الحاجب الظهري. قد تتصل الياف كل عضلة جناحية في بعض مناطق القلب من جهته السفلية كما في حشرات ذات الذنب القافز والقمل الماص ويرقات رتبة ثنائية الاجنحة ، وعموما فان العضلات الجناحية موجودة فقط في منطقة البطن التي فيها غرف القلب ولكن في عائلة الصراصر التي يمتد فيها القلب والحجاب الظهري حتى منطقة الصدر الاوسط اذ يستمر وجود العضلات الجناحية فتوجد ١٠ أزواج في البطن وزوجان في الصدر بينما يكون عدد العضلات الجناحية في نحل العسل ٤ ازواج فقط.

❖ **الابهر** Anterior Aorta : وهو الجزء الثاني والامامي من الوعاء الدموي الظهري الذي يمتاز بعدم وجود الفتحات Ostia وان كان هذا التقسيم هو من الوجهة المورفولوجية فقط اذ انة من الوجهة الفسيولوجية فان الوعاء الدموي الظهري يعمل كوحدة واحدة .

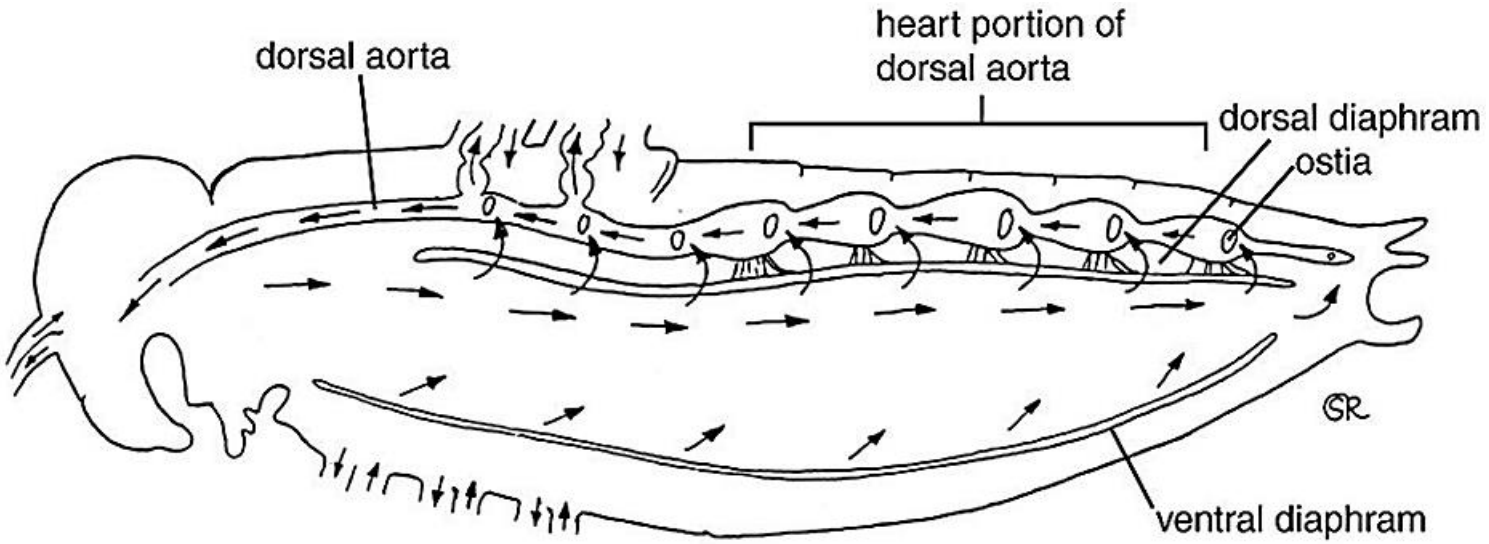
يقع الابهر في مقدمة الوعاء الدموي الظهري وقد يمتد في حشرات مستقيمة الاجنحة الى ان يصل الى اسفل العقدة تحت المخية Hypocerebral ganglion وفي بعض الحشرات الاخرى فان الابهر ينتهي في تجويف الجسم كما في بقة الروديناس ، وفي دودة الحرير تتسع نهاية الابهر ليكون على شكل كيس يقع في مقدمة المخ ويتشعب هذا الكيس الى اوعية تصب في الفكوك السفلى وقرون الاستشعار والعيون.

❖ **الاغشية الحاجزة والتجاويف الدموية** The Diaphragms and Sinuses :

يوجد حاجبان ليفيين مكونة من العضلات وهما :

الحاجب الاول وهو الحاجب **الظهري** Dorsal diaphragm الذي يتكون من طبقات رقيقة من الانسجة الرابطة فيمتد هذا الحاجب فوق القناة الهضمية وتحت القلب مكونا تجويف فوق القلب يسمى التجويف المحيط بالقلب Pericardial sinus .

الجهاز الدوري في الحشرات



الحاجب الثاني وهو الحاجب **البطني** Ventral diaphragm الذي يوجد فوق الحبل العصبي البطني وقد ينعدم وجودة في بعض الحشرات .ويعرف التجويف المتكون تحت الحاجب البطني بالتجويف البطني او العصبي Perineural sinus . ان تركيب الحاجب البطني يختلف كثيرا باختلاف الحشرات فمثلا في منطقة الصدر للنطاط يكون على هيئة غشاء رقيق يحتوي على عضلات قليلة جدا او قد ينعدم وجود العضلات ، اما في المنطقة البطنية لنفس الحشرة فيكون هذا الحاجب على هيئة طبقة عضلية صلبة.

اما التجويف الذي يقع بين الحاجبين فيعرف بالتجويف المركزي . Perivisceral sinus

- **القلوب المساعدة** Accessory (Pulsatory) Organ : بالإضافة الى وجود الوعاء الدموي الظهري فغالبا ما توجد تراكيب كيسيه الشكل تسمى بالأعضاء النابضة المساعدة التي تعمل على امداد الدم الى زوائد الجسم .

توجد في الحلقتين الصدريتين 2 و 3 قلوب مساعدة تقوم بإمداد الاجنحة بالدم ، في الصرصر الامريكي والجراد هناك حوصلتان صغيرتان تدعى Ampulla تقع تحت الدرقة تعطي الواحدة منها وعاء يمتد الى طرف قرن الاستشعار ، وتتصل الجدران الداخلية لهاتين الحوصلتين بواسطة عضلة تسبب ارتخاء الحوصلتين وعندها يدخل الدم اليها عن طريق فتحة ذات صمام وان انقباض الحوصلة تسبب اندفاع الدم الى قرن الاستشعار.

في رتبة نصفية الاجنحة يوجد وعاء دموي ظهري مساعد يخترق الساق باتجاه مائل ويحيط جزئه العلوي عضلة فعند انقباض هذه العضلة يندفع الدم الى فراغ الجسم خلال صمام يمر بالفخذ والحرقفة وعند ارتخاء هذه العضلة يمر الدم في الناحية البطنية من تجويف الجسم .يختلف مكان وعدد هذه القلوب المساعدة باختلاف الحشرات.

دورة الدم Blood Circulation

اثناء انقباض القلب يندفع الدم للأمام خلال الابهر الى الراس وقد يندفع خارج القلب الى الاوعية الجانبية عن طريق الفتحات السفلية اذ يسحب القلب اثناء ارتخاءه الدم من خلال الفتحات الجانبية Ostia وان الصمامات الموجودة على هذه الفتحات تمنع خروج الدم من القلب الى الفراغ حول القلب. يدخل الدم الى التجويف الحشوي بفعل اختلاف ضغط الدم اي يكون واطئا في التجويف الحشوي وكذلك بسب اختلاف الضغط يسبب انسياب الدم من التجويف الحشوي الى التجويف البطني وعن طريق حركة الحجاب البطني يتم تجهيز الجهاز العصبي بالدم وفي الحالة الاعتيادية يكون الحاجب الظهري محدبا ويصبح مسطحا بفعل تقلص العضلات الجناحية ويؤدي هذا التسطح الى زيادة حجم تجويف القلب وبذا يقل حجم التجويف الحشوي فيمر الدم الى الاعلى في التجويف المحيط بالقلب ، وهكذا في حالة ارتخاء القلب ينسحب الدم اليه من خلال الفتحات الجانبية.

يندفع الدم من التجويف الظهري في الصدر عن طريف غشاء متمفصل في الجناح خلال الجزء الامامي فيه ويخرج الدم من الجناح خلال الجزء الخلفي منه ثم ينسحب بواسطة القلوب المساعدة في الصدر وذلك لإدخاله في الدورة الدموية. تكون القلوب المساعدة في بعوض الانوفيلس غير منتظمة النبض وتختزل دورة الدم في هذه الحشرة عند انطواء الاجنحة وذلك لانسداد القنوات في الغشاء المتمفصل ، وتضخ القلوب المساعدة الموجودة في التجويف الجبهي الدم الى قرن الاستشعار ليمر من التجويف البطني الى الارجل بواسطة القلوب المساعدة ايضا .

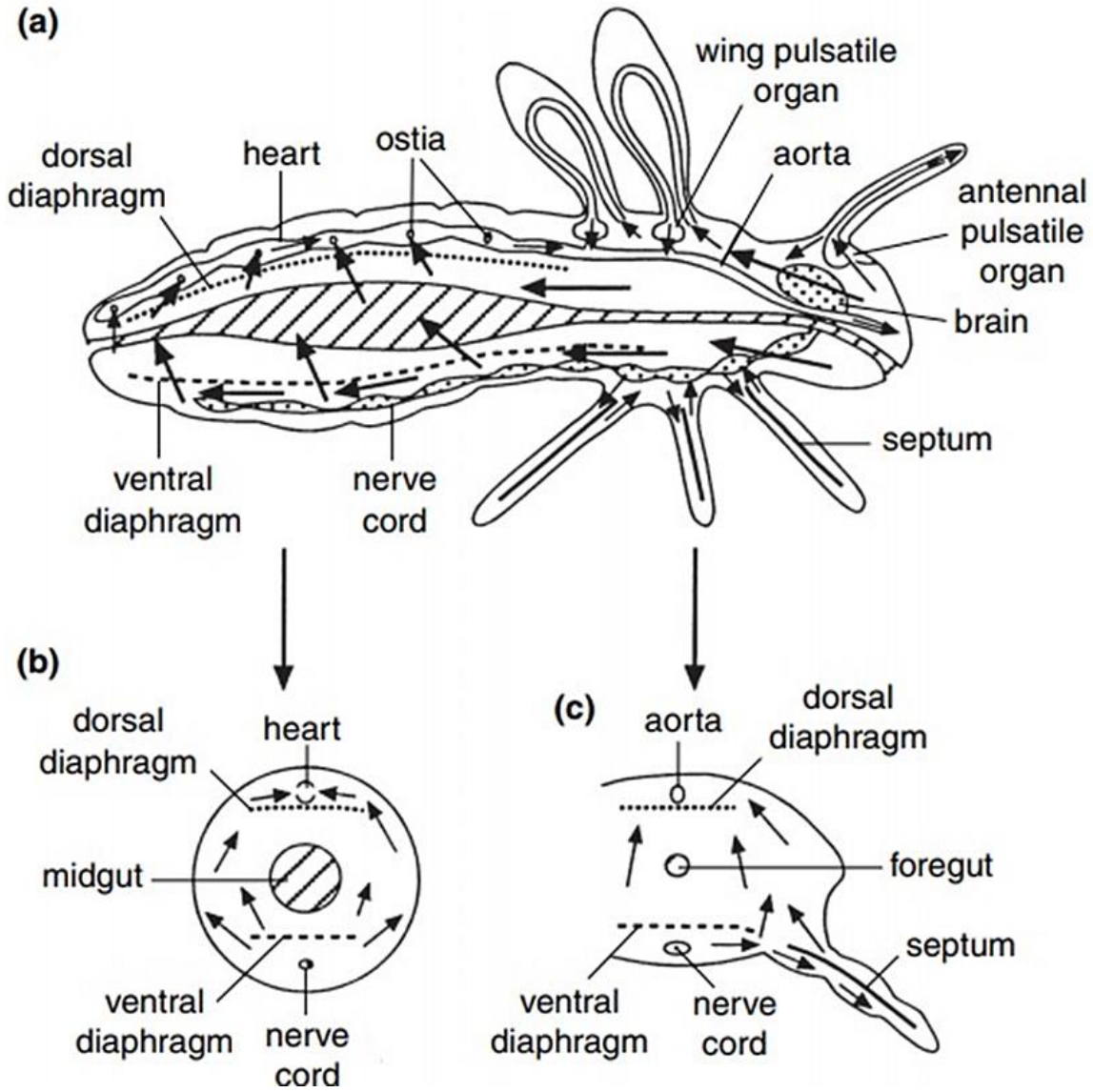


Figure : Blood circulation. (a)–(c) An insect with a fully developed circulatory system. Arrows indicate the course of the circulation.

(a) Longitudinal section.
(b) transverse section of abdomen.
(c) transverse section of thorax.

دورة الدم في الجناح

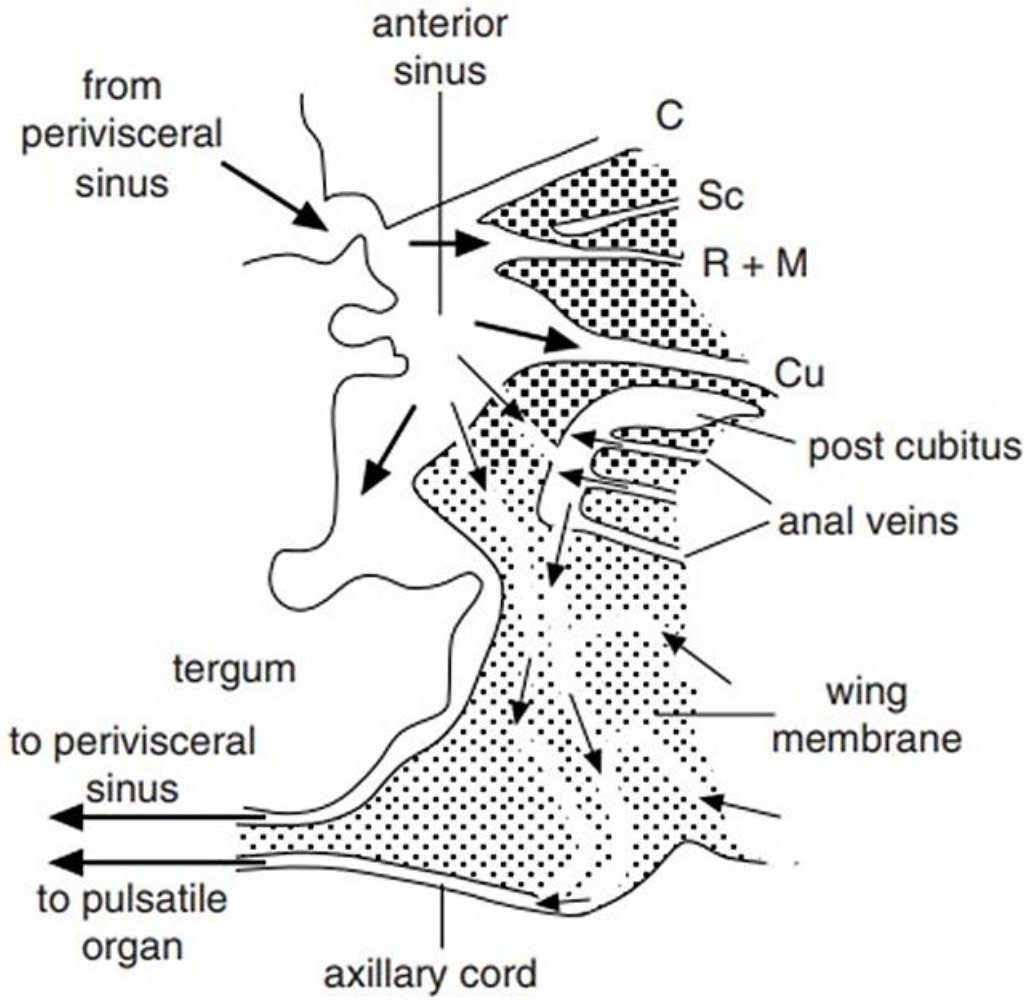


Figure: Blood circulation in the base of the forewing of Blattella. Areas in which the two membranes of the wing are fused together are shaded. Well-defined channels, such as veins, are outlined by a solid line, less definite channels have no lines. Axillary sclerites are omitted (after Clare and Tauber, 1942).

وتتأثر دورة الدم اذ قد تصبح دورة غير منتظمة وذلك بسبب حركة القناة الهضمية والحركات التنفسية او اي نشاط اخر يسبب حدوث اختلاف في الضغط بأجزاء الجسم المختلفة.

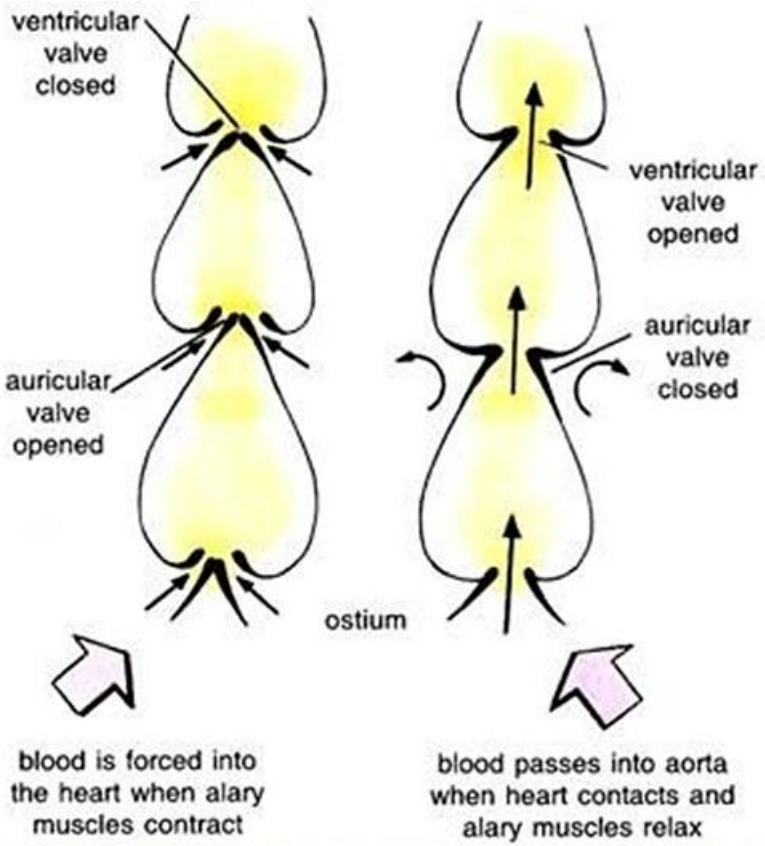
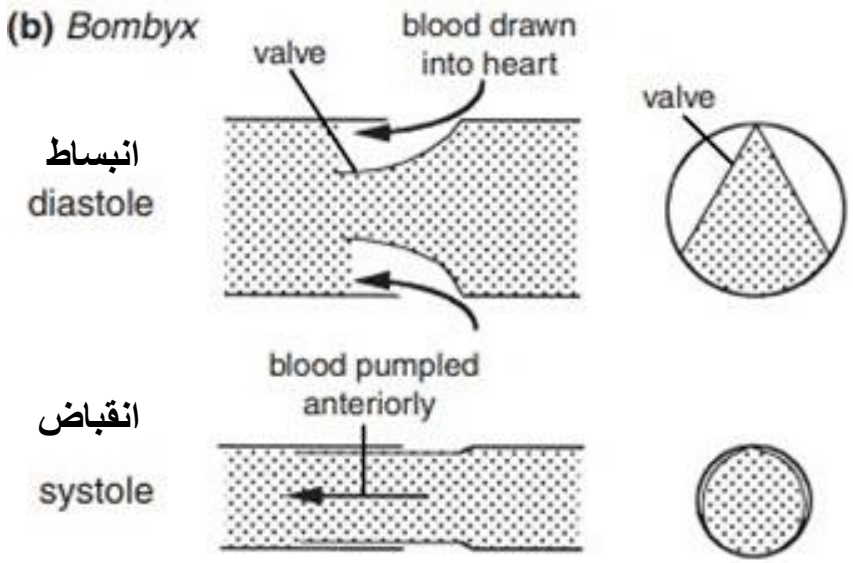


Fig. 73.20. *Periplaneta*. Diagrammatic representation of the working of valves in the heart.



Functioning of incurrent ostia. (b) The larva of *Bombyx*; the heart is shown in horizontal (left) and transverse (right) sections.

الية عمل الفتحات الجانبية للقلب

وظائف الجهاز الدوري

١. دورة الدم تنقل وتوزع الهرمونات والالكتروليتات ونواتج الغذاء المهضوم وايصالها الى الانسجة المختلفة.

٢. نقل نواتج التمثيل الغذائي الى انابيب مالبيجي لاستخلاصها وطرحها.

٣. امداد الجسم بالمحاليل المنظمة للحموضة pH ويمنع التغيرات الكبيرة في الضغط التنافذي في مناطق معينة من الجسم.

٤. خزن الاوكسجين (الهاموش) في الهيموغلوبين والاستفادة منه عند قلة الاوكسجين في الوسط المائي.

٥. تقوم خلايا الدم الملتهمه بالدفاع ضد المسببات الممرضة والمتطفلات الداخلية بعملية الالتهام وتكوين الكبسولات.

٦. انتاج الضغط الهيدروليكي : يستخدم هذا الضغط لإتمام عمليات حياتية هامة في الحشرة منها :

أ- ان جدار جسم الحشرة (الجليد) القديم ينزع اثناء عملية الانسلاخ بتأثير ضغط الدم الذي يؤدي الى شق هذا الجدار من الجهة الظهرية للصدر والذي يتوسع فيما بعد فتستطيع الحشرة الخروج من الكيوتكل القديم .

ب- تخرج الحشرات الكاملة من عذارها واجنحتها مجعدة ومطوية كما في الفراشات والعث والذباب فتضغط الحشرة دمها الى داخل كل جناح فتفرده وتنشره ليأخذ شكلة الكامل الاعتيادي .

ت- يساعد الضغط الهيدروليكي على فقس البيض بضغطه على جدار البيض من الداخل .

ث- يساعد ضغط الدم في عملية التنفس وحركة الهواء وانتشار الغازات في القصبات والاكياس الهوائية فيقفلها ويفتحها كما يفعل المنفاخ فتسرع بذلك عملية تبادل الغازات.

ج- يكون الجدار الجديد لجسم الحشرة مرنا بعد الانسلاخ مباشرة ولفترة وجيزة بعد ذلك تقوم الحشرة بتوسيعه بتأثير ضغط الدم لكي يستوعب نمو الحشرة في الفترة الاتية.

الدم (الهيموليف) Hemolymph

عبارة عن سائل رائق عديم اللون وغالبا ما يصطبغ بالصبغة الخضراء او الصفراء، ليس للدم علاقة بنقل الاوكسجين و Co_2 باستثناء بعض الحشرات مثل الهاموش Chironomids التي يحتوي دمها على الهيموغلوبين التي تكون وظيفته هو خزن الاوكسجين .**المميزات المهمة لدم الحشرات** :

١. قابليته على احلال المؤثرات التنافذية غير العضوية (غالبا تكون Na و Cl) بالمواد العضوية.

٢. تمتاز كثير من الرتب بقابلية الدم بتصنيع الايونات الموجبة .

٣. التريهالوز احد مكونات الدم الاساسية .

٤. وجود الفوسفات العضوية والانزيمات المختلفة.

- يختلف 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 فان المحتوى المائي للخلية لا يتغير.
- تمتاز الحشرات على قدرتها بتنظيم الضغط التنافذي للدم.

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.

* الحالة الاخرى المتمثلة برتب حشرات **داخلية** الاجنحة Endopterygota التي تشمل رتب شبكية وخيطية وثنائية الاجنحة والذباب العقربي 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** محلة .

اما في رتب حشرات غشائية وحرشفية ومعظم غمديه الاجنحة **فليس** للأيونات الاربعة السابقة الذكر وكذلك ايون **الكلور** السالب اهمية حيث تقوم **الجزيئات العضوية** بالدور الرئيسي كمؤثرات تنافذيه.

تركيب الدم (الهيموليف) Haemolymph Composition

١. **الماء** Water : وهو المكون الاساسي لفراغ الجسم ونسبته ٨٤-٩٢% من الوزن الكلي للجسم.

٢. **البروتين** Protein : تختلف نسبته في الدم باختلاف انواع الحشرات .

* تتذبذب نسبة البروتين خلال ادوار الحشرة المختلفة ، وان سبب هذا التذبذب في نسبة البروتين يعود الى استهلاك البروتين في تكوين اعضاء الحشرة البالغة .

* توجد اختلافات كمية ونوعية ما بين بروتين الذكر والانثى فقد تم الكشف عن نوعين من البروتين في الاناث البالغة ، ويظهر هذا البروتين اولا في طور قبل العذراء ويوجد ايضا في الذكر ولكن بتركيز جزء واحد بالذكر الى الف جزء في الانثى ويسمى هذا النوع من البروتين ببروتين الانثى Female protein (Vitellogenin) .

* وجدت كثير من جزيئات البروتين مقترنة مع مواد اخرى مثل الدهون المتعادلة والاستيرولات وفوسفات الدهن والكربوهيدرات ، وان نصف كربوهيدرات دم الصرصر تتحد مع البروتين .

٣. **الانزيمات** Enzymes : يوجد بالدم عدد من الانزيمات بنسب عالية وتكون فعالية بعضها مقاربة الى فعالية الانزيمات الموجودة في الانسجة.

وجدت عدد من الانزيمات في دم الحشرات منها **الأميليز والاستريز والبروتينيز** وانزيمات خاصة منها الانزيم المحلل **للكايتين** Chitinase اثناء فترة الانسلاخ وانزيم **التريهالوز** Trehalase الذي يحلل سكر التريهالوز الى سكر الكلوكوز الاحادي ، واهمية الانزيمات المحللة للبروتين والكايتين اثناء فترة الانسلاخ والتشكل هي في تحلل الانسجة ، ويتحكم هرمون خاص يفرز من غدد الاجسام الكروية بتثبيط نشاط هذا الانزيم في الفترة التي تقع ما بين كل انسلاخين اذ يعمل هذا الهرمون كمانع لنشاط الانزيم .

كما يحتوي الدم على انزيمات محللة **للكربوهيدرات** ، ووجد انزيم De-oxy-ribo-nuclease في دم عذراء *Hyalophora* السابتة وانزيم Tyrosinase المسؤول عن تدكن لون الدم عند تعرضه للهواء.

٤. **الاحماض الامينية** Amino acid : 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 الامينية اما ان تكون من مصدر **غذائي** او تتمثل (تصنع) داخل جسم الحشرة نفسها ، ويمتاز دم الحشرات غير المجنحة على العموم بوجود **عدد قليل** من الاحماض الامينية ، واما دم غالبية الحشرات فيحتوي على **تراكيز عالية** من الاحماض الامينية ، ويصل عدد الاحماض الامينية الحرة في دم الحشرات ١٥ حامضا امينيا.

٥. **الدهن** Lipid : يوجد الدهن في دم الحشرات بشكل حبيبات دهنية صغيرة Lipomicrons .

تزداد كمية الدهن في الدم اثناء استحالة الحشرات اذ تتحلل كميات كبيرة من الاجسام الدهنية وان الجزء الكبير من الدهن مثل الدهون المتعادلة والاستيرولات وفوسفات الدهن تتحد مع البروتين لتكوين البروتينات الدهنية.

٦. **الكربوهيدرات** Carbohydrates : توجد كميات كبيرة من الكربوهيدرات في دم الحشرات متحدة مع البروتين مكونة Glycoprotein ، وينحصر وجود تراكيز عالية من السكريات الاحادية والثنائية المختزلة في بعض حشرات غمديه وثنائية الاجنحة وذلك لحاجتها اثناء عملية الطيران .

ان سكر التريهالوز Trehalose موجود بكميات كبيرة في دم الحشرات المدروسة ، وتقوم معظم انسجة الجسم بامتصاص التريهالوز من الدم وتحلله داخل خلاياها بواسطة انزيم Trehalase ولهذا يبقى تركيز سكر التريهالوز في الدم ثابت نسبيا ، اما الجلايكوجين فيوجد بكميات قليلة في الدم .

٧. **المواد غير العضوية** Inorganic Material : وتشمل

أ- الايونات السالبة : ايون الكلور Cl^- هو الايون السالب الاكثر شيوعا في دم الحشرات فيكون تركيزه عالي في الحشرات غير المجنحة والحشرات ذات الاستحالة التدريجية فيما ينخفض تركيز ايون Cl^- في دم الحشرات ذات التطور التام كما توجد كميات قليلة جدا من الايونات السالبة مثل الكربونات CO_3^- الفوسفات PO_4^- .

ب. الايونات الموجبة : اكثر الايونات شيوعا هو ايون **الصوديوم** Na^{+} اذ يوجد بكميات كبيرة في دم الحشرات باستثناء رتبتي حرشفية وغشائية الاجنحة وبعض انواع رتبة غمديه الاجنحة التي يكون فيها تركيز ايون Na^{+} منخفض نسبيا ، كما توجد ايونات موجبة اخرى مثل البوتاسيوم K^{+} والمغنيسيوم Mg^{+2} وهناك بعض العناصر المعدنية بكميات بسيطة جدا في دم الحشرات اهمها Cu^{+2} و Fe^{+2}و Zn^{+2} و Mn^{+2}.

٨. **الصبغات** Pigments: يعطي الهيموغلوبين لدم الحشرات اللون الاحمر الفاتح ليرقات الهاموش اما بقية الحشرات فان الدم عادة يكون اما عديم اللون او بلون اخضر او كهرماني. ويمتاز دم معظم الحشرات النباتية التغذية بلونة **الاخضر** ويرجع سبب هذا اللون للدم 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 او اصفر باهت ولا يعرف سبب الاختلاف باللون حسب الاختلاف الجنسي.

انواع خلايا الدم Haemocytes

توجد تسعة انواع من خلايا الدم في الحشرات منها :

*** ثلاثة انواع رئيسية توجد في معظم الحشرات وهي :**

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

٢. خلايا الدم **الانتقالية** **Plasmatocytes** : مختلفة الاشكال والاحجام – النواة كبيرة (اذ ان حجمها مساو لحجم السيتوبلازم المحيط بها) شكلها دائري او بيضوي وتقع في مركز السيتوبلازم. يحتوي السيتوبلازم على حبيبات دقيقة. تتقبل الصبغات القاعدية بدرجة متوسطة ، **وظيفتها انها خلايا ملتهمه اميبية الشكل (متحركة) اي ابتلاع والتهام الاجسام الغريبة.**

٣. خلايا الدم **المحببة** **Granular** Haemocytes : مختلفة الاحجام وشكلها دائري او قرصي ، النواة صغيرة الحجم نسبيا ، يحتوي السايتوبلازم على كثير من الحبيبات التي تصطبغ بصبغة الكربوهيدرات ، 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 قليلة الحركة. **وظيفتها تؤدي دورا مهما في عمليات الايض الغذائي Metabolism .**

*** واربعة انواع وجدت في بعض الحشرات وهي :**

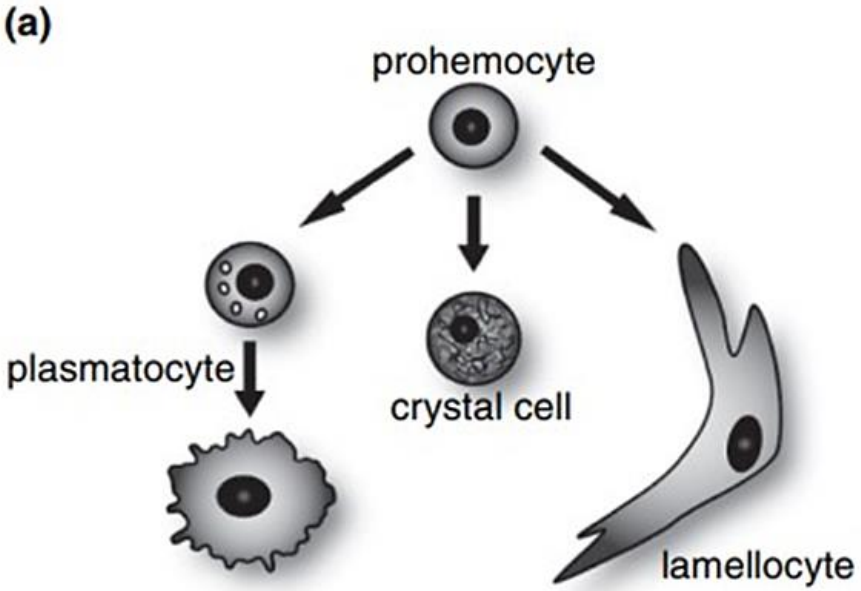
١. **خلايا الدم الدهنية Adipohemocytes : خلايا دائرية او بيضوية الشكل ، النواة صغيرة تقع بعيدا عن مركز السايتوبلازم ، السايتوبلازم يحتوي على فجوات وحبيبات تحتوي مواد دهنية ، وتصطبغ هذه الحبيبات ايضا بالصبغات الكربوهيدراتية. الخلايا عديمة الحركة.**

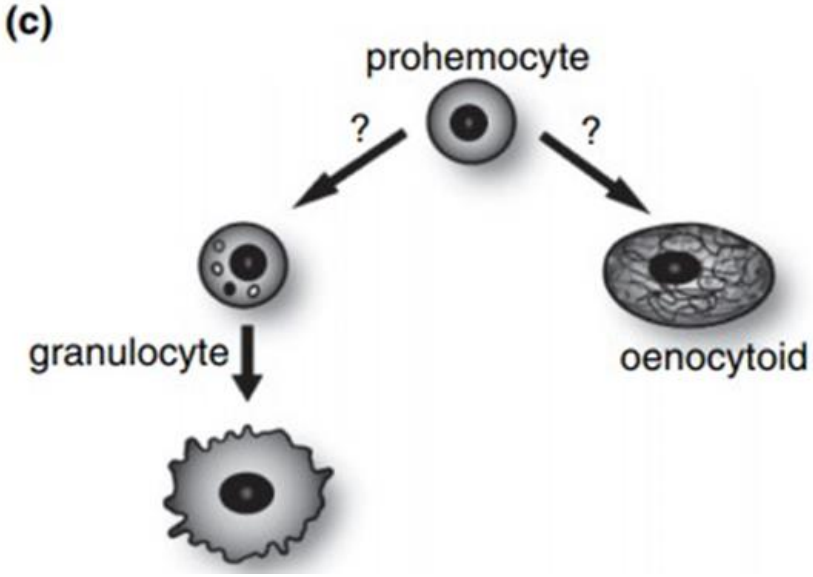
٢. **خلايا الدم الحوصلية (المخثرة) Cystocytes or Coagulocytes : خلايا هشة تشترك ببعض الصفات مع خلايا الدم المحببة وخلايا الدم الشبيهة بالنبيذية ، النواة صغيرة دائرية ، السايتوبلازم شفاف ومحبب في بعض الاجزاء ، وظيفتها تساهم في عملية تخثر الدم.**

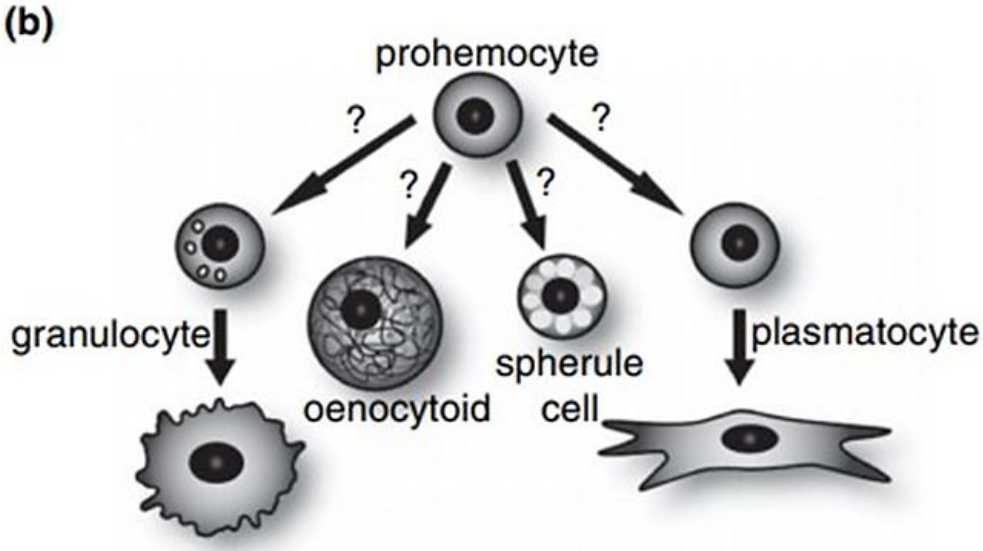
٣. **خلايا الدم المجوفة Spherule cell : خلايا مستديرة او بيضاوية ، ومن مميزاتها الرئيسية هو وجود تجاويف (فقاعات) كروية او بيضوية الشكل التي تملأ السايتوبلازم تحجب النواة ، وتصطبغ هذه التجاويف بصبغة الكربوهيدرات التي تحتوي في حشرة *Sarcophaga* على انزيم التايروسينيز الذي يؤكسد التايروسين الى صبغة Melanin لتصليب كيوتكل الحشرات ، عددها قليل جدا او قد تكون غير موجودة في بعض انواع الحشرات ، وعديمة الانقسام والحركة ، ويعتقد انها من خلايا الدم الانتقالية .**

٤. **خلايا الدم الشبيهة بالنبيذية (الخمرية) Oenocytoids : مختلفة الاحجام والاشكال ، النواة صغيرة دائرية غير مركزية الموقع ، السايتوبلازم يحتوي اما على قنوات صغيرة او حبيبات او بلورات حسب نوع الحشرة. الخلايا عديمة الحركة. عددها قليل في اكثر الحشرات وقد تكون غائبة في بعض الانواع. وظيفتها تقوم بتكوين صبغة الميلانين بعد عملية تكوين الكبسولات.**

انواع خلايا الدم



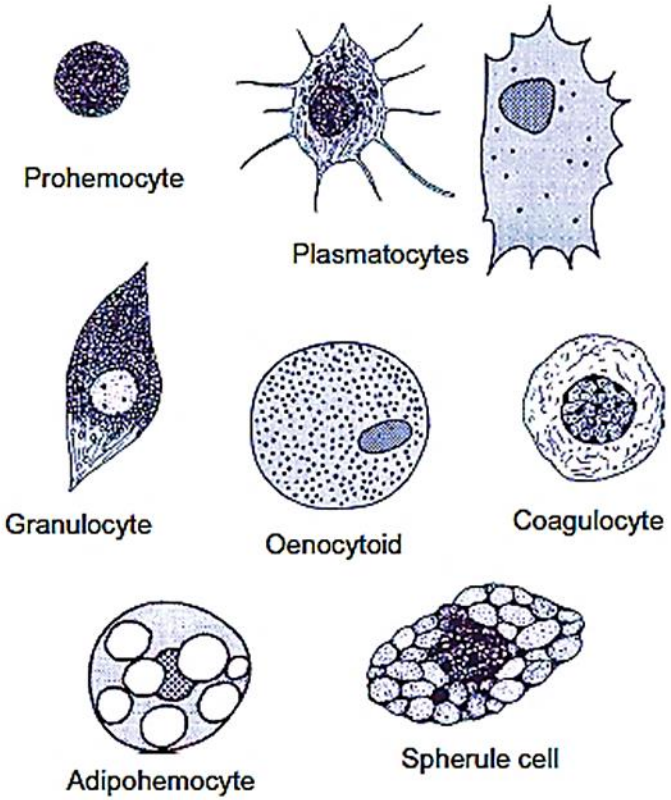




*** نوعان وجدت في قليل من الحشرات وهي :**

١. خلايا الدم **النجمية** **Podocytes** : خلايا كبيرة الحجم ، شكلها نجمي مسطح ، النواة كبيرة الحجم مسطحة مركزية الموقع ، اعدادها قليلة ، وجدت في حشرة *Prodenia* .

٢. خلايا الدم **الدودية** **Vermiform cell** : خلايا طويلة ورفيعة ، النواة بيضوية الشكل ، السايتوبلازم يحتوي على حبيبات صغيرة ، تتشابة هذه الخلايا كثيرا مع الخلايا الطولية للنوع الانتقالي ولكن لم يعرف اصلها وعلاقتها. مميزة كثيرا في دم الطور الاخير ليرقات *Prodenia* .



انواع خلايا الدم

Figure. The generalized morphology of some typical hemocytes that are found in insect hemolymph. From Woodring (1985).

وظائف خلايا الدم Function of Haemocytes

اولا- ابتلاع (التهام) الاجسام الغريبة Phagocytosis : تعد اهم وظيفة لخلايا الدم اذ يتم فيها ابتلاع والتهام الاجسام الغريبة والاحياء المجهرية (الطفيليات المسببة للأمراض) كالبكتريا والفطريات وغيرها والانسجة المتحللة نتيجة الجروح ، تؤدي خلايا الدم الانتقالية Plasmatocytes الدور الاساس في هذه العملية اضافة الى معظم انواع خلايا الدم الاخرى التي لها القدرة بالقيام بهذه الوظيفة وتتم عملية الابتلاع بثلاثة طرق :

أ- تكوين حويصلات الشرب الخلوي Vesicles Pinocytotic في غشاء الخلية لابتلاع السوائل المحتوية على الجزيئات الصغيرة (الجزيئات الغريبة).

ب- تكوين الاقدام الكاذبة لتطويق الجزيئات الغريبة.

ت- التصاق اغشية خلايا الدم بالجزيئات الغريبة وانتقال هذه الجزيئات الى داخل خلايا الدم بعملية الانتشار .

يتم احاطة ثم هضم وتدمير الطفيليات الداخلية وحيدة الخلية من قبل خلايا الدم الانتقالية (الملتهمة). يعود الفضل الاكبر في التهام الاجسام الغريبة التي تدخل التجويف الدموي الى خلايا الدم السابحة في الدم كخلايا الدم الانتقالية والحبيبية والدهنية والنجمية ولم يسجل لخلايا الدم **الاولية** او خلايا الدم الشبيهة **بالنبيذية** دور في عملية الالتهام

* عملية الالتهام هي رد فعل دفاعي.

* تزداد قدرة الحشرة على مقاومة الاجسام الغريبة الممرضة مثل البكتريا كلما :

١. زاد **عدد** خلايا الدم الانتقالية (الملتهمة) نسبة الى العدد الكلي لخلايا الدم .

٢. زاد **حجم** خلايا الدم الانتقالية (الملتهمة) مقارنة بحجم الاجسام الغريبة الداخلة في تجويف جسم الحشرة.

٣. وتعتمد مهاجمة خلايا الدم للبكتريا على حالة العائل ، وان اي عوامل خارجية تؤثر على صحة الحشرة تسبب في ضعف مقاومتها وزيادة تأثير البكتريا ، بشكل عام فان بلازما الدم يكون اكثر نشاطا من خلايا الدم في مقاومة البكتريا.

* وتزداد عدد خلايا الدم الحرة عند حقن الاحياء المجهرية في تجويف جسم الحشرة.

* تزداد فعالية ابتلاع المواد الغريبة اثناء فترة الاستحالة ويرجع هذا الى تحلل الانسجة.

* في بعض الحشرات تتجمع مجموعة من خلايا الدم لتكوين اعضاء ملتهمه تسمى Phagocytic organs التي تكون على هيئة كيس مثلث الشكل تقوم بإزالة الاصباغ والجزيئات الكبيرة من الدم .

* كلما ازدادت عدد خلايا الدم الانتقالية (الملتهمة) وزاد حجمها كلما ازدادت قدرتها على التهام عدد اكبر من الاجسام الغريبة والعكس صحيح ولهذا فان كثير من انواع الحشرات تستطيع مقاومة الكائنات الممرضة مثل البكتريا ، نجد مثلا الصرصر الامريكي يبلغ عدد خلايا الدم فيه ٢٢ مليون خلية وبالتالي فانة يستطيع ان يعيش في البيئات القذرة جدا واكثرها تلوثا بالممرضات مثل البكتريا والجراثيم الاخرى دون ان يصاب بالأمراض.

ثانيا -تكوين الكبسولات (التغليف - التكييس) Encapsulation – Encystment

يعتقد ان الطفيليات التي تهاجم الحشرات السليمة وخاصة رتبة حرشفية الاجنحة والتي لا تمتلك وسائل دفاعية في تجنب الطفيليات والجزيئات الغريبة تحاط بغلاف يتركب اساسا من خلايا الدم .

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

وهي احدى وسائل الدفاع الخلوي في الحشرات ضد الطفيليات الحيوانية الممرضة متعددة الخلايا.

ميكانيكية تكوين الكبسولات تقوم خلايا الدم في تغليف الجزيئات الغريبة او الطفيليات اذ تلتصق خلايا الدم مع بعضها بشدة حول الجسم الغريب والمستهدف مكونة نسيجا متماسكا من الخلايا يتراوح سمكه حوالي ٥٠ خلية او اكثر وتترتب هذه الخلايا بثلاث طبقات ، تمتاز 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 (سكريات متعددة مخاطية Mucopolysaccharides) بين خلايا الكبسولة اذ تعمل المادة المخاطية على التصاق وتثبيت الخلايا ، وبعد ذلك تتكون صبغة الميلانين السوداء Melanin التي تنتج بواسطة خلايا الدم الشبيهة بالنبيذية Oenocytoids وذلك بأكسدة الحامض الاميني التايروسين الذي يقوم بالتالي على قتل الطفيليات الداخلية لان الميلانين يترسب على فم وفتحة المخرج ليرقات المتطفل كما يترسب بين فواصل الجسم ليرقة الطفيل وبالتالي موت اليرقة.

ثالثا - القيام بالعمليات الحيوية Metabolism

* تقوم خلايا الدم بدورا هاما في تكوين الغشاء لقاعدي لخلايا البشرة الحديثة التكوين اثناء فترة الانسلاخ .

لوحظ 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 وبموازاة 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 .

* تعتبر هذه الخلايا مهمة في نقل المواد الغذائية حول الجسم ، ويظهر الجلايكوجين في دم يرقات *Prodenia* و *Nasonia* ولكنه لا يلبث ان يستهلك اثناء فترة الاستحالة ، وفي بعض الحالات لوحظ تحلل خلايا الدم وذلك لتجهيز الانسجة الاخرى بالمواد الضرورية للنمو.

رابعا - عملية التخثر Coagulation

وتتم عملية التخثر * اما عن طريق **التصاق** خلايا الدم * او نتيجة **تخثر بلازما الدم** * او بواسطة **الطريقتين معا** ، والاخيرة اكثر احتمالا.

* تقوم 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 فإنها تصطاد انواع مختلفة من خلايا الدم التي تساهم في عملية التخثر ايضا.

* **والنوع الاخر** من عملية التخثر تحدث بان الخلايا المخثرة ترسل اقدام كاذبة مشابهة للخيوط وتلتصق هذه الخيوط فيما بينها من جهة ومع الاجسام (المواد) الغريبة من جهة اخرى لتكوين شبكة كثيفة من الخيوط ، وبمرور الوقت يصبح السائل في داخل الشبكة هلامي القوام ويتخثر اخيرا ، وقد تلتصق خلايا الدم الاخرى بالأرجل الكاذبة لتساهم في عملية التخثر ، وجدت هذه الطريقة في عدد من يرقات حرشفية الاجنحة وعائلة الجعال.

* في بعض حشرات رتبتي غمديه وحرشفية الاجنحة تحدث عملية التخثر بواسطة هاتين العمليتان.

الانسجة المتعلقة بجهاز الدوران

١. **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 .

يحتل الجسم الدهني في الاطوار اليرقية معظم تجويف الجسم بينما في البالغة فيحتوي على عدد قليل منها.

تظهر خلايا الجسم الدهني على شكل طبقة واحدة او طبقتين تمتد على طول الجسم ، او قد توجد حرة في الدم بدون ارتباط منتظم ، وعلى العموم هناك طبقتين :

الاولى : خارجية تقع تحت جدار الجسم مباشرة .

الثانية : داخلية تحيط بالقناة الهضمية.

كثير من **وظائف الجسم الدهني** في الحشرات تشابه وظائف الكبد في اللبائن.

* فوظيفته خزن المواد الغذائية في الاطوار اليرقية الاخيرة في الحشرات ذات الاستحالة التامة، ومن الوظائف البارزة للجسم الدهني ، ان خلاياه تعتبر الموقع الرئيسي لعمليات الايض الغذائي (الميتابولزم) .

* تلعب خلايا الجسم الدهني 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 واطئ جدا في طور العذراء. تعود اهمية البروتين الذي يخزن في الاطوار اليرقية باستخدامه خلال فترة تكوين انسجة الحشرة البالغة اثناء عملية 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 لتأخذه البويضات عن طريق الشرب الخلوي.

* تعتمد الحشرات على الدهن كمادة رئيسية في انجاز العمليات الحيوية اذ يخزن الدهن المتعادل على هيئة كليسرولات ثلاثية Triglycerides وعند الحاجة ينطلق الى الدم في حالة كليسرولات ثنائية Diglycerides الذي يشكل الجزء الاكبر من مكونات الدهن المتعادل في الدم.

* الهرمونات والفيرمونات الموجودة في الحشرة هي مواد دهنية ، وان هذه الهرمونات على الاقل تؤثر على ميتابولزم الدهن وتستهلك فوسفات الدهن والدهن المتعادل كمواد خام خلال فترة التكاثر والنمو الجنيني المبكر .

* تخزين كميات كبيرة من الدهن خلال تطور بعض الحشرات ليكون مصدر الطاقة الرئيسي في الحشرات البالغة اثناء الطيران.

* تجهيز الحشرات السابتة بالطاقة اللازمة وذلك عن طريق اكسدة الحامض الدهني.

* يعتبر الجسم الدهني المكان الرئيسي لخزن الكربوهيدرات بصورة كجلايكوجين ويتم تحويل الجلايكوجين الى سكر تريهالوز عند انطلاقة للدم. وتشترك خلايا الجسم الدهني في صناعة سكر التريهالوز ايضا.

* يعتبر الجلايكوجين المادة الاساسية في تجهيز الطاقة لعمليات الميتابولزم السريعة التي تجري في خلايا الجسم الدهني بالإضافة الى ذلك فان الجلايكوجين الموجود في هذه الخلايا يستخدم بواسطة الانسجة الاخرى ويستخدم كمصدر للطاقة اثناء الطيران الاضطراري وذلك لسهولة تحويلة وانتقاله.

٢. **الخلايا البولية وخلايا حول القلب** التي لها وظائف افرازية ، لخلايا حول القلب وظائف اخرى فقد لوحظ في بعض الحشرات علاقة هذه الخلايا مع خلايا الجسم الدهني اثناء فترة الاستحالة اذ قد اثبت بان هذه الخلايا تحرر المواد غير الحية (الجلايكوجين والدهن والبروتين) في سايتوبلازمها وتتبرعة الى خلايا الجسم الدهني وذلك لمواجهة المتطلبات الضرورية في بناء وتركيب خلايا الاخيرة وخاصة في الاطوار اليرقية المبكرة.

٣. **خلايا المايسيتوسايت** Mycetocytes: تحتوي على احياء دقيقة مسؤولة عن صناعة المواد الغذائية. لقد لوحظ في بعض الحشرات مثل *Blaberus* بتشابه تركيب هذه الخلايا مع خلايا الجسم الدهني الاعتيادية ، وبذلك فيظن انها من اصل واحد .

٤. **الخلايا القصبية** Tracheal cells: في الطور اليرقي الاول لطفيلي *Gastrophilus* يلاحظ زيادة حجم خلايا الجزء الامامي من الجسم الدهني حيث تقوم بخزن الدهون ، اما خلايا الجزء الخلفي فتصبح متخصصة وذلك بتكوين اشكال إجاصيه قطرها ٣٥٠-٤٠٠ ميكرون وتكون غنية بالقصيبات الهوائية والجلايكوجين ، ويملاء السيتوبلازم مادة الهيموجلوبين ذات وزن جزيئي 34.000 وتصنع هذه الصبغة في اليرقات ولها علاقة قوية مع الاوكسجين وعلاقة ضعيفة مع اول اوكسيد الكاربون.

٥. **الخلايا النبيذية** Oenocytes: خلايا كبيرة الحجم ، توجد على هيئة مجاميع في جانب كل حلقة بطنية .* تبقى هذه الخلايا مرتبطة بطبقة البشرة * او تظهر على هيئة عناقيد تقع في تجويف الجسم ، * او تنتشر ما بين خلايا الجسم الدهني.

* تتوالد الخلايا النبيذية بصورة مستمرة وخاصة اثناء فترة الانسلاخ. وتعمل كوسيط للعمليات الحيوية.

* وقد وجدت بلورات شمعية في ساستوبلازم الخلايا النبيذية يعزى اليها تصنيع الشمع. ويعتقد ايضا انها * تقوم بإزالة الفضلات والسموم من الدم وبعبارة اخرى تنظيم التركيب الكيمياوي والفيزيائي للدم. ولهذه الخلايا * علاقة خاصة بالنمو والتكاثر فقد * تفرز انزيمات تسبب في تحليل المواد المخزونة في الجسم الدهني. * وللخلايا النبيذية علاقة بتطور الاعضاء التناسلية ، وقد تقوم * بإفراز هرمون خاص او مواد اخرى كالبروتين الدهني لتكوين اغلفة البيضة او تقوم بتجهيز البويضة نفسها بهذه المواد.