الفصل الثالث
الاخراج

الاخراج : هو أزالة نواتج الايض غير المرغوبة وضبط التوازن بين المحتوى المائي وتركيز الاملاح للسائل الدموي من أجل توفير وسط كيمياوي يقع ضمن الحدود اللازمة لعمل خلايا وأنسجة وأعضاء جسم الحشرة بوظائفها بأنسب كفاءة .

أستناد الى Maddrell 1971 فأن الاخراج يتضمن : ـ

1 ـ أزالة مواد غير مرغوبة بسبب سميتها كالامونيا ، أما بطرحها بحالة أمونيا أو بتحويلها الى يوريا أو حامض اليوريك ، وهما قليلا السمية ثم طرحها خارجا أو عزل حامض اليوريك في خلايا خاصة .

2 ـ أزالة مواد مفيدة ولكنها زائدة عن حاجة الجسم كالماء وايونات الاملاح والحوامض الامينية والكاربوهيدرات .

3 ـ تنظيم الضغط التنافذي للسائل الدموي بالموازنة بين المحتوى المائي وتركيز أيونات الاملاح الذائبة .

ومن الجدير التنويه بأن الاخراج يختلف عن الابراز (Egestion). فالاخراج هو طرح نواتج الايض غير المرغوبة التي تتكون نتيجة الفعاليات الحيوية داخل الخلايا ، وهو طرح ماهو غير مرغوب أو زائد بعد أن يمتص عبر جدران القناة الهضمية ، أما الابراز فهو طرح المواد التي تبقى داخل القناة الهضمية دون هضم وبالتالي دون أن تمتص .

دور الاخراج في نجاح الحشرات في البقاء والتكيف :

يلعب الاخراج دور كبير في تكيف الحشرات للتغيرات التي تحدث في العوامل الطبيعية غير الحياتية في نظامها البيئي ، ولتوضيح هذا الدور نشير الى الاخراج في الحشرات التي تعيش في بيئتين هما البيئة المائية وبيئة اليابسة .

1 ـ الاخراج في حشرات البيئة المائية : هناك 3 أنواع من البيئة المائية وهي بيئة المياه العذبة (تركيز الاملاح أقل من 1=%) ، بيئة

المياه شبه المالحة (تركيز الاملاح 1% - أقل من 3.5%) وبيئة المياه المالحة (تركيز الاملاح من 3.5% فأكثر) أستنادا الى Stobbart , Shaw في Rockstein 1974، والى Chapman 1978.

لاتتمكن الحشرات المائية تجنب دخول الماء بما يحويه من أملاح مع دخول الغذاء أو تجنب أنتشار الماء وأيونات الاملاح عبر الجليد من والى السائل الدموي، ولكي لايحدث أختلال في الضغط التنافذي للسائل الدموي فأن جهاز الاخراج يقوم بعزل الزائد من الماء أو الايونات وهذا مايسمى بتنظيم التنافذ (Osmoregulation) أو التوازن المائي الملحي (Salt-Water Balance) فمثلا يرقات البعوض Aedes aegypti من حشرات المياه العذبة ويبلغ التركيز العام للاملاح الذائبة في السائل الدموي 0.85% ويقوم جهاز الاخراج بالمحافظة على هذا التركيز عندما تعيش اليرقات في وسط مائي تركيز الاملاح فيه يتراوح من صفر الى 0.6% بعد ذلك يزداد تركيز أملاح السائل الدموي ببطىء بزيادة تركيز أملاح الوسط المائي الى أن يبلغ نسبة كلاهما 1% عندئذ تقل كفاءة جهاز الاخراج بتنظيم التنافذ حيث يرتفع تركيز أملاح السائل الدموي بنفس مقدار أرتفاع تركيز أملاح الوسط، غير أن هذه اليرقات لاتنمو جيدا في وسط تركيزه 1% وأكثر وذلك لابتعاد تركيز أملاح السائل الدموي عن الحدود المطلوبة فسلجيا. وقد ذكر Shaw , Stobbart في Rockstein 1974 أنه يمكن معرفة كفاءة جهاز الاخراج في تنيظم التنافذ من حاصل القسمة الاتي.

التغير في الضغط التنافذي للسائل الدموي

فأن كانت النتيجة صفر أو قيم قريبة من الصفر دل ذلك على كفاءة جهاز الاخراج في تنظيم التنافذ، أما القيمة (1) أو القيم القريبة من (1) فأن ذلك يدل على قلة كفاءة جهاز الاخراج.

والان لنأخذ مثالا عن حشرات بيئة المياه المالحة، وهو يرقات البعوض (Aedes detritus) حيث يبلغ تركيز أملاح السائل الدموي 0.8% عندما تربى هذه اليرقات في وسط مائي تركيزه من الاملاح صفر%، وهذا يعني أن جهاز الاخراج لايطرح أي نسبة من الاملاح عند التربية بمثل هذا الوسط غير أن تركيز أملاح السائل الدموي

يرتفع الى 1.45% عندما تربى اليرقات في وسط تركيزه 7%. فأذا طبقنا عملية القسمة السابقة كالاتي : ـ

$$\frac{1.45}{7} \cdot 8$$

ـ صفر

تكون النتيجة 0.09% وهذا يدل على ان جهاز الاخراج لهذه اليرقات ذو كفاءة عالية في تنظيم التنافذ وللمزيد من التوضيح نجد انه بعد ان كان جهاز الاخراج يطرح الماء فقط عند تربية اليرقات في وسط تركيز املاحه صفر% تحول الى طرح الزائد من الاملاح عند التربية في وسط تركيز املاحه 7% اي ان جهاز الاخراج قد لعب دورا رئيسيا في تكيف اليرقات لتغير تركيز املاح الوسط .

2 ـ الاخراج في حشرات بيئة اليابسة : تواجه الحشرات التي تعيش في بيئة اليابسة (او البيئة الارضية) مشكلة فقدان الماء من جسمها عن طريق التبخر عبر الجليد وعبر الثغور التنفسية ، فبالرغم من وجود طبقة شمعية تغطي الجليد من الخارج وتقلل من تبخر الماء فأن ارتفاع درجة الحرارة يخفض من كفاءة هذه الطبقة في تقليل التبخر وذلك لان جزيئات الشمع تصبح عمودية على الجليد بدل ان تكون مائلة (تخيل وضع هذه الجزيئات مثل ترتيب اضلاع الستائر المعدنية) . كما ان نظام فتح وغلق الثغور التنفسية (راجع فصل التنفس) الذي وجد اساسا لتقليل فقدان الماء لايمنع تماماً من فقدان الجسم لبعض رطوبته .

اذن فأن فقدان الماء سيخل بالتوازن المائي الملحي ، ويشير Chapman 1978 الى ان كمية الماء المفقود عبر الجليد والتنفس في بعض الحشرات تبلغ 1% في الساعة علما بان المحتوى المائي للحشرات بشكل عام يتراوح بين 50-90% من وزن الجسم وان الحشرات تموت اذا انخفض هذا المحتوى الى حد معين فمثلا بقة Rhodnius (وهو نوع من البق الذي يتغذى بأمتصاص الدم) وخنفساء الجريش Tenebrio تموتان اذا انخفض محتواهما المائي من 75% الى 60% من وزن الجسم ، لذلك يقوم جهاز الاخراج في

الحشرات الارضية وخصوصا تلك التي تتغذى على اغذية جافة نسبيا مثل حشرات الحبوب والبقول المخزونة تقوم بطرح فضلات جافة تقريبا وقد لاتكون مشكلة فقدان الماء مهمة للحشرات التي تتغذى على غذاء غني بالماء كالحشرات القارضة والحشرات الماصة للعصارة النباتية والحشرات المتطفلة على الحيوانات ولكنها بالمقابل تواجه ضرورة ابعاد الماء الزائد عن الحاجة وضرورة منع اختلال تركيز ايونات الاملاح في السائل الدموي نتيجة اختلاف نسب هذه الايونات عن نسبها في الغذاء ، فمثلا ذكر Chapman 1978 ان التركيز الايوني للعناصر Mg, Ca, K, Na للسائل الدموي في يرقات نغف معدة الخيل Gastrophilus هو 175 ,12 ,6 ,32 ، على التوالي (التركيز مقدر على اساس ملي مكافىء / لتر) في حين تكون التراكيز للغذاء وهو دم الخيل لنفس تلك العناصر وعلى التوالي 85 ,31 ,2 ,3 ، ونظريا فمن الاسهل لهذه اليرقات ان تمتص معدتها من الاملاح ماتحتاجه فقط ولكن هذا لايحدث عمليا فالامتصاص مستمر في المعدة بالانتشار وبالنقل الفعال وبهذا الامتصاص يختل التوازن في تركيز الايونات للسائل الدموي ولكن جهاز الاخراج يتدخل فيعزل مازاد من الايونات ويطرحها خارجا .

3 ـ **التكيف في اخراج انواع معينة من نواتج الايض النتروجينية** : تمتاز الحشرات بانها تطرح انواع مختلفة من الفضلات النتروجينية ، ويتحكم بنوع الفاضل النتروجيني السائد في الادرار وفرة الماء في غذاء وبيئة الحشرة فمثلا الامونيا مركب سام جدا وبنفس الوقت عالية الذوبان في الماء لذلك لاتتمكن من طرحها سوى الحشرات المائية ، اما حامض اليوريك فهو مركب غير سام نسبيا ولا يذوب بالماء لذلك تقوم معظم الحشرات الارضية بتحويل الامونيا لهذا الحامض وبهذا تعزل الفضلات النتروجينية دون الحاجة لاذابتها للماء الذي كما عرفنا غير متوفر دائما للحشرات الارضية .

اعضاء الاخراج

Excretory organs :

تمتلك غالبية انواع الحشرات جهازا اخراجيا نموذجيا يتكون من ثلاث اعضاء هي انابيب مالبيجي والامعاء والمستقيم ، ولكن في بعض

انواع الحشرات قد لاتوجد انابيب مالبيجي او قد توجد ولكن وظيفتها في الاخراج تكون متخصصة لعزل مواد معينة دون اخرى، وسواء امتلكت الحشرة جهاز اخراج نموذجي ام لم تملكه فأنه توجد حالات نجد فيها اعضاء اخرى تقوم باخراج مواد خاصة لايستطيع جهاز الاخراج من طرحها.

اولا : -

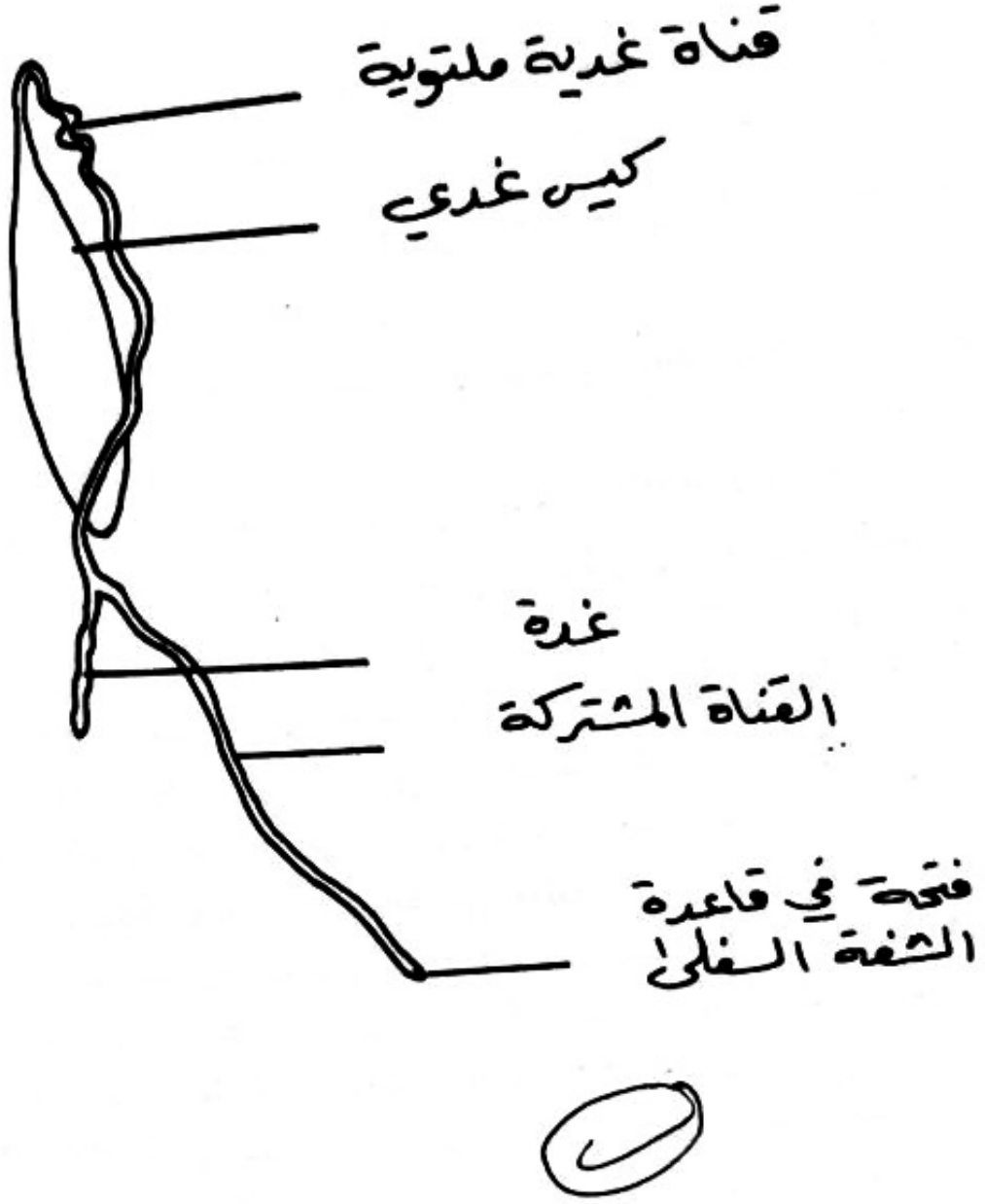
اعضـــــاء الاخرج غير العـــــامـــة في الحشرات Less Common excretory organs والمقصود بالغير عامة ان هذه الاعضاء توجد في حشرات معينة ولا توجد في الحشرات الاخرى. ومن هذه الاعضاء :

1 ـ الغـدد الشفويـة (وتسمـى الكلـى الشفويـة) Labial glands (شكل 19 : ب)

في حشرات رتبتي ذات الذنب القافز (Collembola) وذات الذنب الشعري (Thysanura) لاتوجد انابيب مالبيجي فتقوم الغدد الشفوية بعزل الصبغات الناتجة عن الايض من السائل الدموي وتطرحها خارج الجسم عن طريق فتحة في قاعدة الشفة السفلى.

تقع هذه الغدد في الرأس وتصب افرازاتها في قناة مشتركة واحدة. تكون الغدة الشفوية على شكل كيس غدى جداره من خلايا طلائية حرشفية يتصل هذا الكيس بأنبوب غدى ملتف، وهناك غدة ثالثة انبوبية صغيرة تصب افرازها في نهاية الانبوب الملتف، وتمر افرازات تلك الغدد الثلاث في قناة واحدة تفتح عند الشفة السفلى. وفي يالغات عائلة Saturnidae من رتبه حرشفية الاجنحة (Lepidoptera) يوجد زوج غدد تفتح عند الشفة السفلى وتقومان بأفراز محلول بيكاربونات البوتاسيوم عند خروج البالغة من طور العذراء وهي ماتزال داخل الشرنقة، والغاية من افراز هذا المحلول اولا التخلص من الماء الزائد في السائل الدموى لخفض وزن الحشرة فتتمكن من الطيران وثانيا التخلص من البوتاسيوم الزائد الذي حصلت عليه يرقة الحشرة عند تغذيتها على الاوراق النباتية الغنية بهذا العنصر وهاتان وظيفتان اخراجيتان وثالثا توفير وسط حموضة مناسب للانزيم Coconase الذي يهضم حرير الشرنقة ويمكن البالغة من الخروج.

٧١٢



شكل١٩ ب: الغدد الشفوية في حشرات ذات الذنب القافز (عن Wigglesworth 1965).

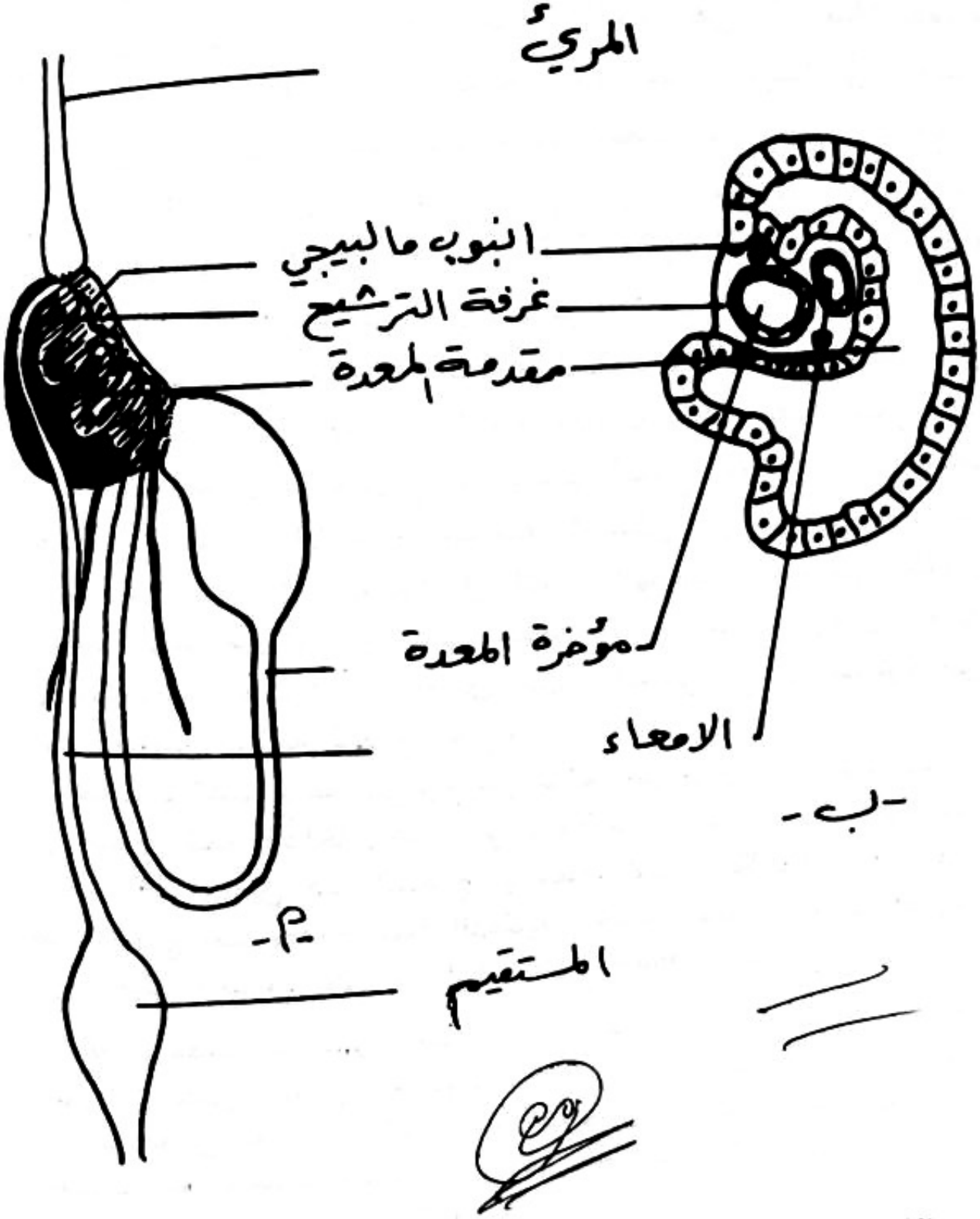
2 ـ غرفة الترشيح Filter Chamber :

تمتص حشرات رتبة متشابهة الاجنحة (Homoptera) كالمن والذباب الابيض والدوباس 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 والكاربوهيدرات فتكون متوفرة بما يزيد عن حاجة تلك الحشرات ، لذلك تحورت القناة الهضمية الوسطى (المعدة) مكونة مايسمى غرفة الترشيح وهو تحور يستخلص عن طريق الانتشار الزائد من المواد الغذائية الموجودة في العصارة النباتية الممتصة ، ويوصلها مباشرة الى الامعاء والمستقيم دون المرور بالمعدة وبذلك يضمن هذا التحور اولا عدم تخفيف السائل الدموي وذلك بعدم السماح لمرور غذاء مخفف بالمرور والامتصاص في القناة الهضمية الوسطى ، وثانيا مرور تركيز مناسب من العصارة النباتية في القناة الهضمية الوسطى لتتمكن انزيمات الهضم من اداء وظيفتها بكفائة وثالثا المساهمة بعزل العديد من المكونات الغذائية الزائدة عن حاجة الحشرة ونقلها مباشرة الى القناة الهضمية الخلفية لتطرح خارجا .

يختلف تركيب غرفة الترشيح من عائلة لاخرى وبشكل عام تتكون من انبعاج نحو الداخل على طول مقدمة القناة الهضمية الوسطى (شكل 20) ويغلق هذا الانبعاج بواسطة الغشاء القاعدي ، وبداخل هذا الانبعاج تمتد مقدمة القناة الهضمية الخلفية ومعها الاطراف القريبة من أنابيب مالبيجي كما في افراد عائلة Cercopidae .

لقد وجدت حوامض امينية وكاربوهيدرات في الندوة العسلية للمن من نفس الانواع الموجودة في العصارة النباتية ولم يعثر على اثر محسوس للفضلات النتروجينية كاليوريا وحامض اليوريك ، اما الامونيا فقد وجدت بنسبة 5-8% من المكونات النتروجينية للندوة العسلية ، ويعتقد (Bursell) 1967

أن وجود الامونيا لايعود الى ايض الحوامض الامينية في جسم حشرة المن لان العصارة النباتية تحوي على كافة الحوامض الامينية اللازمة لنمو وتكاثر المن ، وأنما يعود لفعل بكتريا تتواجد في القناة



شكل ٣٠ : القناة الهضمية في عائلة Cercopidae
(رتبة نصفية الاجنحة المتجانسة Homoptera) موضحاً فيه غرفة الترشيح
أ : مخطط للقناة الهضمية
ب : مقطع عرضي للقناة الهضمية في منطقة غرفة الترشيح (عن Chapman 1978) .

الهضمية للمن ، أما بق الحمضيات الدقيقي فقد وجد في ندوته العسلية 19 نوعا من الحوامض الامينية بينها 5 حوامض غير موجودة في العصارة النباتية ، ووجد حامض اليوريك في الندوة العسلية مما يدل على أن البق الدقيقي يصنع تلك الحوامض الامينية الخمسة وأن حامض اليوريك هو الفاصل النتروجيني من عملية التصنيع .

3 ـ الاخراج بواسطة القناة الهضمية : ـ

في الحشرات ذات الذنب القافز حيث لاتوجد أنابيب مالبيجي تقوم القناة الهضمية بوظيفة أخراج الفضلات النتروجينية حيث ينسلخ النسيج الطلائي القديم للقناة الهضمية الوسطى والذي يتراكم فيه حامض اليوريك قبل أنسلاخ الجليد علما أن الحشرات البالغة تنسلخ أيضا عدة مرات أثناء عمرها وبذلك تتخلص العشرة من حامض اليوريك . وفي الصرصر الامريكي لاتتمكن أنابيب مالبيجي من عزل حامض اليوريك من السائل الدموي فتقوم الامعاء بوظيفة أستخلاصه من الدم وأخراجه مع البراز . في يرقات الذباب المعدني Calliphoridae ويرقات ذباب اللحم Sarcophagidae يطرح نسبة من الامونيا الى السائل الدموي الذي ينقله بدوره الى القناة الهضمية الخلفية لتقوم بأمتصاصه وطرحه مع البراز .

4 ـ الخلايا المحيطة بالقلب والخلايا الكلوية
: Pericardial cells and Nephrocytes

توجد الخلايا المحيطة بالقلب بكثافة على طول القلب والابهر من الخارج وقد توجد على الحجاب الحاجز العلوي والعضلات الجناحية للقلب ، أما الخلايا الكلوية فتكون أما مبعثرة في تجويف الجسم أو بين خلايا الجسم الدهني كما في حوريات الرعاش أو تكون بشكل سلسلة خلايا تقع بين الغدد اللعابية كما في حشرات تحت رتبة قصيرة قرون الاستشعار التابعة لرتبة ثنائية الاجنحة (Cyclorrhapha Diptera :). تقوم الخلايا المحيطة بالقلب والخلايا الكلوية بعزل المركبات الضارة والمركبات غير المفيدة ذات الاوزان الجزيئية العالية والموجودة في السائل الدموي كالحبيبات الغروية ومنها جزيئات البروتين وذلك لان أنابيب مالبيجي لاتتمكن من عزل هذه الجزيئات الكبيرة ، وقد ذكر Whitcomb وجماعته في 1974 (Rockstein) أن هذه الخلايا قد عزلت سم العقرب (وهو

بروتين) المحقون في السائل الدموي للجراد الصحراوي، كما وجد أن هذه الخلايا قد عزلت بعض المواد مثل زلال البيض والكلوروفيل والهيموغلوبين وأصباغ غروية مثل (Trypan Blue) بعد حقن هذه المواد في الدم مما يدل على أن هذه الخلايا تعزل المركبات التي لاتتمكن أنابيب مالبيجي من أستخلاصها ويتم العزل بواسطة الشرب الخلوي (Pinocytosis) والالتهام الخلوي (Phagocytosis) وهما وسيلتان تحصل الخلايا بواسطتهما على جزيئات كبيرة أما ذائبة أو معلقة في السائل الدموي عن طريق أحاطة هذه الجزيئات بغشاء بلازما الخلية وتكوين فجوة غذائية في السايتوبلازم تحوي داخلها على الجزيئة ثم تندمج الفجوة الغذائية مع أحد الاجسام المحللة (Lysosomes) التي تحوي أنزيمات تقوم بتحليل الجزيئة الى مكوناتها الاولية، فمثلا تحلل البروتين الى حوامض أمينية ونواتج التحلل هذه تكون من صغر الحجم بحيث تخرج من الخلية الى السائل الدموي.

ثانيا : الاخراج عن طريق التخزين Storage Excretion

وهي عملية أبعاد المواد غير المرغوبة وغير المفيدة من محيط العمليات الحيوية بواسطة عزلها وتخزينها مؤقتا أو دائميا في خلايا خاصة.

تنتشر هذه الطريقة من الاخراج بين الحشرات ويتفاوت الاعتماد عليها من أعتماد رئيسي عندما لاتملك الحشرة جهازاً أخراجيا نموذجيا أو عندما تملكه ولكنه لايتمكن من التعامل مع بعض الفضلات الى أعتماد مساعد للجهاز الاخراجي النموذجي وذلك بعزل نفس الفضلات.

فأفراد رتبة الصراصر (Dictyoptera) وذات الذنب القافز (Collembola) وذات الذنب الشعري (Thysanura) تخزن حامض اليوريك في خلايا بولية متخصصة (Urate cells) منتشرة بين خلايا الجسم الدهني، وقد وجد أن تغذية الصراصر بغذاء غني بالبروتين يسرع في موت الحشرات وذلك لامتلاء الخلايا البولية ببلورات حامض اليوريك وعدم قدرتها على تخزين كميات أضافية منه، وتستفاد عذارى عائلة الفراش (Pieridae) من تخزين بلورات حامض اليوريك وصبغات Pteridines وكلاهما مشتقة من مجموعة القواعد النتروجينية الحلقية Purines ثم ترسيبها في حراشف الاجنحة والجسم

التي ستمتلكها البالغة ولهذه الطريقة فائدتين الاولى التخلص من الفضلات النتروجينية بشكل حامض اليوريك دون الحاجة للماء والثانية تلوين البالغة .

ويشير Chapman 1978 الى أن هناك أعتقاد بأن الحشرات التي تخزن حامض اليوريك في خلايا الجسم الدهني قد تستفاد من هذا الحامض كمصدر نتروجيني لتصنع الحوامض النووية حيث أن أختزال حامض اليوريك الى المركب Hypoxanthine ثم أرتباط جذر أمين ($-NH_2$) به يؤدي لتكوين القاعدة النتروجينية Adenine التي تدخل في تركيب الحوامض النووية .

وتقوم الحشرات داخلية التطفل مثل بعض انواع رتبة غشائية الاجنحة Hymenoptera بخزن حامض اليوريك في خلايا الجسم الدهني رغم قدرتها الكامنة الى طرحه خارج جسمها والسبب لهذا التخزين هو كي لايؤثر الطفيلي تأثيرا سلبيا أضافيا على العائل ، وتقوم ذكور الصرصر الامريكي بخزن كمية كبيرة من حامض اليوريك في الغدد الزائدة للجهاز التناسلي الذكري وتقدر كمية المخزون بـ 5% من الوزن الكلي للحشرة وعند التزاوج تصب هذه الغدد محتواها من الحامض على جسم الذكر والانثى وعلى القابلة المنوية للانثى ولم يعرف بعد أهمية ذلك في عملية التزاوج ولكنها على الاقل أحد وسائل التخلص من حامض اليوريك .

وجدير بالذكر أن وجود بلورات حامض اليوريك في خلايا الجسم الدهني لايعني بالضرورة تخزين الحامض وأنما قد يعود لعملية أيض البروتين في الخلايا ، ففي يرقات البعوض Aedes لوحظ زيادة بلورات حامض اليوريك في خلايا الجسم الدهني عند تجويع اليرقات وسبب ذلك يعود لايض البروتين ، وعند تغذية اليرقات فأن أغلب حامض اليوريك قد تم طرحه بواسطة أنابيب مالبيجي .

وفي الحشرات التي تتغذى على الملابس والشعر والصوف تقوم الخلايا الكأسية Goblet cells الموجودة في المعدة بتخزين المعادن الثقيلة مثل Sulfides ، أما الحشرات التي تمتص الدم مثل بقة (Rhodnius) فأن الحديد الموجود في الهيموغلوبين يخزن في النسيج الطلائي للمعدة .

ثالثا : ـ الجهاز الاخرجي النموذجي : ـ

يوجد في اغلب الحشرات وبكافة اطوارها تقريبا جهاز يقوم بالدور الرئيسي في الاخراج عن طريق اداءه وظيفتين الاولى تنظيم الضغط التنافذي للدم ، والثانية عزل وطرح الفضلات النتروجينية الضارة وغير المفيدة خارج الجسم . ويتألف هذا الجهاز من تراكيب القناة الهضمية الخلفية الثلاثة انابيب مالبيجي والامعاء والمستقيم ، وتقوم هذه التراكيب بوظائفها بشكل متكامل اذ تعمل انابيب مالبيجي بعزل سائل يحوي على كل المواد الذائبة والمواد العضوية ذات الوزن الجزئي الواطىء من الدم في حين تقوم الامعاء والمستقيم وخصوصا الاخير باعادة امتصاص المواد التي تحتاجها الحشرة وارجاعها للدم وطرح باقي المواد خارج الجسم مع البراز. يتركب جهاز الاخرج من : ـ

أ ـ انابيب مالبيجي Malpighian tubules

ينعدم وجود انابيب مالبيجي في المن ورتبة ذات الذنب القافز وتتمثل بحليمات في رتبة ثنائية الذنب (Diplura) وذات الذنب العجزى (Protura) وتوجد في باقي الحشرات باعداد زوجية من اثنان في الحشرات القشرية (Coccidae) الى 250 في الجراد الصحراوي . وهي انابيب رفيعة وطويلة مغلقة من طرفها العلوى 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 بالامعاء او قد تصب كل مجموعة من الانابيب بتركيب مثاني يفتح بدوره بمقدمة الامعاء . تسبح الانابيب في السائل الدموي حيث تعزل منه المواد الذائبة فيه ، وتكون الانابيب اطول عندما يكون عددها قليل وذلك لزيادة المساحة السطحية المعرضة للدم ، فالصرصر الامريكي له 60 انبوبا تبلغ مساحتها السطحية 132 ملمتر ، بينما في احد انواع العث الذي له 6 انابيب تبلغ مساحتها 209 ملمتر مربع . تغلف انابيب مالبيجي من الخارج بغشاء ناشيء من خلايا النهايات القصبية Tracheoblasts ويوجد على هذا الغشاء اعداد غزيرة من قصيبات هوائية دقيقة جدا ، يلي هذا الغشاء عضلات حشوية تتألف من طبقة واحدة من الياف عضلية مخططة .

ووظيفة هذه العضلات تحرك 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 المركزى حيث ينظم نشاطها بواسطة افرازات المخ فقط. يلي هذه العضلات غشاء قاعدى رقيق ومرن ترتكز عليه الخلايا الطلائية المؤلفة لجدار الانبوب وتخرق هذا الغشاء قصيبات هوائية دقيقة، ويذكر Maddrell 1971 بأن الغشاء القاعدي لايسمح بمرور الجزيئـــات الكبيرة (ذات الوزن الجزئي العـــالي) ولكن الغشاء القاعدي في الرعاش يسمح بمرور مادة وزنها الجزئي- 40% غير ان هذه المادة قد تراكمت بين الغشاء والجزء القاعدي من الخلايا الطلائية ولم تخترق غشاء بلازما الخلايا. يلي الغشاء القاعدى طبقة واحدة من الخلايا الطلائية المحيطة بتجويف الانبوب.

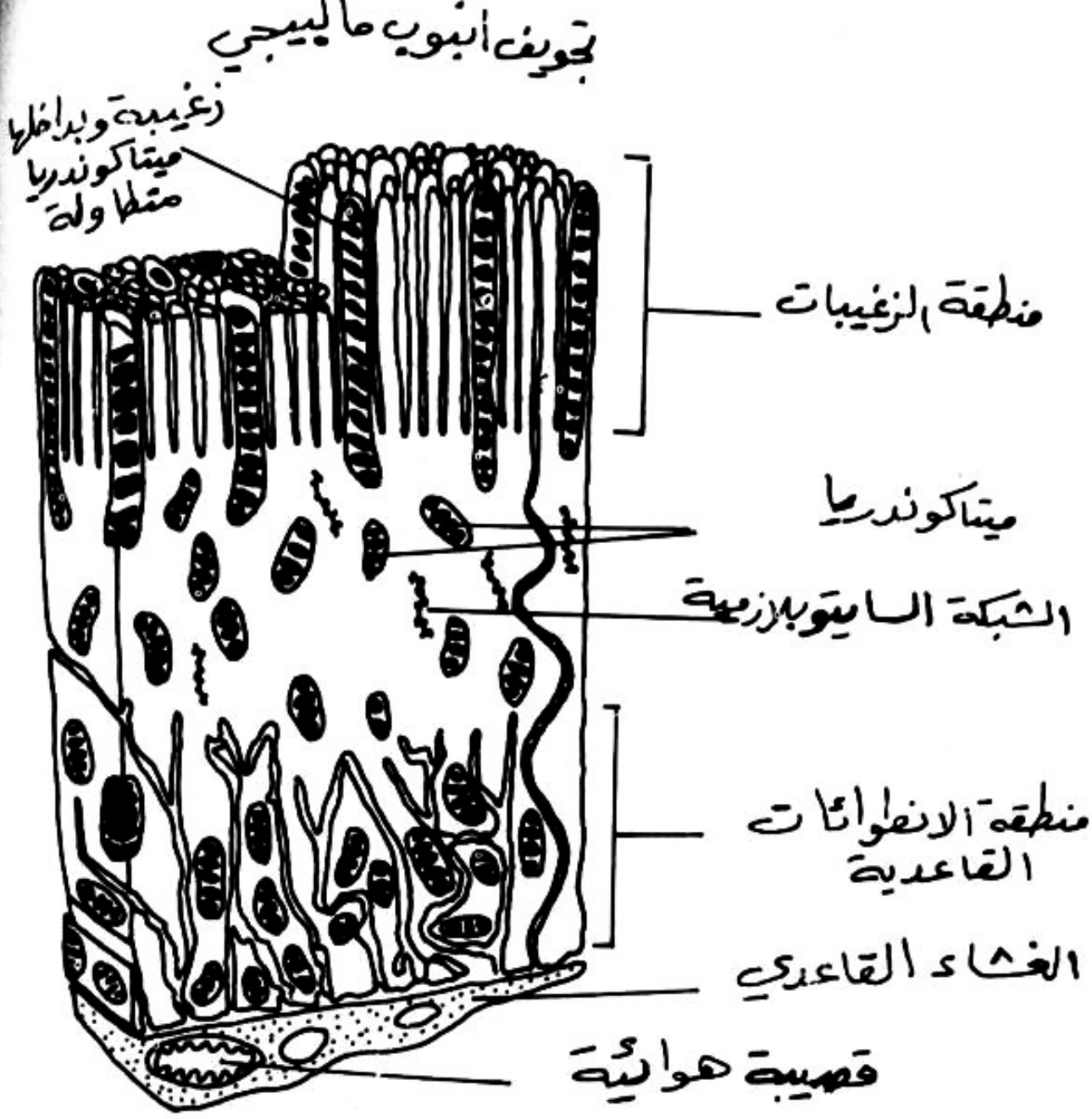
لقد اوضح الفحص بالمجهر الالكتروني وجود التراكيب التالية (شكل 21) في هذه الخلايا اعتباراً من الخارج الى الداخل بالنسبة لانبوب مالبيجي او من الاسفل الى الاعلى بالنسبة للخلايا الطلائية.

الانطوئات القاعدية : Basal infoldings

ينطوى غشاء بلازما الخلية من الاسفل عدة انطوائات الى داخل الخلية قد يمتد عمق بعضها الى ثلث طول الخلية وتحتوي هذه الانطوائات داخلها على اعداد كبيرة من الميتاكوندريا وعلى السايتوبلازم وتمتد اليها شبكة البلازما الداخلية. واهمية الانطوائات هو لزيادة المساحة السطحية لقاعدة الخلية لغرض زيادة سرعة نقل المواد المستخلصة من الدم وتتكون بين هذه الانطوائات من الخارج قنوات دقيقة طولها 5-10 مايكرون ولهذه القنوات دور هام في تكوين اختلافات موضعية في الضغط التنافذي بين السائل الموجود فيها والسائل الدموي العام.

شبكة البلازما الداخلية : Endoplasmic Reticulum

وتكون متركزة في وسط الخلية وتمتد الى منطقة الانطوائات القاعدية والمنطقة الزغيبية وتكون على شكل انابيب متناهية الدقة على طول الخلية، ويعتقد بانها تقوم بنقل المواد.



شكل ٢١ : مخطط لخلية من انبوب مالبيجي موضحاً التراكيب المهمة فيها (عن Muddvell 1971).

الزغيبات

Microvilli :

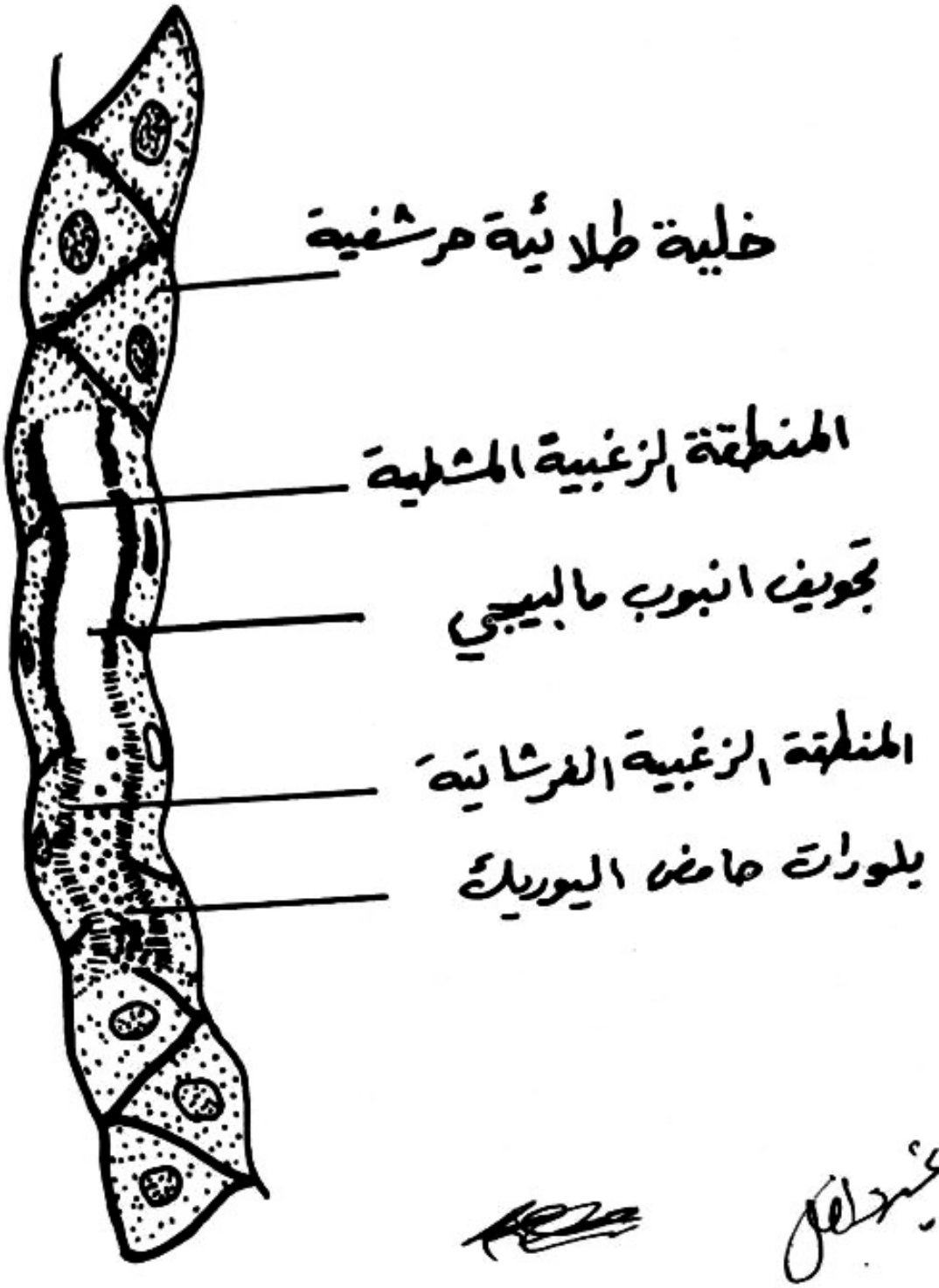
وهي امتدادات خارجية لغشاء الخلية من جهتها العلوية اي من جهة تجويف انبوب مالبيجي وتكون كثيفة جدا ومفترقة عن بعضها البعض ويوجد بداخلها امتدادات سايتوبلازمية وميتاكوندريا متطاولة .

الميتاكوندريا

Mitochondria :

وتوجد باعداد هائلة وتتركز في منطقتي الانطوائات القاعدية والزغيبية ، كما توجد اعداد كبيرة منها مبعثرة وسط الخلية . ان كثرة وجود الميتاكوندريا على هذا النحو يشير الى ان الخلية تصرف قدر كبير من الطاقة التي تتحرر بفعل انزيمات ATPase التي ثبت وجودها في المنطقتين الزغيبية القاعدية من الخلية وهذا يدعم افتراض وجود مضخات تسحب بعض الايونات من السائل الدموي وتضخها نحو تجويف الانبوب عبر الخلية . ويشير جميع الباحثين ومنهم Maddrell 1971 الى وجود نوعين من انابيب مالبيجي في الحشرات الاول ممثل في الحشرة العصوية Carausius ويمتاز بتجانس كثافة الزغيبات على طول تجويف الانبوب ، اما النوع الثاني فقد لوحظ في بقة Rhodnius ويمتاز بان كثافة الزغيبات في الطرف البعيد من انبوب مالبيجي تكون اكثر مما عليه من الطرف القريب وتسمى المنطقة الكثيفة بالحد المشطي Comb border فيما تسمى المنطقة الاقل كثافة بالحد الفرشاتي Brush border (شكل 22) وهذا الاختلاف التشريحي يؤدي لاختلاف خاص في ميكانيكية الاخراج كما سيأتي ذكره .

كما ذكر سابقا فأن أنابيب مالبيجي في معظم الحشرات تسبح بشكل سائب أو حر في تجويف الجسم (أي في الدم) ، غير أن هناك تحوير مهم يوجد في بعض يرقات حرشفية الاجنحة وفي يرقات وبالغات غمدية الاجنحة خصوصا خنافس الحبوب المخزونة ويسمى هذا التحوير بالترتيب الكلوي المستور Cryptonephridial arrangement وهو ذو أهمية بالغة في أمتصاص الماء من محتويات تجويف المستقيم قبل خروجها كبراز وأعادته للدم



شكل (٢٢) : جزء من انبوب مالبيجي لبقة Rhodnius يوضح المنطقتين المتميزتين المشطية والفرشاتية (عن Wigglesworth 1965)

وخصوصا وأن هذه الحشرات تتغذى على غذاء قليل المحتوى المائي .

يتركب هذا الترتيب من ألتحام الطرف البعيد من أنابيب مالبيجي مع جدار المستقيم ألتحاماً محكما من الخارج (شكل 23-24) تاركا فراغات في بعض المناطق تسمى الفراغات حول المستقيم Perirectal spaces ويلتف الطرف البعيد من الانبوب التفافا متعرجا على المستقم وتتكون على الانبوب وبمسافات منتظمة أنتفاخات تتجه للخارج (أي للاعلى) تسمى Boursouflures قد يبلغ عددها (400) في كل طرف بعيد من الانبوب وتكون قمة هذا الانتفاخ غشائية رقيقة ناتجة من أمتداد خلية مالبيجية متحورة تسمى Leptophragma cell ولهذا الامتداد زغيبات متجهة نحو تجويف أنبوب مالبيجي . وتغلق تراكيب هذا الترتيب بغشاء سميك وغير نفاذ يسمى الغشاء حول الكلية Perinephric membrane ويتركب من عدة طبقات تصل الى 40 طبقة من خلايا مسطحة يبلغ سمك الطبقة الواحدة أكثر من 100 أنكستروم غير أن هذا الغلاف ينعدم مباشرة فوق قمم الانتفاخات ويمتد فوقها بدلا منه غشاء قاعدي مزدوج يتحدب ليشكل بثرات Blisters. أن ماذكر أعلاه هو تركيب الترتيب الكلوي المستور في رتبة غمدية الاجنحة ، أما في يرقات حرشفية الاجنحة فانه يختلف من ناحية موقع العضلات الطولية والدائرية للمستقيم التي تقع فوق perinephric membrane وليس بين المستقيم والطرف البعيد من أنابيب مالبيجي ، وأن أنابيب مالبيجي تنطوي فوق المستقيم في عدة طبقات وليس طبقة واحدة .

ب ـ 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 وطويلة .

جـ ـ المستقيم Rectum

وهو تركيب كيسي يلي الامعاء ويتألف في بعض الحشرات من