جامعة تكريت كلية الزراعة/ قسم وقاية النبات

المحاضرة السادسة- فسلجه الحشرات متقدم

الجهاز العصبي - ٢

THE NERVOUS SYSTEM

اعداد

دكتور محمد شاكر منصور

انتقال التنبيه العصبي Synaptic conduction or Transmission

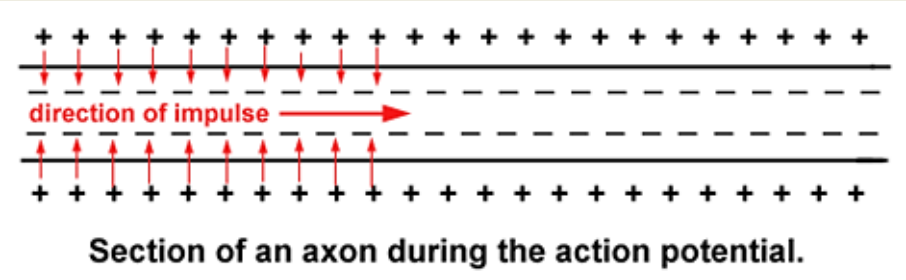
تتداخل الخلايا العصبية فيما بينها بواسطة التفرعات الطرفية لمحاورها لتكون منطقة الشبك العصبي Synapse وتدل التجارب على مختلف الحيوانات بان التنبيه العصبي يتم عن طريق تحرير بعض المواد الكيميائية كمادتي Adrenaline و Acetylcholine وان الجهاز العصبي المركزي في الحشرات يكون غنيا بمادة Acetylcholine، فمثلا تكون كمية هذه المادة في الحبل العصبي للصرصر الامريكي اكثر بـ ١٥ مرة عما هو موجود في الجهاز العصبي المركزي للحيوانات الثدية ، وكذلك يوجد انزيم Cholinesteraseالمسؤول عن تحليل مادة Acetylcholine .

كيفية انتقال الاوامر العصبية (الاشارات المستلمة من المحيط الخارجي) عبر المحاور العصبية لنقلها الى الجهاز العصبي المركزي

تستلم الاشارات من المحيط الخارجي عن طريق قرون الاستشعار او الشعيرات الحسية او الاشواك الحسية او المستلمات البصرية (عيون المركبة او البسيطة) وتنتقل هذه الاوامر (الايعازات) العصبية Nerve impulses عبر المحاور العصبية Axons لتنقلها الى الجهاز العصبي المركزي (المخ).

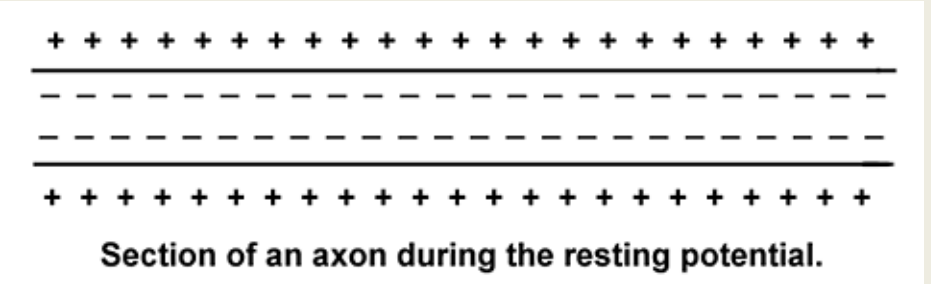
يتم نقل الايعاز العصبي (توصيل التنبيه العصبي) Conduction of the nerve impulse في اللبائن والحشرات بطريقتين : 1 . <u>النقل الكهربائي</u> 2 . <u>النقل الكيميائي</u>

١. **<u>النقل الكهربائي</u> Electrical transmission :** ان الخلايا العصبية والمحاور العصبية مغلفة بغشاء تعبر من خلاله ايونات Na^+ و K^+ (من الداخل الى الخارج ومن الخارج الى الداخل على التوالي) ، هذا الغشاء في الوضع الطبيعي يكون مستقطب Polarized (يكون من داخل المحور مشحون بشحنة سالبة (-) ومن الخارج مشحونة بشحنة موجبة وذلك لان ايونات K^+ تنفذ الى داخل المحور عبر الغشاء بينما ايونات Na^+ تضخ للخارج (نقل فعال) فيتكون جهد كهربائي يقّدر بـ (- **70**) ملي فولت يسمى <u>بالجهد الغشائي</u> (<u>الجهد المستقر</u>) وهو <u>جهد سالب</u> وعندما يصل المنبه العصبي الى المحور العصبي المستقطب (<u>جهد سالب</u>) فانة <u>يفقد</u> <u>الاستقطاب</u> إذ <u>يغير المنبه العصبي نفاذية الغشاء المغلف للمحور العصبي</u> اذ <u>تتحرك ايونات Na^+</u> الى <u>الداخل</u> وايونات K^+ <u>تضخ من الداخل الى الخارج</u> فيصبح <u>داخل</u> المحور مشحون بشحنة <u>موجبة</u> <u>وخارج</u> المحور مشحون بشحنة <u>سالبة</u> فيتكون <u>جهد فعال</u> موجب يقّدر بـ (+ **50**) ملي فولت وعندما يعبر المنبه هذا الجزء يرجع الى وضعة الطبيعي الجهد المستقر (السالب) (- **70**) ملي فولت بعد ان <u>تضخ ايونات الصوديوم Na^+ للخارج</u> <u>وتدخل ايونات البوتاسيوم K^+ الى الداخل</u> وهكذا تتكون نبضات بين الجهد السالب والموجب (- **70** و + **50**) ملي فولت موجات من ازالة الاستقطاب وبشكل نبضات كهربائية ، ان الالية التي تستخدم لضخ الايونات هي $Na^+ - K^+$ Pump والتي تحتاج الى طاقة توفرها جزيئات ATP بفعل انزيم ATPase .



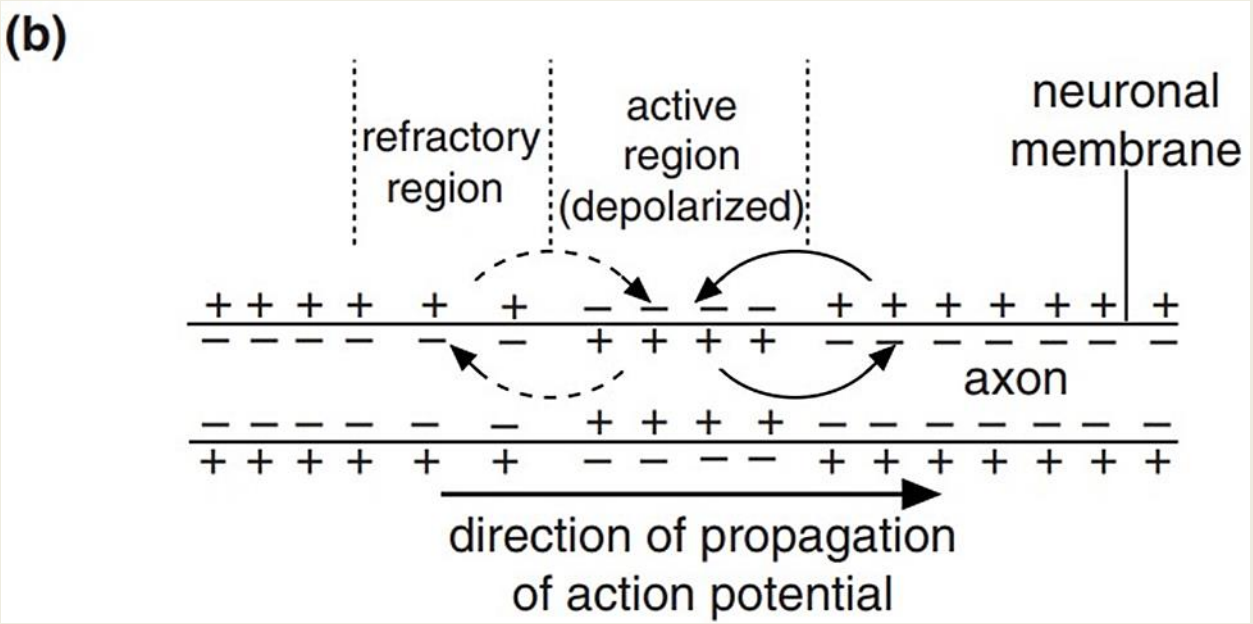
Section of an axon during the action potential.

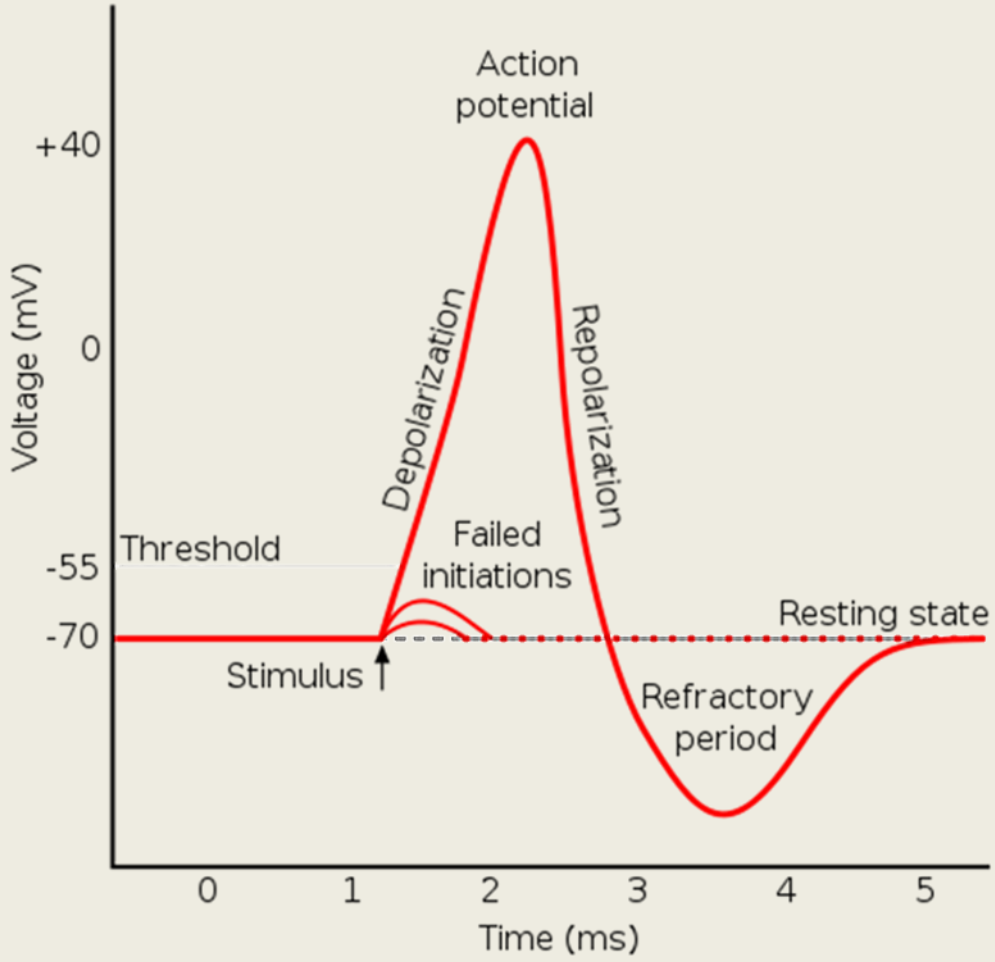
مقطع من محور الخلية العصبية خلال الجهد الفعّال



Section of an axon during the resting potential.

مقطع من محور الخلية العصبية خلال الجهد المستقر





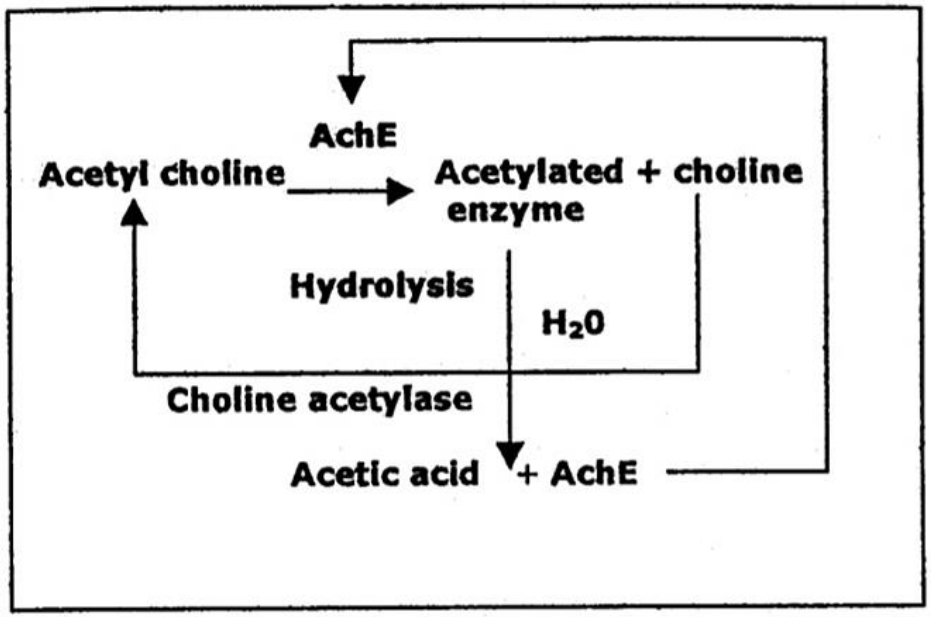
Electrical transmission النقل الكهربائي

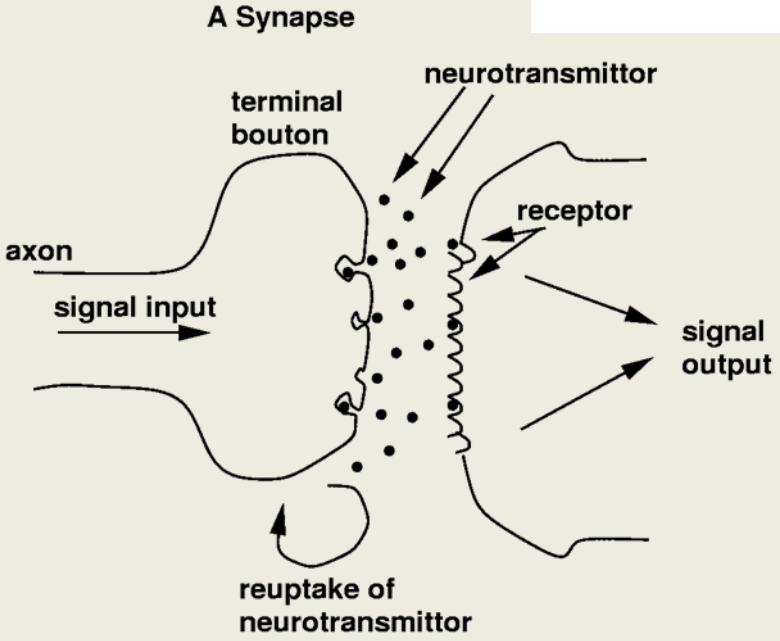
٢. النقل الكيميائي Chemical transmission

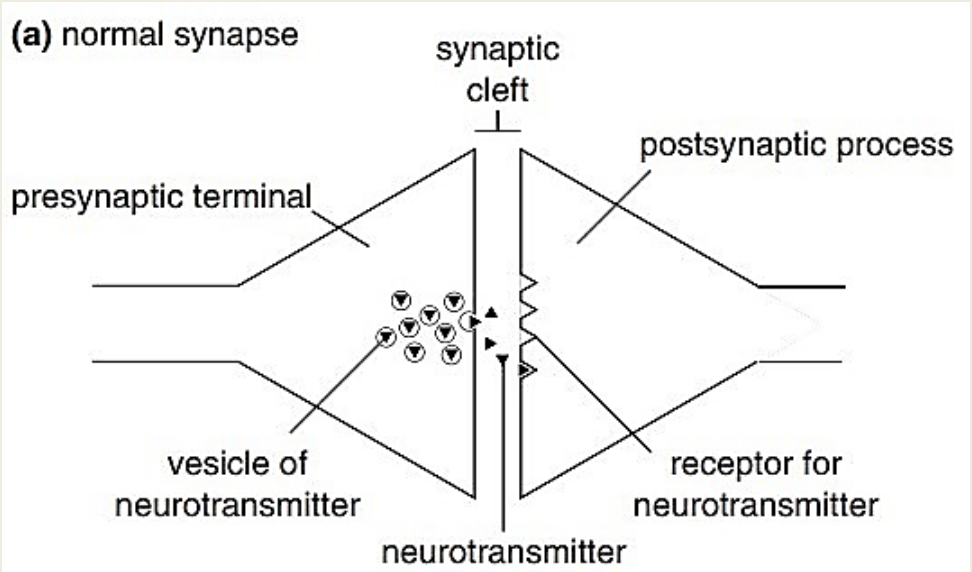
كيف تعبر الاشارات (الايعازات) العصبية منطقة التشابك العصبي Synaptic Gap لكي تصل الى المحور المستلم (منطقة ما بعد الفراغ العصبي) ؟؟؟

- عندما يصل الايعاز العصبي على شكل اشارة عصبية كهربائية (نبضة) عبر المحور العصبي Axonالى منطقة التشابك العصبي Synaptic Gap (منطقة الفراغ العصبي) ، الى اطراف احد المحاور العصبية (ما قبل منطقة الفراغ العصبي) تنطلق مادة كيميائية ناقلة Neurotransmitter مثل مادة Acetylcholine (Ach.) خلات الكولين الى منطقة الفراغ العصبي اذ تتحد مع مستقبلات Receptors (لتسلمها الاوامر العصبية) موجودة في المحور المستلم (ما بعد الفراغ العصبي) وبعد ذلك تنطلق من حويصلات (موجودة في الطرف المستلم) انزيم Acetylcholine Esterase (AchE) الذي يحلل الناقل العصبي Acetylcholine (Ach) الى كحول الكولين Choline وحامض الخليك CH_3COOH .
- كل جزيئة من انزيم AchE تحلل 30.000 جزيئة من Ach في الدقيقة الواحدة وهذا شكل يوضح انزيم AchE .

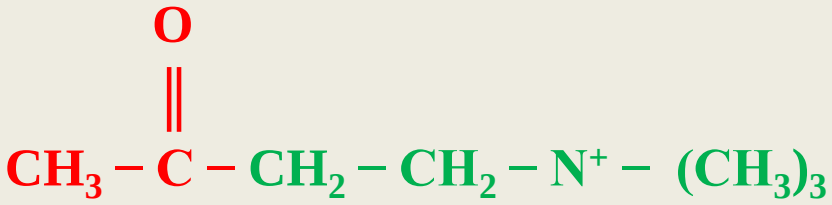
2. Synoptic transmission



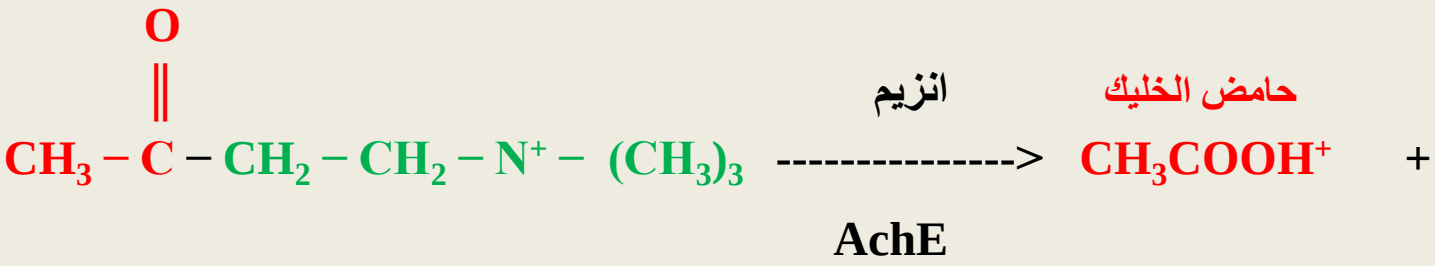




* ان التركيب الكيميائي لمادة الاستيل كولين Ach هو :



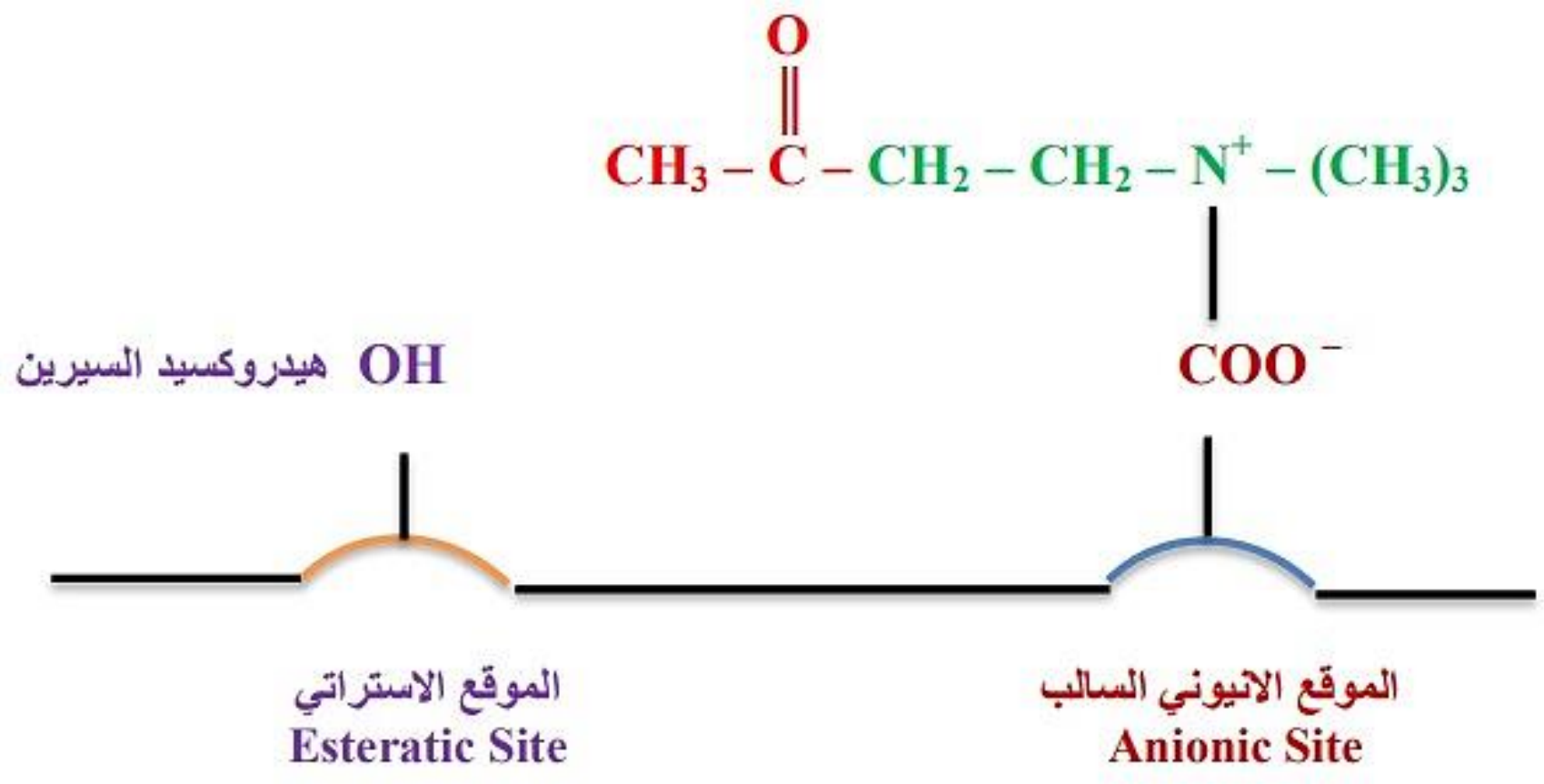
* وان انزيم الأستيل كولينستيريز AchE يحلل الأستيل كولين Achالى حامض الخليك وكحول الكولين حسب المعادلة الاتية :



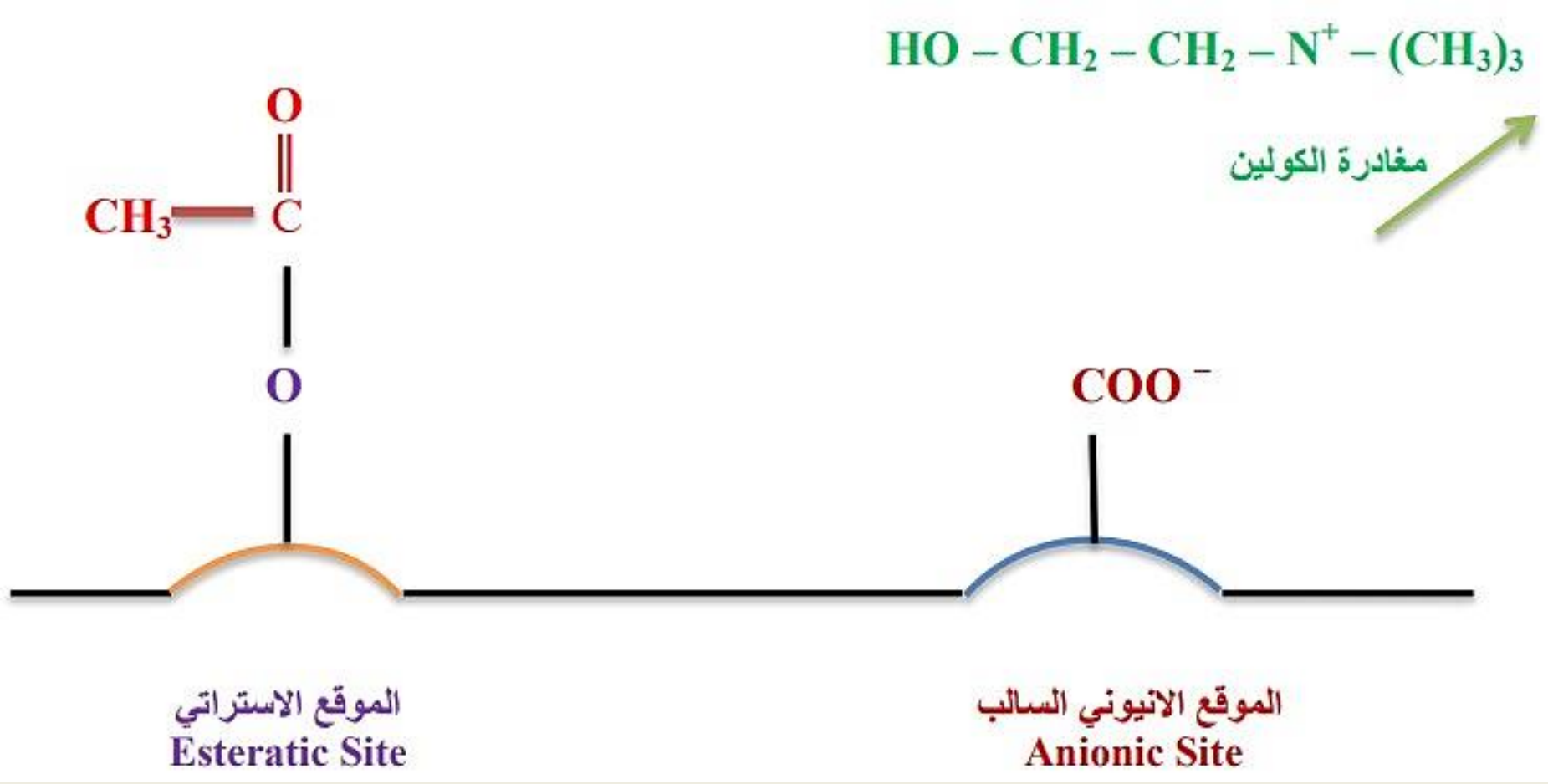
كحول الكولين $OH - CH_2 - CH_2 - N^+ - (CH_3)_3$

ويتم تفاعل (تحلل) الناقل العصبي Achمع انزيم AchEبثلاث خطوات هي :

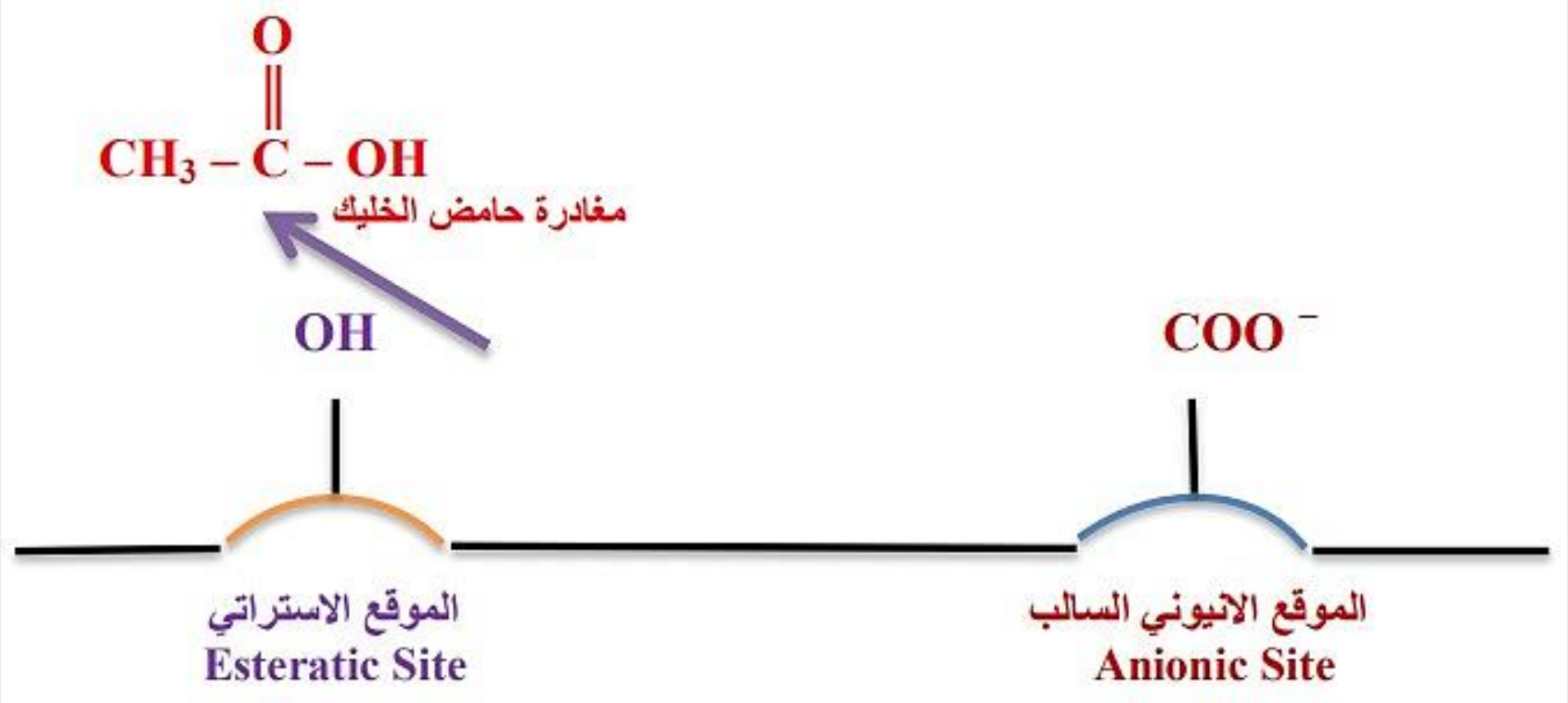
١. ارتباط جزيئة Ach (الأستيل كولين) بالموقع الفعال للأنزيم ، اذ يرتبط (N^+) (Cationic nitrogen) في جزيئة Ach بالموقع الأنيوني السالب Anionic site للأنزيم الحاوي على مجموعة الكاربوكسيل COO^-.



٢. أستله الانزيم ومغادرة الكولين Choline، ان ذرة الكاربون لمجموعة الكاربونيل (ذات الشحنة الموجبة) تهاجم مجموعة الهيدروكسيل OH^- للحامض الاميني السيرين Serine في الموقع الاستراتي للارتباط الكهربائي معها.



٣. ازالة الأستلة من الانزيم بواسطة مهاجمة الماء (H2O) HOH الذي يهاجم الانزيم المؤستل ويقلع او يزيل ارتباط الأستيل CH3C=O ليعطي حامض الخليك CH3COOH (ايون الخلات) والسيرين واعادة الانزيم لشكلة الاصلي.



* يرجع الانزيم لشكلة الاصلي لكي يحلل جزيئة Ach جديدة وهكذا تستمر العملية وان انزيم AchEمسؤول عن التحلل المائي لمادة Ach .

* يرجع الانزيم لشكلة الاصلي لكي يحلل جزيئة Ach جديدة وهكذا تستمر العملية وان انزيم AchEمسؤول عن التحلل المائي لمادة Ach .

ثالثا: الجهاز العصبي الحسي السطحي Peripheral Sensory Nervous

(الاعضاء الحسية Sense organs)

احدى المميزات المهمة في صف الحشرات هي شدة استجابتها للمؤثرات الخارجية بواسطة اعضاء خاصة تمكنها من تمييز المنبهات (المؤثرات) الخارجية والداخلية وتسمى هذه الأعضاء بأعضاء الحس Sense organs التي ترتبط بجدار الجسم ، يحتوي كل عضو حسي على الكيوتكل وخلية حسية او اكثر.

ان اعضاء الحس في الحشرات تكون اصغر حجما من اعضاء الحس الموجودة على جلد الثديات وكذلك اقل عددا ، اذ يبلغ عدد الاعضاء الحسية في الحشرات بالآلاف بينما يقدر عددها بالملايين في الثديات .

ونظرا لامتلاك الحشرة هيكل خارجي Exoskeleton صلب فلابد اذن من وجود وسيلة تمكن الحشرة من استلام المنبهات الخارجية وايصالها الى الاجزاء الحسية وبذلك تطورت ثقوب صغيرة على الهيكل الخارجي (جدار الجسم) ينشا عنها شعيرات تسمى بالشعيرات الحسية Sensilla التي تكون حساسة للمؤثرات الخارجية.

اما اعضاء الحس الضوئية فلا تتأثر بوجود الهيكل الخارجي الصلب وذلك لوجود كيوتكل شفاف على العيون.

اولا : **اعضاء الحس الضوئية** Photoreceptors

ينحصر الاحساس الضوئي بمنطقتين هما :

١. العيون المركبة The compound eyes : توجد في الحشرات الكاملة والحوريات وقد ينعدم وجودها في بعض الحشرات كالقمل القارض والماص والافراد العقيمة من الارضة.

تركيب العين المركبة The structure of compound eyes : تتركب العين المركبة في الحشرات من وحدات بصرية تسمى بالاوماتيديا Ommatidia التي يختلف عددها باختلاف الحشرات فتتراوح من ١٢٠- الى عدة الاف وحدة بصرية. ان كل وحدة بصرية عبارة عن عضو حسي بصري مستقل بذاته.

*** تنقسم كل وحدة بصرية الى ثلاث اجزاء وذلك حسب وظيفة كل جزء وهذه الاجزاء هي :**

a . تراكيب تتعلق بانكسار الضوء Dioptric apparatus : وهو الجزء البصري للعين الذي يتكون من جزء كيوتكلي شفاف يعرف بالقرنية Cornea وهي عبارة عن عدسة محدبة الوجهين ، تقع تحت القرنية خلايا تسمى بالمخروط البلوري Crystalline cone الذي ينّفذ الضوء الى الاعضاء الحسية الموجودة في اسفل الوحدة البصرية من خلال خلايا المخروط البلوري الملونة.

b . منطقة الوحدة البصرية الحساسة للضوء (الشبكية) Retinula : وتتركب عادة من ثمانية خلايا شبكية Retinular cells، وان الخلية الشبكية الواحدة عبارة عن خلية حسية اولية Sensory neuron متصلة مع الليف العصبي Nerve fiber الذي يمر من خلال الغشاء القاعدي للخلية الحسية الى الجهاز العصبي المركزي. توجد في الخلايا الشبكية مناطق متخصصة لاستلام الضوء تسمى بـ قضبان العين Rhabdomeres وان القضيب العيني الواحد يحتوي على انابيب دقيقة Microtubules او تسمى الزغيبات Microvilli مرصوصة على هيئة حزم.

c . الخلايا الصبغية Pigment cells : التي تحتوي على حبيبات ذات لون احمر مصفر او داكنة لتحيط طوليا بالوحدات البصرية.

* توجد ثلاثة انواع من الخلايا الصبغية هي :

أ- الخلايا المحببة الاولى Primary pigment cells : وتعرف ايضا بالخلايا المحببة القرنية Corneal pigment cells او تسمى بالخلايا القزحية الاولى Primary iris cells وهي عبارة عن خليتين تحيطان بخلايا المخروط البلوري من جهة وبالخلايا المنتجة للقرنية من جهة اخرى.

ب- الخلايا المحببة الثانية Secondary pigment cells : وتعرف بعدة اسماء اهمها الخلايا القزحية الثانية Secondary iris cells وتتكون من ١٢ – ٢٤ خلية مملوءة بالحبيبات الملونة وتحيط بخلايا الشبكية.

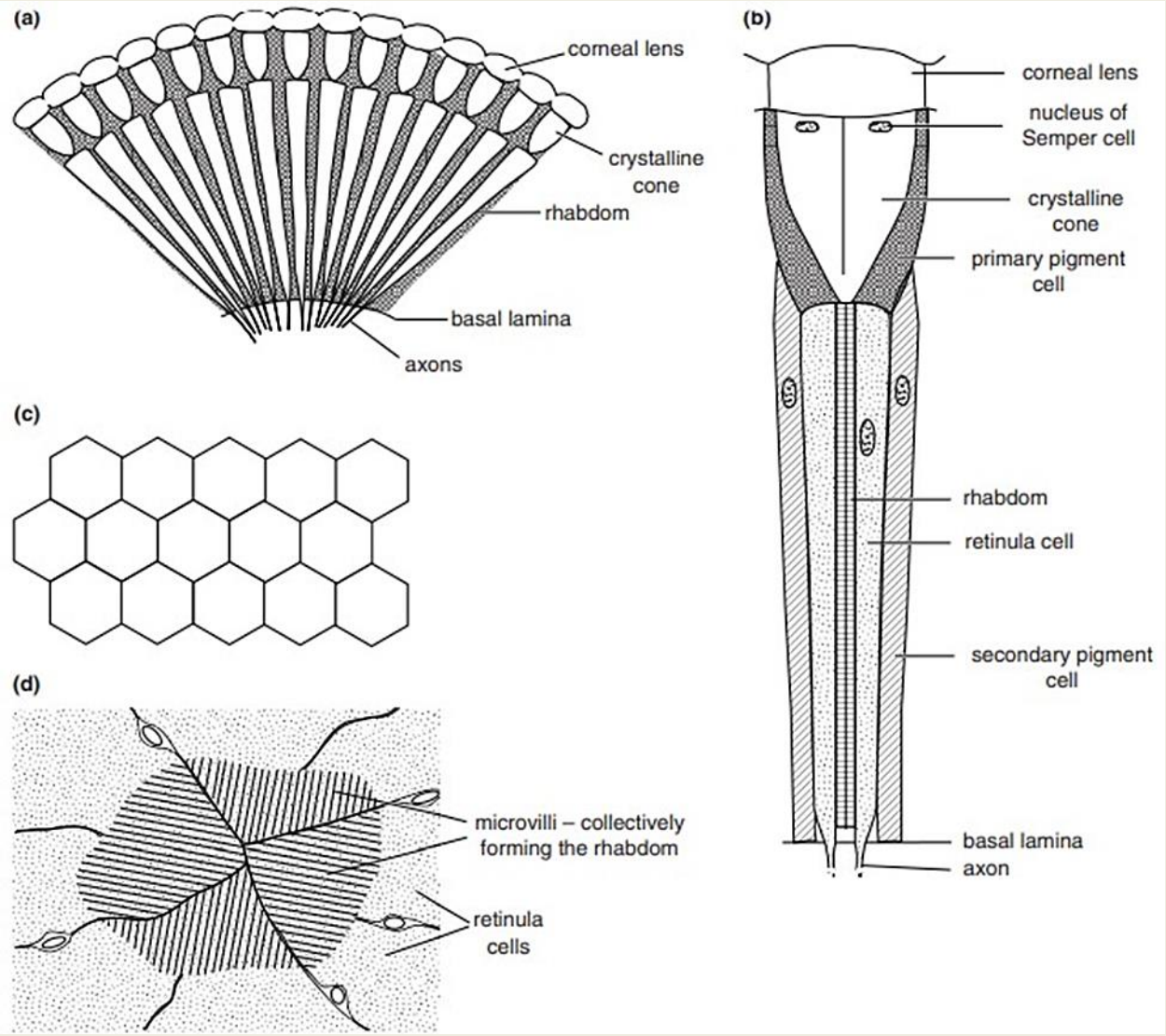


Figure: Apposition eye. (a) Diagrammatic section through an apposition eye showing the rhabdoms extending to the crystalline cones. (b) Ommatidia. (c) Surface view of part of an eye showing the outer surfaces of some corneal lenses (facets). (d) Cross-section through a fused rhabdom (Apis) (after Goldsmith, 1962).

Ommatidia الوحدة البصرية

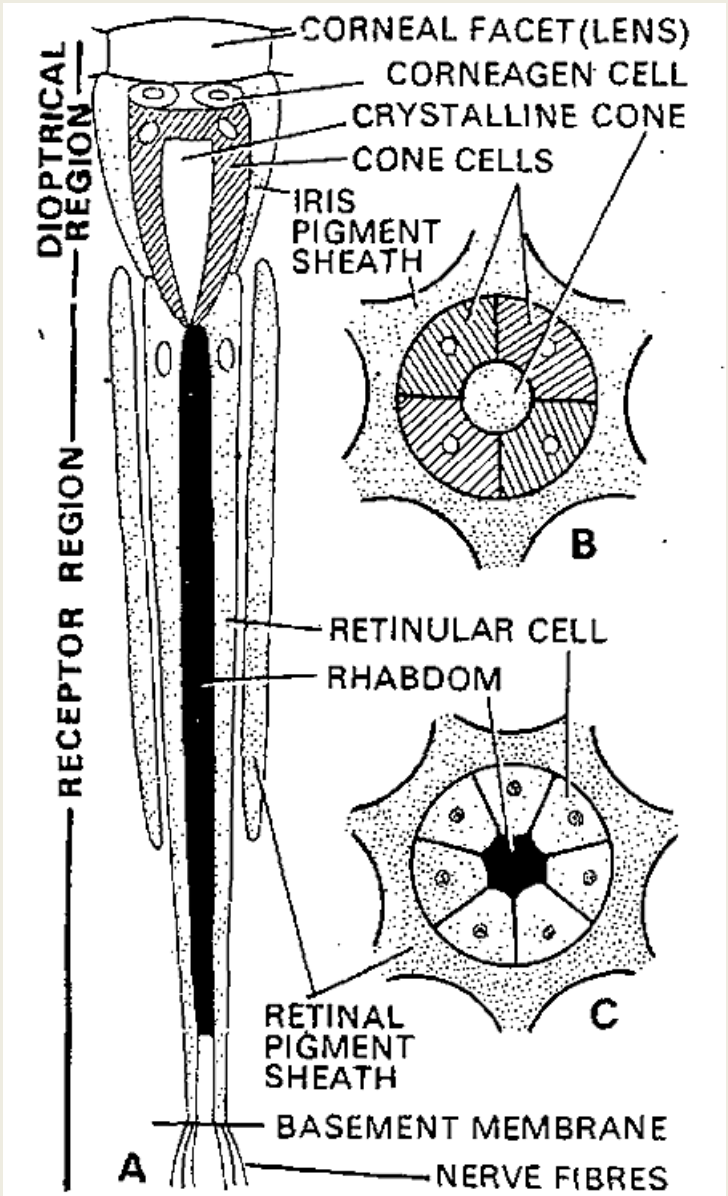
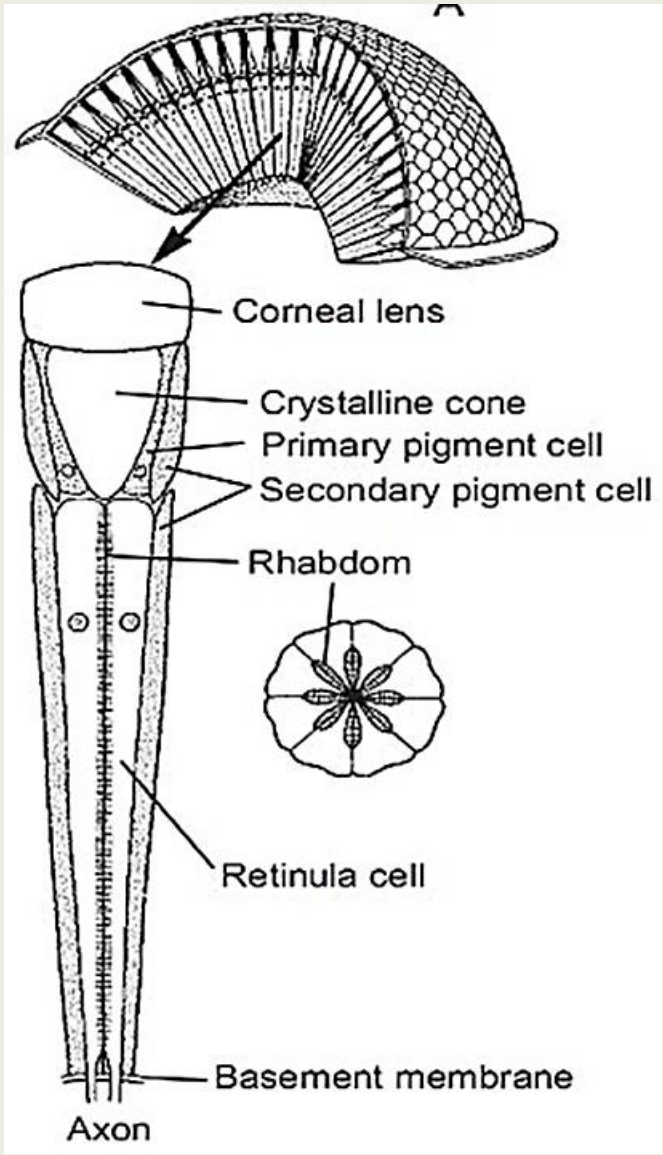


Fig. 11 : Cockroach : A-Vertical section of an ommatidium; B-T.S. of ommatidium through cone cells; C-T.S. of ommatidium through retinal cells.



ت - الخلايا الصبغية القاعدية Basal pigment cells : وتحيط هذه الخلايا بالأطراف الامامية للشبكية ويعتقد بان هذه الخلايا اما ان تكون غير موجودة او من الصعب تمييزها عن الخلايا المحببة الثانية .

* هناك ثلاثة انواع رئيسية من الاصباغ هي :

Ommochromes صبغة + Ommatins صبغة + Pterins صبغة +

لهذه الاصباغ ذروة امتصاص لمناطق الطيف المختلفة وأنها تعمل كحواجب للضوء مانعة تناثره في الاتجاه المنحرف خلال العين ولبعض هذه الاصباغ وخاصة صبغة Ommochromes وظيفة تنظيم كمية الضوء الداخلة الى اعضاء الحس الضوئية.

* لقد امكن **تمييز نوعين رئيسين من الوحدات البصرية** في الحشرات :

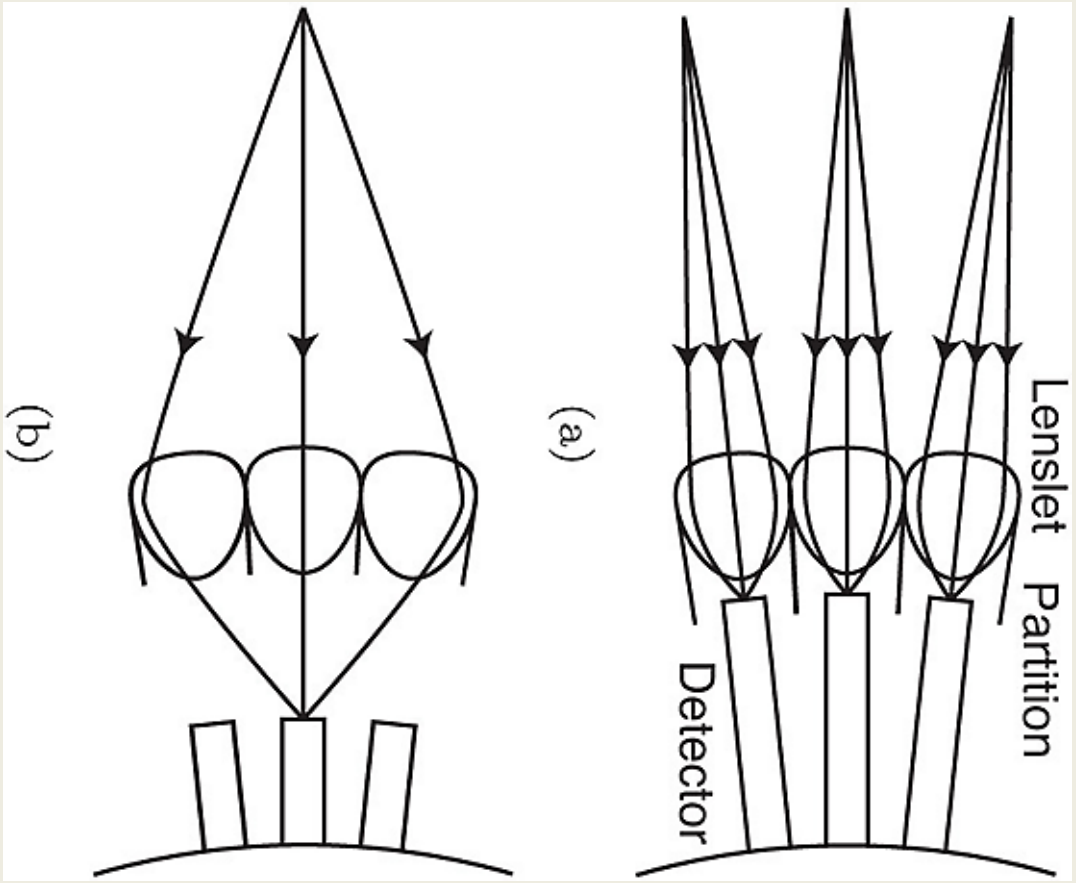
النوع الاول: العيون المتضامنة Apposition eyes ويوجد هذا النوع في الحشرات النهارية النشاط والذي يكون القضيب العيني فيه ممتدا على طول الوحدة البصرية اي ابتداءا من الغشاء القاعدي حتى المخروط البلوري وان توزيع الصبغة في الخلايا الصبغية لهذا النوع يتأثر قليلا بالضوء.

النوع الثاني: العيون التراكبية Superposition eyes ويوجد هذا النوع في الحشرات الليلية النشاط وان القضيب العيني فيها يقع في النصف القاعدي من الوحدة البصرية ، وان توزيع الصبغة في هذا النوع يتأثر بشدة بالضوء.

طرائق تكوين الصورة في العين المركبة Image Formation

تتكون الصورة في العين المركبة بطريقتين هما :

- **الطريقة الاولى** تكوين **الصورة المتضامنة** Apposition image: وتتكون هذه الصورة في الحشرات النهارية النشاط Diurnal insects إذ تمتاز عيون هذه الحشرات بان تكون المخاريط البلورية فيها محاطة كليا بحبيبات الصبغية المنتشرة في خلايا القزحية ، وبهذه الحالة تكون كل وحدة بصرية معزولة ضوئيا تماما عن الوحدات المجاورة وعليه فكل محور عصبي يتنبه فقط بالأشعة الضوئية الساقطة عموديا على العدسة والمارة من تلك الوحدة البصرية ، واي اشعة مائلة لا تصل الى المحور البصري بسبب انتشار الدقائق الصبغية في خلايا القزحية. وكذلك تكون الشبكية في عيون هذه الحشرات قصيرة وواقعة خلف المخاريط البلورية مباشرة. وتتكون الصورة المقلوبة لجزء صغير من الحقل المرئي عند تلامس الشبكية مع قمة المخروط البلوري وتطبع هذه الصورة في القرنية كنقطة مضيئة بسيطة وتدرك جميع النقاط بواسطة الاوماتيديا المختلفة لتكّون الصورة الحقيقية (اي اعادة الصورة المقلوبة الى وضعها الطبيعي).



(a): الصورة المتضامنة Apposition image ، (b) : الصورة التراكبية Superposition image

الطريقة الثانية تكوين **الصورة التراكبية** Superposition image: وتتكون هذه الصورة في الحشرات الليلة النشاط Nocturnal insects والتي تعيش في اماكن ضعيفة الاضاءة ، وتمتاز عيون هذه الحشرات بامتلاكها وحدات بصرية متطاولة جدا وان الشبكية تنفصل عن المخاريط البلورية بواسطة فاصل طويل مكون من شعيرة شفافة غير كاسرة للضوء وكذلك تتجمع الخلايا المحببة الاولية بالمقدمة بين المخاريط البلورية. وفيها تتجمع الدقائق الصبغية وبذلك لا تعزل الدقائق الصبغية الوحدات البصرية ضوئيا تماما. ولهذا السبب فان القضيب البصري الواحد يستلم الاشعة الاتية من الجسم المرئى عن طريق عدسته (وحدته البصرية) وكذلك الاشعة المائلة الاتية من العدسات (الوحدات البصرية) المجاورة الاخرى ، وان هذه الاشعة تنعكس بنفس اتجاه سقوطها ، وبذلك تتكون صورة من كل وحدة بصرية ، ولكن هذه الصورة تكون غير محددة وغير واضحة وبتطابق هذه الصور في المخ تتكون اخيرا صورة كاملة عن الشيء المرئي ، وكما سبق شرحة فان الصورة المتكونة فوق كل قضيب بصري سوف تعاد الى وضعها الطبيعي ، وان حوالي ٣٠ وحدة بصرية تتحد لتركيز الضوء فوق القضيب البصري الواحد .

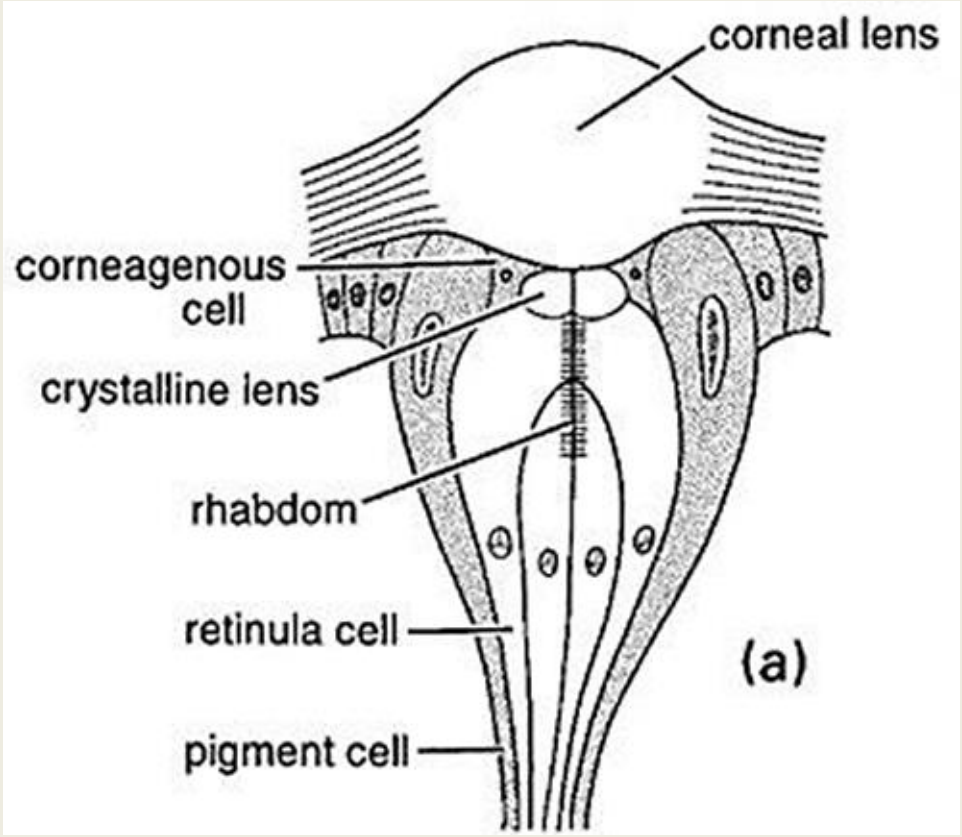
العيون البسيطة The simple eyes or Ocelli

توجد في معظم الحشرات البالغة اثنان او ثلاثة عيون بسيطة تقع في قمة الراس من الجهة الظهرية وتسمى بالعيون الظهرية Dorsal Ocelli ، وقد تكون العيون البسيطة غائبة كما في معظم الحشرات غير المجنحة. اما في يرقات الحشرات داخلية الاجنحة فتوجد العيون البسيطة على جانبي الراس فتسمى بالعيون البسيطة الجانبية Lateral Ocelli or Stemmata ويختلف عددها باختلاف الحشرات فتوجد عين واحدة على كل جانب من الراس كما في بعض يرقات غمديه الاجنحة ، بينما في يرقات حرشفية الاجنحة توجد ستة اعين في كل جهة ، وتتطور هذه العيون لتكون العيون المركبة للطور البالغ لنفس الحشرة.

* تتركب العين البسيطة النموذجية من الاتي :

أ- القرنية Cornea : وهي جزء من الكيوتكل وتعتبر امتداد لكيوتكل الجسم. وتكون القرنية الغطاء الخارجي للعين وتكون القرنية ما يسمى بالعدسة القرنية Corneal lens وهي محدبة الوجهين وتكون شفافة ورقيقة تعمل على تركيز الضوء الساقط عليها.

ب- طبقة الخلايا المولدة للقرنية Corneagen layer : وتتألف من صف من الخلايا عديمة اللون تقع اسفل العدسة مباشرة .وتتألف هذه الخلايا من خلايا البشرة السفلى من جدار الجسم والتي تقوم بإفراز القرنية اثناء تكوين العين. وبعد تكوين العين البسيطة تنسحب وتنكمش هذه الخلايا من تحت القرنية وتكون ما يعرف بالمخروط البلوري Crystalline cone .



ت- <u>الشبكية</u> **Retinula** : تتألف من طبقة واحدة من الخلايا العصبية المستلمة للضوء وتقع مباشرة اسفل الخلايا المولدة للقرنية ، وتترتب (تتجمع) هذه الخلايا العصبية البصرية على شكل مجاميع بمعدل ٢ – ٥ خلايا حول قضيب بصري لتكون وحدة بصرية تسمى بالشبكية **Retinula**، وتمتلك كل خلية شبكية محور قصير يقترن مع التفرعات البارزة من الخلايا الاخرى في الجزء البعيد عن العين البسيطة وهذه التفرعات عبارة عن الياف العصب البصري الذي يحتوي ٣-٢٥ ليفة مختلفة بالحجم.

ان **وظيفة** العيون البسيطة هي *التفريق بين الضوء والظلام وكما * يمكنها معرفة قوة الضوء وتمييز الجزء المرئي بصورة مشوشة .* ووجد ان العين المركبة ترى الاشياء بوضوح عند وجود العيون البسيطة ، فمثلا تكون استجابة العيون المركبة للضوء قليلة جدا عند صبغ العيون البسيطة باللون الاسود مما يدل على ان العيون البسيطة هي المركز الاول للإحساس بالضوء ومن ثم تقوم بتنبيه الحشرة بوجود اثر الضوء فتبدا العيون المركبة وظيفتها على الفور .

* ولا يعرف بصورة جيدة حول كيفية وموقع اندماج الطاقة البصرية ضمن الجهاز العصبي.

ثانيا : اعضاء الحس الكيميائية Chemo-receptors

للحشرات كما هو الحال في الحيوانات البرية الاخرى نوعان متميزان من اعضاء الحس الكيميائية :

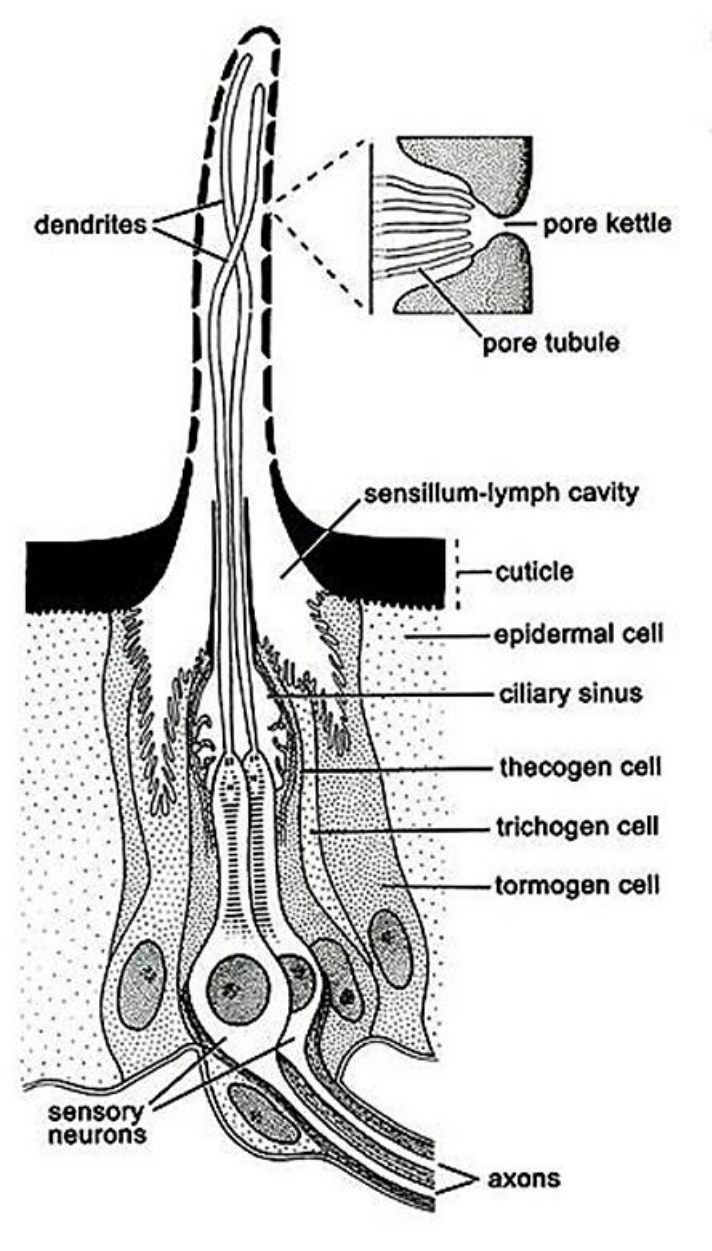
النوع الاول يتحسس الى الابخرة بتراكيز منخفضة عن طريق الشم **Olfactory**

النوع الثاني يستجيب الى المواد المذابة بتراكيز عالية نسبيا عن طريق التذوق **Gustatory** اي بطريقة التلامس **Contact** مع المواد الكيميائية بصورة مباشرة. وتوجد اعضاء الحس الشمية بعدة انواع هي :

١. الشعيرات المخروطية **Basiconic Sensilla** : وهي رقيقة الجدر توجد على قرن الاستشعار النطاط **Melanoplus**، ويختلف عدد الخلايا العصبية فيها من بضعة خلايا وقد تصل الى ٥٠ خلية.

٢. الشعيرات المخروطية التجويف **Coeloconic Sensilla** : توجد على قرن الاستشعار النطاطات وعلى الفكوك العليا لنحل العسل. تحتوي الشعيرة الحسية الواحدة على ٣-٤ خلايا عصبية .

٣. الشعيرات الصفيحية **Plate Sensilla** : توجد في العقلتين القاعدتين لقرن الاستشعار لحشرات المن وبعض حشرات رتبتي غشائية وغمديه الاجنحة. تظهر على هيئة صفيحة جليدية شفافة وبيضاوية الشكل. يرتبط مع الشعيرة بضعة اعصاب وتفرعات شجيريه تشبه الاهلاب تمتد للأمام قرب سطح الجليد من خلال الثقوب.



Chemoreceptors (اعضاء الحس الشمية)

اهمية اعضاء الحس الشمية

أ- لقد لوحظ في كثير من الحشرات ان لحاسة الشم اهمية في تحديد مكان غذائها * فالأنواع المتغذية على المواد المتفسخة كحشرة Necrophorus (غمديه الاجنحة) تنجذب الى رائحة الامونيا * في حين ان خنفساء البطاطا تستجيب بقوة الى رائحة الأستيل الديهايد الموجودة في نبات البطاطا. * وفي نحل العسل فان رائحة الازهار الموجودة على اجسام الشغالات والتي ترجع الى الخلية تساعد الشغالات الاخرى في الاستدلال على مكان الغذاء.

ب- ولوحظ ايضا ان الحشرات تنجذب الى المواقع الملائمة لوضع البيض عن طريق حاسة الشم * فالإناث الخصبة لذبابة Lucilia تنجذب الى رائحة الصوف الموجودة في الاغنام الحية * وبعض الطفيليات لها القدرة في العثور على مضيفها عن طريق الشم.

ت- ورائحة الفيرمونات الجنسية لها دور كبير في كثير من الحشرات لتعزيز عملية التزاوج. * فتستلم الرائحة عن طريق الشعيرات الحسية الشمية الموجودة على قرن الاستشعار للذكور كما هو الحال في حشرات حرشفية الاجنحة ، وعن طريق الشم يتهيج الذكر وبذلك تتعزز قدرته على الطيران لغرض العثور على الانثى ، فمثلا ان انجذاب الذكر نحو الانثى يحدث لمسافات طويلة جدا قد تصل الى ١١ كم كما في ذكر حشرة Actias .

- تكون اعضاء الحس الشمية اكثر تعقيدا من اعضاء الحس الذوقية وينحصر هذا التعقيد في التفرعات الشجيرية Dendrites حيث تنقسم التفرعات الموجودة في اعضاء الحس الشمية الى تفرعات اصغر وهذه بدورها تتشعب الى بروزات متوازية وذلك لزيادة مساحة التحفيز لكي توجه الحشرة نحو الغذاء والماء كما في بعض انواع الجراد ، اما في النحل تترتب البروزات على هيئة اهداب.

- توجد اعضاء الشم عادة على العقلة الطرفية للملامس الشفوية او قد توجد على العقلة الطرفية لقرن الاستشعار ، اما اعضاء التذوق فتوجد عادة على قرن الاستشعار وعلى الفراغ قبل الفمي Pre oral cavity وعلى الرسغ وقاعدة الساق.

- ويلاحظ في العضو **الحسي الشمي** وجود **اعداد هائلة** من الخلايا العصبية الثنائية القطب التي تنتهي تفرعاتها الطرفية في وتد كيوتكلي اما **اعضاء التذوق** فتمتاز عن اعضاء الشم باحتوائها على **عدد اقل** من الخلايا العصبية والتي تكون **اصغر حجما** ايضا وان تفرعاتها الطرفية تمتد الى الرمح الموجود في الشعرة الحسية لتنتهي اسفل الفتحة النهائية مباشرة.

ثالثا : اعضاء الحس الميكانيكية Mechano-receptors

تمتاز اعضاء الحس الميكانيكية بوجود اختلافات تشريحية كبيرة فيما بينها وقد تم تصنيفها بطرائق كثيرة باختلاف المؤلفين ، تصنف هذه الاعضاء الى ثلاثة مجاميع وظيفية رئيسية هي :

١. اعضاء الحس الميكانيكية التي يمتد تأثيرها الى منطقة الالتقاء ما بين الحشرة وبيئتها ، وهذه الاعضاء تظهر على سطح جسم الحشرة وهي الشعرات اللمسية Tactile seta :

وينتشر هذا النوع من الشعرات في جميع انحاء جسم الحشرة وبالأخص الزوائد كالأرجل وقرون الاستشعار والقرون الشرجية ويعتبر هذا النوع من ابسط انواع اعضاء الحس الميكانيكي ، وتتصل بالكيوتكل مفصليا عن طريق غشاء واقع في نقرة ، وهي مزودة عند قواعدها بخلية عصبية حسية واحدة ثنائية القطب تمتد منها اعصاب حسية الى الجهاز العصبي المركزي ومن ثم فأي حركة للشعرة في نقرتها نتيجة التوتر او اللمس او التيارات الهوائية او المائية تسبب تغيرا في ضغط قاعدة الشعرة على العصب الحسي وبذلك تنتج ايعازات عصبية تمر الى الجهاز العصبي المركزي ، ويرتبط مع الشعرة الحسية الخلايا المولدة للشعرة Trichogen .

* وقد تهتز بعض انواع هذه الشعيرات لموجات صوتية مختلفة الدرجات ولذلك فهي ربما تعمل ايضا كأعضاء سمعية ميكانيكية.

المستقبلات الميكانيكية في الكيوتكل

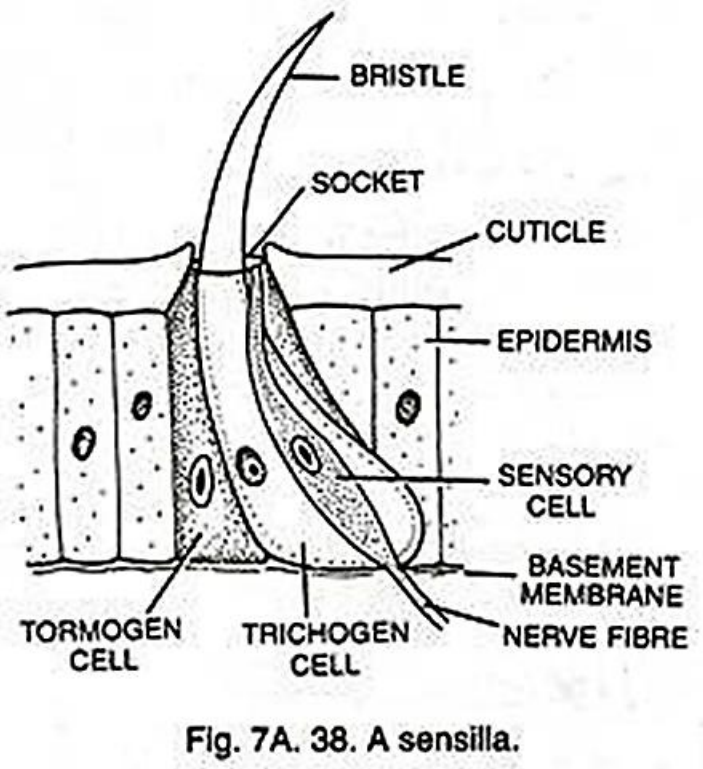
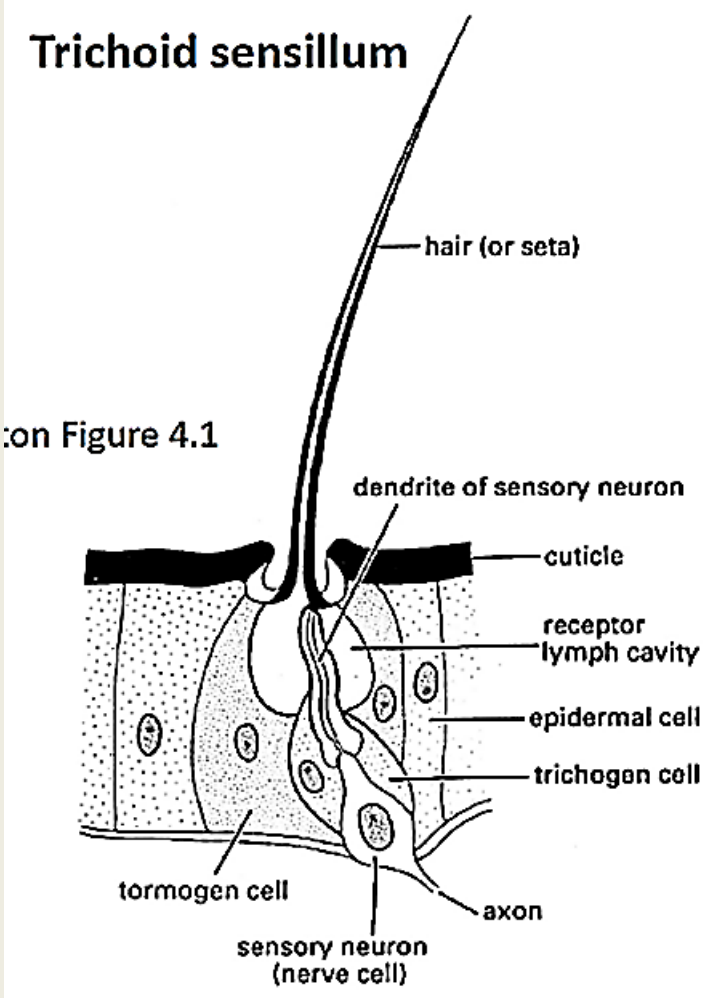


Fig. 7A. 38. A sensilla.



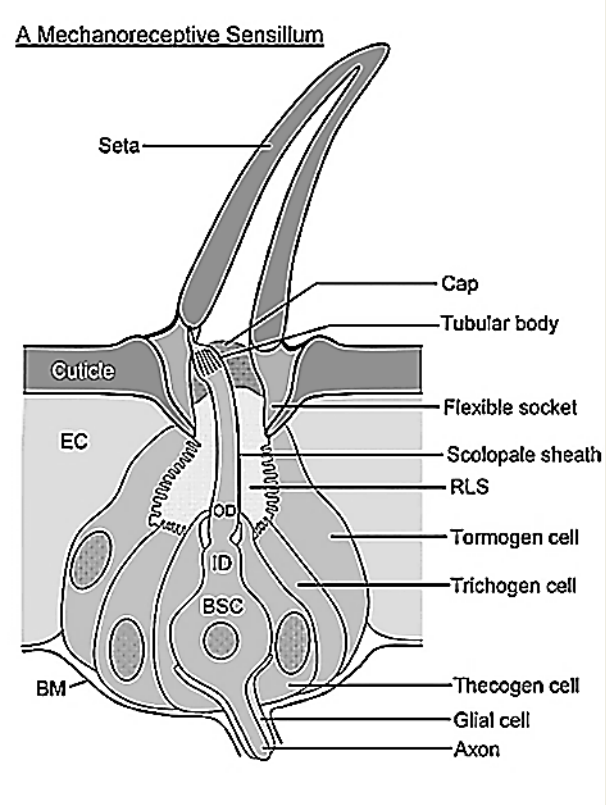
on Figure 4.1

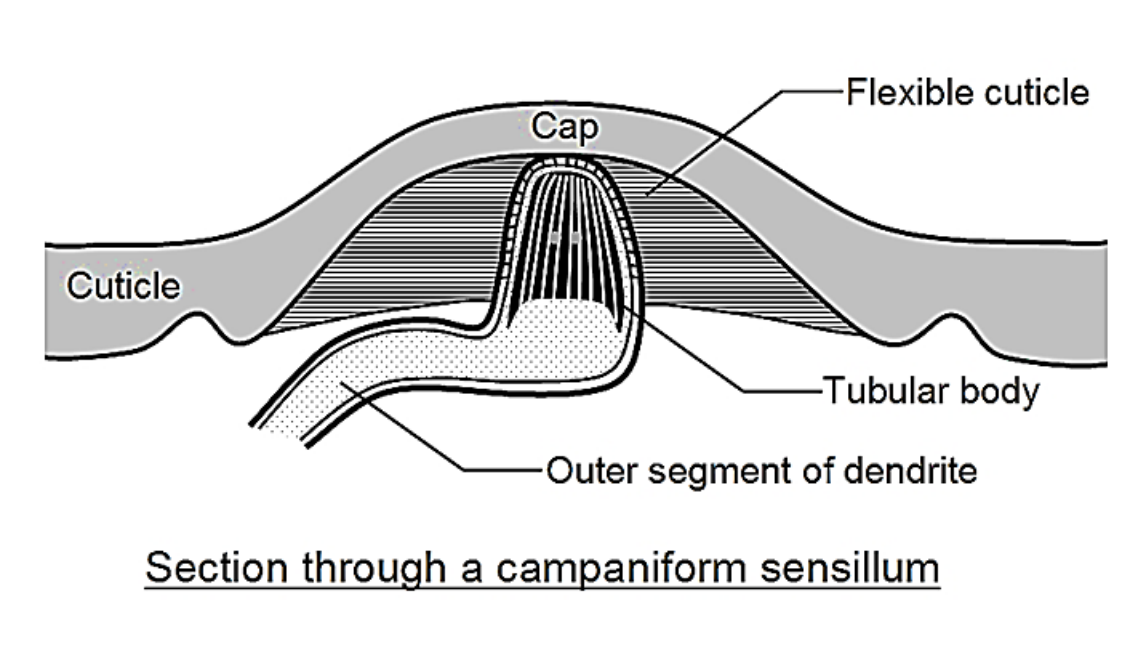
٢. اعضاء الحس الميكانيكية التى تنظم الجهود Stress receptors والتي تحدث في الهيكل الخارجي نفسة وهذه التأثيرات اما ان تكون خارجية كالوزن او تأثيرات داخلية كالتقلص العضلي.

تسجل الجهود الحاصلة على الجليد بواسطة نوع خاص من اعضاء الحس تعرف * بالشعيرة الجرسية Campaniform، وتختلف عن النوع السابق بان لها بديلا عن الشعرة بانها تكون بشكل مساحة صغيرة دائرية او بيضوية وناقوسيه (جرسية) الشكل من كيوتكل رقيق متصلة بخلية عصبية حسية واحدة ثنائية القطب ، وعندما تسبب حركة الجسم في احداث اجهاد Stress في الكيوتكل المتاخم فالنتوء القضيبي الحسي يزاح الى فوق او الى تحت وبذلك يحث الخلية العصبية الى ان يرسل بإيعازات عصبية في الليف العصبي الحسي.

* اعضاء الحس الجرسية (الناقوسية) تعد اساسا اعضاء حس داخلية او باطنية تتحسس الاجهادات التي تحدث في الكيوتكل الواقع بجوارها نتيجة حركة الجسم. * يوجد هذا النوع على هيئة مجاميع قرب مفاصل الارجل وقرون الاستشعار وفي قواعد الاجنحة ودبابيس الاتزان في رتبة ثنائية الاجنحة.

* بعض الشعيرات الجرسية تقوم بتنظيم حركات الاجنحة ودبابيس لاتزان ، والبعض الاخر يتحكم بحركة الارجل فمثلا ان استجابة العضلة الخافضة في رجل الصرصر الامريكي تبدا بواسطة تحفيز الشعيرة الجرسية الموجودة في فخذ الحشرة.





اعضاء الحس الميكانيكية التي تنظم الجهود

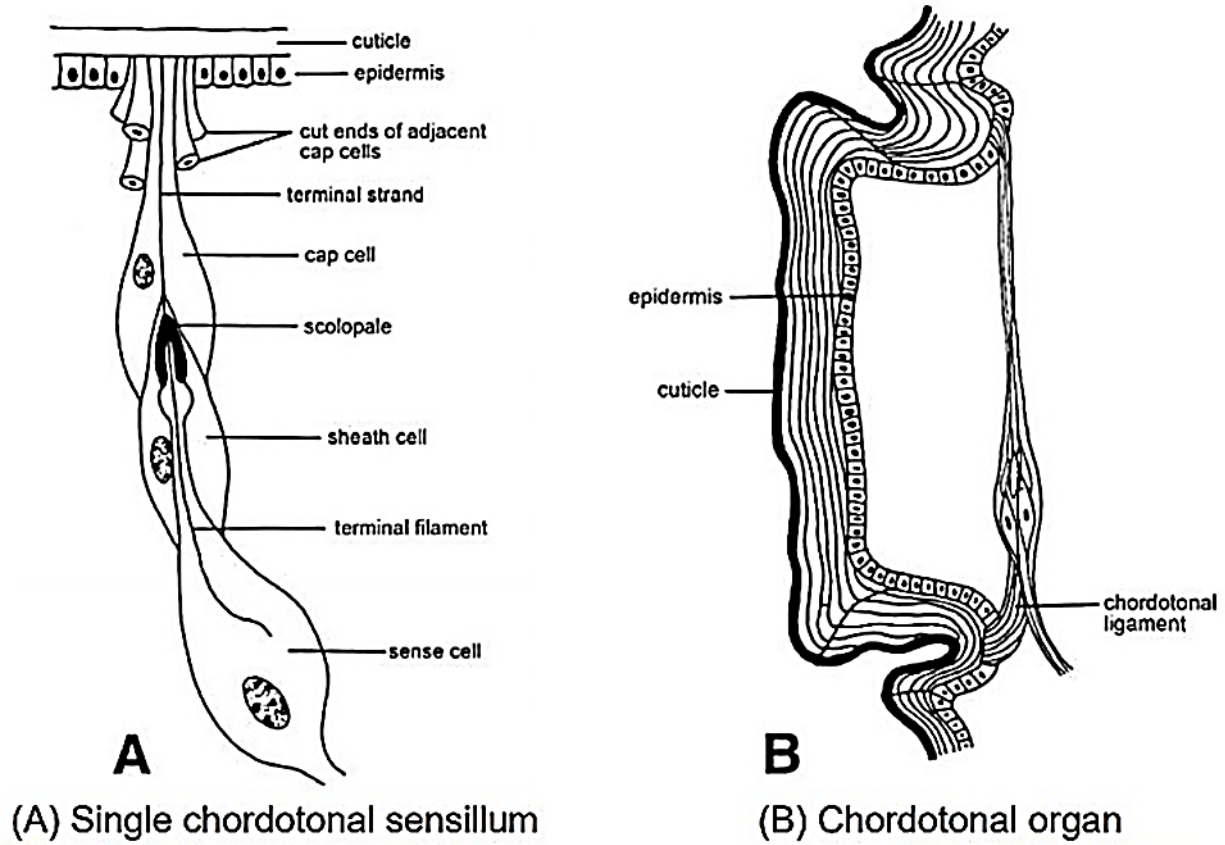
BM : الغشاء القاعدي ، **BSC** : جسم الخلية الحسية ثنائية القطب ، **EC** : خلية طلائية ، **ID** : العقلة الداخلية للتفرعات الشجيرية في الخلية الحسية - التفرعات الشجيرية الداخلية ، **OD** : العقلة الخارجية للتفرعات الشجيرية في الخلية الحسية - التفرعات الشجيرية الخارجية ، **RLS** : فراغ المستقبل الحسي.

٣. اعضاء الحس الميكانيكية التى تسجل الشد Stretch receptors الحادث داخل الجسم نتيجة حركة عضو واحد من الجسم استجابة الى الاخر :

لقد وجد بان الخلايا العصبية المتعددة الاقطاب Multipolar neurons التي تنتشر ما بين النسيج الضام والعضلات في الحشرات تقوم بوظيفة الشعرات المسجلة للشد ، وهناك انواع مختلفة من هذه الخلايا ترتبط مع الانسجة الرابطة او مع العضلات والبعض الاخر ترتبط مع الياف عضلية متخصصة لتكوين اعضاء الحس.

يوجد نوع اخر من اعضاء الحس الميكانيكية الذي يستجيب الى الشد وهو العضو الحسي المرن Scolopophorous organs او Chordotonal organ وكل واحدة تدعى Scolopidia ، ويحتوي هذا العضو على نوع واحد او اكثر من الخلايا العصبية المرنة التى تصل بين نقطتين متباعدتين على جدار الجسم.

توجد هذه الاعضاء داخل قرون الاستشعار والملامس (الفكية والشفوية) والارجل واحيانا فى فراغ الجسم ولكنها لا تبرز على سطح الجليد حيث تقوم بوظيفة ذاتية ناشئة داخل عضلات الكائن الحي وفي حالات اخرى فان لهذه الاعضاء علاقة مع الاغلفة السمعية المتخصصة باستقبال التذبذبات التي تحدث في الجو. يكثر وجود هذه الاعضاء في يرقات رتبة ثنائية الاجنحة وفي القرون الشرجية لحشرات رتبة مستقيمة الاجنحة.



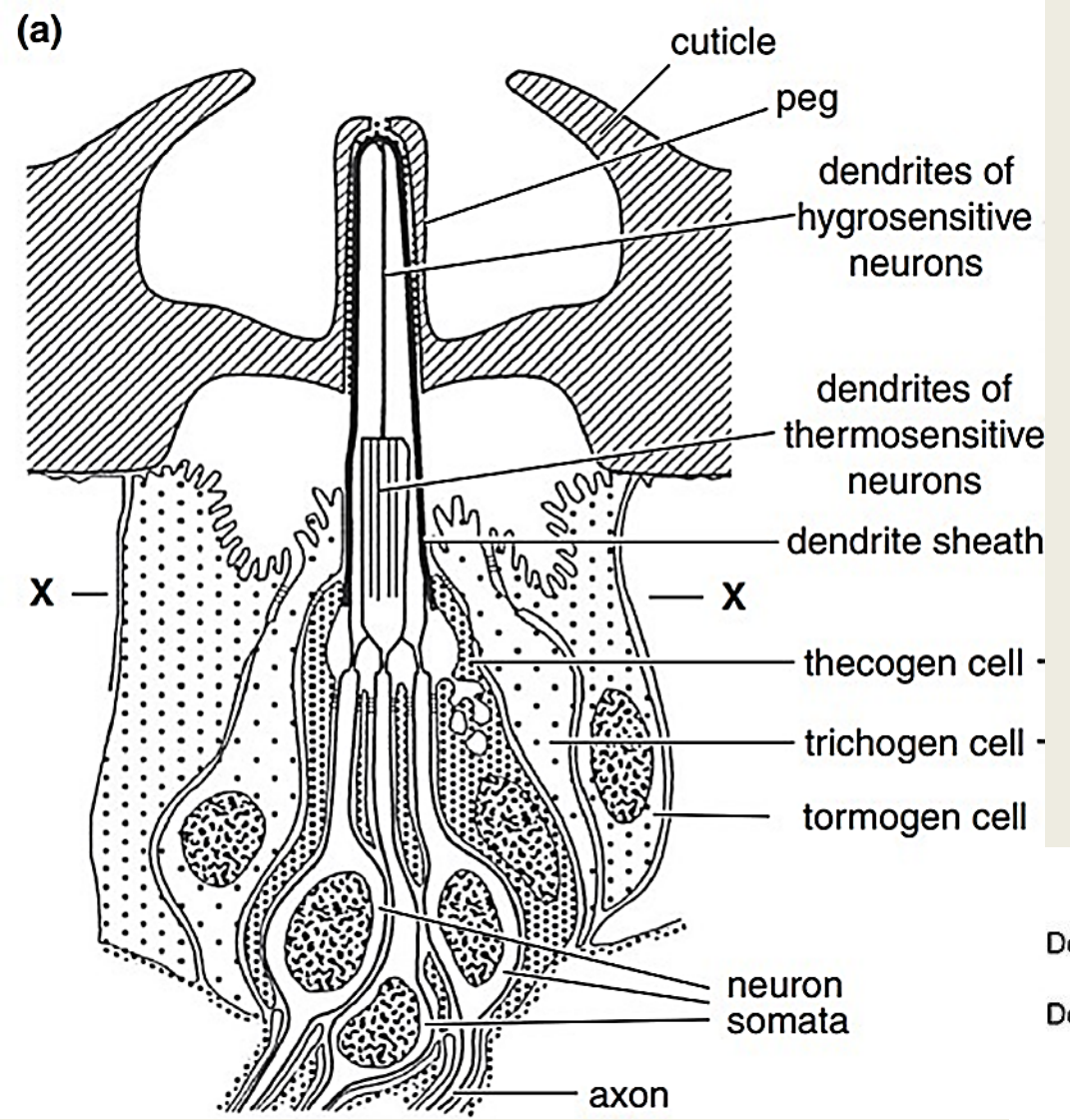
Scolopophorous organs العضو الحسي المرن

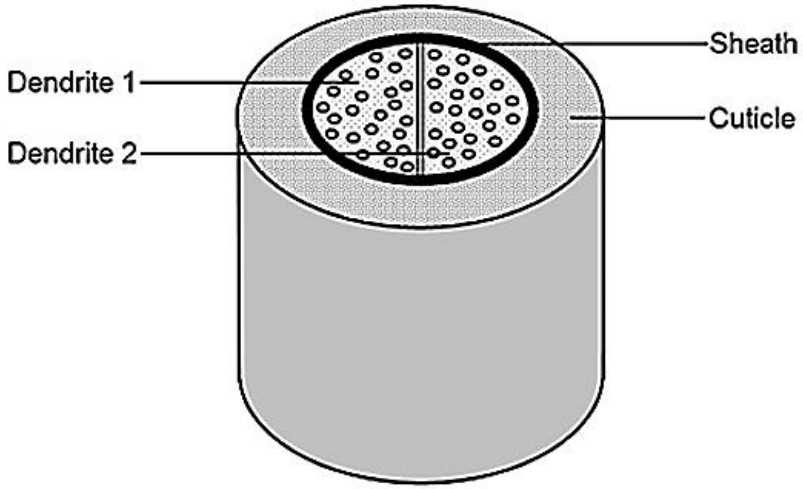
رابعا : اعضاء الحس بالحرارة والرطوبة Thermohygroreceptor

لقد عرف ان الكثير من الحشرات تستجيب الى درجات الحرارة ومن المحتمل ان يحدث تفاعل في خلايا حسية خاصة بحيث يتغير نشاطها بتغير درجة الحرارة كما هو الحال في نشاط الخلايا الحسية الكيميائية.

وتتأثر كثير من الحشرات بتذبذب درجة الرطوبة النسبية الجوية اما ان تفضل رطوبة معينة سواء كانت عالية او منخفضة او توجه نفسها الى البخار المتصاعد من المياه.

وتعتبر قرون الاستشعار من اهم مراكز الاحساس بدرجة الحرارة والرطوبة النسبية عند الحشرات.





Section through a thermohygroreceptor

خامسا : اعضاء الحس السمعية

وهي التراكيب التي تستلم الصوت وتمكن الحشرة من السماع ، ويوجد في الحشرات بشكل عام خمسة انواع من اعضاء السمع هي :

١. اعضاء السمع ذات الطبلة الخارجية Tympanal organs .

٢. عضو جونستون **Johnston's organ : سمي هذا العضو باسم العالم الذي وصفة لأول مرة في بعوضة Culex ومن ثم عرف في اغلب انواع الحشرات ، ويوجد عضو جونستون داخل عقلة قرن الاستشعار الثانية المسماة الحامل Pedicel ، ويتكون من عدد مختلف من مجاميع من الجسيمات (الشعيرات) الوترية الاسلوب والمرتبة بشكل شعاعي والمرتبطة من الجهة البعيدة بالغشاء المفصلي الواقع عند قاعدة العقلة الاولى من الشمروخ في قرن الاستشعار كما وتتصل هذه الحسيسات من الجهة القريبة بعصب قرن الاستشعار. ويعمل عضو جونستون كمستلمة سمعية وذلك لان السوط المزود بشعيرات كثيفة يتحرك بتأثير الموجات الصوتية ثم تقوم الحسيسات بتسجيل اهتزازات عقل السوط المحمولة على عنق قرن الاستشعار.**

٣. مجاميع الخلايا الحسية السمعية الموجودة على زوائد جسم الحشرة.

٤. الاطباق الحسية السمعية المبعثرة على جدار الجسم وهي لا تحتوي غشاء طبلة ايضا.

٥. الشعيرات الحسية السمعية المنتشرة على سطح الجسم.

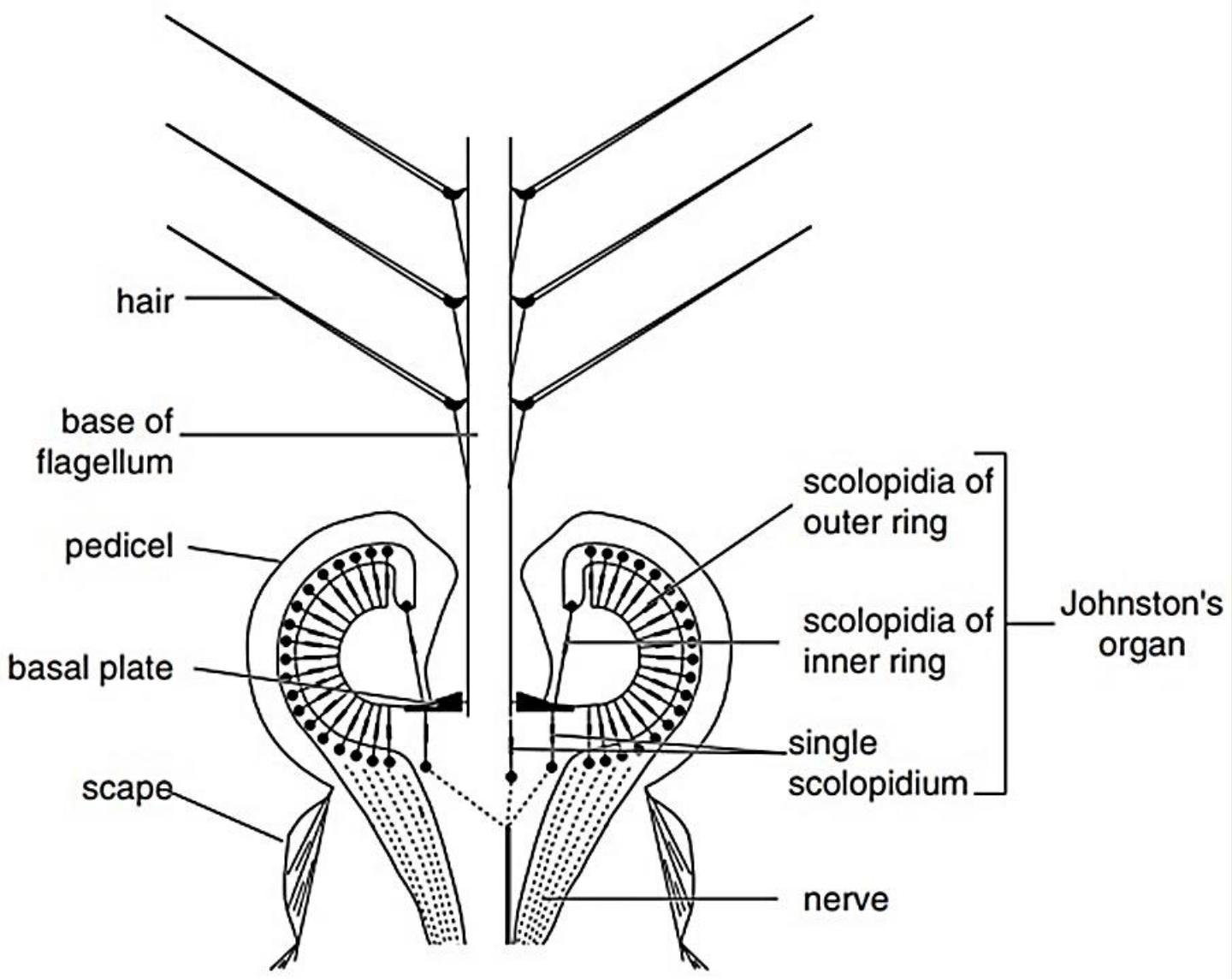


Figure: Johnston's organ of a male mosquito (from Autrum, 1963).

سادسا : اعضاء توليد الصوت في الحشرات

تختلف شدة ونوع الصوت الذي تنتجه الحشرات المختلفة ، ففي بعض الحالات تكون اعضاء توليد الصوت متماثلة في كلى الجنسين كما في العديد من حشرات غمديه الاجنحة ولكنها كثيرا ما تكون واضحة ونامية بشكل جيد في ذكور الحشرات كما في مستقيمة الاجنحة وحشرة السيكادا والصراصر.

* ان الاهمية الحياتية لإحداث الأصوات غير معروفة وغير واضحة في حالات كثيرة :

- ولكن في بعض الانواع فان هذة الاصوات تسهل عملية اجتذاب احد الجنسين للآخر او قد تحضر الانثى عند سماعها لها وقد تؤدي الى التنافس الجنسي بين الذكور وهذا يسهل تمييز النوع اذ يعمل على حفظ افراد النوع الواحد سوية.
- وقد يكون للأصوات وظيفة وقائية اذ انها تنذر بوقوع خطر ... الخ.

* ويمكن تصنيف الطرائق الاتية التى تتوالد بواسطتها الاصوات وكما يأتي :

١) عن طريق ضرب اجزاء الجسم ضد مادة خارجية.
٢) احتكاك احد اجزاء الجسم ضد جزء اخر من الجسم.
٣) اهتزاز الاجنحة.
٤) اهتزاز غشاء خاص في الجسم.
٥) عن طريق اهتزازات مختلفة تتضمن اصل غير معروف.