www.9alami.com

# التواصل العصبي

محمد القماح

يتم التواصل العصبي بين الجهاز العصبي و الأعضاء ، فتمكن الجسم من اكتشاف و التعرف على ما يحيط به من خلال نشاط الحساسية الشعورية ، و من القيام بمختلف الحركات من خلال نشاط التحركية الإرادية و من إنجاز مختلف السلوكات الفطرية بواسطة الانعكاسات .

للتعرف على هذه الآلية العصبية ندرس أحد السلوكات الفطرية عند الضفدع و هو انعكاس ثني الساق الخلفية عند الإهاجة بالحمض المخفف:

1- الكشف عن الأعضاء المتدخلة في انعكاس ثني ساق الضفدع :

1-1 – ضرورة الجلد :

أ- تجربة :

بعد تخريب دماغ الضفدع لإبعاد الحساسية الشعورية و التحركية الإرادية نحصل على ضفدع شوكي ، نبلل ساقه بمادة الكلوروفورم ثم ننبهها بالحمض

ب-نتيجة:

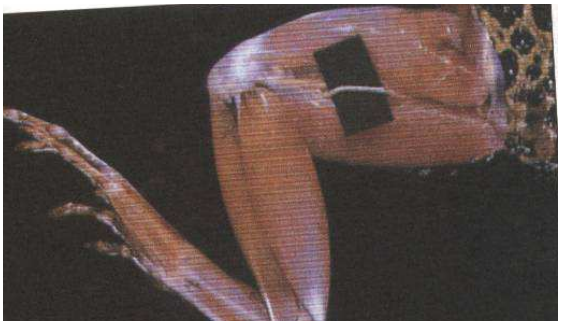
عدم استجابة الحيوان للتنبيه

ت-استنتاج:

الجلد ضروري لإنجاز هذا السلوك ، إذ يمثل العضو المستقبل الحسي و يتميز بوجود مستقبلات حسية ، تنبيها بالحمض يولد سيالات عصبية حسية .

1-2- ضرورة موصل حسي :

أ- تجربة :



تشريح ساق الضفدع يظهر خيطا أبيض يسمى العصب الوركي ،يصل هذا العصب إلى النخاع الشوكي نقطع هذا العصب ثم ننبه الساق.

ب- نتيجة:

عدم استجابة الضفدع

ت- استنتاج:

يلعب العصب الوركي دور موصل حسي يتلقي السيالات العصبية التي تنتجها المستقبلات الحسية و ينقلها إلى النخاع الشوكي .

3-1- ضرورة النخاع الشوكي :

أ- تجربة :

نحطم النخاع الشوكي للضفدع ، ثم ننبه ساقه

ب- نتيجة :

عدم استجابة الضفدع

ت- استنتاج :

النخاع الشوكي أساسي لإنجاز هذا السلوك ، يلعب دور المركز العصبي الانعكاسي الذي يتلقى السيالات العصبية الحسية و يعكسها إلى سيالات عصبية محركة .

4-1- ضرورة موصل حركي :

أ- ملاحظة :

لا يظهر في ساق الضفدع سوى عصب واحد هو العصب الوركي .

ب- تجربة :

ننبه بواسطة الكهرباء الطرف الخارجي للعصب الوركي المقطوع

ت- نتيجة :

تحرك الساق المهاجة

ث- استنتاج :

العصب الوركي موصل حركي كذلك ، فهو عصب مختلط حسي و حركي ، تسمى هذه الأعصاب المتصلة بالنخاع الشوكي بالأعصاب السيسائية .

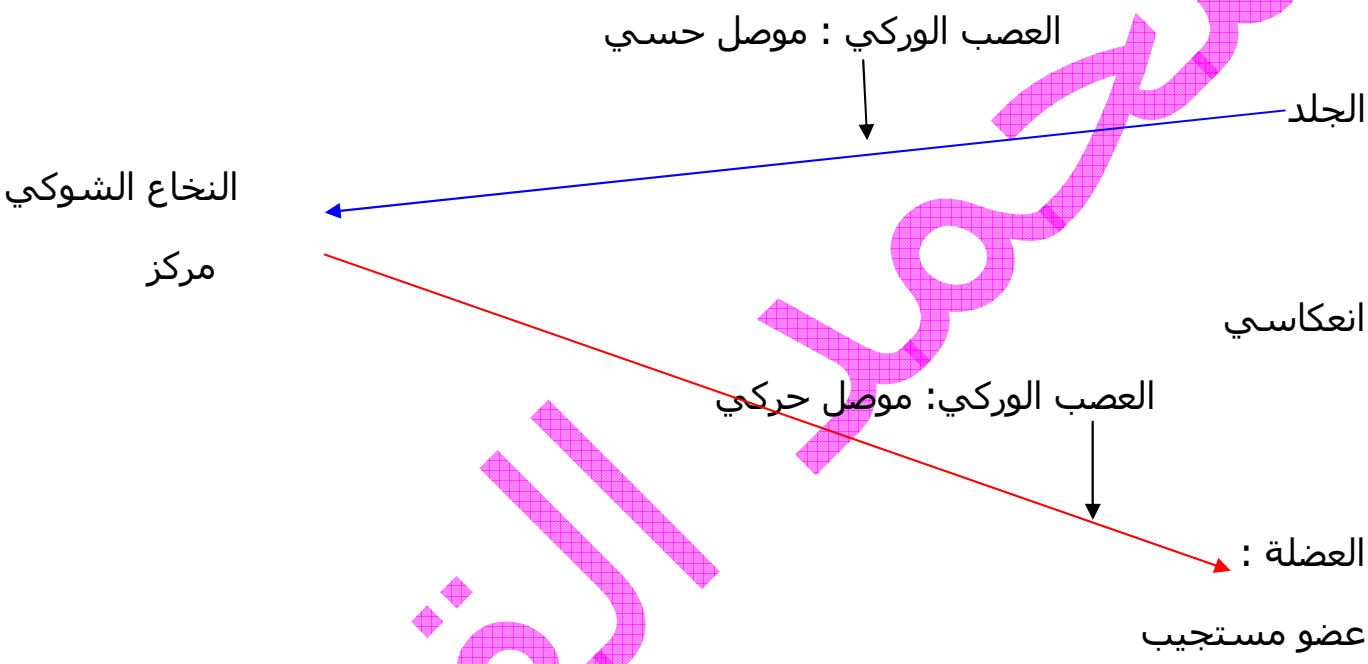
محمد القماح

1-5- ضرورة عضو مستجيب :

لإنجاز هذا السلوك و ثني ساق الضفدع لابد من عضلة تنجز الحركة بفضل تقلصها و ارتخائها ، فعضلة بطن ساق الضفدع تمثل العضو المستجيب في هذا الانعكاس .

1-6- الفعل الانعكاسي :

هو مجموع الأعضاء التي تمر عبرها السيالات العصبية لإنجاز السلوك ، في هذه الحالة :




تتجه السيالات الحسية نحو المركز العصبي فنصفها بالمركزية ، في حين تنطلق السيالات المحركة من المركز فنصفها بالنابذة .

2- خاصيات العصب :

من خلال الدراسة السابقة يتبين أن للعصب خاصيتين : الاهتياجية و التوصيلية ، إذ تنبيهه يولد سيالات عصبية ينقلها .

2-1- اهتياجية العصب :

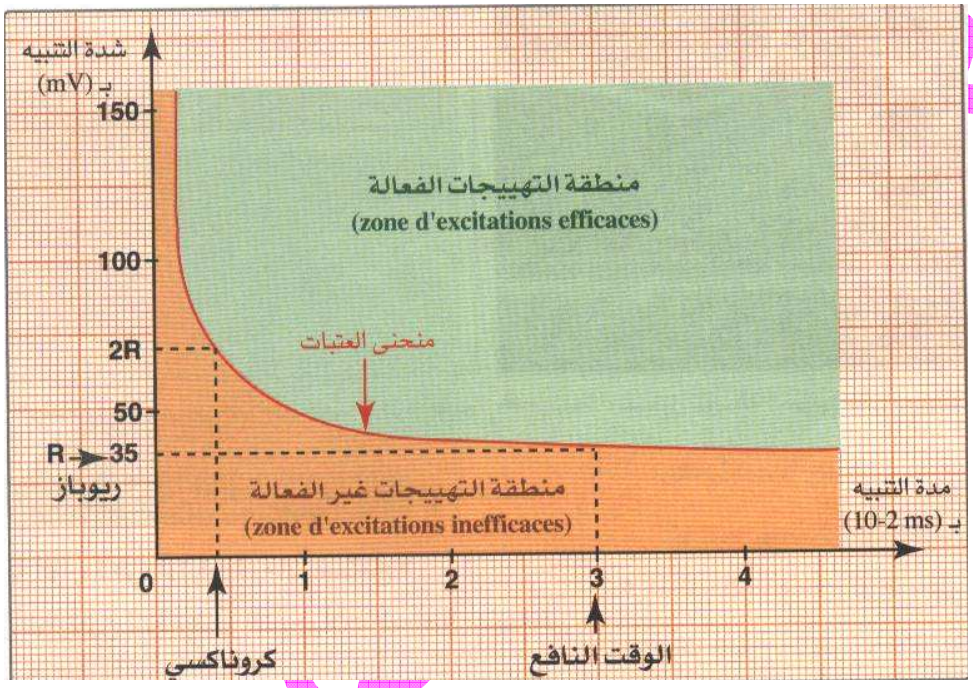
على عصب معزول نطبق بواسطة مساري مهيجة إهاجات كهربائية ذات شدة تصاعدية ، و نسجل لكل تنبيه المدة الضرورية لظهور السيالات العصبية :

محمد القماح

| مدة التنبيه (E) بـ (ms) | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,45 | 0,65 | 1,05 | 1,5 | 2,15 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شدة التنبيه (I) بـ (mV) | 120 | 112 | 94 | 65,5 | 55 | 47 | 40 | 37 | 35 | 35 |

1- أنجز على معلم منحنى اهتياجية العصب المدروس ، بوضع ( I = f ( t ؟
2- حدد المميزات الاهتياجية لهذا العصب ؟

1- إنجاز منحنى الاهتياجية :




2-المميزات الاهتياجية للعصب :

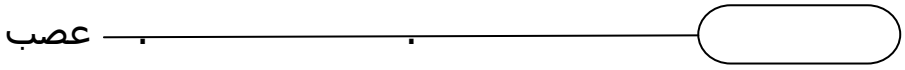
- عتبة التنبيه : هي أقل شدة قادرة على تنبيه العصب ، و تسمى في حالة الكهرباء بالريوباز.
- الوقت النافع : هو الزمن الضروري للحصول على تنبيه بشدة تساوي العتبة.
- الكروناكسي : هو الزمن الضروري للحصول على تنبيه بشدة ضعف الريوباز.

2-2- التوصيلية :

يمكن قياس سرعة توصيل العصب بتحديد المدة الضرورية لانتقال السيالة العصبية بين نقطتين على العصب:

t1 : الزمن الضروري لانتقال السيالة من A إلى العضلة

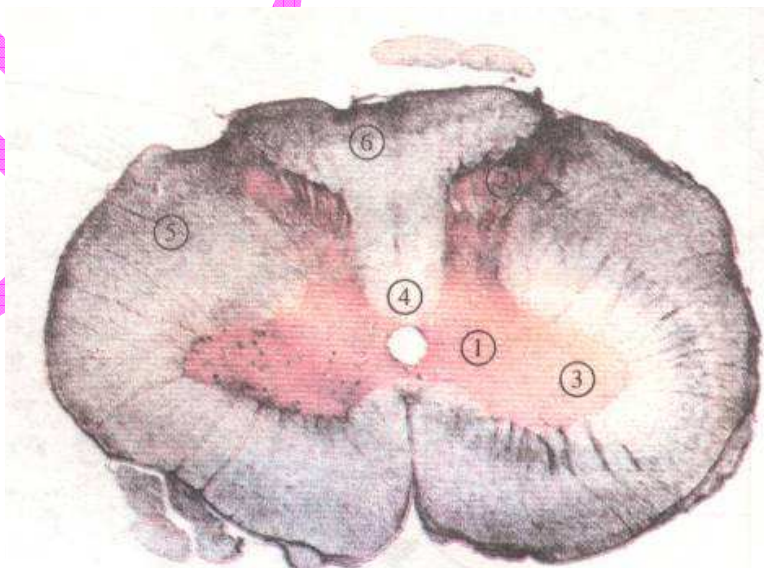
t2 : الزمن الضروري لانتقال السيالة من B إلى العضلة




$$V = \frac{AB}{t1 - t2}$$

## 3- البنية النسيجية للعصب و للنخاع الشوكي :

### 3-1- بنية النخاع الشوكي :




يتكون النخاع الشوكي من مادة رمادية مركزية على شكل فراشة تحيط بها مادة بيضاء سطحية .

## 3-2- ملاحظة مجهرية  للمادة الرمادية :

1- تفرع رئيسي : محورة

2- سيتوبلازم

3- نواة

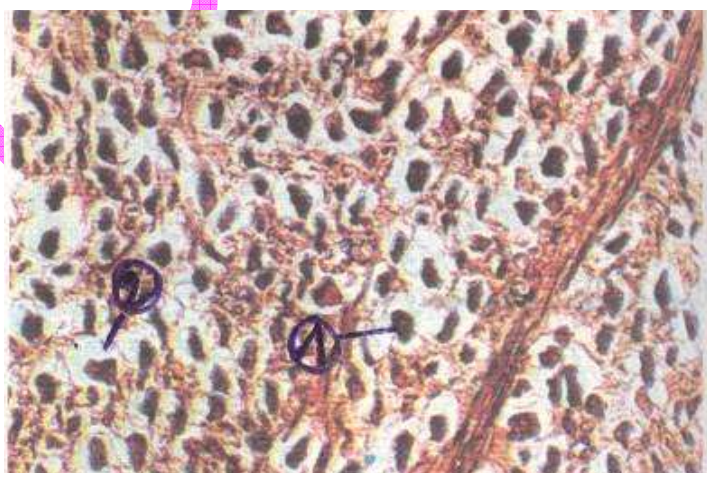
4- جسم خلوي

تتكون المادة الرمادية من أجسام خلوية تحمل نواة ، و تمتد بمحورة و بعدة تفرعات

## 3-3- ملاحظة المادة البيضاء :

1- محورة

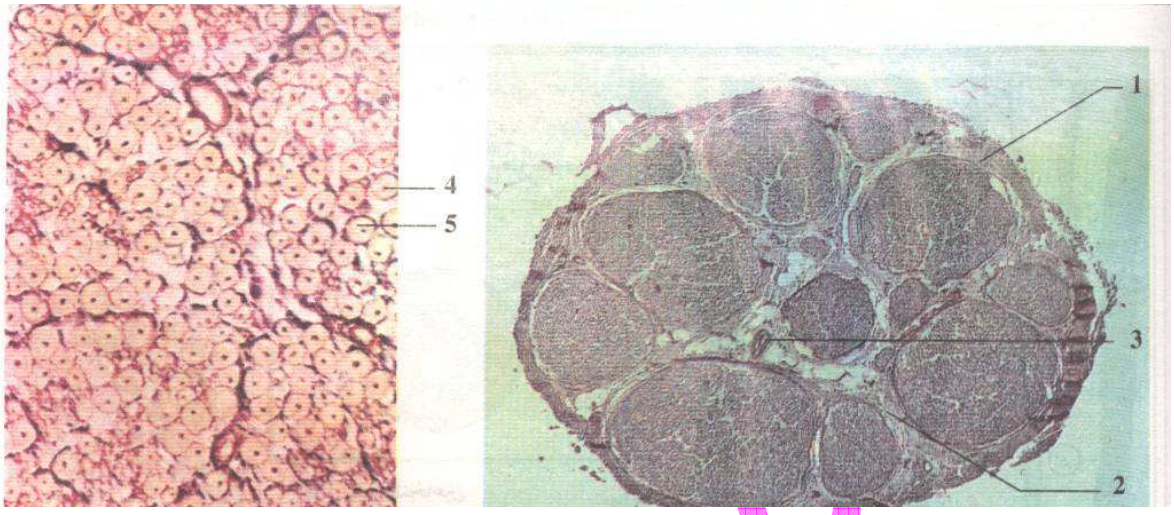
2- نخاعين



تضم المادة البيضاء محورة محاطة بالمادة النخاعين ، فهي إذن امتداد لمحورة الجسم الخلوي في المادة الرمادية

محمد القماح

## 3-4- ملاحظة مقطع عرضي للعصب

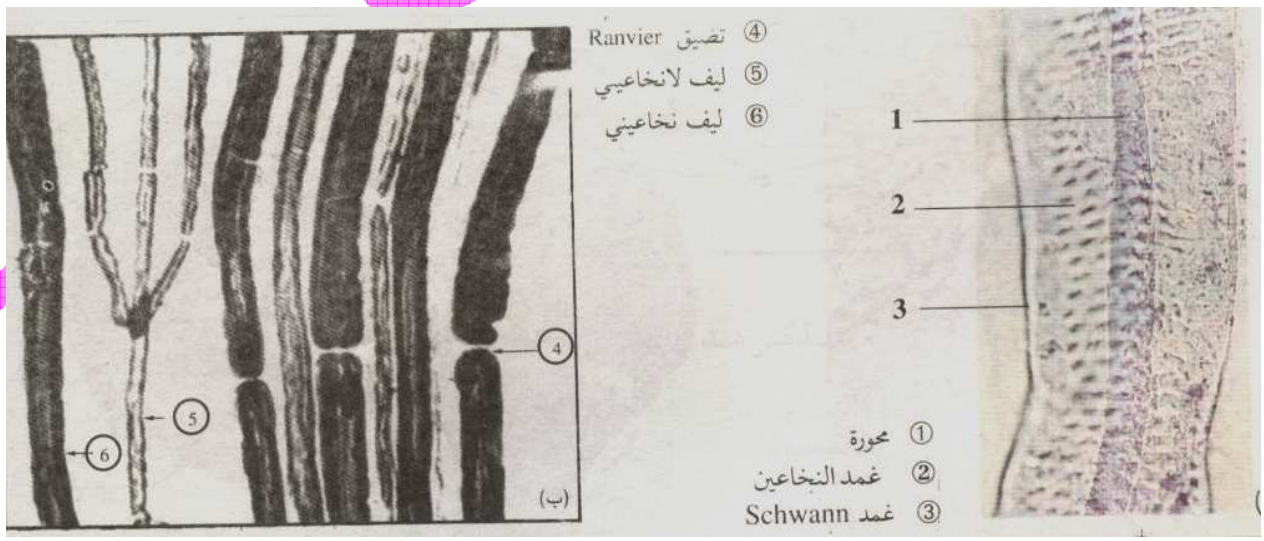



ملاحظة مجهرية لمقطع عرضي في عصب ملاحظة مجهرية لحزمة ألياف عصبية

1- حزمة ألياف عصبية 2 – نسيج ضام 3- شعيرة دموية 4 – محورة 5- غمد نخاعين

يتكون العصب من حزمات ألياف عصبية ، كل ليف عصبي هو عبارة عن محورة محاطة بنخاعين ، يشبه المادة البيضاء

## 3-5- ملاحظة ألياف عصبية :

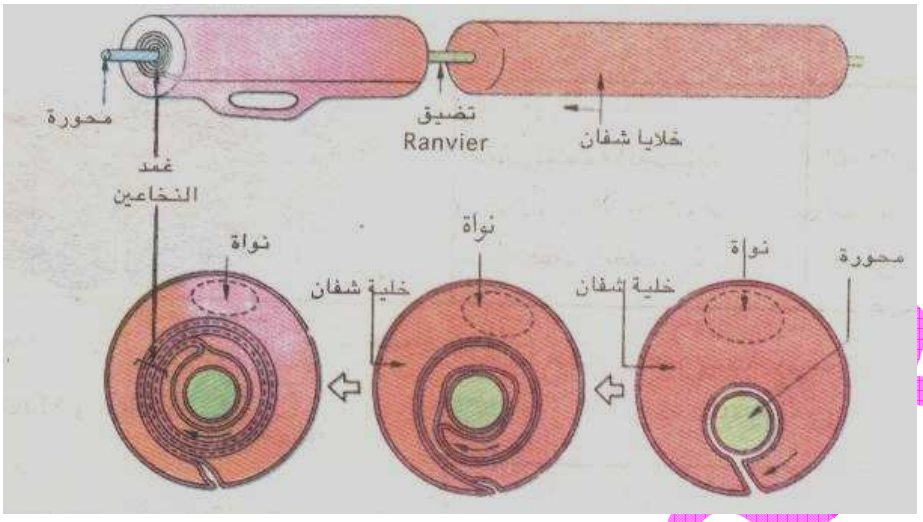



ملاحظة ليف عصبي معزول ملاحظة ألياف نفس العصب

يضم العصب ألياف متنوعة من حيث القطر و من حيث وجود أو غياب النخاعين ، فنميز الألياف النخاعينية و الألياف اللانخاعينية .

ملحوظة :

يتم اكتساب النخاعين بعد الولادة ، تفرزه خلايا شفان حول المحورة لتكوين غمد نخاعين



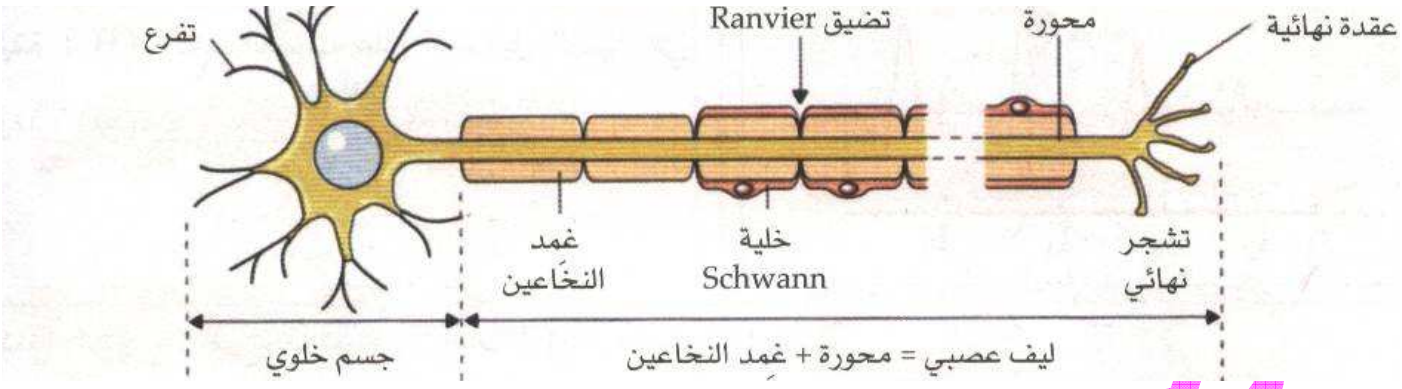

غمد النخاعين غير متواصل و يختفي في مستوى تضيقات Ranvier .

في مستوى الأعضاء المستجيبة تتفرع المحورة مكونة التشجر النهائي

في مستوى النخاع الشوكي تتفرع الأعصاب السيسائية ( الأعصاب المنطلقة من النخاع الشوكي ) إلى شطرين مكونة جذرين أمامي و خلفي ، يتميز الخلفي بالعقدة الشوكية أو العقدة السيسائية :

6-3- استنتاج : مفهوم العصبة :

من خلال هذه المعطيات البنيوية يتبين التواصل الموجود بين المادة الرمادية ، المادة البيضاء و العصب ، فالجسم الخلوي المحتوي على النواة يمتد في المادة الرمادية و في العصب بالمحورة مكونا الوحدة البنيوية للجهاز العصبي أي الخلية العصبية أو العصبة neurone .



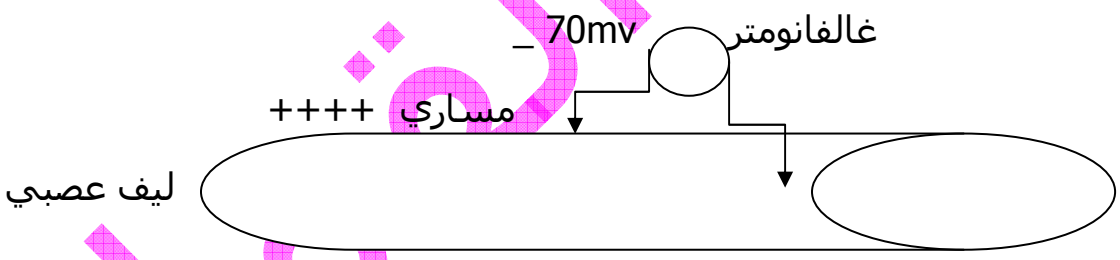

العضو العصب المادة البيضاء المادة الرمادية

4- مميزات العصبة :

4-1- الاهتياجية :

تتميز الخلايا الهيوجة العصبية و العضلية بوجود استقطاب كهربائي بين سطحها و داخلها ، يسمى جهد الكمون .

أ- الكشف عن جهد الكمون عند العصبة :

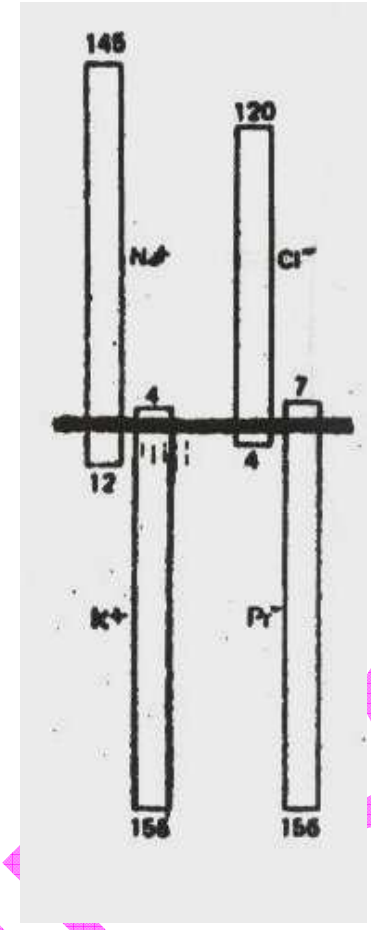



يسجل الغالفانومتر فرق جهد كهربائي قيمته 70 mv- بين سطح الخلية العصبية و داخلها ، يسمى جهد الكمون ، سطح الخلية موجب و داخلها سالب .

ب-عن أي ينتج جهد الكمون ؟

ترجع الشحنات الكهربائية إلى الإيونات ، فلنقارن التركيب الإيوني للوسطين الداخلي و الخارجي للخلية :

محمد الفلاح




يتميز الغشاء بنفاذية اختيارية فهو غير نفوذ للبروتينات ،نفاذية ضعيفة ل $N_a^+$ و ل $Cl^-$

نفوذ ل $K^+$ .

غياب النفاذية للبروتينات راجعة إلى كبر حجمها ، أما النفاذية الاختيارية ل $K^+$ ل $N_a^+$

و ل $Cl^-$ فترجع إلى قنوات إيونية في الغشاء السيتوبلازمي تتحكم في إغلاقها و فتحها الخلية .

انطلاقا من هذه المعطيات يتبين أنه في حالة الكمون سوف يتدفق $K^+$ إلى خارج الخلية مما سيؤدي إلى سيطرة الشحنات الموجبة خارج الخلية ، و سيطرة الشحنات السلبية داخلها و بالتالي ظهور الاستقطاب الكهربائي جهتي الغشاء السيتوبلازمي المسئول عن جهد الكمون .

1- غالفانومتر 2- ليف عصبي 3- مساري الغالفانومتر

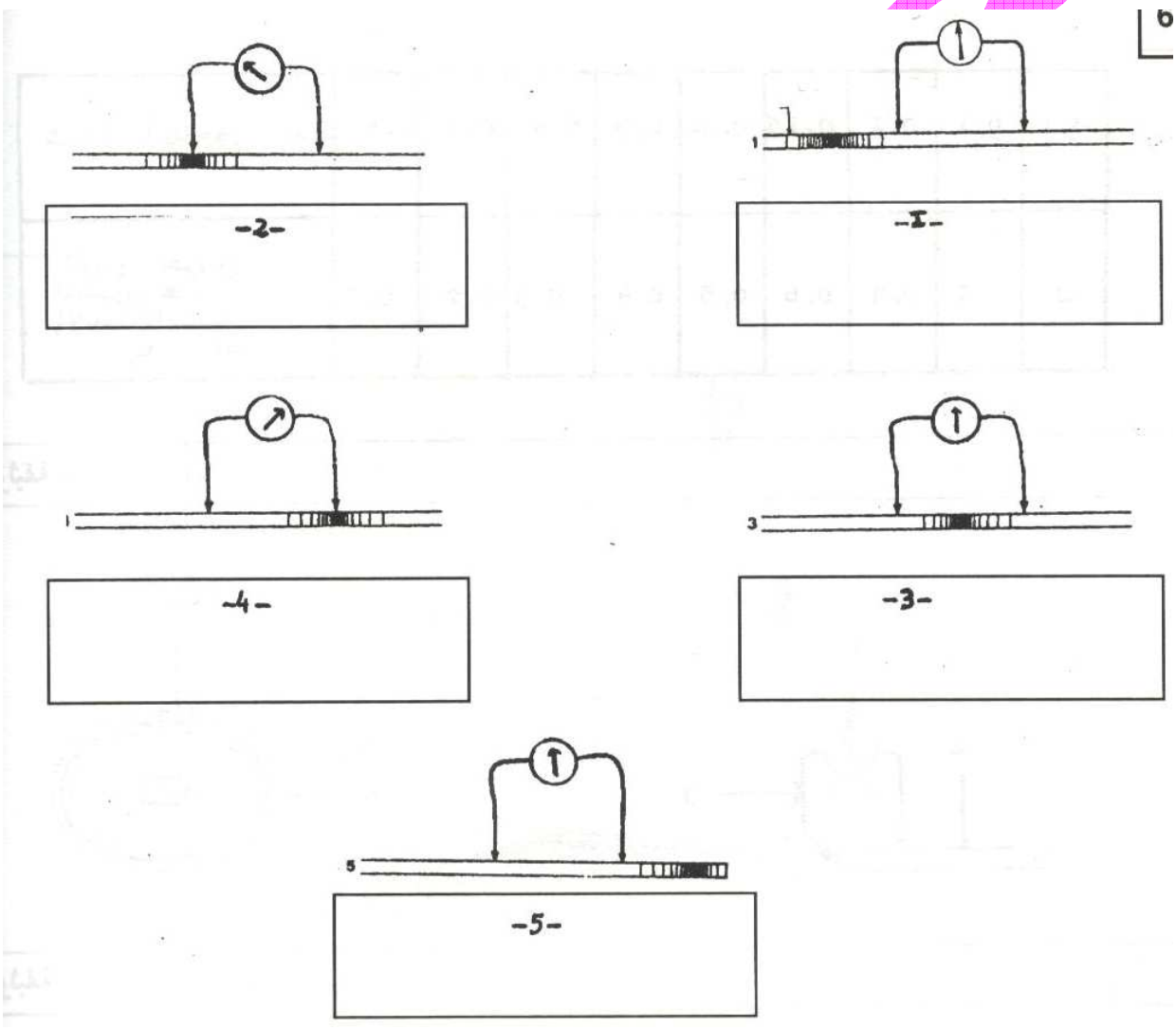
4- نواة 5- سيتوبلازم 6- غشاء سيتوبلازمي

ب-مفعول الإهاجة : طبيعة السيالة العصبية :

+ تجربة :

على ليف عصبي نضع مساري غلفانومتر ثم نطبق إهاجة فعالة

+ نتيجة :

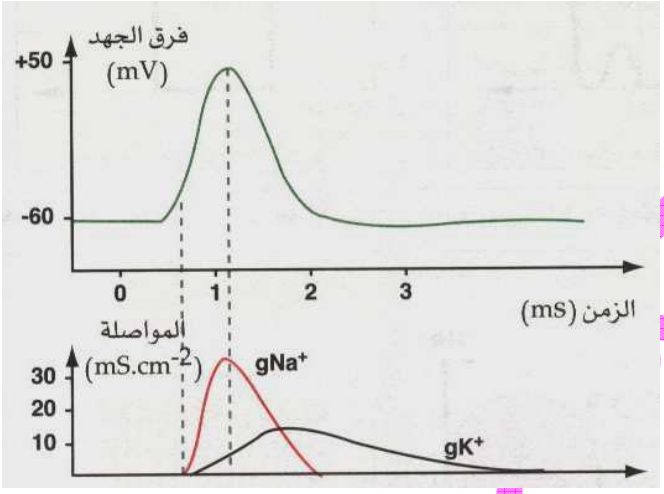



+ استنتاج :

تؤدي إهاجة الليف العصبي إلى ظهور موجة استقطاب سالبة تنتقل على طول الليف متسببة في تسجيل فرق جهد بين مساري الغلفانومتر في اتجاهين مختلفين،يسمى فرق الجهد هذا بجهد العمل ، فالسيالة العصبية إذا ليست سوى مجموعة من جهود العمل.

+عن أي شيء ينتج جهد العمل ؟

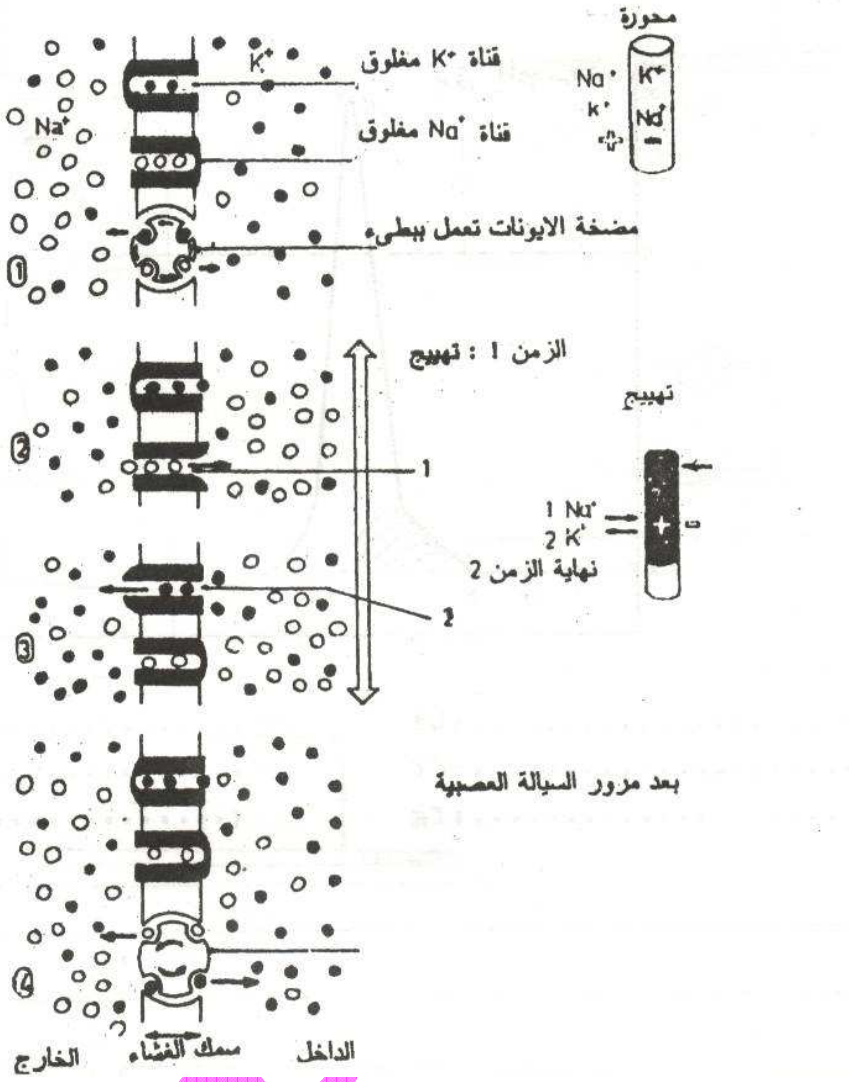
تؤدي الإهاجة مباشرة إلى ارتفاع محلي و لحظي لنفاذية الغشاء السيتولازمي ل $N_a^+$ نتيجة انفتاح قنوات $N_a^+$ ، تسمى هذه القنوات التي تفتح بفعل التنبيه الكهربائي قنوات مرتبطة بالفولتية ، ثم نسجل ارتفاع النفاذية ل $K^+$ نتيجة انفتاح قنوات $K^+$ .




يؤدي ارتفاع النفاذية ل $N_a^+$ إلى تدفق $N_a^+$ من خارج الخلية إلى داخلها ، فيصبح داخل الخلية غنيا بالشحنات الموجبة ، و يفقد خارجها الشحنات الموجبة لتظهر الشحنة السالبة أساس جهد العمل.

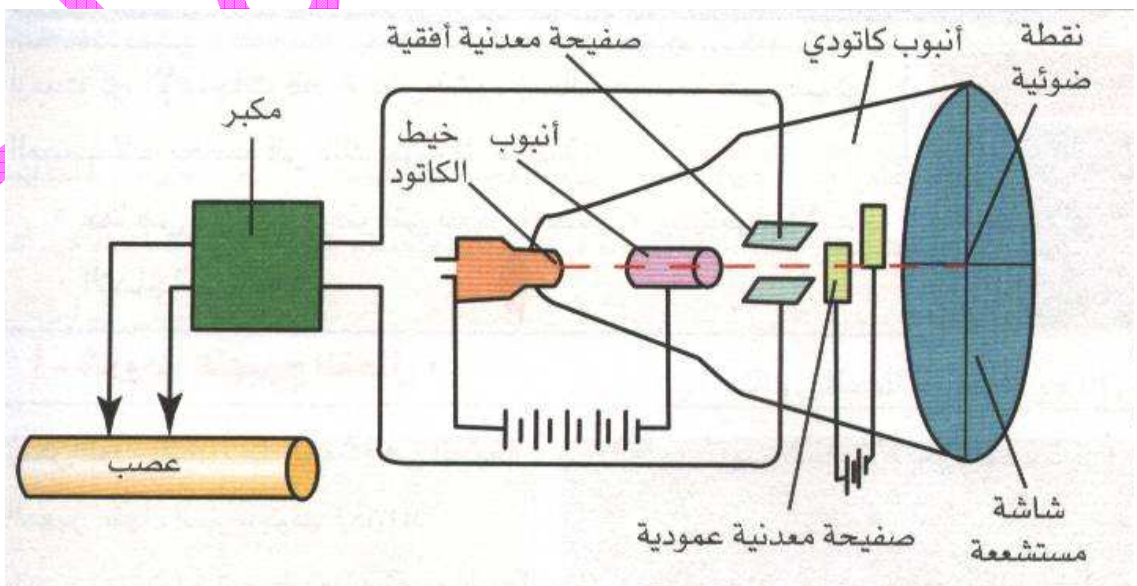
لاسترجاع استقطابها الطبيعي تفتح الخلية قنوات $K^+$ فتخرج الشحنات الموجبة و تقضي على الشحنة السالبة و على جهد العمل في ظرف 1 ms

للعودة إلى التوزيع الطبيعة للإيونات و استرجاع جهد الكمون الأصلي على الخلية إخراج $N_a^+$ و إدخال $K^+$ ، يتم هذا العمل ضد قانون التنافذ لذا تستخدم الخلية النقل النشيط المستهلك ل ATP ، و ذلك باستعمال المضخة صوديوم بوتاسيوم أطيباز التي تقوم بإدخال 2 من $K^+$ و إخراج 3 من $N_a^+$ مع استهلاك ATP .



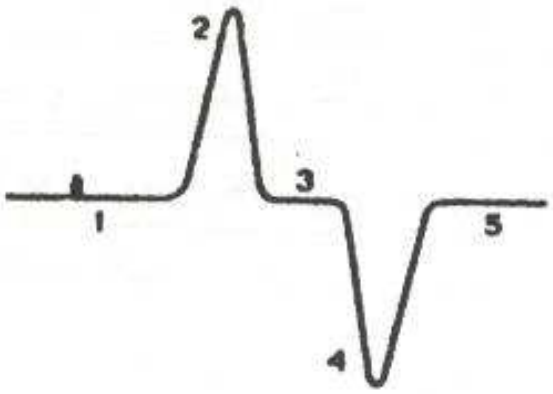

ج- تسجيل جهد العمل :

يمكن تسجيل جهد العمل باستعمال كاشف الذبذبات



فنحصل على تسجيل  يقسم إلى عدة مراحل :

A : حادث التنبيه الناتج عن تطبيق التنبيه و انتشار الكهرباء في الليف أو العصب




1- مدة الكمون : هي المدة اللازمة لانتقال موجة الاستقطاب  من مساري التنبيه إلى مساري الاستقبال الأول

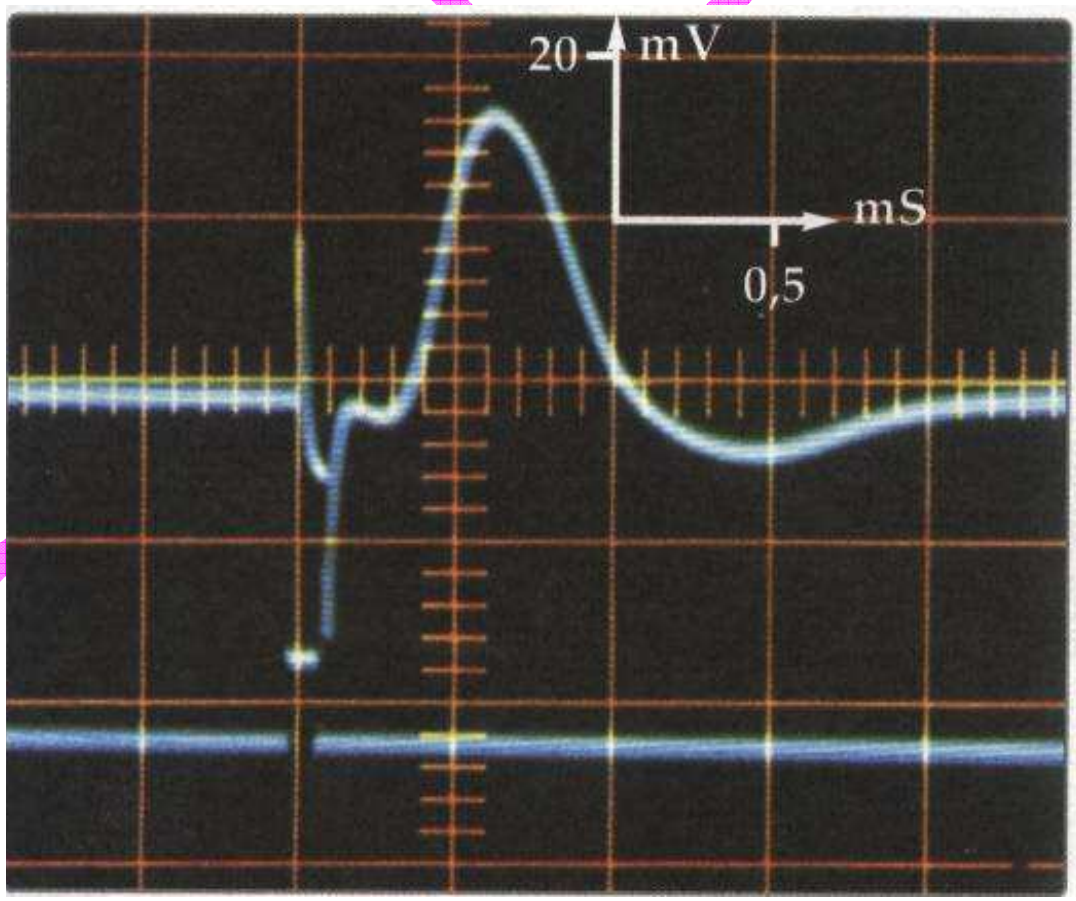
2-استقطاب مساري الاستقبال الأول

3-استقطاب مساري الاستقبال الثاني

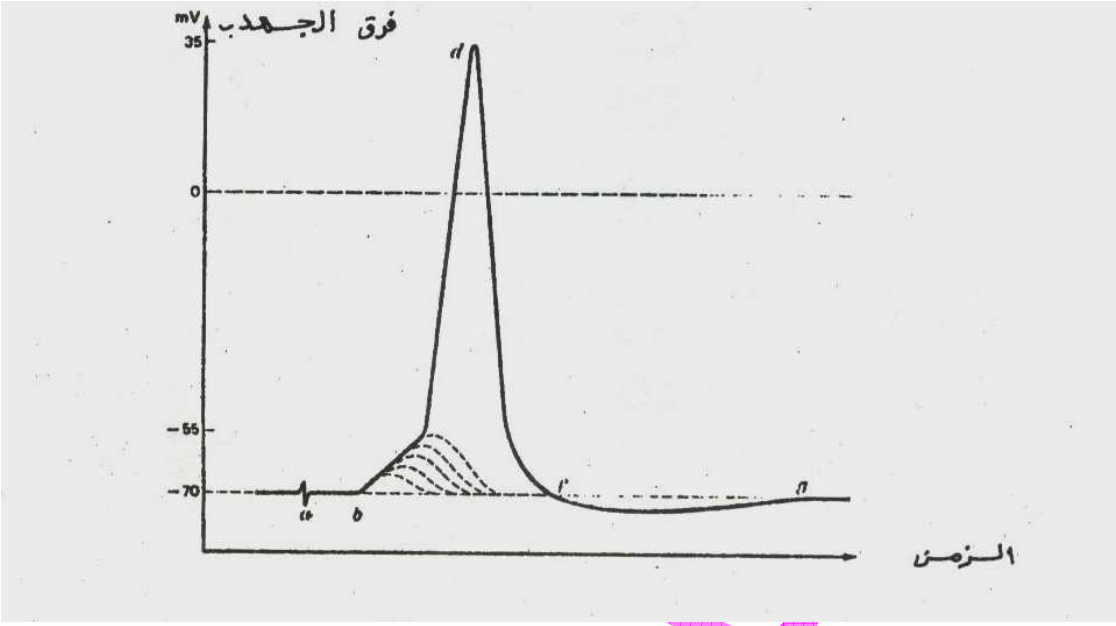
4-استعادة الاستقطاب

يسمى هذا التسجيل بجهد العمل ثنائي الطور

+ ملحوظة : يمكن التسجيل بمساري استقبال واحد فنسجل جهد عمل أحادي الطور :



يمكن تقسيم جهد العمل أحادي الطور إلى عدة مراحل:

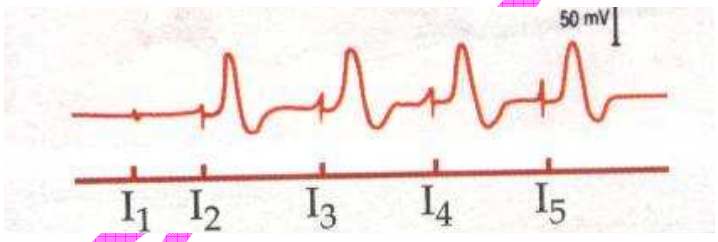



-70 mv جهد الكمون  a – حادث التنبيه  ab – مدة الكمون

bd – إزالة الاستقطاب  df – إعادة الاستقطاب  fg – إفراط الاستقطاب

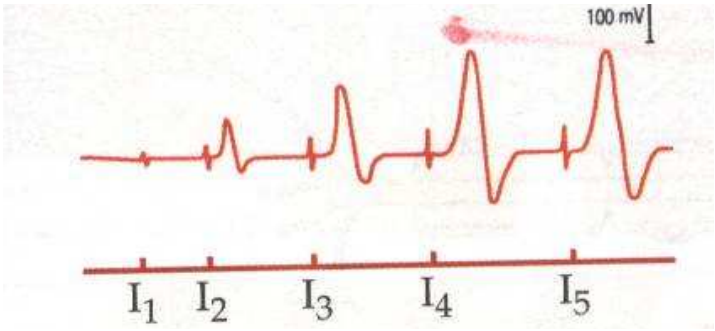
د- شروط الاهتياجية :

* نطبق إهاجات ذات شدة تصاعدية من $I_1$ إلى $I_5$ على ليف عصبي ثم على عصب و نسجل في كل حالة جهود العمل المسجلة :




بالنسبة لليف العصبي المعزول $I_1$ لم تعط أية جهد عمل فهي إهاجة غير فعالة لأن شدتها أقل من عتبة التنبيه الريوباز.

تعطي التنبيهات من $I_2$ إلى $I_5$ جهود عمل ذات وسع ثابت ، فهي إهاجات فعالة تعطي نفس جهد العمل مهما كانت شدتها ، فالليف العصبي إذن إما يهيج أو لا يهيج ، تسمى هذه الظاهرة بقانون الكل أو العدم .

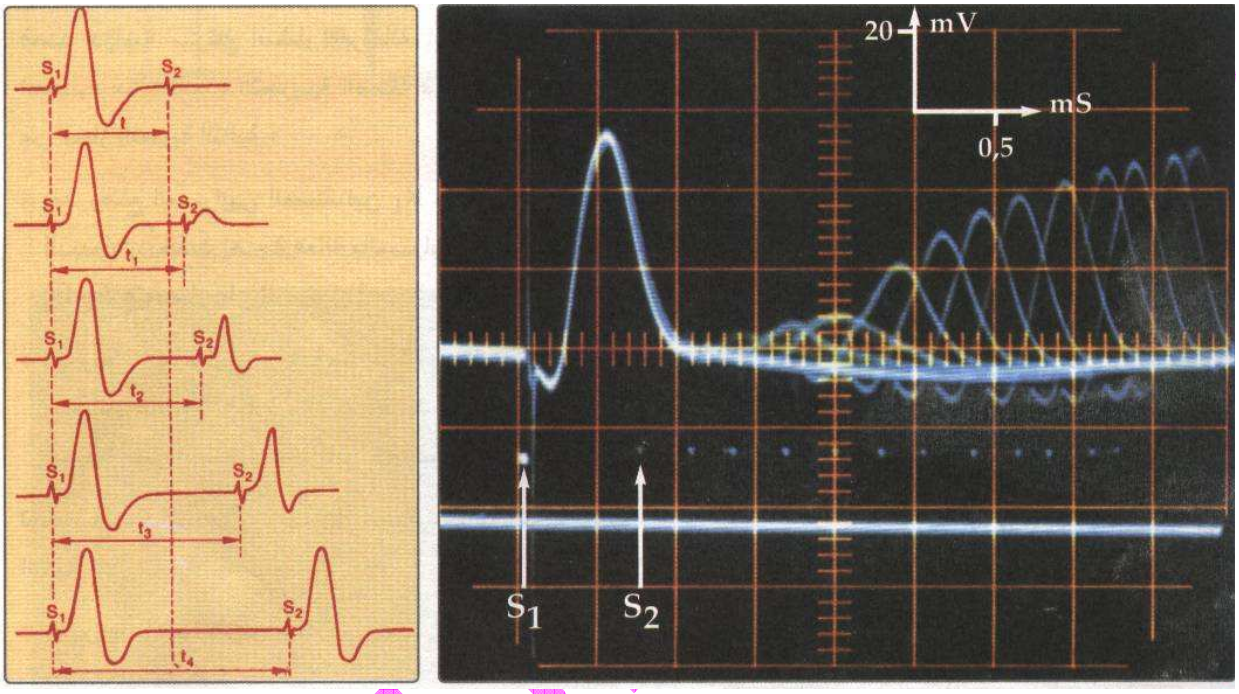



بالنسبة لعصب ، $I_1$ إهاجة غير فعالة ، بعدها كلما زادت شدة التنبيه من $I_2$ إلى $I_4$ إلا و زاد وسع جهد العمل المسجل ، فالعصب غير خاضع لقانون الكل أو العدم

، بعد $I_4$ يبقى الوسع ثابت رغم زيادة شدة التنبيه ، يرجع ذلك بنية العصب المكونة

من عدة ألياف عصبية ، كلما زادت شدة التنبيه زاد عدد الألياف المهاجة فسجل حاصل جهود العمل ،عندما تهاج كلها بالشدة المرتفعة نحصل على أكبر وسع فبقى ثابتا.

* نطبق إهاجتين فعالتين ومتتاليتين على ليف عصبي ، تفصل بين الإهاجتين مدة زمنية تصاعدية فنحصل على التسجيل التالي :




عندما تكون المدة الفاصلة بين التنبيهان تساوي t أقل من 1 ms لا يعطي التنبيه الثاني أي جهد عمل.

عندما تتجاوز t الزمن 1 ms نحصل على جهد عمل يزداد وسعه تدريجيا مع زيادة المدة من $t_1$ إلى $t_3$ .

ابتداء من $t_4 = 10$ ms نحصل على جهد عمل مشابه للأول و بنفس الوسع .

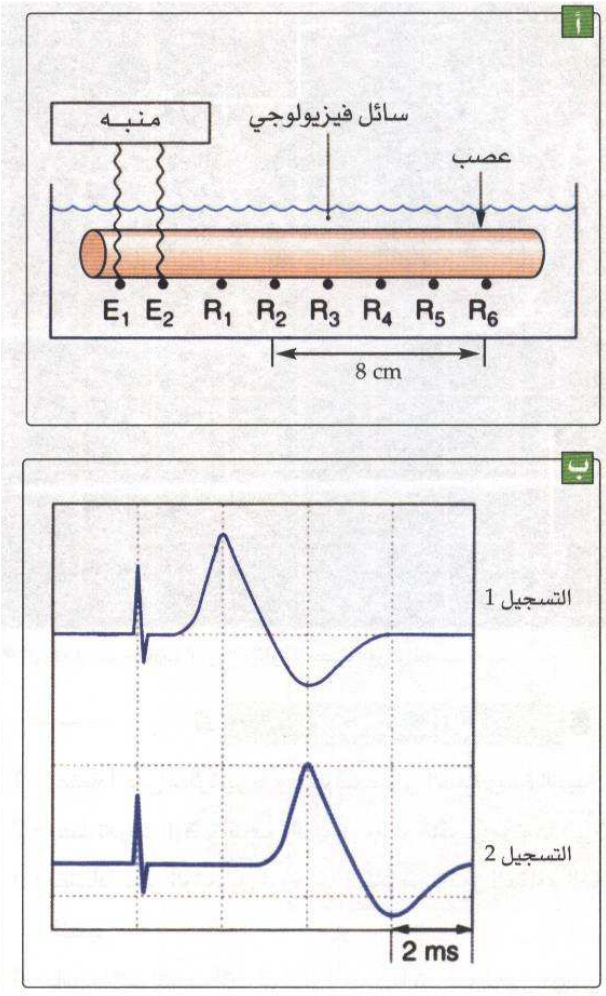
إذا فبعد كل إهاجة يصبح الليف العصبي غير مهاج لمدة قصيرة تسمى الدور المقاوم المطلق ، و يلزمه مدة زمنية لاسترجاع اهتياجيته الطبيعية تسمى بالدور المقاوم النسبي .

يرجع الدور المقاوم المطلق إلى تساوي التوتر ل $N_a^+$ بسبب التنبيه الأول فلا يستطيع الحركة رغم التنبيه الثاني لمدة 1 ms ، بعدها تبدأ المضخة صوديوم بوتاسيوم أطيباز عملها بإخراج $N_a^+$ فيتوفر فرق التركيز الذي يسمح بظهور جهد عمل ثاني يتغير وسعه حسب الزمن أي حسب كمية $N_a^+$ التي أخرجتها المضخة، فكمية $N_a^+$ إذن هي التي تحدد وسع جهد العمل .

## 2-4- التوصيلية :

### أ – قياس سرعة التوصيل :

لقياس سرعة التوصيل نستعمل العدة التجريبية الممثلة في الوثيقة التالية :




فيتم التنبيه في النقطة $E_2$ و التسجيل في النقطة $R_2$ ثم في النقطة $R_6$ التي تبعد عن الأولى ب 6 cm ، و من خلال مقارنة التسجيلين نحسب الزمن الضروري لقطع تلك المسافة t = 2 ms

و بذلك تكون سرعة التوصيل = 3 cm / ms

القمح

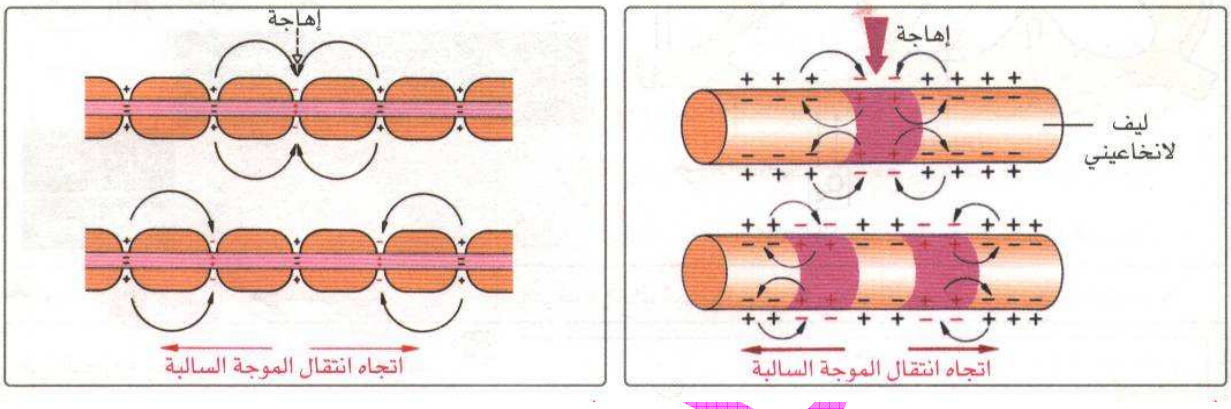
### ب-تغيرات سرعة التوصيل :

| نماط الألياف العصبية | القطر | السرعة بـ $m.s^{-1}$ |
|---|---|---|
| ألياف نخاعينية لثدييات | 10 um | 60 |
| | 20 um | 120 |
| ألياف نخاعينية لعصب وركي عند ضفدعة | 10 um | 17 |
| | 20 um | 30 |
| يف عملاق لا نخاعيني عند الخداق | 1 mm | 33 |

تتغير سرعة توصيل الموجة السالبة حسب النوع الحيواني ألياف الثدييات أسرع من ألياف البرمائيات ، حسب قطر الليف الألياف الغليظة أسرع من الألياف الدقيقة و الألياف النخاعينية أسرع من الألياف اللانخاعينية .

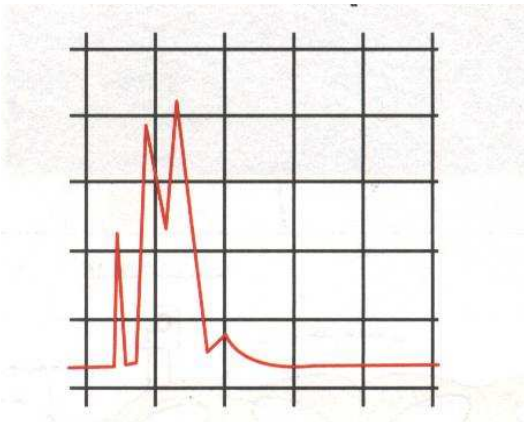
النخاعين مادة عازلة غير موصلة للكهرباء ، و بالتالي ففي الألياف اللانخاعينية تنتقل الشحنات الكهربائية من نقطة إلى نقطة مجاورة لها منتجة تيارات محلية ، فيكون التوصيل متواصلا .

أما في الألياف النخاعينية فإن الغشاء السيتوبلازمي لا يستقطب إلا في مستوى تضيقات رانفيي ، لذا على الموجة السالبة أن تقفز من تضيق إلى آخر ، يسمى هذا بالتوصيل القفزي و يكون أسرع .




ت-ملحوظة :

- يؤدي التنبيه التجريبي للعصب أو لليف العصبي من ظهور موجتي استقطاب تنتقلان على طوله في اتجاهين متعاكسين ، أما في الظروف الطبيعية فالتنبيه يكون على مستوى المستقبلات الحسية و تنتقل جهود العمل الناتجة في اتجاه واحد من التفرعات نحو التشجر النائي .
- عند تهييج عصب صافن للقنية و نسجل في نفس النقطة ، نحصل على التسجيل التالي الذي يبين توالي سلسلة من جهود العمل المتداخلة :

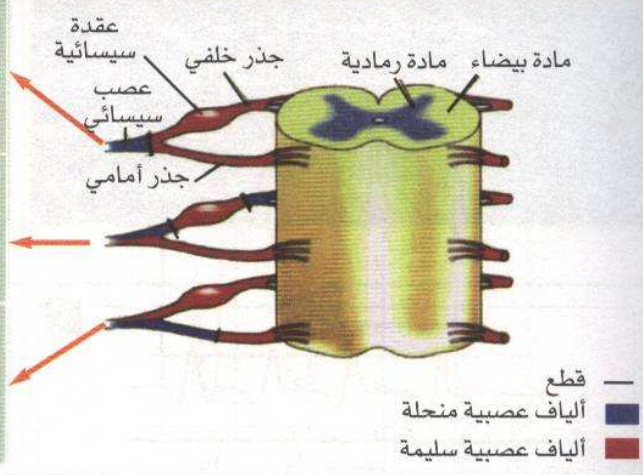


توالي جهود العمل يدل على اختلاف سرعة التوصيل للألياف المكونة للعصب ، فالعصب إذا غير متجانس .

## 5- التواصل بين عصبتين :

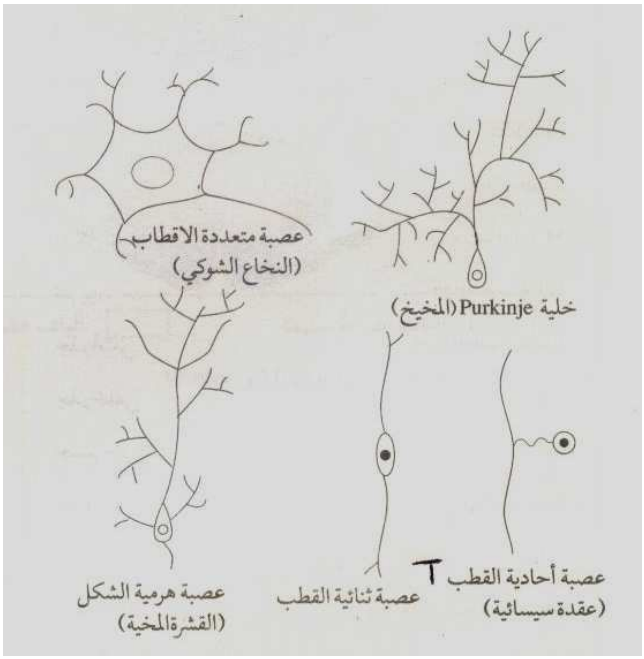
### أ – أعمال Magendie و waller :

| نتائج تجارب Waller | نتائج تجارب Magendie | تجارب القطع |
|---|---|---|
| انحلال الجزء المحيطي للعصب انطلاقا من نقطة القطع | فقدان المنطقة المعصوبة لكل حساسية وكل تحركية | |
| انحلال الألياف العصبية على جهتي العقدة السيسائية | فقدان الحساسية مع الإحتفاظ بالتحركية | |
| انحلال الألياف العصبية للجذر الأمامي في اتجاه محيطي | فقدان كل تحركية مع الإحتفاظ بالحساسية | |




من خلال نتائج تجارب Magendie نستنتج أن الجذر الخلفي يضم الألياف الموصلة للسيالات الحسية ، في حين الجذر الأمامي يضم الألياف الموصلة للسيالات المحركة .

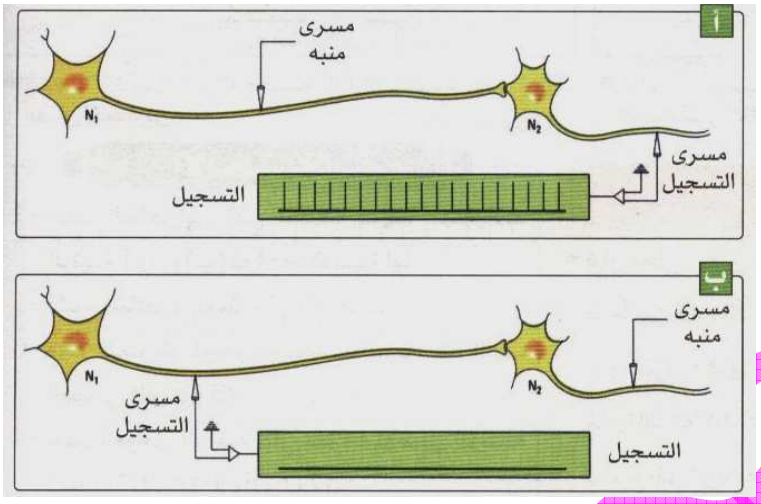
بين Waller أن الأجزاء الخلوية تنحل عندما تفقد اتصالها بالنواة ، و بالتالي فمن خلال نتائج Waller يتبين أن الجسم الخلوي للألياف الحسية يوجد في مستوى العقدة الشوكية ، إنها عصب على شكل حرف T . أما الألياف الحركية فجسمها الخلوي يوجد في المادة الرمادية للنخاع الشوكي ، و هي عصب متعددة الأقطاب .




مختلف أنواع عصبات الجهاز العصبي

## ب- كيف تنتقل السيالات من الألياف الحسية إلى الألياف الحركية ؟

+ تجارب و نتائج :




التنبيه على العصبة $N_1$ أدى إلى تسجيل جهود عمل على العصبة $N_2$ ، أما التنبيه على العصبة $N_2$ فلم يعط أي جهود عمل على العصبة $N_1$ .

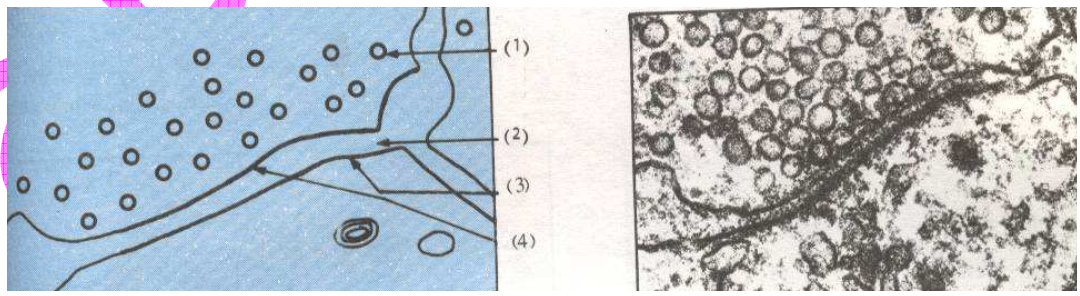
+ استنتاج :

في منطقة التواصل بين عصبتين تنتقل جهود العمل في اتجاه واحد .

+ لماذا هذا الاتجاه الأحادي ؟ :

ملاحظة مكان اتصال بين التشجر النهائي و الجسم الخلوي يظهر أنهما غير ملتحمين و إنما يفصل بينهما حيز ضيق ، تسمى منطقة الاتصال هذه بالسنابس

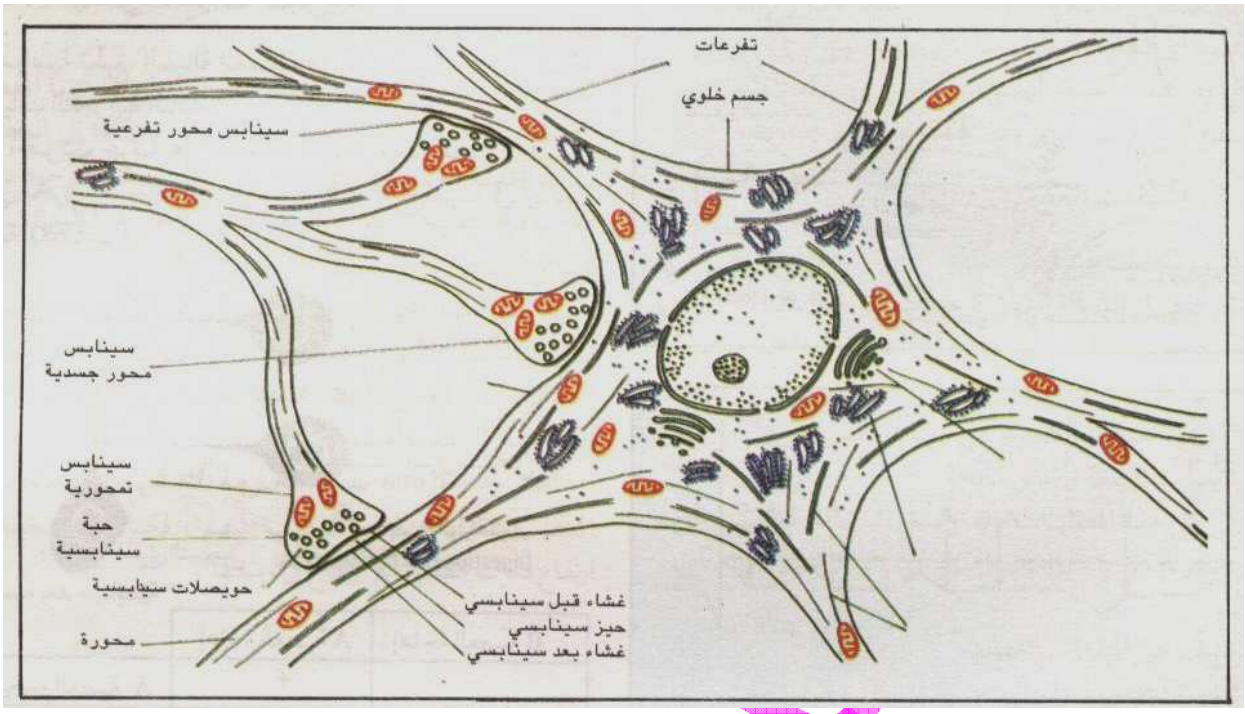
عند ملاحظة السينابس بالمجهر الإلكتروني نلاحظ ما يلي :



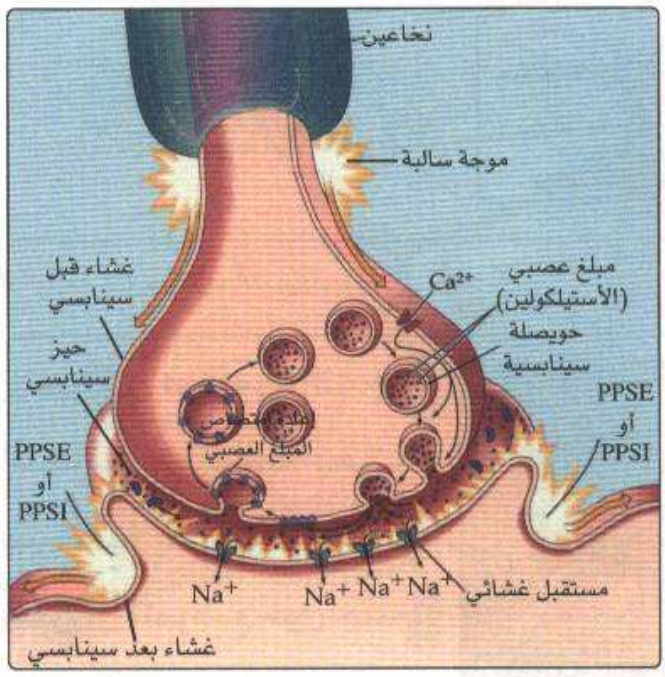

1- حويصلة سينابسية 2- حيز سينابسي 3- غشاء بعد سينابسي

4- غشاء قبل سينابسي

محمد الزهراوي




عندما يصل جهد العمل إلى الحبة السينابسية مزيلا استقطاب الغشاء السيتوبلازمي القبل سينابسي تفتح قنوات $Ca^{++}$ فيتدفق $Ca^{++}$ إلى سيتوبلازم الخلية القبل سينابسية مما يؤدي إلى اندماج الحويصلات السينابسية في الغشاء القبل سينابسي و بطريقة الإخراج تلقي بمواد كيميائية تسمى وسيط كيميائي أو مبلغ كيميائي كالأستيلكولين في الحيز السينابسي ، يتثبت هذا الوسيط على مستقبلاته الموجودة على الغشاء البعد سينابسي فيتسبب في انفتاح قنوات $N_a^+$ ، و تسمى قنوات مرتبطة بمادة كميائية ، فيظهر جهد العمل البعد سينابسي PPS الذي ينتشر في الخلية البعد سينابسية .



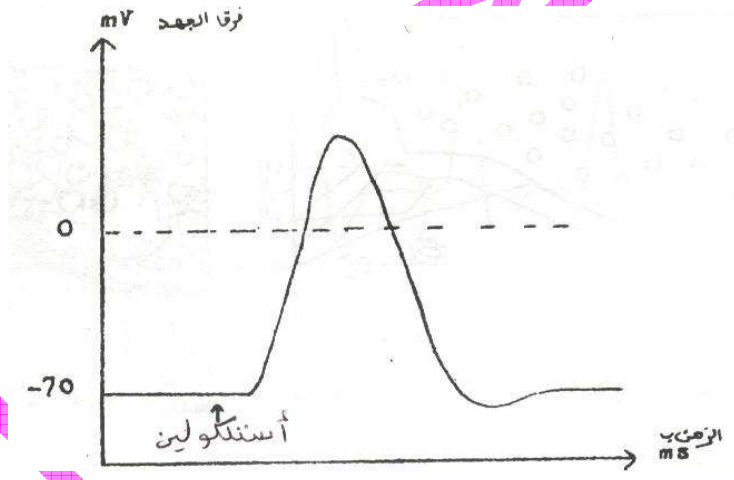
بمجرد أن ينهي المبلغ الكيميائي وظيفته ، يفرز الغشاء البعد سنابسي أنزيمات تقوم بتفكيك المبلغ الكيميائي ، نواتج التفكيك يعاد امتصاصها من الخلية القبل سينابسية ليعاد تركيبها و استعمالها ، انزيم تفكيك الأستيلكولين يسمى أستيلكولينستراز .

لا توجد الحويصلات السينابسية إلا في الخلية القبل سينابسية و لا توجد المستقبلات إلا على الخلية البعد سينابسية ، لذلك فالسنابسات أحادية الاتجاه .

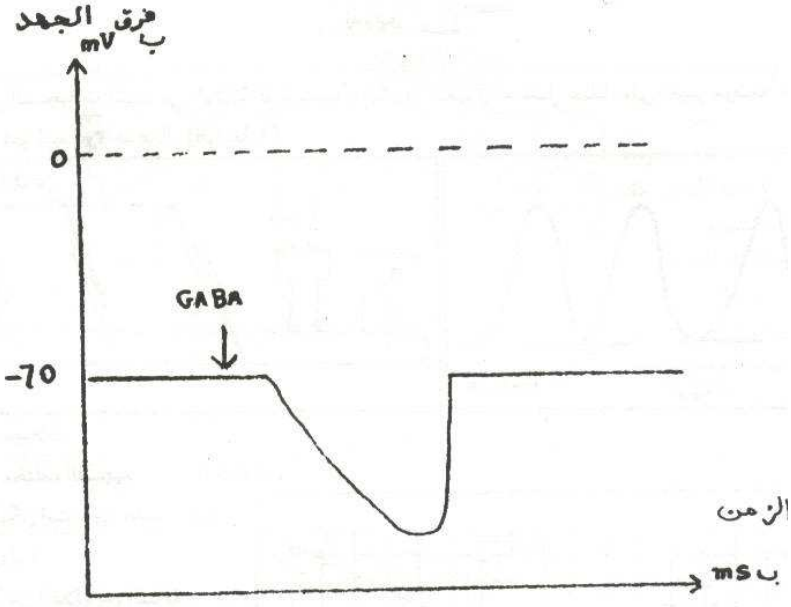
ت- أنواع السنابسات :

نحقن في الحيز السنابسي لسينابس مادة الأستيلكولين أو مادة GABA ، و نسجل في كل حالة نسجل النشاط الكهربائي للخلية البعد سينابسية :

يؤدي حقن الأستيلكولين إلى ظهور جهد عمل على الخلية البعد سينابسية و بالتالي تنبيه الخلية البعد سينابسية ، يسمى هذا النوع من السنابسات الذي يستعمل كوسيط كيميائي الأستلكولين بالسنابسات المهيجة.




أما GABA فأدى إلى إفراط استقطاب الخلية البعد سينابسية ، تسمى السنابسات التي تؤدي إلى هذه النتيجة بالسنابسات الكابحة . يؤدي GABA إلى انفتاح قنوات $CL^-$ للغشاء البعد سينابسي فينخفض فرق الجهد و تضعف الاهتياجية .




ملحوظة : يمكن لنفس العصبة البعد سينابسية أن تتلقى سينابسات مهيجة و أخرى كابحة فيظهر على مستواها تسجيل لحاصل التنبيهات المتلقاة على شكل جهد عمل أو إفراط الاستقطاب.

منتديات علوم الحياة و الأرض بأصيلة

www.svt-assilah.com

محمد القمالح