جامعة تكريت

كلية الزراعة

قسم وقاية النبات

المرحلة الثالثة

فسلجه الحشرات – جهاز الدوران Circulatory System

استاذ المادة

أ.م.د محمد شاكر منصور

المحاضرة التاسعة

د. محمد شاكر منصور

جهاز الدوران Circulatory System

جهاز الدوران في الحشرات

يعد من النوع **المفتوح** ويتركب اساسا من **الوعاء الدموي الظهري** Dorsal Blood Vessel الذي 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.

١. **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 هذة 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 هذة الحشرات. تمتد هذه الاوعية بالفراغات الموجودة ما بين العضلات الجناحية ومن الجهة الاخرى تتصل بالصفيحة الظهرية لحلقات الجسم بالقرب من موافع نشوء العضلات. وتكون في نهاية كل وعاء دموي تشعبات صغيرة تصب في خلايا الجسم الدهني. ان جدران هذة 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.

٢. **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.

٣. **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 .

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 بختلاف 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 .

٤. **القلوب المساعدة (الاعضاء النابضة 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 الثانية والثالثة قلوب مساعدة تقوم بإمداد الاجنحة بالدم ، وفي الصرصر الامريكي والجراد مثلا 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.

وتوجد في الحشرات وبالأخص في رتبة نصفية الاجنحة وعاء دموي ظهري مساعد يخترق الساق باتجاة مائل ويحيط جزئة العلوي عضلة فعند انقباض هذة العضلة يندفع الدم الى فراغ الجسم خلال صمام يمر بالفخذ

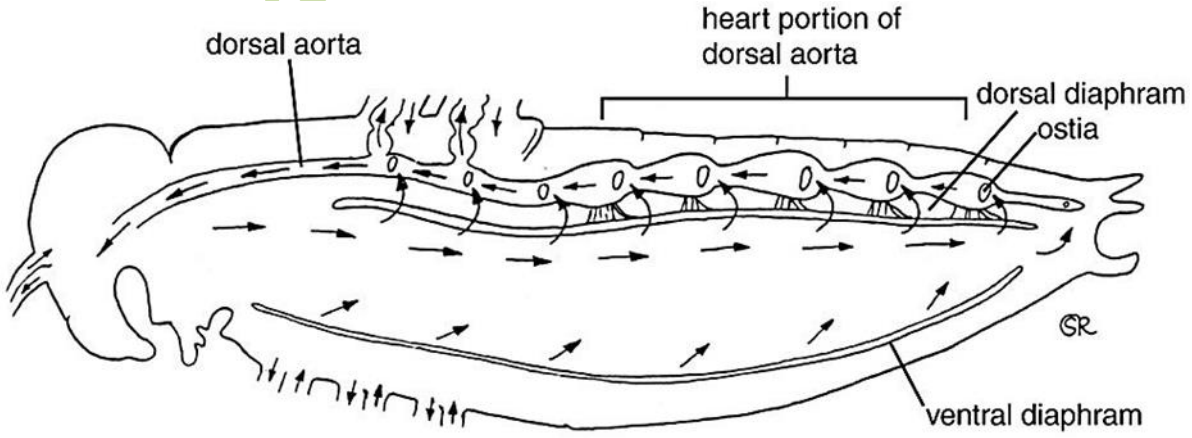
والحرقفة وعند ارتخاء هذة العضلة يمر الدم في الناحية البطنية من تجويف الجسم. يختلف مكان وعدد هذه القلوب المساعدة باختلاف الحشرات.

دورة الدم Blood Circulation

اثناء انقباض القلب يندفع الدم للامام 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 هذة الفتحات يمنع 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 الية من خلال الفتحات الجانبية.

يندفع الدم من التجويف الظهري في الصدر عن طريف غشاء متمفصل يسمى Articulating membrane 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 هذة 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.

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



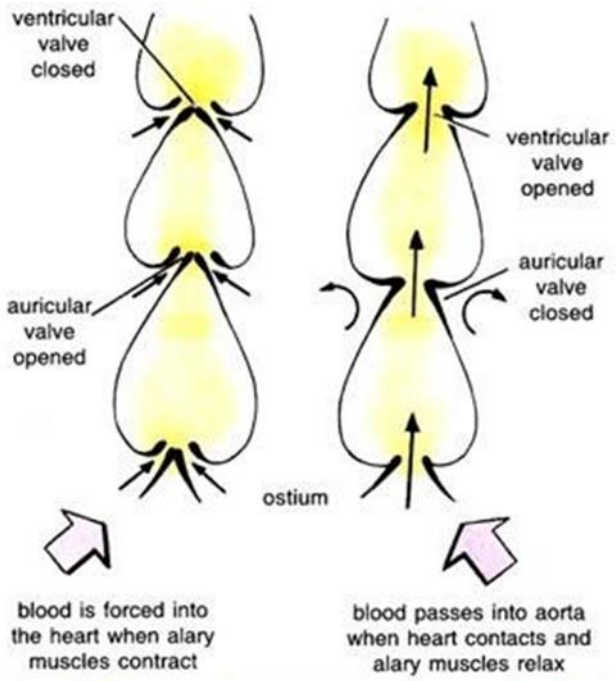


Fig. 73.20. *Periplaneta.* Diagrammatic representation of the working of valves in the heart.

وظائف الجهاز الدوري :

١. تقوم دورة الدم بنقل وتوزيع الهرمونات والالكتروليتات ونواتج الغذاء المهضوم خاص الحوامض الامينية 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 والكبسلة.
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 الكيوتيكل 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.

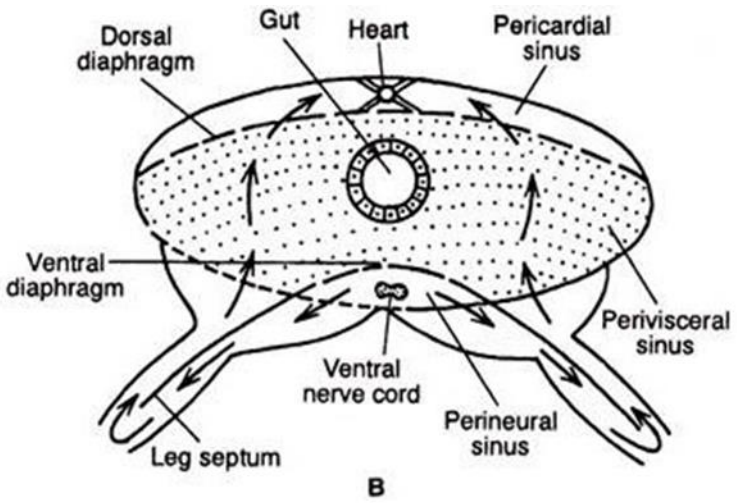
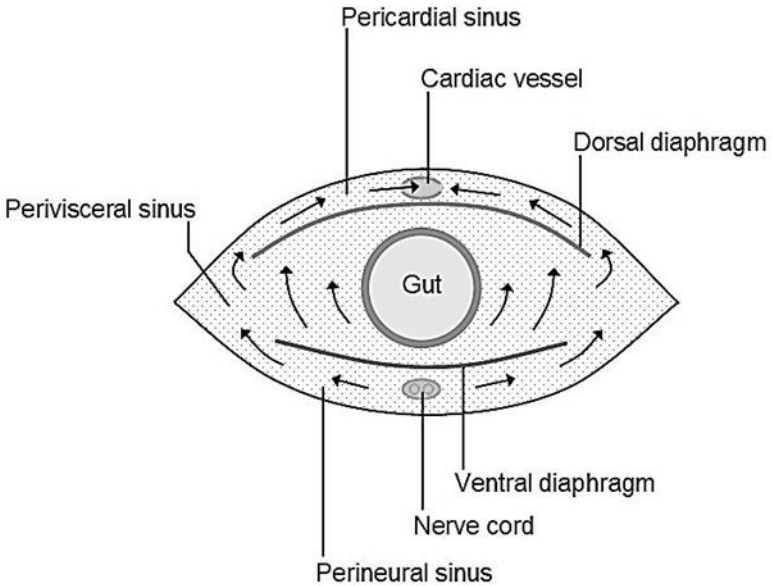


Fig. 18.57B: Course of circulation of blood through thoracic segment.

Circulation across the insect abdomen



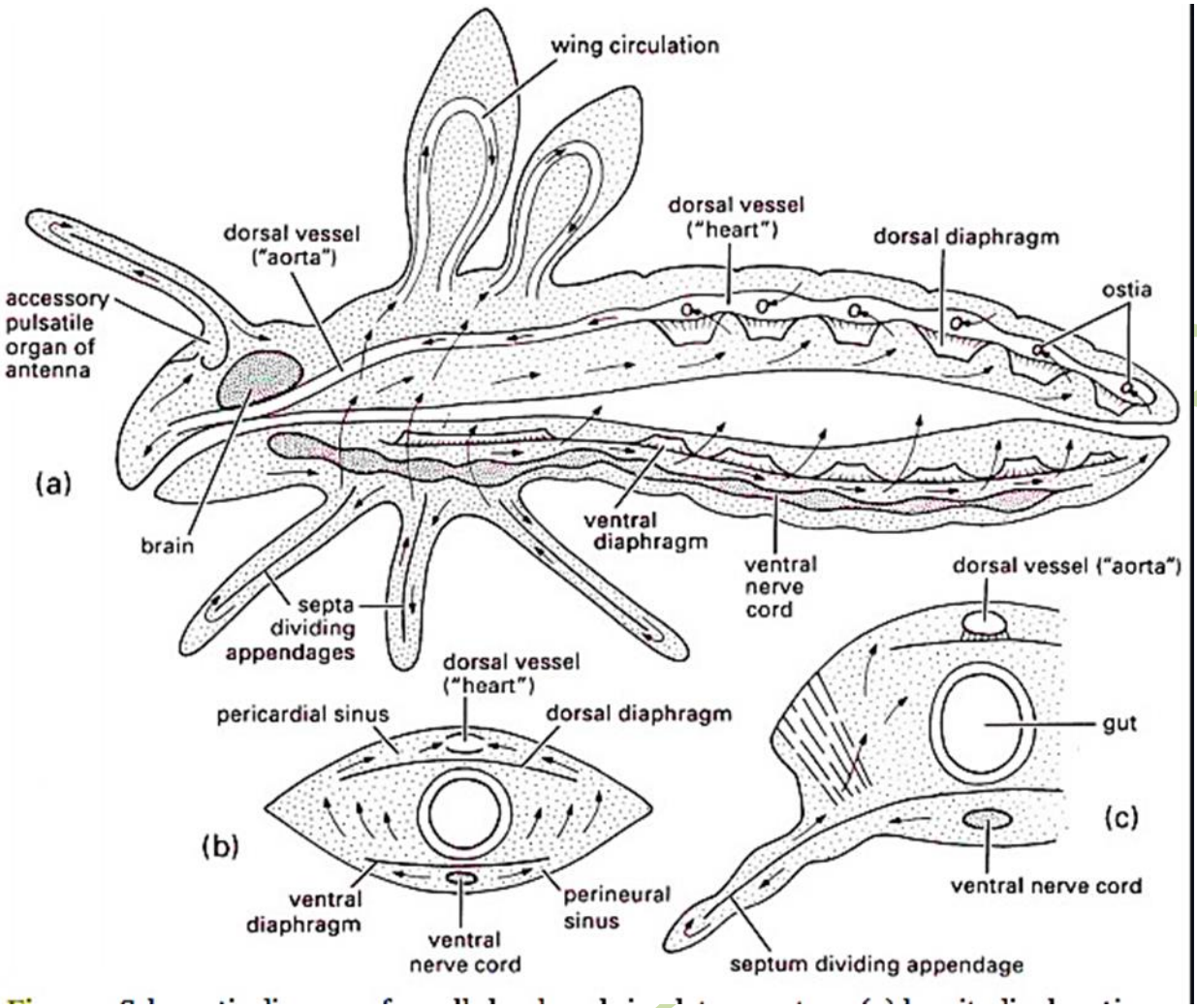


Fig. 3.9 Schematic diagram of a well-developed circulatory system: (a) longitudinal section through body; (b) transverse section of the abdomen; (c) transverse section of the thorax. Arrows indicate directions of haemolymph flow. (After Wigglesworth 1972.)

Course of circulation.

Heart → Anterior aorta → Head sinus

Through ostia

Pericardial sinus ← Perivisceral sinus + Perineural sinus

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. قابليتة 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 والكاليسيوم 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 هذة الظاهرة كثيرا في هذة الحشرات عن بقية الحيوانات. وتتشابة هذة الحالة مع عائلة عصا الراعي Phasmidae باستثناء احلال ايون المغنيسيوم محل ايون الصوديوم كمؤثر اساسي وتكون الفوسفات غير العضوية اكثر تركيزا في هذة العائلة.

* 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 غمدية الاجنحة فليس للايونات الاربعة السابقة الذكر وكذلك ايون الكلور السالب اهمية حيث تقوم الجزيئات العضوية بالدور الرئيسي كمؤثرات تنافذية.

* بعض الحشرات ليس لها القدرة على التحكم بتركيز الايونات غير العضوية في الدم عند وضعها في وسط ذات تركيز واطئ او عال ومع ذلك فان تنظيم الضغط التنافذي يحدث الى حد ما كما في حوريات الرعاش .

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 فمثلا خلال تطور دودة الحرير ، الطور اليرقي الرابع تكون نسبة البروتين في دمها ١% وعند افراز الحرير لتكوين الشرنقة يرتفع تركيز البروتين الى ٦% ثم تنخفض نسبة البروتين الى ٢.6% في العذارى ثم الى اقل من ٢% اثناء خروج البالغة وان سبب انخفاض 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 Conjugated proteins مثل الدهون المتعادلة والاستيرولات وفوسفات الدهن والكربوهيدرات ، وان نصف كاربوهيدرات 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 الاميليز والاستريز والبروتينيز وانزيمات خاصة منها الانزيم المحلل للكايتين Chitinase اثناء فترة الانسلاخ وانزيم التريهاليز Trehalase الذي يحلل سكر التريهاليز 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 للكاربوهيدرايت ، ووجد انزيم De-oxy-ribo-nuclease في دم عذراء *Hyalophora* السابتة وانزيم Tyrosinase المسؤول عن تدكن لون الدم عند تعرضة 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 هذة الاحماض الامينية 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 ، واما دم غالبية الحشرات فيحتوي على تراكيز عالية من الاحماض الامينية التالية Histidine و Lysine و Arginine و Proline و Glutamine فضلا عن احماض امينية اخرى ، تتراوح نسبتها في دم الحشرات من ٣٥ - ٦٥% من مجموع النتروجين غير البروتيني ، ويصل عدد الاحماض الامينية الحرة في دم الحشرات ١٥ حامضا امينيا.

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

تتكون في الصرصر الامريكي كميات كبيرة من الدهن في الدم بعد ١٤- ١٩ ساعة من تغذية الصرصر على وجبة غذاء غنية بالدهن.

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

٦. **الكربوهيدرايت** Carbohydrates : توجد كميات كبيرة من الكربوهيدرايت في دم الحشرات متحدة مع البروتين مكونة Glycoprotein ، وينحصر وجود تراكيز عالية من السكريات الاحادية والثنائية المختزلة في بعض حشرات غمدية 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 الكلايكوجين فيوجد بكميات قليلة في الدم .

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

a. 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 الاستحالة التامة كما توجد كميات قليلة جدا من الايونات السالبة مثل الكربونات CO_3^- الفوسفات PO_4^- .

b. الايونات الموجبة : اكثر الايونات شيوعا هو ايون الصوديوم Na^+ اذ يوجد بكميات كبيرة في دم الحشرات باستثناء رتبتي حرشفية وغشائية الاجنحة وبعض انواع رتبة غمدية الاجنحة التي يكون فيها تركيز ايون Na^+ منخفض نسبيا ، كما توجد ايونات موجبة اخرى مثل البوتاسيوم K^+ والمغنيسيوم $Mg^{+٢}$ وهناك بعض العناصر المعدنية بكميات بسيطة جدا في دم الحشرات اهمها $Cu^{+٢}$ و $Fe^{+٢}$ و $Zn^{+٢}$ و $Mn^{+٢}$.

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 ولايعرف 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 السايتوبلازم المحيط بها) شكلها دائري او بيضوي وتقع في مركز السايتوبلازم. يحتوي السايتوبلازم 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 هذة 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 :**

٤. 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 هذة الحبيبات ايضا بالصبغات الكاربوهيدراتية. الخلايا عديمة الحركة.

٥. 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.**

٦. 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.

٧. 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.**

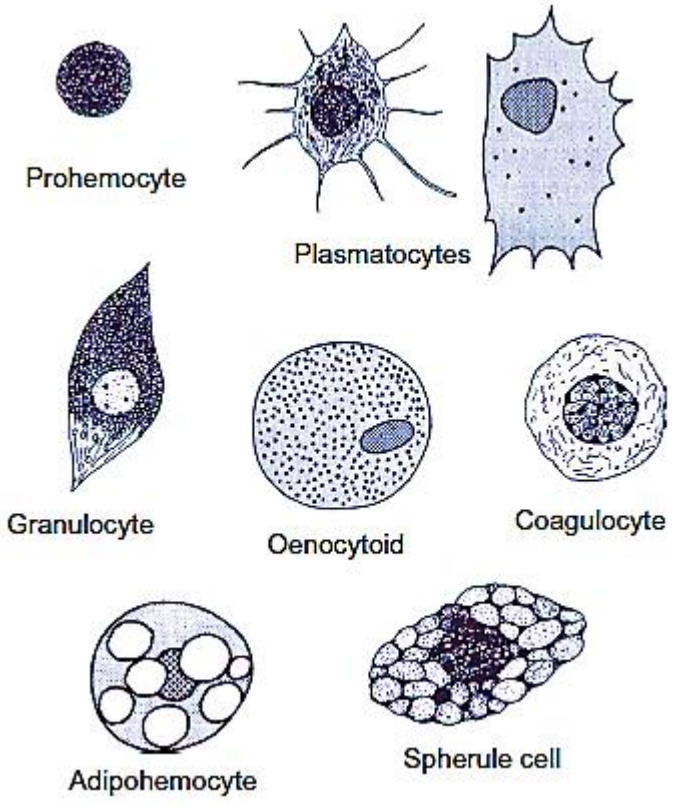


Figure. The generalized morphology of some typical hemocytes that are found in insect hemolymph. From Woodring (1985

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

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

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

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 هذة العملية اضافة الى معظم انواع خلايا الدم الاخرى التي لها القدرة بالقيام بهذة الوظيفة وتتم عملية الابتلاع بثلاثة طرق :

أ. تكوين حويصلات الشرب الخلوي Pinocytotic Vesicles 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 المتجولة (السابحة في الدم) مثل خلايا الدم الانتقالية وخلايا الدم الحبيبية والخلايا الدهنية والخلايا النجمية 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 تاثير 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 ملتهمة تسمى Phagocytic organs التي تكون على هيئة كيس مثلث الشكل تقوم بازالة 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 فية ٢٢ مليون خلية وبالتالي فانة يستطيع ان يعيش في البيئات القذرة جدا واكثرها تلوثا بالممرضات مثل البكتريا والجراثيم الاخرى دون ان يصاب بالامراض.

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 بهذة 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 وان **ميكانيكية تكوين الكبسولات تتلخص** بقيام 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 باكسدة 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 هذة 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 هذة الفترة ، وتتجمع هذة 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 الكلايكوجين في دم يرقات *Prodenia* و *Nasonia* ولكنه لا يلبث ان يستهلك اثناء فترة الاستحالة ، ووجد الدهن في خلايا دم بعض الحشرات بعد تغذيتها على المواد الدهنية. في 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.

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 فانها 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 بالارجل الكاذبة لتساهم في عملية التخثر ، وجدت هذه الطريقة في عدد من يرقات حرشفية الاجنحة وعائلة الجعال.

* في بعض حشرات رتبتي غمدية وحرشفية الاجنحة تحدث عملية التخثر بواسطة هاتين العمليتن.

د. محمد شاكر منصور