البنية الداخلية و وظائف الأعضاء

جهاز الهضم و الهضم

جهاز الهضم و الهضم

- ستعتمد حشرات رتبة مستقيمة الأجنحة (الجراد و النطاطات...) كنموذج عام للدراسة، و الذي منه ستتم التحورات لدى المجموعات الحشرية الأخرى.

يتكون الجهاز الهضمي في الحشرات من قناة (أنبوبة) تسمى القناة الهضمية، تبدأ بفتحة الفم و تنتهي بالفتحة الشرجية. و يلحق بها أجزاء إضافية هي الغدد اللعابية و أنابيب مالبيكي التي لها وظيفة الإطراح.

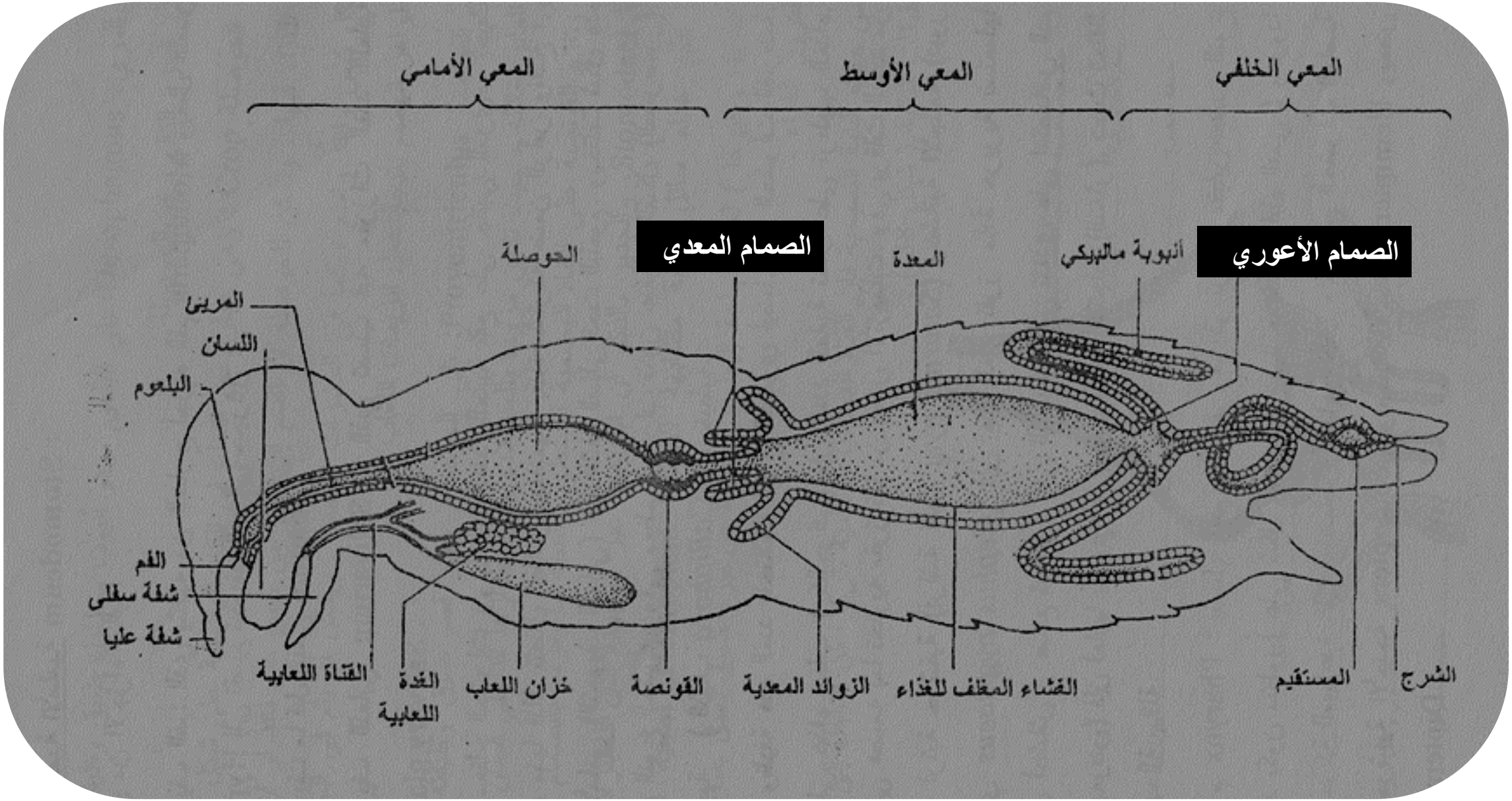
الأنبوبة الهضمية تقسم عموماً إلى ثلاثة أقسام:

١- القناة الهضمية الأمامية (المعي الأمامي).

٢- القناة الهضمية الوسطى (المعي الأوسط).

٣- القناة الهضمية الخلفية (المعي الخلفي).

و يفصل القناة الهضمية الأمامية عن الوسطى صمام يدعى الصمام المعدي. كما يفصل القناة الهضمية الوسطى عن الخلفية الصمام الأعوري.


المعي الأمامي
المعي الأوسط
المعي الخلفي
الصمام المعدي
الصمام الأعوري
الحوصلة
المعدة
أنبوبة مالبيجي
المريئ
اللسان
البلعوم
الفم
شفة سفلى
شفة عليا
القناة اللعابية
الغدة اللعابية
خزان اللعاب
القونصة
الزوائد المعدية
الغشاء المغلف للغذاء
المستقيم
الشرج

أولاً: القناة الهضمية الأمامية:

و تتكون من الأجزاء التالية:

١- تجويف الفم: الذي يشكله من الخارج أجزاء الفم، و يعمل اللسان على تقسيم تجويف الفم إلى حجرتين:

- التجويف ما قبل الفمي.
- التجويف اللعابي: الذي تصب فيه مفرزات الغدد اللعابية.

تمتلك معظم الحشرات زوجاً من الغدد اللعابية تقع على جانبي المريء، بحيث تخرج من كل منها قناة ، تتصل القناتان ببعضهما ليكونان قناة مشتركة تفتح في تجويف الفم (التجويف اللعابي).

- تختلف وظيفة هذه الغدد باختلاف النوع الحشري، ففي الحشرات القارضة التي تتغذى على غذاء صلب (كالجراد) فإن الغدد اللعابية تعمل على ترطيب الغذاء ، و تساعد قليلاً في هضمه بما تحتويه مفرزاتها من بعض الأنزيمات.

- و في يرقات العديد من الأنواع التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة فإن الغدد اللعابية تفرز مادة حريرية تستعملها اليرقة في صنع الأعشاش أو الشرانق.

- و في الحشرات التي تتغذى على امتصاص الدم من العائل (مثل البعوض) فإن لعابها يحوي على مواد مضادة للتجلط (التخثر)، بحيث تحتفظ بالدم في حالة سائلة.

٢- البلعوم:

يتصل بالفم مباشرة، و هو ذو تركيب متباين حسب النوع الحشري، فعند الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة و ثنائية الأجنحة يكون متطور على شكل مضخة، و مزوداً بالعضلات المحركة للمساعدة على امتصاص الغذاء السائل.

٣- المري: يلي البلعوم، و هو أنبوب متطاول ضيق وظيفته نقل الغذاء إلى الجزء التالي و هو الحوصلة.

٤- الحوصلة: و هي عبارة عن اتساع في القناة الهضمية لتخزين الغذاء فيها. و يمكن للحوصلة أن تقسم إلى أكثر من قسم أو أن تبقى على شكل كيس واحد واسع (كما في الحشرات الماصة).

٥- القونصة: تلي الحوصلة، و هي قسم ضيق وظيفته طحن الغذاء العابر خلاله، حيث تكون مزودة بالعضلات و على جدارها الداخلي أسنان كيتينية قوية.

و تفتح القونصة على القناة الهضمية الوسطى بواسطة الصمام المعدي.

و الجدير بالذكر أن القونصة غير موجودة لدى الحشرات التي تتغذى على غذاء سائل (رتبة متشابهة الأجنحة، نصفية الأجنحة)، لعدم الحاجة إليها فهي عبارة عن جزء ضيق تعمل عمل صمام منظم لمرور الغذاء.

و من حيث البنية النسيجية فإن القناة الهضمية الأولى تتكون من الداخل إلى الخارج من الطبقات التالية:

١- طبقة من الكيتين الداخلي: و تكون غير نفوذة للمركبات الغذائية و الأنزيمات.

٢- طبقة من الخلايا الطلائية (البشرة): عبارة عن صف واحد من الخلايا، و هي تفرز الطبقة الكيتينية.

٣- طبقة الغشاء القاعدي: هي طبقة غير خلوية تحيط بالخلايا الطلائية.

٤- طبقة العضلات الطولية.

٥- طبقة العضلات الدائرية.

و يحيط بكل تلك المكونات نسيج ضام يعرف بالغشاء البريتوني.

ثانياً: القناة الهضمية الوسطى:

و هي الجزء الذي يلي القونصة و تسمى أيضاً المعدة، و يختلف شكلها باختلاف النوع الحشري، فهي إما على شكل كيس أو أنبوبية ملتوية أو مقسمة لعدة مناطق.

و تنتهي المعدة من الخلف بالصمام الأعوري.

المعدة هي الجزء الذي يتم فيه الهضم الحقيقي للغذاء حيث تفرز الأنزيمات الهاضمة.

كما يتم في المعدة أيضاً عملية الامتصاص للمواد الغذائية الناتجة عن الهضم.

و من حيث البنية النسيجية فإن القناة الهضمية الوسطى تتركب من الطبقات التالية (من الداخل للخارج):

١- طبقة من الخلايا الطلائية: و هذه الطبقة غير مبطنة بالكيتين، و تحمل الحواف الداخلية للخلايا أهداباً طويلة، مما يزيد من مساحة الإفراز الداخلي و مساحة الامتصاص.

و تقسم هذه الطبقة إلى ثلاثة أنماط من الخلايا:

أ- الخلايا العمودية الهضمية: و هي النمط الرئيسي الموجود و هي التي تحمل الامتدادات الزغبية لسيتوبلازما الخلايا. و لهذه الخلايا القدرة على إفراز الأنزيمات الهاضمة و على الامتصاص أيضاً.

ب- الخلايا المجددة (المعوضة): تقوم بتعويض الخلايا المعوية التالفة.

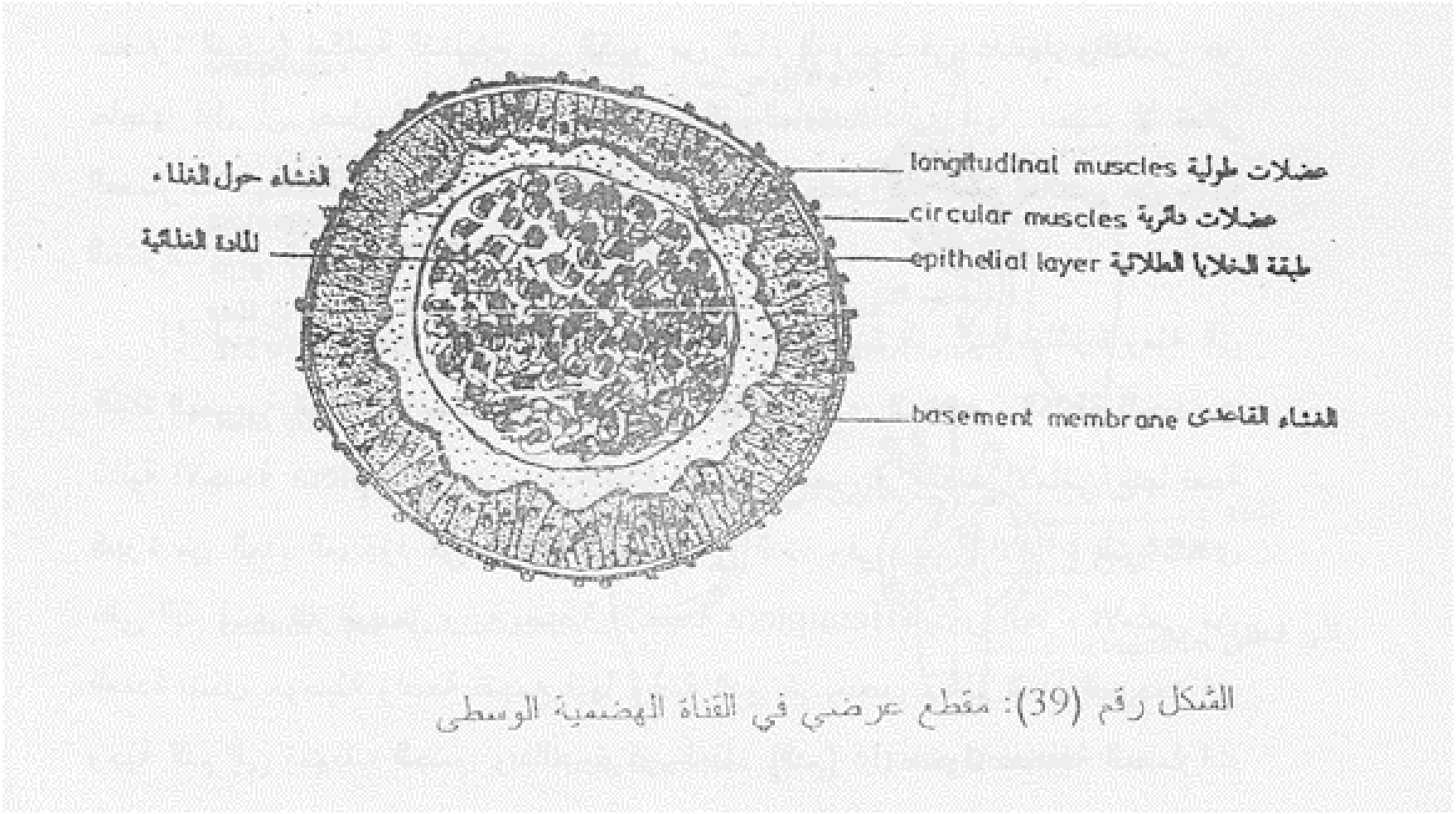
ج- خلايا الإفراز الداخلي: تفرز الأنزيمات و العصارات الهاضمة.

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

٣- طبقة العضلات الدائرية.

٤- طبقة العضلات الطولية.

و يحيط بالمكونات السابقة غشاء ضام هو الغشاء البريتوني.



الشكل رقم (39): مقطع عرضي في القناة الهضمية الوسطى

- عند بعض الأنواع الحشرية و التي تتغذى على غذاء صلب مثل رتبة مستقيمة الأجنحة و غمدية الأجنحة، يوجد غشاء رقيق شبكي من الألياف الكيتينية يفصل كتلة الغذاء الصلب عن جدار المعدة لمنع الاحتكاك بها، و لكنه يسمح بنفاذ العصارات الهاضمة إلى كتلة الغذاء و كذلك نواتج الهضم إلى جدران المعدة.

- و مثل هذا الغشاء غير موجود عند الحشرات التي تتغذى على غذاء سائل مثل البعوض.

يوجد لدى العديد من الأنواع الحشرية التي تتغذى على غذاء سائل (الدم أو عصارة النبات) إمكانية التخلص من كمية كبيرة من الماء الموجود في الغذاء قبل أن يصل إلى المعدة، و بذلك تتركز المادة في الغذاء و لا تعاني العصارات الهاضمة من انخفاض تركيزها.

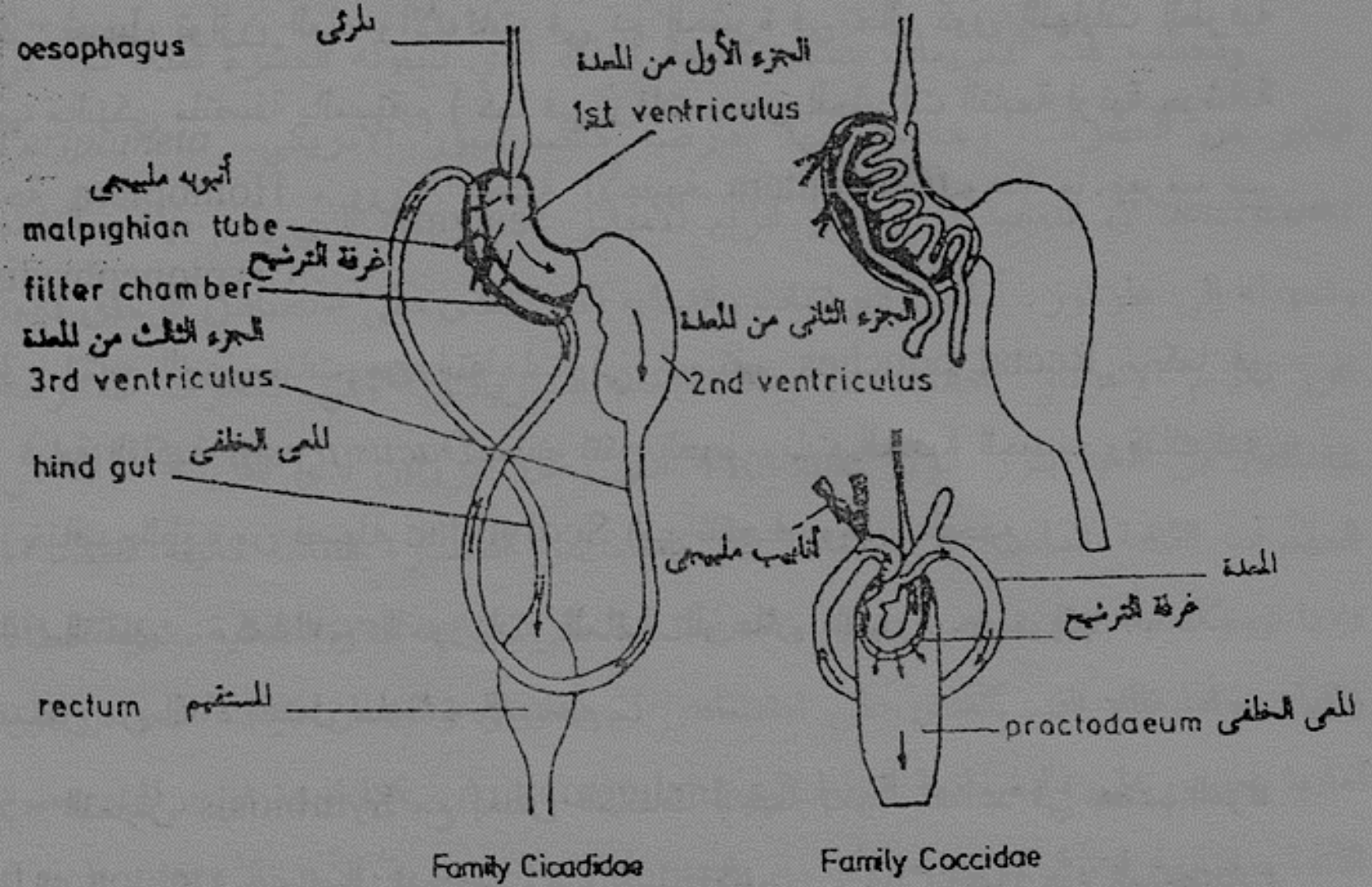
و يتم التخلص من الماء الفائض عن حاجة الحشرات بأحد الطريقتين:

١- امتصاص الماء بواسطة الجزء الأمامي من المعدة إلى الدم مباشرة و منه إلى القناة الهضمية الخلفية بواسطة أنابيب مالبيكي، مثل البعوض و بق الفراش (اللذان يتغذيان على الدم).

٢- وجود غرفة ترشيح في الحشرات التي تتغذى على امتصاص العصارة النباتية، كالمن و الذباب الأبيض:

حيث يتجمع الجزء الأمامي من المعدة و يصبح بجوار الأمعاء الخلفية ضمن أغشية خاصة يتم خلالها انتقال الماء من مقدمة المعدة إلى الأمعاء الخلفية مباشرة (دون أن يطرح في تجويف الجسم).

و وجد أن هذا الماء المطروح يحتوي على بعض المواد المغذية كالسكريات البسيطة ، و يتجمع هذا السائل الدبق اللزج على النباتات (يسمى بالندوة العسلية) مسبباً تراكم الغبار و فطريات العفن مما يعيق عملية التمثيل الضوئي.



الشكل رقم (40): أشكال غرفة الترشيح لدى حشرات رتبة متشابهة الأجنحة

S430551

S430550

ثالثاً: القناة الهضمية الخلفية:

تبدأ هذه القناة بالصمام الأعوري و تنتهي بالفتحة الشرجية، و تتصل عند نقطة التقائها بالأمعاء المتوسطة بأنابيب مالبيكي، التي لها وظيفة إطراحية بحيث تخلص الجسم من نواتج الاستقلاب و تصبها في الأمعاء الخلفية.

و تقسم القناة الهضمية الخلفية مورفولوجياً إلى قسمين:

- قسم أمامي ضيق أنبوبي الشكل.
- قسم خلفي واسع يعرف بالمستقيم.

و عموماً هذه القناة لا تفرز أنزيمات هاضمة، كما أنها لا تقوم بامتصاص نواتج الهضم إلا في حالات نادرة. لذلك يقتصر عملها على إيصال الفضلات إلى الخارج عن طريق المستقيم بمساعدة عضلات قوية.

• تقوم الأمعاء الخلفية لدى الحشرات بالوظائف التالية:

١- امتصاص الماء و الأيونات من الفضلات و إعادتها إلى فراغ الجسم للمحافظة على الضغط الأسموزي، كما ثبت أن بعض الأحماض الأمينية تمتص في المستقيم عند الجراد الصحراوي.

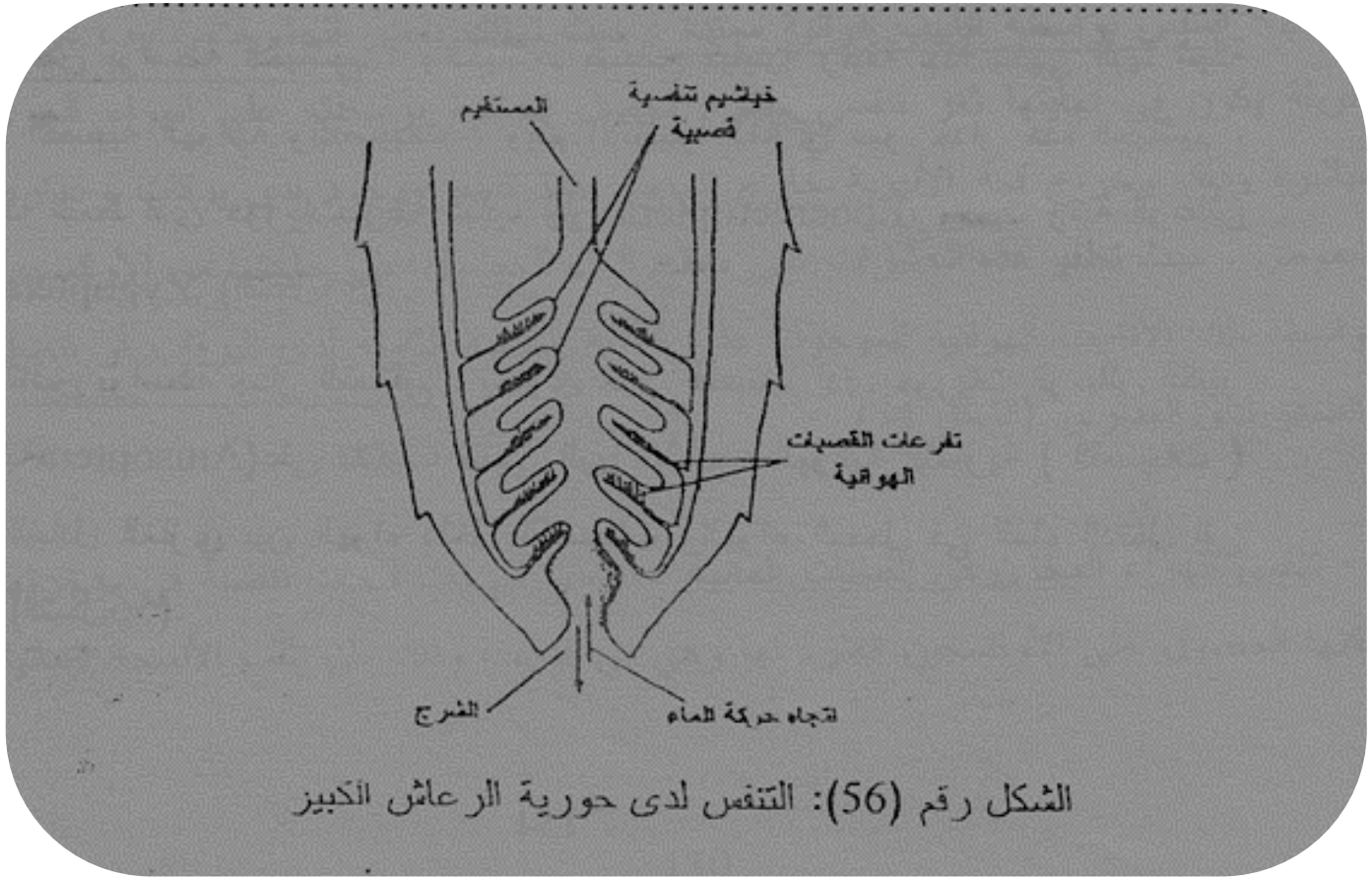
٢- تسهيل توازن الماء و الأيونات في دم الحشرة (كما في يرقات بعض الحشرات عند رتبة حرشفية الأجنحة).

٣- إنتاج الفيرمونات من انتفاخات في المستقيم، كما في ذكور ذبابة الفاكهة

حيث تنتج الفيرمونات الجاذبة الجنسية

و كذلك لدى بعض خنافس القلف التي تنتج فيرمون التجمع.

- ٤- التنفس: كما في الحوريات المائية للرعاش الكبير حيث يتم استخلاص الأوكسيجين من الماء بواسطة حليمات في المستقيم.



الشكل رقم (56): التنفس لدى حورية الرعاش الكبير

٥- التعايش مع بعض الكائنات الدقيقة بحيث تساعد في هضم المواد صعبة التحلل، كما هو الحال لدى حشرات النمل الأبيض، حيث تعمل هذه الكائنات على هضم السللوز و من ثم تعاد نواتج الهضم إلى المعدة للامتصاص.

- بالنسبة للبنية النسيجية للقناة الهضمية الخلفية فإنها تشبه في تركيبها القناة الهضمية الأمامية ما عدا أن العضلات الدائرية (الحلقية) موجودة من الداخل و العضلات الطولية من الخارج.

الهضم

تختلف الحشرات فيما بينها في طبيعة غذائها، و عليه فإن تركيب الجهاز الهضمي يختلف بما يتلائم مع طبيعة هذا الغذاء.

و تتجلى عملية الهضم في الحشرات من خلال سلسلة من خطوات متتالية من التحفيز الأنزيمي، بحيث تنتج كل خطوة مواداً أبسط، حتى الوصول للجزيئات القابلة للامتصاص.

و تبدأ عملية الهضم أولاً في تجويف الفم بواسطة اللعاب الذي تفرزه الغدد اللعابية.

- و اللعاب مادة على شكل سائل شفاف متعادل الحموضة، ترطب الغذاء و تسهل مروره في القناة الهضمية الأمامية، و يحتوي على بعض الأنزيمات الهاضمة المختلفة حسب طبيعة الغذاء الذي تتناوله الحشرة.
- و يمكن لبعض الأنواع الحشرية التي لا تحتوي غدد لعابية، أن تقوم بإفراز العصارات الهاضمة خارج الجسم إلى الغذاء مباشرة بغرض هضمه جزئياً قبل تناوله إلى داخل الجهاز الهضمي.

كما في يرقات الخنافس المفترسة Carabidae.

الهضم فى الأمعاء الأمامية:

بعد مرور الغذاء عبر البلعوم يدخل إلى المريء ثم الحوصلة، حيث يتم تخزين الغذاء فيها، و قد يحدث هناك هضم جزئي للغذاء، و في بعض الحشرات كالجراد يمكن أن تتسرب بعض الأنزيمات الهاضمة من الأمعاء المتوسطة إلى الأمامية فتساعد على الهضم.

و تحتوي القونصة على أسنان كيتينية لتفتيت الغذاء الصلب لدى الحشرات القارضة، أو تعمل عمل مصفاة لفصل حبوب اللقاح عن الرحيق كما هو الحال لدى نحل العسل.

الهضم فى الأمعاء الوسطى (المعدة):

يتم إفراز العصارات الهاضمة و الأنزيمات في المعدة بشكل رئيسي، و تفرز الأنزيمات الهاضمة من خلايا متخصصة داخل القناة الهضمية.

و تكون العصارة المعدية في الحشرات التي تتغذى على غذاء نباتي مائلة للقلوية (PH = ٨.٤-١٠.٣)، أما في الحشرات التي تتغذى على غذاء حيواني (المفترسات) فإن العصارة المعدية تكون مائلة للحموضة (PH= ٣-٣.٥).

- تختلف طبيعة الأنزيمات الهاضمة التي تفرزها المعدة بحسب طبيعة غذاء الحشرة، فالحشرات القارضة متنوعة الغذاء كالصرصور الأمريكي Periplaneta Americana فإن المعدة عندها تفرز أغلب أنواع الأنزيمات المعروفة القادرة على هضم جميع أنواع الأغذية مثل Amylase ، Invertase، Peptidase، Lipase، و غيرها.

- أما الحشرات التي تتغذى على دم العائل كالبرغوث و أنثى البعوض فإن معدتها تفرز بشكل أساسي الأنزيمات الهاضمة للبروتين مثل Tryptase ، Peptidae و غيرها.

- أما الحشرات التي تتغذى على الأجزاء النباتية فإن الأنزيمات المعدية تكون هاضمة لمعظم المكونات النباتية ما عدا السللوز مثل Amylase، Maltase، Invertase.

- و يمكن لبعض الحشرات هضم مادة السللوز عن طريق إفراز أنزيم Cellulase، أو بمساعدة بعض الأحياء الدقيقة المتعايشة ضمن القناة الهضمية للحشرة ، كما في حشرات النمل الأبيض.

- **الهضم في الأمعاء الخلفية:**

- يمكن للأحياء الدقيقة المتعايشة مع بعض الأنواع الحشرية و الموجودة في المستقيم من إجراء عمليات هضم لبعض المركبات الغذائية صعبة التحلل كالسللوز.

الامتصاص

الامتصاص فى الأمعاء الأمامية:

لا تحصل أية عملية امتصاص لنواتج الهضم في الأمعاء الأمامية لكونها مبطنة من الداخل بطبقة رقيقة من الكيوتيكل، تجعل سطح هذا الجزء من القناة الهضمية كتيماً، و غير قابل لنفاذ نواتج الهضم، عند أغلب الحشرات.

الامتصاص في الأمعاء الوسطى(المعدة):

يتم امتصاص نواتج الهضم بشكل رئيسي في المعدة، مثل السكريات الأحادية و المواد الدهنية و البروتينية، و ذلك عن طريق الزغيبات الموجودة في الطبقة النسيجية الطلائية.

الامتصاص في الأمعاء الخلفية:

إن امتصاص المواد المختلفة في المستقيم هي وظيفة حليمات المستقيم، و آلية الامتصاص تتم عن طريق النقل النشط أو الفعال للأيونات، بواسطة الانتشار و الفرق بالتراكيز بين الأمعاء و تجويف الجسم.

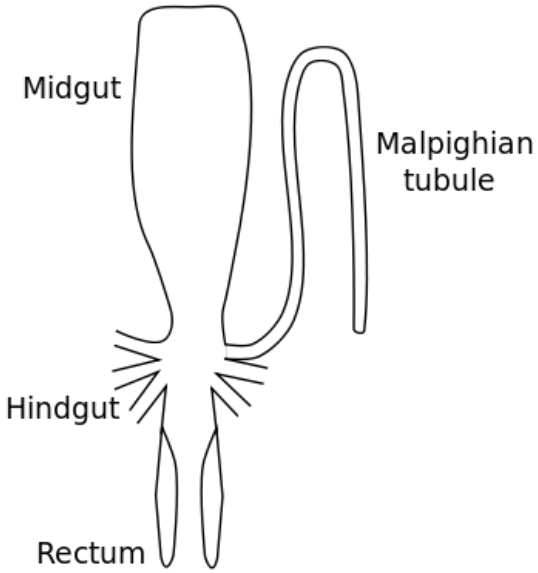
جهاز الإطراح والإطراح

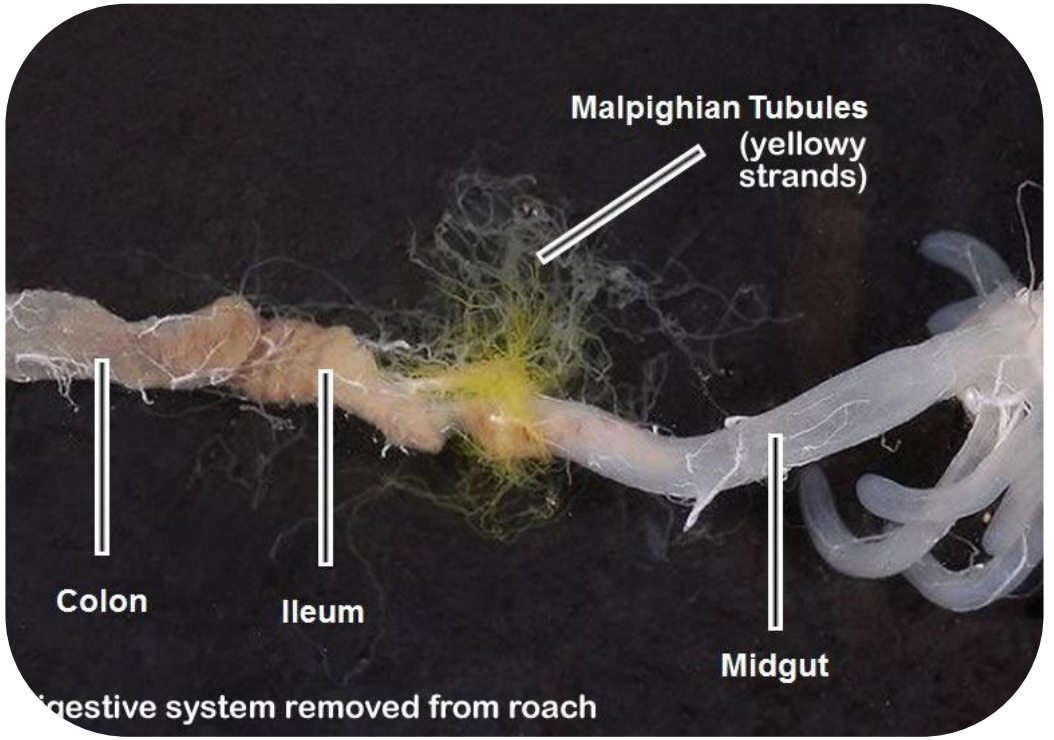
وظيفة جهاز الإطراح

- المحافظة على وسط داخلي ثابت نسبياً، ولأن الدم في الحشرات يغمر الأنسجة والأعضاء فإنه يحدد طبيعة هذا الوسط الداخلي، ولذلك فإن جهاز الإطراح مسؤول عن المحافظة على تجانس الدم، وذلك عن طريق التخلص من الفضلات الاستقلابية والفائض عن الحاجة وخاصةً النيتروجين، وكذلك تنظيم الماء والأملاح، والعمل على ثبات التركيب الأيوني لسائل تجويف الجسم (شوارد الصوديوم والبوتاسيوم والكلور).
- **أهم الأعضاء التي تقوم بعملية الإطراح:**
- أنابيب مالبيكي
- الأجسام الدهنية
- الغدد الشفوية

أنابيب مالبيكي
Malpighian Tubules

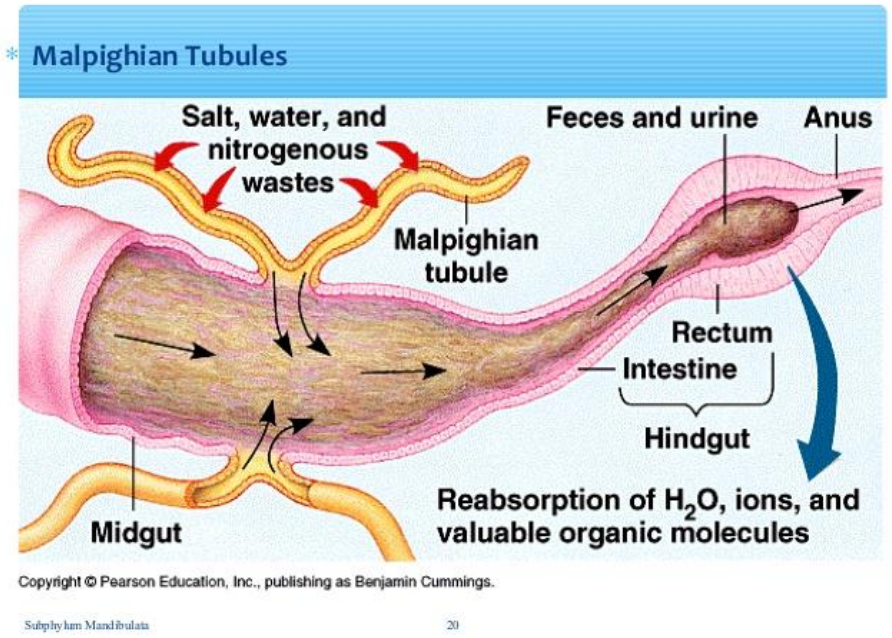
- أنابيب اسطوانية طويلة ورفيعة ذات نهاية مغلقة، تتصل من طرفها الأول بجدار القناة الهضمية في المنطقة الفاصلة ما بين القناة الهضمية الوسطى والخلفية، في حين يبقى طرفها الآخر سائباً في تجويف الجسم (سائل الدم)، وتكون هذه الأنابيب ملتفة غالباً.

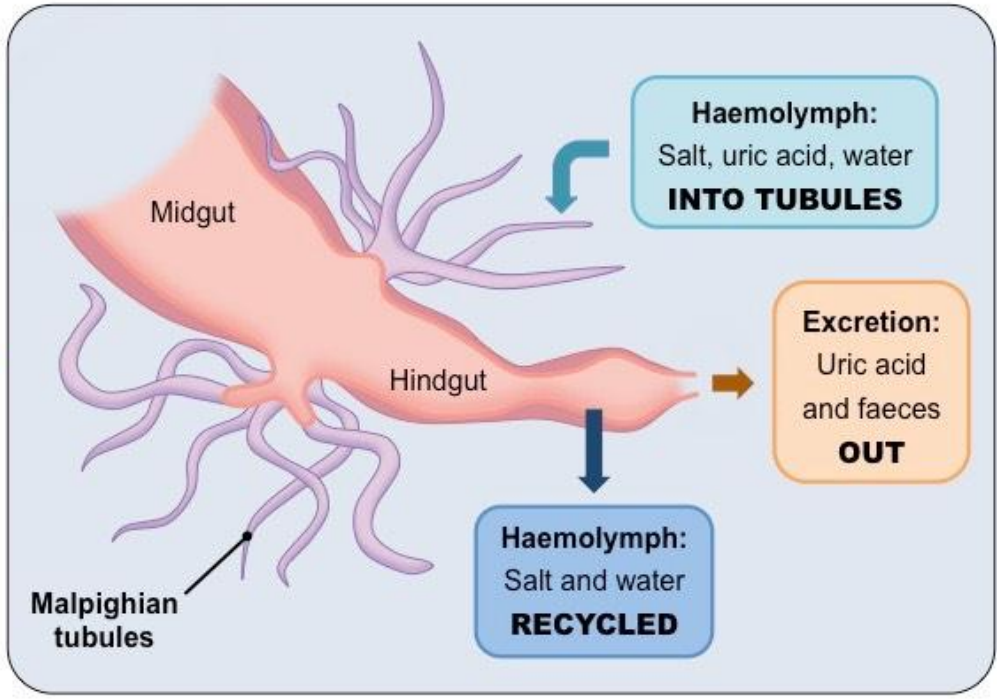




أنابيب مالبيكي
Malpighian Tubules

- إن وظيفة أنابيب مالبيكي هي استخلاص المواد الآزوتية من جسم الحشرة، والمتراكمة في سائل الدم والناتجة عن عمليات الهدم للمواد البروتينية داخل جسم الحشرة، مثل أملاح اليوريا وحمض البولة وبالتالي صبها في القناة الهضمية الخلفية.



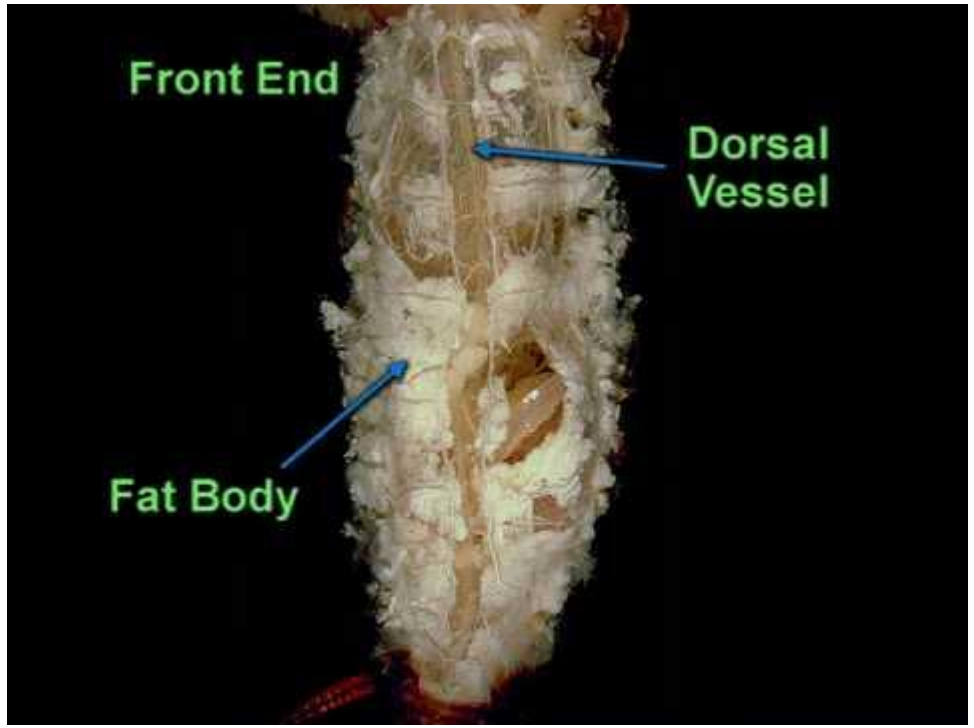


أنابيب مالبيكي
Malpighian Tubules

- وقد تصبح نهاياتها متصلةً مع جدار المستقيم عند الحشرات التي تتغذى على مواد جافة مثل حشرات رتبة حرشفية الأجنحة وغمدية الأجنحة، مما يؤدي إلى تركز أملاح البولة في هذه المنطقة التي تسبب منطقة ذات ضغط أسموزي عالي وبالتالي تساعد المستقيم على استخلاص جميع الماء الموجود في الفضلات المارة نحو فتحة الشرج.

الأجسام الدهنية
Fat Bodies

- توجد الأجسام الدهنية في جميع أنواع الحشرات، وتتألف من خلايا دهنية تتوضع على شكل طبقة أو طبقتين تبطن جدار الجسم من الداخل، أو تحيط بالقناة الهضمية من الخارج، وتأخذ شكل الكتل الورقية، أو تكون على شكل خيوط ذات ألوان مختلفة.



الأجسام الدهنية
Fat Bodies

- تقوم الأجسام الدهنية بتخزين المركبات الدهنية والبروتينية والغليكوجين، لاستعمالها وقت الحاجة من أجل تأمين الطاقة اللازمة. تكون الأجسام الدهنية عادةً متطورة في الحشرات ذات التطور التام وفي الإناث أكثر من الذكور بسبب حاجتها من أجل وضع البيض.
- كما تقوم الأجسام الدهنية بوظيفة الإطراح، ففي بعض الرتب (مستقيمة الأجنحة، غشائية الأجنحة) تختص بعض خلايا الأجسام الدهنية في تخزين بلورات حمض البول، حيث تقوم الحشرة بالتخلص منها أثناء عملية الإنسلاخ.
- وفي حشرات رتبة ذات الذنب القافز تقوم هذه الخلايا بتخزين أملاح حمض البول طيلة حياة الحشرة دون أن تتخلص منها لعدم احتوائها على أنابيب مالبيكي.

الغدد الشفوية
Labial Glands

- توجد الغدد الشفوية في الحشرات التي لا تحتوي على أنابيب مالبيكي (رتبة ذات الذنب الشعري، ذات الذنب المزدوج، ذات الذنب القافز) حيث تقوم بمهمة الإطراح. لخلايا الغدد الشفوية نفس مواصفات خلايا أنابيب مالبيكي.