جامعة الموصل

كلية الزراعة والغابات

قسم وقاية النبات

محاضرات فسلجه الحشرات (النظري)

المرحلة الثالثة

أعداد الأستاذ المساعد الدكتور

محمد يوسف سيد غني

2025 - 2024

كلية الزراعة والغابات/ قسم وقاية النبات - المرحلة الثالثة

فسلجه الحشرات - المحاضرة الأولى

INSECT PHYSIOLOGY

النمو الجنيني في الحشرات

Embryonic development in insects

الدكتور محمد يوسف سيد غني

2024

كقاعدة عامة يبدا النمو الجنيني بعد وضع البيض مباشرة ، وفي بعض الحشرات يبدا قبل ذلك حيث تحفظ الانثى بيضها الملقح داخل قناة المبيض المشتركة او في المهبل ، وفي انواع اخرى يكتمل النمو الجنيني بداخل جسم الانثى حيث تلد كما في الحشرات الولودة مثل حشرة المن وذبابة *Mallophagus* .

* **شكل وتركيب البيضة** Form & Structure of the Egg

يختلف شكل البيض باختلاف انواع الحشرات فقد يكون شكلها بيضوي ومقوس قليلا كما في رتبة مستقيمة الاجنحة Orthoptera والعديد من افراد رتبة غشائية الاجنحة Hymenoptera او تكون مخروطية كما في بيض فراشة اللهانة. ويوجد في بيض بعض انواع الحشرات غطاء في الجهة الامامية يسمى بالقلنسوة Operculumكما في بق الفراش رتبة نصفية الاجنحة Hemiptera .

تنتج البيوض من الخلايا الجرثومية في انابيب المبيض Ovarioles . تتكون البيضة من التراكيب الاتية:

1. **قشرة البيضة** Chorion or Egg shell: البيضة النموذجية عبارة عن خلية جانبية التناظر مغلفة من الخارج بقشرة سميكة تفرزها الخلايا الحويصلية Follicle cells الموجودة في المبيض ، وتتميز هذة القشرة عادة بطبقتين رئيسيتين :

أ. الاولى القشرة الخارجية Exochorion: وتتكون من مادة الكوريونين Chorionion التي تماثل في تركيبها مادة الكيوتكيولين (وهو بروتين دهني) في كيوتكل الحشرة ، وفي بعض الحشرات توجد على سطح القشرة الخارجية طبقة رقيقة من الشمع وظيفتها تقليل فقدان الماء من البيضة.

ب. اما الطبقة الثانية فتسمى بالقشرة الداخلية Endochorion: وتتكون من خمس طبقات غنية بمركبات عديدة الفينولات Polyphenols .

2 . غشاء المح Vitelline membrane: او جدار الخلية وهو غشاء رقيق يبطن قشرة البيضة وتحوي على اجزاء البيضة الداخلية ، الذي ينشأ من جدار البويضة Oocyteوهي ما زالت داخل المبيض ، ويتكون هذا الغشاء احيانا من طبقتين كما في رتبة ثنائية الاجنحة حيث تحيط الطبقة الداخلية ببلازما البويضة ، اما الخارجية فتكون سميكة وخشنة. وفي المراحل المتأخرة من نمو وتطور البيضة تتكون طبقة اخرى تحت الغشاء المحي وتسمى بالكيوتكل المصلي Serosal cuticle الذي يحيط ببروتوبلازم البيضة ، يتميز هذا البروتوبلازم الى طبقتين هما:

أ. الخارجية رقيقة وكثيفة وخالية من المح تقع تحت الغشاء المحي مباشرة وتسمى الطبقة ما حول البلازما Periplasma .

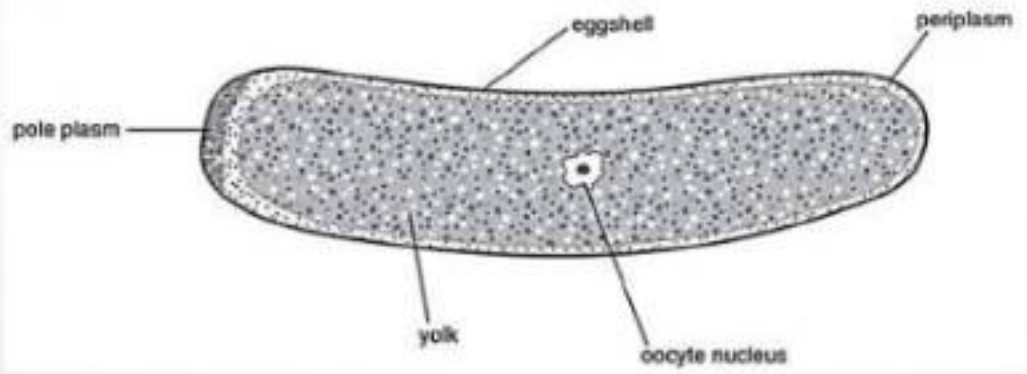
ب. الداخلية تحيط بالنواة وتحوي على الشبكة السايتوبلازمية التي تضم بداخلها المح Yolk والنواة Nucleus والتي تقع في او قرب مركز البيضة.

3. **النقير** Micopyle: توجد في القشرة البيضة قنوات صغيرة تسمى كل منها بالفويهة او النقير. تختلف اعدادها باختلاف الحشرات ، ففي بيض معظم حشرات ثنائية الاجنحة يوجد نقير واحد فقط يقع في احدى نهايتي البيضة بينما في حشرات عائلة الجراد Acrididae يوجد 30 – 40 نقير ، وعن طريق هذة القنوات تدخل الحيوانات المنوية وكذلك ينتشر الاوكسجين الى داخل البيضة.

4. **السيتوبلازم** Cytoplasm: وهو المادة الحية في البيضة (خلية حيوانية) وهو السائل الرائق في البيضة.

5. **النواة** Nucleus: وهو الجزء الفعال في خلية البيضة وتحتوي النواة على الكروموسومات والجينات وهي حاملات الصفات الوراثية.

6. **المح** Deutoplasma or Yolk: وهو مادة غذائية للجنين النامي وليست متجمعة في مكان واحد كما هو الحال في بيوض الطيور بل منتشرة في كل السيتوبلازم.



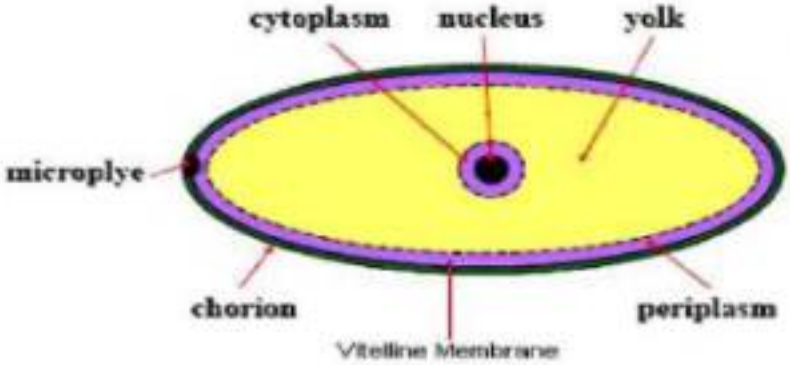
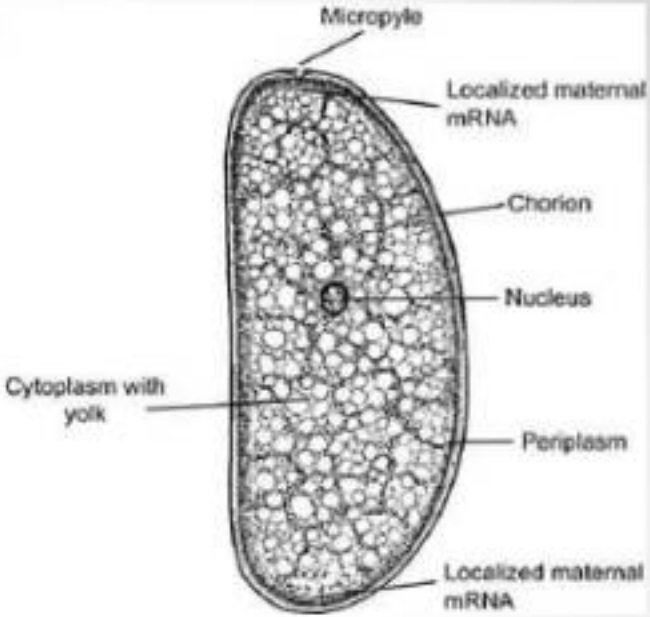


Figure 1. Structural parts of an insect egg



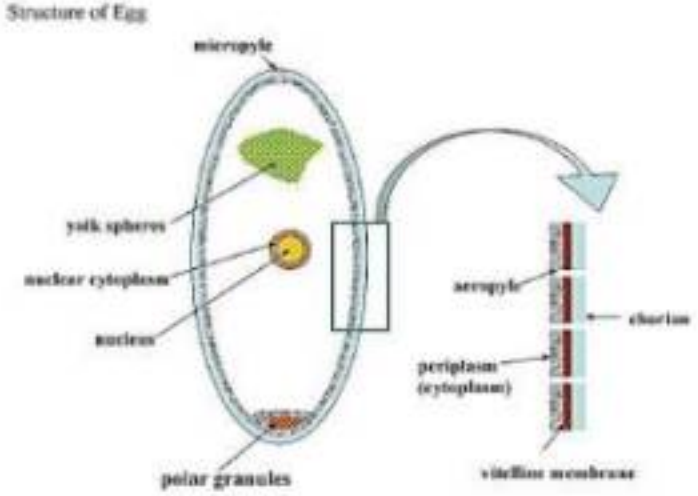


Figure: Cross-section of a generalized insect egg prior to fertilization.

Fertilization & Maturation of Oocytes اخصاب ونضوج البويضات

يحدث الاخصاب بعد الانتهاء من تكوين قشرة البويضة وقبل وضع البيض بفترة وجيزة. فعندما تصل البويضة امام فتحة القابلة المنوية Spermatheca ينطلق عدد من الحيوانات المنوية لتدخل البويضة من فتحة النقير ، غير ان الاخصاب يتم بواسطة حيوان منوي واحد اما البقية فتتحلل ، ولكن في بعض الحشرات كالدروسوفلا يدخل البويضة حيوان منوي واحد فقط.

ليس هناك اتفاق حول كيفية خروج الحيوانات المنوية من القابلة المنوية ، فقد لوحظ في بعض الحشرات وجود عضلة ضاغطة للقابلة المنوية يعتقد ان تقلصها يؤدي الى خروج الحيوانات المنوية ، ومن جانب اخر هناك دراسات على بعض حشرات غشائية الاجنحة تشير الى ان خروج الحيامن يتم بسبب تغير في حموضة القابلة المنوية نتيجة افراز خاص من غدة القابلة المنوية Spermatheca gland .

i. تبدأ البويضة بالنضوج بعد دخول الحيوان المنوي مباشرة حيث يحدث الانقسام الاختزالي ، وتتحد النواة الاولية الذكرية مع النواة الاولية الانثوية لتكوين النواة المخصبة Zygote المحتوية على العدد الكامل من الكروموسومات.

ii. وبعد ذلك تهاجر النواة المخصبة الى مركز الخلية وتنقسم عدة انقسامات اعتيادية لتكوين عدة نوى وتحاط كل منها بسيتوبلازم رقيق يزداد سمكة بمرور الوقت نتيجة اضافة مواد من الشبكة السايتوبلازمية وتسمى هذة النوى المحاطة بالسيتوبلازم بـ Energids وتتجه معظم هذة النوى الى طبقة ما حول البلازما لتترتب بشكل طبقة من الخلايا تسمى الادمة Blastoderm . وتحصل طبقة الادمة على المواد الغذائية من الشبكة السايتوبلازمية لتزداد سمكا ولذلك نلاحظ اختفاء الشبكة السايتوبلازمية في سيتوبلازم البيضة عند اكتمال تكوين طبقة الادمة.

iii. اما النوى الباقية في سيتوبلازم البيضة فتسمى بالخلايا المحية Vitellophage or Yolk cells وظيفتها انتاج سائل خاص يساعد على تقلصات المح كما وتقوم بتكوين سيتوبلازم جديد لتعويض الخلية عن السيتوبلازم المفقود نتيجة تكوين طبقة الادمة ، ويعتقد انها تقوم ايضا بإفراز انزيمات خاصة تحلل المح للاستفادة منة خلال فترة النمو الجنيني لتكوين اعضاء الجنين.

iv. يزداد سمك طبقة الادمة في المنطقة التي تقع قرب الخط الوسطي السفلي للبيضة ليتكون عن ذلك الشريط الجنيني Germ band الذي تنشأ عنة جميع الانسجة الجنينية.

وتختلف طريقة نشوء الشريط الجنيني باختلاف الحشرات ففي بعض حشرات رتبة حرشفية الاجنحة مثلا تتميز بعض النوى لتكوين الشريط الجنيني وذلك خلال فترة تكوين طبقة الادمة ، اما في بعض حشرات رتبة مطبقة الاجنحة فينشأ الشريط الجنيني نتيجة تجمع النوى على هيئة عنقود في الخط الوسطي السفلي للبيضة.

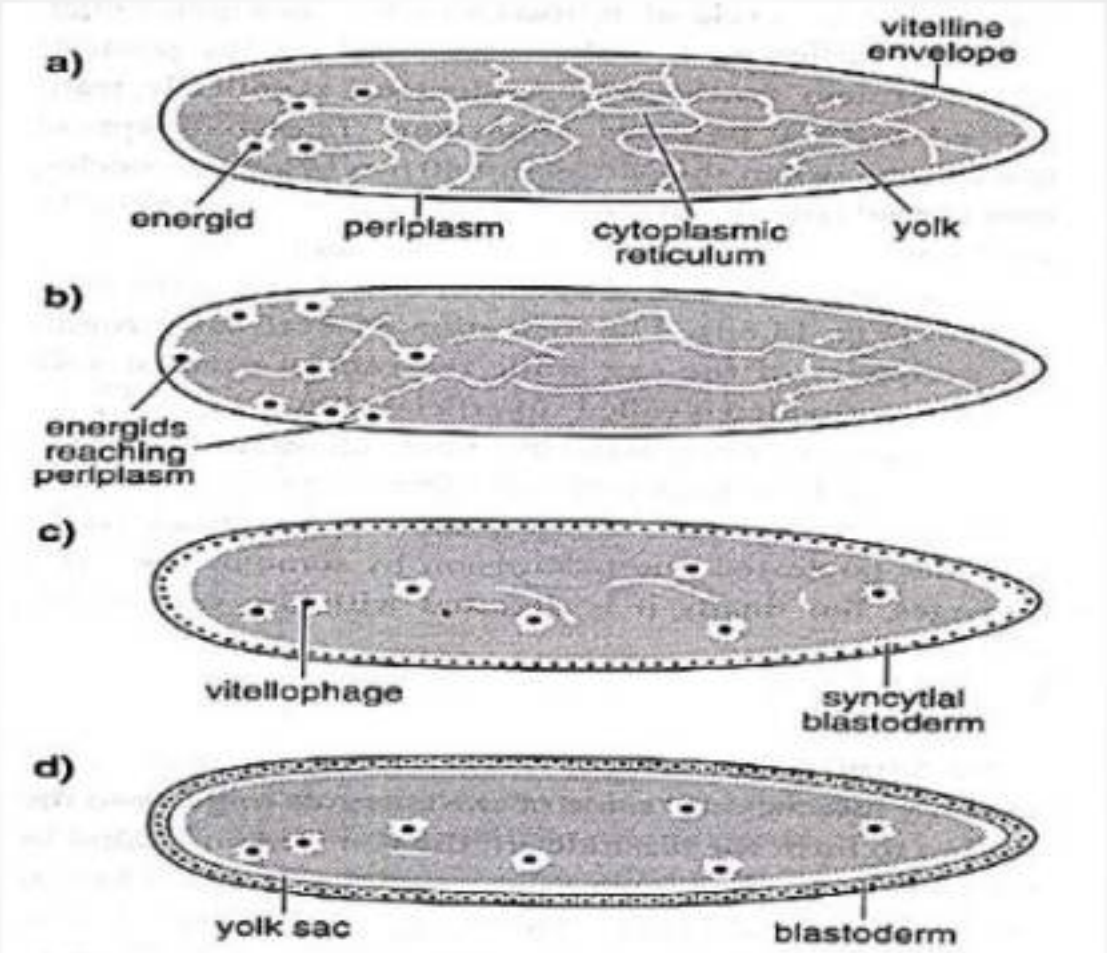
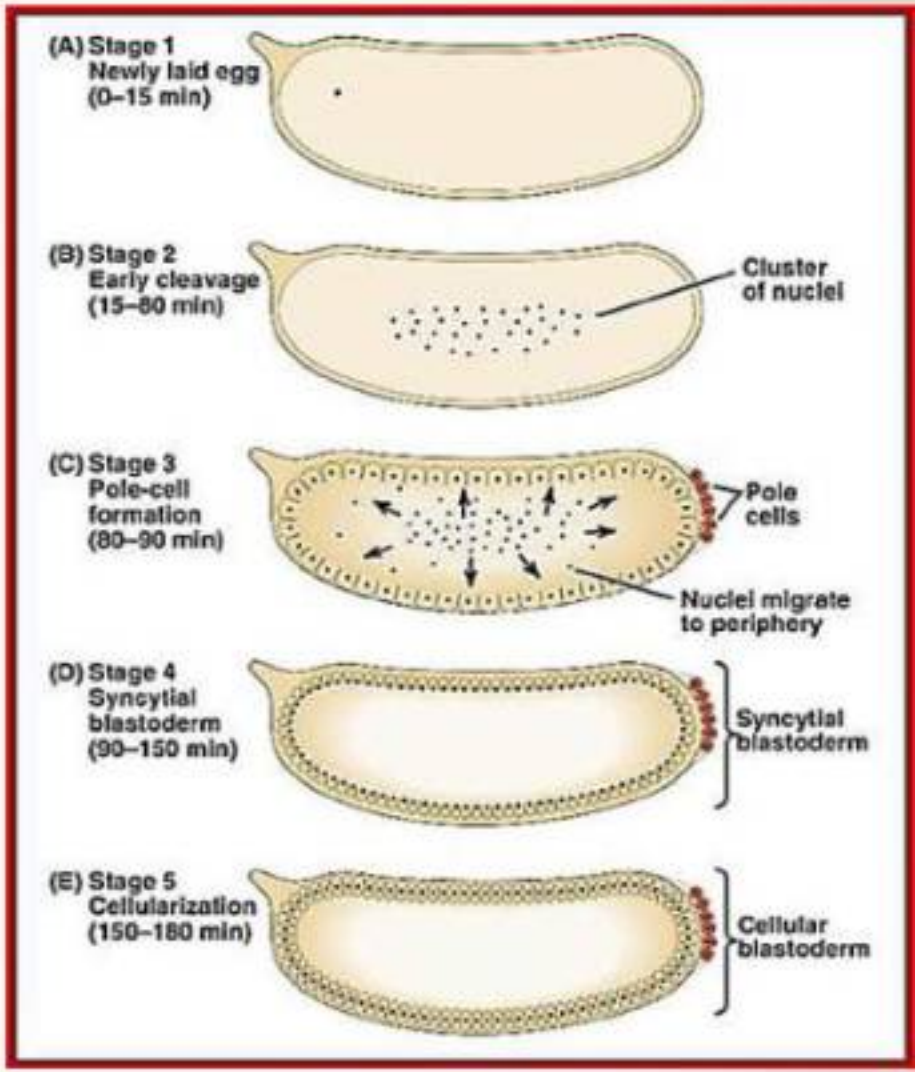
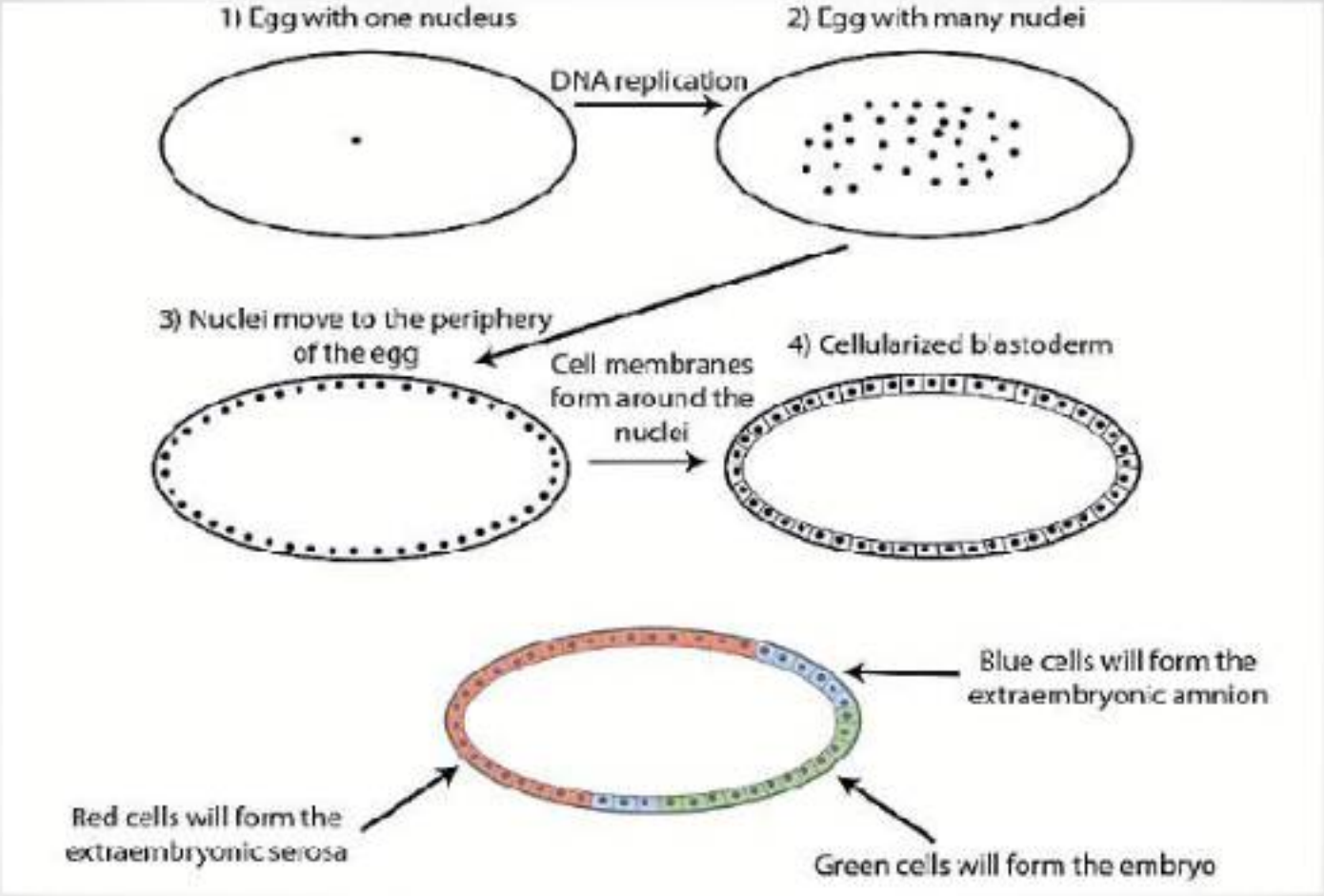


Figure 3. Cleavage (a & b) and formation of blastoderm (c & d)

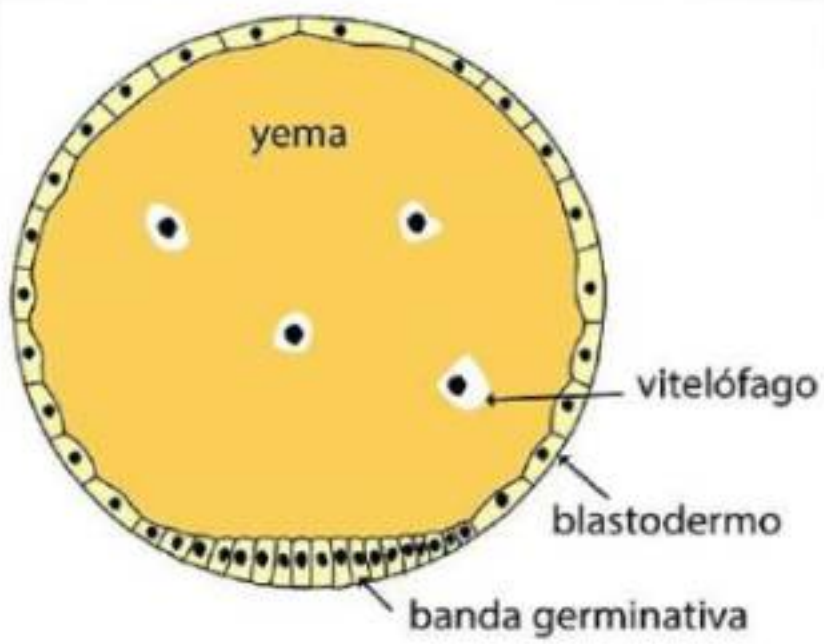
Development of *Drosophila*

- At the posterior end, the pole cells (which form the germ line) become cellularized
- Additional mitotic divisions occur within the syncytial blastoderm
- Membranes are formed around the nuclei, giving rise to the cellular blastoderm



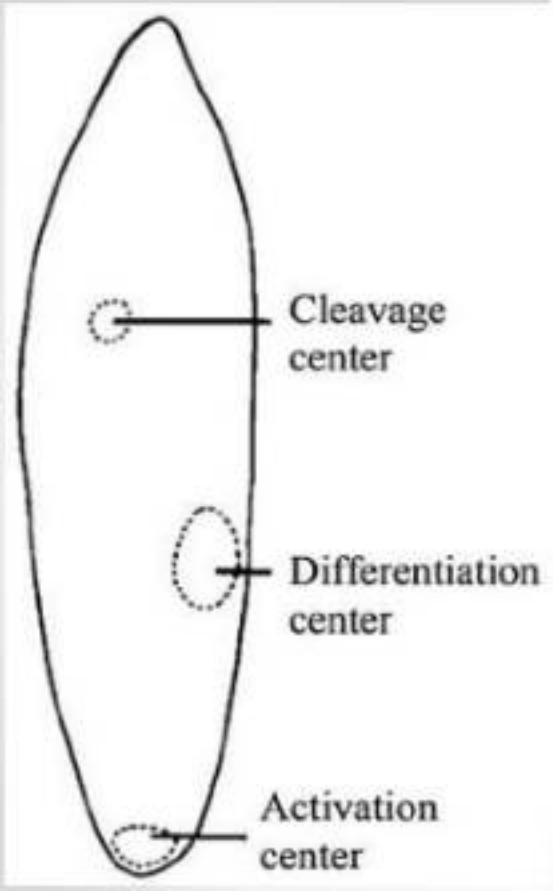


Insect eggs produce 2 extra-embryonic membranes during embryonic development, the amnion and the serosa. How they develop these membranes can be found here.



مقطع عرضي تخطيطي للبيضة يوضح أصل الشريط الجنيني
بزيادة سمك الجهة البطنية للأديمة.

Early development centers مراكز النمو الجنيني المبكر



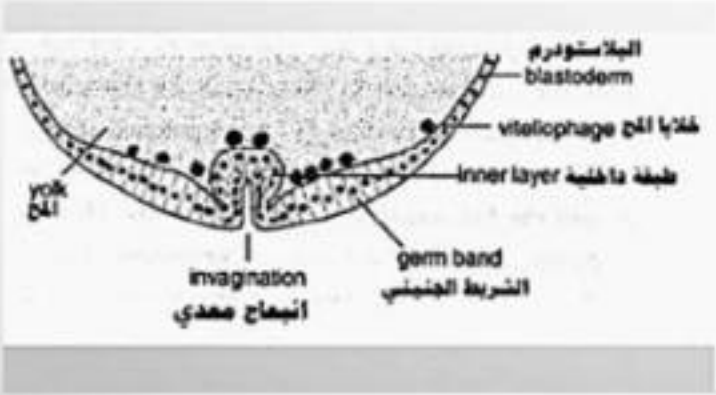
A. مركز الانقسام Cleavage center : يعتبر هذا المركز المحفز الاول لانقسام النواة المخصبة واتجاه النوى الناتجة من الانقسام الى طبقة ما حول البلازما ويقع هذا المركز في القطب الامامي حيث الرأس مستقبلا.

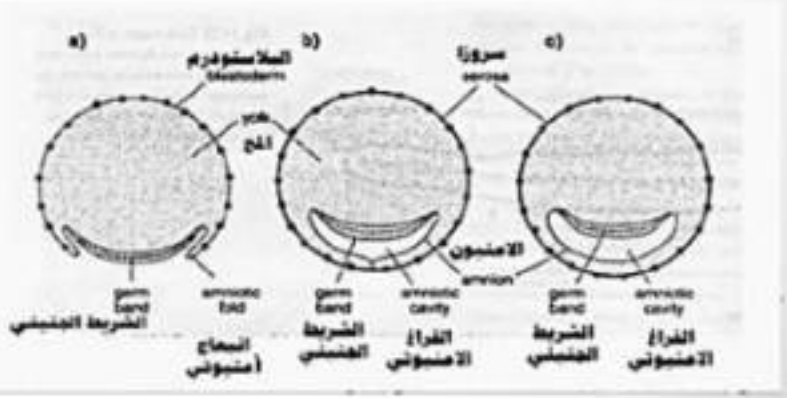
B. المركز التنشيطي Activation center : المركز الثاني يقع قرب القطب الخلفي للبيضة ، الذي يقوم بتنشيط النوى لتكوين الشريط الجنيني. عند وصول النوى الانقسامية الى منطقة بلازما المركز التنشيطي تطرأ تغيرات فيزو كيميائية تؤدي الى تكوين الشريط الجنيني. ان ازالة مفعول هذا المركز في الاطوار المبكرة للنمو الجنيني وذلك بتعريضه الى الاشعة فوق البنفسجية يؤدي الى عدم تكوين الشريط الجنيني.

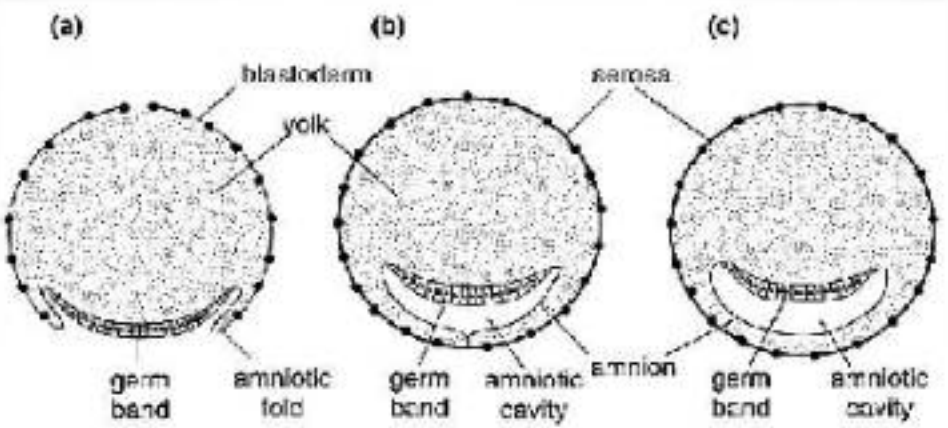
C. مركز التميز Differentiation center : ويقع المركز الثالث في الموضع الذي سيتطور الى صدر الجنين ومنه يبدأ تمييز الشريط الجنيني ، فعند وصول النوى الانقسامية الى السطح الخارجي وذلك لتكوين طبقة الادمة فإنها تتجمع اولا في منطقة المركز التميزي وبذلك يلاحظ ان طبقة الادمة في هذة المنطقة تكون اسمك من بقية المناطق.

Formation of embryonic membranes تكوين الاغلفة الجنينية

ينشأ عند طرفي الشريط الجنيني انبعاجان امينوتيان Amniotic folds يمتدان للأسفل حتى يتصلان ببعضهما البعض في الخط الوسطي السفلي ليحصران الشريط الجنيني داخل تجويف السلى Amniotic cavity وبهذا يتكون غلاف خارجي يسمى بالمصلية Serosa وهو استمرار لطبقة الادمة والاخر داخلي يسمى السلى Amnion وهو استمرار لحواف الشريط الجنيني ، ويعمل هذان الغلافان والفراغ المحصور بينهما كوسادة عازلة لحماية الجنين النامي من المؤثرات الخارجية.







مقطع عرضي يوضح تطور التجويف الأمنيوني.

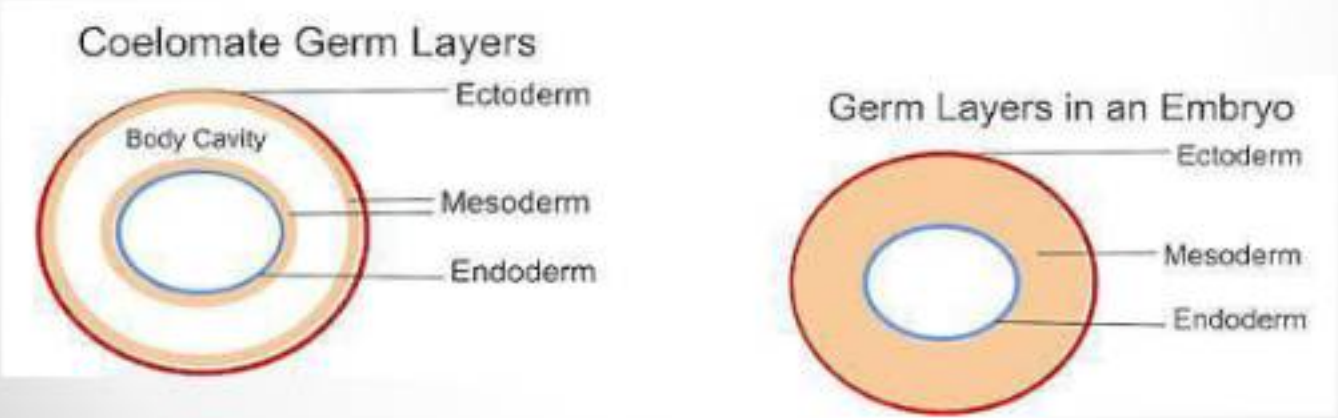
a . تبدأ الطيات الجانبية في النمو فوق الشريط الجرثومي.

b . تلتقي الطيات الجانبية أسفل الشريط الجرثومي.

c . انفصال Amnionو serosa؛ والجنين يغمر في مح البيض.

عملية تكوين الكاسترولا Gastrulation

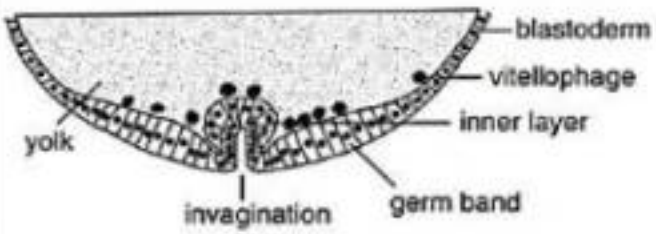
- وهي عبارة عن انبعاج يحدث بالجهة السفلية من الخط الوسطي للشريط الجنيني.
- تبدأ هذة العملية عند مقر القناة الهضمية الامامية في المستقبل ثم تمتد تدريجيا للداخل لتتكون طبقة من الخلايا تدعى بخلايا الطبقة الداخلية Inner layer والتي تقع تحت الطبقة الجرثومية الخارجية Ectoderm .
- وينشأ من خلايا الطبقة الداخلية كل من الطبقة الجرثومية الوسطى Mesoderm والطبقة الجرثومية الداخلية Endoderm .



مخطط توضيحي للمقطع العرضي لطبقات الشريط الجنيني

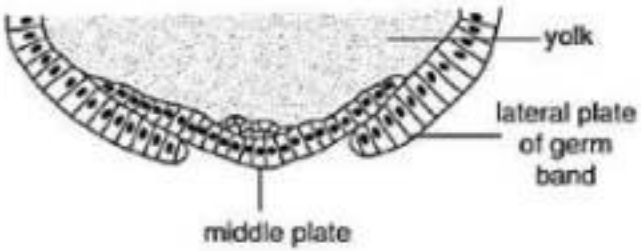
ان عملية تكوين الطبقة الداخلية تختلف باختلاف الحشرات

(a) *Clytra*



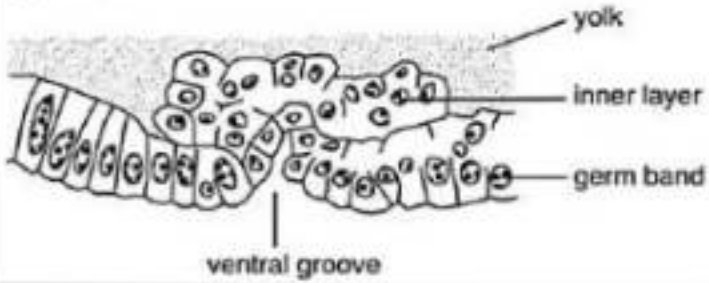
ففي حشرة *Clytra* (رتبة غمديه الاجنحة) ينشأ الانبعاج في مركز الشريط الجنيني الذي ينتظم على هيئة انبوبة تنكسر فيما بعد لتكوين طبقة داخلية غير منتظمة ، اما الطبقة الجرثومية الخارجية فتقع مباشرة تحت الانبعاج الانبوبي.

(b) *Apis*



اما في نحل العسل *Apis* (رتبة غشائية الاجنحة) فان الجزء الوسطي من الشريط الجنيني والذي يسمى بالصفيحة الوسطية Middle plate ينغمر الى الداخل ، اما الطبقة الجرثومية الخارجية فتمتد للداخل لتغطي الصفيحة الوسطية من حافتها الجانبية Lateral plate . (الإفراط في النمو من الجانبين)

(c) *Locusta*



وفي الجراد *Locusta* (رتبة مستقيمة الاجنحة) تنقسم خلايا السطح العلوي للشريط الجنيني من منطقة الخط الوسطي لتكوين خلايا الطبقة الداخلية التي تظهر على هيئة اخدود يقع في السطح السفلي للبيضة. (تكاثر الخلايا من السطح العلوي للشريط الجرثومي)

تكوين الجهاز العصبي

- بعد تكوين الكاسترولا بفترة قصيرة يبدأ الجهاز العصبي المركزي بالنمو.
- فقبل ظهور انبعاجات القناة الهضمية الامامية والخلفية الجنينية بفترة وجيزة يتكون اخدود وسطي يعرف بالأخدود العصبي Neural ridge الذي يتطور فيما بعد الى زوج من الحبال العصبية.
- تتميز الطبقة الجرثومية الخارجية المجاورة للأخدود العصبي الى طبقتين : الطبقة الخارجية تحتوي على جدار الجسم ، اما الطبقة الداخلية فتتكون من خلايا كبيرة تعرف بالأورمة العصبية Neuroblasts .
- تنقسم الاورمة العصبية انقسامات عديدة ينتج عن ذلك تكوين اعمدة من الخلايا العصبية عددها 4 أو 5 على كل جانب من الخط الوسطي ، اما الخط العصبي من الخلايا الموجودة قرب الاخدود العصبي فيتطور الى حبل عصبي وسطي. تتصل العقد العصبية فيما بينها بواسطة روابط طولية تعرف Connectives التي تنشأ من محاور الخلايا العصبية والخلايا الساندة ، ويرتبط كل زوج من العقد العصبية عرضيا بواسطة موصلات عصبية Commissures . وتغلف العقد العصبية والاعصاب من الخارج بغلاف يدعى بظهارة العصب Perineurium .

- تتحد الثلاث ازواج الاولى من العقد العصبية وهي عقد المخ الاول Protocerebrum وعقد المخ الثاني Deutocerebrum وعقد المخ الثالث Tritocerebrum لتكوين المخ ، اما ازواج العقد

- الرابعة والخامسة والسادسة فتتحد مكونة العقدة العصبية تحت المرينية Suboesophageal ganglion، اما ازواج العقد العصبية الصدرية والبطنية فعددها من 9 – 11 زوج ، وفي كثير من الحشرات يقل عددها عن ذلك لاتحادها مع بعضها وبدرجات متفاوتة ، فمثلا في الذباب المنزلي تتحد العقد العصبية الصدرية والبطنية مكونة عقدة عصبية كبيرة واحدة هي العقدة العصبية المركبة Compound ganglion .

تكوين القصبات الهوائية

- بعد ظهور العقد العصبية بقليل تنشأ القصبات الهوائية نتيجة انبعاج جدار الجسم للداخل وذلك قرب قواعد زوائد الصدر المتوسط والخلفي وكذلك قواعد زوائد الحلقات البطنية الثمانية الاولى.

- وان الفتحة الخارجية لكل من هذة الانبعاجات تمثل الثغر التنفسي وان نهاية الانبعاج الداخلي ينشأ عن كل واحد منها نمو داخلي على شكل ← تتصل هذة القنوات ← مع بعضها البعض لتصبح زوج من القصبات الهوائية Tracheae الرئيسية الطولية على جانبي الجسم وفيما بعد تتفرع هذة القصبات الى فريعات كثيرة وتتفرع الاخيرة بدورها عدة مرات الى فريعات اصغر لتكوين القصيبات الهوائية Tracheoles .

- اما في بعض الحشرات البدائية فلم يلاحظ وجود القصبات الطولية حيث تطورت القصبات الهوائية الى اتابيب متفرعة لفريعات صغيرة تتركز قرب حلقات الجسم.

تكوين الطبقة الجرثومية الوسطى وتجاويف الجسم

Mesoderm & body cavities

- كما ذكر سابقا تنشأ الطبقة الجرثومية الوسطى من خلايا الطبقة الداخلية Inner layer حيث تبدأ خلايا هذة الطبقة بترتيب نفسها في طبقتين طوليتين ومن ثم تنقسم الى اقسام او حلقات مناظرة لحلقات الجنين التي تحمل الزواند. تنشأ بداخل هذة الحلقات فراغات تسمى اخاديد التجويف الجسمي Coelomic cavities، ومن الجدار الخارجي للأخاديد تنشأ عضلات جدار الجسم والحاجب الظهري وخلايا حول القلب Pericardial cells اما عضلات الاحشاء الداخلية والاعضاء التناسلية Gonads والاجسام الدهنية وخلايا الدم فتنشأ من الجدار الداخلي للأخاديد.

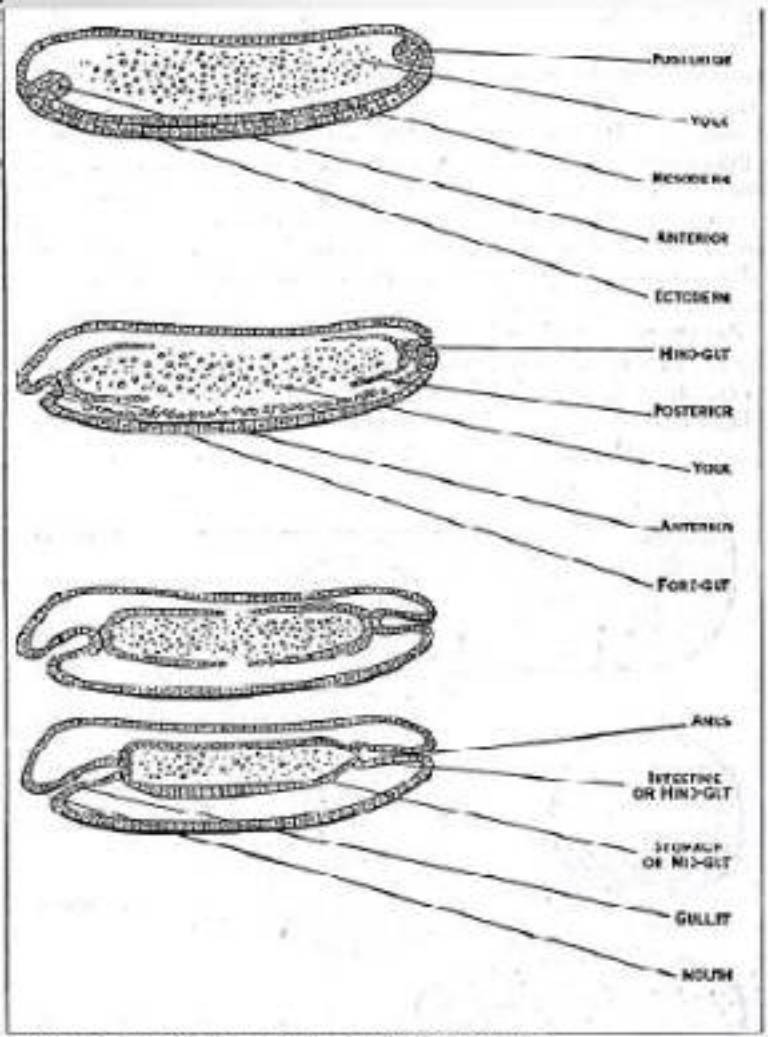
- اما القلب فيتكون من خلايا خاصة تسمى Cardioblast تنشأ من الزاوية العلوية لتجاويف الجسم ، بينما تنشأ الاورطة (الابهر) من اتصال الفراغين الحشويين للحلقة الرأسية الثالثة او الثانية وذلك من الجهة الظهرية للجنين.

تكوين الجهاز الهضمي Alimentary canal

- تنشأ كلا القناتين الهضمية الامامية والخلفية في وقت مبكر من التطور الجنيني ، فيبدأ نشوء القناة الهضمية الامامية الجنينية Stomodeum نتيجة انبعاج الطبقة الجرثومية الخارجية خلف قرني الاستشعار وبالمثل تتبعج الطبقة الجرثومية الخارجية من الخلف لتكوين القناة الهضمية الخلفية الجنينية Proctodeum ، اما القناة الهضمية الوسطى الجنينية فاتفق اكثر الباحثين بانها تنشأ من اشرطة اندوديرمية (الطبقة الجرثومية الداخلية) تكونت من مجموعتين من الخلايا الطلائية المتكونة من النهاية الداخلية لانبعاج القناة الهضمية الامامية والخلفية ثم تنمو هذة الاشرطة لتتكون حلقة مفرغة تسمى القناة الهضمية الوسطى الجنينية Mesenteron التي تتصل قبل الفقس بالقناة الهضمية الامامية والخلفية.

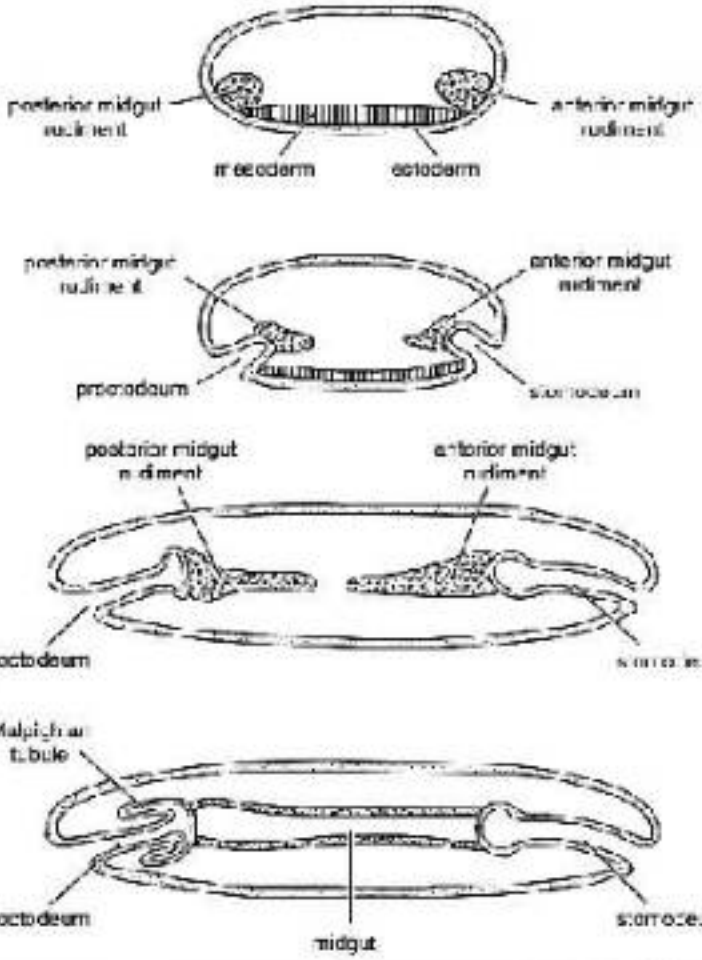
- اما انابيب مالبيجي فيعتقد اغلب الباحثين بانها تنشأ من الطبقة الجرثومية الخارجية حيث انها تنشأ من طرف القناة الهضمية الخلفية الجنينية المتصلة مع بالقناة الهضمية الوسطى الجنينية ، حيث تتكون زوجين او ثلاثة ازواج من انابيب مالبيجي اثناء النمو الجنيني ، اما باقي الانابيب فتتكون في الطور اليرقي.

Alimentary canal تكوين الجهاز الهضمي



SNODGRASS, "SMITHSONIAN REPORT" (U.S. DEPT. OF AGRICULTURE)

FIG. 29.—STAGES IN THE DEVELOPMENT OF THE DIGESTIVE CANAL OF AN INSECT EGG

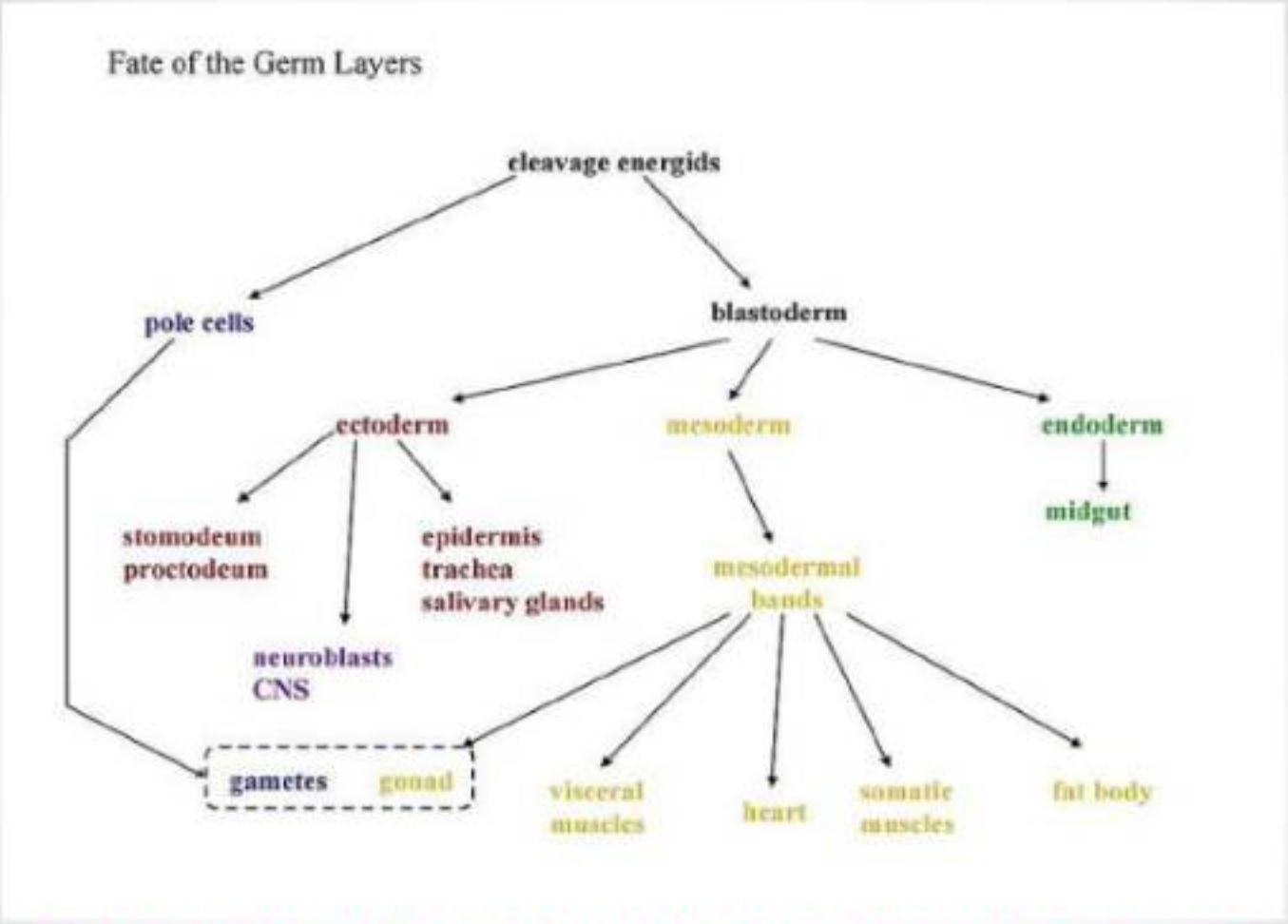


تكوين الجهاز التناسلي

- تنشأ على الجدران الحشوية للطبقة الجرثومية الوسطى الموجودة في منطقة بطن الجنين مجاميع من التثخنات الخلوية التي تتطور لتكوين الخلايا الجرثومية ويطلق على هذة المجاميع بالنتوءات التناسلية Genital ridges تتميز النتوءات لتكوين الغدتين التناسليتين (الخصيتين او المبيضين).

- اما الحيوان المنوي الاولي والبويضة الاولية فيتكونان نتيجة تطور الخلايا الجرثومية.

- تمتد سلسلة من الخلايا من كل غدة تناسلية (خصية او مبيض) لتكوين الوعاء الناقل Vas deferens في الذكر وقناة المبيض الجانبية Lateral oviduct في الانثى ، وفي معظم الحشرات يتصل الوعاءين الناقلين او قناتي المبيض الجانبيتين ليكونا قناة واحدة وسطية تسمى بالقناة القاذفة في الذكر وبالقناة المبيضية المشتركة في الانثى ، ويتم ذلك بواسطة انبعاج الطبقة الجرثومية الخارجية.



ملخص عام للتطور الجنيني للحشرات من الإخصاب إلى اكتمال تكوين الأعضاء. يشار إلى أصول أنواع مختلفة من الخلايا والأنسجة ، إلى جانب الأعضاء أو الخلايا الرئيسية التي تنتج عنها.

حركة الجنين داخل البيضة Blastokinesis

- تمتاز اجنة الحشرات غير المجنحة والعديد من حشرات ناقصة التطور بصغر الحجم نسبيا مقارنة مع حجم البيضة وذلك خلال المراحل المبكرة.

- وتقوم اجنة هذة الحشرات بحركات كثيرة ومنتظمة ويطلق على مجمل الازاحات والدوران حول محور الجنين بـ Blastokinesis .

يمكن تمييز حركة الجنين الى نوعين :

* الحركة الاولى تدعى Anatrepsis وهي عبارة عن حركة الجنين بعيدا عن القطب الخلفي للبيضة.

* وتدعى الحركة الثانية Katatrepsis وهي عبارة عن الحركة التي تعمل على حمل الجنين من السطح البطني الى السطح الظهري من البيضة.

- ينفصل الجنين عن قشرة البيضة وذلك بعد ان تتكون الطبقة الجرثومية ويحدث هذا الانفصال في كثير من الحيوانات اثناء نمو الجنين.

* ان الطبقة الجرثومية تنفصل عن خلايا الغلاف الخارجي Serosa وتكون الغلاف الداخلي Amnion وهذه احدى الطرق التي ينفصل بها الجنين عن قشرة البيضة بتكوين الاغلفة الجنينية.

* الطريقة الاخرى تتم بانفصال الجنين عن قشرة البيضة وذلك عن طريق اغشية الجنين الكايتينية التي تشبه جلود الانسلاخ حيث يتخلص الجنين من هذة الاغشية عند الانسلاخ وتحدث هذة الطريقة في أجنة الصرصر والحشرات ذات التطور الناقص.

* هناك طريقة اخرى تتلخص بأن الطبقة الجرثومية تتبعج وتغرق في المح في الاطوار المبكرة من النمو وقد تبقى في هذا الوضع حتى موعد فقس البيضة وقد تعود ألى السطح مرة ثانية ، وهذه الطريقة شائعة في مفصليات الارجل وتوجد في الكوليمبولا وذات الذنب الشعري وفي الرعاشات ومتجانسة الاجنحة.

تحدث هذة العملية في أن الجنين يبدأ نموه على سطح البيضة ثم ينقلب في داخل المح وذلك بدورانه حول محورة العرضي ويحمل الجنين اثناء دورانه جزءا من طبقة الادمة المتصل بالجنين داخل المح وتقفل الفتحة التي تؤدي الى التجويف الجنيني وذلك بعد الانتهاء من عملية الدوران ويصبح الجنين كلة محاط بجدار الجسم. ثم تظهر بوضوح الاغلفة الجنينية ويعود الجنين الى وضعة الطبيعي عن طريق عملية الدوران العكسية.

* أن **أسباب حركة الجنين العكسية داخل البيضة** Blastokinesis هي :

- تعود لكي يجد الجنين الفراغ الذي ينمو فيه أطرافه
- ولكي يتمكن الجنين من الابتعاد عن المناطق التي ترسبت فيها مخلفاته اثناء نموه
- او اللجوء الى مناطق في البيضة يتوفر فيها الغذاء
- وقد يعود سبب حركة الجنين الى اسباب ميكانيكية وذلك لاستغلال الفراغ لكي ينمو بصورة اعتيادية.

تقسيم الجنين الى حلقات Segmentation of the Embryo

بعد الانتهاء من تكوين الشريط الجنيني يظهر على طول الجنين فواصل عرضية تقسمه الى 20 حلقة وتجري عملية التقسيم هذة تدريجيا مبتدئة من الامام وحتى مؤخرة الجنين.

- في **المراحل الاولى** يظهر الجنين وكأنه مقسم الى منطقتين وهي :

A. الاولى تعرف بمنطقة الرأس الاولي Primary head region أو تسمى Procephalic region، وتحتوي على ثلاث حلقات.

B. والثانية هي منطقة الجذع الاولي Primary trunk region ، تتكون من 17 حلقة.

* باستمرار النمو تندمج الحلقات الثلاثة الاولى من الجذع الاولي وهي حلقة الفكوك العليا وحلقة الفكوك السفلى وحلقة الشفى السفلى مع حلقات الرأس الاولي ، ويتكون من الثلاث حلقات التالية للجذع الاولي (اي الحلقات الرابعة والخامسة والسادسة) منطقة الصدر ، واما باقي حلقات الجذع الاولي فتكون منطقة البطن.

* ينشأ على كل حلقة من حلقات الجنين باستثناء الحلقة الجنينية الاولى والاخيرة زوج من الزوائد تعرف بزوائد الجنين ، والحلقة الجنينية الاولى Ocular segment المتكونة من فصي الراس الاولي Procephalic lobes لا تحمل زوائد لأنها لا تعتبر حلقة حقيقة ويتكون منها الشفى العليا والعيون.

* تنشأ قرون الاستشعار من الزوج الاول من الزوائد الموجودة على الحلقة الرأسية الثانية.
* ومن زوائد الحلقة الرأسية الثالثة ينشأ الزوج الثاني من قرون الاستشعار الذي يكون صغيرا ويختفي بعد فترة وجيزة.
* في حين ان الزوائد الموجودة على الحلقات الرابعة والخامسة والسادسة من الرأس الاولي فتنمو لتكون الفكوك العليا والفكوك السفلى والشفى السفلى على التوالي.
* اما الثلاثة ازواج التالية من زوائد الجنين فتنمو الى ارجل الصدر.
* اما زوائد حلقات البطن فتختفي جميعها قبل الفقس ما عدا الزوج الذي يكون القرون الشرجية. في بعض الحشرات يبقى عدد حلقات البطن ثابت بعد الفقس وبدون نقصان ، وفي بعض الحشرات الاخرى فان ظاهرة اختفاء الحلقات البطنية تكون واضحة.

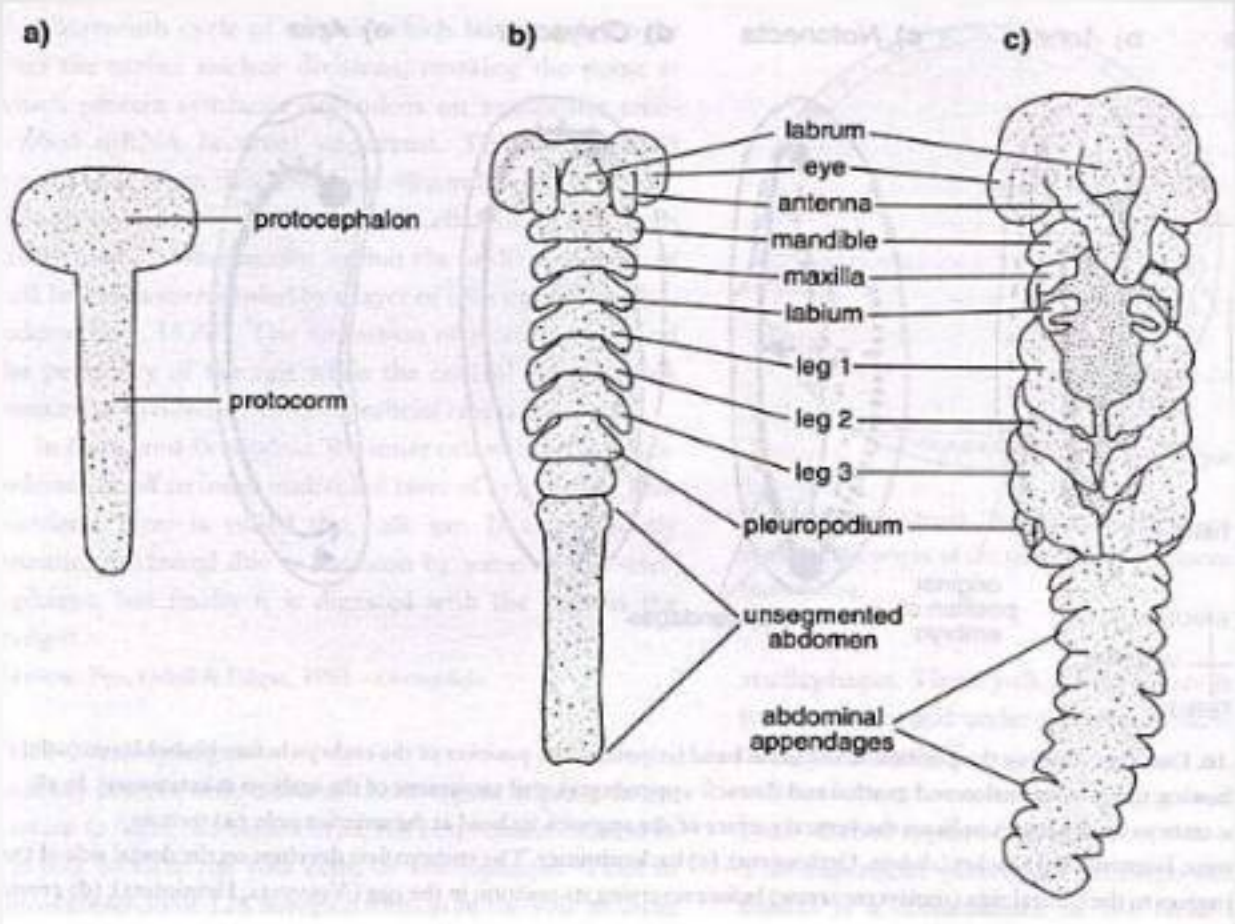


Figure 8. Different appendages of insect embryo

يبدأ تعقيل (ظهور حلقات) الجسم في التطور الجنيني المبكر. تظهر الزوائد بعد فترة وجيزة من التعقيل (الشكل ٨).

Duration of embryonic development الفترات الزمنية للنمو الجنيني

يختلف الوقت اللازم لإتمام النمو الجنيني اختلافا كبيرا باختلاف انواع الحشرات وكذلك باختلاف الظروف البيئية (درجة الحرارة – الرطوبة السبيبية – الضوء .... وغيرها من العوامل) فمثلا تحتاج بيوض بعوض Culex 30 ساعة بينما تحتاج بيوض حفار ساق الذرة 82 ساعة وذلك عند تربية هذة البيوض على درجة حرارة 30 م° .

* وتتناقص فترة النمو الجنيني كلما زادت درجة الحرارة ، ولا يكتمل النمو الجنيني اذا زادت او انخفضت درجة الحرارة عن الحد الامثل.

* وكقاعدة عامة يجب أن تكتسب بيوض كل نوع من الحشرات على قدر ثابت من الدرجات الحرارية خلال أيام نمو الجنين بشرط أن تكون درجة الحرارة فوق الحد الأدنى للنمو الجنيني.

* فمثلا تحتاج بيوض الجراد الصحراوي *Schistocerca* 225 م° لإتمام نموها ، وتحسب هذة الحد الادنى النظري للتطور 15 م° وتطرح هذة الدرجة من درجة الحرارة التي تربى عليها البيوض وهي 30 م° فالناتج = 15 م° ويضرب بعدد الايام التي يتم فيها نمو الجنين على درجة 30 م° وهي = 15 يوم فتكون النتيجة 225 م° ، بينما على درجة 20 م° يكتمل النمو الجنيني في 45 يوم فالنتيجة

45 X (20 – 15) = 225 م° .

Absorption of water امتصاص الجنين للماء

للرطوبة تأثير هام على نمو البيض فكثير من الحشرات لا يتم نمو بيضها بدون توفر الماء وفي حالة عدم توفر الماء تلجأ البيوض الى السبات لبعض الوقت الى أن يتوفر الماء.

وقد لوحظ زيادة في حجم ووزن البيض لبعض الحشرات أثناء النمو الجنيني ويعود ذلك بامتصاص البيض للماء.

ووجد أن بيض أحد انواع الصراصر يمتص الرطوبة من السطح الداخلي لكيس البيض الذي يكون في البداية رطب ثم يجف قبل الفقس وتبقى نسبة الماء في كيس البيض ثابتة تقريبا اثناء النمو وذلك لتساوي معدل فقد الماء والمواد الصلبة ولكن تزداد نسبة الماء في البيض اثناء نموه ، وقد وجد ايضا أن بيض هذة الحشرات يغطى بإفراز زيتي يستخرج من كيوتكل الأم غالبا وعن طريق القنوات المسامية التنفسية في جدار كيس البيض تفقد الرطوبة القليلة وليس عن طريق جدار الكيس نفسة.

ووجد عند أكل الصرصر الامريكي لغلاف الكيس فأن البيض الذي في داخلة يعجز عن الفقس مما يدل على أن جدار كيس البيض يلعب دورا مهما في حماية البيض من الجفاف وإمداده بالرطوبة اللازمة لنموه.

ويتوقف معدل امتصاص الماء وطول فترة حدوث الامتصاص السريع للماء على درجة الحرارة ، فقد وجد في بيض حشرة *Popillia* أن معدل امتصاص الماء ونمو الجنين يزدادان بارتفاع درجة حرارة من 10 – 25 م° .

وتلعب درجة الرطوبة النسبية في الجو دورا مهما في قدرة الجنين على امتصاص الرطوبة ، فقد وجد أن درجة الرطوبة النسبية العالية (92%) يسبب انتفاخ كل البيض بينما البيض الحديث الوضع ينكمش في الثلاثة أيام الأولى من عمرة. ويمتص البيض الحديث الوضع قليلا من الماء على درجة رطوبة 98% ولكنها لا تكون كافية لحياة الجنين أذ لا تلبث البيضة أن تنكمش ولكنها تأخذ فترة أطول مما تأخذها على درجة 92% أما في حالة الرطوبة النسبية 100% فان كل البيض الحديث يمتص الرطوبة ويفقس.

ومن التغيرات المهمة الاخرى التي تحدث اثناء النمو الجنيني هو التغير في المحتوى المائي للبيض فمن البديهي أن يفقد الماء من البيضة اثناء تطورها ، ولو أن هناك حالات شاذة في بيوض حشرات رتبة مستقيمة الاجنحة التي يزداد بها المحتوى المائي والسبب يعود بأن الماء الموجود داخل البيضة غير كاف لإتمام العمليات الحيوية ولذلك تلجأ البيضة الى أخذ الماء من ألمحيط ألمتواجدة فيها.

فسلجه الحشرات

الجهاز الهضمي

Digestive System

وقاية النبات – المرحلة الثالثة

الدكتور محمد يوسف سيد غني
وقاية النبات

2024 - 2025

الجهاز الهضمي Digestive System

يتألف الجهاز الهضمي في الحشرات من القناة الهضمية والغدد اللعابية .

اولا : القناة الهضمية Alimentary Canal : تتألف القناة الهضمية من **ثلاث** مناطق هي :

١. **القناة الامامية Foregut**

٢. **القناة الوسطى Midgut**

٣. **القناة الخلقية Hindgut**

Alimentary Canal القناة الهضمية

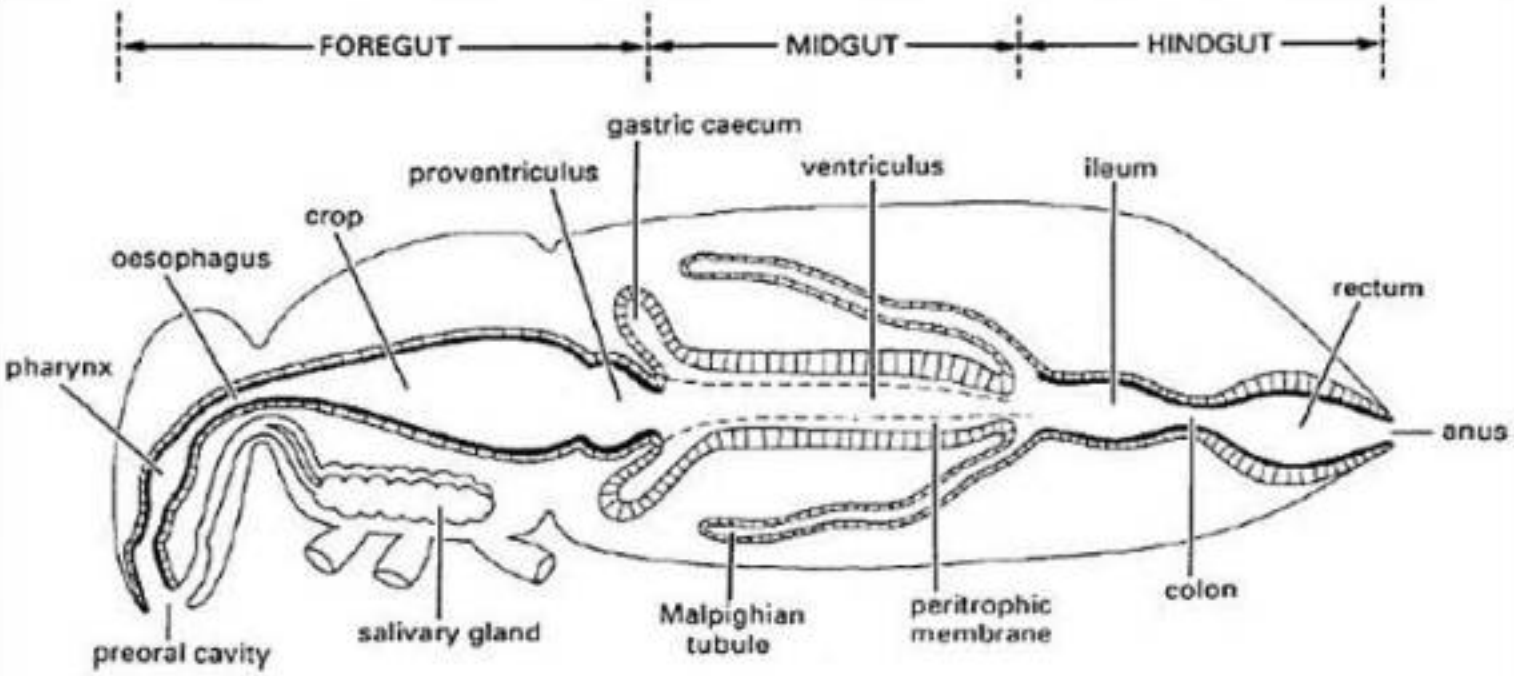


Fig. 3.13 Generalized insect alimentary canal showing division into three regions. The cuticular lining of the foregut and hindgut are indicated by thicker black lines. (After Dow 1986.)

Alimentary Canal القناة الهضمية

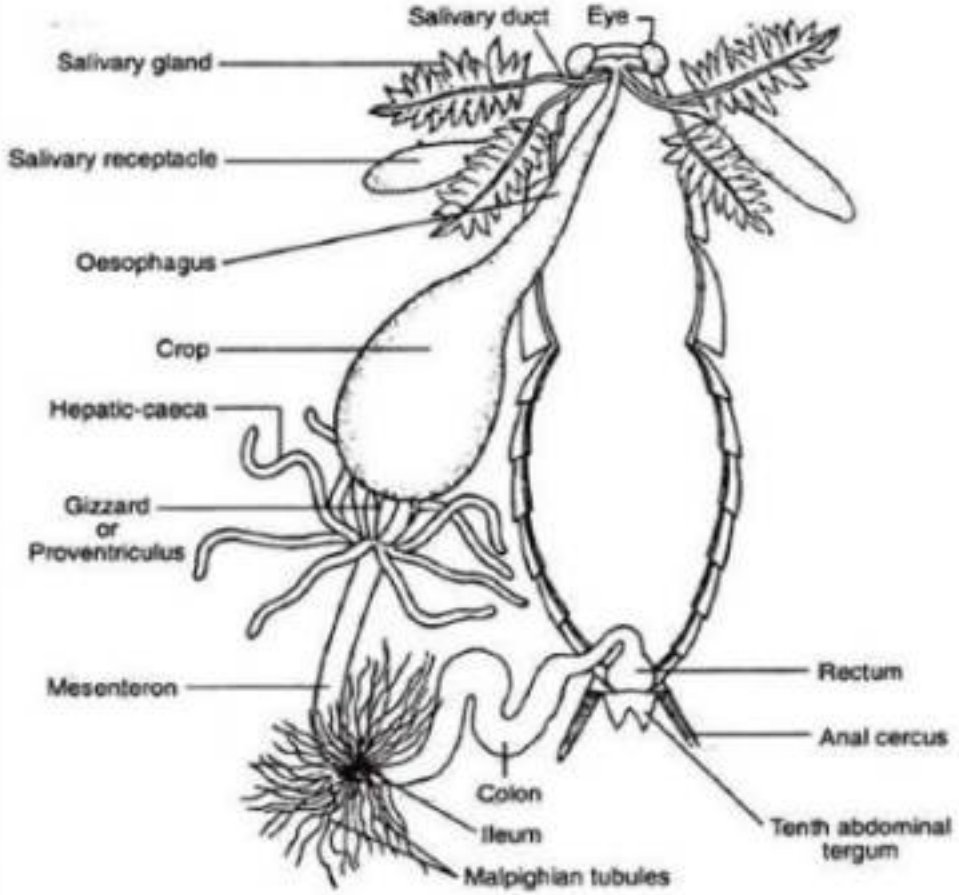
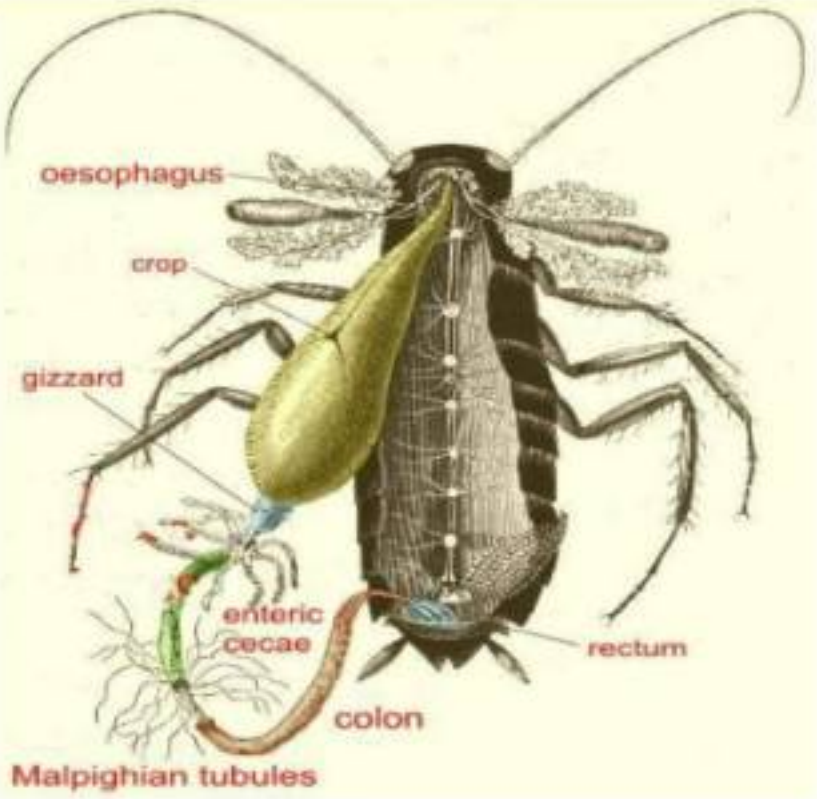


Fig. 18.54: Alimentary system of *Periplaneta americana*.


oesophagus
crop
gizzard
enteric
cecae
rectum
colon
Malpighian tubules

القناة الهضمية الامامية Foregut or Stomodaeum وتتكون من الأجزاء الاتية

a . تجويف الفم Buccal cavity: الذي يشكله من الخارج أجزاء الفم ، و يصل اللسان على تقسيم تجويف الفم إلى حجرتين :

i. التجويف ما قبل الفمي.

ii. التجويف الفعلي : الذي تصب فيه إفرازات الغدد اللعابية.

b . البلعوم Pharynx : يتصل بالفم مباشرة ، وهو ذو تركيب متباين حسب النوع الحشري ، وفي الحشرات التابعة لرتب حرشفية وثنائية وغشائية الأجنحة يكون متطور على شكل مضخة ومزودا بالعضلات المحركة للمساعدة على امتصاص الغذاء السائل ، او لدفع المواد الغذائية كما في الحشرات القارضة.

c . المري Oesophagus: يلي البلعوم ، وهو أنبوب متطاول ضيق وظيفته نقل الغذاء إلى الجزء التالي وهو الحوصلة.

d . الحوصلة Crop: وهي عبارة عن اتساع في القناة الهضمية على شكل جراب لتخزين الغذاء فيها. ويمكن للحوصلة أن تقسم إلى أكثر من كيس غير نافذ أو أن تبقى على شكل كيس واحد واسع (كما في الحشرات الماصة) .تشكل الحوصلة الجزء الاكبر من القناة الامامية .

e . القانصة Gizzard: تلي الحوصلة ، وهي جزء ضيق وتكون كاملة التكوين في الحشرات القارضة وظيفته طحن الغذاء العابر خلاله ، إذ تكون مزودة بالعضلات وعلى جدارها الداخلي أسنان كايتينية قوية تستخدم في طحن الغذاء ، وقد ينعدم وجود القوانصة في الحشرات التي تتغذى على غذاء سائل (رتبتي متشابهة ونصفية الأجنحة) لعدم الحاجة إليها.

- وفي منطقة اتصال القناة الامامية بالقناة الوسطى يوجد الصمام القلبي او المريئي Cardiac or Oesophageal Valve الذي يظهر على شكل انبوبة داخلية وظيفته منع او الاقلال من رجوع الغذاء من القناة الوسطى الى القناة الامامية .

Foregut or Stomodaeum القناة الهضمية الامامية

مقطع طولي / مقطع عرضي للقانصة

مقطع طولي

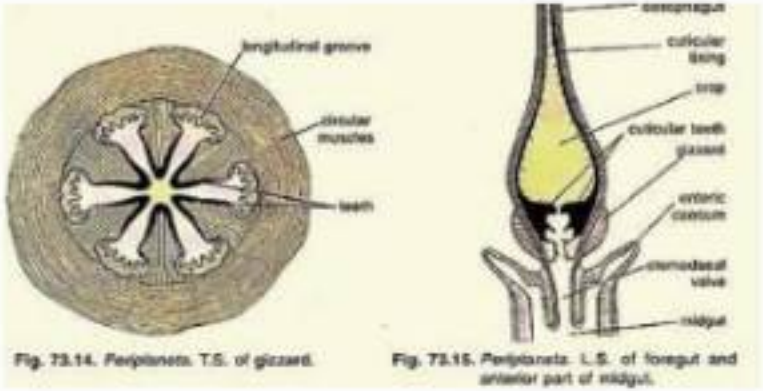
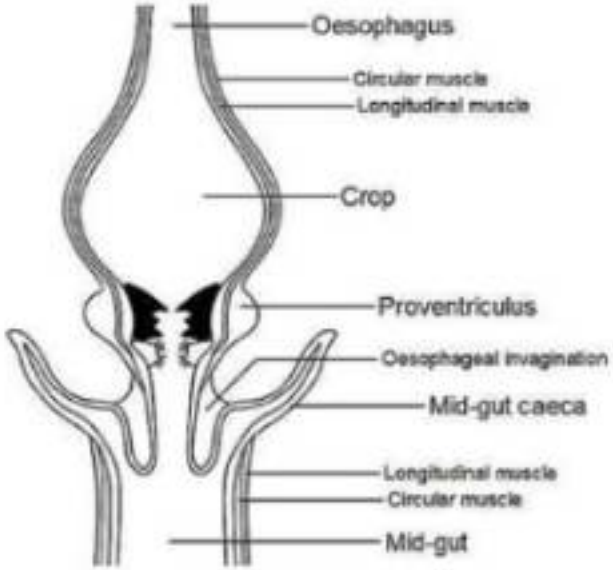


Fig. 73.14. *Periplaneta*. T.S. of gizzard.

Fig. 73.15. *Periplaneta*. L.S. of foregut and anterior part of midgut.



Foregut of cockroach (*Blatta orientalis*)

ومن ناحية التركيب **النسيجي** فإن القناة الهضمية الأمامية تتكون من الداخل إلى الخارج من الطبقات التالية

أ. طبقة من الكيتين الداخلي **Intima** : وتكون غير منفذة للمركبات الغذائية والأنزيمات.

ب. طبقة من الخلايا الطلائية **Epithelial layer**(البشرة): عبارة عن صف واحد من الخلايا ، وهي تفرز الطبقة الكايتينية.

ت. طبقة الغشاء القاعدي **Basement membrane** : هي طبقة غير خلوية تحيط بالخلايا الطلائية.

ث. طبقة العضلات **الدائرية Circular muscles .**

ج. طبقة العضلات **الطولية Longitudinal muscles .**

ويحيط بكل تلك المكونات نسيج ضام يعرف بالغشاء البريتوني. في الوسط يوجد تجويف داخلي **Lumen** يحتوي على كتل غذائية. **ولا يتم الهضم في القناة الامامية الا اذا انتقلت اليها انزيمات من المعدة او من الغدد اللعابية.**

لا تحصل أية عملية امتصاص لنواتج الهضم في القناة الأمامية لكونها مبطنة من الداخل بطبقة رقيقة من الكيوتكل ، تجعل سطح هذا الجزء من القناة صلبا ، وغير قابل لنفاذ نواتج الهضم في أغلب الحشرات.

القناة الهضمية الوسطى Midgut or Mesenteron

وهي الجزء الذي يلي القانصة ويطلق عليها المعدة Ventriculus or Stomach وتختلف عن القناة الامامية بحجمها الكبير وبعدم وجود الطبقة الكايتينية ، ويختلف شكلها باختلاف النوع الحشري ، فهي إما على شكل كيس أو أنبوبية ملتوية وقد تنقسم احيانا الى اجزاء متميزة فتتكون من ثلاث او اربعة مناطق وتنتهي المعدة من الخلف بالصمام الأعوري ، وتتصل بالمنطقة الرابعة انابيب اعورية Gastric caeca، والمعدة هي الجزء الذي يتم فيه الهضم الحقيقي للغذاء حيث تفرز الأنزيمات الهاضمة ، كما يتم في المعدة أيضاً عملية الامتصاص للمواد الغذائية المهضومة .

دورة الانزيمات الهاضمة في التجويف الداخلي والخارجي للغشاء حول الغذاء في القناة الهضمية الوسطى

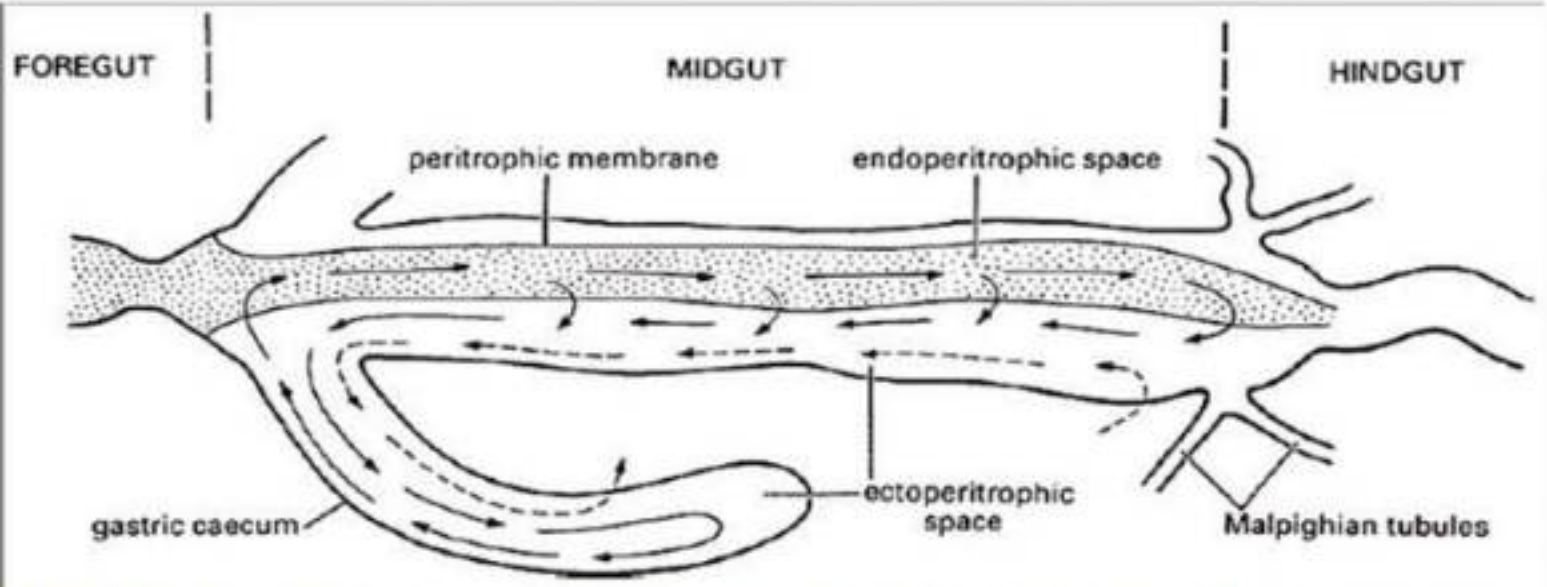


Fig. 3.16 Generalized scheme of the endo–ectoperitrophic circulation of digestive enzymes in the midgut. (After Terra & Ferreira 1981.)

ومن ناحية التركيب النسيجي فإن القناة الهضمية الوسطى تتركب من الطبقات التالية (من الداخل للخارج):

١. طبقة من الخلايا الطلائية : وهذه الطبقة غير مبطنة بالكيتين ، وتحمل الحواف الداخلية للخلايا أهداباً طويلة ممتدة من سيتوبلازم هذه الخلايا ، مما يزيد من مساحة الإفراز الداخلي ومساحة الامتصاص.

- وتقسم هذه الطبقة إلى ثلاثة أنماط من الخلايا:

أ. الخلايا الطلائية العمودية الهضمية Columnar: وهي النمط الرئيسي الموجود وهي التي تحمل الامتدادات الزغبية لسيتوبلازم الخلايا ، ولهذه الخلايا القدرة على إفراز الأنزيمات الهاضمة وعلى الامتصاص أيضاً.

ب. الخلايا الطلائية المجددة Regenerative cells: وظيفتها هي تعويض الخلايا الطلائية المستهلكة بخلايا جديدة.

ت. الخلايا الطلائية الغدية Epithelial Secretory Cells وتفرز الانزيمات والعصارات الهاضمة اما * بطريقة رشح الانزيمات خلال اغشية الخلايا وتدعى هذه الطريقة Merocrine او * بانفجار الخلايا الطلائية الغدية نتيجة امتلائها بالإفرازات الهاضمة وتدعى هذه الطريقة Holocrine ، فتمتزج هذه الافرازات بالكتلة الغذائية وبذلك يحصل الهضم الكيميائي .

وتفرز الخلايا الطلائية غشاء يحيط بالغذاء يسمى الغشاء حول الغذاء Peritrophic membrane ويتركب من مادة كايتينية تسمح بنفاذ نواتج الهضم والانزيمات الهاضمة الاتية من الخلايا الطلائية وكذلك يمنع امتصاص المواد غير تامة الهضم .

٢. طبقة الغشاء القاعدي : و هو يحيط بطبقة الخلايا الطلائية من الخارج.

٣. طبقة العضلات الطولية.

٤. طبقة العضلات الدائرية.

ويحيط بالمكونات السابقة غشاء ضام هو الغشاء البريتوني.

* الانابيب الاعورية (المعدية) Gastric caeca or Diverticula : وهي عبارة عن اكياس او زوائد مغلقة من طرفها البعيد ، وتقع عادة في مقدمة المعدة. يتراوح عددها من ٢-٦ زوائد وقد تصل الى ٨ كما في يرقات البعوض او الى عدد كبير كما في عائلة Scarabidae .

وان هذه الزوائد تكون بارزة في معدة حشرات تحت رتبة Heteroptera ويوجد منها نوعان :

النوع الاول تكون قصيرة ومتجانسة بالحجم ومرتبة على هيئة ٢-٤ صفوف ، اما

النوع الثاني فيمتاز بوجود عدد قليل من الزوائد التي تكون طويلة وغير متجانسة الطول وموزعة على شكل غير منتظم. تملأ الانابيب الاعورية في هذه التحت رتبة بالبكتريا وان هذه الظاهرة **صفة موروثة** اذ تظهر هذه الاحياء المجهرية مبكرا في القناة الهضمية الجنينية ، وان هذه الزوائد تعتبر مكانا ملائما لتكاثر البكتريا التي لها دورا في عملية الهضم والامتصاص بالإضافة لذلك فهي تزيد المساحة السطحية للمعدة.

Hindgut or Proctodeum القناة الهضمية الخلفية

- تتركب نسيجيا من نفس طبقات القناة الامامية ، ما عدا العضلات الدائرية التي تكون موجودة من الداخل والعضلات الطولية من الخارج. تتحدد بداية القناة الخلفية بالصمام البوابي Pyloric Valve ويكون هذا الصمام واضحا جدا في حشرات رتبتي غمديه ويرقات حرشفية الاجنحة. وتتكون القناة الخلفية من ثلاث مناطق هي :
- + الامعاء الدقيقة (اللفائفي Ileum) وهي عبارة عن انبوب قصير وضيق وعادة ملتو على نفسة يوجد في مقدمته صمام ينظم مرور الغذاء المهضوم من القناة الوسطى الى القناة الخلفية ، وعند منطقة اتصال الامعاء الدقيقة بالقناة الوسطى توجد مجموعة من الانابيب تسمى انابيب مالبيجي Malpighian tubules .
- + القولون Colon او يسمى بالأمعاء الغليظة يلي اللفائفي عادة يكون غير ملتف ويؤدي الى المستقيم وقطرة اوسع من اللفائفي.
- + المستقيم Rectum وهو الجزء الخلفي من القناة الهضمية ويكون واسعا ويحوي المواد الابرازية والفضلات التي تلفظ الى الخارج عن طريق فتحة الشرج وتحتوي نتوءات داخلية تسمى حلمات المستقيم.

وعموماً ان هذه القناة لا تفرز أنزيمات هاضمة ، كما أنها لا تقوم بامتصاص نواتج الهضم الا في حالات نادرة (يمكن للأحياء الدقيقة المتعايشة مع بعض الأنواع الحشرية والموجودة في المستقيم من إجراء عمليات هضم لبعض المركبات الغذائية صعبة التحلل كالسليلوز) ، لذلك يقتصر عملها على إيصال الفضلات إلى الخارج عن طريق المستقيم بمساعدة عضلات قوية. يمكن تلخيص **وظيفة** القناة الهضمية الخلفية بالاتي :

أ. امتصاص الماء والأيونات من الفضلات وإعادتها إلى فراغ الجسم للمحافظة على الضغط الازموزي ، وقد ثبت أن بعض الأحماض الأمينية تمتص في المستقيم كما في الجراد الصحراوي.

ب. تسهيل توازن الماء والأيونات في دم الحشرة (كما في يرقات بعض حشرات رتبة حرشفية الأجنحة).

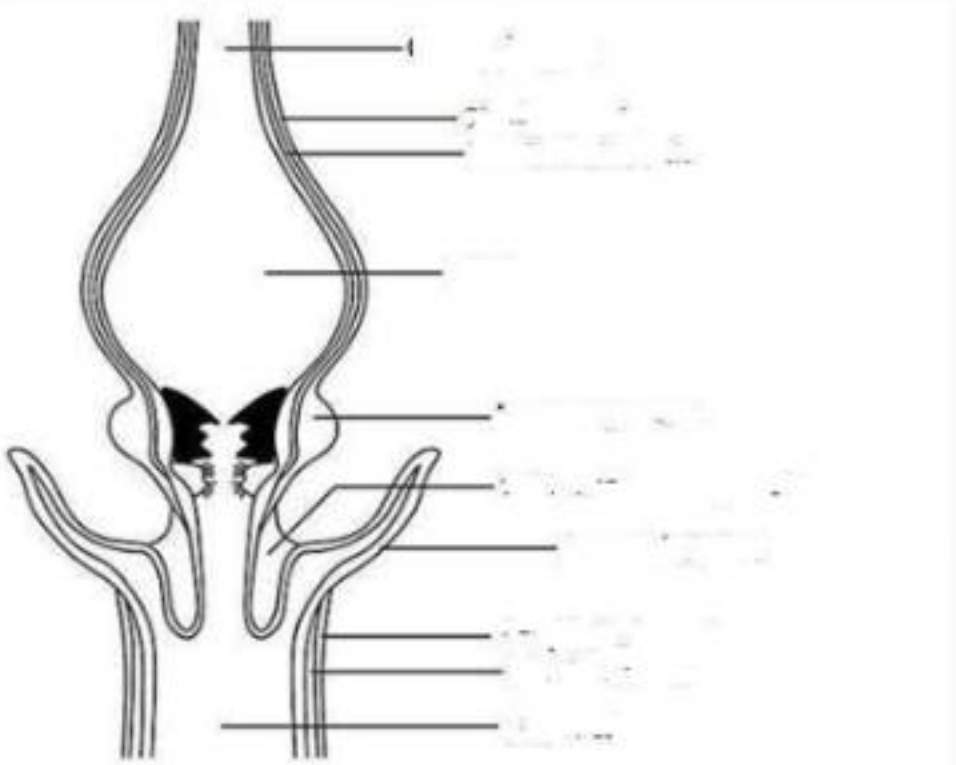
ت. إنتاج الفيرمونات من انتفاخات في المستقيم ، كما في ذكور ذبابة الفاكهة حيث تنتج الفيرمونات الجاذبة الجنسية ، وكذلك لدى بعض خنافس القلف التي تنتج فيرمون التجمع.

ث. التنفس ، كما في الحوريات المائية للرعاش الكبير حيث يتم استخلاص الأوكسيجين من الماء بواسطة خياشيم في المستقيم.

ج. التعايش مع بعض الكائنات الدقيقة بحيث تساعد في هضم المواد صعبة التحلل ، كما في الارضة ، إذ تعمل هذه الكائنات على هضم السليلوز ومن ثم تعاد نواتج الهضم إلى المعدة للامتصاص.

اختبار قصير

- لأي جزء من اجزاء القناة الهضمية يعود هذا المخطط ؟ اشر على الاجزاء المهمة؟ ثم اذكر وظائفه المهمة ؟



واجب

- **سؤال:** ما هو الفرق بين اجزاء القناة الهضمية من ناحية التركيب المورفولوجي والوظيفي (الفسيولوجي) ؟

- عدد الاسطر لا يتجاوز ١٠ أسطر.
- يسلم الواجب بشكل ملف PDF .
- اخر موعد لتسليم الواجب هو قبل المحاضرة اللاحقة.

تقسم القناة الهضمية من الناحية الفسيولوجية الى خمسة مناطق وذلك حسب الوظائف :

١. منطقة استقبال الغذاء Region of reception الفم ، والتجويف الفمي ، والبلعوم ، والغدد اللعابية .

٢. منطقة التوصيل والخزن Region of conduction & storage (المريء والحوصلة) :

- المريء Oesophagus : لتوصيل او نقل الغذاء الى مكان الهضم .
- الحوصلة Crop : وظائفها هي:

أ- خزن الغذاء غير المهضوم .

ب- الهضم الجزئي او الكلي للغذاء اذ تحصل على الانزيمات الهاضمة اما من الغدد اللعابية Salivary gland او من المعدة Midgut (Stomach) كما في حشرات مستقيمة الاجنحة كالجراد والغمدية الاجنحة والقمل القارض

٣. منطقة السحق والهضم Region of trituration & digestion(القانصة والمعدة)

- القانصة Gizzard (Proventriculus) : وظائفها هي

أ- طحن وتفتيت الغذاء (في الحشرات القارضة)

ب- تعد صمام يسمح بمرور السوائل الى المعدة ويمنع مرور القطع الغذائية الصلبة غير المهضومة (في رتبة غمديه الاجنحة) .

ت- تعد صمام او غربال (تفصل حبوب اللقاح عن الرحيق كما في نحل العسل)

٤. منطقة الامتصاص Region of absorption : وتشمل المعدة والقناة الخلفية .

ان منطقة الامتصاص تشمل المعدة والقناة الهضمية الخلفية وقد تتداخل مع منطقة الهضم معتمدا على

* نوع الحشرة * ونوع المادة الممتصة .

* المعدة (القناة الوسطى) : تعد منطقة هضم وامتصاص وتمثل منطقة الافراز الرئيسية في القناة الهضمية (افراز الانزيمات الهاضمة) ، وفي غالبية الحشرات تقسم المعدة الى عدة مناطق حسب * وظيفتها او * اختلاف الحموضة او * الانزيمات التي تفرزها ، فقد تكون من ٣-٤ مناطق ، وتتصل بالمنطقة الرابعة عدد من الانابيب الاعورية تقوم بوظيفة الهضم والامتصاص .

*الخلايا الطلائية في المعدة Epithelial cells : وظيفة الخلايا الطلائية إفراز الانزيمات الهاضمة وامتصاص المادة الغذائية المهضومة .

وظائف الانابيب الاعورية Gastric caeca:

أ- زيادة المساحة السطحية للمعدة وبالتالي زيادة كفاءة عملية الهضم والامتصاص .

ب- مكانا ملائما لتكاثر البكتريا التي لها دور في الهضم والامتصاص.

٥. **منطقة التوصيل وتكوين البراز** Region of conduction & formation of feces

تقوم القناة الهضمية الخلفية Hindgut بتفريغ البراز وتوصيلة الى الخارج.

* حلمات المستقيم Rectal Papillae : وهي نتوءات بشكل وسائد Pads داخل المستقيم والتي يعتقد ان وظيفتها **اعادة** بامتصاص الماء وايونات الاملاح والمواد المفيدة من الفضلات قبل طرحها للخارج وأعادته الى دم الحشرة وتوجد في معظم الحشرات خاصة حشرات البيئات الجافة.

* الغدد الشرجية Anal Glands : وهي غدد توجد قرب فتحة الشرج وتوجد في بعض الحشرات من غمديه وحرشفية الاجنحة ووظيفتها هي :

- افراز مواد لاسعة.
- افراز مواد طاردة ذات رائحة كريهة تستعمل كوسيلة دفاعية.

ثانيا : الغدد اللعابية Salivary glands

تعتبر الغدد اللعابية من ملحقات القناة الهضمية ، وغالبا تقع في منطقة الصدر ممتدة على جانبي القناة الهضمية الامامية ، ويختلف تركيبها ومكان تواجدها باختلاف انواع الحشرات :

وظيفة الغدد اللعابية اساسا هي افراز اللعاب لترطيب الفم ولهذا يطلق عليها في بعض المصادر بالغدد اللعابية لأنها مصدر اللعاب. يحتوي اللعاب على الانزيمات ويعتمد نوع الانزيم الموجود فيها على نوع الغذاء الذي تتغذى علية الحشرة ، الانزيمات الشائعة هي انزيمات الأميليز والانفرتيز ، وفي بعض الحشرات كالحشرات المتطفلة على دم العائل والمفترسة يوجد في لعابها انزيمي البروتيز والليبيز حيث تقوم تلك الحشرات بحقن العائل بهذه الانزيمات قبل ابتداء التغذية.

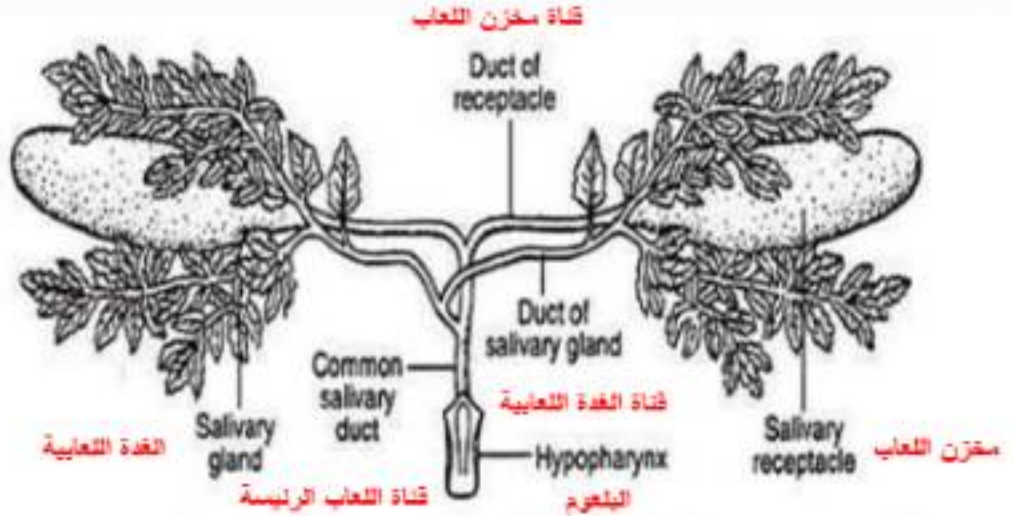


Fig. 18.55: Salivary apparatus of *Periplaneta americana*.

الغدة اللعابية في الصرصر الامريكي

❖ تسمى الغدد اللعابية **بغدة الشفى السفلى** Labial glands عندما تصب محتوياتها قرب الشفى السفلى ، ويوجد هذا النوع من الغدد في معظم الحشرات والتي تكون عنقودية الشكل .

في حشرة المن تقوم غدة الشفى السفلى بإفراز انزيم **Pectinase** المسؤول عن تحليل مادة البكتين الموجودة في جدران الخلايا النباتية ، وفي الحشرات الماصة للدم فان اللعاب المفرز من الغدد الشفوية يحتوي على بعض المواد التي تمنع تخثر الدم ، ومن الوظائف الاخرى لغدة الشفى السفلى هو انتاج مادة الحرير كما في يرقات رتبتي حرشفية وخيطية الاجنحة.

❖ او تسمى الغدد اللعابية **بغدة الفكوك العليا** Mandibular glands عندما تصب محتوياتها قرب الفكوك العليا ، ويوجد هذا النوع في الحشرات غير المجنحة وفي رتب الحشرات متساوية وغمديه وغشائية الاجنحة ، وغالبا ما يكون شكلها على هيئة كيس يقع في منطقة الراس.

وظيفة هذه الغدد افراز الفيرمونات كما في ملكة النحل التي تتحكم بالتركيب الاجتماعي للمستعمرة. وفي الشغالات فانها تفرز اللعاب الذي يطَري شرنقة العذراء لمساعدة الحشرة البالغة للخروج من شرنقتها.

❖ او تسمى الغدد اللعابية **بالغدة البلعومية** Pharyngeal glands عندما تصب محتوياتها قرب البلعوم ، ويوجد هذا النوع من الغدد في رتبة غشائية الاجنحة وبالأخص في شغالة نحل العسل التي تقوم بإنتاج الغذاء الملكي Royal jelly وافراز انزيم الانفرتيز.

❖ وقد تسمى الغدد اللعابية **بغدة الفكوك السفلى** Maxillary glands كما هو الحال في تحت رتبة غير متجانسة الاجنحة Heteroptera التي تقوم بإفراز مادة سامة تعمل على قتل الفريسة.

المصادر الغذائية للحشرات Nutritional Requirements

ان الغذاء الذي تتناوله الحشرة من المصادر الغذائية المختلفة يجب ان يلبي احتياجاتها الغذائية لتحقيق نمو وتطور جيدين ، بمعنى اخر ان الغذاء يجب ان يحتوي على جميع العناصر الغذائية الضرورية وبكميات كافية ومتوازنة ، وفي حالة فقد او نقص اي مادة غذائية اساسية او عدم وجود المواد الغذائية بشكل متوازن فهذا سيؤدي الى ظاهرة سوء التغذية Malnutrition التي تسبب تشوهات مظهرية Deformation ووظيفية للحشرات ، بمعنى اخر حشرات مشوهة ومعوقة غير قادرة على اداء انشطتها الحيوية مثل الحركة والطيران والتغذية والنمو والتطور والتكاثر.

* ان معظم هذه الاحتياجات الغذائية موجودة في غذاء الحشرة ، لكن بعض هذه الاحتياجات تحصل عليها الحشرة من مصادر اخرى اي من غير الغذاء .* وان اهم هذه المصادر البديلة للغذاء هي :

١. **التخزين** (المواد الغذائية المخزونة) Storage : يوجد مصدران للمواد الغذائية المخزونة هما :

a. **المصدر الاول : مح البيضة** Yolk يحتوي على كل العناصر الغذائية لكي يكتمل نمو الجنين ، ويتكون من :

i. بروتينات (خاصة مح الانثى Female Protein الذي يعرف Vitellogenin

ii. الدهون (كليسرولات ثنائية Diglycerides)

iii . الكربوهيدرات (الجلايكوجين Glycogen)

ولكون بيضة الحشرة صغيرة الحجم فانها تخزن الغذاء والعناصر الاساسية الرئيسية بما يكفي نمو وتطور الجنين الى الفقس فقط اي لا تخزن الغذاء والعناصر الاساسية للأدوار اللاحقة بعد الفقس (الاعمار اليرقية والحورية) اما العناصر الغذائية الاقل اهمية مثل الفيتامينات قد تكون موجودة بكميات كافية تلبي احتياجات اليرقة الحديثة الفقس وكذلك نموها اللاحق مثال ذلك بيض الجراد الصحراوي .

المصدر الثاني : الاجسام الدهنية Fat bodies تخزن الاجسام الدهنية كميات كبيرة من المواد الغذائية مثلاً حشرات رتبة حرشفية الاجنحة التي لا تتناول غذاء في دور الحشرة الكاملة اذ تتراكم كميات كافية من المواد الغذائية المخزونة في دور اليرقة تلبي الاحتياجات الغذائية للفعاليات الحيوية في دور الحشرة الكاملة التي قد تتناول او لا تتناول المحاليل السكرية ، وكذلك الجراد اذ تتناول الحشائش خلال العمر الحوري الاول والثاني فانة يستطيع اكمال نموه الى العمر الاخير بدون ان تتناول مواد نشوية في غذائه وذلك لأنه يستطيع ان يخزن كميات كافية من المواد النشوية في الاجسام الدهنية خلال العمرين المذكورين.

٢. **الكائنات الحية الدقيقة** Micro-Organisms تشمل البكتريا والسوطيات والخمائر اذ تجهز مواد غذائية مهمة للحشرة .

٣. **التخليق الذاتي** Auto Synthesis تقوم بعض الحشرات بتخليق بعض احتياجاتها الغذائية بنفسها ، فاغلبها تخلق فيتامين C والكولين لذلك لا تحتاجها في غذائها.

فسيولوجيا الهضم والامتصاص

Physiology of digestion & absorption

من الوظائف الرئيسية للقناة الهضمية هي :

- اولا : حركة الغذاء Movement of food
- ثانيا : هضم الغذاء بفعل الانزيمات الهاضمة Digestion of food by digestive enzymes
- ثالثا : امتصاص الغذاء Absorption of food
- رابعا : طرح الفضلات Egestion of feces

اولا : حركة الغذاء Movement of food

تتحرك المواد الغذائية على طول القناة الهضمية مندفعة للأمام او تعاد حركتها للخلف خاصة ما بين المعدة من جهة والحوصلة والقانصة من جهة اخرى بتأثير التقلصات اللاإرادية لجدران القناة الهضمية فضلا عن الحركة البندولية ، ويسيطر على اغلبها العضلات Muscles * وتزداد حركة الغذاء في الحشرات بـ :

i. بتأثير الجوع.

ii. وسرعة الامتصاص للمواد المهضومة.

iii. والنشاط العضلي.

* بينما تقل حركة الغذاء بسبب معاملة الحشرات بالمبيدات والمواد الكيميائية والاشعاع.

ثانيا : هضم الغذاء بفعل الانزيمات الهاضمة Digestion of food by digestive enzymes

ان اهم مصادر الانزيمات الهاضمة هي :

١. اللعاب Salivary

٢. افرازات المعدة Secretion of Midgut

٣. الاحياء الدقيقة الموجودة في القناة الهضمية Micro-organism in alimentary canal

Types of Digestion انواع الهضم

يوجد نوعان من الهضم :

١. الهضم الخارجي (خارج القناة الهضمية الوسطى)
External digestion

يحدث خارج المعدة اي *اما في القناة الهضمية الامامية Foregut او* القناة الهضمية الخلفية Hindgut، اذ يحتوي اللعاب على العديد من الانزيمات الهاضمة.

ففي الحشرات المتغذية على السوائل يتم افراز انزيمات تساعد على بدء عملية الهضم قبل ان تدخل المادة السائلة الى القناة الهضمية.

الحشرات المفترسة مثل يرقات اسد المن التي تتغذى على البروتين (الحشرات) تقوم اولا بإفراز انزيمات هاضمة للبروتينات فتحللها ويصبح سائلا ثم تقوم الحشرة بامتصاصه وتناوله (سحب المواد المتحللة).

٢. الهضم الداخلي (داخل القناة الهضمية الوسطى)
Internal digestion

تحدث معظم عمليات الهضم الأنزيمية في القناة الهضمية الوسطى (المعدة) المسؤولة عن افراز الانزيمات على الغذاء * ان نوع الانزيمات التي تفرزها المعدة يتوقف على نوع الغذاء فمثلا :

أ. يرقات ذبابة Lucilia المتغذية على البروتينات تفرز انزيمي Proteinase وانزيم Lipase .

ب. اما الفراشات المتغذية على رحيق الازهار ، وكذلك حشرات المن المتغذية على العصارة النباتية فان انزيم Invertase هي من تقوم بتحليل السكريات ولا تفرز انزيم Amylase .

ت. تفرز المعدة انزيم α-glucosidase ثم يحدث ارجاع عصارة المعدة الى الحوصلة فيحدث هضم جزئي للمادة الغذائية داخل الحوصلة كما في الجراد الصحراوي.

ث. اما في القناة الهضمية الخلفية فانة يحصل فيها قليل من الهضم الأنزيمي فضلا عن احتواءها على احياء دقيقة Micro-organism تقوم بعملية هضم السيليلوز كما في حشرة الارضة.

هضم الكربوهيدرات Digestion of carbohydrates

يجب ان تتحلل السكريات الثنائية والمتعددة الى سكريات احادية لكي يتم امتصاصها ، ان الانزيمات الهاضمة للسكريات تفرز من قبل :

١. الغدد اللعابية Salivary glands

٢. الخلايا الطلائية للمعدة Epithelial cells of stomach

*** اهم الانزيمات الهاضمة للكربوهيدرات هي :**

١. انزيم Amylase: التي تهضم السكريات المتعددة Polysaccharidesمثل النشأ.

٢. انزيم Glycosidase: التي تهضم السكريات الثنائية Disaccharides والسكريات القليلة Oligosaccharides .

٣. انزيمات هاضمة خاصة Special digestive enzymes وتشمل Cellulase و Sucrase (α-glucosidase) .

* فيما يلي شرح موجز لنشاط كل من هذه الانزيمات :

١. انزيم Amylases : ان انزيم الأميليز هو من نوع α- amylase اذ يقوم بمهاجمة الاواصر الكلوكوسيدية α -1-4-glucosidic bond في السكريات المتعددة مثل النشأ النباتي Starch والنشأ الحيواني (الجلايكوجين) ويحللها الى جزيئات من سكر الكلوكوز (سكر احادي).

* يوجد نوعان من انزيم الأميليز هما :

أ. الأميليز الخارجي Exoamylase

هذا الانزيم يفصل جزيئات سكر المالتوز Maltose (سكر ثنائي) من نهاية جزيئة النشا اذ يلاحظ سرعة تكون المالتوز الذي يتحلل بعد ذلك بفعل انزيم α-glucosidase الى جزيئتين من سكر الكلوكوز.

ب. الأميليز الداخلي Endoamylase

يهاجم هذا الانزيم الاواصر الداخلية في جزيئة النشا فيتكون اولا سكر متعدد هو Dextrinثم يتحلل الى سكر المالتوز ، وبعدها يتحلل المالتوز بفعل انزيم α-glucosidase الى جزيئتين من سكر الكلوكوز وبالتالي فان سرعة تكون المالتوز بفعل الأميليز الداخلي بطيئة.

٢. انزيمات Glycosidases: اعتمادا على * نوع الاصرة التي تربط السكريات * ونوع السكريات (Di و Oligo) امكن تشخيص خمسة انواع من هذه الانزيمات في صف الحشرات وليس من الضروري ان تكون موجودة في نوع واحد من الحشرات وهي :

ت	مجاميع الانزيمات	نوع السكريات التي تحللها
١	α -glucosidases	يحلل السكريات الثنائية (التي ترتبط فيها جزيئات الكلوكوز بروابط من نوع الفا α) مثل سكر Maltose و Raffinose و Trehalose وSucrose .
٢	β - glucosidases	يحلل السكريات الثنائية (التي ترتبط فيها جزيئات الكلوكوز بروابط من نوع بيتا β خاصة في النباتات الطرية) مثل سكر Cellobiose و Arbotin و Methyl-β-glucoside
٣	α -galactosidase	يحلل السكريات الثنائية (Di) مثل سكر Melibiose والسكريات القليلة (Oligo) مثل سكر Stachyose (سكر النشا).
٤	β - galactosidase	يحلل سكر Lactose .
٥	β -fructofuranosidase	يحلل السكريات الثنائية (Di) مثل Sucrose والسكريات القليلة (Oligo) مثل سكر Raffinose .

٣.انزيمات هاضمة خاصة Special digestive enzymesوتشمل :

أ- **Cellulases**: وهي انزيمات هاضمة للسليلوز Cellulose كما في الارضة وبعض الحشرات الاخرى ، وبالرغم من ان هناك العديد من الحشرات التي تتغذى على النباتات والخشب ، لكن يلاحظ ان هناك عدد قليل منها تحتوي على انزيم Cellulases الذي يحلل السليلوز.

*** ان الحشرات التي لا تمتلك انزيم Cellulase فهي اما :**

- + ان تتغذى على محتويات الخلية دون جدرانها السلولوزية
- + او ان تعتمد على كائنات حية دقيقة تستطيع ان تفرز انزيم Cellulase لهضم المادة السلولوزية .

اذن هذا الانزيم اما ان * يخَلق في المعدة او * يخلق بواسطة الاحياء الدقيقة الموجودة في الجهاز الهضمي.

- + ان الأنواع الاقل تطورا من حشرة الارضة (Primitive) تعتمد على البروتوزوا (السوطيات) الموجودة في القناة الهضمية الخلفية لهذه الارضة وهي من تقوم بإفراز انزيم Cellulase الهاضم للسليلوز .
- + اما الارضة الاكثر تطورا (Higher termites) فأنها تهضم السليلوز بواسطة انزيم Cellulase الذي يُخَلق ويفرز من المعدة وتكون الاحياء الدقيقة غير موجودة على الاطلاق.

*** اما ان تتأكسد جزيئات الكلوكوز الى طاقة (ATP) او * تكوين احماض عضوية لتصنيع الدهون.**

ب. Sucrase (α-glucosidase)وهو انزيم ذو نشاط عالي خاص في شقالات نحل العسل ، يفرز بصورة رئيسية من الغدد البلعومية والمعدة لذلك فهو يتواجد في العسل .

* هذا الانزيم يحلل السكروز الموجود في رحيق الازهار لتلبية احتياجات انسجة الجسم من السكريات ولإنتاج العسل حيث يحلله الى كلوكوز وفركتوز.

وقد وجد ان السكروز هي الاكثر تواجدا في دم نحل العسل من سكر التريهالوز ، شُخص تواجد هذا الانزيم في ملكات وذكور نحل العسل.

- **هضم البروتينات Digestion of Proteins الانزيمات المحللة للبروتينات في الحشرات هي :**

١. انزيمات Proteinases : التي تحلل البروتينات الى Polypeptides (ببتيدات متعددة) التي تمتص من قبل الخلايا الطلائية للمعدة قبل تحللها مرة اخرى .

٢. انزيمات Polypeptidases : تم تشخيص نوعين منها في الخلايا الطلائية للمعدة :

أ. النوع الاول : انزيم Carboxypolypeptidase الذي يهاجم سلسلة الببتايد Peptide من نهايتها التي تحتوي على مجموعة الكاربوكسيل (COOH) .

ب. النوع الثاني : انزيم Aminopolypeptidase الذي يهاجم سلسلة الببتايد من نهايتها التي تحتوي على مجموعة الامين (NH_2) .

٣. انزيمات Dipeptidase الذي يحلل الببتيدات الثنائية Dipeptides الى احماض امينية Amino acid (AA) تذهب الى الدم .

اما في الحشرات ذات التغذية الحيوانية (تتغذى على بروتينات خاملة تكون اكثر استقرارا واصعب هضما) مثل بروتين الكيراتين وبروتين الكولاجين فمثلا حشرات عائلة قمل الطيور وخنافس الجلود وعثة الملابس التي تتغذى على ريش الطيور والشعر والجلود والصوف التي تحتوي على الكيراتين يقوم انزيم Keratinase بهضم الكيراتين وتحليله تحت ظروف لاهوائية الى سستين Cystine .

ان بعض يرقات رتبة ثنائية الاجنحة ذات التغذية الحيوانية تفرز انزيم Collagenaseلتحليل الكولاجين الى مواد قابلة للامتصاص.

هضم الدهون Digestion of Lipids

يحتوي غذاء الحشرات على كميات كبيرة من الكليسيرات الثلاثية وكميات قليلة من الدهون المفسفرة. لذلك فان معظم الحشرات التي تتغذى على غذاء نباتي او حيواني تمتلك انزيمات Lipases وانزيمات Esterases التي تعمل على تحليل الدهون الى حوامض دهنية Fatty acids وكليسيرول Glycerol كما ان لعاب الحشرة يحتوي على هذه الانزيمات في العديد من الحشرات .

انزيمات Esterases	انزيمات Lipases
١. تعمل على تحليل الكليسيرات الثلاثية القصيرة واسترات الاحماض الدهنية الواطئة	١. تعمل على تحليل الكليسيرات الثلاثية الطويلة واسترات الاحماض الدهنية العالية
٢. تتواجد في الغالب داخل انسجة القناة الوسطى (داخل الخلايا الطلائية لجدار المعدة) لتؤدي عملها داخل هذه الخلايا لذلك وظائفها معدومة او قليلة جدا في تجويف القناة الوسطى	٢. تتواجد عادة في تجويف المعدة

ثالثا : امتصاص الغذاء Absorption of food

تعتبر المعدة المركز الرئيس لامتصاص نواتج تحلل الغذاء (نواتج الهضم) ، اما القناة الهضمية الخلفية فأنها تعيد امتصاص بعض المواد المفيدة التي تطرحها انابيب مالبيجي الى تجويف الجسم (السائل الدموي) .

* في بعض الحشرات قد يحصل امتصاص جزئي في الحوصلة .
* وقد يحصل امتصاص في القناة الهضمية الامامية في بعض الحالات النادرة.

بصورة عامة فان الامتصاص يتم من قبل الخلايا الطلائية Epithelial cells في القناة الهضمية الوسطى

* يعتمد الامتصاص على ظاهرتي الانتشار Diffusion والنقل الفعال Active transport

امتصاص الكربوهيدرات Absorption of carbohydrates

بعد ان يتم تحليل الكربوهيدرات بفعل الانزيمات الهاضمة الى سكريات بسيطة احادية تمتص بصورة رئيسية في المعدة معتمدة على ظاهرة الانتشار Diffusion اذ تنتقل السكريات الاحادية من التركيز العالي في القناة الوسطى الى التركيز الواطئ لها في الدم .

*** ان عملية امتصاص وسرعة امتصاص الكربوهيدرات تتوقف على العوامل الاتية :**

١. معدل انطلاق المواد الغذائية من الحوصلة الى القناة الهضمية : اذ توفر الحوصلة الغذاء الذي يتحول الى كلوكوز للخلايا الطلائية للمعدة التي تقوم بامتصاصه ، وان تفريغ الحوصلة من محتوياتها مسيطر علية من قبل الجهاز العصبي او بواسطة الهرمونات .

٢. معدل تحول الكلوكوز الى سكر التريهالوز : ينظم هذا العامل ويضمن استمرار انتشار الكلوكوز ما بين الخلايا الطلائية للمعدة والدم. ان تخليق وتجمع التريهالوز في الدم يؤدي دورا رئيسا في امتصاص الكلوكوز عن طريق المحافظة على مستوى منخفض من الكلوكوز في الدم وبالتالي المحافظة على استمرارية الية الانتشار من التركيز العالي للكلوكوز في القناة الهضمية الوسطى الى التركيز الواطئ في الدم . يتم تحويل الكلوكوز الى التريهالوز في الاجسام الدهنية المحيطة بالقناة الهضمية الوسطى ثم يخزن في بلازما الدم .

٣. معدل تحول الكلوكوز الى جلايكوجين يخزن في الخلايا الطلائية للمعدة : وقد يتحول الكلوكوز في الخلايا الطلائية للجزء الخلفي للمعدة الى جلايكوجين (سكر متعدد) ويخزن فيها ويحدث هذا عند زيادة تركيز الكلوكوز في الدم ، اما عندما ينخفض تركيز الكلوكوز في الدم تقوم الخلايا الطلائية بإعادته الى الدم وذلك للمحافظة على تركيز الكلوكوز في الدم وبالتالي المحافظة على استمرارية انتشاره من المعدة الى الدم.

خلاصة الموضوع : لكي تستمر الية انتشار (بدون بذل طاقة) الكلوكوز من المعدة الى الدم يجب ان يكون تركيز الكلوكوز في الدم منخفض وفي المعدة مرتفع وهذا يتحقق من خلال الاتي :

أ- تحويل الكلوكوز الى تريهالوز في الاجسام الدهنية المحيطة بالقناة الهضمية الوسطى ويخزن في بلازما الدم .

ب- تحويل الكلوكوز الى جلايكوجين في الخلايا الطلائية للمعدة وخزنة فيها.

اما الية النقل الفعال تستخدم في بعض الحشرات لقدرتها الضعيفة على تخليق التريهالوز ولذلك يكون تركيز الكلوكوز مرتفعا في دمها وتركيز التريهالوز منخفضا ، ولهذا لكي ينتقل الكلوكوز من المعدة الى الدم يجب ان تصرف طاقة.

ولأهمية الكلوكوز * كمصدر للطاقة او * يخزن في العضلات والاجسام الدهنية بهيئة جلايكوجين او * يصنع منة سكر التريهالوز في الاجسام الدهنية ويخزن في بلازما الدم لذلك فان الحشرات تمتلك قدرة عالية للاستفادة من الكربوهيدرات.

امتصاص البروتينات Protein absorption

تمتص البروتينات المتحللة (الاحماض الامينية) من قبل

١. القناة الهضمية الوسطى (المعدة) : تقوم المعدة بامتصاص الاحماض الامينية كما تقوم بامتصاص البروتينات المهضومة جزئيا ثم تهضم في الخلايا الطلائية كما في الحشرات التي تتغذى على دم الحيوانات اذ تمتص الهيموغلوبين (بروتين) قبل تحلله من قبل القناة الهضمية الوسطى .

٢. الانابيب الاعورية.

٣. المستقيم : يساهم المستقيم بإعادة امتصاص الاحماض الامينية التي طرحت من قبل انابيب مالبيجي.

- * الية الامتصاص :

١. الانتشار : اذا كان تركيز الاحماض الامينية في الغذاء داخل المعدة اعلى مما في الدم .

٢. الية النقل الفعال : يحدث النقل الفعال في بعض الحشرات التي تكون فيها سرعة الاستفادة من هذه الاحماض الامينية بطيئة مما يؤدي الى زيادة تركيزها في الدم مقارنة في المعدة.

امتصاص الدهون Lipids absorption

تحدث عملية امتصاص الدهون في :

١. القناة الهضمية الوسطى .

٢. الانابيب الاعورية.

٣. القناة الهضمية الخلفية كما في بعض كاملات غمديه الاجنحة.

٤. الحوصلة : اذ قد يمتص الكوليسترول احيانا في بعض الحشرات من قبل الحوصلة.

امتصاص الاملاح غير العضوية Minerals ions or Inorganic ions absorption

- تمص الاملاح غير العضوية من قبل : ١. المعدة ٢. المستقيم
- ان اماكن امتصاص الايونات في المعدة تختلف باختلاف الحشرات.

امتصاص الماء Water absorption

تختلف مناطق امتصاص الماء باختلاف الحشرات اذ يمتص من مناطق مختلفة من المعدة والانابيب الاعورية كما يعاد امتصاصه من قبل منطقة المستقيم . وعندما تكون الحشرة بحاجة مستمرة للماء فان منطقة المستقيم تكون نشطة جدا وتحتوي على غدد المستقيم Rectal glands اما اذا كانت الحشرة بحاجة قليلة جدا للماء فلا يعاد امتصاص الماء ولا يحتوي المستقيم على غدد المستقيم .يمتص الماء بثلاث اليات هي :

١ .الية الانتشار. ٢. الية النقل الفعال. ٣ .الية الفرق بالضغط الازموزي ما بين الدم والضغط الازموزي لمحتويات القناة الهضمية.

* عندما يكون الضغط الازموزي للدم عالي (اعلى من الضغط الازموزي لمحتويات القناة الهضمية) فان الماء سوف يمتص من القناة الهضمية الى الدم .

* اما اذا كان العكس فان الماء سوف ينسحب من الدم الى القناة الهضمية .

* ان حشرات المخازن التي تتغذى على مواد صلبة (حشرات البيئات الجافة) فانها تحصل على الماء من :

١. استخدام الماء الناتج من اكسدة الغذاء (الكلوكوز) اذ تتكون ستة جزيئات ماء منها .

٢. اعادة امتصاص الماء من الفضلات قبل طرحها الى الخارج بواسطة غدد (حلمات) المستقيم.

- **مصدرها :**

١. الغذاء الملوث بهذه الاحياء (في معظم الحشرات) .

٢. تتواجد اصلا داخل القناة الهضمية والمبيض في بعض الحشرات ، وانتقالها من جيل لأخر بواسطة البيوض الملوثة خارجيا او داخليا بالأحياء المجهرية (البكتريا) .

- **انواعها :**

١. **البكتريا** : اكثر شيوعا في غالبية الحشرات .

٢. **السوطيات** : في الصراصر والارضة.

٣. **الخمائر** : في رتبتي متشابهة وغمديه الاجنحة.

- **موقعها في الجسم :**

١. **البكتريا** : تعيش في الزوائد الاعورية لحشرات متشابهة الاجنحة المتغذية على العصارة النباتية.

٢. **السوطيات** : تعيش في تجويف القناة الهضمية الخلفية بصورة حرة كما في الصرصر والارضة .

٣. **الخمائر** : التي تعيش في تجاويف غدية خاصة تقع بين خلايا الجزء الامامي للمعدة.

دور الاحياء الدقيقة في هضم وتجهيز المواد الغذائية :

١. تجهيز مواد غذائية مهمة للحشرة (الفيتامينات والاستيرولات والحوامض الامينية والببتيدات الثلاثية)

a. خميرة *Stegobium* تجهز الحشرات بفيتامينات B والاستيرولات عن طريق افرازها في القناة الهضمية للحشرات .

b. وقد وجد نوع من البكتريا في الجهاز الهضمي لذبابة البصل تقوم بتجهيز الحشرة ببعض الفيتامينات المهمة لتطور يرقات ذبابة البصل وان عدم وجود البكتريا يؤدي الى توقف نمو اليرقات ولا تصل الى طور العذراء ولا الى الطور البالغ .

c. تقوم الاحياء الدقيقة في الصرصر بسد احتياجاتها من الحوامض الامينية والببتيدات الثلاثية وفيتامينات B .

٢. تجهيز انزيمات هاضمة : توجد عدة انواع من السوطيات في القناة الهضمية الخلفية للصرصر وفي معظم انواع الارضة الواطئة (البدائية) التي تقوم بتخليق انزيم Cellulase الذي يحلل السليلوز الى سكريات احادية (كلوكوز).

٣. تحليل نواتج العمليات الحيوية مثل (اليوريا وحامض اليوريك) الى مركبات نيتروجينية يمكن للحشرة الاستفادة منها.

تأثير نقص المواد الغذائية في الحشرات

اولا : تأثيرها في عملية النمو

ثانيا : تأثيرها في عملية الانسلاخ

ثالثا : تأثيرها في شكل الجسم وحجمة ولونة

رابعا : التأثير في عملية التكاثر

التغذية Nutrition

التغذية عبارة عن عملية اخذ الغذاء واجراء العمليات الكيموفيزيائية عليه ، ويتبع ذلك نقل المواد الغذائية المتحللة الى اعضاء الجسم المختلفة لاستخدامه في الطاقة.

القواعد الاساسية للتغذية Principles of Nutrition : ان القاعدة الاساسية المثلى لتغذية الحشرات تعني بان الغذاء يجب ان يحتوي على جميع العناصر الغذائية الضرورية وبكميات كافية ومتوازنة. وفي حالة فقد او نقص اي مادة غذائية ضرورية او وجود المواد الغذائية بصورة غير متوازنة فان هذا يؤدي الى ظاهرة سوء التغذية Malnutrition و هذه الظاهرة تسبب تشوهات مورفولوجية وفسيولوجية للحشرات.

١. **قاعدة التماثل The Sameness Rule** : تتطرق هذه القاعدة الى المتطلبات النوعية للحشرات والتي تكون متشابهة بغض النظر على النوع وعادات التغذية للأنواع المختلفة من الحشرات ، وتعتبر هذه القاعدة عامة مع وجود قليل من الاختلافات التي قد تتعلق بالجنس والعمر او الى نوع خاص من الحشرات او عادة التغذية فمثلا

- ان جميع الحشرات المتغذية على النباتات تحتاج لفيتامين C .
- وذبابة الدروسوفلا بمفردها تحتاج الى ستيرول خاص Δ^{7}-Sterol الموجود في نبات الصبير .
- بينما عموم الحشرات تحتاج لمادة Δ^{5}-Sterol
- وقليل من الحشرات يجب ان يتوفر في غذائها فيتامين E .
- والبعض الاخر تحتاج الى احماض دهنية وخاصة حامض Linoleic .

مع وجود هذه الاختلافات فان معظم الحشرات تحتاج في غذائها نفس الحوامض الامينية والفيتامينات والدهون ولذا فيمكن اعتبار هذه القاعدة عامة وضرورية يمكن تطبيقها على نوعية المتطلبات الغذائية اكثر مما تنطبق على كمياتها وبوجه التحديد لمتطلبات الحشرات غير البالغة اكثر مما هو في الحشرات البالغة.

ان هذه القاعدة لا تخلو من عيوب نتيجة بعض الاختلافات بالمتطلبات النوعية للحشرات وخاصة الحشرات الطفيلية والمفترسة ولكنها تعتبر قاعدة عامة ومفيدة ترشدنا الى فكرة الغذاء الواحد لمختلف الاحياء.

٢. **قاعدة النسبة الغذائية The Principles of Nutrient Proportionality** : تعتبر هذه القاعدة كتحسين لقاعدة التماثل اذ تنحصر بكمية الاحتياجات الغذائية التي قد تختلف من نوع الى اخر وحتى في الانواع المتقاربة .

فمثلا كان نمو وتطور الصرصر ***Blattella*** طبيعيا في حالة تغذيتها على غذاء يحتوي ٣٠% بروتين (كازين) و ٣٦% كربوهيدرات (كلوكوز) .

وهذه القاعدة مفيدة لتتم عمليات الايض بصورة طبيعية اذ ان النسب غير المتوازنة تؤدي الى نقصان فعالية التحويل الغذائي للحشرة وكذلك تقلل من رغبة الحشرة من تناول الغذاء غير المتوازن فيقل معدل نموها ، ففي حالة تغذية بالغة ذبابة الدروسوفلا مثلا على غذاء مفتقر لاحد العناصر الغذائية الضرورية فتقلل قابلية الاخصاب كثيرا او تطول فترة حياتها قليلا .

الغذاء المتوازن والملائم يساعد الحشرة على انتاج اعداد كثيرة من الافراد ويعتبر احد العوامل الحيوية التي تنظم اعداد وتذبذب افرادها .ان الاختلافات في تركيب الغذاء يؤثر على الحشرات بمختلف الطرق ، فمثلا

+ كمية الاحماض الامينية والدهنية والسكريات في انسجة جسم الحشرة تعتمد على مكونات الغذاء المتناول.

+ فاستخدام الاسمدة والكيميائيات تغير من مكونات النباتات الكمية وبذا فقد تزداد قيمتها الغذائية للحشرات .

+ بعض الحشرات يجب ان تتغذى على مصادر غذائية مختلفة لكي تستطيع ان تحافظ على التوازن الغذائي ، فمثلا كان النمو وفترة البقاء وقابلية الاخصاب في حشرات حرشفية الاجنحة اعلى بكثير عند تغذية يرقاتها على عوائل نباتية مختلفة مقارنة بتغذيتها على عائل نباتي واحد.

٣. **قاعدة التكامل The Principles of Cooperating Supplements** : ويعني بها اضافة او احلال مواد غذائية لتساهم الغذاء الشائع وذلك لإكمال الاحتياجات الغذائية الضرورية للحشرات ، وعادة ما تكون هذه المواد عبارة عن احتياجات غذائية يتم تجهيزها بواسطة الاحياء الدقيقة وبدون هذه المواد فان القيمة الغذائية للغذاء الرئيسي تكون محدودة.

- تحتاج ذبابة *Phormia* في غذائها اما الحامض الاميني Cystine او Methionine وليس كلاهما .
- بالإمكان احلال احدى الحوامض الامينية Thymidine او Purine او Serine محل حامض الفوليك في غذاء ذبابة الدروسوفلا.

الاحتياجات الغذائية المهمة للحشرات

اولا : الكربوهيدرات Carbohydrates

ثانيا : البروتينات Proteins

ثالثا : الدهون Lipids

رابعا : الفيتامينات Vitamins

خامسا : الاحماض النووية Nucleic acid

سادسا : الاملاح غير العضوية Minerals

سابعا : الماء Water

كلية الزراعة والغابات/ قسم وقاية النبات – المرحلة الثالثة

فسلجه الحشرات - المحاضرة الثالثة

الإخراج واعضاء الاخراج

Excretion and Excretory Organs

الدكتور محمد يوسف سيد غني

2024 - 2025

الإخراج واعضاء الاخراج Excretion and Excretory Organs

الاخراج Excretionهو عملية ازالة الفضلات الناتجة عن عمليات التحويل الغذائي (Metabolism) العديمة الفائدة اذا ما تراكمت داخل جسم الحشرة ، وضبط التوازن بين المحتوى المائي وتركيز الاملاح في السائل الدموي من اجل توفير الوسط الكيمياتي الملائم لفعالية الانسجة واعضاء جسم الحشرة للقيام بوظائفها بشكل مناسب وكفوء .

اما الابراز Egestion فهو طرح المواد الغذائية غير المهضومة وغير القابلة للامتصاص والتي تبقى داخل القناة الهضمية ثم تطرح الى خارج الجسم كفضلات Feces(براز) عن طريق المخرج .

* وظائف جهاز الإخراج Function of Excretion System: يتضمن الاخراج اما :

١. ازالة المواد السامة بأحد الطريقتين :

a. طرحها بشكل امونيا.

b. او تحويلها الى يوريا او حامض اليوريك ، وعزل حامض اليوريك في خلايا خاصة تسمى الخلايا اليورية Urate cells .

٢. ازالة بعض المواد المفيدة الزائدة عن حاجة الجسم كالماء والاملاح وبعض الحوامض الامينية والسكريات.

3 . تنظيم الضغط الازموزي (التنافذي) للسائل الدموي وذلك بموازنة المحتوى المائي وتركيز الاملاح الذائبة Osmoregulation (Salt-Water Balance).

انواع الفضلات النيتروجينية

تختلف الحشرات فيما بينها وكذلك الاطوار المختلفة لنفس النوع في انواع الفضلات النيتروجينية التي تطرحها خارج الجسم وفي نسب تلك الفضلات وذلك لاختلاف البيئة والتغذية ، وان انواع الفضلات النيتروجينية التي تطرحها الحشرات تشمل الاتي :

١. **الامونيا** Ammonia (NH_3^+) : تتصف بانها :

a. عالية الذوبان في الماء.

b. تحتوي على نسبة عالية من النتروجين ٨٢%.

c. سامة جدا للحشرات اذا بلغ تركيزها في السائل الدموي 8.5 ملغم/١٠٠ مل من دم الحشرة

الامونيا موجودة في براز معظم الحشرات ، **ويجب ان تعزلها بسرعة لأنها سامة جدا وتحتاج الحشرة الى كميات كبيرة من الماء لإخراجها لذلك تعتمد الاطوار المائية للحشرات على اخراج الامونيا كفضلات نيتروجينيه.**

2 . اليوريا Urea : تتصف بانها :

a. عالية الذوبان في الماء .

b . قليلة السمية مقارنة بالأمونيا.

c . تحتوي على ٤٦% نتروجين.

d . نسبتها ضئيلة مقارنة بالفضلات النيتروجينية الاخرى.

لقد تجنبت الحشرات سيادة اليوريا في فضلاتها النيتروجينية فبالرغم من قلة سميتها الا ان ذوبانها العالي جدا في الماء سيؤدي الى تكوين محلول ذو ضغط تنافذي عالي جدا لا يمكن لخلايا المستقيم ان تمتص الماء والمواد المفيدة منة عن طريق الانتشار ، كما ان صغر حجم جزيئات اليوريا يسمح لها باختراق غشاء الكيوتكل للمستقيم والعودة الى السائل الدموي.

٣. حامض اليوريك Uric acid : تتصف بانها :

a. نسبة ذوبان الحامض في الماء واطئة جدا .
c . نسبة النتروجين ٣٣% .
b. غير سام .

* يوجد حامض اليوريك في معظم الحشرات ويكون سائدا في الحشرات الارضية الا في بعض الحالات النادرة ، اما في الحشرات المائية ورغم سيادة الامونيا فان حامض اليوريك يوجد بكميات لا بأس بها .

وسبب انتاج الحشرات الارضية لهذا الحامض كفاضل نتروجيني لأنه غير سام وقليل الذوبان جدا في الماء ، حيث يتحول الحامض النقي الى بلورات في الماء ولذلك تفقد الحشرات قليلا من الماء لطرحة للخارج اذ ان هذا الحامض لا يؤثر على الضغط التنافذي لمحتويات تجويف المستقيم وبذلك تتمكن الخلايا من سحب الماء والمواد المفيدة من هذه المحتويات عن طريق الانتشار واعادتها للدم ، وكلما زادت سيادة حامض اليوريك على بقية الفضلات النيتروجينية زادت قدرة الحشرة على طرح ادرار اكثر جفافا.

ومن عيوب هذه الطريقة هو استهلاك طاقة كبيرة في تصنيع حامض اليوريك ، وبسبب عدم سميته فقد تمكنت الحشرات ان تخزن هذا الحامض في الخلايا البولية الموجودة بين خلايا الجسم الدهني.

٤. الحوامض الامينية Amino acid : توجد بنسب ضئيلة جدا في فضلات اغلب الحشرات مقارنة بالفضلات النيتروجينية المطروحة ويعود سبب وجودها لعدم قدرة خلايا المستقيم من امتصاص كل الحوامض الامينية اي ان السبب فشل في الامتصاص وليس غرضا اخراجيا.

واحياناً يقوم جهاز الإخراج بطرح احماض امينية معينة موجودة في الغذاء لأسباب خاصة فمثلا ذبابة التسي التسي المتغذية على الدم فإنها تطرح وبنسبة عالية الحوامض الامينية Arginine و Histidine لان الحشرة لا تستفاد منهما لاحتوائهما على نسبة عالية من النتروجين ٣٢ و ٢٧% على التوالي مقارنة بالأحماض الامينية الاخرى ولذلك فان الحشرة تحتاج الى استهلاك طاقة كبيرة لغرض تمثيلها .

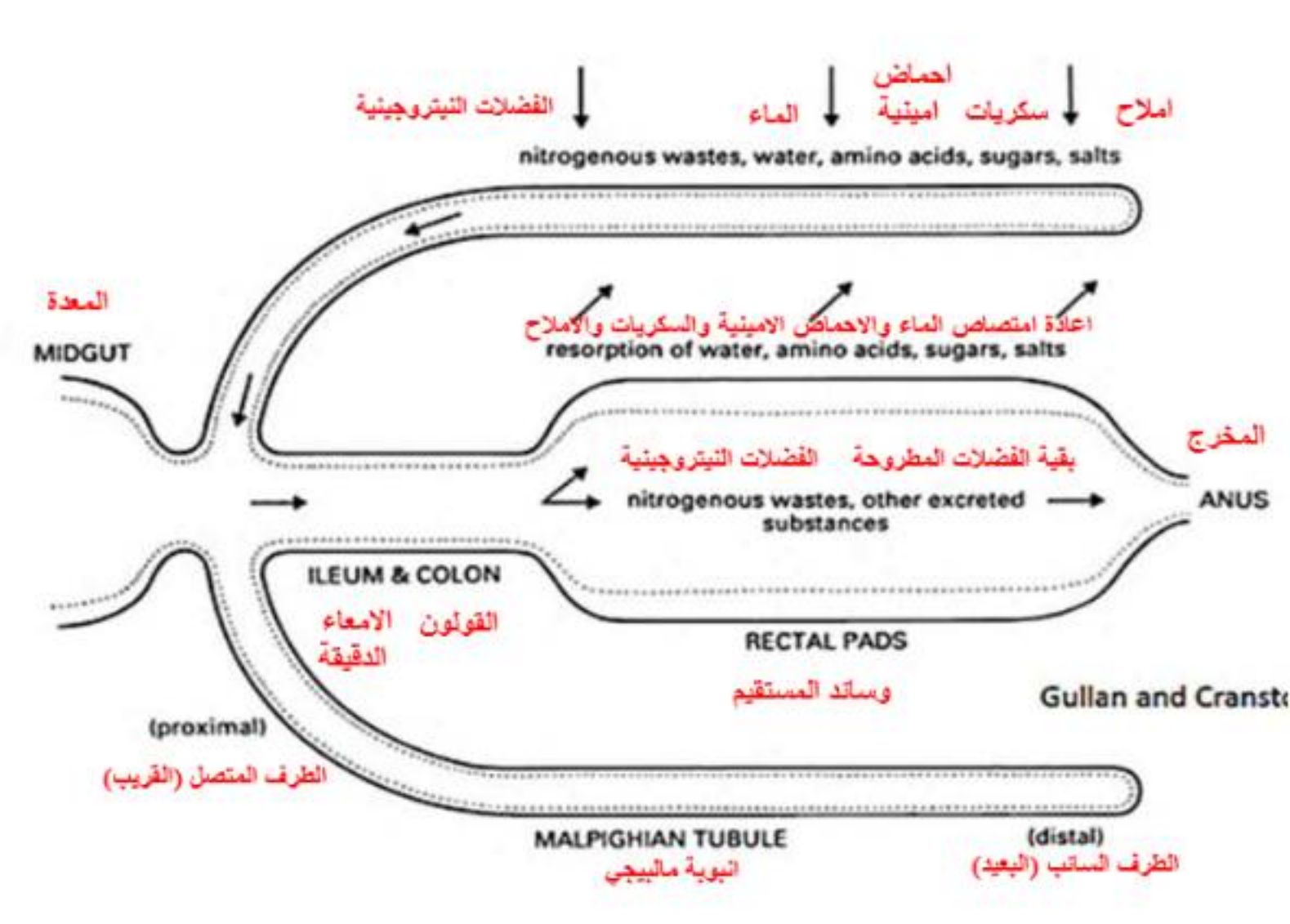
٥. Allantoin و Allantoic acid : وهما من مشتقات حامض اليوريك * يسود Allantoin على بقية الفضلات النيتروجينية في اغلب افراد رتبة نصفية الاجنحة كما يوجد بنسب معتدلة مع حامض اليوريك في براز العديد من الحشرات الاخرى ، * ويسود Allantoic acid في بعض افراد رتبة حرشفية الاجنحة، ولم يعرف السبب من تحّول حامض اليوريك لهذين الحامضين.

عملية اخراج الفضلات النيتروجينية

تدخل الجزيئات الصغيرة للمركبات العضوية الموجودة في الهيموليف عبر جدار انابيب مالبيجي عن طريقين :

- الاول : بواسطة النقل الفعال وهو متخصص لنقل حامض اليوريك فقط.
- والثانية : بالانتشار وبواسطته تدخل بقية المركبات.

* يوجد حامض اليوريك في الدم مذابا بشكل يورات البوتاسيوم او الصوديوم ، وجد ان تركيز ايونات اليوريا في سائل انابيب مالبيجي في حشرة *Carausius* يبلغ عشر مرات اكثر مما في الدم مما يشير الى ان خلايا انابيب مالبيجي تنقل ايونات اليوريا من منطقة التركيز الواطئ الى التركيز العالي ، وتسير يورات البوتاسيوم او الصوديوم مع سائل الانابيب المفرز لتصل الى الامعاء ثم المستقيم وهناك يبدا اعادة امتصاص الماء وايونات البوتاسيوم او الصوديوم ويصاحب ذلك تغيير في حموضة محتويات المستقيم لتصل الى 3.5 – 4.5 بعد ان كانت 6.8–7.5 في الانابيب ويؤدي ذلك الى ترسب بلورات حامض اليوريك لتخرج مع الادرار والبراز وبهذه الطريقة يتم اخراج حامض اليوريك في الحشرات التي تكون انابيب مالبيجي فيها افرازية على طولها .


الفضلات النيتروجينية
الماء
احماض امينية
سكريات
املاح
nitrogenous wastes, water, amino acids, sugars, salts
المعدة
MIDGUT
اعادة امتصاص الماء والاحماض الامينية والسكريات والاملاح
resorption of water, amino acids, sugars, salts
المخرج
بقية الفضلات المطروحة
الفضلات النيتروجينية
nitrogenous wastes, other excreted substances
ANUS
ILEUM & COLON
الامعاء الدقيقة
القولون
RECTAL PADS
وسائد المستقيم
Gullan and Cranst
(proximal)
الطرف المتصل (القريب)
MALPIGHIAN TUBULE
انبوبة مالبيجي
(distal)
الطرف السائب (البعيد)

* اما في الحشرات التي تنقسم فيها انابيب مالبيجي الى منطقة علوية افرازية ومنطقة سفلية لإعادة الامتصاص كبقة *Rhodnius* فان يورات البوتاسيوم والصوديوم تفرز الى داخل تجويف انبوب مالبيجي في المنطقة المشطية لتنزل مع بقية السائل المفرز وعندما تصل الى المنطقة الفرشاتية يعاد امتصاص الماء والايونات الموجبة وتتغير الحموضة من 2.7 – 6.6 فترسب حامض اليوريك على شكل بلورات وتستمر عملية البلورة والترسيب في الامعاء والمستقيم.

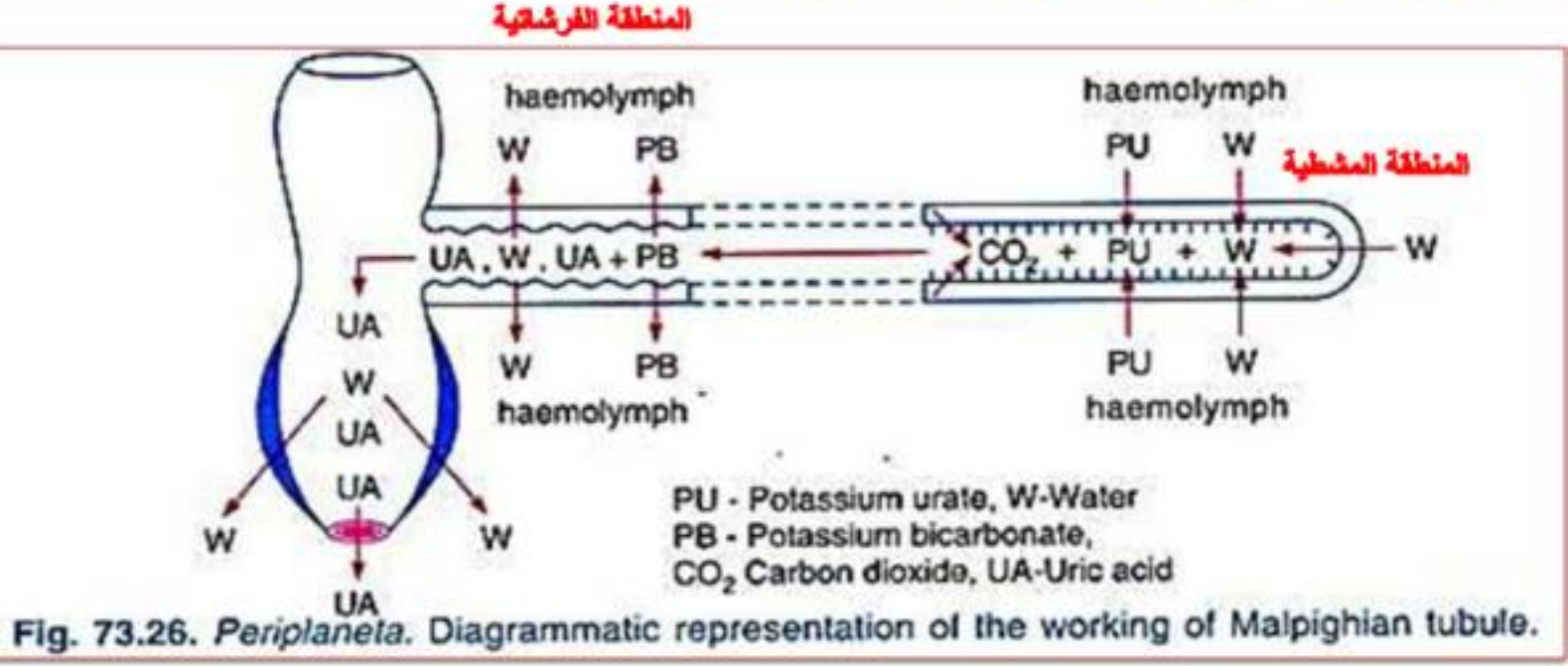


Fig. 73.26. *Periplaneta.* Diagrammatic representation of the working of Malpighian tubule.

اما جزيئات بقية المركبات العضوية (النيتروجينية والسكريات) فإنها تنتقل من الدم وعبر جدار انابيب مالبيجي الى تجويف الانابيب عن طريق الانتشار من منطقة التركيز العالي الى منطقة التركيز الواطئ .

ان جدار انابيب مالبيجي يختلف في نفاذيته للمركبات العضوية المختلفة وان هذه المركبات تدخل الى تجويف الانابيب بواسطة **الانتشار** وتمر مع سائل الانابيب المفرز الى الامعاء ثم المستقيم حيث يعاد امتصاصها من قبل خلاياه وتعود للدم. ان هذه الدورة للمركبات العضوية المفيدة (عدا اليوريا) من الدم الى انابيب مالبيجي ثم المستقيم والى الدم ثانية قد جاء كنتيجة عرضية لواجب اساسي لجهاز الاخراج وهو طرح المركبات السامة وغير المرغوبة.

فأكثر جزيئات المركبات غير المرغوبة تكون **متوسطة** الى **كبيرة** الحجم ولابد لجدار الانابيب ان يكون على قدر من النفاذية يسمح لها بالدخول من الدم الى تجويف الانابيب اما عن طريق الانتشار او النقل الفعال ونتيجة ذلك تدخل جزيئات المركبات العضوية **المفيدة** التي تكون **اصغر** حجما عبر جدار الانابيب ، وفي الامعاء والمستقيم يكون **غشاء الكيوتكل السميك** نفاذا للجزيئات **الصغيرة** وهي جزيئات المركبات **المفيدة** ، اما الجزيئات **الاكبر** حجما فإنها **لا** تتمكن من اختراقه وبذلك **تخرج** مع البراز والادرار.

* وبالنسبة للفضلات النيتروجينية الاخرى مثل Allantoin و Allantoic acid فلا يعرف الكثير عن طريقة اخراجها ولكن يعتقد ان انزيمي Allantoinase و Urease الموجودان في انابيب مالبيجي يقومان بتحويل املاح حامض اليوريك المفرزة الى املاح هذين المشتقين ، ولأسباب لم تعرف بعد **لا** تتمكن انابيب مالبيجي في الصرصر الامريكي من عزل حامض اليوريك لذلك يقوم جدار الامعاء بعزله من الدم ونقله الى تجويف القناة الخلفية .

* اما اخراج الامونيا بكميات كبيرة في بعض الحشرات مثل يرقات الذباب المعدني وذبابة اللحم فيتم بواسطة **القناة الهضمية** حيث تمر غالبية الامونيا من المعدة الى الامعاء والمستقيم لتطرح خارجا وتقوم انابيب **مالبيجي** وجدار القناة الهضمية **الخلفية** بعزل ما يوجد من الامونيا في الدم .

اعضاء الاخراج Excretory Organs

اولا: جهاز الإخراج النموذجي : وهي عبارة عن التراكيب الثلاثة للقناة الهضمية الخلفية وهي :

١. انابيب مالبيجي Malpighian tubes: تعزل سائل يحوي على كل المواد الذائبة والمواد العضوية ذات الوزن الجزيئي الواطئ من الدم.
٢. الامعاء Intestine: {اعادة امتصاص المواد المفيدة للحشرة وارجاعها للدم وطرح باقي المواد
٣. المستقيم Rectum: خارج الجسم مع البراز}.

*** يتركب جهاز الإخراج النموذجي من الاتي :**

١. **انابيب مالبيجي** Malpighian tubules: وهي انابيب رفيعة وطويلة مغلقة من طرفها العلوي (البعيد) وتتصل من طرفها الاسفل بمقدمة الامعاء عند او قرب اتصال الامعاء بالمعدة واحيانا يفتح قسم منها او كلها في المعدة ، وقد يفتح كل انبوب على حده بالأمعاء او قد تصب كل مجموعة من الانابيب بتركيب (كيس) مثاني يفتح بدورة بمقدمة الامعاء.

تسبح الانابيب في السائل الدموي اذ تعزل منه المواد الذائبة فيه ، وتكون الانابيب اطول عندما يكون عددها قليل وذلك لزيادة المساحة السطحية المعرضة للدم ، وينعدم وجود انابيب مالبيجي في حشرة المن ورتبة ذات الذنب القافز وتتمثل بحليمات في رتبة ثنائية الذنب Diplura وذات الذنب العجزي Protura وتوجد في باقي الحشرات بأعداد زوجية من اثنان في الحشرات القشرية الى 250 في الجراد الصحراوي.

* تغلف انابيب مالبيجي من الخارج **بغشاء** ناشئ من خلايا النهايات القصبية Tracheoblasts ويوجد على هذا الغشاء اعداد غزيرة من قصيبات هوائية دقيقة جدا ، يلي هذا الغشاء **عضلات حشويه** تتألف من طبقة واحدة من الياف عضلية مخططة .* وظيفة هذه العضلات تحريك الانابيب حركة التوائية في السائل الدموي لزيادة قابلية الانابيب على التعامل مع المواد الذائبة في الدم ، وتعمل هذه العضلات بمعزل عن الايعازات العصبية من الجهاز العصبي المركزي حيث ينظم نشاطها بواسطة افرازات المخ فقط .يلي هذه العضلات **غشاء قاعدي** رقيق ومرن ترتكز علية **الخلايا الطلائية** المؤلفة لجدار الانبوب وتخترق هذا الغشاء **قصيبات هوائية** دقيقة ، لا يسمح الغشاء القاعدي بمرور المواد ذات الوزن الجزئي العالي.

اوضح المجهر الاليكتروني وجود التراكيب الاتية بالنسبة لأنبوبة مالبيجي من الخارج الى الداخل هي

أ- الانطوانات القاعدية Basal infoldings : ينطوي غشاء بلازما الخلية من الاسفل عدة انطوانات الى داخل الخلية وقد يمتد عمق بعضها الى ثلث طول الخلية وتحتوي هذه الانطوانات داخلها على اعداد كبيرة من الميتاكوندريا وعلى السيتوبلازم ويمتد اليها شبكة البلازما الداخلية. اهمية الانطوانات القاعدية هو لزيادة المساحة السطحية لقاعدة الخلية لغرض زيادة سرعة نقل المواد المستخلصة من الدم وتتكون بين هذه الانطوانات من الخارج قنوات دقيقة طولها ٥-١٠ ميكرون ولهذه القنوات دور هام في تكوين اختلافات موضعية في الضغط التنافذي بين السائل الموجود فيها والسائل الدموي العام.

ب- شبكة البلازما الداخلية Endoplasmic reticulum : وتكون متركزة في وسط الخلية وتمتد الى منطقة الانطوانات القاعدية والمنطقة الزغيبية وتكون على شكل انابيب متناهية الدقة على طول الخلية ، ويعتقد بانها تقوم بنقل المواد.

ت- الزغيبات Microvilli : وهي امتدادات خارجية لغشاء الخلية من جهتها العلوية اي من جهة تجويف انبوبة مالبيجي وتكون كثيفة جدا ومتفرقة عن بعضها البعض ويوجد بداخلها امتدادات سايتوبلازمية وميتاكوندريا متطاولة.

ث- الميتاكوندريا Mitochondria : وتوجد بأعداد هائلة وتتركز في منطقتي الانطوانات القاعدية والزغيبية ، كما توجد اعداد كبيرة منها مبعثرة وسط الخلية. ان كثرة وجود الميتاكوندريا على هذا النحو يشير الى ان الخلية تصرف قدر من الطاقة التي تتحرر بفعل انزيمات ATPaseالتي ثبت وجودها في المنطقتين الزغيبية والانطوانات القاعدية من الخلية وهذا يدعم افتراض وجود مضخات تسحب بعض الايونات من السائل الدموي وضخها نحو تجويف الانبوب عبر الخلية.

+ يشير جميع الباحثين الى وجود نوعين من انابيب مالبيجي في الحشرات ، فالنوع

الاول : كما في الحشرة العصوية *Carausius* ويمتاز بتجانس كثافة الزغيبات على طول تجويف الأنبوبة. اما

الثاني : فقد لوحظ في بقة الرودينياس *Rhodnius* ويمتاز بان كثافة الزغيبات في الطرف البعيد من انبوب مالبيجي تكون اكثر مما علية من الطرف القريب وتسمى المنطقة الكثيفة بالحد المشطي Comb border فيما تسمى المنطقة الاقل كثافة بالحد الفرشاتي Brush border وهذا الاختلاف التشريحي يؤدي اختلاف خاص في ميكانيكية الاخراج.

* انابيب مالبيجي في معظم الحشرات تسبح بشكل سائب او حر في السائل الدموي غير ان هناك تحوير مهم جدا في بعض يرقات **حرشفية** الاجنحة وفي يرقات وبالغات **غمديه** الاجنحة خصوصا **خنافس الحبوب** المخزونة ويسمى هذا التحوير **بالترتيب الكلوي المستور** Cryptonephridial arrangement وهو ذو اهمية بالغة **لإعادة** امتصاص الماء من محتويات تجويف المستقيم قبل خروجها كبراز وإعادته للدم ، خاصة وان هذه الحشرات تتغذى على غذاء قليل المحتوى المائي.

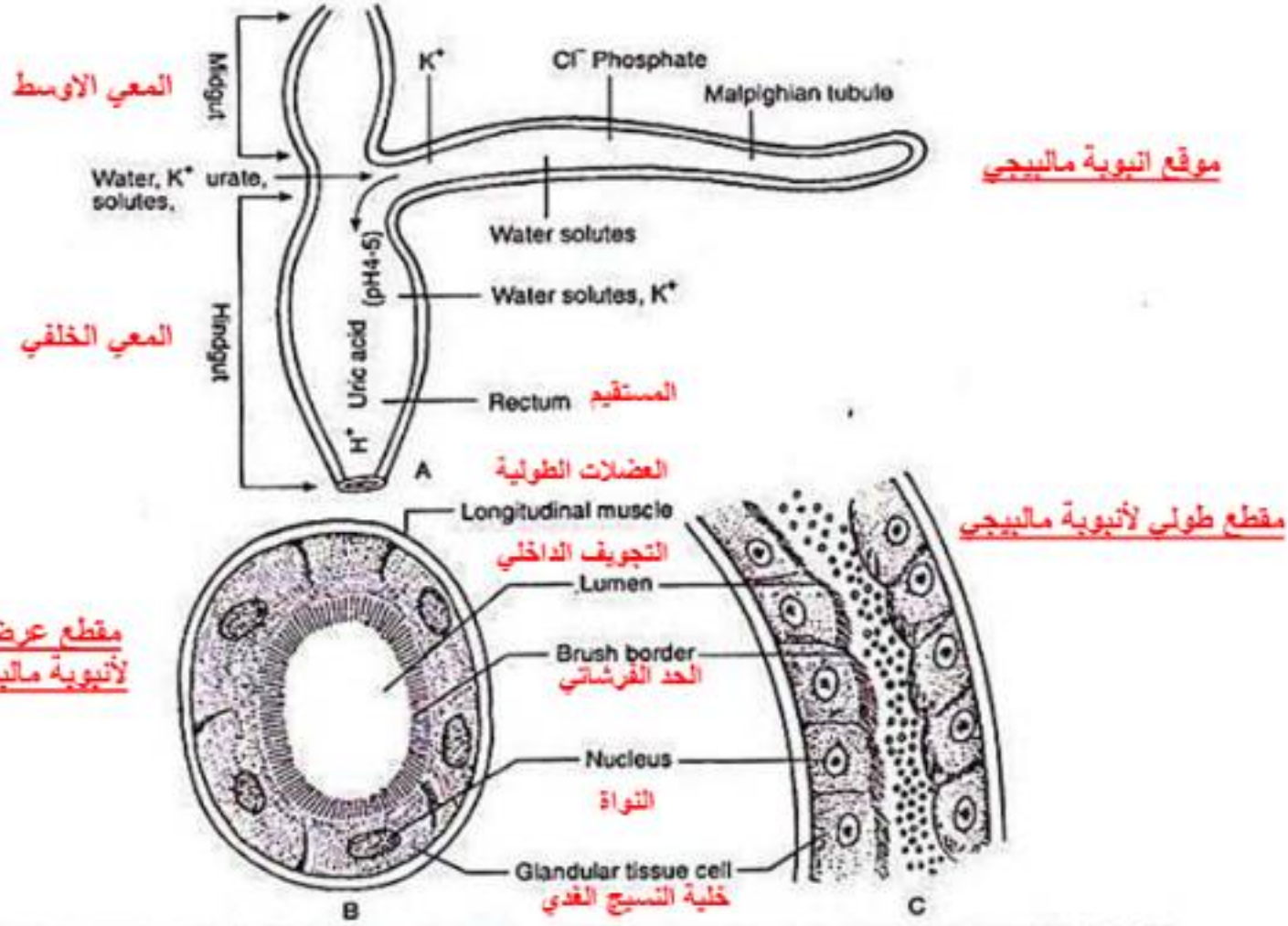


Fig. 18.58: Malpighian tubule of *Periplaneta*. A. Location of Malpighian tubule. B. Transverse section of Malpighian tubule. C. Longitudinal section of Malpighian tubule.

٢. الامعاء Intestine : تقع الامعاء بين المعدة والمستقيم وفي العديد من الحشرات تفتح انابيب مالبيجي في مقدمة الامعاء وفي حشرات اخرى كبقة *Rhodnius* تفتح انابيب مالبيجي في المستقيم مباشرة. تبطن الامعاء بغشاء سميك من الكيوتكل ويتألف جدارها من طبقة خلايا طلائية مكعبة وتحاط بعضلات دائرية وطولية.

٣. المستقيم Rectum : وهو تركيب كيسي الشكل يلي الامعاء ويتألف في بعض الحشرات من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية العمودية كما في رتبتي الصراصر ومستقيمة الاجنحة Orthoptera او من طبقتين كما في رتبتي حرشفية Lepidoptera وثنائية الاجنحة.

تنتظم هذه الخلايا بشكل وسائد Pads او تسمى حليمات المستقيم Papillae عددها ستة تحيط بتجويف المستقيم. يبطن المستقيم من الداخل بغشاء سميك من الكيوتكل يستمر حتى في المناطق التي بين الوسائد وهذا الغشاء يقوم بدورين مهمين * الاول حماية الخلايا الطلائية من الاحتكاك من المواد الموجودة في تجويف المستقيم * والثاني نفاذيته المتخصصة لمواد معينة دون اخرى اذ تتمكن الجزيئات الصغيرة التي يقل قطرها عن ٥-٦ أنجستروم وايونات العناصر والماء فقط من النفاذ بسهولة.

+ ان لهذه النفاذية المتخصصة اهمية بالغة في عملية الاخراج.

يحاط المستقيم من الخارج بعضلات دائرية مستمرة تتخللها ستة حزم من عضلات طولية ، وتخترق العضلات الدائرية قصبات وقصيبات هوائية ، وان فحص المستقيم بالمجهر الاليكتروني قد اوضح تراكيب دقيقة مكنت من تفسير دور المستقيم في عملية الاخراج.

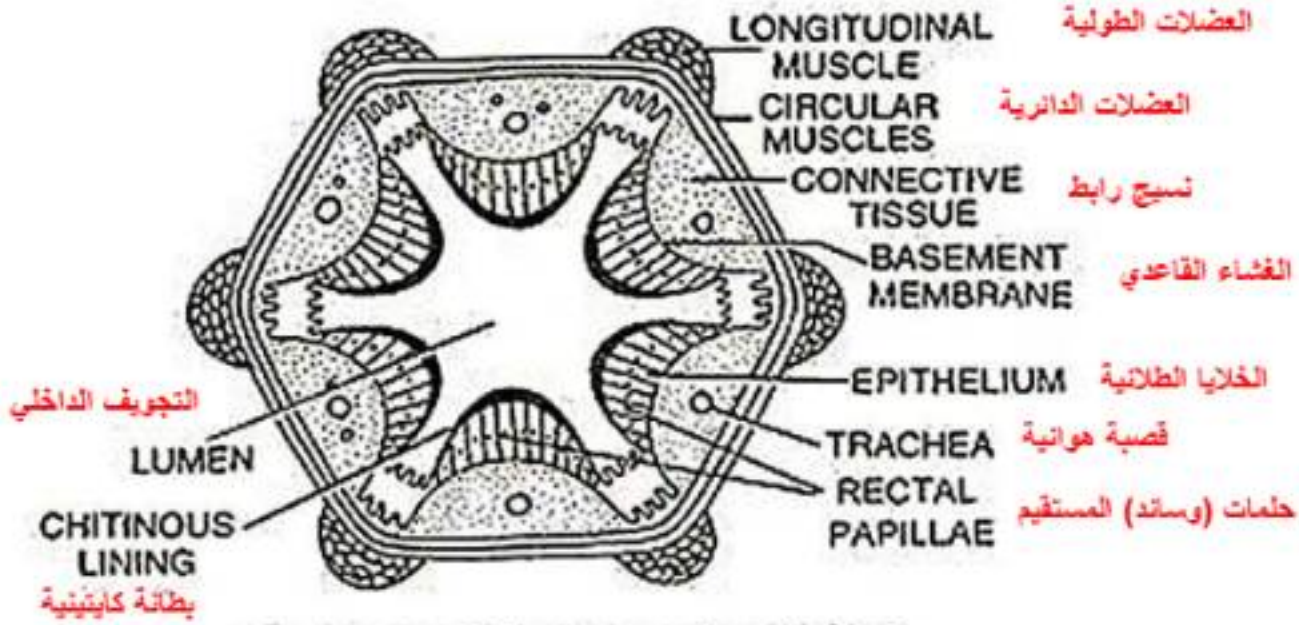


Fig. 7A. 24. T.S. rectum of cockroach.

مقطع عرضي للمستقيم في الصرصر

Mechanism of Excretion Regulation ميكانيكية تنظيم الاخراج

لا تتمكن الحشرات من عزل جزيئات وايونات المواد غير المرغوبة بواسطة نظام الترشيح الموجود في الفقريات لان ضغط الدم في الحشرات واطئ جدا لذلك فان الاخراج في الحشرات يعتمد الترابط الوثيق بين اربعة خصائص وهي :

١. الاختلاف في النفاذية Permeability بين الغشاء القاعدي لخلايا انابيب مالبيجي الطلائية ونفاذية غشاء الكيوتكل المبطن لخلايا الامعاء والمستقيم .

٢. الانتشار Diffusion وهو انتقال ايونات او جزيئات مادة معينة كالماء او مركبات عضوية او غير عضوية عبر غشاء مختلف النفاذية من منطقة التركيز العالي الى التركيز الواطئ ، وهذا الانتقال لا يحتاج لاستهلاك طاقة (يطلق على انتشار جزيئات الماء مصطلح التنافذ Osmosis) .

٣. النقل الفعال Active transport وهو عملية نقل (امتصاص) ايونات او جزيئات مادة معينة عبر غشاء حي من منطقة التركيز الواطئ الى منطقة التركيز العالي وهذه العملية تحتاج لاستهلاك طاقة ATP من قبل الخلية .

٤. الاختلاف في الضغط التنافذي Osmotic pressure للسوائل المعزولة عن بعضها البعض بواسطة اغشية مختلفة النفاذية.

ثانيا : اعضاء الاخراج غير العامة (الخاصة) لبعض الحشرات

١. الغدد الشفوية (الكلى الشفوية) Labial Glands : توجد هذه الغدد في حشرات رتبتي

a. ذات الذنب القافز (الكوليمبولا) وذات الذنب الشعري (السمك الفضي)، التي لا تمتلك انابيب مالبيجي اذ تقوم الغدد الشفوية بعزل بعض الصبغات (نواتج عمليات الايض) من الدم وطرحها عن طريق فتحة في قاعدة الشفى السفلى.

b. يوجد زوج من الغدد الشفوية في بعض يرقات عائلة Saturnidae (حرشفية الاجنحة) تقوم بإفراز محلول بيكربونات البوتاسيوم عند خروج الكاملة من العذراء وهي ما تزال داخل الشرنقة والغاية من افراز هذا المحلول هو :

i. التخلص من الماء الزائد الموجود في السائل الدموي لخفض وزن الحشرة البازغة من العذراء فتتمكن من الطيران.

ii. التخلص من البوتاسيوم K^+ الزائد والذي حصلت عليه اليرقة اثناء تغذيتها على الاوراق النباتية الغنية بهذا العنصر .

* وهاتان العمليتان هما وظيفتان اخراجيتان.

iii . توفير وسط حموضة مناسب (pH اقل من ٧) لأنزيم Coconase الذي يهضم حرير الشرنقة لكي تتمكن اليرقة من الخروج من الشرنقة.

* الغدد الشفوية تتحور الى غدد حريرية تفرز السائل الحريري عن طريق الغازلة ليتصلب عند ملامسته الهواء الى حرير.

٢. غرفة الترشيح Filter Chamber

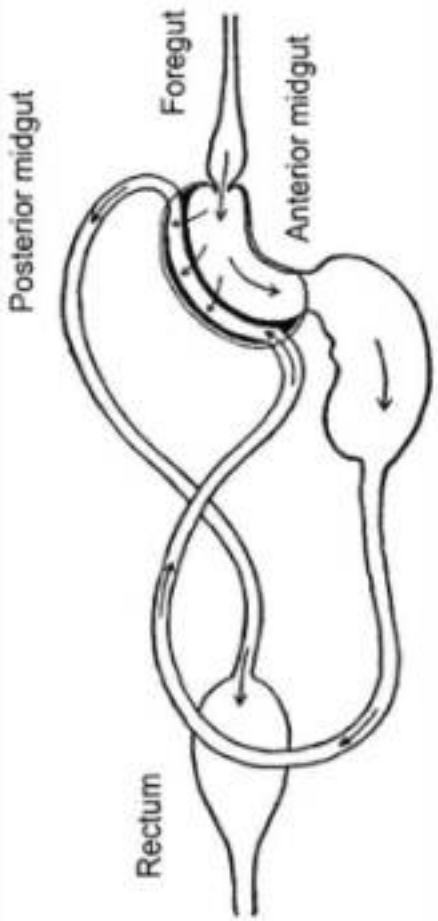
تمتص حشرات رتبة متشابهة الاجنحة Homoptera (المن والذباب الابيض والدوباس والقفازات) كميات كبيرة من العصارة النباتية للحصول على مكونات غذائية معينة كالحوامض الامينية بكميات كافية للنمو والتكاثر السريع لان نسبة الحوامض الامينية في العصارة النباتية تكون قليلة، اما مكونات العصارة الاخرى كالماء والكربوهيدرات فتكون متوفرة بما يزيد عن حاجة تلك الحشرات ، لذلك تحورت القناة الهضمية الوسطى (المعدة) مكونة ما يسمى غرفة الترشيح وهو تحور يستخلص عن طريق الانتشار الزائد من المواد الغذائية الموجودة في العصارة النباتية الممتصة ويوصلها الى الامعاء والمستقيم دون المرور بالمعدة ولهذا التحور عدة وظائف منها :

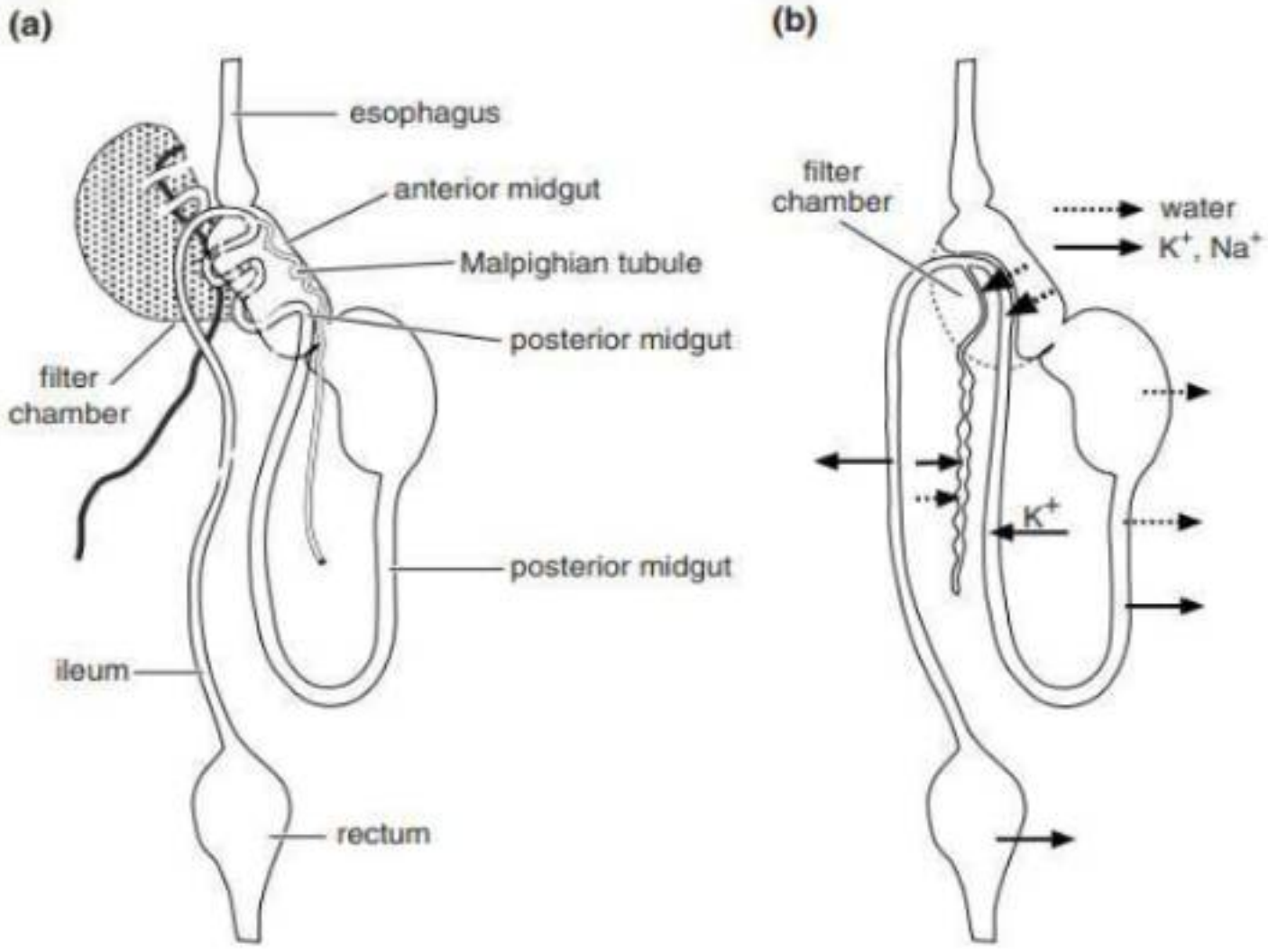
- عدم تخفيف السائل الدموي وذلك بعدم السماح لمرور غذاء مخفف (ماء وعصارة) وامتصاصه من المعدة ثم الى الدم .
- مرور تركيز مناسب من العصارة النباتية الى المعدة لتتمكن انزيمات الهضم من اداء وظيفتها بكفاءة عالية.
- المساهمة بعزل العديد من المكونات الغذائية الزائدة عن حاجة الجسم ونقلها مباشرة الى القناة الهضمية الخلفية كالسكريات الزائدة التي تطرح الى الخارج بشكل ندوة عسلية Honeydew على جسم النبات.

* يختلف تركيب غرفة الترشيح من عائلة لأخرى وبشكل عام تتكون من انبعاج نحو الداخل على طول مقدمة القناة الهضمية الوسطى ويغلق هذا الانبعاج بواسطة الغشاء القاعدي ، وبداخل هذا الانبعاج تمتد مقدمة القناة الهضمية الخلفية ومعها الاطراف القريبة من انابيب مالبيجي كما في عائلة Cercopidae .

* لقد وجدت حوامض امينية وكربوهيدرات في الندوة العسلية للمن من نفس الانواع الموجودة في العصارة النباتية ولم يعثر على اثر محسوس للفضلات النيتروجينية كاليوريا وحامض اليوريك ، اما الامونيا فقد وجدت بنسبة ٥-٨% من المكونات النيتروجينية للندوة العسلية ، ويعتقد ان وجود الامونيا لا يعود الى ايض الحوامض الامينية في جسم حشرة المن لان العصارة النباتية تحوي على كافة الحوامض الامينية اللازمة لنمو وتكاثر المن ، وانما يعود لفعل بكتريا تتواجد في القناة الهضمية للمن.

* وجد في الندوة العسلية لبق الحمضيات الدقيقي ١٩ نوعا من الحوامض الامينية بينها ٥ غير موجودة في العصارة النباتية ، ووجد حامض اليوريك في الندوة العسلية مما يدل على ان البق الدقيق يصنع تلك الحوامض الامينية الخمسة وان حامض اليوريك هو الفاصل النتروجيني من عملية التصنيع.




(a)
esophagus
anterior midgut
Malpighian tubule
posterior midgut
filter chamber
posterior midgut
ileum
rectum
(b)
filter chamber
water
K+, Na+
K+

٣. الاخراج بواسطة القناة الهضمية

- القناة الهضمية الوسطى (المعدة) : في الحشرات ذات الذنب القافز Collembola لا توجد فيها انابيب مالبيجي فلذلك تقوم القناة الهضمية بوظيفة اخراج الفضلات النيتروجينية حيث ينسلخ النسيج الطلائي القديم للقناة الهضمية الوسطى والذي يتراكم فيه حامض اليوريك قبل انسلاخ الجليد علما ان الحشرة الكاملة تنسلخ ايضا عدة انسلاخات خلال فترة حياتها وبذلك تتخلص الحشرة من حامض اليوريك (الفضلات).
- **القناة الهضمية الخلفية (الامعاء) : تقوم القناة الهضمية الخلفية في الصرصر الامريكي بوظيفة استخلاص حامض اليوريك من السائل الدموي واخراجه مع البراز لعدم مقدرة انابيب مالبيجي من عزل واستخلاص حامض اليوريك من الدم .**
- في يرقات الذباب المعدني ويرقات ذبابة اللحم يطرح نسبة من الامونيا الى السائل الدموي الذي ينقله بدوره الى القناة الهضمية الخلفية لتقوم بامتصاصه وطرحة مع البراز.

٤. الخلايا المحيطة بالقلب والخلايا الكلوية Pericardial cells and Nephrocytes

الخلايا المحيطة بالقلب موجودة على طول سطح الابهر والقلب والحجاب العلوي Dorsal diaphragm والعضلات الجناحية Alary muscles واما * الخلايا الكلوية Nephrocytes تكون اما مبعثرة في تجويف الجسم او بين خلايا الجسم الدهني كما في حوريات الرعاش او تكون بشكل سلسلة خلايا تقع بين الغدد اللعابية كما في حشرات تحت رتبة قصيرة قرون الاستشعار Cyclorrhapha التابعة لرتبة ثنائية الاجنحة Diptera او على امتداد القلب.

تقوم الخلايا المحيطة بالقلب Pericardial cells والخلايا الكلوية Nephrocytes بعزل المركبات الضارة والمركبات غير المفيدة ذات الاوزان الجزيئية العالية كالحبيبات الغروية ومنها جزيئات البروتين وكذلك الاصباغ الموجودة في السائل الدموي وذلك لعدم قدرة انابيب مالبيجي على عزلها من الدم (اي تقوم بفلترة الدم وتخليصه من هذه الفضلات وهضمها) وتتم عملية العزل اما بواسطة :

i. عملية الشرب الخلوي (اذا كانت المادة سائلة) Pinocytosis او
ii. عملية الالتهام الخلوي (اذا كانت المادة صلبة) Phagocytosis

٥. الاخراج من طريق التخزين (الاخراج التخزيني) Storage Excretion

وهي عملية ابعاد المواد غير المرغوبة وغير المفيدة من محيط العمليات الحيوية بواسطة عزلها وتخزينها بصورة مؤقتة او دائميه في خلايا خاصة. تنتشر هذه الطريقة بين الحشرات ويتفاوت الاعتماد عليها من اعتماد رئيسي عندما لا تمتلك الحشرة جهازا اخراجيا نموذجيا او عند وجوده ولكنه لا يتمكن من التعامل مع بعض الفضلات الى اعتماد طرق مساعدة لجهاز الإخراج النموذجي بعزل نفس الفضلات ، كالأمثلة الاتية :

A. يخزن حامض اليوريك في خلايا بولية متخصصة Urate cells المنتشرة بين خلايا الجسم الدهني كما في رتب ذات الذنب القافز وذات الذنب الشعري والصراصر ، وان الخلايا البولية ذات قدرة محدودة لخزن هذا الحامض وعند زيادته تموت الحشرة.

B. يخزن حامض اليوريك وصبغات Pteridines وكلاهما مشتقة من مجموعة القواعد النيتروجينية الحلقية Purines في حراشف الاجنحة والجسم التي ستمتلكها البالغة كما في عذارى عائلة الفراش Pieridae ولهذه الطريقة فائدتين الاولى التخلص من حامض اليوريك دون الحاجة الى الماء والثانية تساهم في تلوين الاجنحة.

C . يعتقد ان الحشرات التي تخزن حامض اليوريك وبنسب محدودة في الجسم الدهني اذ يستفاد منها في تخليق القاعدة النيتروجينية Adenine التي تدخل في تصنيع الحوامض النووية .

D . تقوم الحشرات داخلية التطفل مثل بعض انواع رتبة غشائية الاجنحة بخزن حامض اليوريك في خلايا الجسم الدهني رغم قدرتها الكامنة الى طرحه خارج جسمها والسبب لهذا التخزين هو كي لا يؤثر الطفيلي تأثيرا سلبيا اضافيا على العائل.

E . تقوم ذكور الصرصر الامريكي بخزن كمية كبيرة من حامض اليوريك في الغدد الزائدة Accessory Glands في الجهاز التناسلي الذكري وتقدر كمية المخزون بـ ٥% من الوزن الكلي للحشرة وعند التزاوج تصب هذه الغدد محتواها من الحامض على جسم الذكر والانثى وعلى القابلة المنوية للأنثى ولم يعرف بعد اهمية ذلك في عملية التزاوج ولكنها على الاقل احد وسائل التخلص من حامض اليوريك.

التوازن الملحي والمائي في الحشرات (تنظيم التنافذ)
Salt & Water Balance (Osmoregulation)

لعملية الاخراج دور في تكيف الحشرات للمعيشة في البيئات المختلفة كالبيئة المائية والجافة (اليابسة)

اولا : الحشرات التي تعيش في البيئة المائية : يختلف التوازن الملحي والمائي في حشرات المياه المالحة عن الحشرات التي تعيش في بيئة المياه العذبة اختلافا كبيرا اذ يختلف تركيز الايونات والضغط التنافذي.

A. التوازن المائي والملحي في حشرات المياه المالحة Salt – Water Insects : يكون الضغط الازموزي (التنافذي) للدم منخفض Hypotonic مقارنة بالمحيط الذي تعيش فيه لذلك تميل هذه الحشرات الى فقد الماء ازموزيا (عن طريق التنافذ) وطرحة الى الخارج لكن بعضة يمتص عن طريق المستقيم ، يعوض عن الماء المفقود عن طريق تناوله من الوسط المائي مع الغذاء وامتصاصه في المعدة للحفاظ على توازنه ، كما ان الاملاح تؤخذ بواسطة الغذاء والزائد منها يطرح للخارج بعد امتصاص ما تحتاجه الحشرة بواسطة المستقيم ، ان معظم الاملاح لا تمتص من قبل المعدة لذلك فان معظمها لا تصل الى الدم.

B. التوازن المائي والملحي في حشرات المياه العذبة Fresh – Water Insects: يكون الضغط الازموزي (التنافذي) للدم في هذه الحشرات اعلى من الوسط المائي للماء العذب الذي تعيش فيه Hypertonic لذلك يميل الماء للدخول الى داخل جسم الحشرة عن طريق • جدار الجسم • والخياشيم Gills • والحلمات الشرجية Anal papillae • والغذاء.

* ان كمية الماء العالية التي تؤخذ من الوسط الذي تعيش فيه الحشرة متوازنة مع كمية الفضلات السائلة المفرزة من جهاز الإخراج لذلك تميل هذه الحشرات الى فقدان الاملاح ولكن ما يفقد منها عن طريق الاخراج ممكن إرجاعه عن طريق المستقيم الى اقصى حد ممكن وخاصة املاح الصوديوم والبوتاسيوم والكلور بالية النقل الفعال للحفاظ على التوازن الملحي في الدم .

* عندما تنتقل الحشرات المائية من الماء العذب الى الماء المالح يرتفع الضغط الازموزي للدم ، فمثلا عند تربية بعوض جنس *Aedes* و *Culex* (حشرات مياه عذبة) في الماء المالح الذي هو اعلى ازموزيا من الدم فان الضغط الازموزي للدم يأخذ بالارتفاع ليتساوى مع الضغط الازموزي للماء المالح.

* ترجع قدرة الحشرات لتنظيم الضغط الازموزي الى منطقتي المستقيم وانابيب مالبيجي اذ ان لها الدور الرئيسي في تكيف الحشرات المائية (خاصة اليرقات) للتغيرات الحاصلة في تركيز الاملاح في الماء ، ولكي لا يحدث اختلال في الضغط الازموزي للسائل الدموي فان جهاز الاخراج يقوم بعزل الزائد من الماء والايونات وهذا يسمى بتنظيم التنافذ (Osmoregulation) او التوازن الملحي المائي Salt-Water balance .

ثانيا : الحشرات التي تعيش في البيئة الجافة (الحشرات الارضية) :

تواجه هذه الحشرات مشكلة فقدان الماء من اجسامها عن طريق :

١. التبخر من خلال جدار الجسم (الكيوتكل).

٢. خلال عملية التنفس (من خلال فتح وغلق الثغور التنفسية).

٣. من خلال عملية الاخراج (جهاز الإخراج).

في حين تحصل هذه الحشرات على الماء عن طريق * الماء الموجود في **الغذاء** * والماء الناتج من عمليات **اكسدة المواد الغذائية** (الايض الغذائي) * **وبخار الماء** في البيئة كما في حشرة *Tenebrio* ، وتعيش هذه الحشرات في بيئات **جافة جدا** لذا فان فقدان الماء سوف يخل بالتوازن الملحي والمائي **واذا حصل فقدان في المحتوى المائي لأجسام الحشرات الى حد معين فان الحشرة تموت**

مثال ذلك ان انخفاض المحتوى المائي لحشرة *Tenebrio* من 75% الى 60% سيؤدي الى موت الحشرة ، لذلك فان هذه الحشرات تقوم بطرح فضلات جافة وخاصة اذا كان غذاءها جافا كالحبوب والبقول.