

التواصل العصبي

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 ، تنبيهها 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 يتلقى 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 :

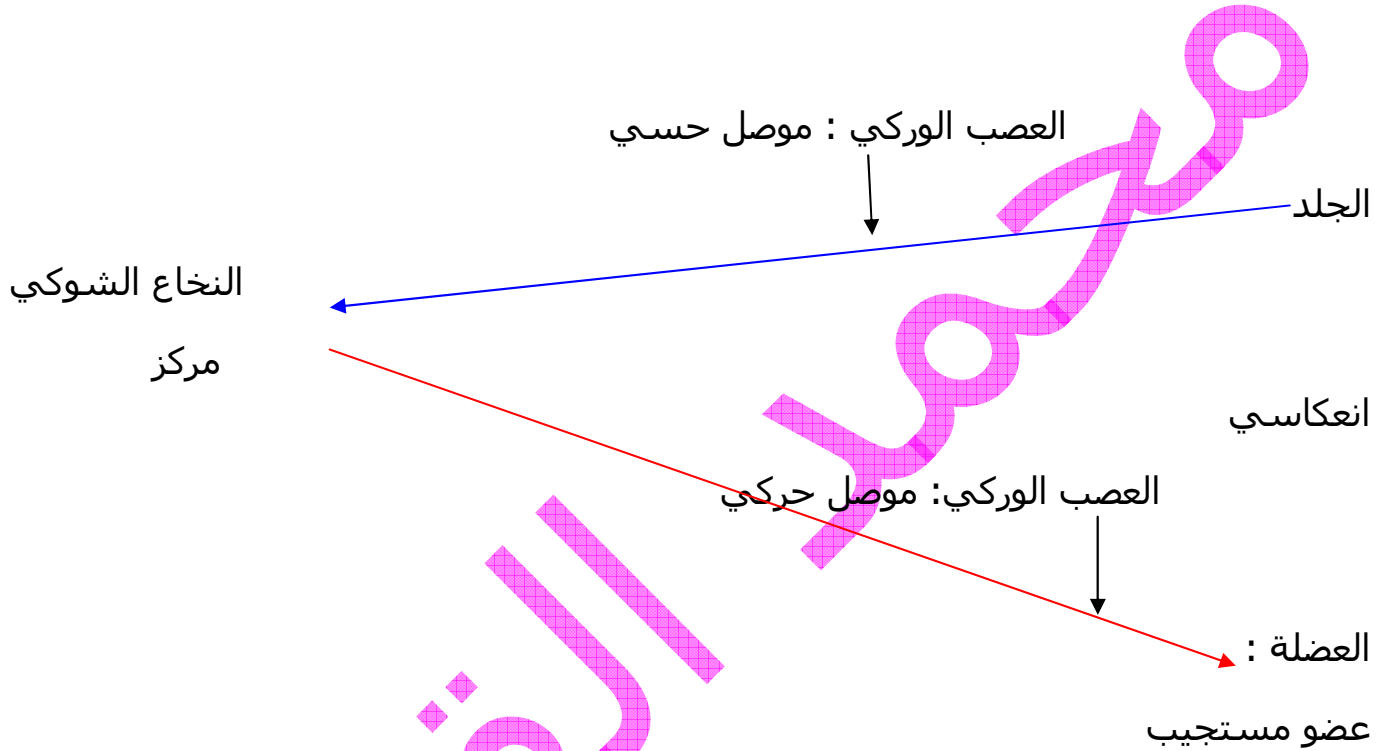
العصب الوركي موصل حركي كذلك ، فهو عصب مختلط حسي و حركي ، تسمى هذه الأعصاب المتصلة بالنخاع الشوكي بالأعصاب السيسائية .

5-1- 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 .

6-1- 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 بالناطقة .

2- خاصيات العصب :

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

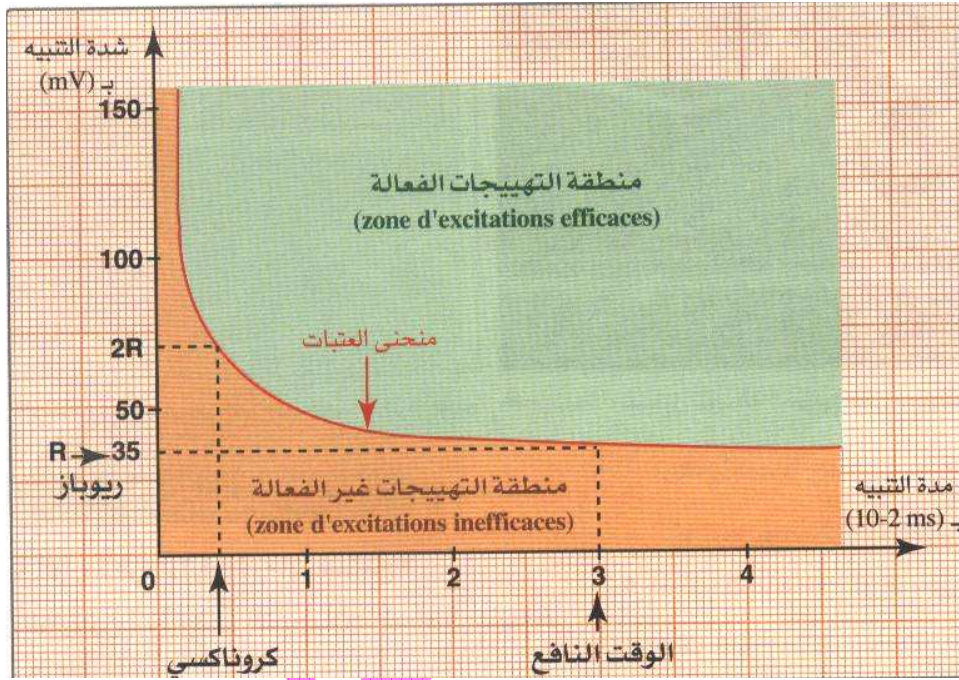
1-2- اهتجاجية العصب :

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

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

- 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 :

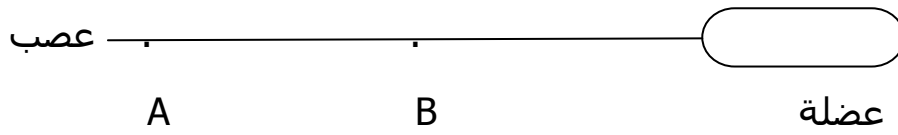
- عتبة التنبيه : هي أقل شدة قادرة على تنبيه العصب ، وتسمى في حالة الكهرباء بالريوباز.
- الوقت النافع : هو الزمن الضروري للحصول على تنبيه بشدة تساوي العتبة.
- الكروناكسي : هو الزمن الضروري للحصول على تنبيه بشدة ضعف الريوباز.

2-2- التوصيلية :

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

t_1 : الزمن الضروري لانتقال السيالة من A إلى العضلة

t_2 : الزمن الضروري لانتقال السيالة من B إلى العضلة



AB

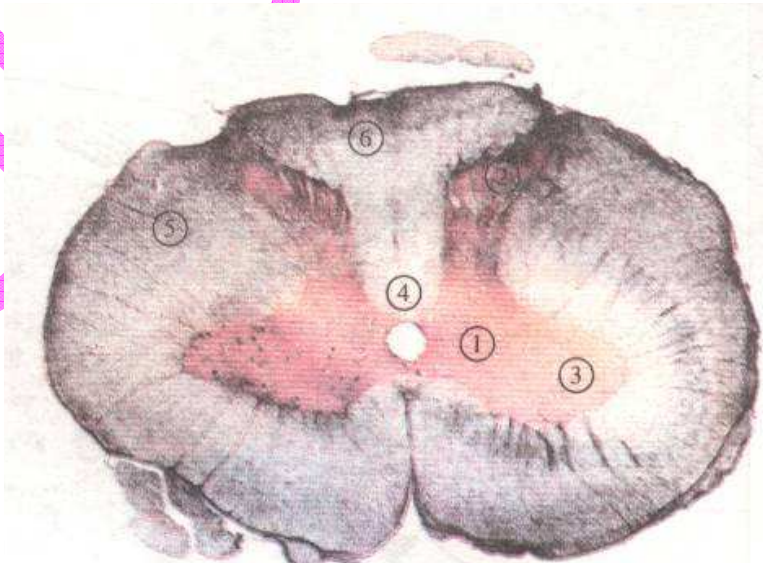
$$V = \frac{AB}{t_1 - t_2}$$

t1 - t2

3- البنية النسيجية للعصب و للنخاع الشوكي :

1-3- بنية النخاع الشوكي :

- 1- مادة رمادية
- 2- قرن خلفي
- 3- قرن أمامي
- 4- قناة ependyme
- 5- مادة بيضاء
- 6- شق خلفي



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

2-3- ملاحظة مجهرية للمادة الرمادية :

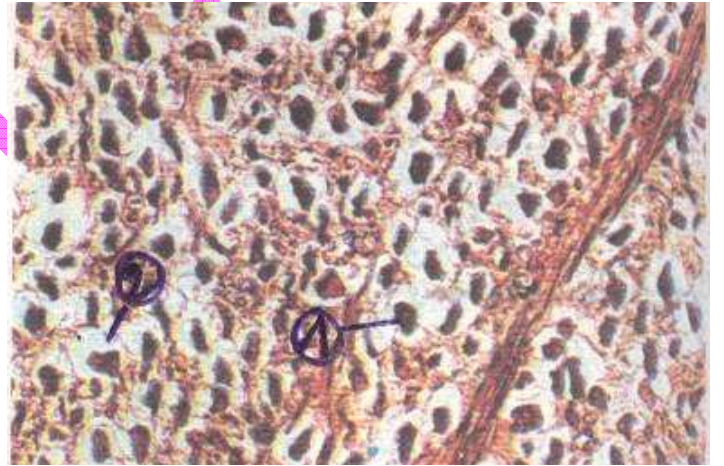
- 1- تفرع رئيسي : محورة
- 2- سيتوبلازم
- 3- نواة
- 4- جسم خلوي



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

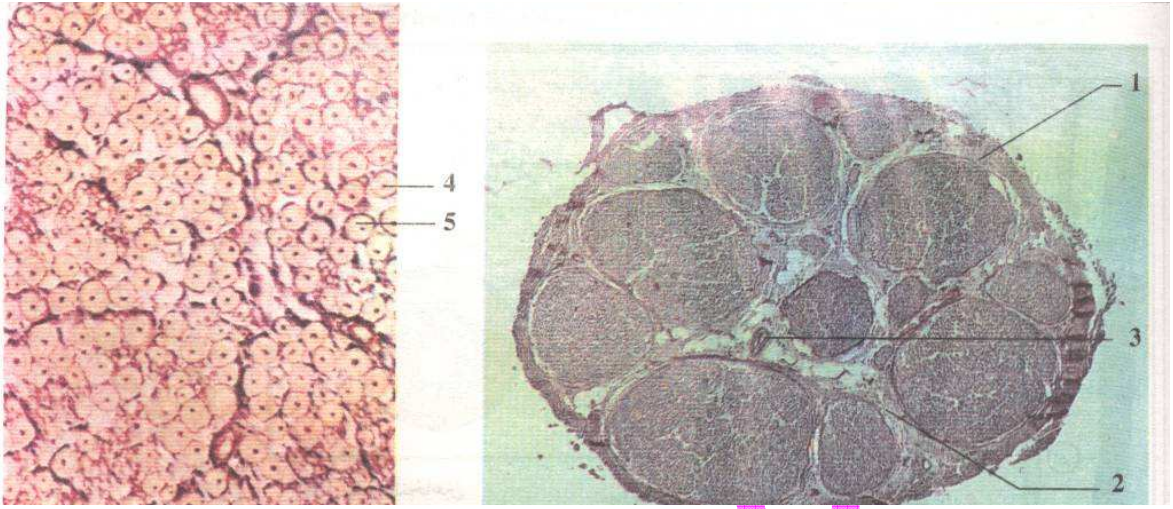
3-3- ملاحظة المادة البيضاء :

- 1- محورة
- 2- نخاعين



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

3-4- ملاحظة مقطع عرضي للعصب

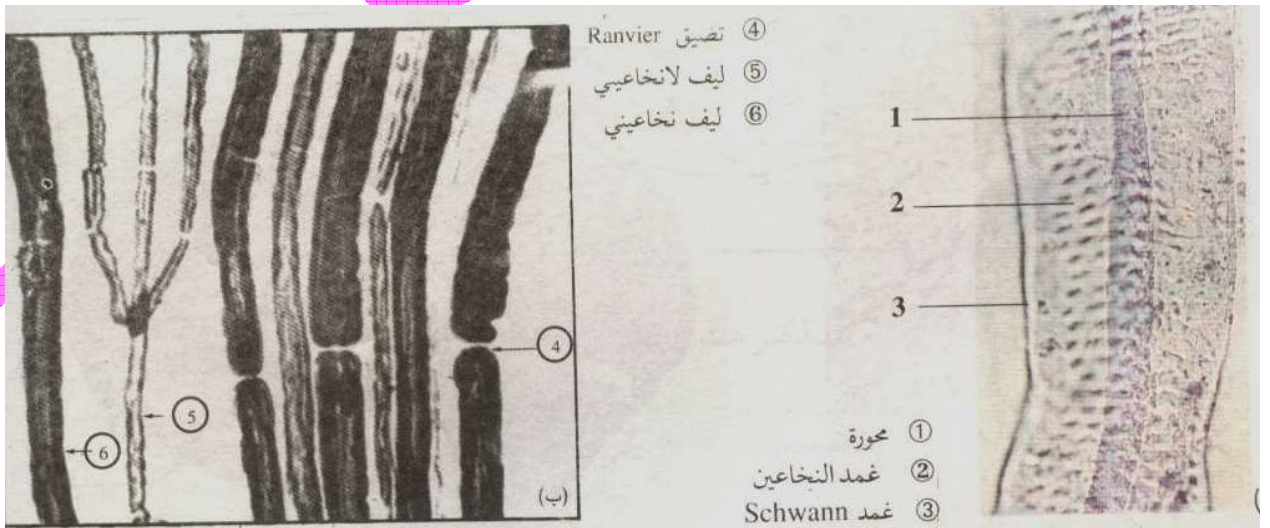


ملاحظة مجهرية لحزمة ألياف
عصبية

ملاحظة مجهرية لمقطع عرضي في عصب

- 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 :



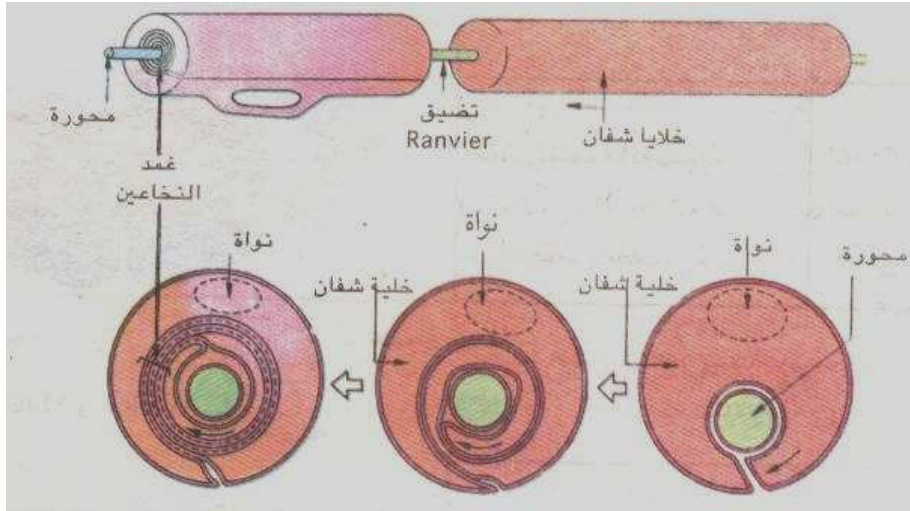
ملاحظة ألياف نفس العصب

ملاحظة ليف عصبي معزول

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 .

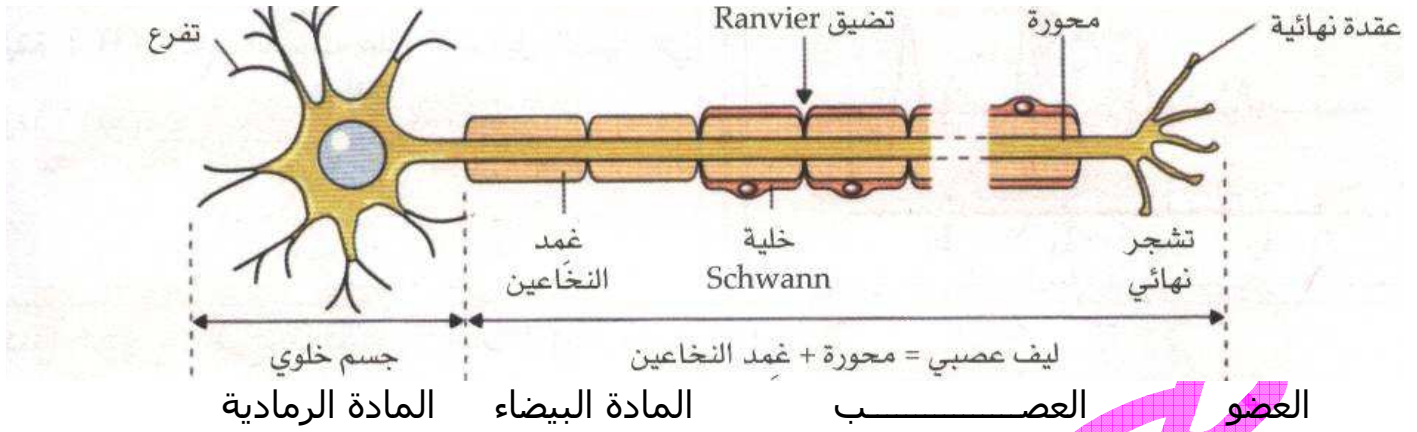
في مستوى الأعضاء المستجيبة تتفرع المحورة مكونة التشجر النهائي

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



3-6- استنتاج : مفهوم العصبه :

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 العصبه neurone .

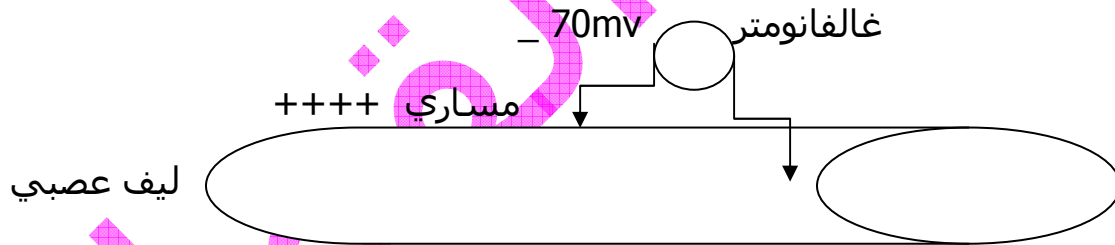


4- مميزات العصبية :

1-4- الاهتياجية :

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

أ- الكشف عن جهد الكمون عند العصبية :



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 ؟

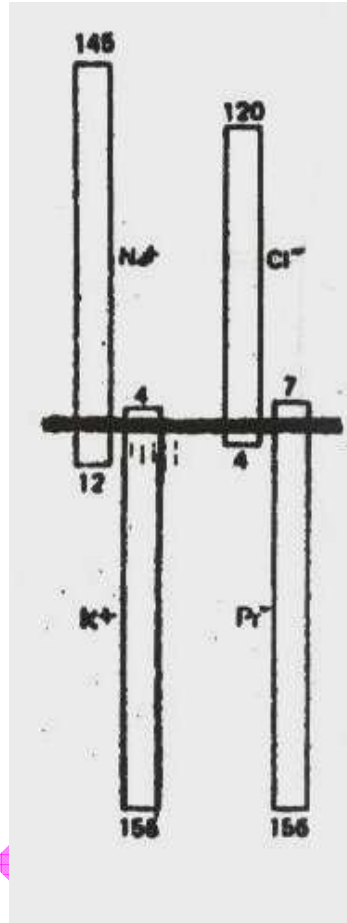
ترجع الشحنات الكهربائية إلى الأيونات ، فلنقارن التركيب الأيوني للوسطين الداخلي و الخارجي للخلية :

mM/ml

الوسط الخارجي

غشاء سيتوبلازمي

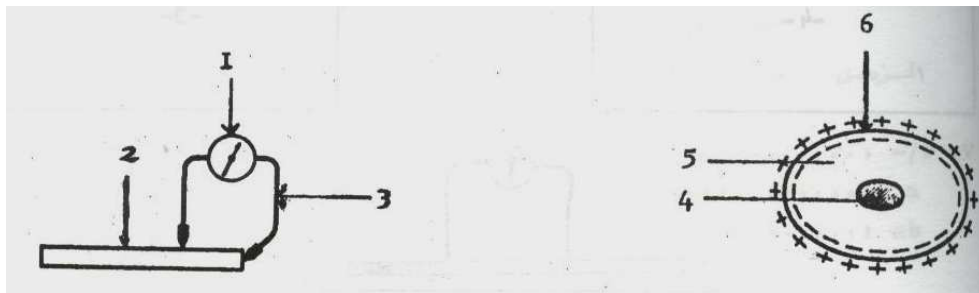
الوسط الداخلي



يتميز الغشاء بنفاذية اختيارية فهو غير نفوذ للبروتينات ، نفاذية ضعيفة لـ Na^+ و Cl^- نفوذ لـ K^+ .

غياب النفاذية للبروتينات راجعة إلى كبر حجمها ، أما النفاذية الاختيارية لـ Na^+ و K^+ فتتبع إلى قنوات أيونية في الغشاء السيتوبلازمي تتحكم في إغلاقها و فتحها الخلية .

انطلاقاً 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 .



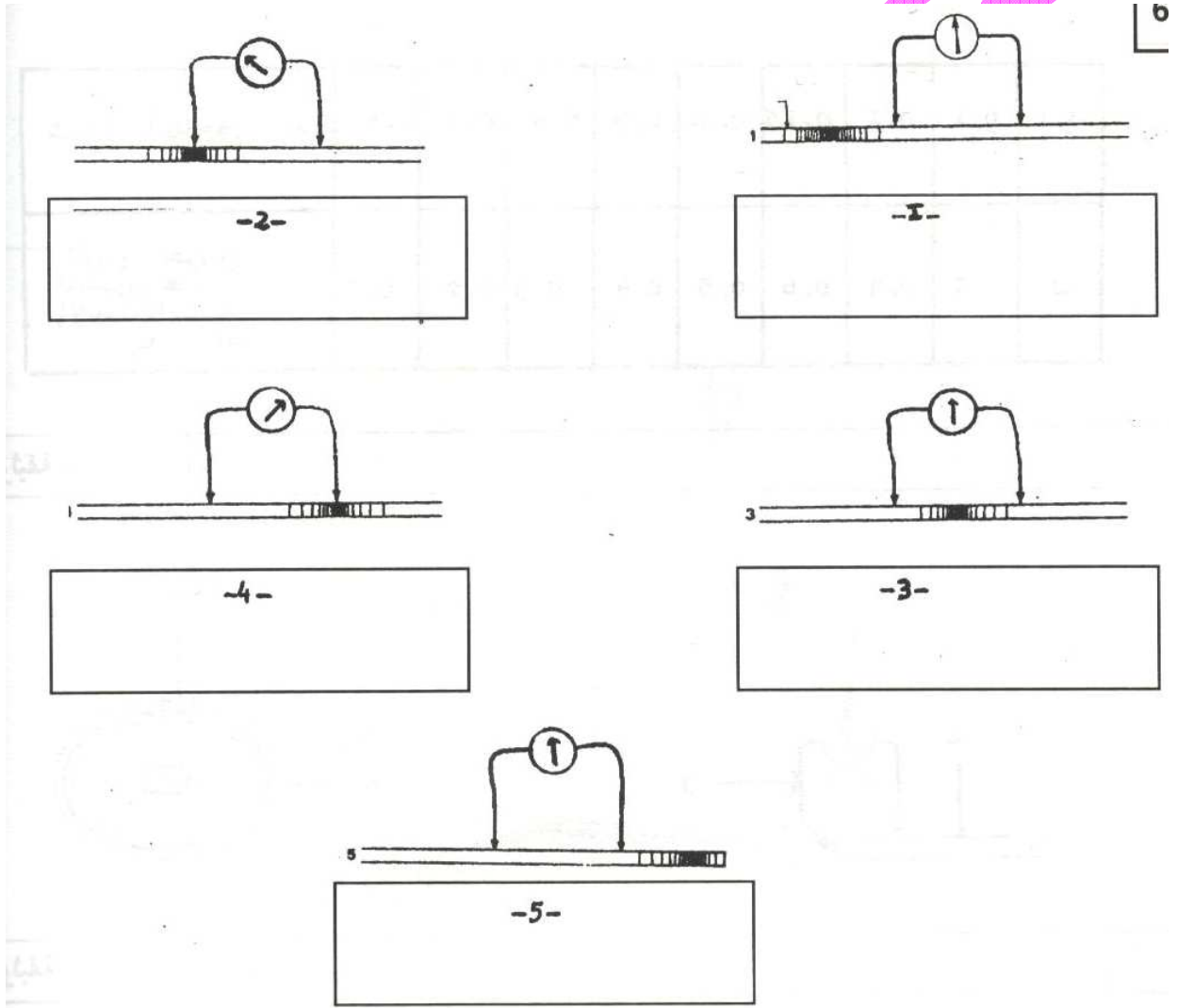
- 1- غالغانومتر 2- ليف عصبي 3- مساري الغالغانومتر
- 4- نواة 5- سيتوبلازم 6- غشاء سيتوبلازمي

ب- مفعول الإهاجة : طبيعة السيالة العصبية :

+ تجربة :

على ليف عصبي نضع مساري غلغانومتر ثم نطبق إهاجة فعالة

+ نتيجة :

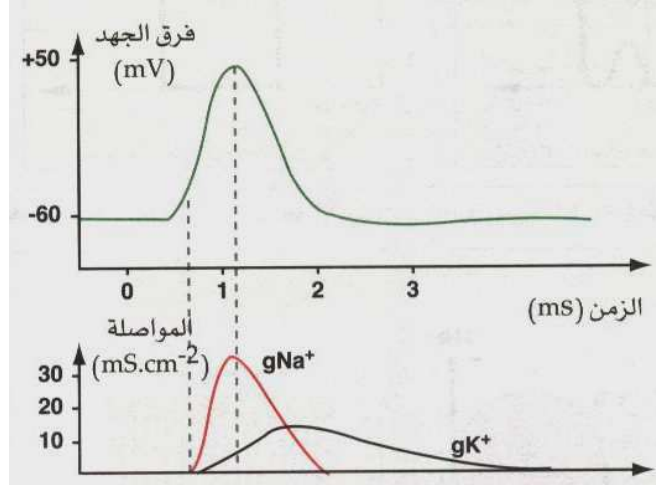


+ استنتاج :

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

+عن أي شيء ينتج جهد العمل ؟

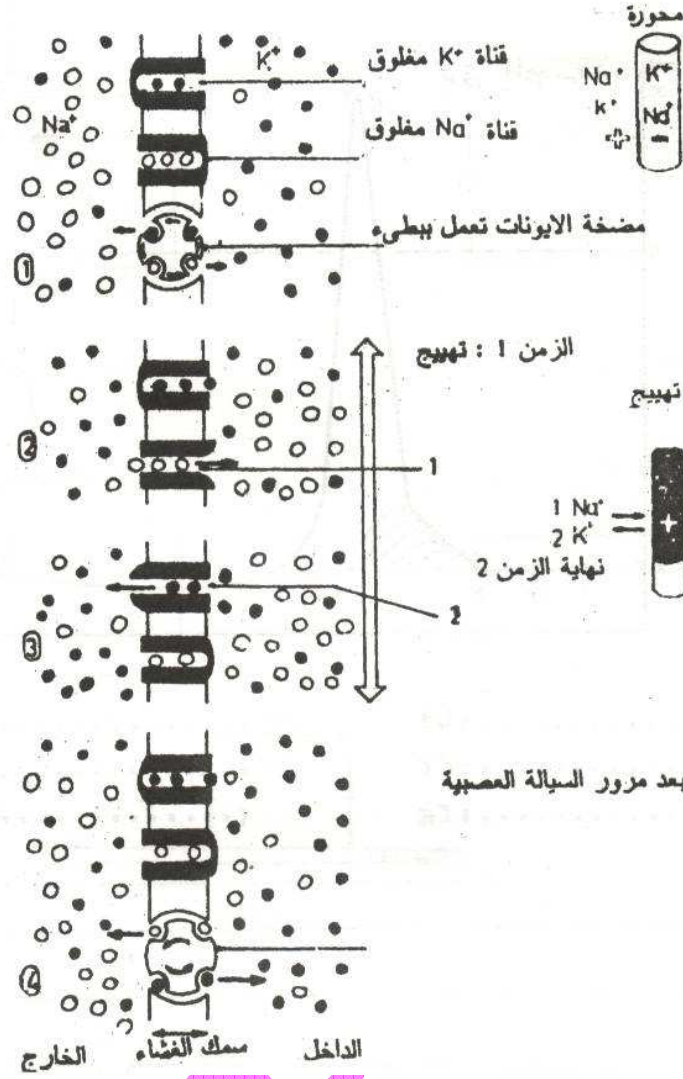
تؤدي الإهاجة مباشرة إلى ارتفاع محلي و لحظي لنفاذية الغشاء السيتولازمي لـ Na^+ نتيجة انفتاح قنوات Na^+ ، تسمى هذه القنوات التي تفتح بفعل التنبيه الكهربائي قنوات مرتبطة بالفولتية ، ثم نسجل ارتفاع النفاذية لـ K^+ نتيجة انفتاح قنوات K^+ .



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

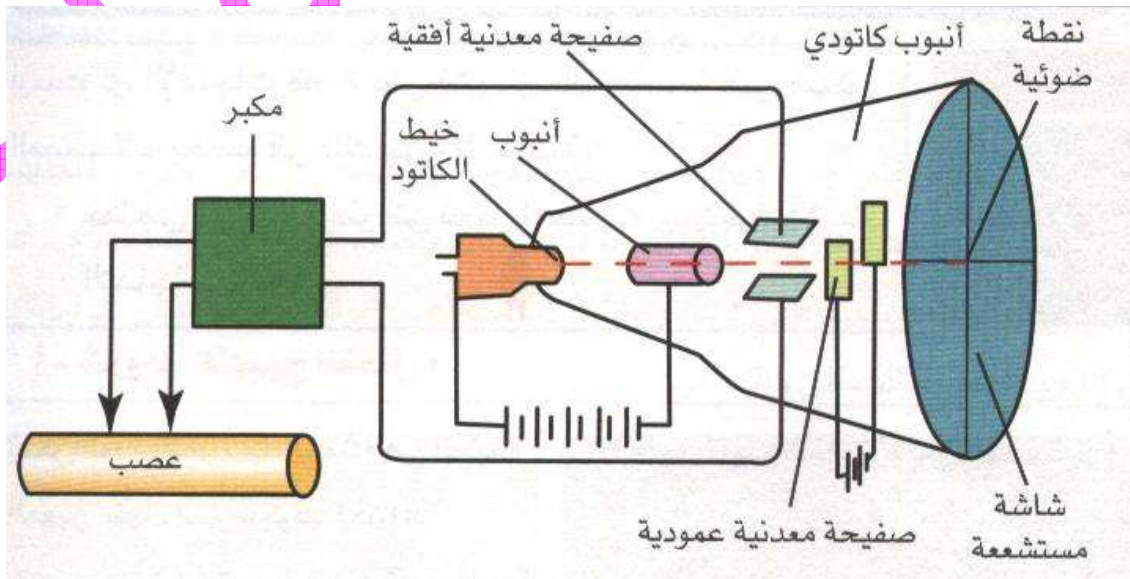
لاسترجاع استقطابها الطبيعي تفتح الخلية قنوات K^+ فتخرج الشحنات الموجبة و تقضي على الشحنة السالبة و على جهد العمل في ظرف 1 ms

للعودة إلى التوزيع الطبيعي للأيونات و استرجاع جهد الكمون الأصلي على الخلية إخراج Na^+ و إدخال K^+ ، يتم هذا العمل ضد قانون التنافذ لذا تستخدم الخلية النقل النشط المستهلك لـ ATP ، و ذلك باستعمال المضخة صوديوم بوتاسيوم أطيبار التي تقوم بإدخال 2 من K^+ و إخراج 3 من Na^+ مع استهلاك ATP .



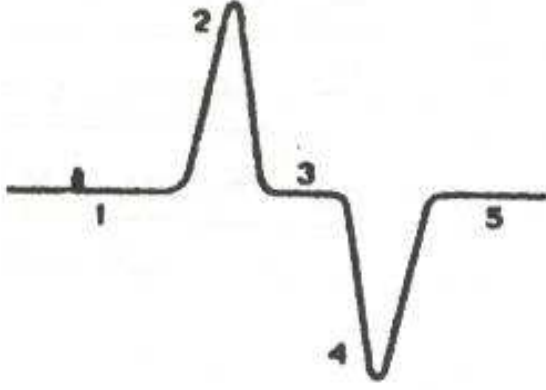
ج- تسجيل جهد العمل :

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

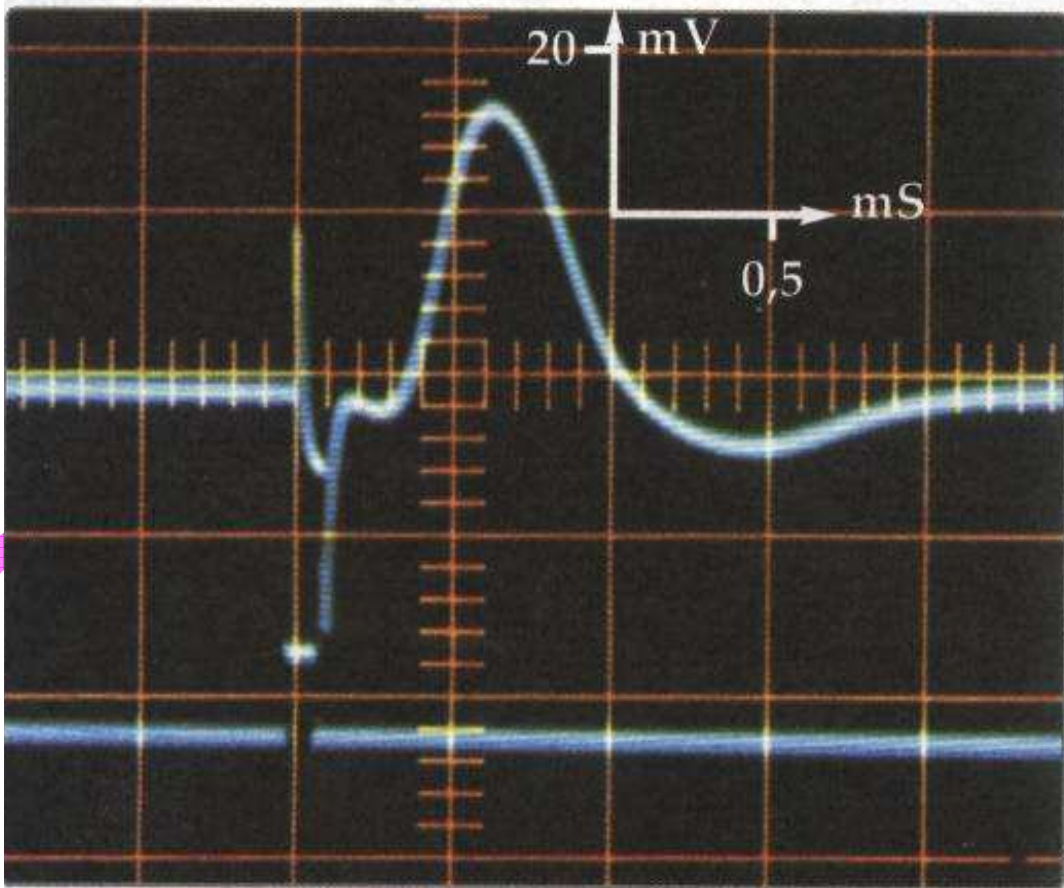
2- استقطاب مساري الاستقبال الأول

3- استقطاب مساري الاستقبال الثاني

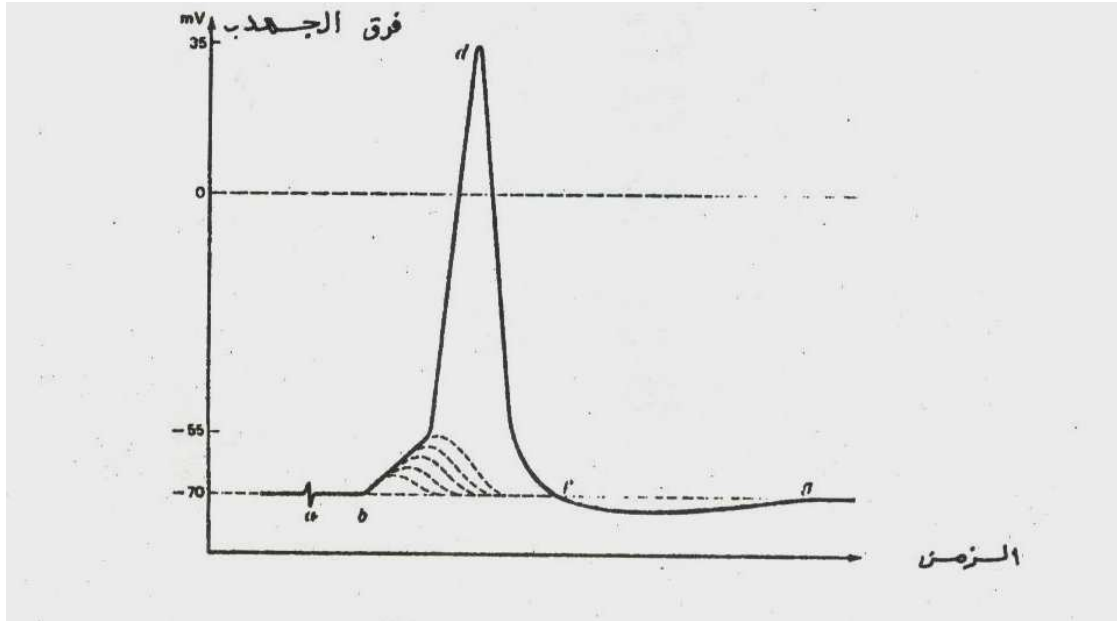
4- استعادة الاستقطاب

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:

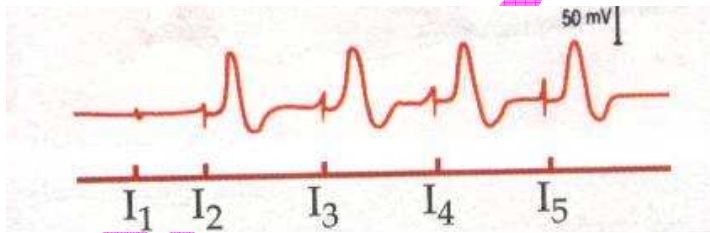


-70 mv جهد الكمون a - حادث التنبيه ab - مدة الكمون

bd - إزالة الاستقطاب df - إعادة الاستقطاب fg - إفراط الاستقطاب

د- شروط الاهتياجية :

* نطبق إهجات 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 إهجة غير فعالة لأن شدتها أقل من عتبة التنبيه الربويز.

تعطي التنبيهات من I_2 إلى I_5 جهود عمل ذات وسع ثابت ، فهي إهجات فعالة

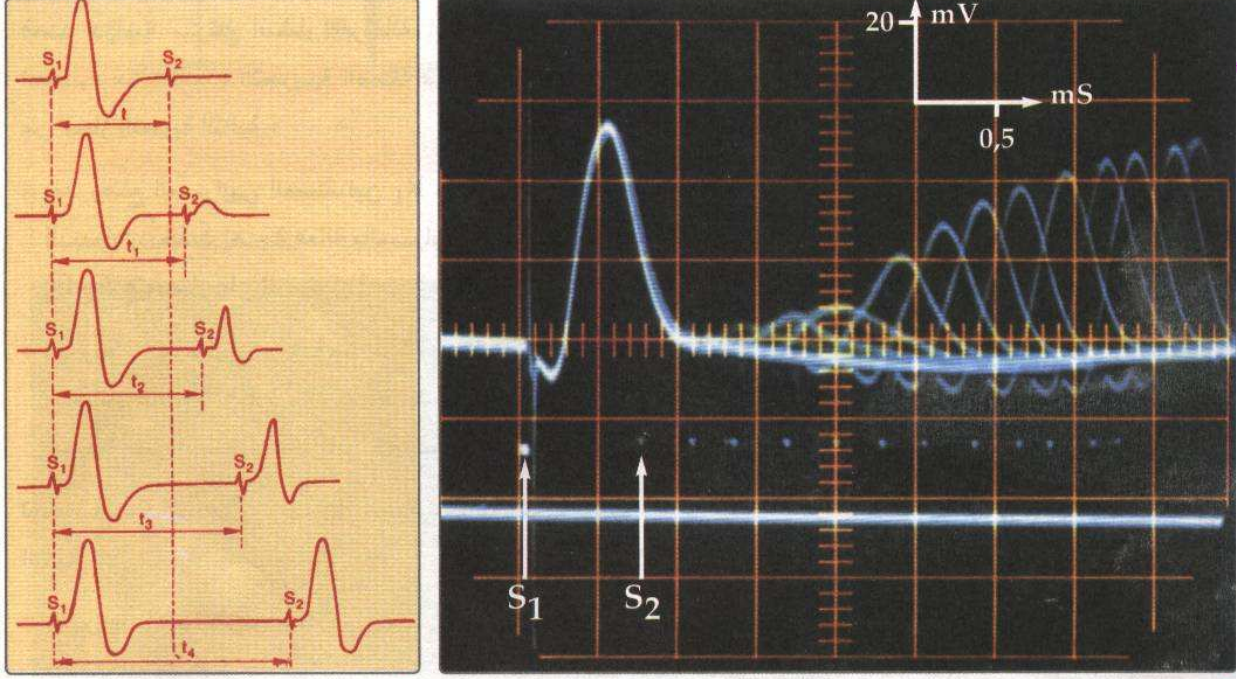
تعطي نفس جهد العمل مهما كانت شدتها ، فالليف العصبي إذن إما يهيج أو لا يهيج ، تسمى هذه الظاهرة بقانون الكل أو العدم .



بالنسبة لعصب ، I_1 إهجة 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 فعاليتين ومنتاليتين على ليف عصبي ، تفصل بين الإهاجتين مدة زمنية تصاعدية فنحصل على التسجيل التالي :



عندما تكون المدة الفاصلة بين التنبيهات 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 $t_4 = 10 \text{ ms}$ نحصل على جهد عمل مشابه للأول و بنفس الوسع .

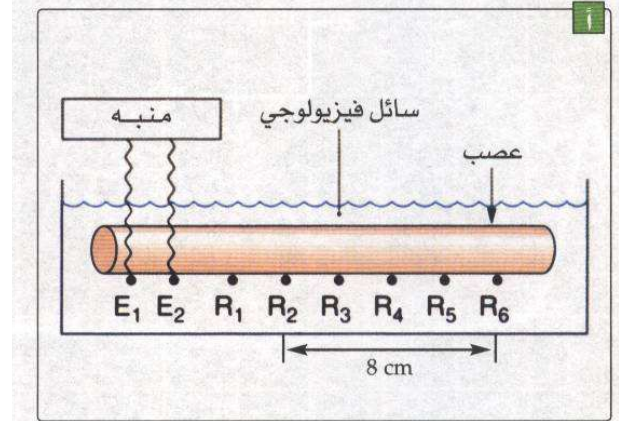
إذا فبعد كل إهاجة يصبح الليف العصبي غير مهاج لمدة قصيرة تسمى الدور المقاوم المطلق ، و يلزمه مدة زمنية لاسترجاع اهتياحيته الطبيعية تسمى بالدور المقاوم النسبي .

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

4-2- التوصيلية :

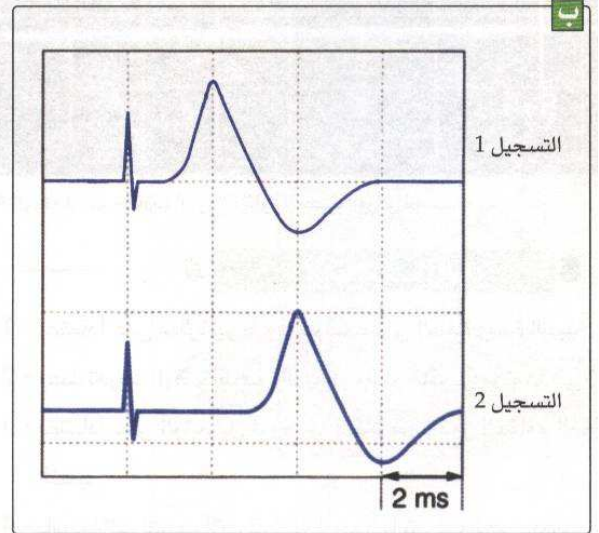
أ - قياس سرعة التوصيل :

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 $t = 2 \text{ ms}$

و بذلك تكون سرعة التوصيل $= 3 \text{ cm / ms}$



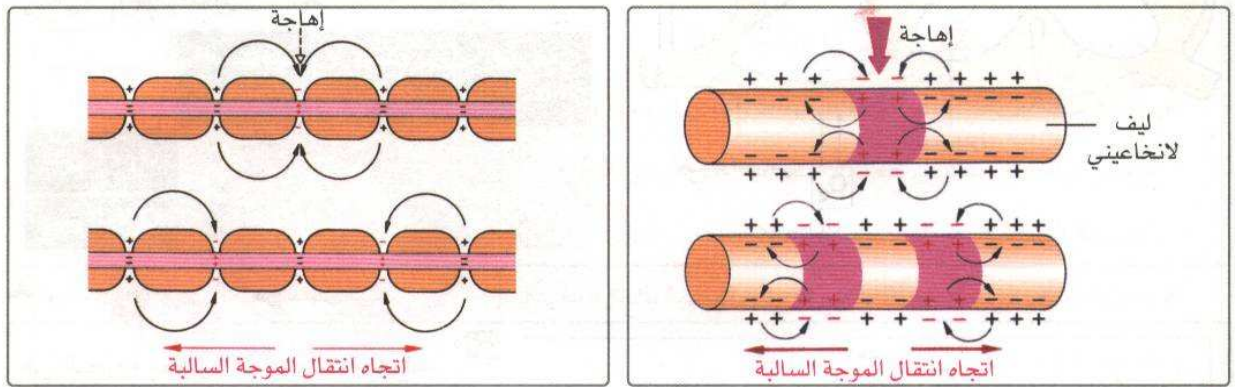
ب-تغيرات سرعة التوصيل :

نمط الألياف العصبية	القطر	السرعة بـ m.s^{-1}
ألياف نخاعية	10 μm	60
لثدييات	20 μm	120
ألياف نخاعية	10 μm	17
لعصب وركي	20 μm	30
عند ضفدعة	1 mm	33
يف عملاق لا نخاعيني		
عند الخدق		

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 النخاعية أسرع من الألياف اللانخاعية .

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 متواسلا .

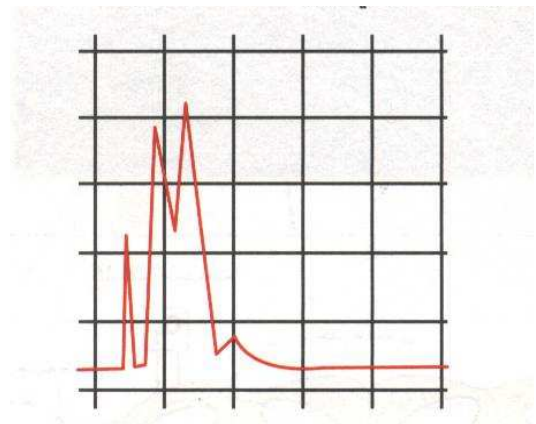
أما في الألياف النخاعينية فإن الغشاء السيتوبلازمي لا يستقطب إلا في مستوى تضيق رانفيي ، لذا على الموجة السالبة أن تقفز من تضيق إلى آخر ، يسمى هذا بالتوصيل القفزي و يكون أسرع .



ت-ملحوظة :

- يؤدي التنبيه التجريبي للعصب أو للليف 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 تهيج 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 .



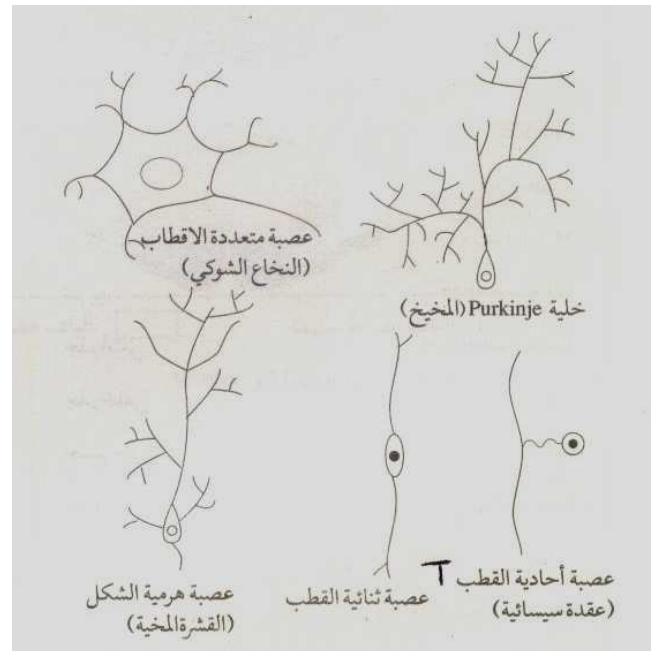
5- التواصل بين عصبتين :

أ - أعمال Magendie و waller :

نتائج تجارب Waller	نتائج تجارب Magendie	تجارب القطع
انحلال الجزء المحيطي للعصب انطلاقاً من نقطة القطع	فقدان المنطقة المعصوبة لكل حساسية وكل تحركية	مادة بيضاء مادة رمادية جذر خلفي عقدة سيسائية عصب سيسائي جذر أمامي
انحلال الألياف العصبية على جهتي العقدة سيسائية	فقدان الحساسية مع الإحتفاظ بالتحركية	قطع ألياف عصبية منحلّة ألياف عصبية سليمة
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 للسياالات الحسية ، في حين الجذر الأمامي يضم الألياف الموصلة للسياالات المحركة .

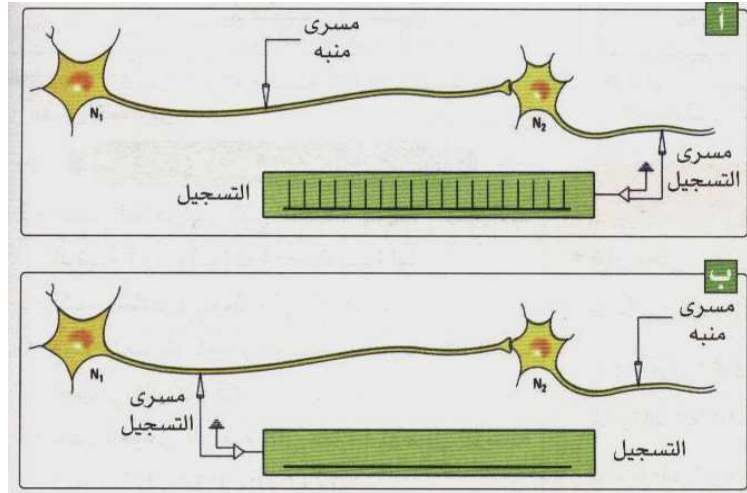
بين Waller أن الأجزاء الخلوية تنحل عندما تفقد اتصالها بالنواة ، و بالتالي فمن خلال نتائج Waller يتبين أن الجسم الخلوي للألياف الحسية يوجد في مستوى العقدة الشوكية ، إنها عصب على شكل حرف T . أما الألياف الحركية فجسمها الخلوي يوجد في المادة الرمادية للنخاع الشوكي ، و هي عصب متعددة الأقطاب .



مختلف أنواع عصبات الجهاز العصبي

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

+ تجارب و نتائج :



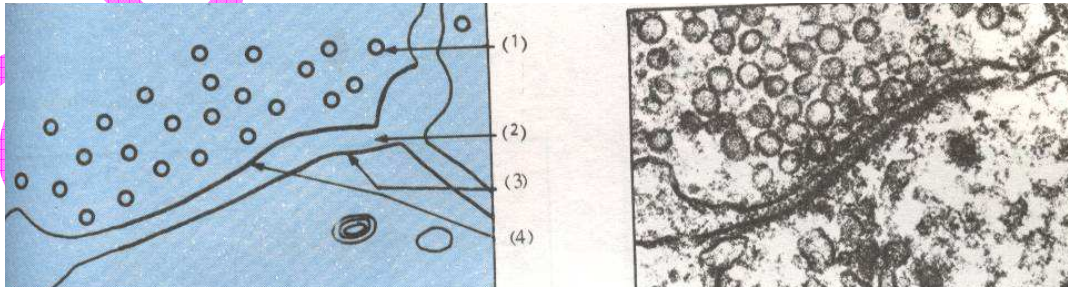
التنبيه على العصبه N₁ أدى إلى تسجيل جهود عمل على العصبه N₂ ، أما التنبيه على العصبه N₂ فلم يعط أي جهود عمل على العصبه N₁ .

+ استنتاج :

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

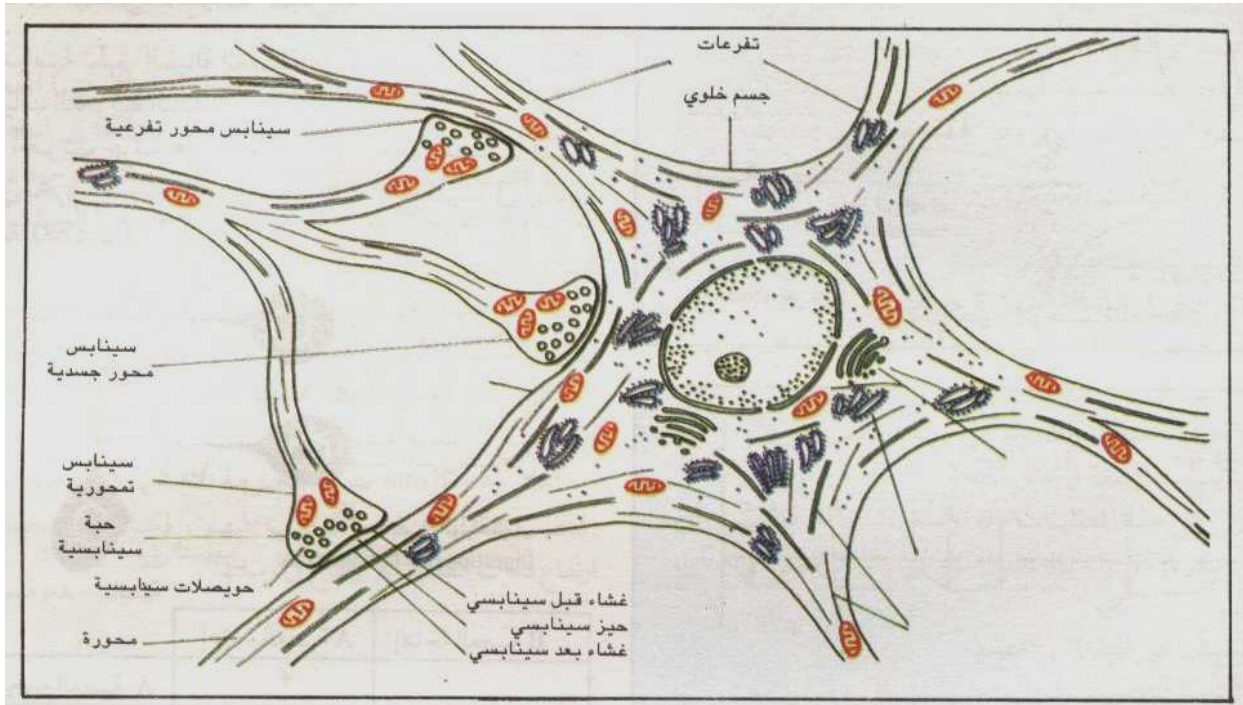
+ لماذا هذا الاتجاه الأحادي ؟ :

ملاحظة مكان اتصال بين التشجر النهائي و الجسم الخلوي يظهر أنهما غير ملتحمين و إنما يفصل بينهما حيز ضيق ، تسمى منطقة الاتصال هذه بالسينابس عند ملاحظة السينابس بالمجهر الإلكتروني نلاحظ ما يلي :

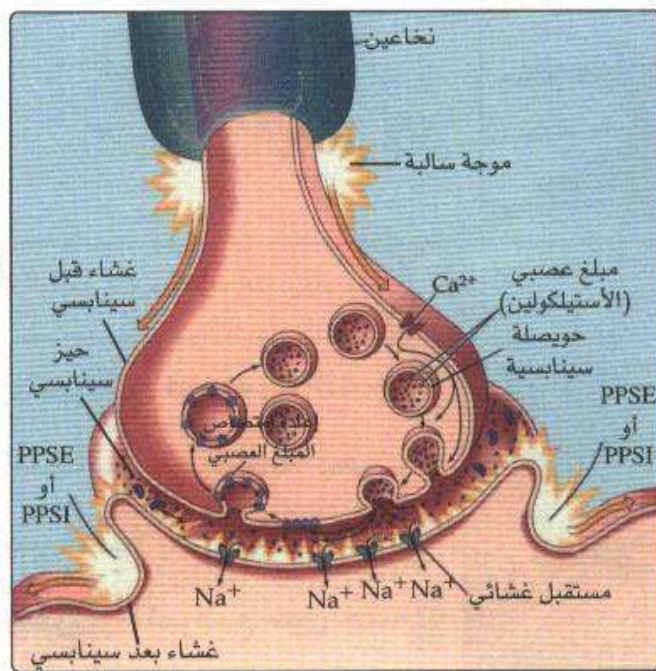


1- حويصلة سينابسية 2- حيز سينابسي 3- غشاء بعد سينابسي

4- غشاء قبل سينابسي



عندما يصل جهد العمل إلى الحبة السنيابسية مزيلا استقطاب الغشاء السيتوبلازمي قبل سنيابسي تفتح قنوات Ca^{++} فيتدفق Ca^{++} إلى سيتوبلازم الخلية قبل سنيابسية مما يؤدي إلى اندماج الحويصلات السنيابسية في الغشاء قبل سنيابسي و بطريقة الإخراج تلقي بمواد كيميائية تسمى وسيط كيميائي أو مبلغ كيميائي كالأسيتيلكولين في الحيز السنيابسي ، يتنبث هذا الوسيط على مستقبلاته الموجودة على الغشاء البعد سنيابسي فيتسبب في انفتاح قنوات Na^{+} ، و تسمى قنوات مرتبطة بمادة كيميائية ، فيظهر جهد العمل البعد سنيابسي PPS الذي ينتشر في الخلية البعد سنيابسية .



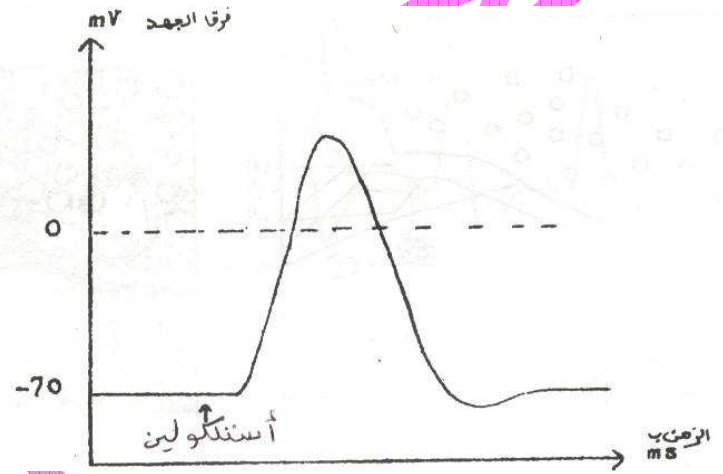
بمجرد أن ينهي المبلغ الكيميائي وظيفته ، يفرز الغشاء البعد سنابسي أنزيمات تقوم بتفكيك المبلغ الكيميائي ، نواتج التفكيك يعاد امتصاصها من الخلية قبل سينابسية ليعاد تركيبها و استعمالها ، انزيم تفكيك الأسيتيلكولين يسمى أستيلكولينستراز .

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

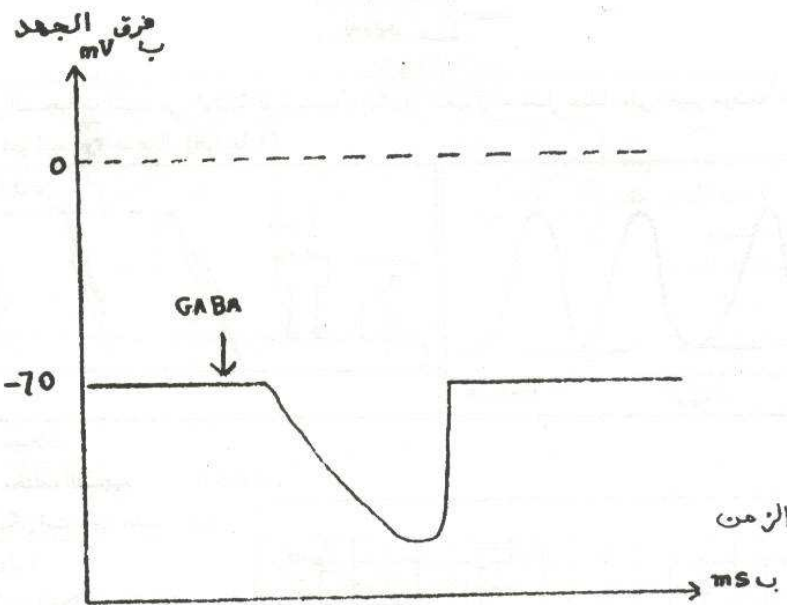
ت- أنواع السنابسات :

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

يؤدي حقن الأسيتيلكولين إلى ظهور جهد عمل على الخلية البعد سينابسية و بالتالي تنبيه الخلية البعد سينابسية ، يسمى هذا النوع من السنابسات الذي يستعمل كوسيط كيميائي الأسيتيلكولين 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 العصبه البعد سينابسية أن تتلقى سنابسات مهيجة و أخرى كابحة فيظهر على مستواها تسجيل لحاصل التنبهات المتلقاة على شكل جهد عمل أو إفراط الاستقطاب.

منتديات علوم الحياة و الأرض بأصيلة

www.svt-assilah.com

محمّد القفّاح