اما الثغور 2 ,3 فإنها تبقى مفتوحة (شكل 46) وذلك لتأمين احتياجات عضلات الطيران من الاوكسجين وتكون حركة الهواء فيها دخولا وخروجاً وذلك بتأثير تقلص وأتساع الصدر أثناء الطيران ، وقد وجد ان الجراد الصحراوي يقوم بتهوية 40 لتر من الهواء / كغم / ساعة اثناء الراحة و 350 لتر هواء اثناء الطيران .

التنفس في الحشرات المائية : Respiration in aquatic insects

في معظم الحشرات المائية يوجد قصبي كما هو عليه الحال في الحشرات الارضية غير ان الثغور التنفسية قد تكون عاملة او مقفلة دائما ، ويمكن تقسيم الجهاز التنفسي في الحشرات المائية الى نوعين رئيسيين حسب النظام الذي ذكره (Mill في Rockstein 1974).

١ - الجهاز القصبي المغلق : Closed tracheal system

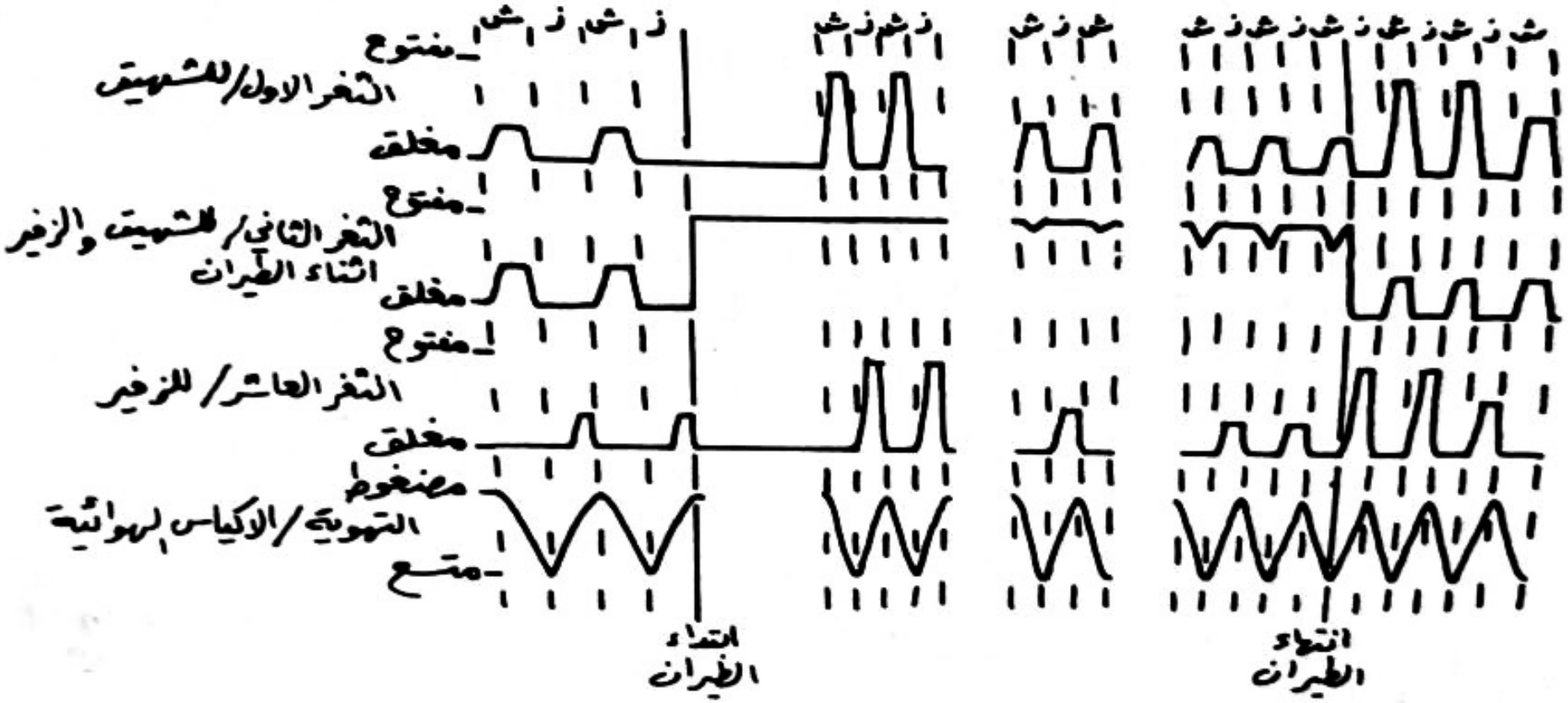
تكون الثغور جميعها مغلقة ، تتنفس الحشرات ذات الجهاز القصبي المغلق بأحدى الوسائل التالية او اكثر :

أ - التنفس عن طريق جدار الجسم : Cutaneous respiration

يتم التبادل الغازي في العديد من الحشرات المائية عن طريق جدار الجسم . وقد وجد ان يرقات الهاموش Chironomus تحصل على الاوكسجين المذاب في الماء عن طريق جدار الجسم الذي يكون رقيقاً ، كما وجد ان يرقات البعوض Culex تحصل على نصف حاجتها من الاوكسجين في المياه جيدة التهوية عن طريق جدار الجسم . وبالرغم من وجود العديد من التحورات التي تساعد على تنفس الحشرات المائية الا ان جدار الجسم يلعب دورا مهما في التنفس خصوصاً في المناطق الرقيقة منه والتي غالبا ماتكون مزودة بشبكة من القصبات والقصيبات الهوائية. تحوير رطبع الجدار

ب - الخياشيم القصبية : Tracheal gills

وهي تحورات خارجية رقيقة لجدار الجسم وتحوي على شبكة كثيفة من القصبات . وتوجد هذه الخياشيم غالبا في الاطوار الحورية للرعاشات وذبابة مايو وعذارى رتبة شعراء الاجنحة Trichoptera



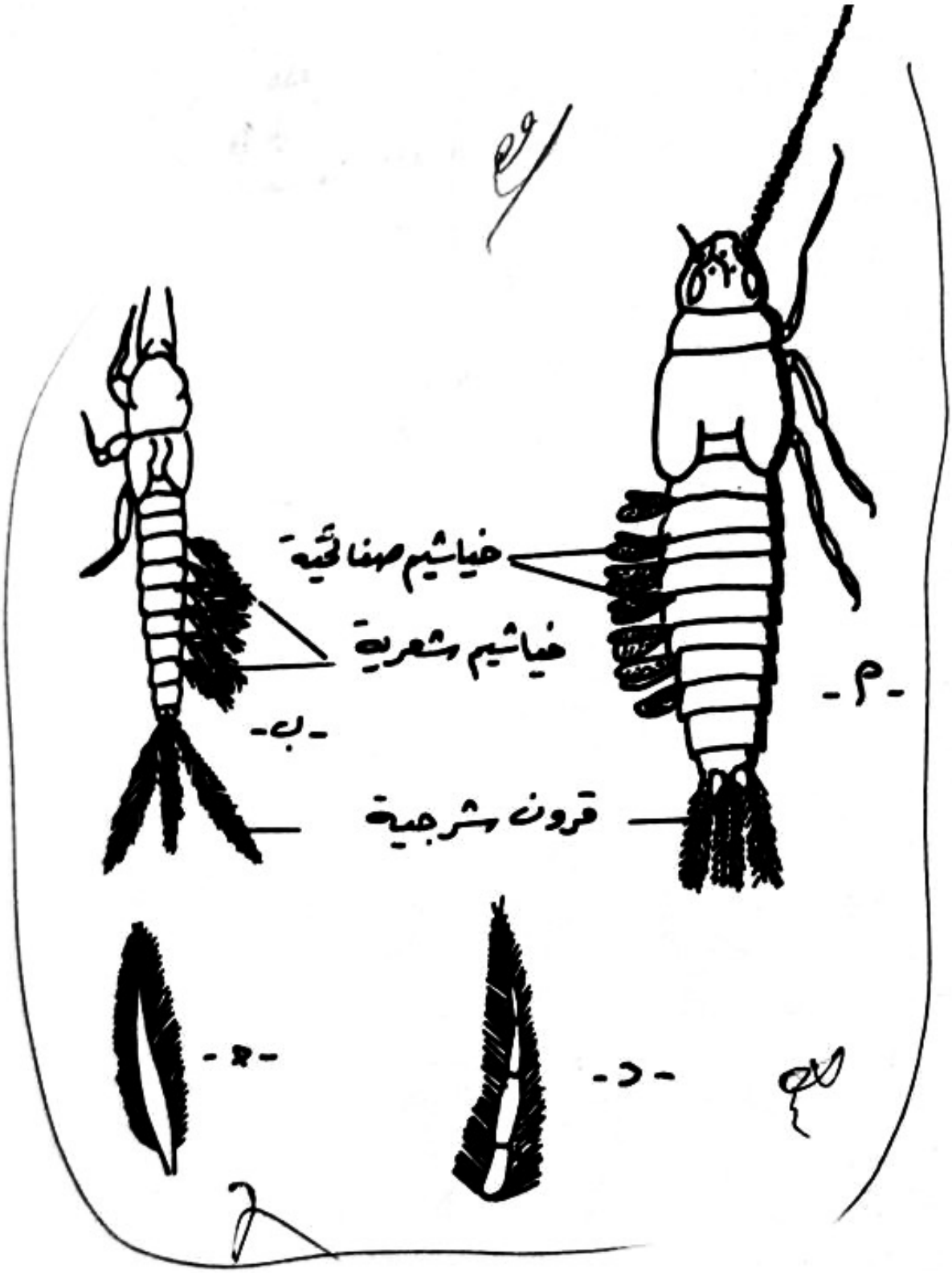
شكل (٤٦) : مخطط يوضح نشاط بعض الثغور التنفسية وحالة التهوية في الجراد الصحراوي Schistocerca اثناء الطيران.
ش = شهيق، ز = زفير (عن Chapman 1978).

وقد تبقى حتى في البالغات ولكن دون ان يكون لها دور في التنفس ، وتوجد هذه الخياشيم عادة في البطن ولكن قد توجد في الصدر وحتى في الرأس كما في بعض انواع رتبة مطوية الاجنحة plecoptera . ويوجد من هذه الخياشيم عدة انواع هي :

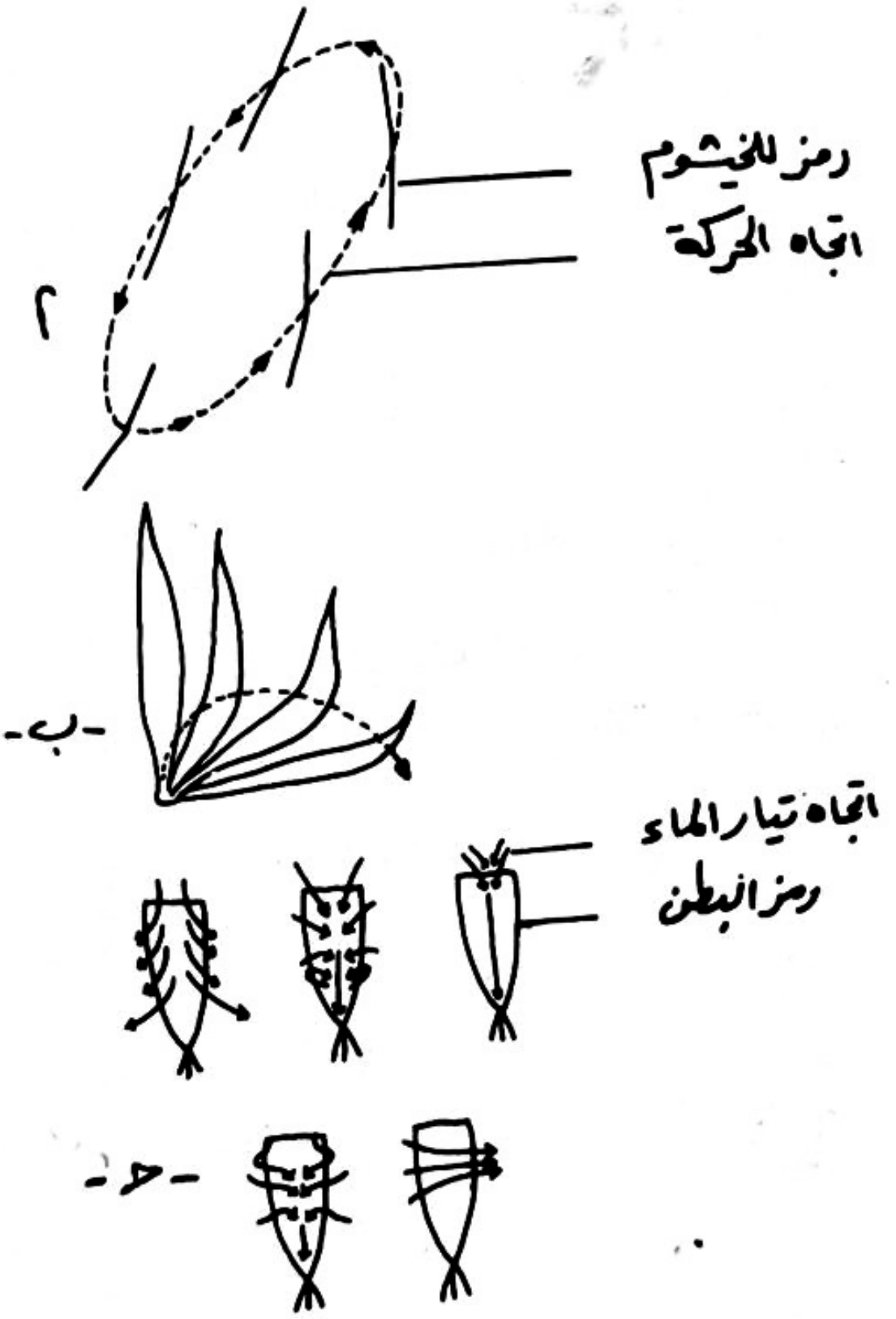
١ ـ الخياشيم البطنية الجانبية : Lateral abdominal gills

وهي تحورات خارجية لجدار الجسم على جوانب الحلقات البطنية في رتبة ذبابة مايو Ephimeroptera قد تكون هذه الخياشيم صفائحية مسطحة Lamella مفردة او في ازواج (شكل 47 أ) او قد تكون شعرية (شكل 47 ب ـ جـ) وذلك لزيادة المساحة السطحية ، وفي تحت رتبة الرعاشات الصغيرة Zygoptera هناك عائلتان فيها انواع ذات خياشيم شعرية اضافة لوجود الخياشيم الذيلية . وتوجد خياشيم شعرية في بعض انواع رتبة مطوية الاجنحة Plecoptera وشبيكة الاجنحة Neuroptera (شكل 47 ـ د) . وتقوم هذه الخياشيم بالحركة في الماء لتحصل على الاوكسجين منه والفائدة من هذه الحركة هو عمل تيار من الماء (شكل 48) للتخلص من الطبقة المائية المحيطة للحشرة والتي ينخفض فيها تركيز الاوكسجين نتيجة أستهلاك الحشرة له وتزداد هذه الحركة كلما انخفض تركيز الاوكسجين المذاب في الماء الذي تعيش فيه الحشرة .

وقد ذكر (Mill في Rockstein 1974) بأن الاوكسجين المذاب في الماء يصل في حالة توازن مع أوكسجين الهواء الجوي عندما يذوب بمقدار 7.9 سم^{٣} / لتر ماء بدرجة حرارة 10م في حين نجد أن حوريات ذبابة مايو تتمكن من العيش بصورة طبيعية في تركيز 1.2 سم^{٣} / لتر ماء فاذا قل التركيز عن ذلك انخفض النشاط الحيوي للحشرة . وقد وجد أن 50% من الاوكسجين الذي تحصل عليه هذه الحوريات يتم عن طريق الخياشيم البطنية الجانبية أما الباقي فتحصل عليه عن طريق جدار الجسم وذلك في المياه جيدة التهوية ، ووجد أنه كلما زادت المساحة السطحية لهذه الخياشيم فإن حركتها تقل كما أن الحشرات تتمكن من العيش في تراكيز اوطأ من الاوكسجين المذاب لتصل الى حد 0.8 سم^{٣} اوكسجين / لتر ماء ، وتبرز أهمية هذه الخياشيم في تمكين الحشرات التي تملكها من



شكل (٤٧) : الخياشيم البطنية الجانبية .
أ : حورية ذبابة مايو Cloeon (رتبة Ephimeroptera)
ب - حورية polymitarcys (رتبة Ephimeroptera)
جـ - خيشوم شعري في حورية Ephemera (رتبة Ephimeroptera)
د : خيشوم شعري في حورية Sialis (رتبة Neuroptera)
(أ . د عن رزق ١٩٨٠ . ب عن عاصم ونصر ١٩٧٦ . جـ عن Mitter في Rochstein 1974) .



شكل (٤٨) : حركة الخياشيم البطنية الجانبية في حوريات ذباب مايو وتأثيرها على تيار الماء.

أ : مخطط لحركة خيشوم ايسر. الخط المنقط يرمز للدوران البيضوي للخيشوم.

ب : مخطط للحركة التموجية للخيشوم.

جـ : مخططان لتيار الماء الناتج عن حركة الخياشيم في انواع مختلفة من حوريات ذباب مايو (عن Miller، في Rockstein 1974).

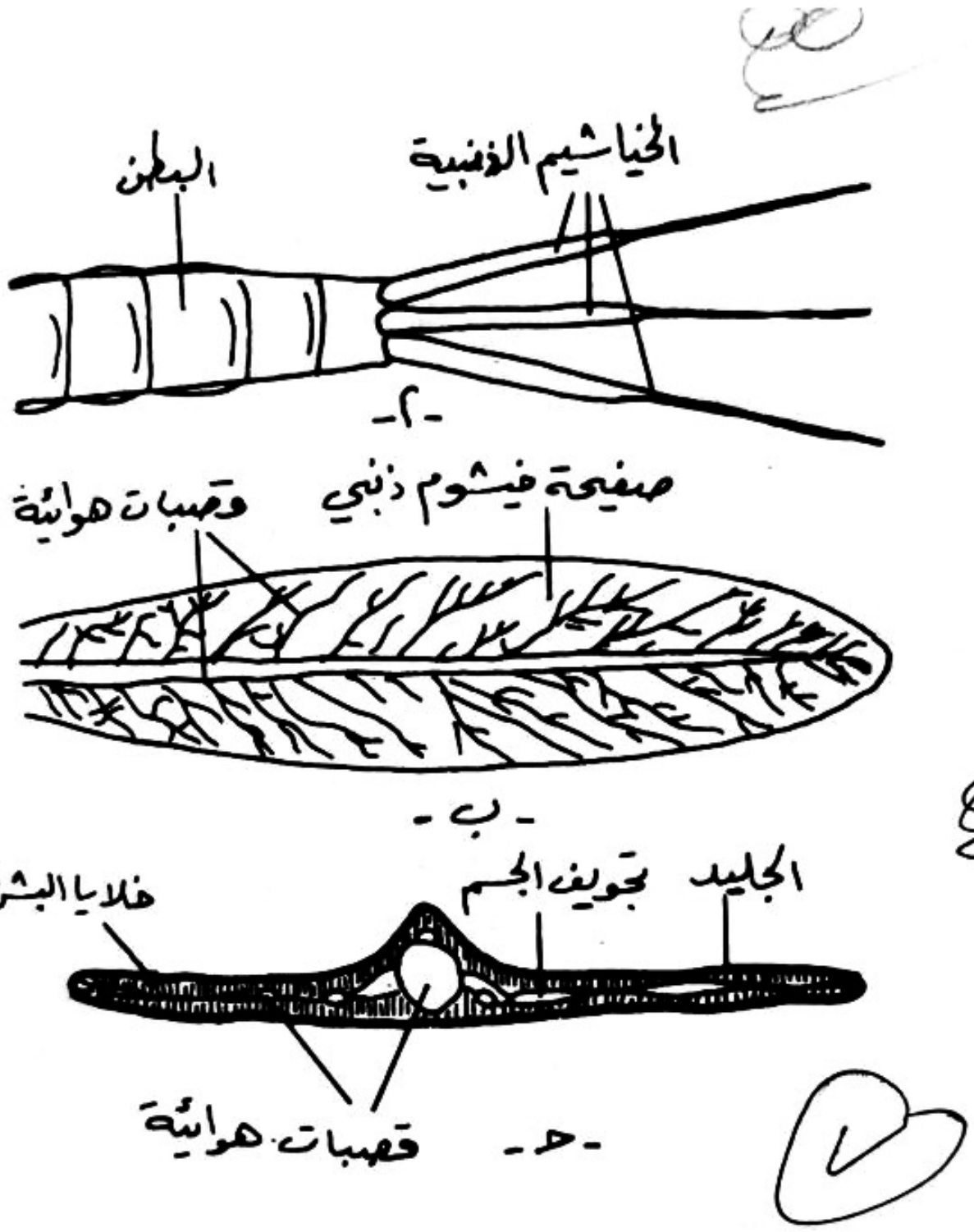
العيش في بيئات مائية فقيرة الاوكسجين ذلك لأنه عند انخفاض الاوكسجين المذاب عن حد معين فإن جدار الجسم لايفي بأحتياجات الحشرة من التبادل الغازي .

٢ ـ الخياشيم الذيلية : Caudal gills

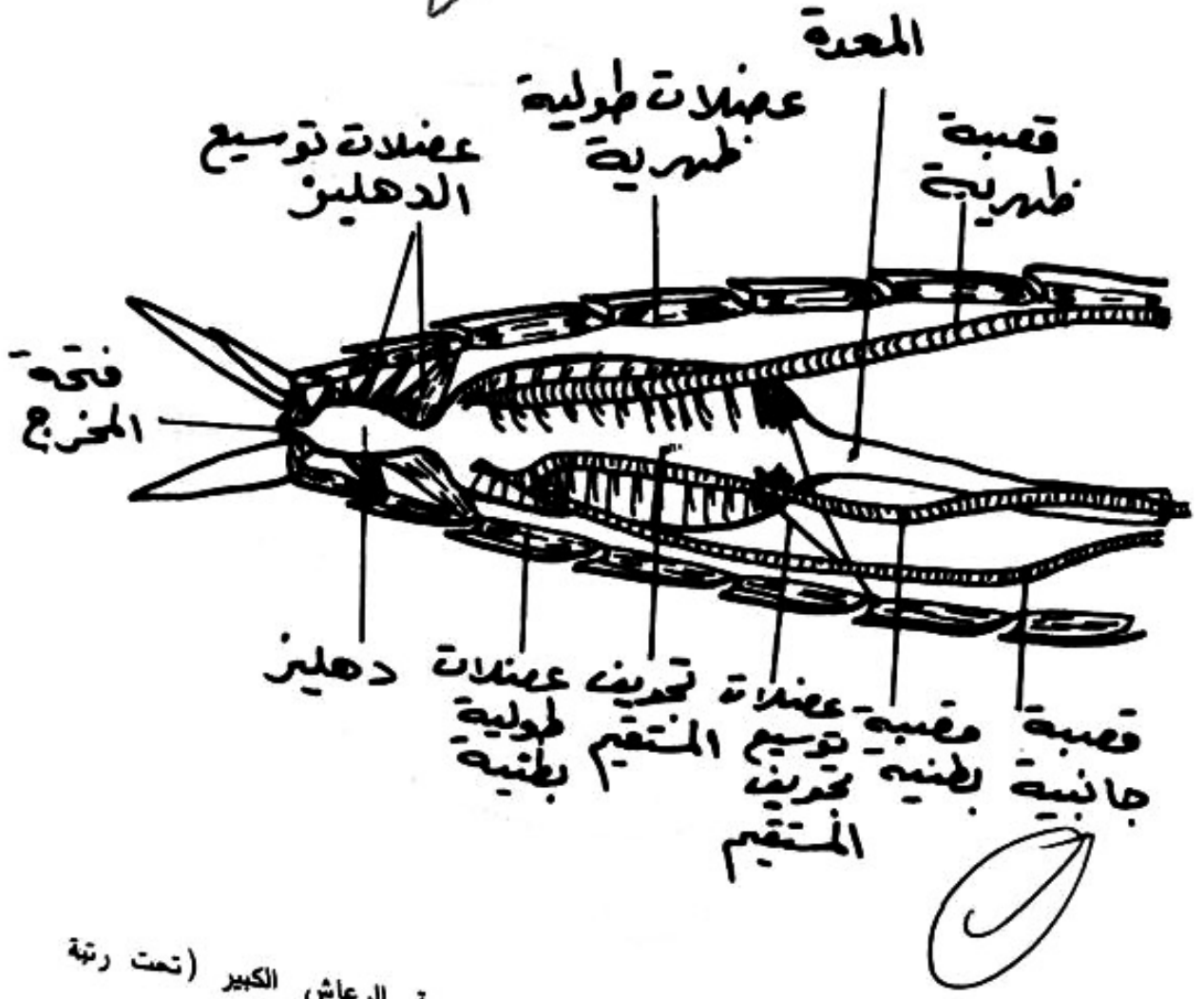
في جميع افراد تحت رتبة الرعاشات الصغيرة Zygoptera يوجد 3 خياشيم في نهاية البطن تنشأ من تحور العض الظهري Epiproct والعضان البطنيان الجانبيان Paraproct للحلقة البطنية الحادية عشر، وهي صفائح غنية بالجهاز القصبي (شكل 49) وكما هي عليه الحال في الخياشيم البطنية الجانبية ، ففي المياه جيدة التهوية فإن جدار الجسم والخياشيم الذيلية تقوم سوية بأخذ الاوكسجين المذاب في حين يزداد دور هذه الخياشيم في المياه الفقيرة بالاوكسجين حيث تزداد هذه الخياشيم للتخلص من الطبقة المائية المحيطة لجسم الحيوان ولاستخلاص أكبر قدر من الاوكسجين المذاب ، ففي تجارب أشار اليها (Mill في Rockstein 1974) وجد أن أزالة الخياشيم الذيلية لم يؤثر كثيرا على حيوية حوريات الرعاشات الصغيرة في المياه الغنية بالاوكسجين في حين ازدادت نسبة الموت في تلك الحوريات عند تعرضها لمياه فقيرة الاوكسجين المذاب .

٣ ـ خياشيم المستقيم : Rectal gills

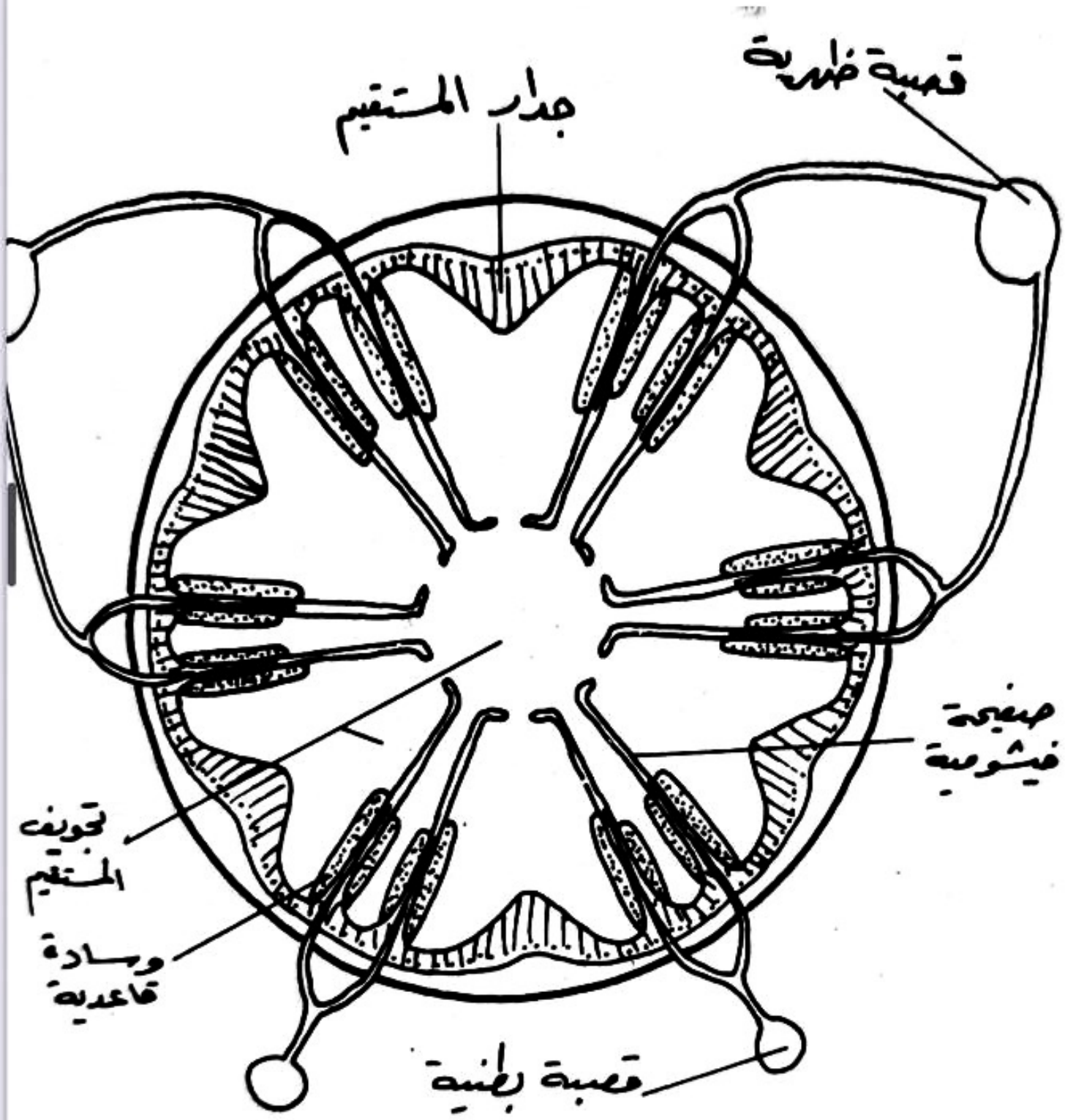
وتوجد في حوريات الرعاشات من تحت رتبة الرعاشات الكبيرة Anisoptera حيث يتضخم المستقيم ويصبح ذو تجويف كبير وتوجد (6) خياشيم على طول المستقيم وتكون غنية بشبكة من القصبات الهوائية (شكل 50 - 51) ، ولما كان جدار الجسم لحوريات هذه الرعاشات سميكا فإن دوره في التبادل الغازي يعتبر ضعيفا وبالمقابل تزداد أهمية خياشيم المستقيم ، حيث يدخل الماء ويخرج كالمد والجزر الى تجويف المستقيم عبر فتحة المخرج بتأثير تقلصات عضلية بطنية وبذلك تحصل الخياشيم على الاوكسجين المذاب من الماء الداخل . ويعتبر دخول الماء الى تجويف المستقيم شهيقا وخروجه زفيرا ولحركة الماء في الشهيق والزفير فائدة اخرى اضافة للتنفس وذلك بالمساعدة على دفع الحورية الى الامام كوسيلة للحركة وذلك



شكل (٤٩) : الخياشيم الذنبية في حوريات تحت رتبة الرعاشات الصغيرة Zygoptera
أ : منظر ظهري للخياشيم الذنبية
ب : منظر جانبي لاحد صفائح الخياشيم الذنبية
حـ : مقطع عرضي لاحد صفائح الخياشيم الذنبية .
(عن Chapman 1978) .



شكل (٥٠) : مخطط لمقطع طولي في بطن حورية الرعاش الكبير (تحت رتبة Anisoptera) في منطقة المستقيم
عن Miller، في Rockstein، 1974).



شكل (٥١) : مخطط لمقطع عرضي في المستقيم في حوريات تحت رتبة الرعاشات الكبيرة Anisoptera مبيناً خياشيم المستقيم
(عن Chapman 1978)

عند اندفاع الماء خارج تجويف المستقيم اثناء الزفير. وقد وجد أن تكرار دخول وخروج الماء في المستقيم يزداد كلما انخفض تركيز الاوكسجين المذاب في الماء. وعند تربية حوريات الرعاش في ماء ذو تركيز 2.5 سم أوكسجين لتر وحرارة 17م فإن هذه الحوريات قد صعدت الى سطح الماء وابرزت فتحة المخرج الى الهواء الجوي وأخذت تدخل الهواء وتخرجه مما يدل على أن هذا التركيز يعتبر واطئا جدا لتلبية حاجة الحشرة من الاوكسجين.

وهناك انواع عديدة اخرى من الخياشيم تنتشر بين الانواع الحشرية والعوائل التابعة لرتب مختلفة وبالرغم من الاختلاف المظهري الا أنها تتشابه تركيبيا ووظيفيا مع ماذكر.

٢ ـ الجهاز القصبي المفتوح : ـ Open tracheal system

في هذا النوع توجد ثغور تنفسية عاملة يتم عن طريقها دخول الاوكسجين بما يلبي حاجة الجسم والحشرات التي تملك هذا النوع من الجهاز التنفسي نوعان احدهما يعتمد على الاوكسجين الجوي والاخر يعتمد على الاوكسجين المذاب في الماء.

أ ـ الحشرات التي تعتمد على الاوكسجين الجوي :
Reliance on Atmospheric oxygen

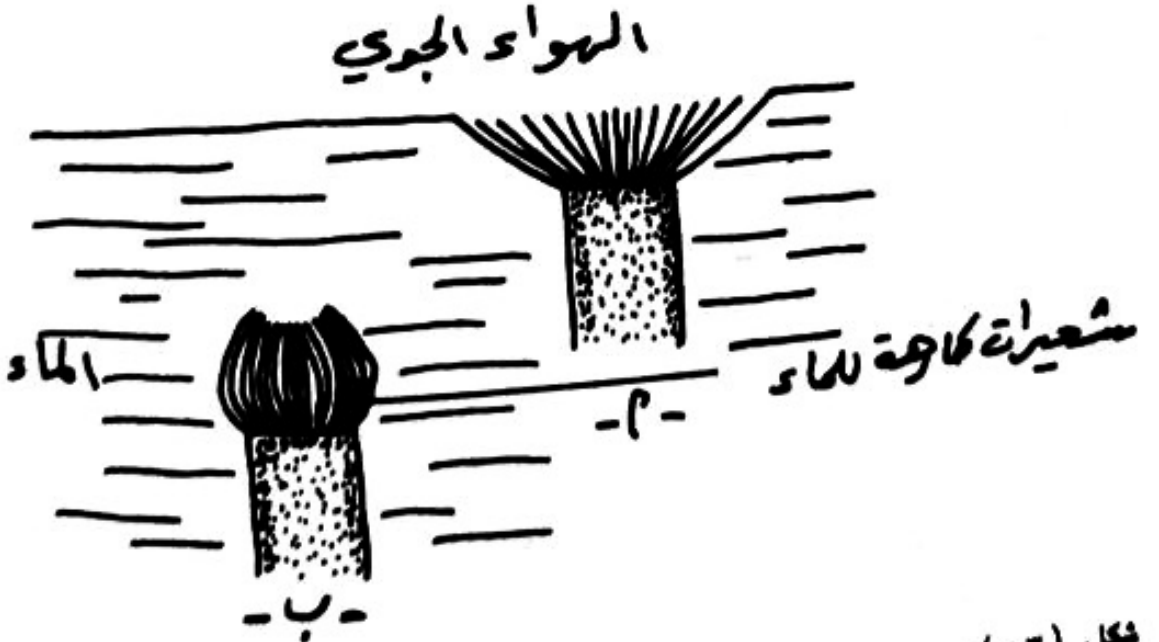
ومنها ـ ثلاثة ـ انواع :

١ ـ الحشرات التي تتنفس على سطح الماء : Surface breathers

وهي الحشرات التي تصعد بين تارة واخرى الى سطح الماء لتحصل على الاوكسجين الجوي كيرقات وعذارى البعوض وكذلك الحشرات التي لها زوائد انبوبية تمدها الى سطح الماء وتتنفس خلالها مثل يرقات ذباب Eristalis وذكر النحل (شكل 53).

توجد حول الثغور التنفسية لهذه الحشرات شعيرات من الجليد او صفائح كايتينية متحركة تغطي فتحة الثغر اثناء الغطس وتتفرج عن الثغر عند تعرضها لسطح الماء وتقاوم التبلل لأنها تراكيب كارهة للماء Hydropholic وبذلك فإن قوة تماسك جزيئات الماء مع بعضها تكون اعلى من قوة تلاصق جزيئات الماء مع هذه التراكيب فعندما تغطس

شكل (٥٢) : يرقة ذباب ذكر النحل Eristalis (diptera : Syrphidac)
(عن Chapman ١٩٧٨)



شكل (٥٣) : مخطط توضيحي لوضع الشعيرات الكارهة للماء التي تحيط بفتحة الثغر التنفسي للبقة Notonecta (Hemiptera) عند الصعود لسطح الماء (أ) وعند الغطس (ب) (عن Chapman 1978)

هذه الحشرات في الماء فأن الشعيرات المحيطة بفتحة الثغر تبتعد عن الماء وتتقارب من بعضها وتغلق فتحة الثغر وبذلك لايدخل الماء الى داخل القصبات الهوائية وعند صعود الحشرة الى سطح الماء وتعرض فتحة الثغر للهواء الخارجي فأن الشعيرات تنفرج عن بعضها بتأثير الشد السطحي للماء (شكل 52) . وفي اليرقات المائية لحشرات رتبة ثنائية الاجنحة Diptera توجد غدة حول الثغور التنفسية تقوم بأفراز مادة زيتية تساعد على زيادة خاصية كره الماء للصفائح التي تغلق الثغر التنفسي .

٢ ـ الحشرات الغاطسة مع مخازن الهواء Air stores

تتمكن بعض الحشرات ومنها الخنفساء المائية Dytiscus من حمل فقاعات الهواء تحت الجناح الغمدي وتستفاد من هذا الهواء في التنفس عند الغطس ليمكنها من البقاء تحت الماء مدة أطول .

٣ ـ الحشرات التي تستفاد من هواء أنسجة النباتات المائية :
Utilization of plant spaces

يوجد لبعض الحشرات المائية زوائد انبوبية قوية ومدببة من نهايتها او مزودة بأسنان تشبه المنشار وتقع الثغور التنفسية في نهاية هذه الزوائد (شكل 54) حيث تقوم بغرزها في أنسجة النباتات المائية وتحصل منها على الاوكسجين ، وهذه الحالة توجد في الحشرات المائية التي تعيش مغمورة بالطين حيث يكون تركيز الاوكسجين قليل ومن امثلتها يرقات الخنافس Donacia من غمدية الاجنحة وبعض يرقات ثنائية الاجنحة مثل البعوض Mansonia.

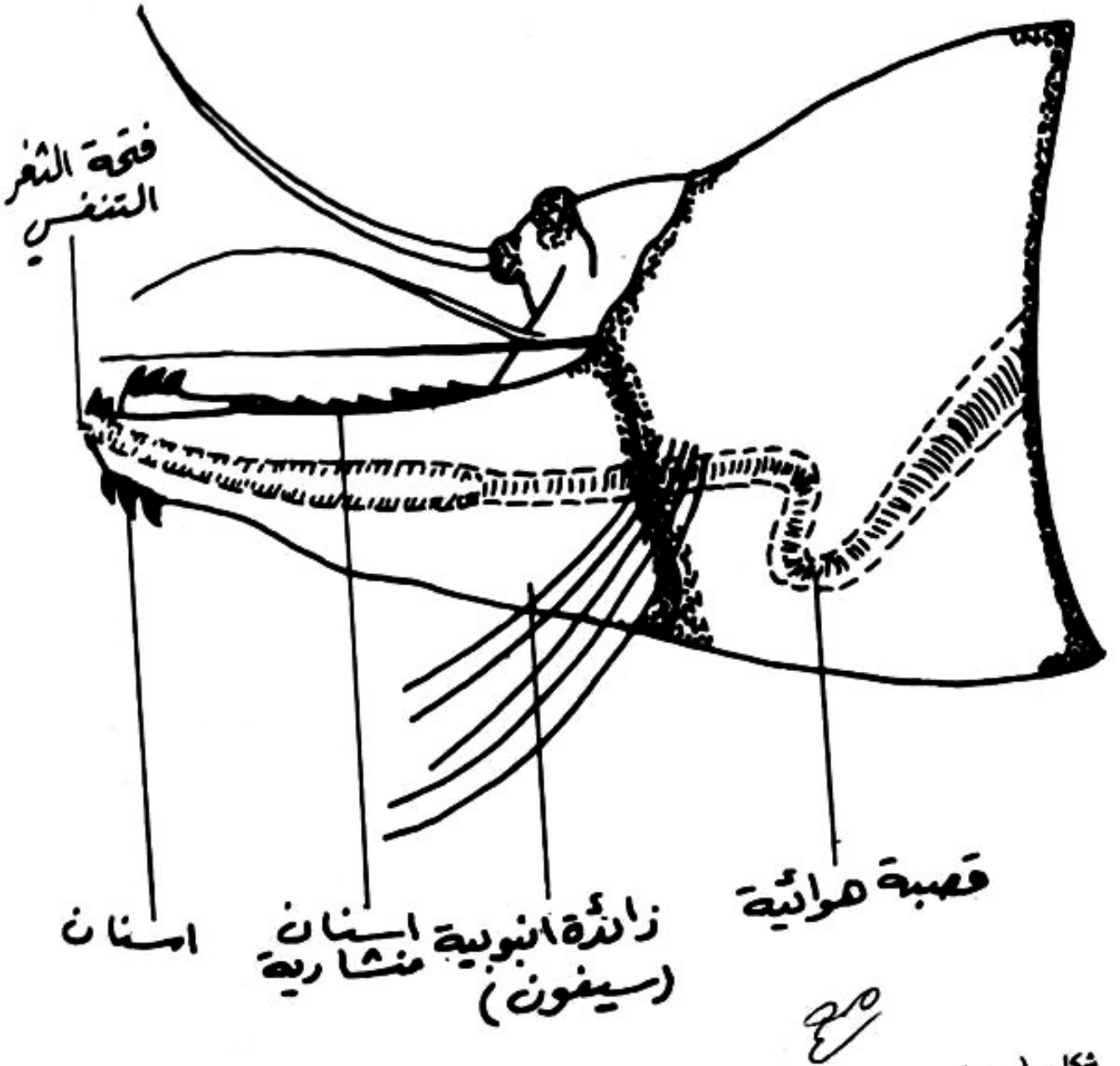
ب ـ الحشرات التي تعتمد على الاوكسجين المذاب في الماء
Reliance on dissolved oxygen

ومنها الانواع الاتية :

١ ـ الحشرات ذات الخياشيم الغازية المؤقتة :
Temporary gas gills

يذكر (mill في Rockstein ، 1974 Chapman) (1978 أنه عند غطس بعض الحشرات تحت الماء فأنها تحمل معها فقاعات هوائية

١/١٤



شكل (٥٤) : نهاية بطن يرقة البعوض Mansonia (تحت عائلة Culicinae، عائلة البعوض Culicidae، رتبة ثنائية الاجنحة)
(عن Chapman 1978)

أو غشاء هوائي رقيق خصوصا قرب الثغور التنفسية ، ويتكون هذا الغشاء الهوائي نتيجة وجود شعيرات دقيقة كارهة للماء وبكثافة تبلغ في عائلة الخنافس Hydrophilidae مابين عشرة الاف الى عشرة ملايين شعيرة في السنتمتر المربع الواحد .

يوجد هذا الغشاء في العديد من عوائل رتبة نصفية الاجنحة Hemiptera مثل Belostamatidae , Corixidae وفي بعض أنواع يرقات الفراشات من عائلة Pyralidae.

وتتمكن هذه الحشرات من البقاء غاطسة لفترة طويلة حيث تقوم هذه الفقاعات أو الاغشية الهوائية بدور الخياشيم ، فعند أستهلاك الحشرة للاوكسجين في الجهاز القصبي والخياشيم الغازية فأن الاوكسجين المذاب في الماء ينتشر الى داخل الفقاعة أو الغشاء الهوائي ، أما غاز ثاني أكسيد الكربون ونتيجة سرعة ذوبانه فأنه ينتشر من الفقاعة الى الماء . ونتيجة أستهلاك الاوكسجين المستمر من الفقاعة فأن الضغط الجزئي للنتروجين يزداد داخل الفقاعة وهذا يؤدي بدوره الى أختلال التوازن للغازات بين داخل الفقاعة والماء فيبدأ غاز النتروجين بالخروج من الفقاعة الى الماء بينما يدخل الاوكسجين من الماء الى الفقاعة وتبلغ سرعة دخول الاوكسجين ثلاث أضعاف سرعة خروج النتروجين وذلك للمحافظة على حالة التوازن للغازات بين الفقاعة والماء ، وبذلك فأن تركيز الاوكسجين يزداد في الفقاعة عما كان عليه عند بداية غطس الحشرة وبهذا تقوم الفقاعة أو الغشاء الهوائي بدور الخيشوم وللنتروجين دور مهم في تكوين هذا النوع من الخياشيم الغازية حيث لولاه فأن الاوكسجين يستهلك تماما من الفقاعة في فترة قصيرة . وقد وجد أن بعض الحشرات تتمكن من العيش طيلة أشهر الشتاء غاطسة في الماء ومعتمدة على الخياشيم الغازية في التنفس كما في الخنفساء Hydrous ولكن عند حلول الصيف وبزيادة الفعاليات الحيوية للحشرة فأنها تستهلك قدرا من الاوكسجين يزيد عما تستطيع الخياشيم الغازية أن توفره لذلك تصعد هذه الحشرة بين تارة وأخرى لسطح الماء للحصول على الاوكسجين الجوي وتكوين خياشيم غازية جديدة .

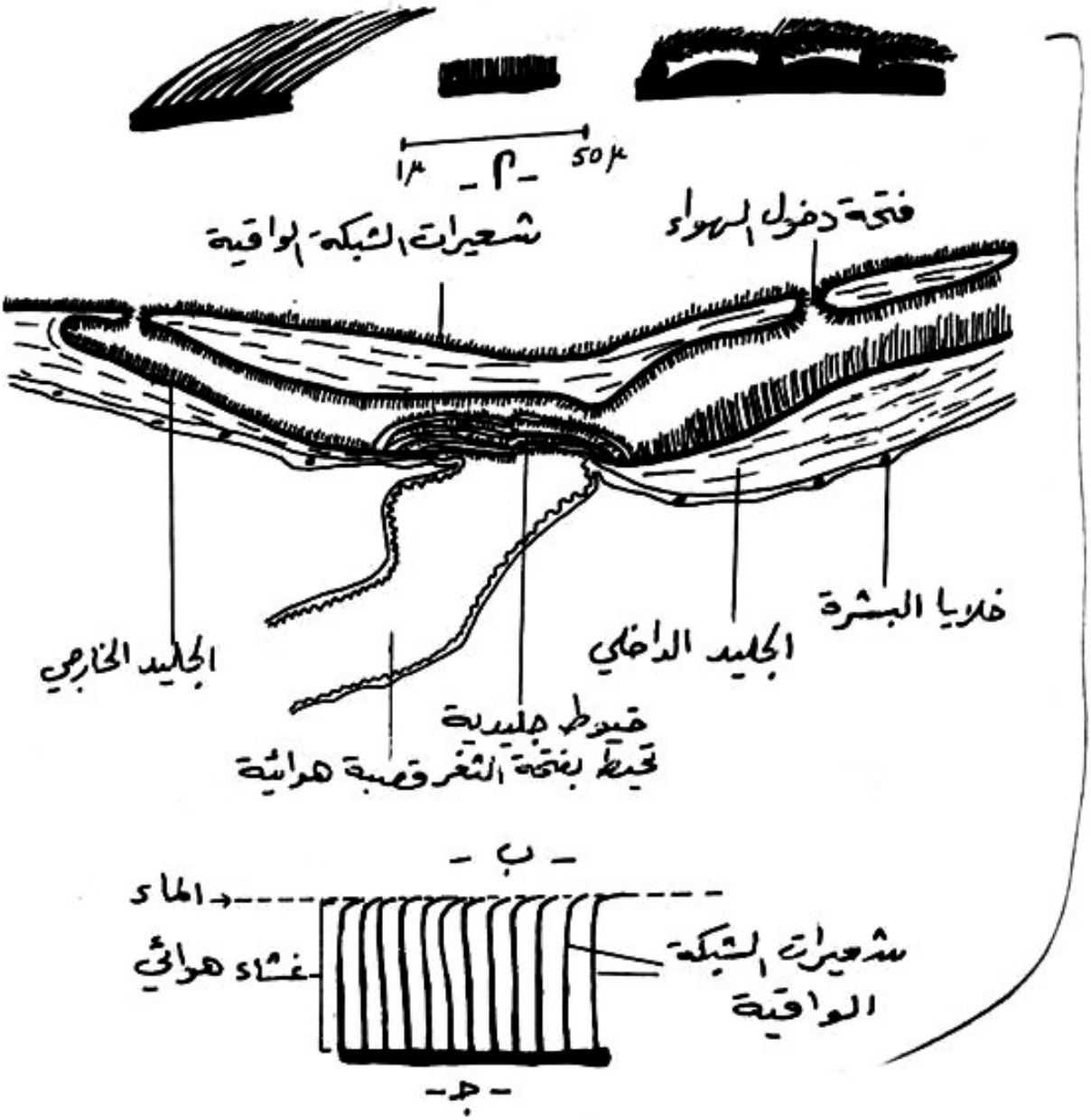
٢ ـ الحشرات ذات الخياشيم الغازية الدائمة : Permenant gas gills

وتضم الشبكة الواقية Plastron والخياشيم الثغرية . (Spiracular).

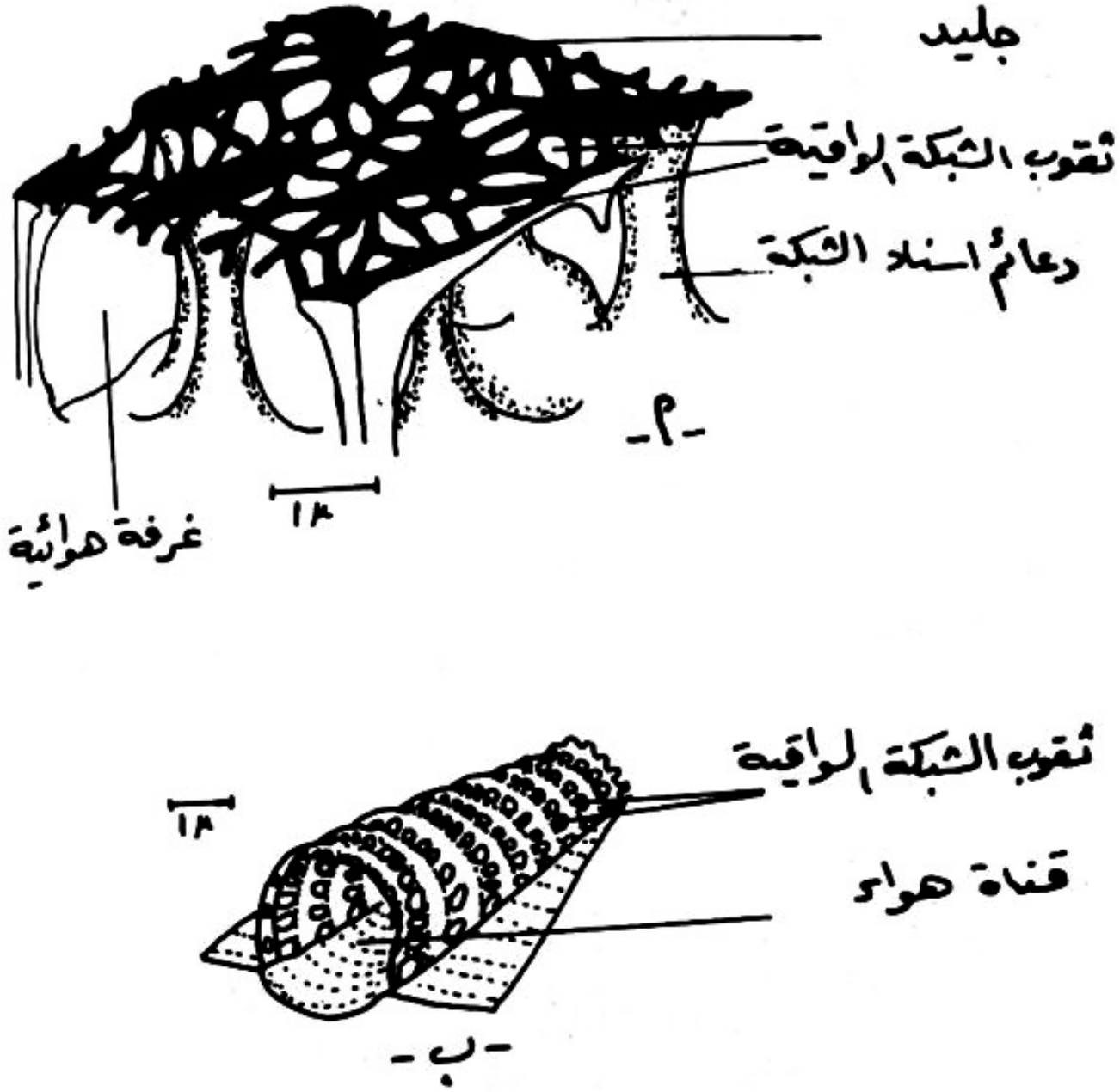
(gills).الشبكة الواقية عبارة عن شعيرات دقيقة موجودة بكثافة عالية تصل الى 250 مليون شعيرة / سم^2 من سطح الجسم (شكل 55) أو أنها تحورات مثقبة من الجليد تمتد بشكل قنوات أو سطوح فوق غرف هوائية (شكل 56) بحيث يتكون غشاء هوائي بين الشعيرات (شكل 55 ـ جـ) ونظرا لخاصية كرة الماء وكذلك ان المساحة السطحية لغشاء الهواء في الشبكة الواقية تكون أكبر بكثير من المساحة السطحية للخياشيم الغازية المؤقتة لذلك فأنها تتمكن من تزويد الحشرة بما تحتاجه من الاوكسجين المذاب في الماء على شرط أن يكون تركيز الاوكسجين في الماء أعلى من تركيزه في الغشاء الهوائي والا فان العكس يؤدي لخروج الاوكسجين من غشاء الهواء الى الماء فمثلا يشير (Mill في Rockstein 1974) أن البقة Aphelocheirus رتبة نصفية الاجنحة Hemiptera لاتتمكن من العيش في ماء يقل تركيز الاوكسجين المذاب فيه عن 8.6% من مجموع الغازات المذابة . أما الخياشيم الثغرية فأنها نموات خارجية للمنطقة المحيطة بفتحة الثغر أو تحورات خارجية للردهة وتضم جميع هذه التحورات على شبكة واقية (عدا تحورات الخياشيم الثغرية في بعض أنواع عائلة الهاموش) كما هو موضح في شكل 57 و 58 .

وفي الحشرات التي تملك خياشيم ثغرية يوجد أعضاء حس تتأثر بالمناطق التي يقل فيها الضغط الجزئي للاوكسجين بالماء وتتجنبها . ويشير (Hinton 1968) ان الشبكة الواقية للخياشيم الثغرية تقاوم التبلل حتى لو زاد ضغط عمود الماء عند نزول الحشرات الى القعر وكذلك تقاوم فقدان خاصية كرة الماء عند تعرضها لمواد ذات نشاط سطحي كالطين . ولاجل زيادة المساحة السطحية لغشاء الهواء فأن الخياشيم الثغرية قد تحورت الى عدة حالات يعرف منها الان 14 نوعا وتمتاز جميعها بوجود بروزات طويلة قرب فتحة الثغر كل بروز يحاط بالشبكة الواقية أو بوجود أخاديد طويلة مجوفة ومسقفة بشبكة كايتينية مثقبة مكونة أشبه بالقناة .

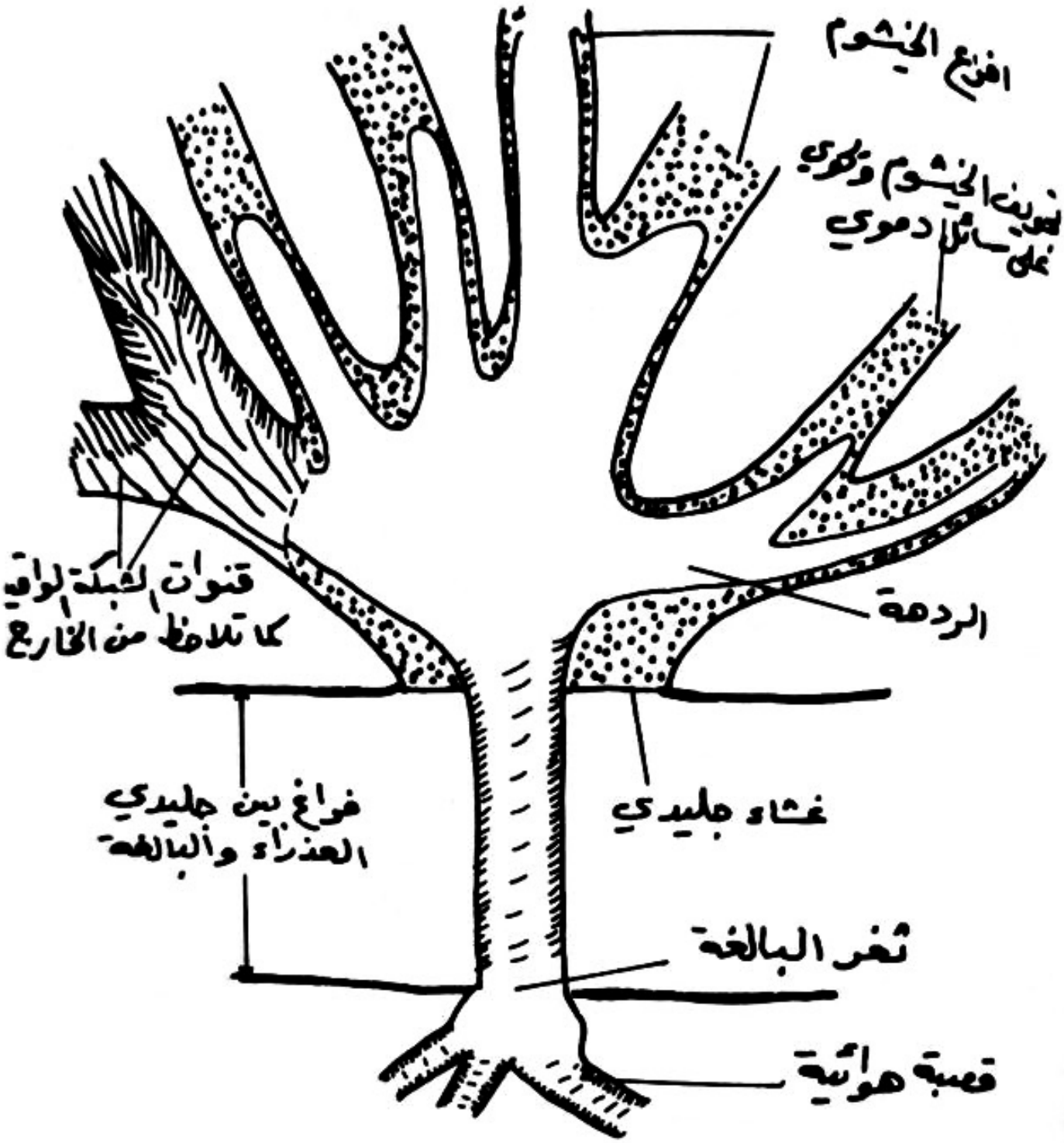
توجد الخياشيم الثغرية في طور العذراء لبعض افراد ثنائية الاجنحة منها النوع Antocha والذباب الاسود Simulidae وبعض الخنافس كما توجد في يرقات بعض انواع غمدية الاجنحة مثل عائلة Hydroscapidae وعائلة sphaeridae وفي بيوض العديد من الحشرات مثل بيض الذباب المعدني Calliphora والملاحظ أن الخياشيم



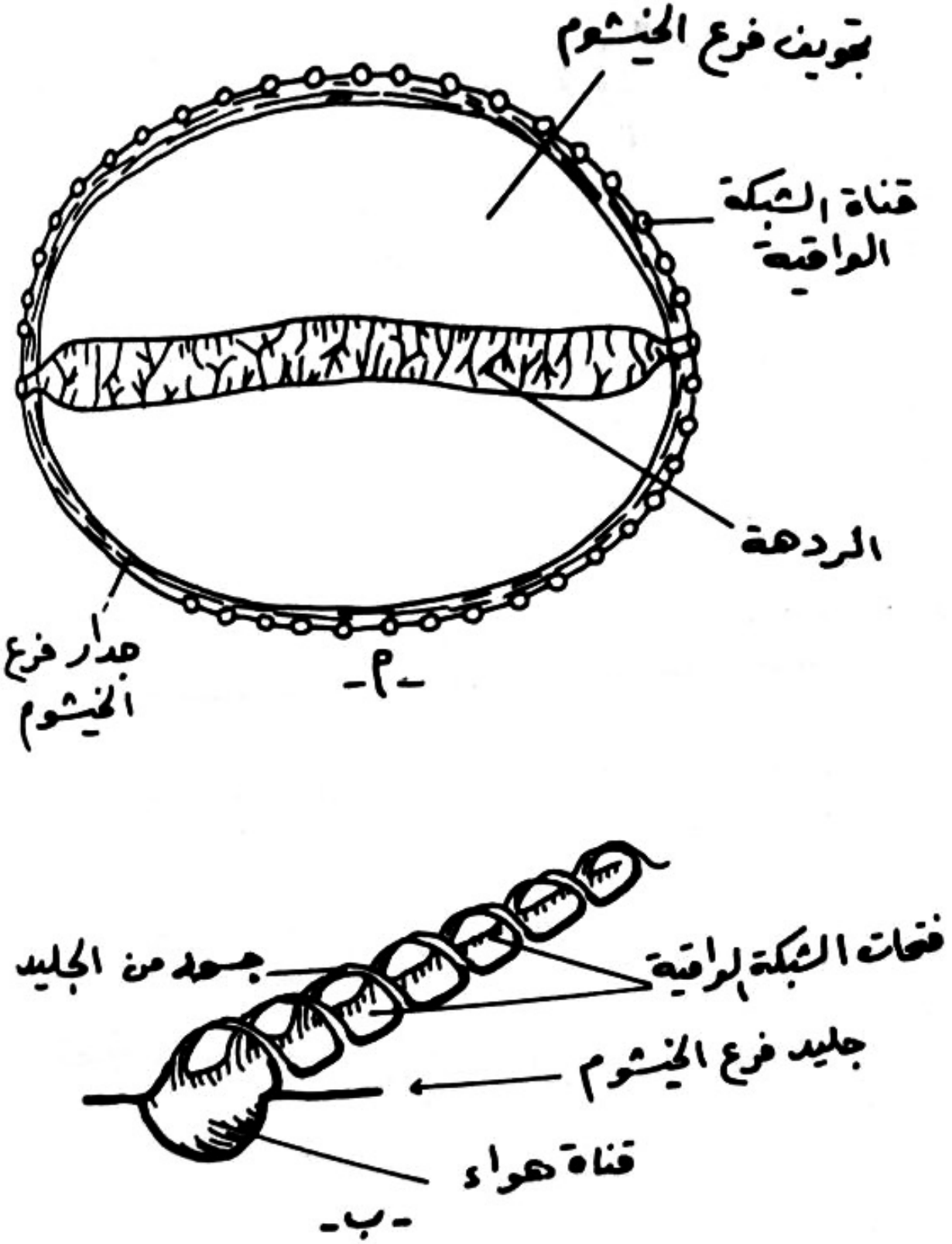
شكل (٥٥) : الشبكة الواقية ذات الشعيرات.
أ : انواع مختلفة من شعيرات الشبكة الواقية باختلاف الحشرات (عن Mill، في Rockstein 1974).
ب : مقطع طولي للشبكة الواقية المحيطة بفتحة الثغر (عن Chapman 1978)
حـ : تكبير عالي لشعيرات الشبكة الواقية مبنياً طريقة تكوين الغشاء الهوائي (نفس مصدر ب بتصور).



شكل (٥٦) : الشبكة الواقية Plastron
أ : الشبكة الواقية في قشرة بيضة الذباب المعدني Calliphora
(عن Miller في Rockstein 1974)
ب : جزء من قناة الشبكة الواقية الموجودة على الخياشيم الثغرية ليرقة Antocha
(Diptera : Tipulidae)
(عن Hinton 1968)



شكل (٥٧) : الخيشوم الثغري للحشرة Taphrophila (Diptera : Tipulidae) قبيل خروج البالغة من العذراء.
(عن Chapman 1978).



شكل (-٥٨) : أ - مقطع عرضي في احد افرع الخيشوم الثغري للحشرة Taphrophila (Diptera : Tipulidae)

ب : تكبير لاحد قنوات الشبكة الواقية المنتشرة على افرع الخيشوم.

(عن Chapman 1978).

الثغرية قد تطورت أيضا في اطوار بعض الحشرات الارضية التي تعيش في بيئة تارة تكون مائية وتارة جافة كالجداول الموسمية والسواحل المعرضة للمد والجزر او للامواج ففي مثل هذه البيئات تتغمر الحشرات احياناً بالماء لمدد مختلفة وتارة ينحسر عنها الماء لذلك فعند غمر الحشرات بالماء فأنها تتزود بالاوكسجين المذاب عن طريق غشاء الهواء المحصور بين الشعيرات او داخل القنوات المسقفة بالشبكة الواقية وعند انحسار الماء فأن الهواء الجوي يدخل مباشرة الى الثغور. ولما كان طور العذراء والبيضة في الحشرات من الاطوار غير المتحركة فأن تطور الخياشيم الثغرية في 1400 نوع من الحشرات قد ساعدها على التنفس في البيئة المائية والجافة على السواء (1968 Hinton)

التنفس في الحشرات المتطفلة داخليا :

Respiration in Endoparasite insects

تحصل معظم الحشرات المتطفلة داخليا على الاوكسجين عن طريق الانتشار عبر جدار الجسم من انسجة العائل أي عن طريق التنفس الجليدي Cutaneous Respiration كما وتحصل بعض الطفيليات على الاوكسجين من الهواء الجوي وذلك بثقب جلد العائل كما في نغف جلد البقر Hypoderma ومن هذا الثقب تبرز ثغورها التنفسية الواقعة في نهاية البطن وتتنفس الهواء الجوي وتحصل الحشرات التي تتطفل على حشرات اخرى على الاوكسجين عن طريق الجهاز القصبي للعائل او عن طريق ثقب جدار جسم العائل وتحصل اليرقات الكبيرة لنغف معدة الخيل Calliphora على الاوكسجين من الهواء الذي يدخل المعدة مع الغذاء حيث تتنفس هذا الهواء بواسطة زوج الثغور الواقعة في نهاية البطن.

الهيموغلوبين كصبغة تنفسية في الحشرات

Haemoglobin as respiratory pigment

يوجد الهيموغلوبين في دم عدد قليل من الحشرات مثل يرقات الهاموش Chironomus ويبلغ وزنه الجزئي في الحشرات 31,400 الى 34000 . وأن دراسة أهمية هذه الصبغة في يرقات الهاموش

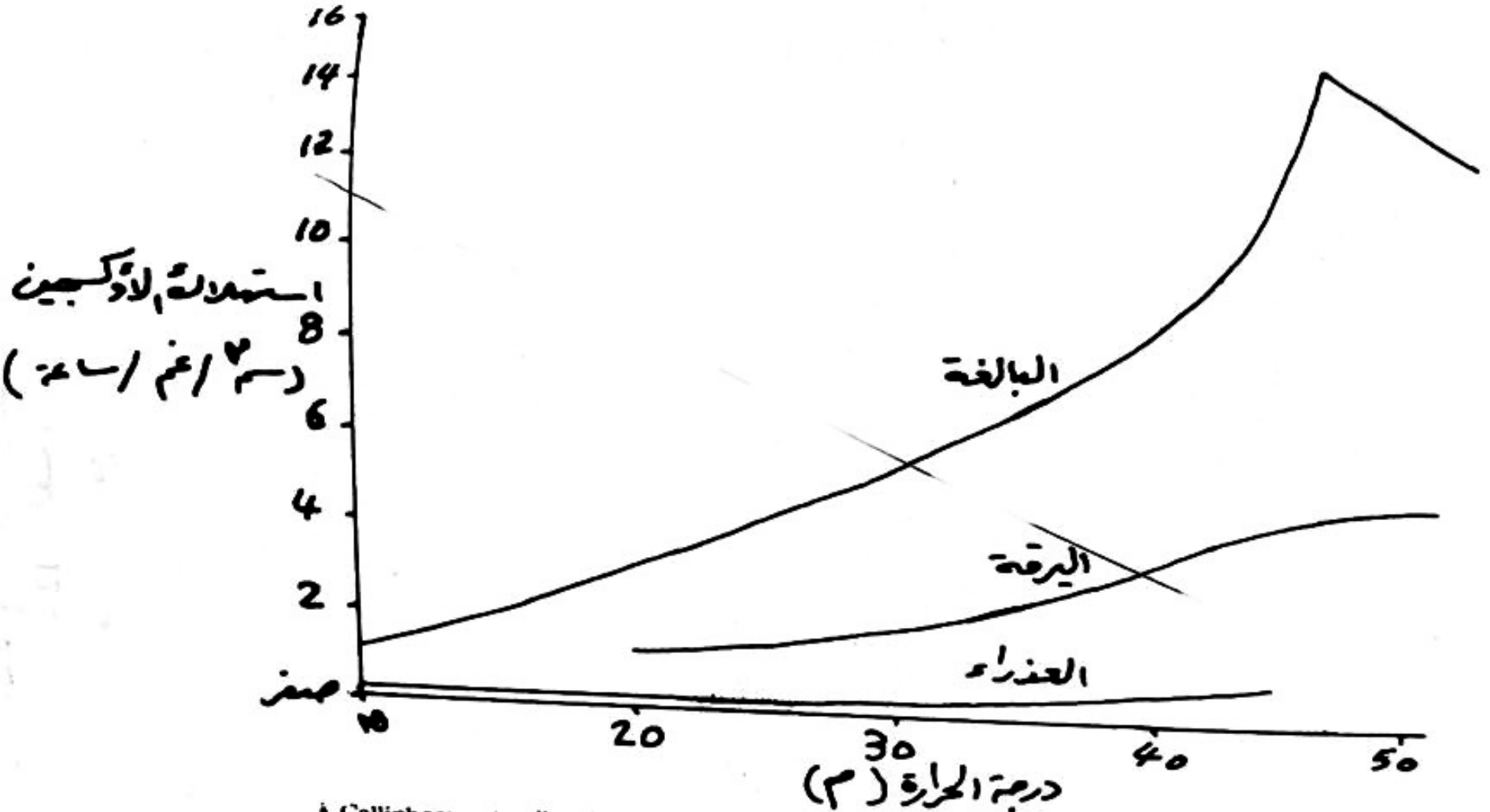
وجد (Mill في Rockstein 1974) أنه تقوم بتخزين الاوكسجين وذلك لتستخدمه اليرقة عند وجودها في الطين حيث تتغذى هناك ويكفي الاوكسجين المتحد مع الهيموغلوبين على بقاء اليرقة في ظروف لاهوائيـة لمـدة 9 - 12 دقيقـة ، وعنـد عودة اليرقـة للمـاء فـإن الهيموغلوبين يتحد من جديد مع الاوكسجين المذاب في الماء . وفي يرقات نغف معدة الخيل يوجد الهيموغلوبين في مجاميع من الخلايا الموجودة في البطن والتي تكون مزودة جيدا بالقصبات الهوائية ويقوم الهيموغلوبين بتخزين الاوكسجين لتستخدمه الحشرة عند عدم توفره رغم أن أهمية هذا التخزين لاتبدو كبيرة حيث لايدوم في تلبية حاجة الحشرة في الظروف اللاهوائية لأكثر من 4 دقائق .

معدلات التنفس ومعامل التنفس :

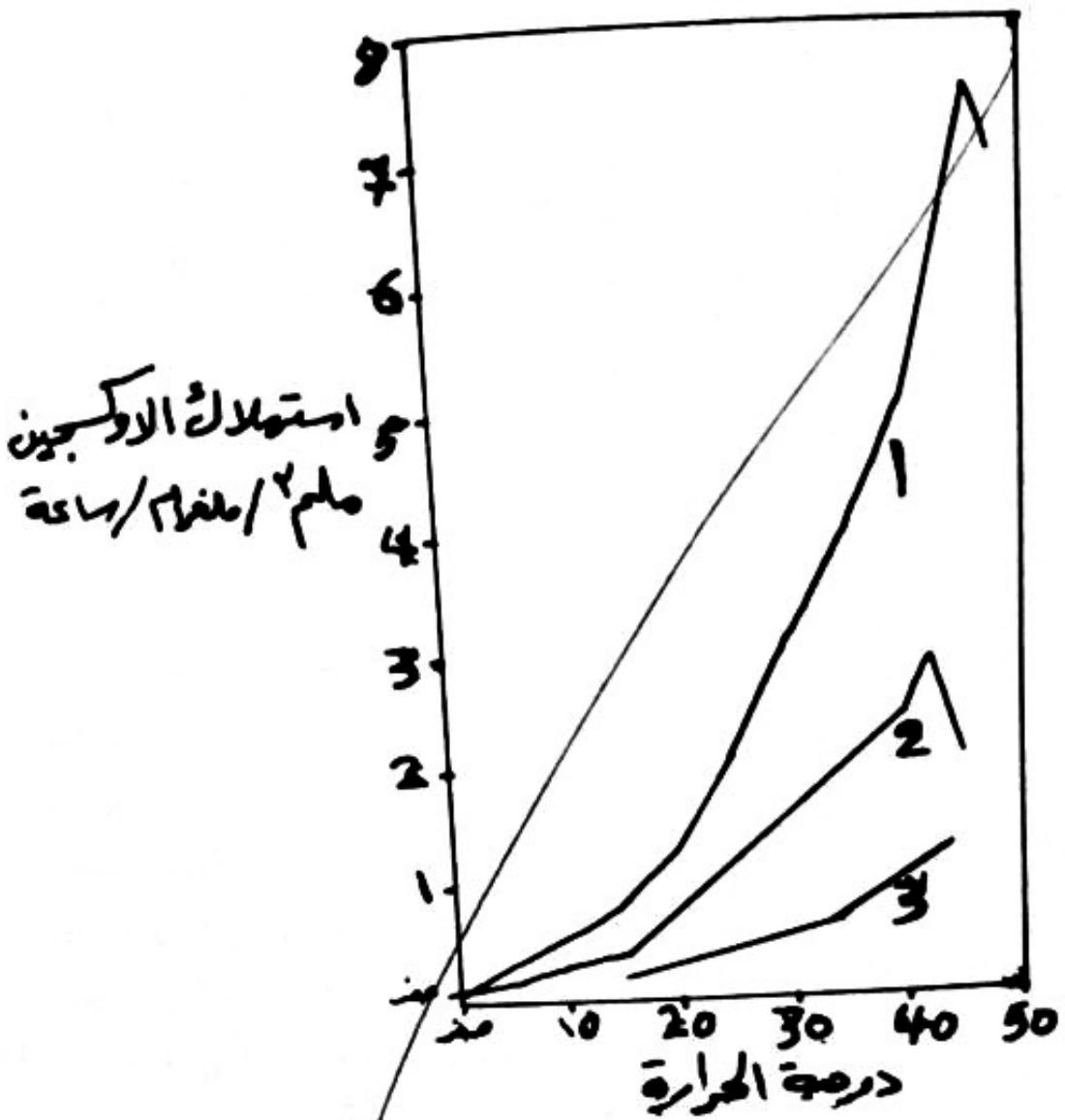
Respiratory rates and Respiratory quotient

معدل التنفس هو سرعة الفعاليات الحيوية (الميتابولزم) التي تجري في جسم الكائن الحي ويعبر عنها بمقدار حجم غاز الاوكسجين المستهلك لكل وحدة وزن من جسم الكائن الحي لكل وحدة زمن . تختلف الانسجة التي يتكون منها الكائن الحي فيما بينها في سرعة الفعاليات الحيوية التي تجري فيها كما وتختلف بالنسبة لنفس النسيج في الفترات المختلفة من نموه ونشاطه وكذلك تختلف بين افراد نفس النوع وبين الاطوار المختلفة لنفس النوع (شكل 59) وبين الانواع المختلفة (شكل 60) كما تختلف باختلاف كمية الاوكسجين ودرجة الحرارة .

اما معامل التنفس فهو نسبة حجم غاز ثاني اوكسيد الكاربون المتحرر نتيجة الفعاليات الحيوية في جسم الكائن الحي الى حجم غاز الاوكسجين المستهلك . ومن الممكن الحصول على فكرة طبيعة الهدم أو البناء الحيوي الذي يحدث داخل جسم الكائن الحي عن طريق قياس معامل التنفس حيث يذكر (Chapman 1978) عندما تستهلك الحشرة الكاربوهيدرات كمصدر للطاقة وتحدث اكسدة تامة فأن قيمة معامل التنفس تبلغ واحد وعندما تستهلك الدهون كمصدر للطاقة فأن القيمة تبلغ 0.7 ويشير (Wigglesworth 1972) أنه عند تصنيع الدهون من الكاربوهيدرات فإن القيمة ترتفع عن واحد فمثلا



شكل (٥٩) : مخطط يوضح الاختلاف بين ٣ اطوار من الذباب المعدني Calliphora في استهلاك الاوكسجين باختلاف درجة الحرارة
(عن Chapman 1978)



شكل (٦٠) : تأثير درجة الحرارة على استهلاك الاوكسجين لثلاثة انواع من الحشرات.
١ : يالغات الذباب Phormia، ٢ : يرقات دودة الشمع Galleria، ٣ : العمر الحوري الثالث للجراد Schistocerca
(عن Buck, Keister، في Rockstein 1974)

يبلغ معامل التنفس للجراد بعد الطيران (0.7) مما يدل على استهلاكه للدهون كمصدر للطاقة بينما تبلغ قيمة معامل التنفس في ذبابة الدروسوفيلا بعد الطيران واحد (١) مما يدل على استهلاكها الكاربوهيدرات ،وتبلغ قيمة معامل التنفس للدودة القارضة اثناء انتاج البيض 2.09 مما يدل على تحويل الكاربوهيدرات الى دهون .

وتتأثر معدلات التنفس ومعامل التنفس بأختلاف العديد من الظروف وسنأخذ أهمها وهو تأثير اختلاف كمية الاوكسجين وتأثير أختلاف درجة الحرارة .

تأثير أختلاف كمية الاوكسجين على معدلات ومعامل التنفس في الحشرات :

كان المعتقد سابقا أن الحشرات لاتتأثر بأختلاف تركيز الاوكسجين المحيط بها . غير أن هذا الاعتقاد قد تغير الان ويقسم (Mill في Rockstein 1974) الحشرات الى نوعين أحدهما لاتتأثر معدلاتها التنفسية بأختلاف تركيز الاوكسجين ضمن مدى واسع وعند أنخفاض الاوكسجين عن حد معين هو الحد الحرج فأن معدلاتها التنفسية تبدأ بالانخفاض عندئذ ويطلق على هذه الحشرات بمنظمات التنفس Respiratory regulators وفي النوع الثاني تتأثر معدلات التنفس مباشرة بتغيير تركيز الاوكسجين في المحيط الخارجي فتنخفض عند أنخفاضه وترتفع عند ارتفاعه وتسمى هذه الحشرات متحورات التنفس Respiratory conformers . فحوريات الانواع المختلفة من ذبابة مايو تكون من النوعين قسم منها حساس للتغير في كمية الاوكسجين وآخر حساس جدا . وفي الحشرات البرية نجد أن الاختلاف موجود أيضا ويشير (Buck, Keister في Rockstein 1974) أنه في يرقات الذباب المعدني نجد أن الحد الحرج لتركيز الاوكسجين الذي يؤدي لانخفاض معدل التنفس يبلغ 7.5% علما أن نسبة الاوكسجين في الهواء الجوي تبلغ 21% وبالنسبة لبعض أنواع العذارى السابتة يبلغ الحد الحرج 1% أو 5% كما في عذارى خنافس الجريش Tenebrio ويبلغ الحد الحرج للبعوضة Aedes 3 - 4% غير أن هذا الحد الحرج يتغير بتغير درجة الحرارة .

وعن تأثير الهواء الحاوي على الاوكسجين فقد

وجد أن معدل التنفس قد هبط في الحشرات التي تعرضت الى لوكسجين نقي ولما كان الضغط الجوي للهواء الذي يحوي على لوكسجين فقط يبلغ 2% - 5% ضغط جوي فمن المعتقد ان هناك تأثيرا متداخلا لزيادة الضغط الجوي مع الاوكسجين النقي ولا يمكن ان تفسر هذه النتائج الى تأثير الاوكسجين لوحده.

أما عن تأثير نقص الاوكسجين على معدلات التنفس فقد وجد أن الحشرات تتمكن من البقاء حية لعدة ساعات وحتى لعدة أيام في الظروف اللاهوائية وذلك بأنتاجها لجزيئات الطاقة في عملية glycolysis وهو التنفس الخلوي الـــلاهوائي ولكن عنـــد توفير الاوكسجين فأن معدل التنفس يرتفع ليبلغ أربعة أضعاف المعدل الطبيعي لمدة معينة والسبب في ذلك هو تراكم نواتج التحول الغذائي من عملية الـ Glycolysis ولا بد لهذه النواتج من دخول دورة كريب في الميتاكوندريا حيث تعاني من الاكسدة بوجود الاوكسجين وتتحرر الطاقة منها فعند عدم توفر الاوكسجين فأن هذه النواتج تتراكم أكثر من المعتاد وعند توفره فأنها تدخل الميتاكوندريا في دورة كريب حيث تتم الاكسدة بأقصى سرعة ويمكن تشبيه هذه الحالة في الحشرات بالانسان الذي يركض مسافة طويلة ثم يتوقف حيث يستمر بالتنفس السريع لمدة معينة.

وبالنسبة لتأثير الاوكسجين على معامل التنفس فقد وجد أن التراكيز الواطئة جدا من الاوكسجين تؤدي لزيادة معامل التنفس ويعود ذلك الى أن الانسجة والدم لها سعة معينة من تراكم ثاني أوكسيد الكاربون وعند نقص الاوكسجين بعد ذلك فأن ثاني أوكسيد الكاربون المتراكم يبدأ بالخروج من جسم الحشرة وعند رفع تركيز الاوكسجين بعد ذلك فأن معامل التنفس ينخفض لفترة ويعود الى حالته الطبيعية وسبب الانخفاض هو التراكم الجديد لثاني أكسيد الكاربون في الانسجة والدم ضمن سعتها.

تأثير أختلاف درجة الحرارة على معدلات ومعامل التنفس :

يشير (Chapman 1978) أن أرتفاع درجة الحرارة يؤدي الى زيادة معدل التنفس الى أن تصل درجة الحرارة الى بداية الحد المميت عندئذ يقل معدل التنفس بسرعة بزيادة درجة الحرارة

(شكل 59 . 60) والسبب في ذلك أن سرعة الفعاليات الحيوية تزداد بأرتفاع درجة الحرارة الى حد معين ثم تنخفض هذه السرعة بعد ذلك نتيجة أرتفاع درجة الحرارة الى حد يؤثر سلبيا على الانزيمات المؤكسدة في دورة كريب ، ويعتقد (Rockstein 1974) في (Keister , Buck) أن درجة الحرارة المثلى التي يجري فيها التنفس بأعلى معدل هي نفس درجة الحرارة المثلى التي تنمو وتتطور بها الحشرات . أما عن تأثير درجة الحرارة على معامل التنفس فقد ذكر (Roeder 1953) أن أنخفاض درجة الحرارة يؤدي الى أنخفاض معامل التنفس بشكل حاد . ففي النمل يبلغ معامل التنفس 0.88 في درجة حرارة 22 درجة مئوية في حين تنخفض الى 0.5 في حرارة 4 مئوي ولوحظت هذه الحالة في حشرات أخرى ويعتقد بأن أنخفاض درجة الحرارة يؤدي الى أضطراب من نوع ما في الفعاليات الحيوية .