

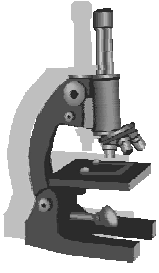


الأستاذ : فراح عيسى

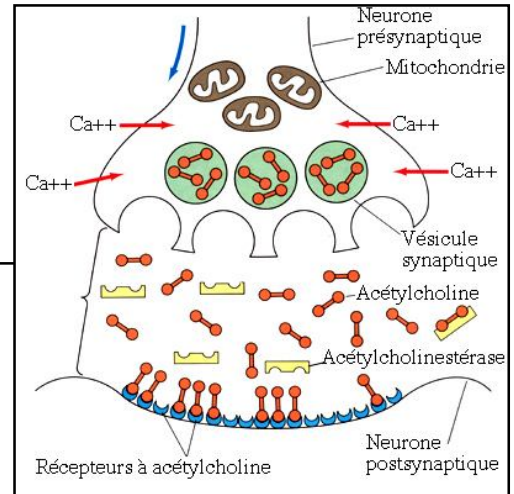
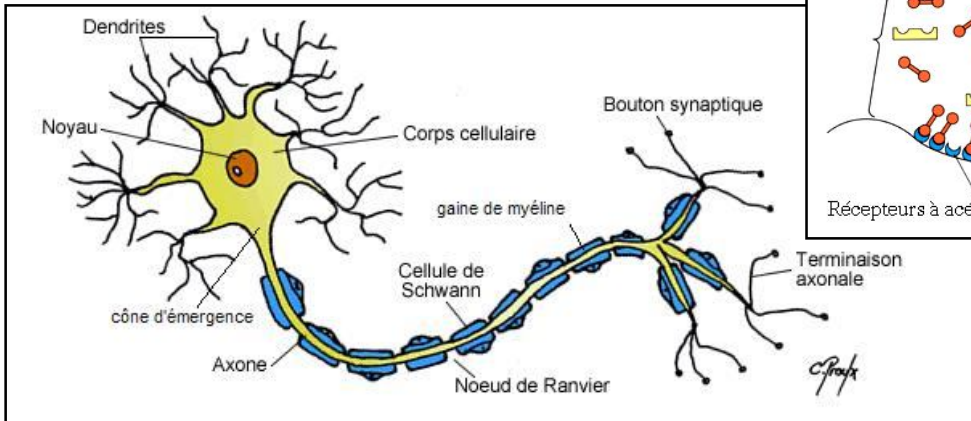
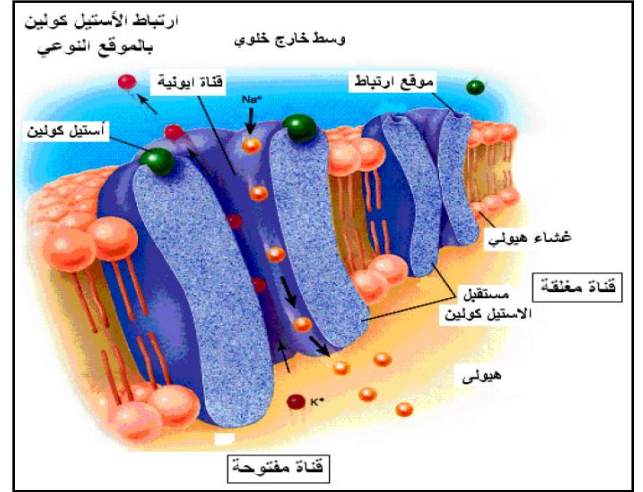
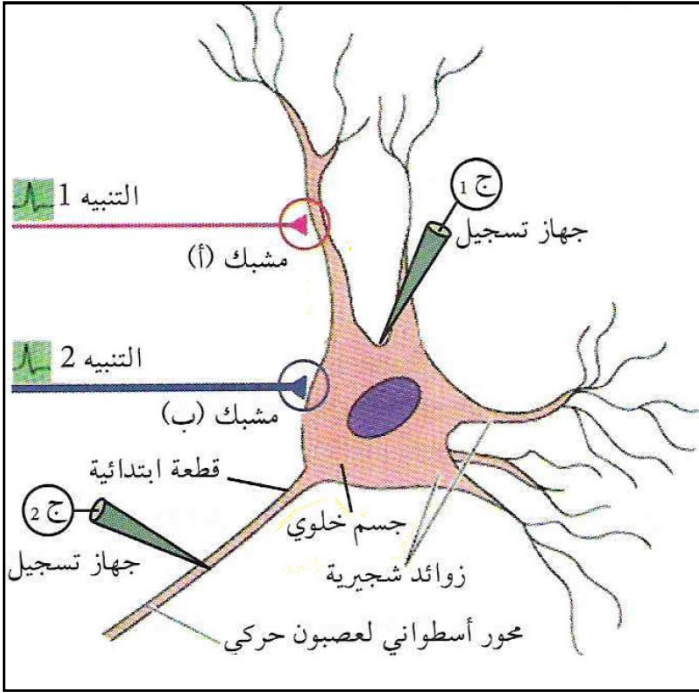
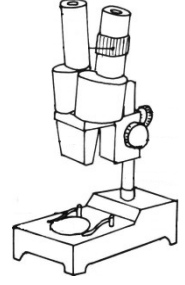
ثانوية هواري بومدين

تنس

ولاية الشلف



# المجال المعرفي I التخصص الوظيفي للبروتينات



## الوحدة التعليمية 5

\* دور البروتينات في الاتصال العصبي \*

من إعداد الأستاذ: فراح عيسى

Sciences



fb: Ferah Aissa

<https://www.facebook.com/Ferah-Aissa-255117511485916/>

أخي الكريم ، أختي الكريمة

لا تنسونا من صالح دعائكم

**ارتأيت - و هذا اجتهاد مني - معالجة  
وحدة " دور البروتينات في الاتصال العصبي "  
حسب الترتيب التالي لأنشطتها**

- 1- كمون الراحة ..... ص 136 - 139 .
- 2- تقنية Patch – clamp ..... ص 130 – 131 .
- 3- كمون العمل في الغشاء قبل المشبكي ..... ص 140 – 143 .
- 4- النقل المشبكي تذكير بالمكتسبات ..... ص 128 – 129 .
- 5- آلية النقل المشبكي ..... ص 132 - 135 .
- 6- كمون العمل في الغشاء بعد المشبكي ..... ص 144 - 147 .
- 7- آلية الإدماج العصبي ..... ص 148 - 153 .
- 8- تأثير المخدرات على مستوى المشبك ..... ص 154 - 157 .

### الحصة التعليمية 1: كمون الراحة.

- 1 - الخواص الكهربائية للألياف العصبية :  
مبدأ استعمال جهاز الأوسيلوسكوب و التسجيلات الكهربائية :
- 2 - مصدر الكمون الغشائي ( كمون الراحة ):
- 3 - ثبات كمون الراحة :

### الحصة التعليمية 2: الكمون الغشائي.

- 1 - تقنية " Patch - clamp " :
- ب - تقنية تطبيق كمون مفروض على غشاء الليف العصبي :

### الحصة التعليمية 3 : كمون عمل الغشاء قبل امشبيكي .

- 1 - كمون عمل الغشاء قبل المشبكي :
- 2 - مصدر كمون العمل في الغشاء قبل المشبكي :
- 3 - انتشار كمون العمل قبل المشبكي :

### الحصة التعليمية 4: النقل المشبكي " تذكير بالمكتسبات "

- 1 - بنية المشبك :
- 2 - عواقب تنبيه ليف عصبي قبل مشبكي :
- 3 - مسار السيالة العصبية أثناء المنعكس العضلي:

### الحصة التعليمية 5 : آلية النقل المشبكي.

- مقر و آلية تأثير المبلغ الكيميائي ( الأستيل كولين ) :
- 1 - إظهار مقر تأثير الأستيل كولين :
  - 2 - آلية تأثير الأستيل كولين :
  - 3 - أ - بنية المستقبلات الغشائية للأستيل كولين :  
ب - عمل المستقبلات الغشائية للأستيل كولين :

### الحصة التعليمية 6: كمون عمل الغشاء بعد امشبيكي ..

- 1- كمون عمل غشاء الليف العصبي بعد المشبكي :
- 2 - ترجمة الرسالة العصبية قبل المشبكية في مستوى الشق المشبكي :

### الحصة التعليمية 7: آلية الإدماج العصبي.

- 1 - أنواع المشابك :
- 2 - مقارنة بين آلية عمل المشابك :
- 3 - إدماج الكمونات بعد مشبكية :

### الحصة التعليمية 8: تأثير المخدرات على مستوى المشابك .

- 1 - دور المورفين :
- 2 - مقر تأثير المورفين :



# التخصص الوظيفي للبروتينات

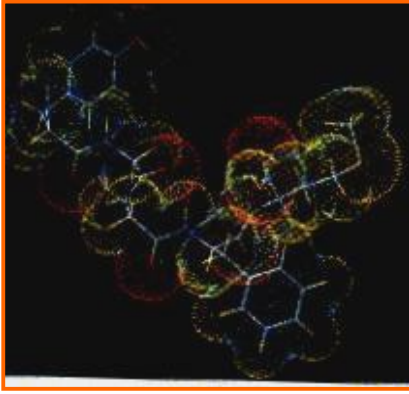
الوحدة الخامسة : دور البروتينات في الاتصال العصبي .  
الحصة التعليمية 0 : مدخل إلى الوحدة .

## أ - وضعية الانطلاق :

للبروتينات دور أساسي في حياة العضوية ، فزيادة على دورها التركيبي أو الهدمي كالإنزيمات ، تلعب البروتينات كذلك دورا في الدفاع على العضوية و حمايتها ، كما تلعب دورا مهما في النقل العصبي .

## ب - الإشكاليات :

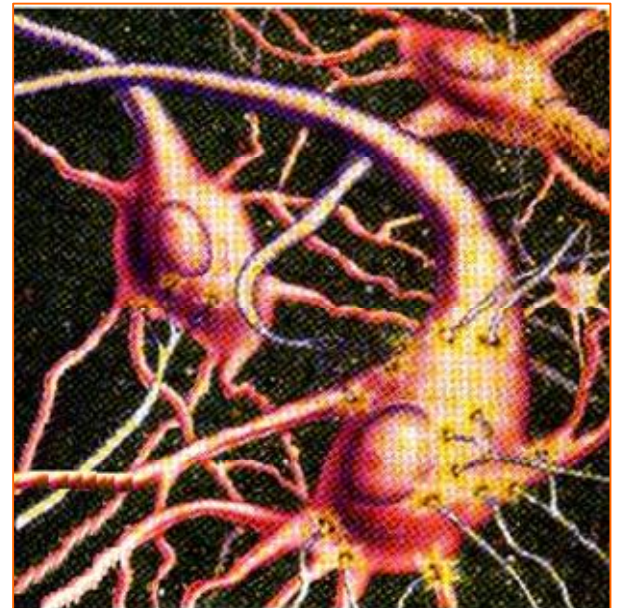
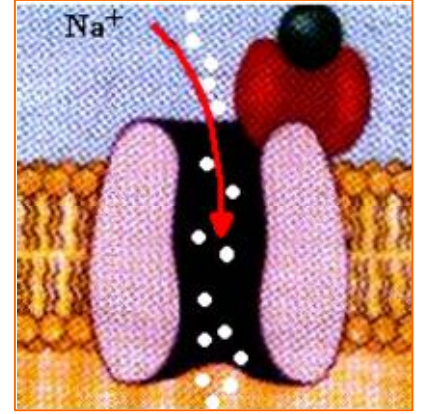
• كيف تعمل هذه البروتينات في الاتصال العصبي ؟



جزيئة مبلغ كيميائي



رسم تخطيطي لقناة بروتينية كيميائية رسم تخطيطي لقناة بروتينية  $K^+$



رسم تخطيطي لمشابك عصبية



حيوان الكالمار Calamar

## الحصة التعليمية 1 : كمون الراحة.

### أ – وضعية الانطلاق :

الألياف العصبية الحسية و الحركية هي دعامة نقل الرسائل العصبية .

### ب - الإشكاليات :

- ما هي الخاصية التي تتميز بها هذه الألياف ؟
- و ما دور البروتينات الغشائية في ذلك ؟
- ما هي الآليات الأيونية المسؤولة عن هذه الخاصية ؟

### ج – الفرضيات :

- خاصية الاستقطاب .
- تتحكم في نفاذية الشوارد .
- الميز و النقل الفعال .

### د – التقصي :

#### 1 – الخواص الكهربائية للألياف العصبية :

باستعمال جهاز راسم الذبذبات المهبطي ( الأوسيلوسكوب ) توصل العلماء إلى دراسة الخواص الكهربائية للألياف العصبية .

#### مبدأ استعمال جهاز الأوسيلوسكوب و التسجيلات الكهربائية :

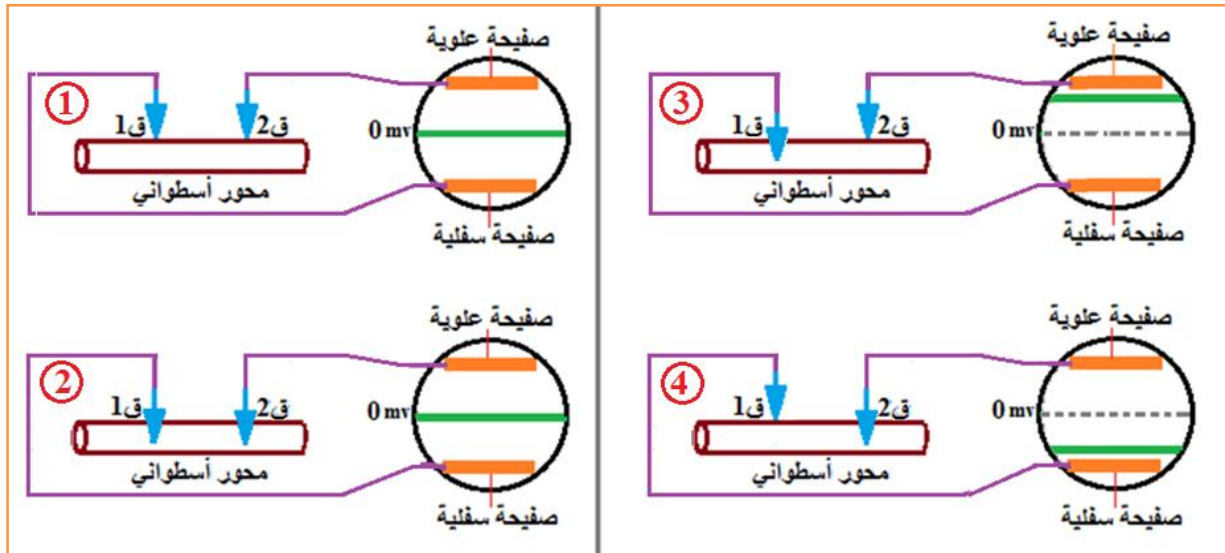
##### أ – مبدأ استعمال الجهاز :

تنبعث الإلكترونات من المنبع الإلكتروني لتمر بين صفيحتين عموديتين ثم بين صفيحتين أفقيتين لتسقط على شاشة مفلورة مشكلة نقطة ضوئية في مستوى الصفر إذا لم تنحرف الإلكترونات أثناء مسارها .  
تتصل الصفيحتان الأفقيتان بمسريي ( قطبي / إلكترودي ) استقبال ق<sub>1</sub> و ق<sub>2</sub> ، وأي تغير لشحنة المسريين يؤدي إلى تغير شحنة الصفيحة الموافقة لها ، و بالتالي تغير مسار الإلكترون لتسجل المنحنيات على الشاشة .

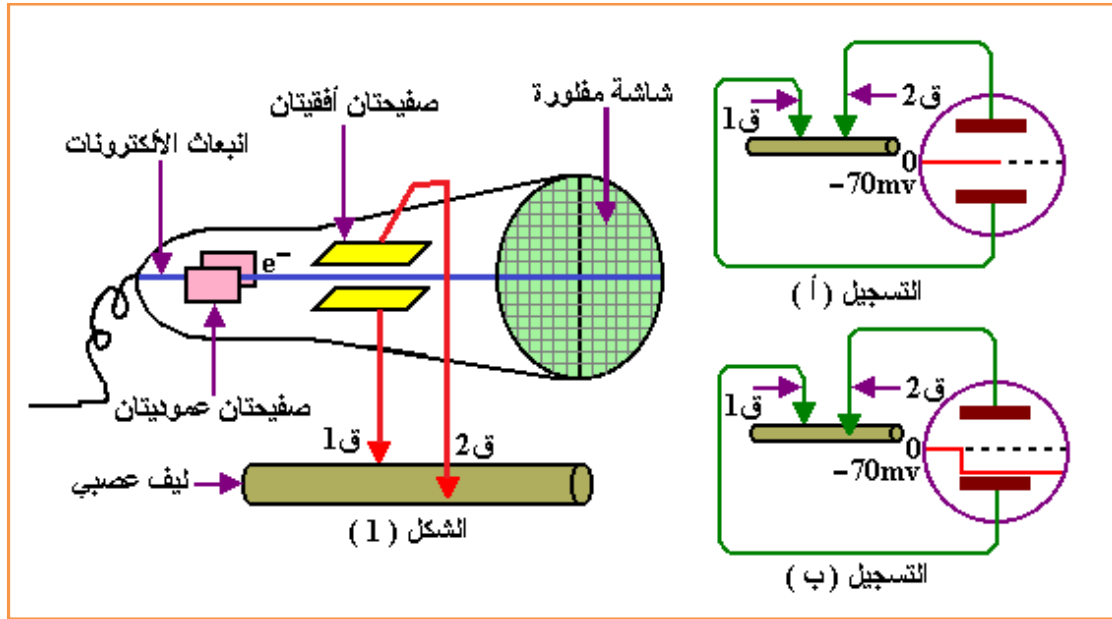
أما الصفيحتان العموديتان فتعطيان المسح الأفقي الذي يشير إلى الزمن .

##### ملاحظة :

النقطة الضوئية عبارة عن **حزمة إلكترونات (e)** تحمل **شحنات سالبة** تنحرف نحو **الصفيحة الموجبة** إذا كان للصفيحة الأخرى **شحنة سالبة** ، و عندما يكون للصفيحتين **نفس الشحنة** فإنها **تبقى في مستوى الصفر (0)**.

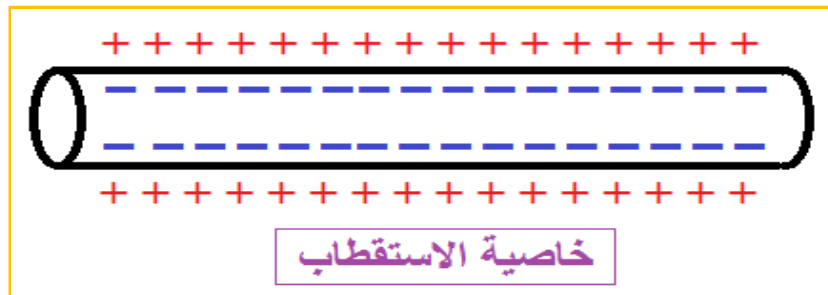


التسجيلان ( أ ) و ( ب ) من الوثيقة - 1 - تم الحصول عليهما بوضع مسريي استقبال ق<sub>1</sub> و ق<sub>2</sub> في موضعين مختلفين من ليف العصبي للكالمار .



**الوثيقة - 1 -**

- فسر سبب اختيار المحور الأسطواني للكالمار لدراسة السيالة العصبية.
- لكبر قطره الذي قد يصل إلى 2mm .
- حدد دور جهاز راسم الاهتزاز المهبطي ( الأوسيلوسكوب ) :
- يسمح بدراسة الظواهر الكهربائية المتعلقة بانتقال السيالة العصبية .
- يسمح بقياس سرعة السيالة العصبية .
- بالاعتماد على مبدأ استعمال الجهاز حدد الإشارات الكهربائية لكل من ق<sub>1</sub> و ق<sub>2</sub> في التسجيلين ( أ و ب ) من الوثيقة - 1 - .
- التسجيل ( أ ) : ق<sub>1</sub> يحمل شحنة موجبة و ق<sub>2</sub> يحمل شحنة موجبة .
- التسجيل ( ب ) : ق<sub>1</sub> يحمل شحنة موجبة و ق<sub>2</sub> يحمل شحنة سالبة .
- استخلص مما سبق نوعية الشحنات الموجودة على السطح الداخلي و السطح الخارجي لغشاء الليف .
- يحمل سطح الليف العصبي شحنات موجبة ، بينما يوجد بالداخل ( بمقطعه ) شحنات سالبة .
- استخرج الخاصية التي يتميز بها الليف العصبي انطلاقاً من التسجيل ( ب ) .
- يتميز الليف العصبي بخاصية الاستقطاب ، أي يحمل شحنات موجبة على سطحه و شحنات سالبة بمقطعه .



- يدعى التسجيل ( ب ) بكمون الراحة ، علل .
- لأننا تحصلنا عليه بوضع أحد المسريين داخل الليف العصبي ( بمقطعه ) ، و وضع المسري الثاني على السطح بدون تنبيه .



• فسر التسجيل ( ب ) .

- يدل الجزء الأفقي في مستوى الصفر ( 0 ) ميلي فولط على أن سطح الغشاء متجانس الشحنة .
- عند إدخال أحد القطبين في المحور الأسطوانى تسجل النقطة الضوئية فرقا في الكمون يسمى كمون الراحة ، و هذا يدل على أن الغشاء مستقطب ، أي يوجد فرق في الكمون بين سطح الليف و مقطعه .
- انحراف النقطة الضوئية جهة الصفيحة السفلية لجهاز راسم الاهتزاز المهبطي و المتصلة بالقطب الأول يدل على أنه يحمل شحنات موجبة ، بينما يحمل القطب الثاني المتصل بالصفيحة العلوية شحنات سالبة ، و هذا ما يثبت أن الغشاء يحمل على سطحه شحنات موجبة ، بينما يحمل مقطعه شحنات سالبة (إنه مستقطب) .

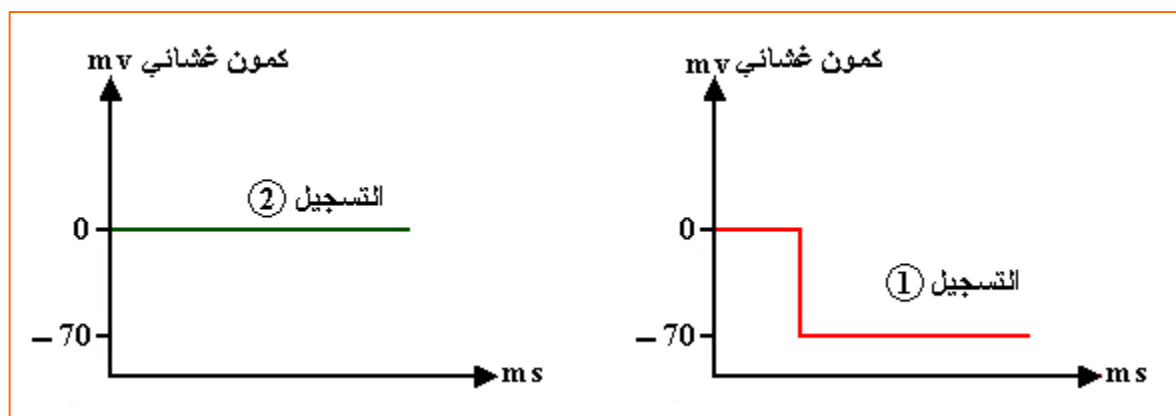
2 - مصدر الكمون الغشائي ( كمون الراحة ):

لمعرفة مصدر الكمون الغشائي ( كمون الراحة ) نقترح عليك التجارب التالية :

المرحلة الأولى :

يظهر الجدولان ( 1 ) و ( 2 ) من الوثيقة - 2 - نتائج قياس تركيز شاردتي الـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$  داخل و خارج خلوي في شروط تجريبية مختلفة ، بينما يظهر التسجيلان ( 1 ) و ( 2 ) تسجيلات كهربائية أنجزت على محور أسطوانى للكالمار ( تسجيلات الجدول " 2 " أجريت على محور ميت ) .

التركيز ( ميلي مول / ل )		الوسط	التركيز ( ميلي مول / ل )		الوسط
وسط خارجي	وسط داخلي	الشوارد	وسط خارجي	وسط داخلي	الشوارد
210	210	$K^+$	20	400	$K^+$
245	245	$Na^+$	440	50	$Na^+$
<u>الجدول ( 2 ) ( محور أسطوانى ميت )</u>			<u>الجدول ( 1 ) ( محور أسطوانى حي )</u>		

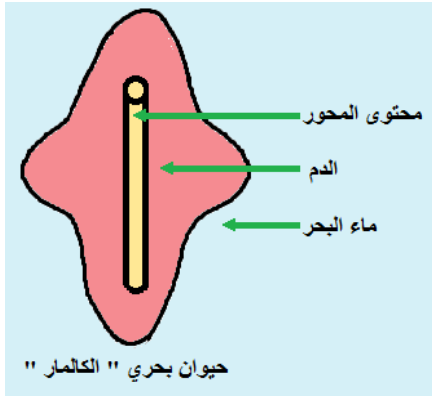


تسجيل كهربائي  
ق<sub>1</sub> على السطح و ق<sub>2</sub> داخل الليف

تسجيل كهربائي  
ق<sub>1</sub> على السطح و ق<sub>2</sub> داخل الليف

الوثيقة - 2 -

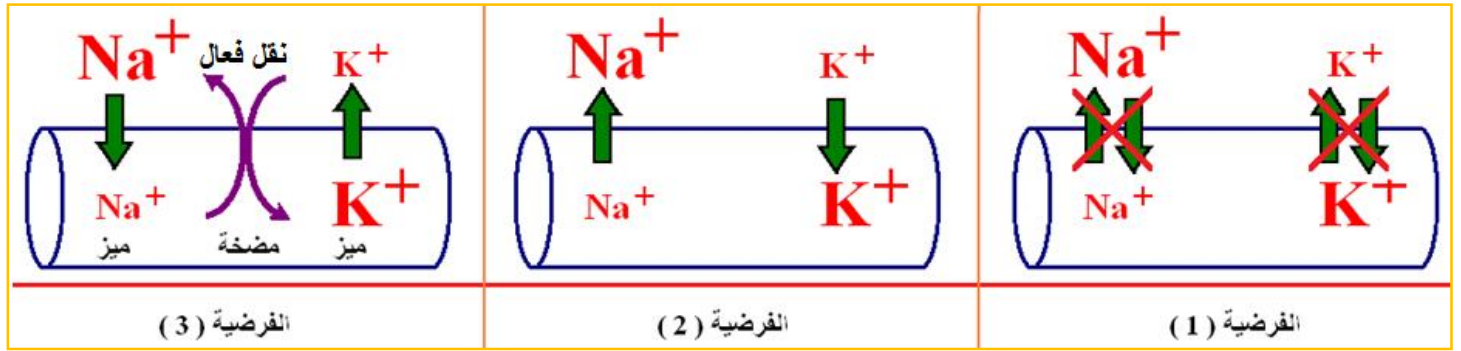
# المجال الأول \*\* الوحدة الخامسة: دور البروتينات في الاتصال العصبي \*\*



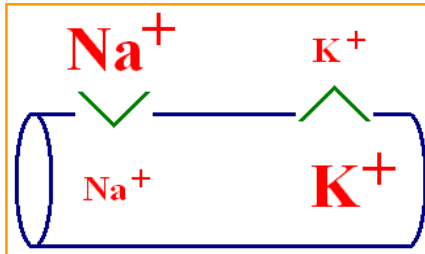
ماء البحر	الدم	محتوى المحاور	توزع الشوارد
460	440	50	Na <sup>+</sup>
10	20	400	K <sup>+</sup>

**الجدول (3)**

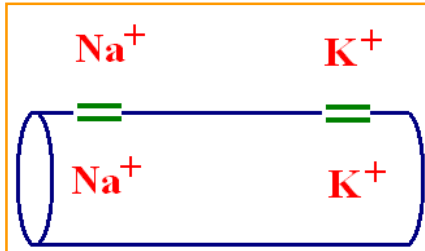
- استخلص من الجدول (3) سبب استعمال ماء البحر في التجارب الخاصة بدراسة السيالة العصبية .
- يتميز ماء البحر بتركيب شاردني مشابه إلى حد كبير للتركيب الشاردي لدم الكالمار .
- ما هي الإشكالية التي تظهرها النتائج المبينة في الجدول (1) ؟
- ما سبب التوزيع غير المتساوي لشاردتي الـ Na<sup>+</sup> و الـ K<sup>+</sup> على جانبي الغشاء بين هيولى المحور و دم الكالمار ؟
- أقترح فرضية أو فرضيات تفسر بها هذه الإشكالية .
- الفرضية الأولى: غشاء الليف العصبي غير نفوذ لشوارد الـ Na<sup>+</sup> و الـ K<sup>+</sup> .
- الفرضية الثانية: غشاء الليف نفوذ للشوارد في اتجاه واحد (يسمح بخروج الـ Na<sup>+</sup> و دخول الـ K<sup>+</sup>) .
- الفرضية الثالثة: غشاء الليف نفوذ للشاردتين في الاتجاهين ، و لكنه يتدخل من أجل عدم تساوي تركيزهما على جانبيه ، حيث تدخل شوارد الـ Na<sup>+</sup> بظاهرة الميز (حسب تدرج التركيز) ، و يعمل على إخراجها بعكس تدرج التركيز (نقل فعال) ، و تخرج شوارد الـ K<sup>+</sup> بظاهرة الميز (حسب تدرج التركيز) و يعمل على إدخالها بعكس تدرج التركيز (نقل فعال) .



- حلل نتائج الجدولين (1) و (2) .



- الجدول (1):
- في حالة المحور الحي (الظروف الطبيعية) تتوزع شاردتا الـ Na<sup>+</sup> و الـ K<sup>+</sup> توزيعاً غير متساو على جانبي الغشاء (بين هيولى المحور و دم الكالمار) ، حيث يفصل الغشاء الهيولى للليف العصبي بين وسطين مختلفي التركيز ، الوسط الخارجي غني بشوارد الـ Na<sup>+</sup> و فقير بشوارد الـ K<sup>+</sup> ، و الوسط الداخلي غني بشوارد الـ K<sup>+</sup> و فقير بشوارد الـ Na<sup>+</sup> .



- الجدول (2):
- في حالة المحور الميت يتساوى تركيز شاردتي الـ Na<sup>+</sup> و الـ K<sup>+</sup> على جانبي الغشاء (بين هيولى المحور و دم الكالمار) .

# المجال الأول \*\* الوحدة الخامسة: دور البروتينات في الاتصال العصبي \*\*

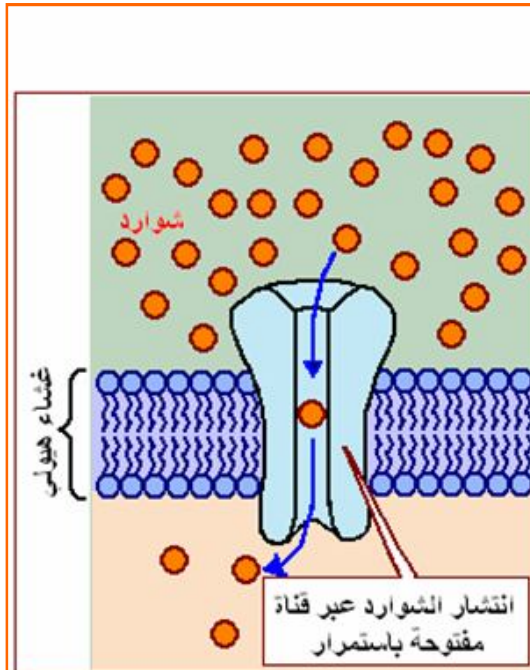
- ماذا تستنتج فيما يخص العلاقة بين النتائج المبينة في الجدولين (1) و (2) و التسجيلين الكهربائيين الموافقين لهما ؟
- الكمون الغشائي للمحور الأسطواني (كمون الراحة) مرتبط بحالته الفيزيولوجية (حيوية الليف) .
- ماذا تستنتج من تحليل الجدولين (1) و (2) ؟
- التوزيع غير المتساوي لشاردتي الـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$  على جانبي غشاء المحور الأسطواني مرتبط بحالته الفيزيولوجية (حيوية الليف) .
- علل التسجيلين (1) و (2) بالاعتماد على نتائج الجدولين .
- التسجيل (1) : نتحصل على كمون راحة في حالة التوزيع غير المتساوي لشاردتي الـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$  على جانبي الغشاء .
- التسجيل (2) : يخفني كمون الراحة عند تساوي تركيزي شاردتي الـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$  على جانبي الغشاء .
- ماذا تستنتج فيما يخص مصدر الكمون الغشائي (كمون الراحة) في الخلايا الحية ؟
- يتمثل مصدر الكمون الغشائي في الخلايا الحية (كمون الراحة) في التوزيع غير المتساوي لشاردتي الـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$  على جانبي الغشاء .

حيوية المحور ← تنفس ← طاقة ← نقل فعال ← التوزيع غير المتساوي ← كمون الراحة  
لشاردتي الـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$

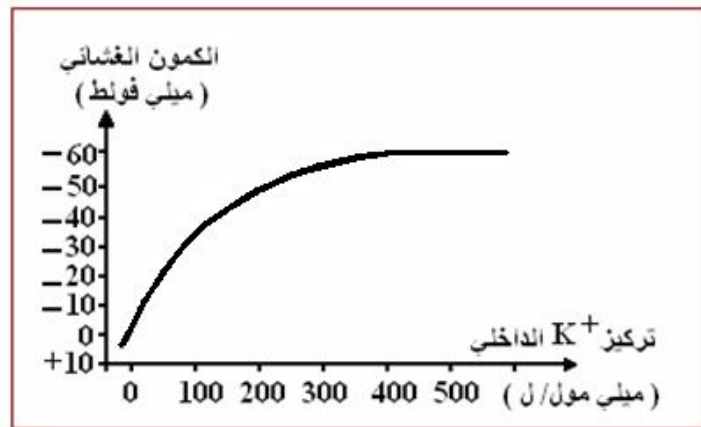
- كيف تفسر وجود شحنات سالبة في مقطع المحور لليف العصبي ؟
- الوسط الخارجي موجب الشحنة بالنسبة للوسط الداخلي السالب الشحنة ، لأن مجموع الشوارد الموجبة في الخارج (+) أكبر من مجموعها (الشوارد الموجبة) في الداخل (-) .
- إن توزيع شوارد الـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$  في ليف عصبي أثناء الراحة خاضع إلى تدرج كهربائي كيميائي .  
وضح معنى التدرج الكهربائي الكيميائي .
- التدرج الكهربائي :
- يقصد به استقطاب غشاء الليف العصبي ، حيث يحمل سطحه شحنات موجبة ، بينما يحمل مقطعه شحنات سالبة ، لأن مجموع الشوارد الموجبة في الخارج أكبر من مجموعها في الداخل .
- التدرج الكيميائي :
- يقصد به اختلاف تركيز الشوارد على جانبي الغشاء ( خاصة شوارد الـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$  ) ، حيث يكون تركيز شوارد الـ  $Na^+$  في الخارج أكبر من تركيزها في الداخل ، و بالعكس فإن تركيز شوارد الـ  $K^+$  في الداخل أكبر من تركيزها في الخارج ) .
- عرف كلا من ظاهرتي الميز و النقل الفعال .
- الميز : ظاهرة لا حيوية تتمثل في انتقال المواد المنحلة ( الشوارد مثلا ) من الوسط الأكثر تركيزا إلى الوسط الأقل تركيزا ( حسب تدرج التركيز ) دون استهلاك طاقة .
- النقل الفعال : ظاهرة حيوية تتمثل في انتقال المواد المنحلة ( الشوارد مثلا ) من الوسط الأقل تركيزا إلى الوسط الأكثر تركيزا ( عكس تدرج التركيز ) باستهلاك طاقة ناتجة عن إمهاة الـ ATP .

**المرحلة الثانية :**

سمحت نتائج تجريبية من إنجاز رسومات تخطيطية تبين العلاقة بين البروتينات الغشائية و شوارد الـ  $\text{Na}^+$  و الـ  $\text{K}^+$  ( الشكلان " أ " و " ب " من الوثيقة - 3 ) ، أما الشكل ( ج ) من الوثيقة - 3 - فيبين نتائج تجريبية توصل إليها العلماء ( Hodgkin - Baker - Stark ) بعد تفريغ المحتوى الهولي لمحور أسطوانى و تعويضه بمحلول متساوي التوتر ، يحقن بعد ذلك المحور بشوارد الـ  $\text{K}^+$  بتركيز متزايدة مع المحافظة على تركيز ثابت لشوارد الـ  $\text{K}^+$  خارج المحور .



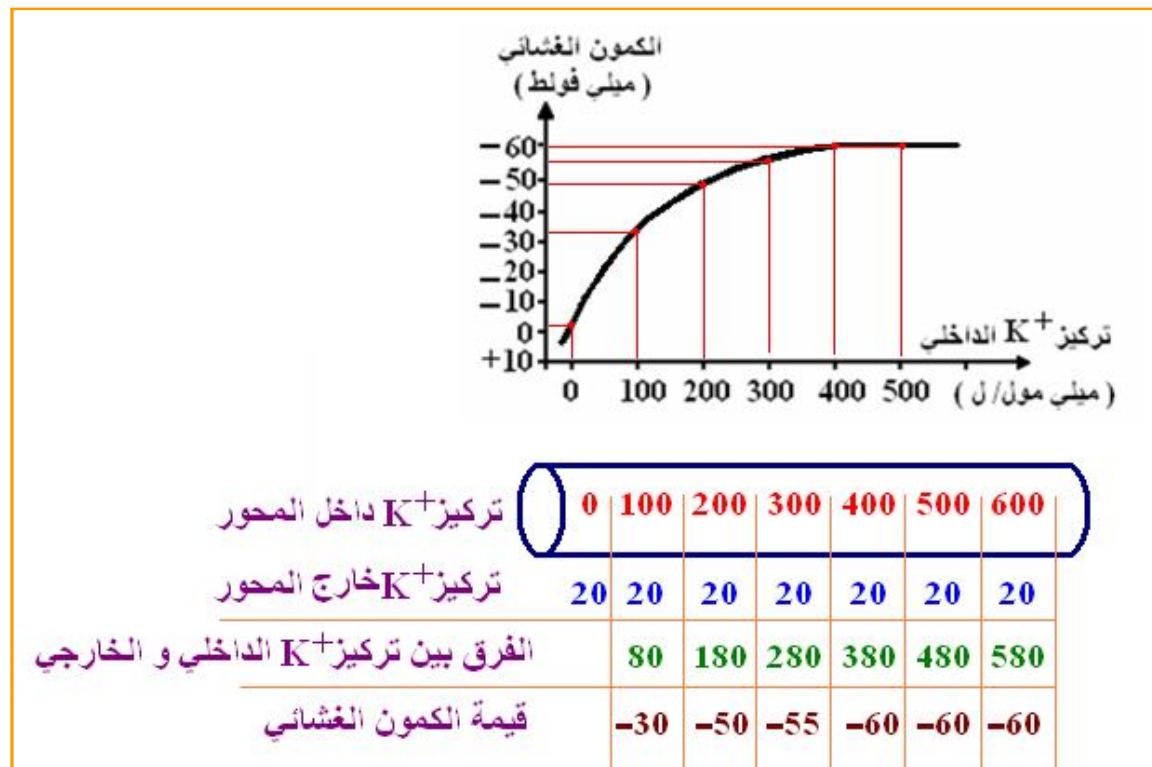
الشكل ( أ ) : رسم تخطيطي يظهر توزع القنوات الغشائية في وحدة مساحة غشائية للليف العصبي من المحور الأسطوانى



الشكل ( ج ) : تغيرات الكون الغشائى بدلالة التركيز الداخلى للـ  $\text{K}^+$

الشكل ( ب ) : رسم تخطيطي للبنية الفراغية لإحدى القنوات الأيونية.

**الوثيقة - 3 -**



## المجال الأول \*\* الوحدة الخامسة: دور البروتينات في الاتصال العصبي \*\*

- قارن بين توزيع القنوات الغشائية للـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$  في وحدة المساحة .
- عدد قنوات الـ  $K^+$  أكبر من عدد قنوات الـ  $Na^+$  .
- ماذا تستنتج ؟
- ناقلية شوارد الـ  $K^+$  أكبر من ناقلية شوارد الـ  $Na^+$  .
- هل تسمح لك النتيجة المحصل عليها و المستخرجة من الشكل ( أ ) في الوثيقة - 3 - من تأكيد أن نفاذية شوارد الـ  $K^+$  أكبر من نفاذية شوارد الـ  $Na^+$  ؟
- نعم .
- تعليل الإجابة .
- لأن عدد قنوات الـ  $K^+$  أكبر من عدد قنوات الـ  $Na^+$  في وحدة المساحة ، و عليه تكون ناقلية شوارد الـ  $K^+$  أكبر من ناقلية شوارد الـ  $Na^+$  .
- حلل منحنى الشكل ( ج ) من الوثيقة - 3 - .
- من التركيز 0 إلى 150 :
- نلاحظ **تزايد** سريع في قيمة الكمون الغشائي بتزايد تركيز الـ  $K^+$  داخل خلوي .
- من التركيز 150 إلى 400 :
- نلاحظ **تزايد** بطيء في قيمة الكمون الغشائي بتزايد تركيز الـ  $K^+$  داخل خلوي .
- بعد التركيز 400 :
- مهما زاد تركيز الـ  $K^+$  داخل المحور ، يبقى الكمون الغشائي ثابتا ( - 60 ميلي فولط ) .
- استنتج المعلومة الإضافية التي يقدمها لك منحنى الشكل ( ج ) فيما يخص منشأ كمون الراحة .
- **فارق تركيز شوارد الـ  $K^+$  على جانبي الغشاء الهولي** هو المتسبب الحقيقي لكمون الراحة ، لذا يدعى كمون الراحة **بكمون البوتاسيوم ( $K^+$ )** .
- كيف يعرف هذا النوع من القنوات و الممثل بالشكل ( ب ) من الوثيقة - 3 - ؟
- تعرف بقنوات التسرب ( الميز ) .
- بالاعتماد على الشكل ( ب ) من الوثيقة - 3 - ، بماذا تمتاز هذه القنوات ؟
- ذات طبيعة بروتينية .
- تخترق طبقتي الفوسفوليبيد للغشاء .
- تكون مفتوحة باستمرار .
- تسمح بنقل الشوارد حسب تدرج تركيزها ( الميز ) .
- تسمح بنقل اصطفائي ( اختياري ) ، فهناك قنوات تختص بنقل الـ  $Na^+$  و أخرى بنقل الـ  $K^+$  .
- عدد قنوات الـ  $K^+$  أكثر من عدد قنوات الـ  $Na^+$  ، مما يجعل ناقلية الـ  $K^+$  عبر الغشاء أكبر .



**3 - ثبات كمون الراحة :**

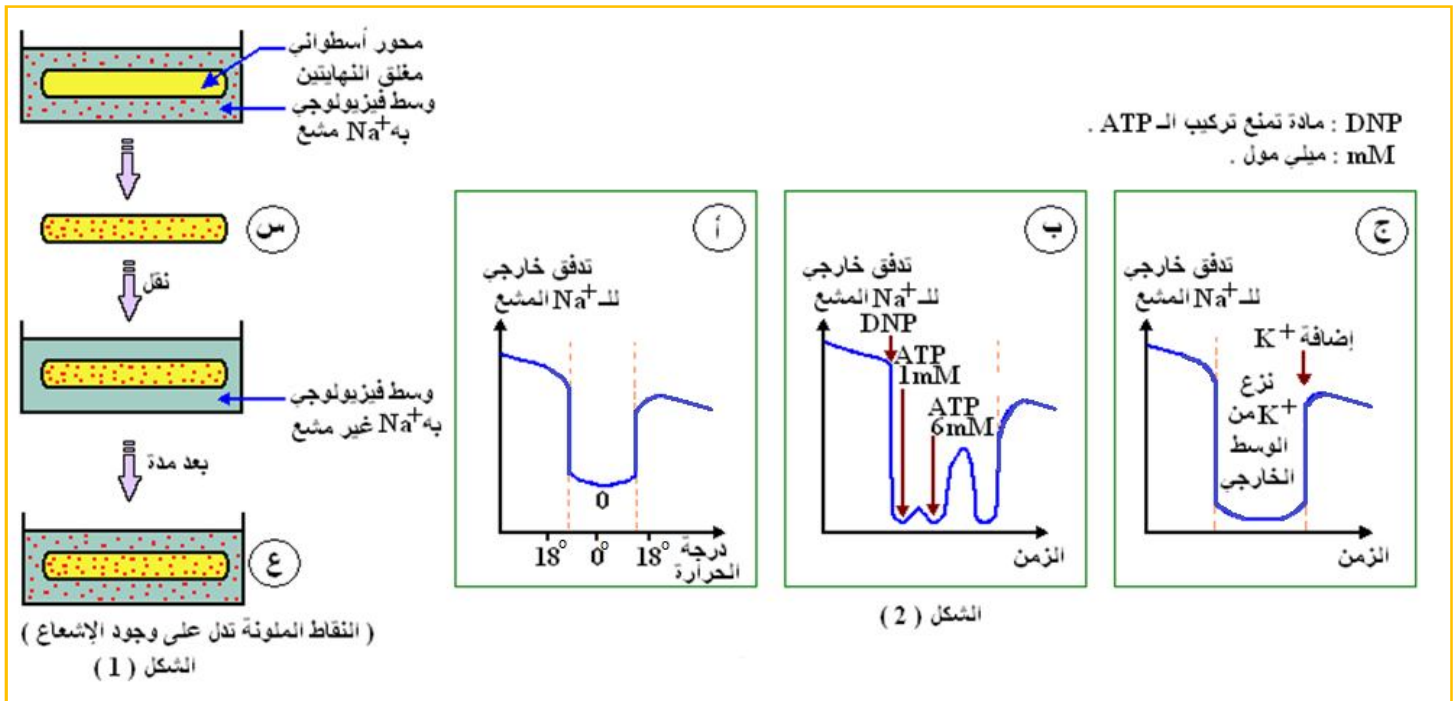
لقد بينت النتائج التجريبية السابقة و الملاحظة في الجدول ( 1 ) ( الصفحة 137 ) من الوثيقة - 2 - ثبات التوزع المتباين للشوارد على جانبي الغشاء الهولي للألياف العصبية ، و بالتالي ثبات كمون الراحة . لتفسير ذلك نحقق التجارب التالية :

**التجربة 1 :**

يوضع ليف عصبي للكالمار في وسط فيزيولوجي به  $Na^+$  مشع مماثل للوسط الخارجي من الجدول ( 1 ) من الوثيقة - 2 - ، و بعد مدة ينقل إلى وسط ذي  $Na^+$  غير مشع . مراحل التجربة و نتائجها ممثلة في الشكل ( 1 ) من الوثيقة - 4 - .

**التجربة 2 :**

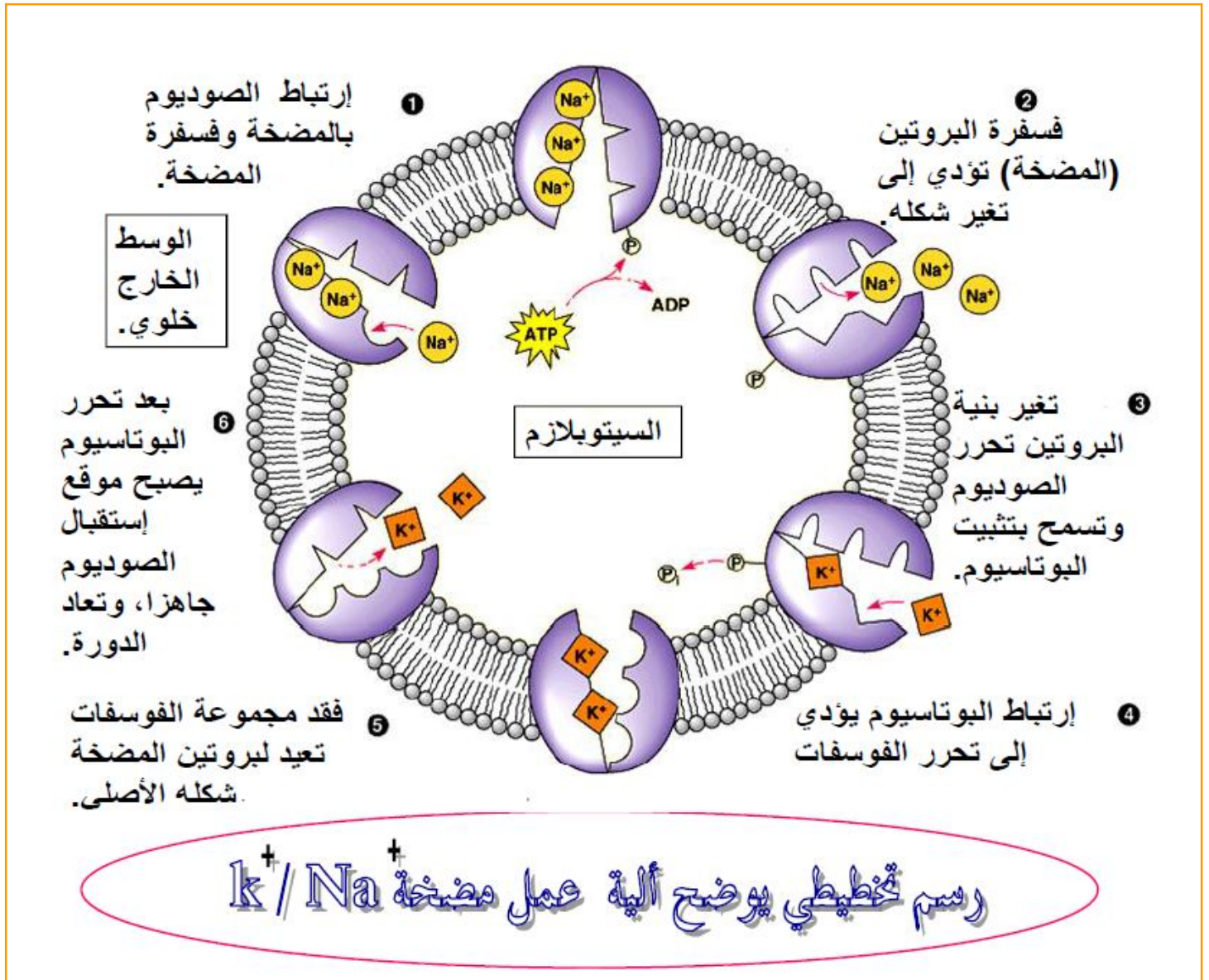
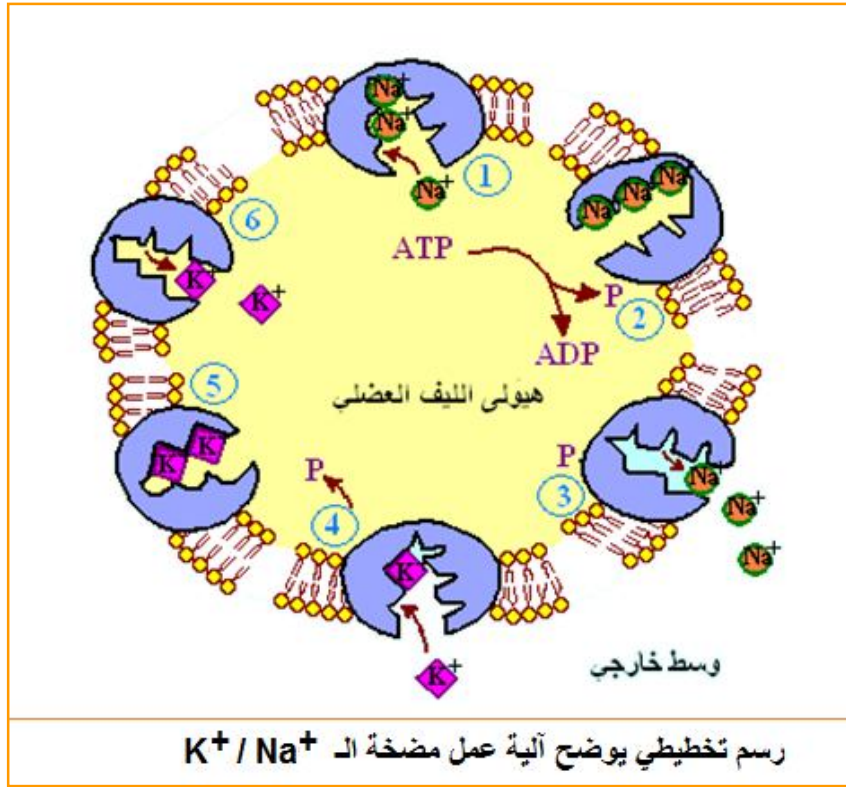
نحقن ليف عصبي للكالمار بكمية قليلة من الـ  $Na^+$  المشع ( حتى لا يؤثر على التراكيز الطبيعية ) ثم نضعه في وسط فيزيولوجي ذي  $Na^+$  غير مشع ، و نعاير الـ  $Na^+$  المشع في الوسط الخارجي . الشروط التجريبية و نتائجها ممثلة في منحنيات الشكل ( 2 ) من الوثيقة - 4 - .



**الوثيقة - 4 -**

- **حلل نتائج الشكل ( 1 ) من الوثيقة - 4 - .**
- ظهور الإشعاع في الليف يدل على تدفق داخلي لشوارد الـ  $Na^+$  .
- ظهور الإشعاع في ماء البحر يدل على تدفق خارجي لشوارد الـ  $Na^+$  .
- **هل تحققت من الفرضيات المقترحة سابقا فيما يخص التوزع غير المتساوي لشاردتي الـ  $Na^+$  والـ  $K^+$  :**
- نعم تحققت الفرضية الثالثة .
- **علل .**
- ظهور الإشعاع داخل المحور ( س ) ، ثم ظهوره من جديد في الوسط الفيزيولوجي ( ع ) يدل على أن غشاء الليف نفوذ لشوارد الـ  $Na^+$  في الاتجاهين .
- **حلل منحنيات الشكل ( 2 ) من الوثيقة - 4 - .**
- يتناقص التدفق الخارجي لشوارد الـ  $Na^+$  المشع عند انخفاض درجة الحرارة إلى الصفر ، و في وجود مادة الـ DNP المثبطة لتشكل الـ ATP ، و في غياب شوارد الـ  $K^+$  في الوسط الخارجي .

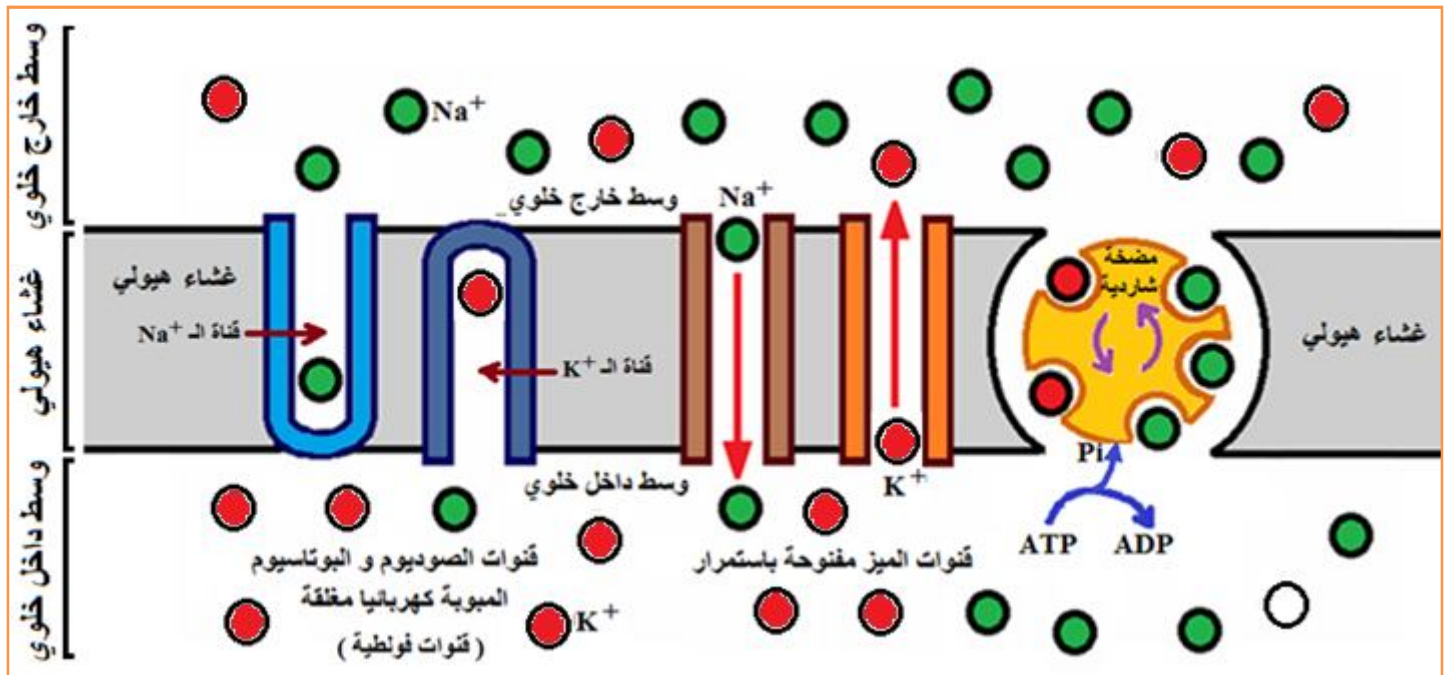
**الوثيقة - 5 -**



- يبقى تركيز الـ  $Na^+$  داخل الليف العصبي ثابتاً رغم النتائج الملاحظة في ( س ) من الشكل ( 1 ) .  
كيف تفسر ذلك ؟
- نفس ذلك بوجود آلية أخرى تعمل على إخراج شوارد الـ  $Na^+$  عكس تدرج التركيز .
- هل النتائج الملاحظة في ( ع ) من الشكل ( 1 ) تؤكد ما توصلت إليه عند إجابتك على السؤال السابق ؟  
- نعم .
- وضح .
- ظهور الإشعاع في الوسط الخارجي يؤكد على خروج شوارد الـ  $Na^+$  عكس تدرج التركيز .
- باستغلال نتائج المنحنى ( أ ) حدد الطبيعة الكيميائية للعناصر المسؤولة على ظهور النتيجة المتوصل إليها في ( ع ) من الشكل ( 1 ) .
- العناصر المسؤولة على ظهور النتيجة المتوصل إليها في ( ع ) من الشكل ( 1 ) هي من طبيعة بروتينية .
- علل إجابتك .
- لأنها تتطلب لعملها توفير كل من الـ ATP و درجة الحرارة .
- ما هي المعلومات الإضافية التي تقدمها نتائج المنحنيين ( ب ) و ( ج ) من الشكل ( 2 ) فيما يخص شروط عمل هذه العناصر ؟  
- تتطلب درجة حرارة ملائمة .
- تتطلب طاقة توفرها جزيئات الـ ATP .
- تتطلب توفر شوارد الـ  $K^+$  في الوسط الخارجي .
- تنقل الشوارد عكس تدرج التركيز ( من أقل تركيز إلى أعلى تركيز ) ( يكون وحيد الاتجاه ) .
- علل إجابتك .
- تتطلب درجة حرارة ملائمة أي أنها من طبيعة بروتينية فهي عبارة عن تفاعل أنزيمي .
- تتطلب طاقة توفرها جزيئات الـ ATP لأنها تعمل على نقل الشوارد عكس تدرج التركيز .
- تتطلب توفر شوارد الـ  $K^+$  في الوسط الخارجي لأنها تعمل بالنقل المزدوج للشوارد ( إخراج الصوديوم مرتبط بدخول البوتاسيوم ) .
- يتم انتقال الشوارد في اتجاه واحد ( الصوديوم باتجاه الخارج و البوتاسيوم باتجاه الداخل ) .
- تدعى العناصر المسؤولة عن ثبات كمون الراحة بمضخة الـ  $K^+ / Na^+$  . صف آلية عمل هذه المضخة في المحافظة على كمون الراحة معتمدا على معطيات رسم الوثيقة - 5 .
- يعود كمون الراحة إلى التوزيع غير المتساوي ( المتباين ) للشوارد على جانبي الغشاء .
- تحافظ البروتينات الغشائية ( المضخة الشاردية ) على كمون الراحة وفق الآلية التالية :
- تثبيت ثلاث شوارد صوديوم ( $Na^+$ ) على مواقع التثبيت الخاصة بها في المضخة الشاردية .
- إماهة جزيئة الـ ATP ( طاقة )  $ATP + H_2O \rightarrow ADP + Pi$  .
- فسفرة الناقل بالفوسفور المعدني ( Pi ) الناتج عن إماهة جزيئة الـ ATP .
- تغيير شكل الناقل .
- طرح شوارد الصوديوم ( $Na^+$ ) في الوسط الخارجي .
- تثبيت شاردتي بوتاسيوم ( $K^+$ ) على مواقع التثبيت الخاصة بها في المضخة الشاردية .
- نزع الفوسفور المعدني ( Pi ) من الناقل .
- استعادة الشكل الأصلي للناقل .
- طرح شوارد البوتاسيوم ( $K^+$ ) في الوسط الداخلي .



• انطلاقا مما توصلت إليه في هذا النشاط ، لخص برسم تخطيطي وظيفي عمل مختلف البروتينات الغشائية أثناء كمون الراحة .



**ملف : كمون الراحة**

**هـ - الخلاصة :**

- يكون غشاء الليف العصبي مستقطبا أثناء الراحة ، إنه كمون الراحة .
- يتم الحفاظ على التوزيع غير المتساوي للشوارد عن طريق بروتينات غشائية ، هي القنوات البروتينية المفتوحة باستمرار ( قنوات الميز ) و مضخة الـ  $K^+ / Na^+$  .
- ينتج الكمون الغشائي للعصبون أثناء الراحة عن :
  - ثبات التوزيع غير المتساوي للـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$  بين الوسط الداخلي للخلية و الوسط الخارجي لها .
  - ناقلية شوارد الـ  $K^+$  أكبر من ناقلية شوارد الـ  $Na^+$  كون عدد قنوات الـ  $K^+$  المفتوحة في وحدة المساحة يكون أكبر من عدد قنوات الـ  $Na^+$  .
  - تؤمن مضخات الـ  $K^+ / Na^+$  ثبات الكمون الغشائي خلال الراحة (  $-70\text{ mv}$  ) المستهلكة للطاقة بطرد الـ  $Na^+$  نحو الخارج عكس تدرج التركيز ، و التي تميل إلى الدخول بالميز ، و إدخال شوارد الـ  $K^+$  عكس تدرج التركيز ، و التي تميل إلى الخروج كذلك بالميز ( انتقال المواد المنحلة من الوسط الأكثر تركيزا إلى الوسط الأقل تركيزا دون استهلاك طاقة ) .
  - تستمد الطاقة الضرورية لنقل الشوارد عكس تدرج التركيز ( مضخة الـ  $K^+ / Na^+$  ) من إماهة الـ ATP .

## الحصة التعليمية 2 : الكمون الغشائي .

### أ – وضعية الانطلاق:

يرتبط انتقال الرسالة العصبية على مستوى المشابك بتغيرات الكمون الغشائي ، و قد طور العلماء تقنيات دقيقة لإظهار هذا الكمون منها تقنية "Patch-clamp".

### ب - الإشكاليات:

- فما هو مبدأ هذه التقنية ؟
- و كيف يتم تطبيقها ؟

### ج – الفرضيات:

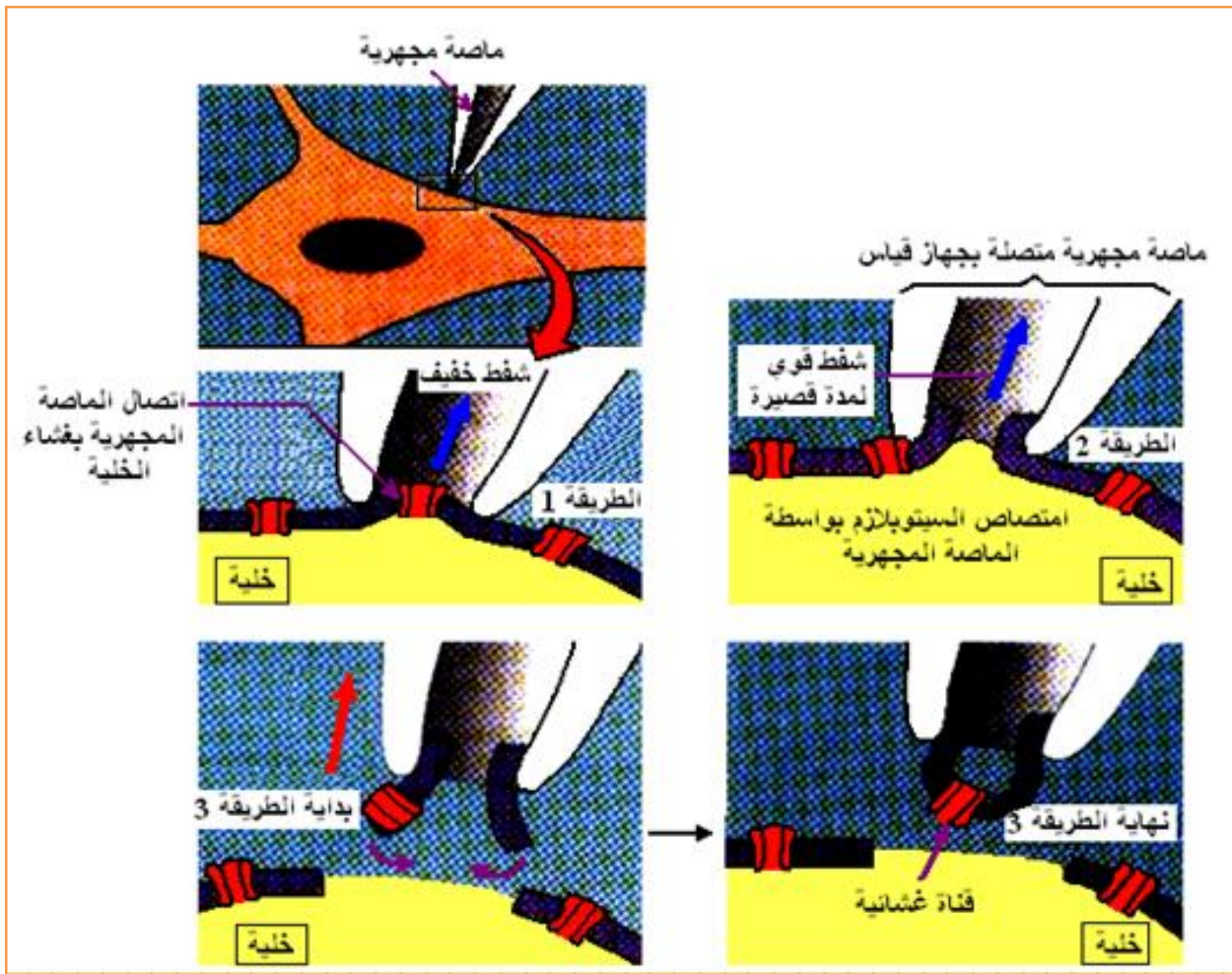
- عزل جزء من الغشاء و دراسة التيارات التيتمر عبرها .
- يتم تطبيقها على أغشية الخلايا الحيوانية .

### د – التقصي:

#### 1 – تقنية " Patch - clamp "

##### أ – مبدأ التقنية :

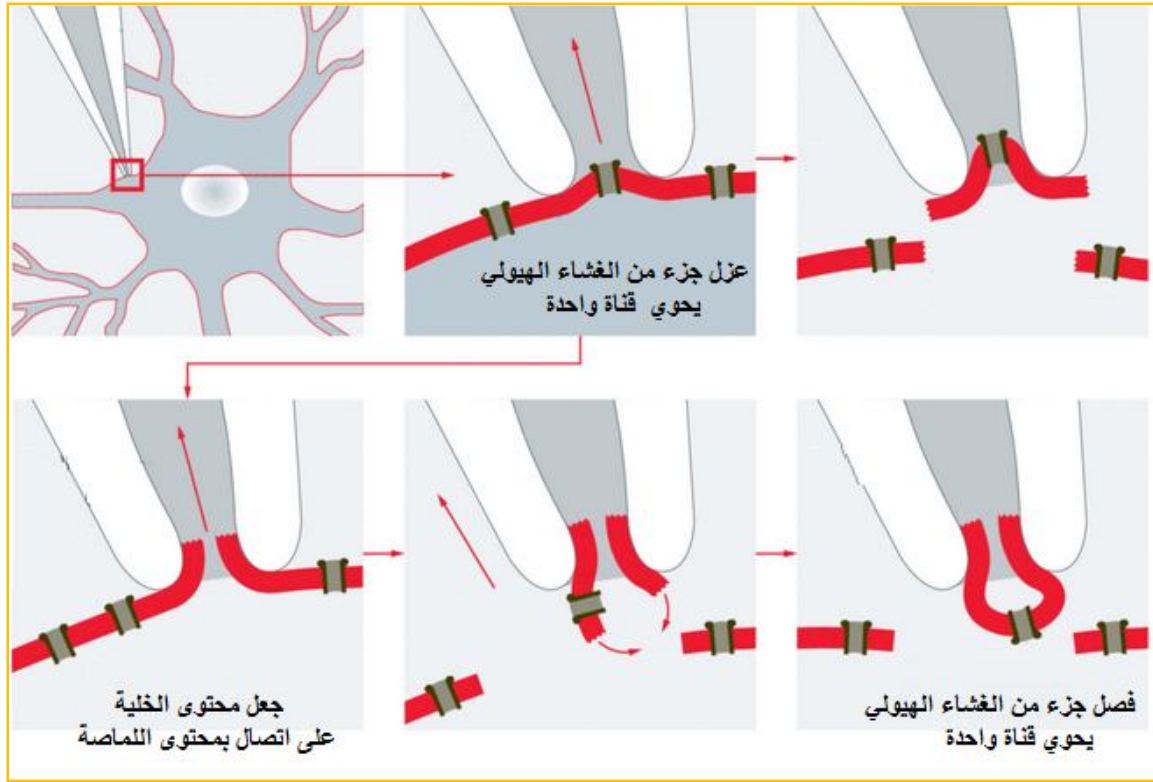
تسمح هذه التقنية بعزل جزء صغير من الغشاء الهولي أو فصله كلية عن الخلية بواسطة ماصة زجاجية مجهرية تحتوي على سائل ناقل و متصلة بجهاز حساس جدا للتيارات الكهربائية كما هو موضح بالطرق (1 ، 2 ، 3) من الوثيقة - 1 .



الوثيقة - 1

**ملف : patch clamp**



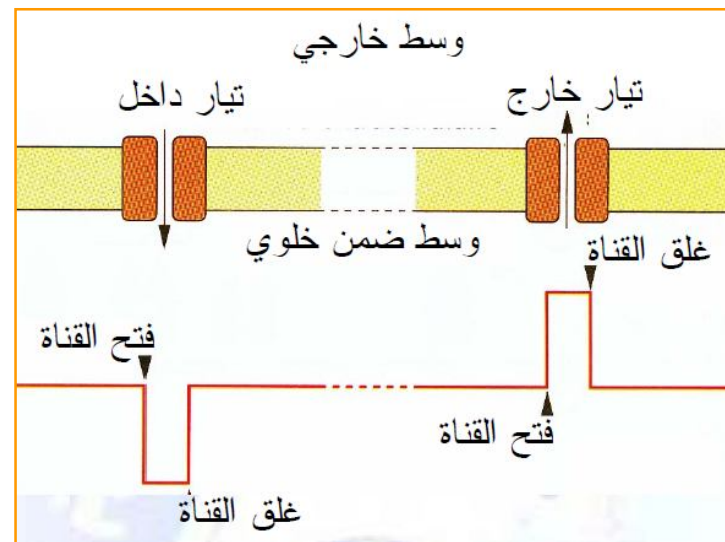


**بالاعتماد على أشكال الوثيقة - 1 - :**

- اشرح مبدأ هذه التقنية :
- تسمح هذه التقنية بعزل جزء صغير من الغشاء الهوليوي أو فصله كلية عن الخلية بواسطة ماصة زجاجية مجهرية تحتوي على سائل ناقل و متصلة بجهاز حساس جدا للتيارات الكهربائية
- استخراج الطرق المختلفة لعزل الغشاء بهذه التقنية مبينا الاختلاف بينها .
- عزل قناة غشائية واحدة دون فصلها عن الغشاء و دراسة التيارات ( حركة الأيونات ) التي تمر عبرها .
- فصل جزء من الغشاء الهوليوي الذي يحتوي على قناة واحدة و دراسة التيارات التي تمر عبرها .
- جعل محتوى الخلية ( السيتوبلازم ) على اتصال مع محتوى الماصة المجهرية ، و بالتالي دراسة التيارات ( الحركة الأيونية ) التي تمر عبر مختلف القنوات الغشائية .

**ملاحظة :**

- التيارات الداخلة تثير انحراف التسجيل نحو الأسفل ، أما التيارات الخارجة فتثير انحرافات في الاتجاه المعاكس .



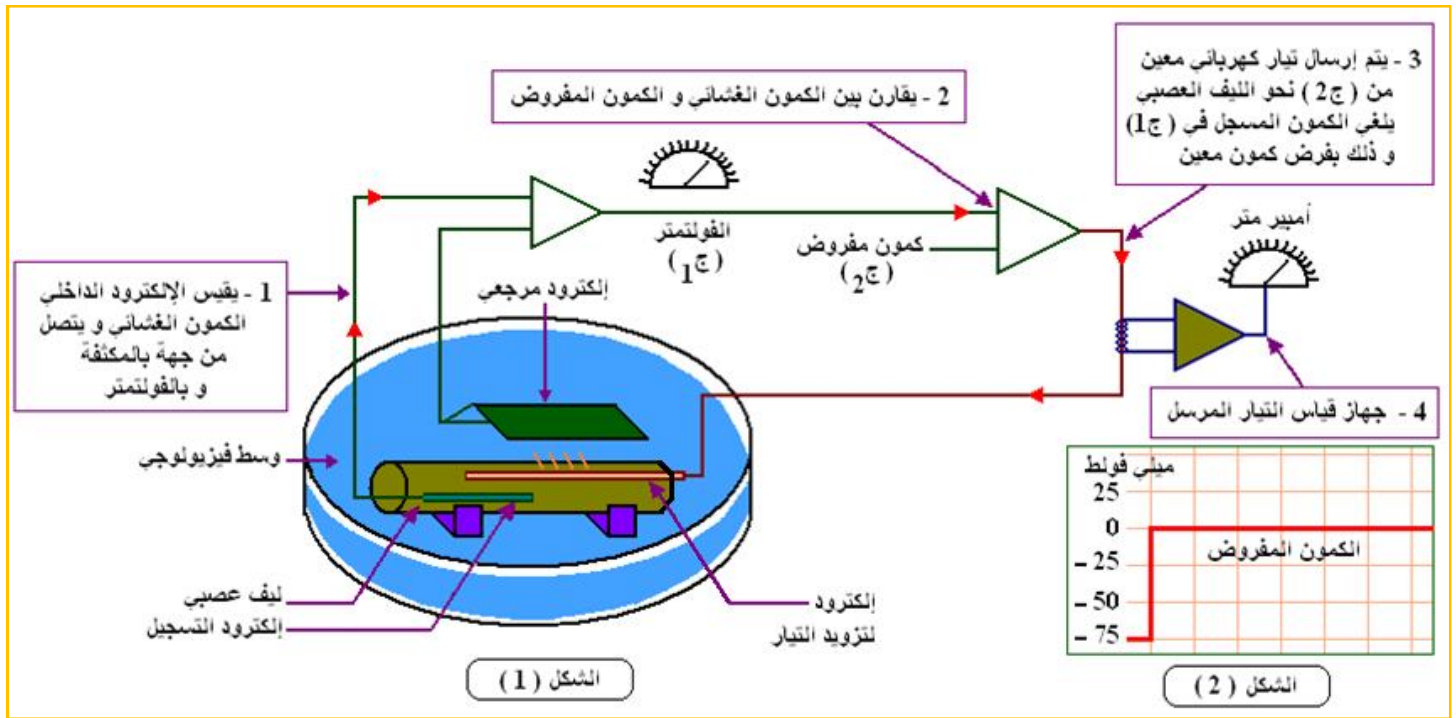
ب - تقنية تطبيق كمون مفروض على غشاء الليف العصبي :

**تجربة 1 :**

تمثل الوثيقة - 2 - التركيب التجريبي لتقنية قياس و فرض كمون معين على جانبي غشاء الليف العصبي للكالمار حيث :

- الشكل 1 : يمثل تقنية فرض الكمون .
- الشكل 2 : يمثل نتيجة الكمون المفروض .

**تنبيه:** نفس المبدأ يطبق على جزء من الغشاء عزل بالتقنية السابقة .



**الوثيقة - 2 -**

بالاعتماد على معطيات الوثيقة - 2 - :

- بين كيفية فرض كمون معين على غشاء الليف العصبي .
- يتم فرض كمون معين على جانبي الغشاء بإرسال تيار كهربائي معاكس للكمون الغشائي (**كمون الراحة**) عبر إلكترود التزويد المتصل بهيولى الليف العصبي للحصول على كمون مفروض قيمته تساوي الجمع الجبري لقيمة الكمون الغشائي ( $-75\text{mv}$ ) مع الكمون المرسل ( $+75\text{mv}$ ) للحصول على كمون مفروض يساوي صفر ( $0\text{mv}$ ) .
- حدد قيمة الكمون المفروض في هذا المثال .
- الكمون المفروض قيمته  $0\text{mv}$  .
- حدد قيمة الكمون المطبق على الغشاء للحصول على الكمون المفروض في هذا المثال .
- الكمون المطبق قيمته  $+75\text{mv}$  .

**معلومات مفيدة :**

- تقنية " Patch - clamp " : اخترعت هذه التقنية في السبعينيات و سمحت بإعطاء معلومات قيمة حول القنوات الغشائية المسؤولة عن توليد الكمون إثر تنبيهه مباشرة انتقال النبأ إليها .
- تسمح هذه التقنية بعزل جزء من الغشاء يحوي قناة واحدة أو أكثر و دراسة التيارات الكهربائية الناتجة عن عملها .
- Patch : معناها بالإنجليزية " قطعة " .
- Clamp- : معناها بالإنجليزية " حصر - فرض " Impose " .
- قدمت جائزة نوبل سنة 1991 لمخترعي هذه الطريقة و هما العالمين " Sakmann " " Neher " .
- يستعمل الليف العصبي للكالمار في التجارب للخصائص التالية :
- \* قطره يصل إلى 1000 ميكرومتر ( عوض 1 إلى 3 ميكرومتر عند الثدييات ) .
- \* يبقى حيا لعدة ساعات في ماء البحر خارج الجسم .

**الحصة التعليمية 3 : كمون عمل الغشاء قبل المشبكي .**

**أ – وضعية الانطلاق :**

تمتاز كل خلايا العضوية الحية بأغشية مستقطبة ، حيث تعمل بروتينات غشائية نوعية تحافظ على ثبات الكمون الغشائي ، كما أن انتقال السيالة العصبية في هذه الأنسجة الحية يؤدي إلى تغير الكمون الغشائي (كمون عمل) .

**ب - الإشكاليات :**

- فما هو مصدر هذه التغيرات ؟
- وكيف يتم انتقال السيالة العصبية ؟

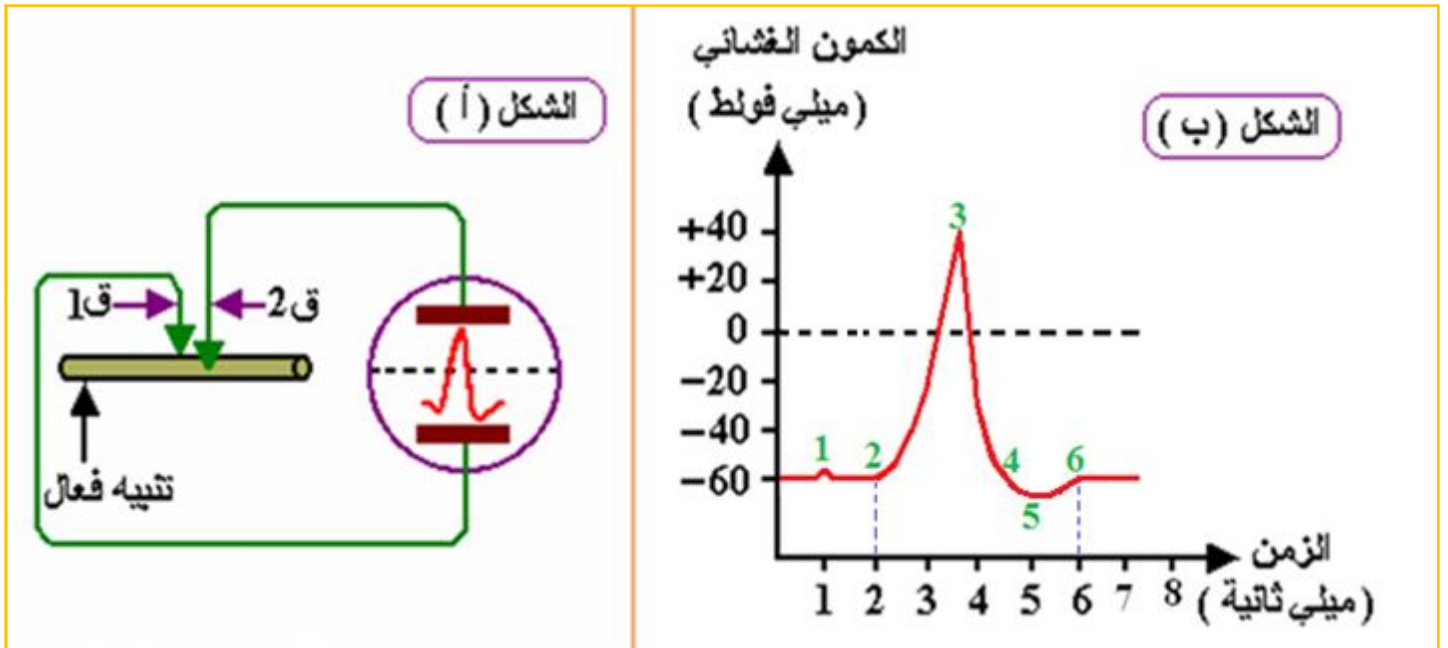
**ج – الفرضيات :**

- دخول الشحنات الموجبة و خروج الشحنات السالبة .
- يتم انتقالها نتيجة حركة الشوارد .

**د – التقصي :**

**1 – كمون عمل الغشاء قبل المشبكي :**

أ – يمثل الشكل ( أ ) من الوثيقة – 1 – رسما تخطيطيا للتركيب التجريبي الذي يسمح بالتسجيلات الكهربائية في الليف العصبي إثر تنبيه فعال للغشاء قبل مشبكي ، بينما يمثل الشكل ( ب ) المنحنى المسجل على شاشة الجهاز في الشكل ( أ )



**الوثيقة - 1 -**

**ملف : Flashw05**

بالاعتماد على معلوماتك السابقة و معطيات الوثيقة - 1 - :

- تعرف على التسجيل الموضح في الشكل ( ب ) :
- كمون عمل أحادي الطور .

• حدد مدته .

-  $6 - 2 = 4 \text{ ms}$

• حدد سعته .

-  $40 - (-60) = 100 \text{ mv}$

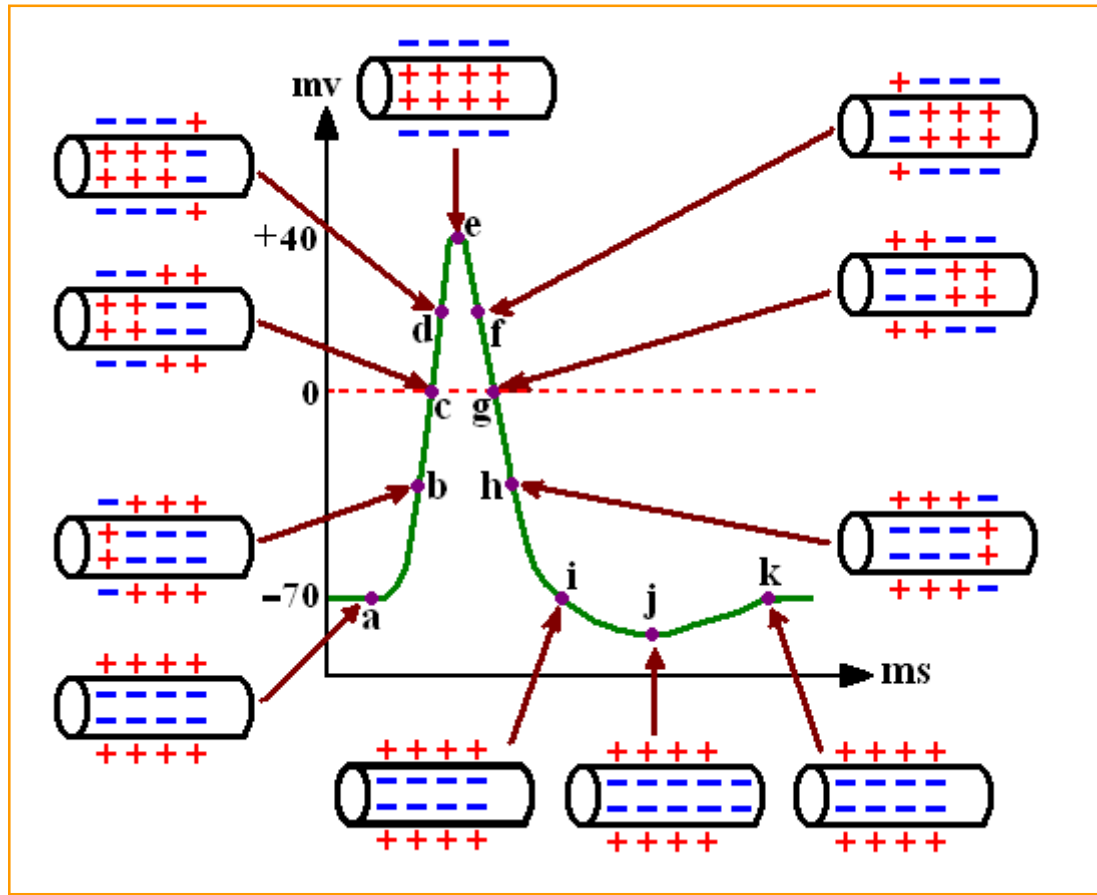
- **حلل منحى الشكل ( ب ) :**
- **عند 1 :** يحدث اضطراب للنقطة المضاءة يمثل إشارة التنبيه ( اضطراب طفيف للنقطة الضوئية نتيجة مرور التيار الكهربائي في لحظة التنبيه ) .
- **من 1 إلى 2 :** يمثل الزمن الضائع اللازم لانتقال السيالة العصبية من نقطة التنبيه إلى نقطة التسجيل ق<sub>1</sub>
- **من 2 إلى 3 :** ( الطور الصاعد ) : يمثل زوال الاستقطاب الأصلي على مستوى القطبين و يشمل : انخفاض الاستقطاب ثم انعدامه فانعكاسه تماما عند النقطة 3 في مستوى النقطة المنبهة حيث يصبح موجبا بالداخل و سالبا في الخارج .
- **من 3 إلى 4 :** ( الطور النازل ) : يمثل العودة للاستقطاب الأصلي على مستوى القطبين و يشمل : انخفاض الاستقطاب ثم انعدامه فالعودة للاستقطاب عند النقطة 5 ، و يعود سالبا في الداخل و موجبا في الخارج في مستوى النقطة المنبهة .
- **من 4 إلى 5 :** فرط في الاستقطاب أي زيادة في سالبية الداخل مقارنة بالخارج .
- **من 5 إلى 6 :** العودة إلى الحالة الأصلية ( كمون الراحة ) .
- **سم الأجزاء الملاحظة في الفواصل الزمنية ( 0 - 1.5 ) ( 1.5 - 6 ) ميلي ثانية من التسجيل ( ب ) .**
- **من 0 إلى 1 :** كمون الراحة .
- **من 1 إلى 2 :** كمون عمل أحادي الطور .
- **1 :** تمثل إشارة ( لحظة ) التنبيه .
- **من 1 إلى 2 :** يمثل الزمن الضائع .
- **من ( 2 ) إلى ( 3 ) :** زوال الاستقطاب .
- **من ( 3 ) إلى ( 4 ) :** عودة الاستقطاب .
- **من ( 4 ) إلى ( 5 ) :** فرط في الاستقطاب .
- **من ( 5 ) إلى ( 6 ) :** العودة إلى كمون الراحة .
- **اعتمادا على النتائج المتوصل إليها ، ما هي المعلومة المستخلصة حول كمون العمل ؟**
- يتسبب تنبيه الليف العصبي في حدوث مجموعة من التغيرات في الكمون تنتشر على طول الليف بشكل موجة زوال استقطاب تسمى كمون العمل .

**تفسير كهربائي لكمون العمل**

**ملف : السيالة العصبية**



• مثل برسم تخطيطي ليف عصبي تظهر فيه توزع الشحنات الكهربائية على جانبي الغشاء على مستوى النقاط المشار إليها بالأحرف ( a , b , c , d , e , f , g , h , i , j , k ) .



Le potentiel d'action est une **modification provoquée et passagère** de la valeur du potentiel de repos en un point de la fibre nerveuse. Il est caractérisé par une **séquence stéréotypée** :

AB : passage d'une tension transmembranaire de  $-70 \text{ mV}$  à  $0 \text{ mV}$  → **dépolarisation de la membrane** ;

BCD : passage d'une tension de  $0 \text{ mV}$  à  $+30 \text{ mV}$  puis retour à  $0 \text{ mV}$  → **inversion de polarité**

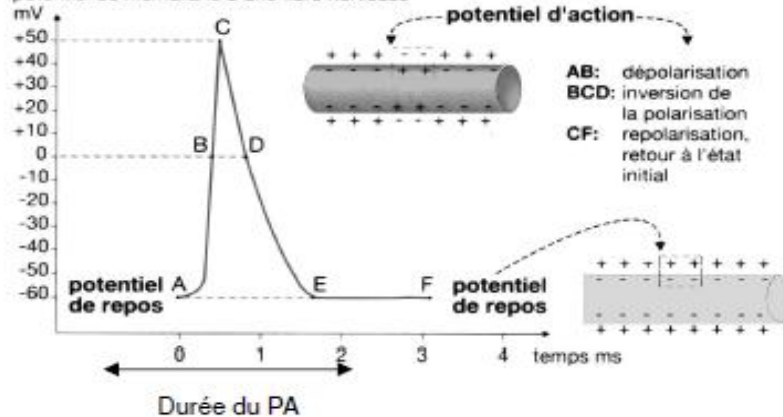
DE : la membrane retrouve progressivement sa polarité de  $-70 \text{ mV}$  → **repolarisation**

DF : la repolarisation de la membrane est supérieure au potentiel de repos → **hyperpolarisation**.

La durée d'un potentiel d'action est d'environ 3 ms. L'amplitude d'un PA est donc de 100 mV (de  $-70$  à  $+30 \text{ mV}$ ).

#### سلسلة stereotyped du potentiel d'action

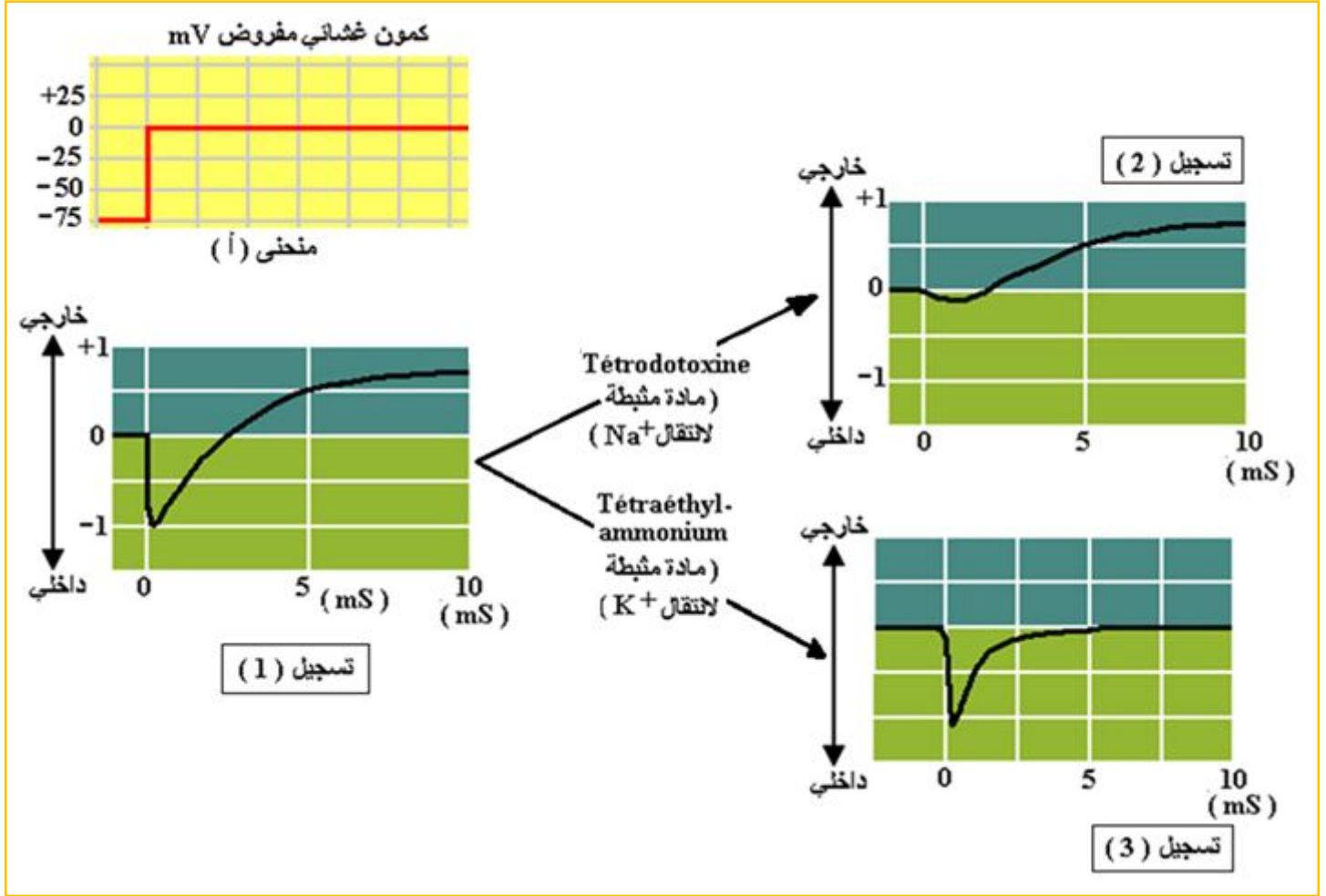
potentiel de membrane d'une fibre nerveuse



AB: dépolarisation  
BCD: inversion de la polarisation  
CF: repolarisation, retour à l'état initial

**2 - مصدر كمون العمل في الغشاء قبل المشبكي :**

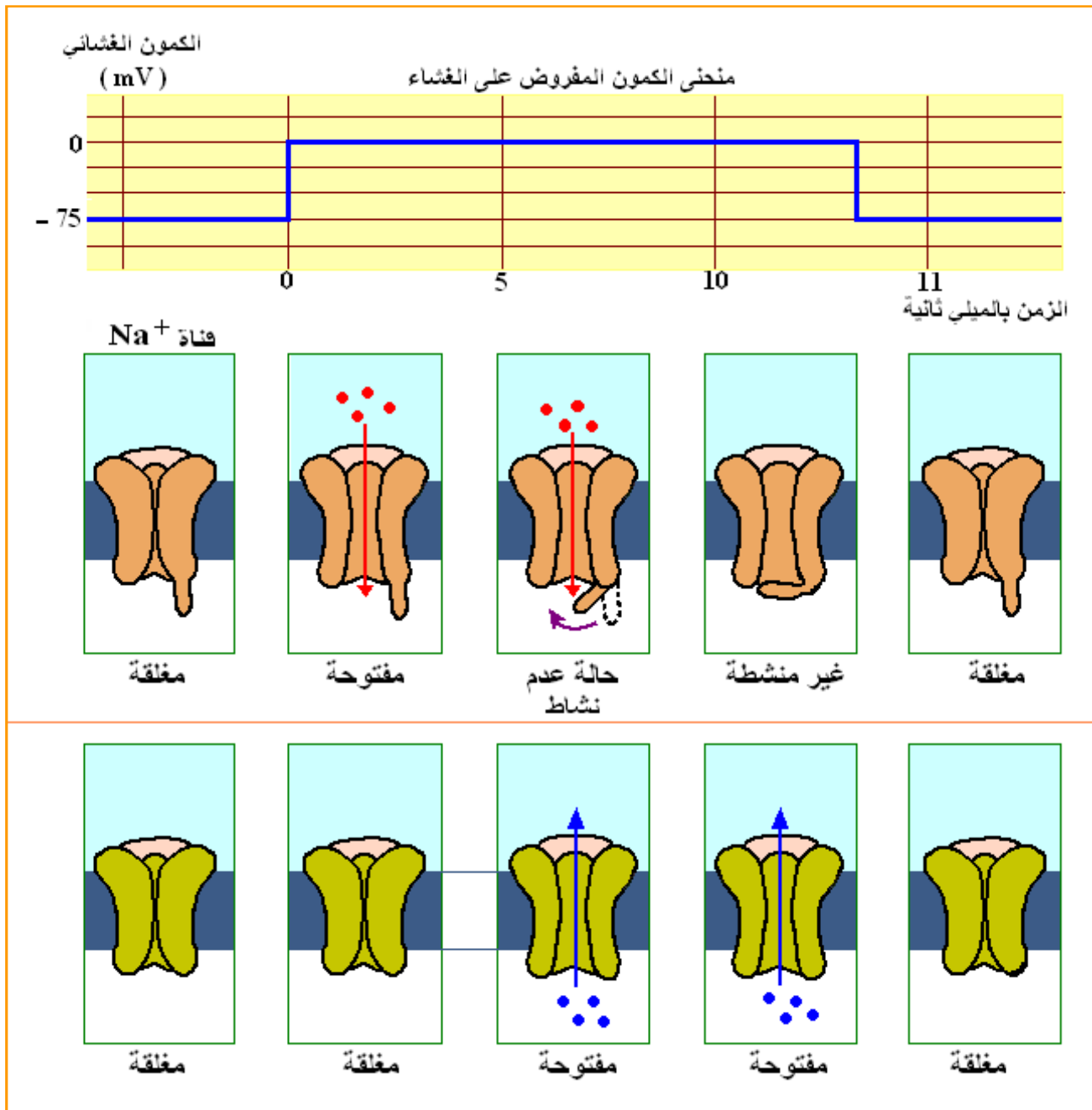
- أ - نعزل جزء من غشاء العصبون قبل المشبكي الذي يحتوي على نوعين من القنوات بطريقة " Patch - clamp " ونخضعه لكمون اصطناعي مفروض يحول الكون الغشائي إلى 0 mv مثل ما هو مبين في المنحنى ( أ ) ، ثم نسجل التيارات التي تعبر الغشاء ضمن ظروف معينة .  
النتائج المحصل عليها ممثلة في تسجيلات الوثيقة - 2 - ، حيث :
- التسجيل ( 1 ) حالة عادية ، أثناء تطبيق الكمون المفروض .
  - التسجيل ( 2 ) عند إضافة مادة مثبطة لانتقال شوارد الـ  $Na^+$  .
  - التسجيل ( 3 ) عند إضافة مادة مثبطة لانتقال شوارد الـ  $K^+$  .



- **حلل نتائج التسجيل ( 1 ) .**
- قبل تطبيق الكمون المفروض ، لا نسجل أي تيار داخلي أو تيار خارجي .
- أثناء تطبيق الكمون المفروض ( إحداث تنبيه ) ، نسجل في البداية تيار داخلي سريع و لمدة زمنية قصيرة ، ثم تيار خارجي بطيء و لمدة زمنية طويلة .
- **ماذا تستنتج ؟**
- فرض الكمون على الغشاء يولد نوعين من التيارات ، الأول داخلي و الثاني خارجي .
- **حلل نتائج التسجيلين ( 2 ) و ( 3 ) .**
- في وجود مادة ( **Tétrodotoxine** ) ( **TDT** ) المثبطة لانتقال شوارد الـ  $Na^+$  يبقى التيار الخارجي و يختفي التيار الداخلي .
- في وجود مادة ( **Tétraéthyl-ammonium** ) ( **TEA** ) المثبطة لانتقال شوارد الـ  $K^+$  يبقى التيار الداخلي و يختفي التيار الخارجي .

# المجال الأول \*\* الوحدة الخامسة: دور البروتينات في الاتصال العصبي \*\*

- ما هي المعلومات المستخرجة من مقارنة التسجيلين (2) و (3) مع (1) ؟
  - التيار الداخلي ناتج عن **دخول شوارد الـ  $Na^+$**  ، و التيار الخارجي ناتج عن **خروج شوارد الـ  $K^+$**  .
  - إذا علمت أن التيارات المسجلة تتم عبر قنوات فولطية ، علل تسمية هذه القنوات اعتمادا على نتائج التسجيل (1) و المنحنى (أ) ، ثم حدد أنواعها .
  - القنوات الفولطية هي القنوات التي تنفتح عند مرور السيالة العصبية .
  - **تحديد أنواعها:**
  - القنوات الفولطية نوعان ، الأولى خاصة بتدفق شوارد الـ  $Na^+$  ، و الثانية خاصة بتدفق شوارد الـ  $K^+$  .
- ب - لمعرفة آلية عمل القنوات المرتبطة بالفولطية ، نقدم لك أشكال الوثيقة - 3 - .



**الوثيقة - 3 -**

- بالاعتماد على أشكال الوثيقة - 3 - ، اشرح تأثير الكمون المفروض ( المطبق ) على هذه القنوات .
- في غياب الكمون المفروض على الغشاء تكون قنوات الـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$  الفولطية مغلقة .
- خلال الكمون المفروض على الغشاء تنفتح قنوات الـ  $Na^+$  لتسمح لها بالدخول ، بينما تبقى قنوات الـ  $K^+$  مغلقة .
- بعد ذلك تنغلق قنوات الـ  $Na^+$  لتصبح في حالة عدم النشاط ، ثم تنفتح قنوات الـ  $K^+$  لتسمح لها بالخروج .
- عند زوال الكمون المفروض على الغشاء تنغلق كذلك قنوات الـ  $K^+$  إلى جانب قنوات الـ  $Na^+$  .
- هل نتائج الوثيقة - 3 - تعلق التسجيل ( 1 ) من الوثيقة - 3 - ؟
- نعم .
- وضح .
- يعود التيار الداخلي لدخول شوارد الـ  $Na^+$  بعد انفتاح القنوات المرتبطة بالفولطية و الخاصة بها .
- يعود التيار الخارجي لخروج شوارد الـ  $K^+$  بعد انفتاح القنوات المرتبطة بالفولطية و الخاصة بها .
- انطلاقاً من دراستك السابقة ، استخرج إذن مصدر كمون العمل المسجل في المنحنى (1) من النشاط (1) في الوثيقة - 1 - ( صفحة 140 ) .
- كمون العمل مصدره تيارات داخلية لشوارد الـ  $Na^+$  و تيارات خارجية لشوارد الـ  $K^+$  عبر القنوات المرتبطة بالفولطية .
- إن تسجيل كمون العمل في الغشاء قبل المشبكي ناتج عن تدفق الشوارد عبر هذه القنوات الفولطية .
- استخرج مميزات القنوات الفولطية معتمداً على أشكال الوثيقة - 3 - .
- ذات طبيعة بروتينية .
- تخترق طبقتي الفوسفوليبيد للغشاء .
- تنفتح عند مرور السيالة العصبية .
- تسمح بنقل الشوارد حسب تدرج تركيزها ( الميز ) .
- تسمح بنقل اصطفائي ( اختياري ) ، فهناك قنوات تختص بنقل الـ  $Na^+$  و أخرى بنقل الـ  $K^+$  .

## ملاحظة :

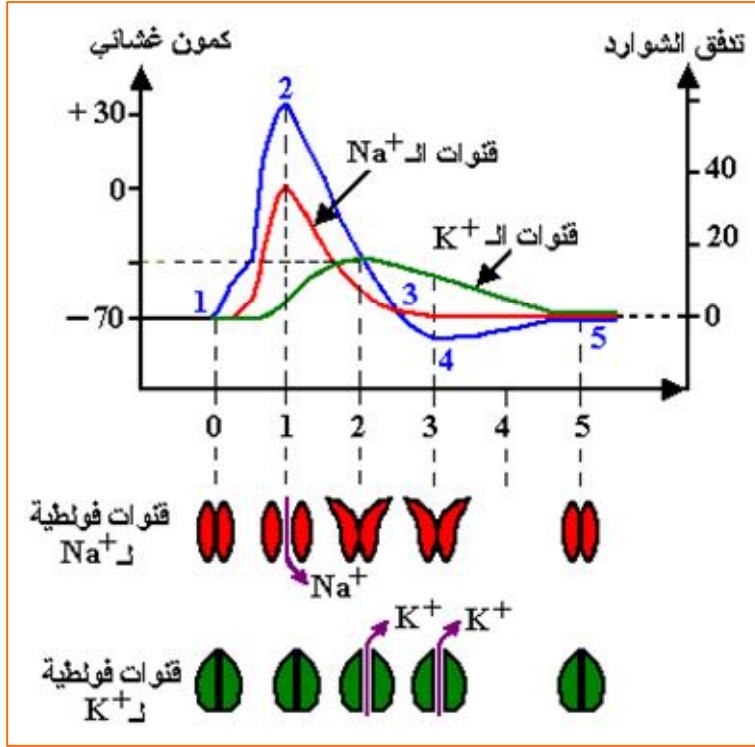
- السيالة العصبية هي ظاهرة بيوكيميائية ( بيو = حيوية ) و ( كيميائية = شاردية ) ، لأن كمون العمل ينتج عن حركة شوارد الصوديوم و البوتاسيوم (فهى ظاهرة كيميائية) ، كما أن المحافظة على التوزيع غير المساوي للشاردين على جانبي الغشاء يعود إلى مضخة الـ  $K^+ / Na^+$  التي هي من طبيعة بروتينية تتطلب لعملها كل من الطاقة و حيوية الخلية (فهى ظاهرة حيوية) .

## معلومات مفيدة :

القنوات الفولطية : تدعى كذلك بالقنوات المبوبة كهربائياً .



ج- لتوضيح دور القنوات الفولطية ( القنوات المبوبة كهربائياً ) في تسجيل الكمونات الغشائية نقدم لك معطيات الوثيقة - 4 - .



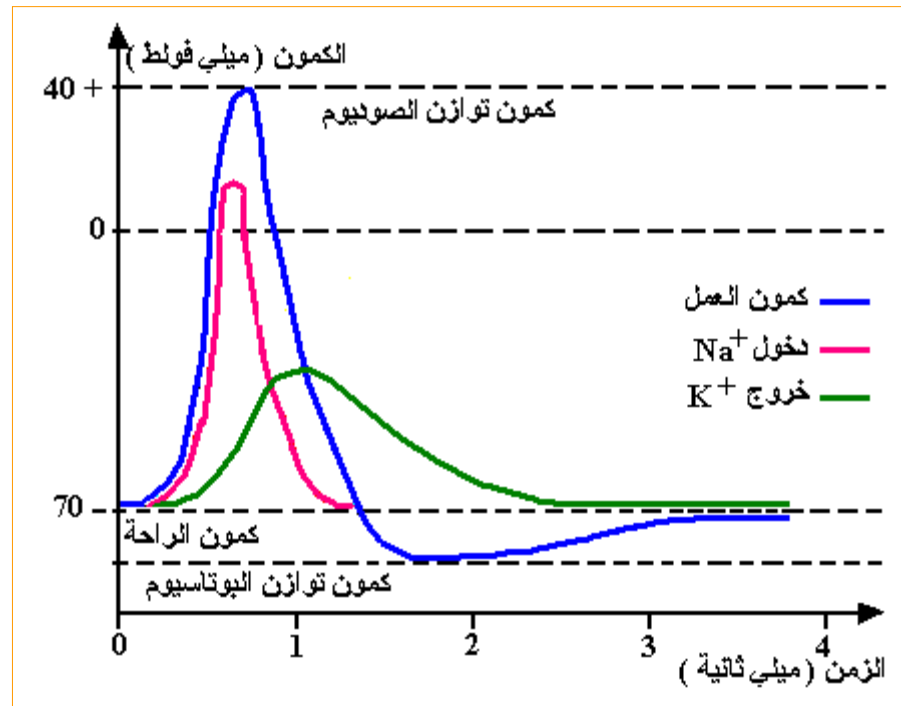
**الوثيقة - 4 -**

**ملف : Flash 3**

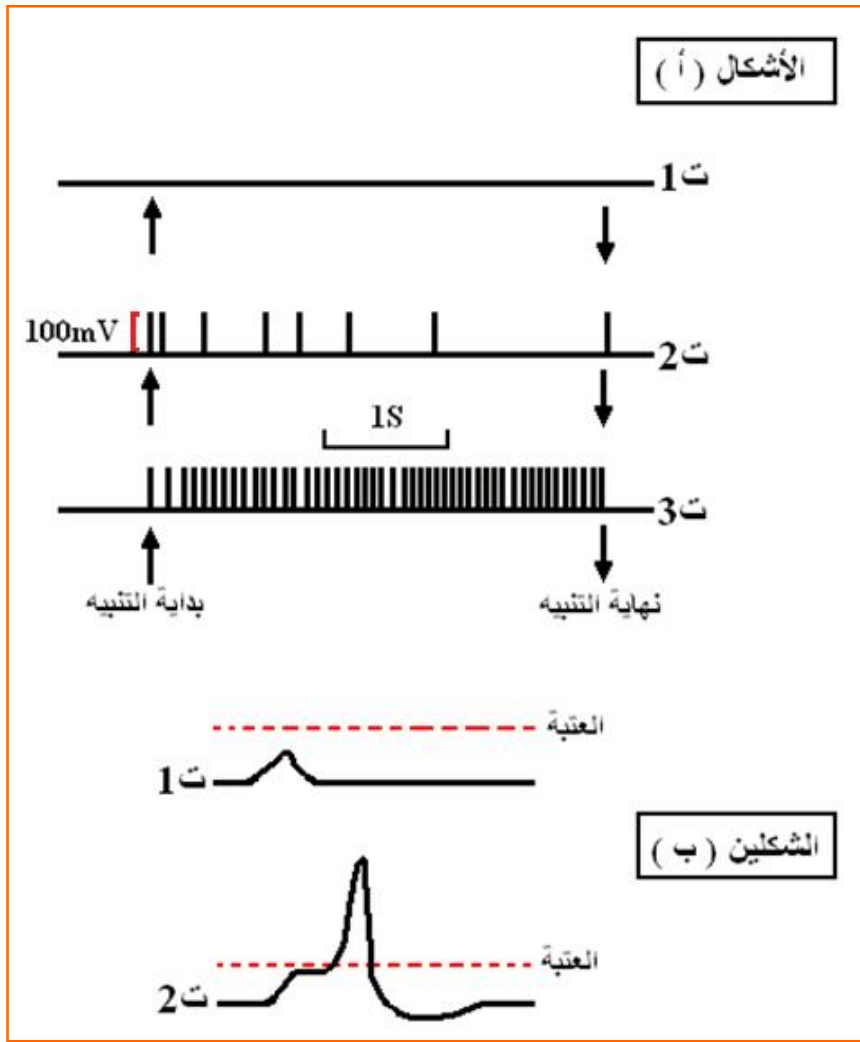
- **حل معطيات الوثيقة - 4 - .**
- يشمل كمون العمل مرحلتين أساسيتين :
- مرحلة زوال استقطاب الغشاء ( من 0 إلى 1 ms ) .
- مرحلة عودة الاستقطاب تتبع بفرط استقطاب طفيف قبل العودة إلى الحالة الطبيعية ( من 1 إلى 5 ms ) .
- عند (1) :** خلال كمون الراحة تكون قناتا الصوديوم و البوتاسيوم المرتبطتان بالفولطية مغلقتين و بالتالي عدم حركة الشوارد .
- بين (1) و (2) :** نسجل أثناء زوال استقطاب الغشاء تدفق أيوني داخلي معتبر لـ  $Na^+$  نتيجة انفتاح قناة الصوديوم ، بينما تبقى قناة البوتاسيوم مغلقة .
- بين (2) و (3) :** نسجل أثناء عودة الاستقطاب تدفق أيوني خارجي لـ  $K^+$  مع انخفاض في تدفق شوارد الـ  $Na^+$  إلى أن تتوقف نتيجة انفتاح قناة البوتاسيوم و انغلاق قناة الصوديوم .
- بين (3) و (4) :** نسجل أثناء الفرط الطفيف في الاستقطاب استمرار التدفق الخارجي لـ  $K^+$  مع تناقص خروجه بسبب الانغلاق التدريجي لقنواته .
- عند (5) :** أثناء العودة إلى كمون الراحة تنغلق قناة الـ  $K^+$  المرتبطة بالفولطية ، و بالتالي تتوقف حركة الشوارد .
- **أوجد علاقة بين القنوات الفولطية و الأجزاء (1 و 2) (2 و 3) الملاحظة في تسجيلات الوثيقة - 4 - .**
- **زوال الاستقطاب يعود لانفتاح القنوات المرتبطة بالفولطية للصوديوم و دخول هذه الشوارد .**
- **عودة الاستقطاب يعود لانفتاح القنوات المرتبطة بالفولطية للبوتاسيوم و تدفق خارجي لهذه الأخيرة .**
- **بالاعتماد على معطيات الوثيقة - 4 - اشرح الجزء الممثل لـ (3 و 4) الملاحظ في كل كمون غشائي .**
- **يفسر الإفراط في الاستقطاب إلى تأخر انغلاق القنوات المرتبطة بالفولطية للبوتاسيوم و استمرار خروجه .**
- **انطلاقاً مما توصلت إليه و معلوماً ، قدم تفسيراً لعودة استقرار كمون الراحة المبين في (4 ، 5) من منحنيات تسجيلات الوثيقة - 4 - .**
- **العودة إلى كمون الراحة يرجع إلى تدخل المضخة الشاردية .**

- **فسر كمون العمل اعتمادا على الظواهر الشاردية ( الكيميائية ):**
- يفسر زوال الاستقطاب **بالدخول السريع و لمدة قصيرة لشوارد الـ  $Na^+$**  عبر القنوات الفولطية.
- تفسر عودة الاستقطاب **بالخروج البطيء و لمدة أطول لشوارد الـ  $K^+$**  عبر القنوات الفولطية..
- يفسر الفرط في الاستقطاب **باستمرارية الخروج البطيء لشوارد الـ  $K^+$**  بعد حدوث عودة الاستقطاب عبر القنوات الفولطية..
- العودة إلى كمون الراحة يتم **بالعمل المتسارع لمضخة الـ  $K^+/Na^+$**  المستهلكة للطاقة ( ATP ) ( خروج شوارد الـ  $Na^+$  و دخول شوارد الـ  $K^+$  عكس تدرج التركيز ) .

تفسير كيميائي ( شاردى ) لكمون العمل



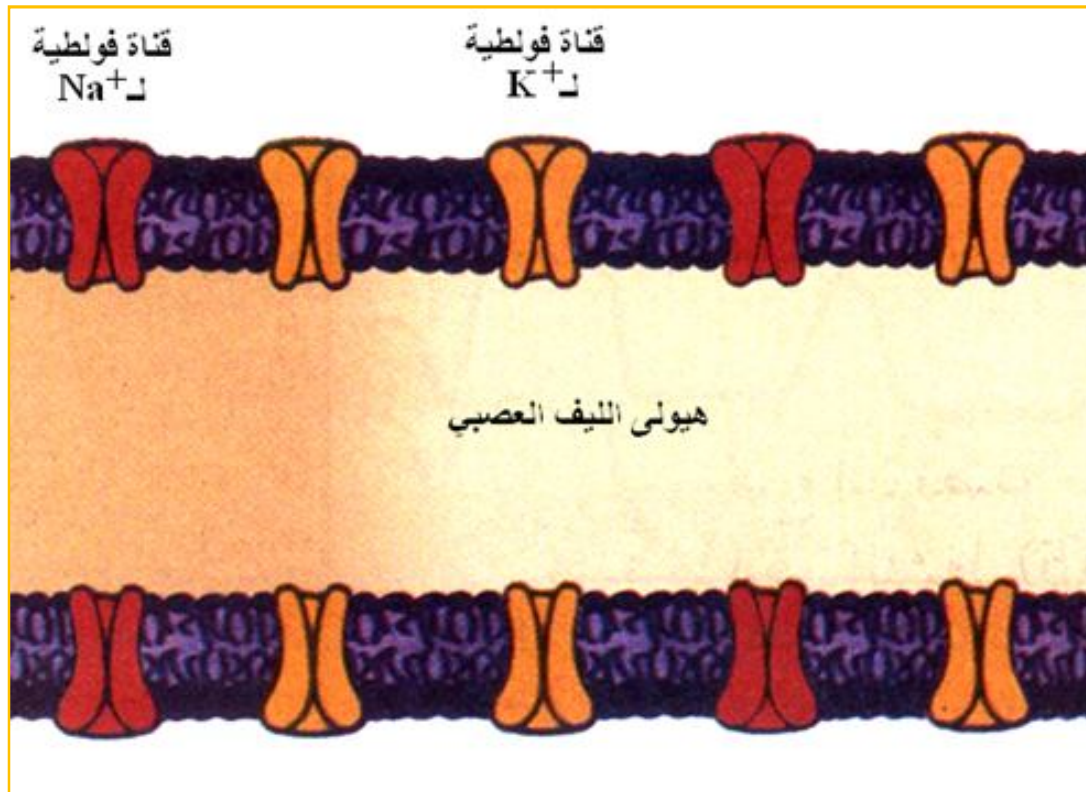
**3 - انتشار كمون العمل قبل المشبكي :**



لاستخراج شروط تسجيل كمون عمل و انتشاره حتى مستوى النهاية العصبية قبل المشبكية ، نقدم لك النتائج التجريبية التالية :

تبين الوثيقة - 5 - ( الأشكال " أ " و " ب " ) نتائج تسجيلات كهربائية أنجزت على ليف عصبي معزول إثر تنبيهات متزايدة الشدة ، حيث كل خط عمودي يمثل كمون عمل ، كما يوضح الشكل ( ب ) تفاصيل أحد التسجيلات المحصل عليها إثر التنبيه في كل من ت<sub>1</sub> و ت<sub>2</sub> ، بينما توضح الوثيقة - 6 - توزع القنوات الفولطية على طول غشاء ليف عصبي عديم النخاعين

**الوثيقة - 5 -**



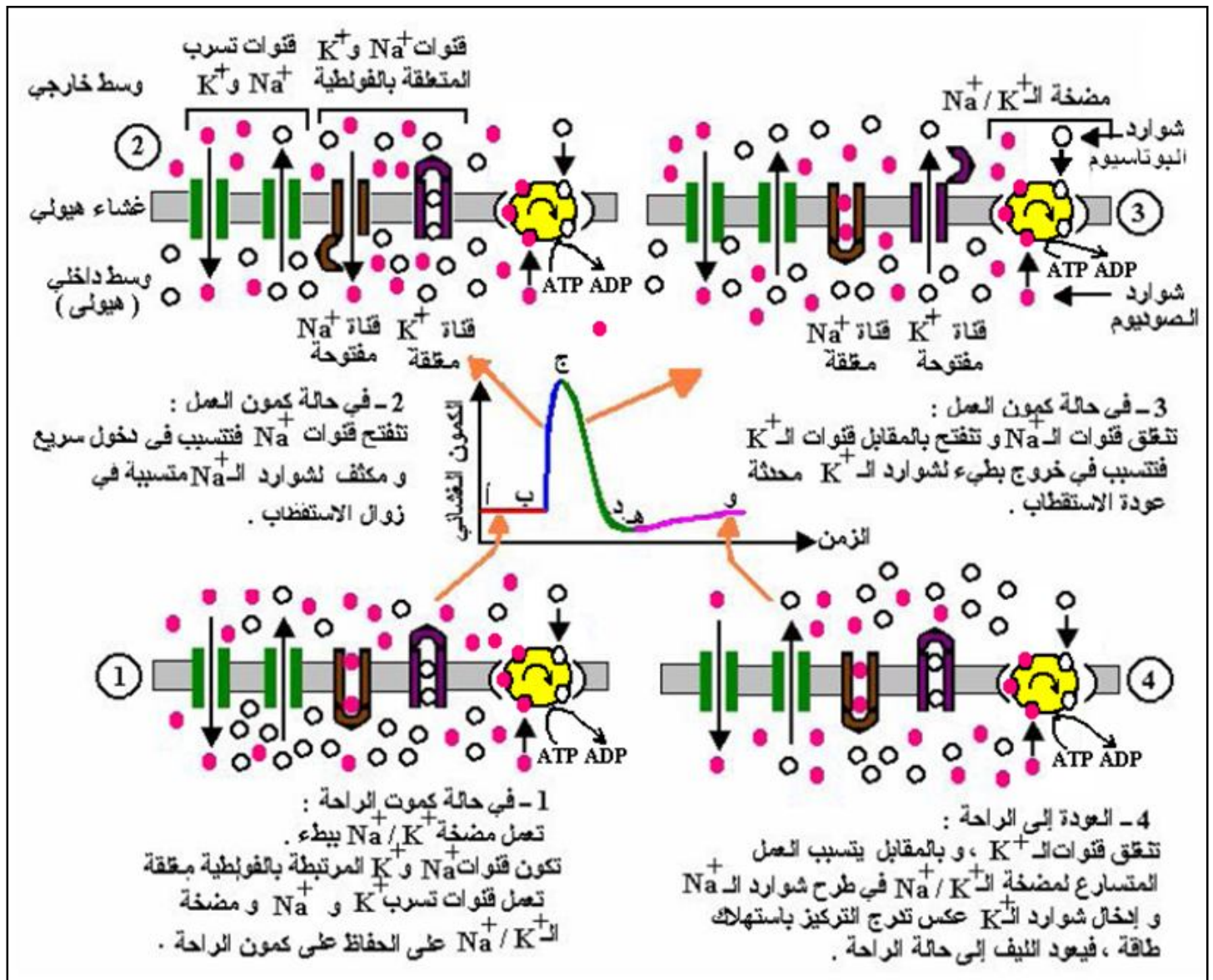
**الوثيقة - 6 -**

- حل نتائج تسجيلات الوثيقة - 5 - .
- في ت<sub>1</sub>: تكون الشدة ضعيفة و لا يتم تسجيل أي كمون عمل .
- في ت<sub>2</sub>: تكون الشدة أكبر من الأولى و عليه يتم تسجيل عدد قليل من كمونات العمل .
- في ت<sub>3</sub>: تكون الشدة أكبر من الثانية و عليه يتم تشكيل عدد كبير من كمونات العمل .
- ماذا تستنتج؟
- تسجيل كمونات عمل يتطلب شدة دنيا تعرف بالعتبة .
- تواتر كمونات العمل مرتبط بشدة التنبيهات .
- استخرج العلاقة بين شدة التنبيه و تواترات كمون العمل .
- كلما زادت شدة التنبيهات زاد تواتر كمونات العمل.
- يتم انتشار السيالة العصبية عند تنبيه الليف العصبي بتطبيق الشدتين ت<sub>2</sub> و ت<sub>3</sub> ، اشرح كيف تنتشر السيالة العصبية معتمدا على معطيات الوثيقة - 6 - ؟
- تنتشر السيالة العصبية عند تنبيه الليف العصبي نتيجة التغير المؤقت لنفاذية الغشاء لشوارد الـ  $Na^+$  و الـ  $K^+$  عبر القنوات المرتبطة بالفولطية.

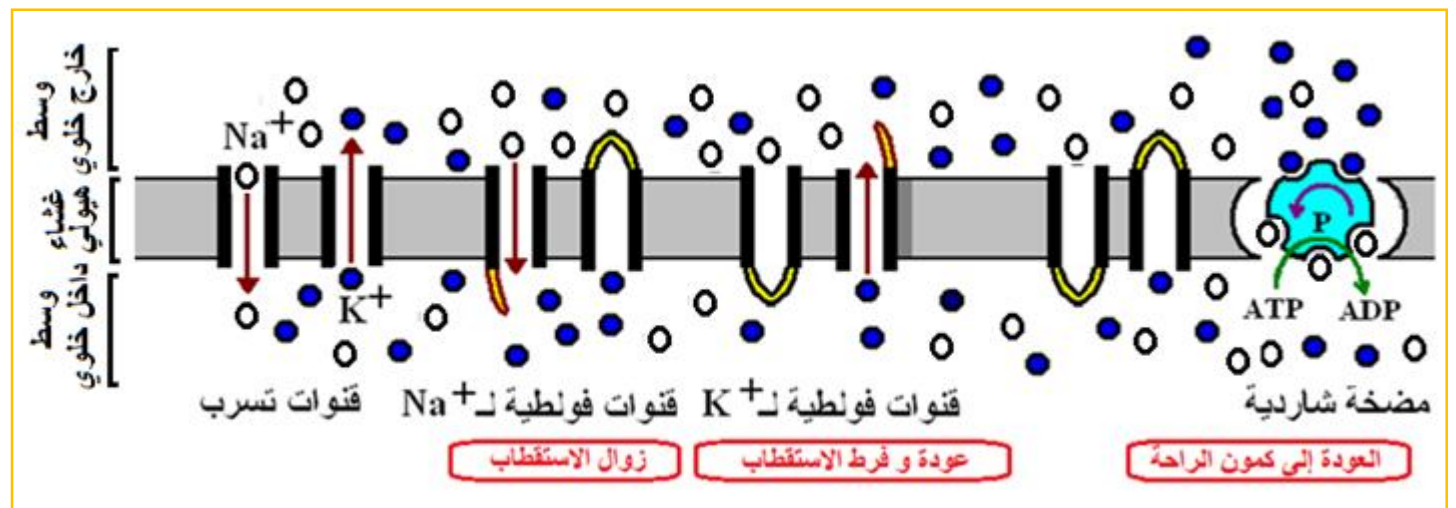


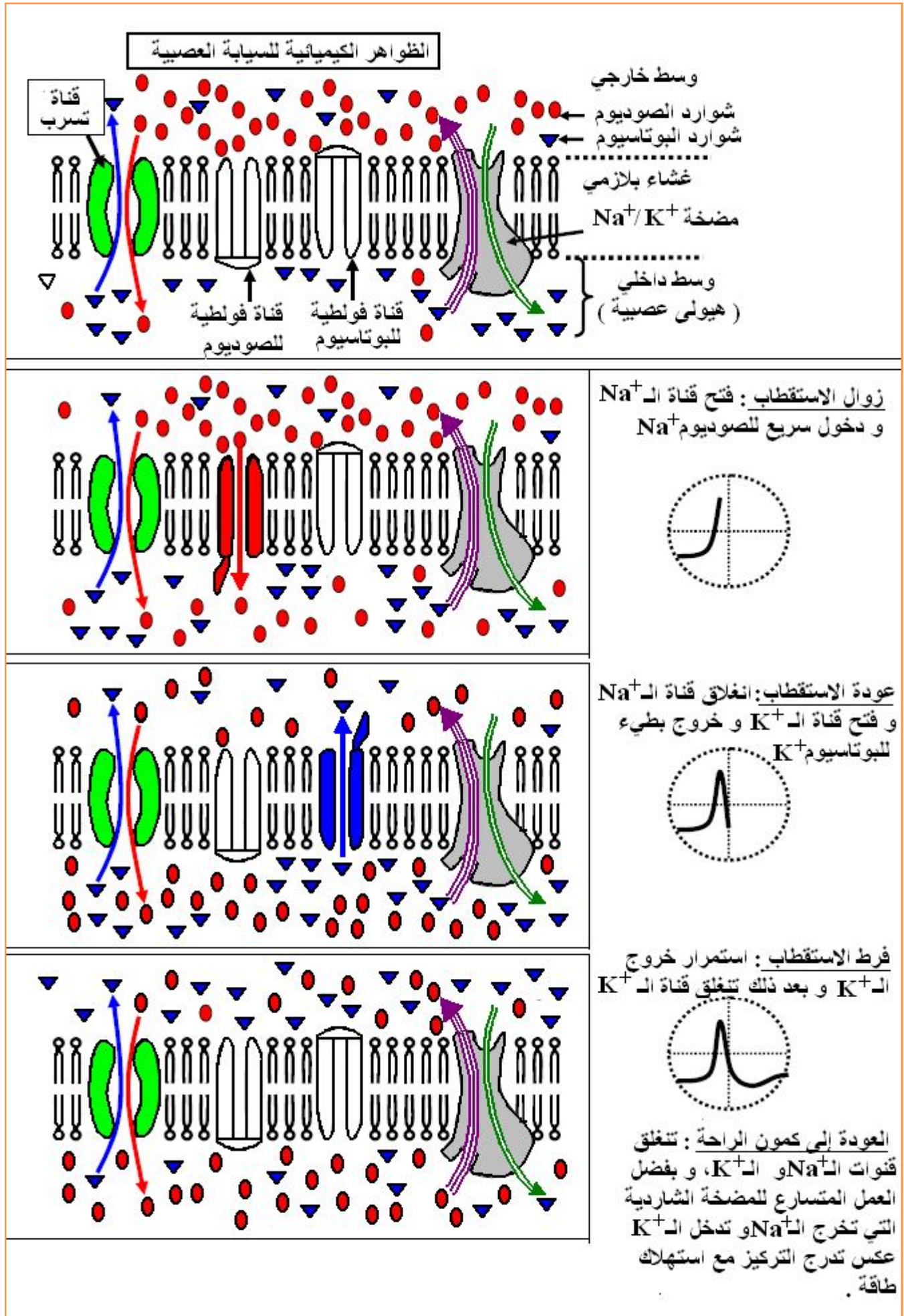
# المجال الأول \*\* الوحدة الخامسة: دور البروتينات في الاتصال العصبي \*\*

• بين برسم على المستوى الجزيئي دور البروتينات الغشائية لليف العصبي أثناء كمون الراحة و العمل .



• بين برسم على المستوى الجزيئي دور البروتينات الغشائية لليف العصبي أثناء كمون العمل .



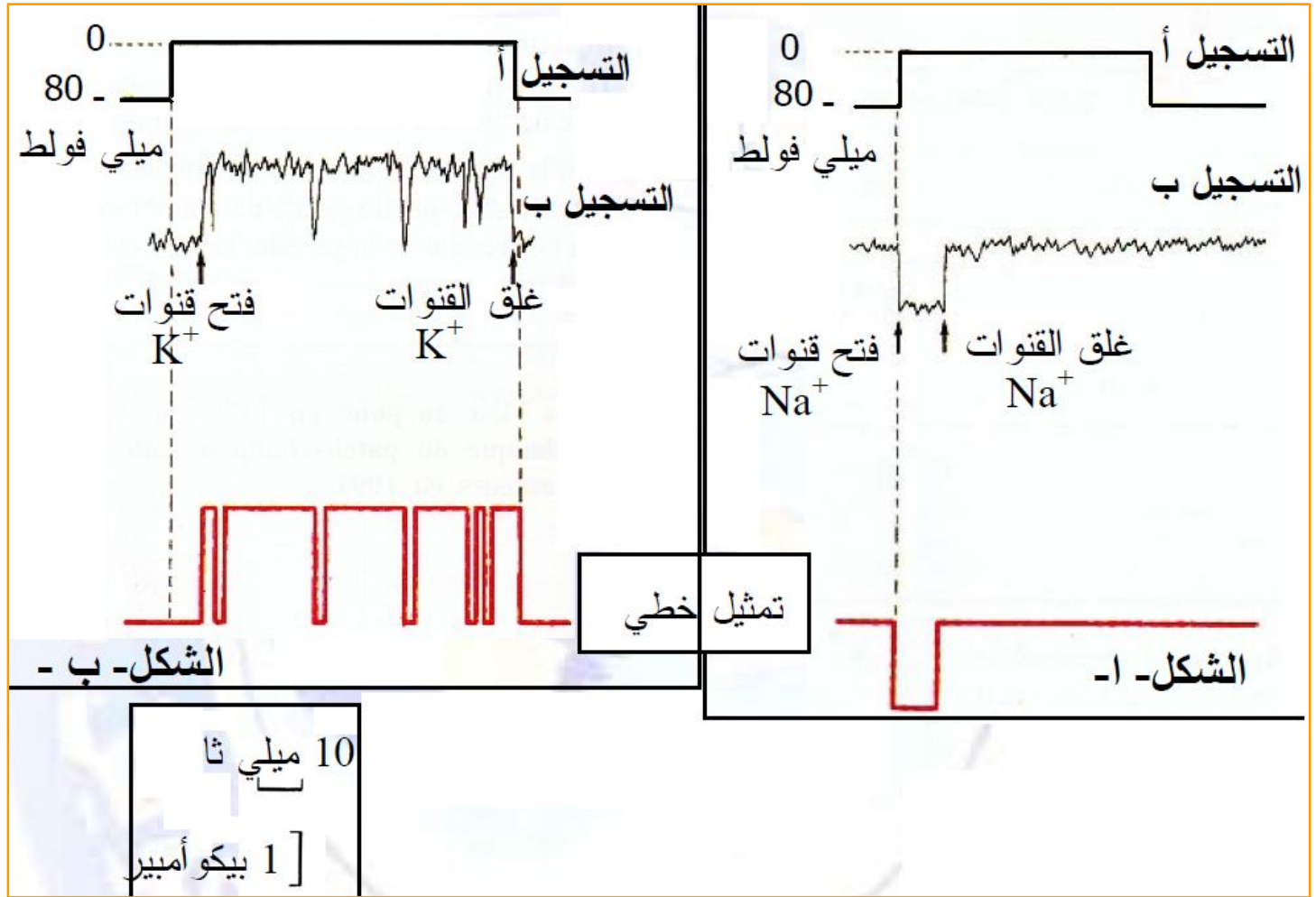




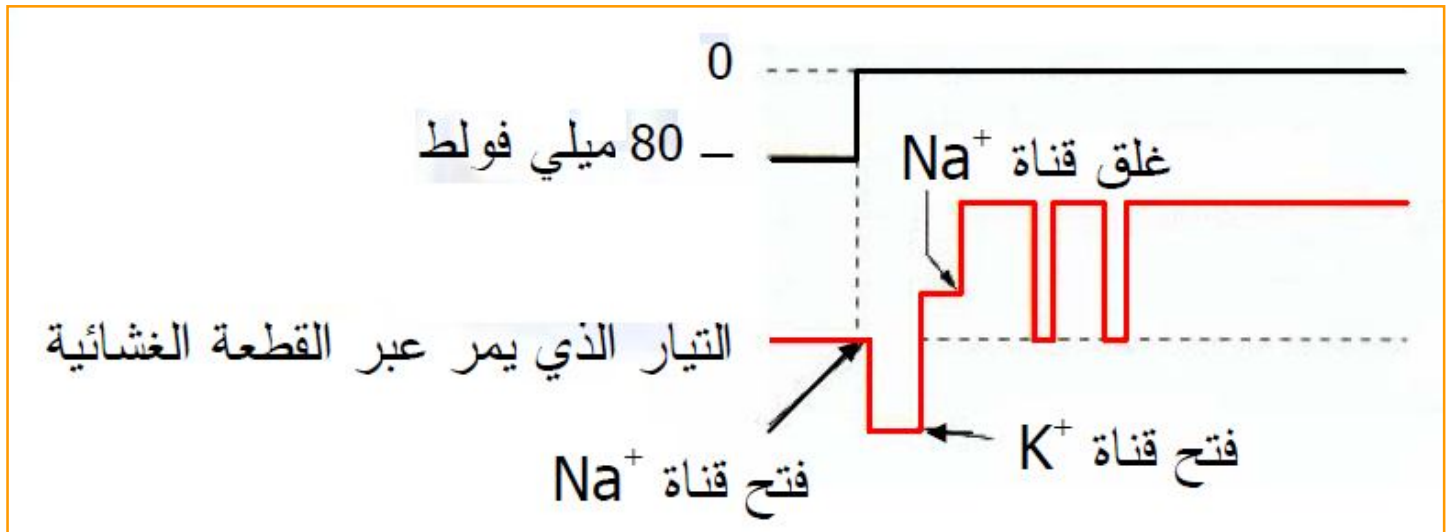
# المجال الأول \*\* الوحدة الخامسة: دور البروتينات في الاتصال العصبي \*\*

## تطبيق 01:

نزول استقطاب قطعة الغشاء المعزولة (نطبق كمون مفروض) و ذلك بتغيير الكمون الغشائي من - 80 mv إلى 0 mv .  
النتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة التالية:



بينما تمثل الوثيقة الموالية التسجيل المحصل عليه عند عزل قطعة غشاء تحتوي على قناة واحدة للـ  $Na^+$  و قناة واحدة للـ  $K^+$ .



• حل التسجيلات المحصل عليها في الشكلين (أ) و (ب) من الوثيقة - 1 .

❖ **تسجيلات الشكل (أ) :**

- يصحب زوال الاستقطاب الاصطناعي للغشاء ( الكمون المفروض 0 mv ) بتسجيل نبضة لتيار داخلي ناتجة عن حركة الأيونات ( حوالي 1 بيكو أمبير) الموافق لانفتاح القنوات الأيونية للـ  $Na^+$  ( مدة زمنية قصيرة 0.7 ms ) ( انحراف المنحنى نحو الأسفل ) .
- يتوقف التدفق الأيوني للـ  $Na^+$  تلقائيا ( غلق القناة ) بالرغم من استمرار زوال الاستقطاب المطبق .

❖ **تسجيلات الشكل (ب) :**

- يصحب زوال الاستقطاب الاصطناعي للغشاء ( الكمون المفروض 0 mv ) بتسجيل نبضات لتيارات خارجية ناتجة عن حركة الأيونات ( حوالي 7 بيكو أمبير) الموافق لانفتاح القنوات الأيونية للـ  $K^+$  ( انحراف المنحنى نحو الأعلى ) .
- تسجل النبضة الأولى بعد 7 ms من زوال الاستقطاب .
- لا يتوقف التدفق الأيوني للـ  $K^+$  أي لا تنغلق قنوات الـ  $K^+$  إلا إذا عاد الكمون الغشائي إلى قيمته الأصلية ( كمون الراحة ) .



**الحصة التعليمية 4 : تذكير بالمكتسبات " النقل المشبكي "**

**أ - وضعية الانطلاق :**

يؤدي المنعكس العضلي إلى تدخل العناصر التشريحية التالية : مستقبلات حسية ، عصبونات حسية جابذة نحو المركز العصبي ، مركز عصبي انعكاسي ، عصبونات نابذة محركة ، عضلات منفذة .  
تتصل هذه العناصر فيما بينها بواسطة مشابك .

**ب - الإشكاليات :**

• كيف تنقل السيالة العصبية في مستوى المشابك من الخلية قبل المشبكية إلى الخلية بعد مشبكية؟

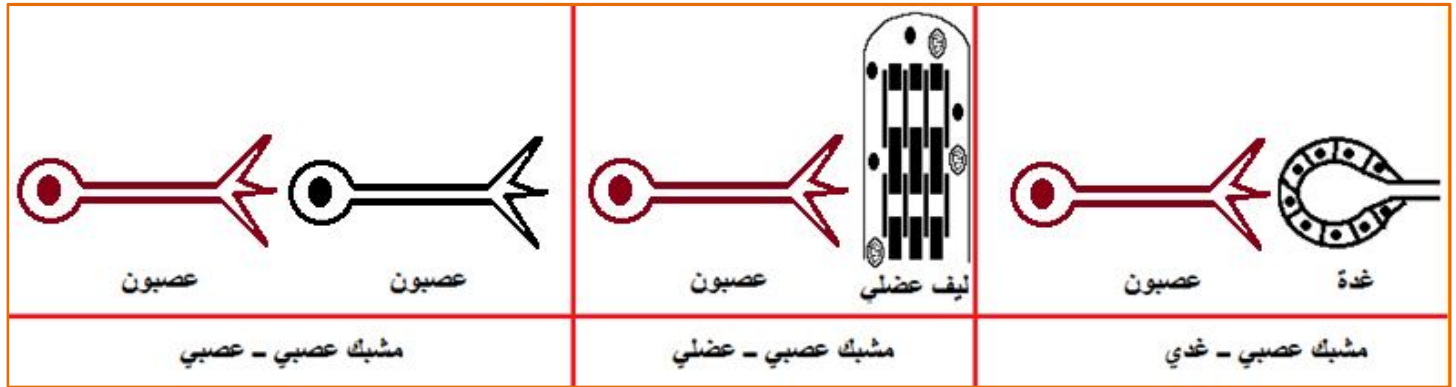
**ج - الفرضيات :**

- عن طريق وسائط كيميائية .
- عن طريق الشوارد .

**د - التقصي :**

**1 - بنية المشبك :**

المشبك هو **منطقة اتصال وظيفي** بين خليتين قابلتين للتنبه ( عصبون - عصبون )  
( عصبون - ليف عضلي ) أو ( عصبون - غدة ) .



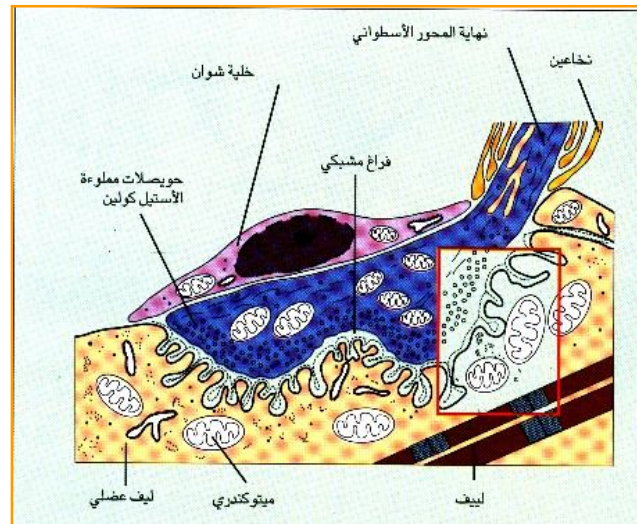
يتكون المشبك من عنصر قبل مشبكي و عنصر بعد مشبكي يفصلهما شق مشبكي .

العنصر قبل المشبكي يكون عبارة عن عصبون .

العنصر بعد المشبكي يكون عبارة عن عصبون أو ليف عضلي أو غدة .

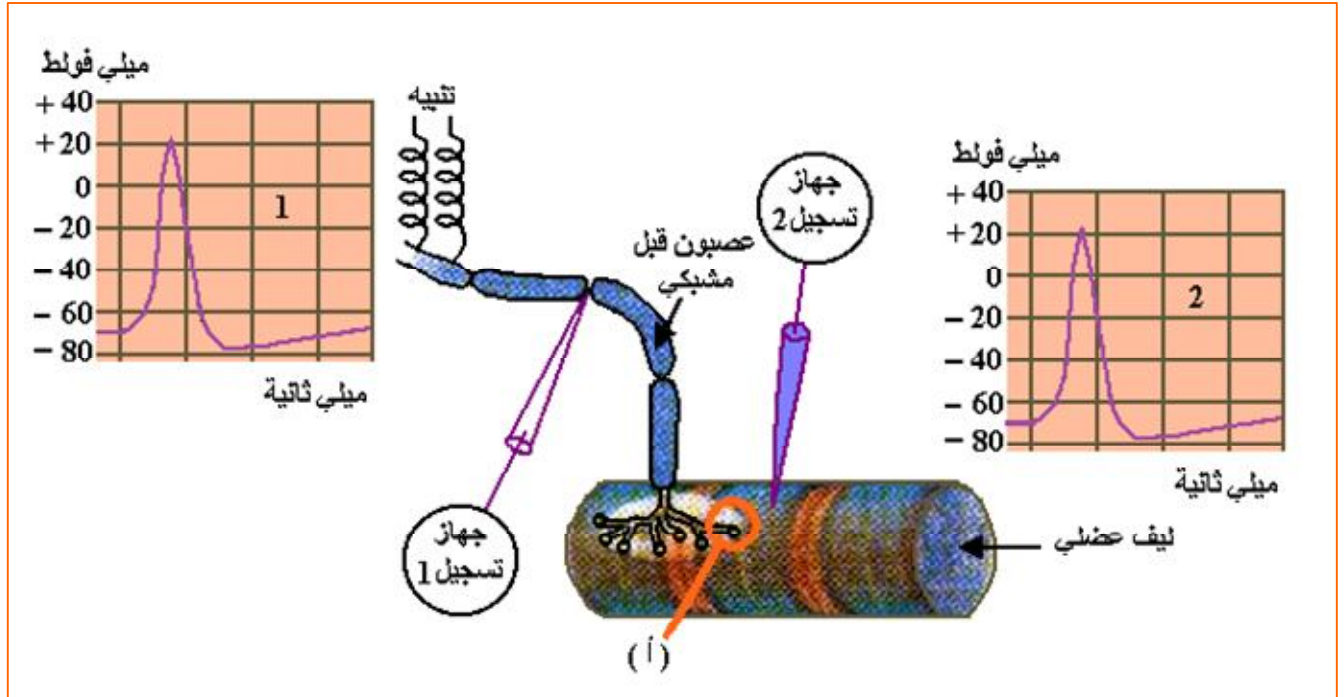
يتميز العنصر قبل المشبكي بكثرة كل من **الحويصلات المشبكية** و الميتوكوندري النامية الأعراف .

يتميز الغشاء البعد مشبكي بكثرة كل من **الانخمصات (الانتشاءات)** و الميتوكوندري النامية الأعراف .



**2 - عواقب تنبيه ليف عصبي قبل مشبكي :**

تمثل الوثيقة - 1 - رسما تخطيطيا لتركيب تجريبي مكننا من تسجيل منحنيات الشكلين ( 1 و 2 ) إثر تنبيه الليف العصبي قبل مشبكي تنبيهها فعلا .



**حل هذه الوثيقة .**

إثر التنبيه الفعال لليف العصبي قبل المشبكي المتصل بالليف العضلي ( المنطقة " أ " ) يتم تسجيل منحنى كمون عمل أحادي الطور على مستوى الجهازين ( 1 ) و ( 2 ) دلالة على انتقال السيالة العصبية من الخلية قبل المشبكية ( الليف العصبي ) إلى الخلية بعد المشبكية ( الليف العضلي ) عبر الشق المشبكي .

**سم التسجيلين ( 1 ) و ( 2 ) من الوثيقة - 1 - .**

**التسجيل ( 1 ) :** كمون عمل أحادي الطور في الليف العصبي قبل المشبكي .

**التسجيل ( 2 ) :** كمون عمل أحادي الطور في الليف العضلي بعد المشبكي .

**ثم تعرف على البنية ( أ ) مبينا تركيبها .**

البنية ( أ ) عبارة عن مشبك عصبي - عضلي ( لوحة محرقة ) .

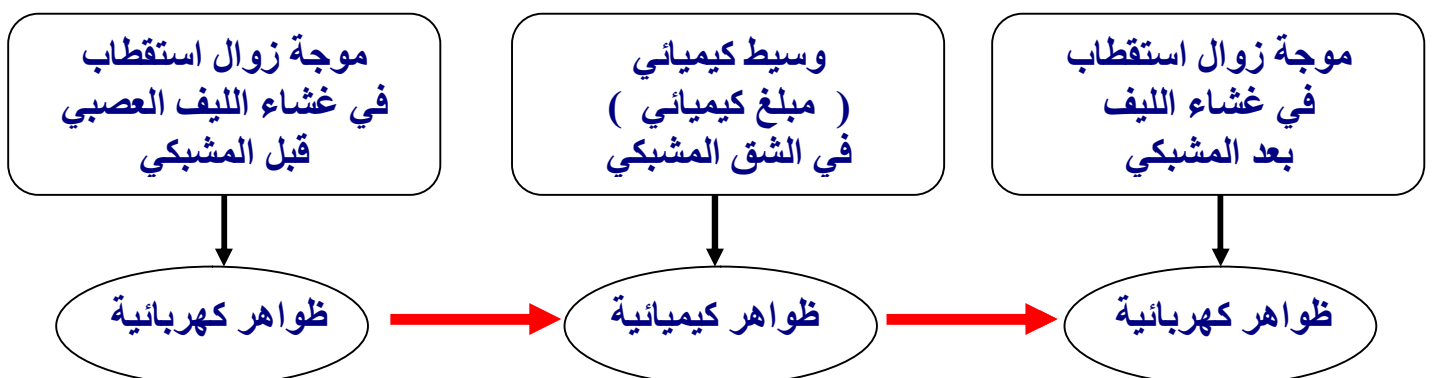
تتركب من :  $\oplus$  نهاية قبل مشبكية تتمثل في الغشاء قبل مشبكي للليف العصبي .

$\oplus$  فراغ ( شق ) مشبكي .

$\oplus$  نهاية بعد مشبكية تتمثل في الغشاء بعد مشبكي للليف العضلي .

**ينتج عن تنبيه الليف العصبي قبل المشبكي تعاقب ظواهر كهربائية و كيميائية قبل تقلص الليف العضلي .**

**أ - رتب هذا التعاقب ثم حدد مقره .**



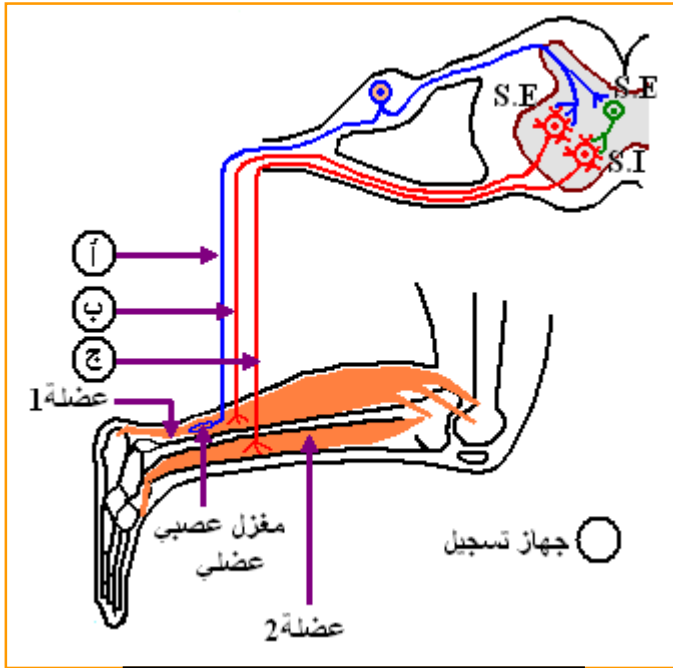
ب - استنتج دور البنية ( أ ) في هذا التعاقب .

- البنية ( أ ) عبارة عن مشبك عصبي - عضلي ( **لوحة محرقة** ) .

- يتمثل دورها في نقل السيالة العصبية من الغشاء قبل المشبكي إلى العنصر بعد المشبكي .

• **ماذا تستخلص من دراستك لهذه التجربة ؟**

- تسجيل كمون عمل في الخلية بعد المشبكية إثر تنبيه فعال للخلية قبل المشبكية يؤدي إلى تعاقب ظواهر كهربائية ثم كيميائية ثم كهربائية مرة أخرى .



رسم تخطيطي يمثل المنعكس

### 3 - مسار السيالة العصبية أثناء المنعكس العضلي:

تمثل الوثيقة - 2 - مسار السيالة العصبية في المنعكس العضلي ، بينما تمثل الوثيقة - 3 - رسماً تفسيريًا لمسار السيالة العصبية المتولدة في المغزل العصبي العضلي للعضلة ( 1 ) و العودة إليها ( للتوضيح مثلت العضلة - 1 - مرتين ) .

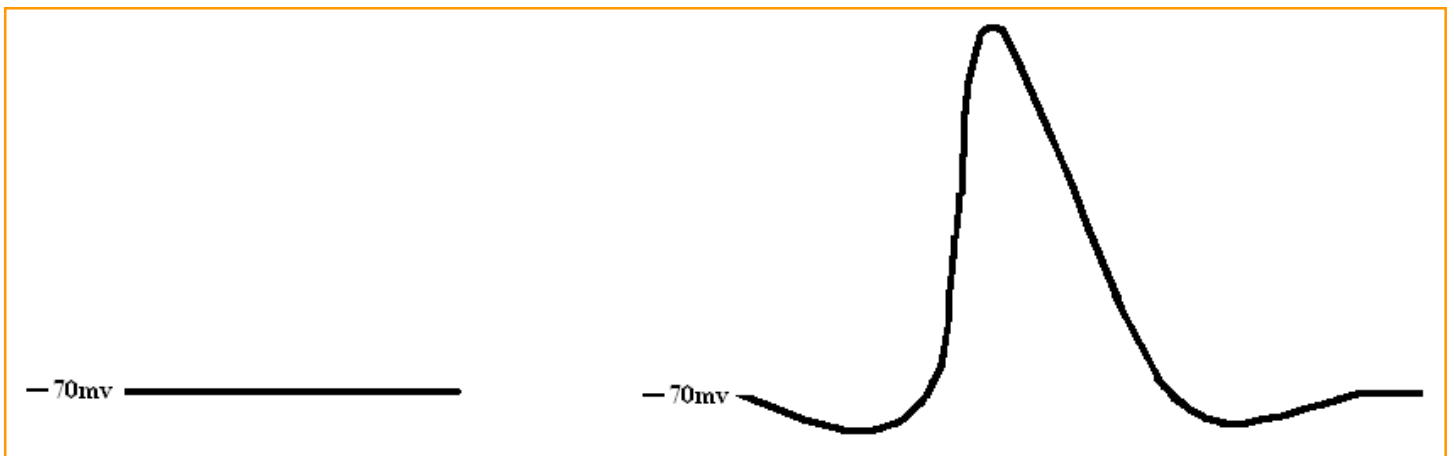
### الوثيقة - 2 -

### ملف : المنعكس العضلي

• **بالاعتماد على معلوماتك و نتائج الوثيقة - 2 - :**

أ - **مثل التسجيلات الكهربائية المحصل عليها في الأجهزة ( أ ، ب ، ج ) .**

- نتيجة التنبيه الفعال للعضلة ( 1 ) يتم تسجيل الظواهر الكهربائية على شكل منحنيات تمثل كمون أحادي الطور في الجهازين ( أ ) و ( ب ) ، بينما لا يتم تسجيل منحنى كمون العمل على مستوى الجهاز ( ج ) حيث تتقلص العضلة ( 1 ) ، بينما لا تتقلص العضلة ( 2 ) .



ب - **تعرف على البنيات المشار إليها بـ SE ، SI .**

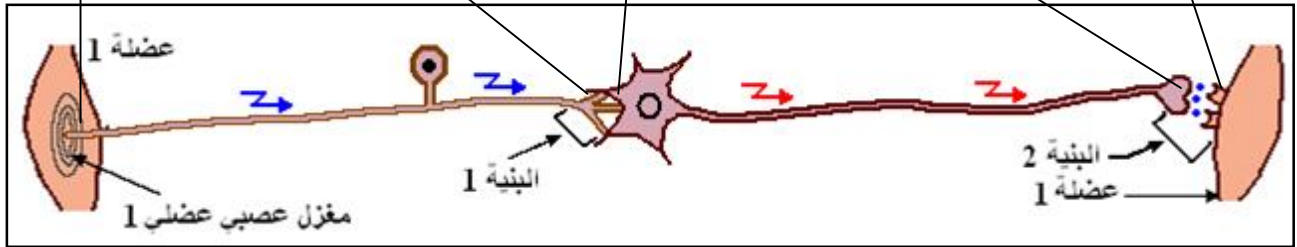
- **البنية SE** : عبارة عن مشبك منبه **Synapse Excitatrice** .

- **البنية SI** : عبارة عن مشبك مثبط **Synapse Inhibitrice** .

# المجال الأول \*\* الوحدة الخامسة: دور البروتينات في الاتصال العصبي \*\*

- حدد دور المركز العصبي في هذه الحالة .
- دمج السيالات العصبية القادمة إليه من مختلف الأعضاء .
- بالاعتماد على جوابك السابق و معطيات الوثيقة - 3 - ، إملأ الجدول المرفق بما يناسب من المعلومات.

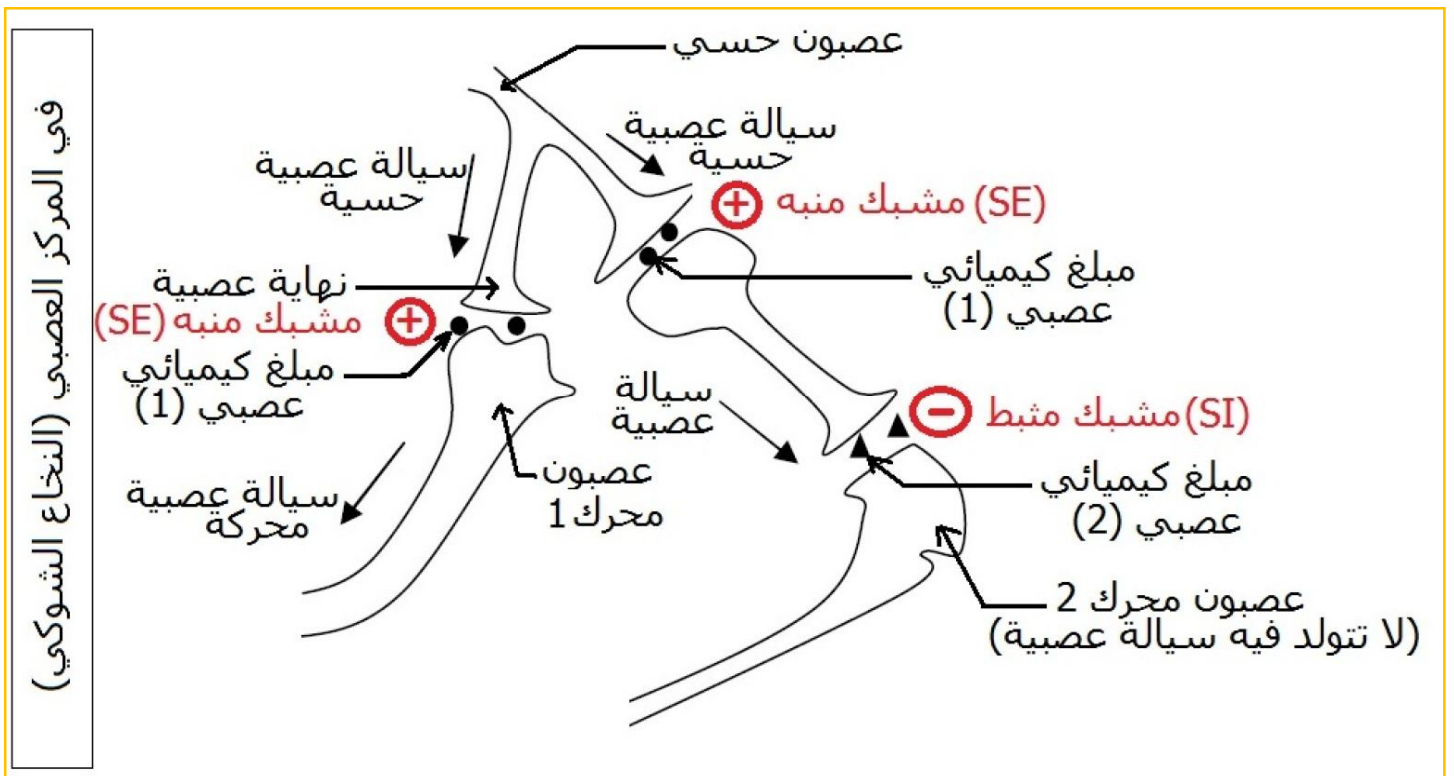
استجابة العضلة 1	انتقال السيالة العصبية في مستوى البنية 2	اتجاه السيالة العصبية وطبيعتها	انتقال السيالة العصبية في مستوى البنية 1	اتجاه السيالة العصبية وطبيعتها	تنبيه المغزل (العضلة 1)
تقلص العضلة (حركة)	وسيط كيميائي (مبلغ كيميائي) منبه (ظاهرة كيميائية)	من المركز نحو المحيط (سيالة عصبية حركية نابذة) (ظاهرة كهربائية)	وسيط كيميائي (مبلغ كيميائي) منبه (ظاهرة كيميائية)	من المحيط نحو المركز (سيالة عصبية حسية جابذة) (ظاهرة كهربائية)	توليد سيالة عصبية حسية



مسار السيالة العصبية

الوثيقة - 3 -

- بناء على ما سبق مثل تخطيطيا انتقال الرسالة العصبية على مستوى المشابك محددًا دور المراكز العصبية في ذلك.





## الحصة التعليمية 5 : آلية النقل المشبكي.

### أ – وضعية الانطلاق :

تنتقل الرسالة العصبية على مستوى المشابك الكيميائية بفضل المبلغات الكيميائية مثل الأستيل كولين إثر تنبيه فعال للغشاء قبل المشبكي .

### ب - الإشكاليات :

- كيف تؤثر هذه المبلغات الكيميائية ؟
- ما هي التغيرات التي تسببها على مستوى الخلية بعد المشبكية ؟

### ج – الفرضيات :

- تنبه أو تثبط الخلية بعد المشبكية .
- تغير من نفاذية الغشاء بعد المشبكي للشوارد .

### د – التقصي :

### مقر و آلية تأثير المبلغ الكيميائي ( الأستيل كولين ) :

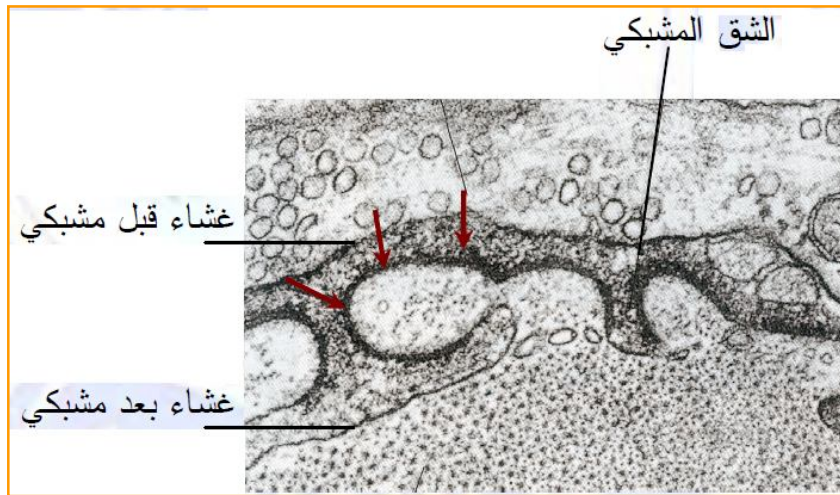
ينتقل كمون العمل من الخلية قبل مشبكية إلى الخلية بعد مشبكية بفضل مبلغات كيميائية مثل الأستيل كولين. التجارب التالية تبين مقر تأثيرها و التغيرات الناجمة عنها .

### 1 – إظهار مقر تأثير الأستيل كولين :

#### تجربة 1 :

لمعرفة مقر تأثير الأستيل كولين على مستوى المشبك نحقن في منطقة الاتصال العصبي العضلي مادة (  $\alpha$  . bungarotoxine ) مشعة مستخلصة من نوع من الثعابين .

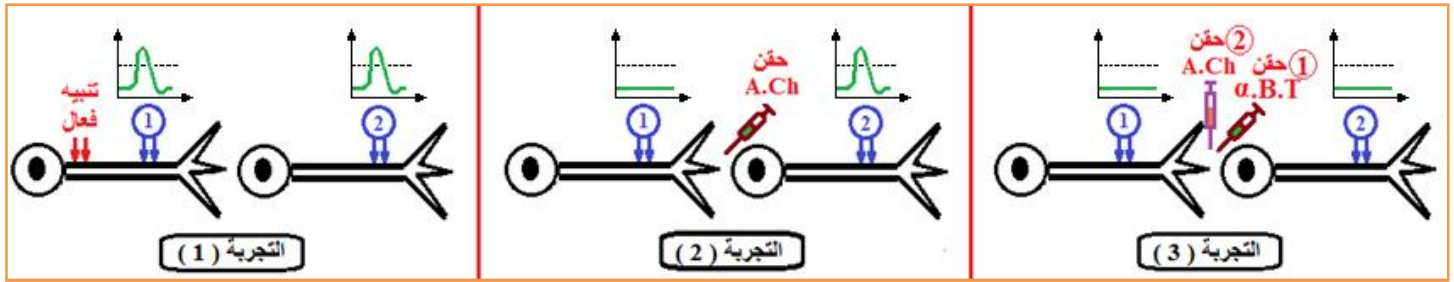
تمثل الوثيقة – 6 – صورة بالمجهر الإلكتروني لمنطقة الاتصال العصبي – العضلي المعالجة بمادة (  $\alpha$  . bungarotoxine ) مشعة و المحصل عليها بالتصوير الإشعاعي الذاتي .



الوثيقة - 1 -

صورة بالمجهر الإلكتروني لمنطقة الاتصال العصبي العضلي المعالجة بمادة  $\alpha$  bungarotoxine المشعة

- علل ظهور و تمركز الإشعاع ( المناطق الداكنة ) في الغشاء بعد المشبكي من الوثيقة - 1 .
- نعلم ذلك بوجود مستقبلات غشائية على مستوى الغشاء بعد المشبكي .
- إذا أعدنا التجربة السابقة بحقن (  $\alpha$  . bungarotoxine ) ، ثم نحقن الأستيل كولين في الشق المشبكي فإننا لا نسجل كمون عمل في الخلية بعد المشبكية ، بينما نسجل كمون عمل في غياب السم (  $\alpha$  . bungarotoxine ) و حقن أستيل كولين و ذلك في تجربة مماثلة .
- ما هي المعلومة المستخرجة من نتائج هذه التجربة ؟
- يحتوي الغشاء بعد المشبكي على مستقبلات غشائية خاصة بالأستيل كولين هي مصدر كمون العمل في الخلية بعد المشبكية .



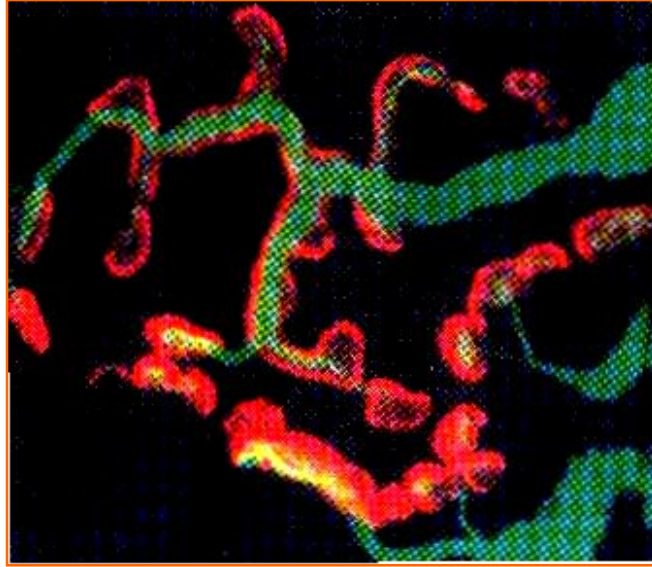
- علل سبب شلل فرائس الثعبان المحقونة بـ (  $\alpha$  . bungarotoxine ) انطلاقاً من النتائج السابقة.
- يعود سبب شللها لتثبيت السم (  $\alpha$  . bungarotoxine ) على المستقبلات الغشائية الخاصة بالأستيل كولين و المتواجدة على مستوى الغشاء بعد المشبكي.

### معلومات مفيدة :

مادة (  $\alpha$  . bungarotoxine ) مادة سامة تستخلص من سم نوع من الثعابين ، حيث يحقن هذا الثعبان سمه في الفريسة المصطادة فتسقط مشلولة .  
 سمح استعمال هذه المادة من طرف العلماء باستنتاج كيفية تأثير الأستيل كولين على الغشاء بعد المشبكي .

**تجربة - 2 - :**

تسمح تقنية الفلورة المناعية بالتحقق من المعلومة التي توصلت إليها سابقا ، و ذلك عن طريق ملاحظة غشاء بعد مشبكي معامل **بأجسام مضادة مفلورة بالأحمر** ضد مستقبلات الأستيل كولين .  
النتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة - 2 .



**الوثيقة - 2 -**

● هل تسمح لك نتائج هذه الملاحظة بالتأكد من المعلومة السابقة ؟  
- نعم .

● **علل إجابتك .**

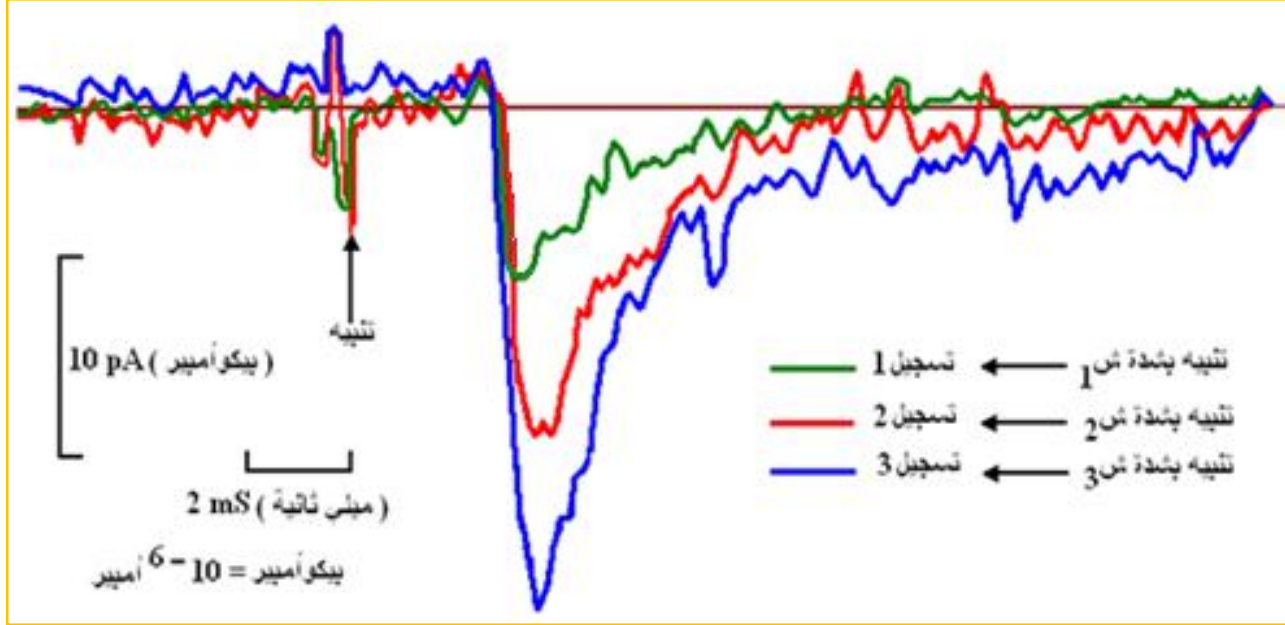
- تواجد الفلورة في الغشاء بعد المشبكي يدل على تثبيت الأجسام المضادة ضد مستقبلات الأستيل كولين المتواجدة في الغشاء بعد المشبكي .

**2 - آلية تأثير الأستيل كولين :**

**مصدر النبضات الكهربائية :**

**المرحلة الأولى :**

تمثل الوثيقة - 3 - تسجيلات التيارات المتولدة على مستوى جزء من الغشاء بعد المشبكي المعزول بتقنية " Patch - clamp " إثر تنبيه متزايد الشدة لغشاء قبل مشبكي ، علما أن حقن كميات متزايدة من الأستيل كولين في الشق المشبكي تعطي نفس النتيجة .



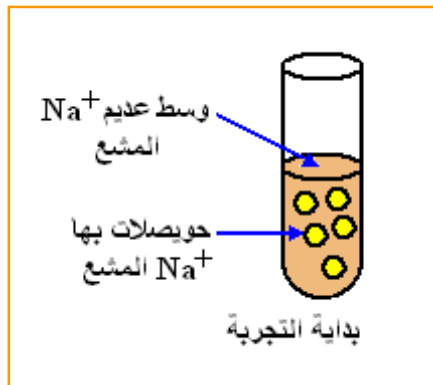
**الوثيقة - 3 -**

- **حلل نتائج تسجيلات الوثيقة - 3 .**
- سعة التسجيل مرتبطة بشدة التنبيه أو بكمية الأستيل كولين المحقون .
- كلما زادت شدة المنبه زادت سعة الاستجابة .
- كلما زادت كمية الأستيل كولين المحقون في الشق المشبكي زادت سعة الاستجابة و تعطي نفس النتيجة .
- **ماذا تستنتج ؟**
- الأستيل كولين هو المتسبب في هذه التيارات المتولدة في مستوى الغشاء بعد المشبكي .

**المرحلة الثانية :**

أ - تعزل قطع من غشاء بعد مشبكي التي **تتحوصل تلقائيا** ، ثم نحقنها بشوارد الـ  $Na^+$  المشع و نضعها في وسط ملائم لا يحتوي على شوارد الـ  $Na^+$  المشعة .

الوثيقة - 4 - تبين المعطيات التجريبية و نتائجها .

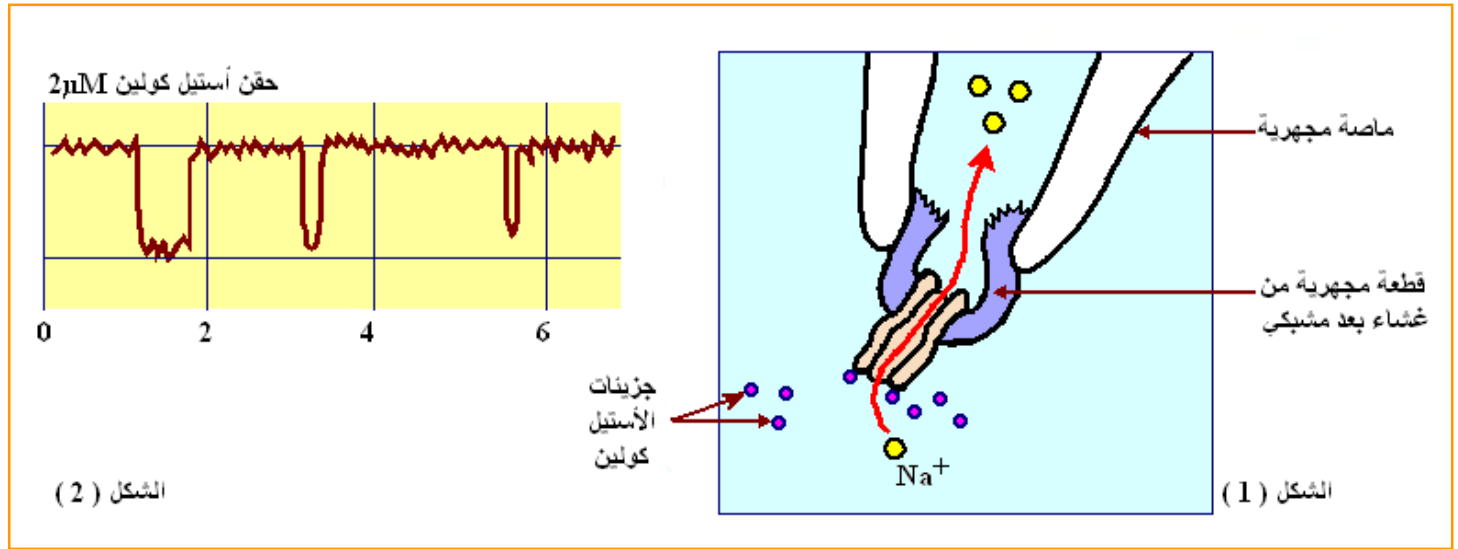


المعطيات التجريبية	النتائج
قبل إضافة الأستيل كولين للوسط	انعدام الإشعاع في الوسط
إضافة الأستيل كولين للوسط بكميات متزايدة	ظهور الإشعاع بكميات متزايدة في الوسط

**الوثيقة - 4 -**

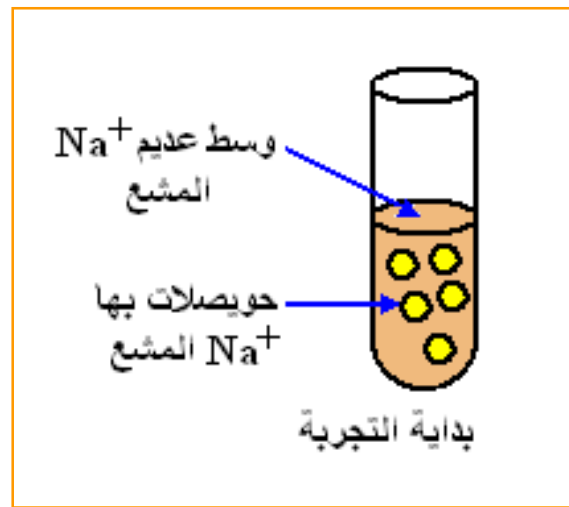


ب - تمثل الوثيقة - 5 - قطعة مجهرية لغشاء بعد مشبكي معزولة بتقنية " Patch - clamp " كما هو مبين في الشكل ( 1 ) ، حيث الماصة المجهرية المتصلة بجهاز التسجيل تمكننا من تسجيل منحنيات الشكل ( 2 ) إثر حقن 2 ميكروغرام من الأستيل كولين .

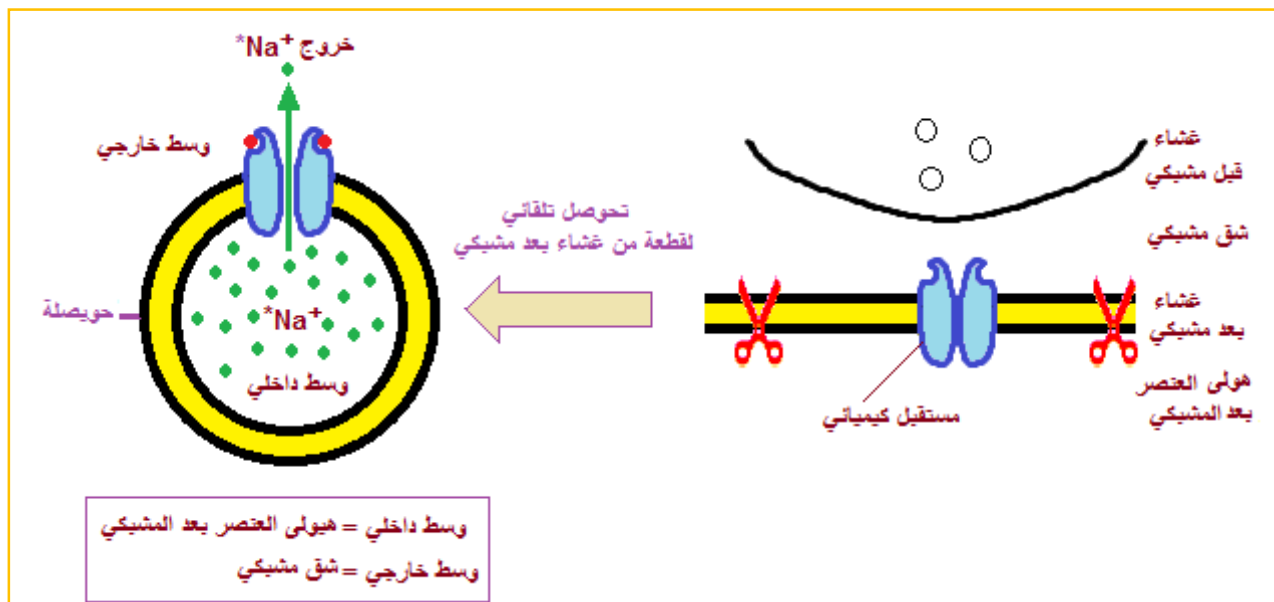


### الوثيقة - 5 -

- حلل نتائج جدول الوثيقة - 4 - .
- في غياب الأستيل كولين يندعم الإشعاع في الوسط دلالة على عدم خروج شوارد الصوديوم .
- في وجود الأستيل كولين يظهر الإشعاع في الوسط دلالة على خروج شوارد الصوديوم .
- ماذا تستنتج ؟
- ظهور الإشعاع الناتج عن تدفق شوارد الصوديوم يعود لتأثير حقن الأستيل كولين .
- بالربط بين نتائج الوثيقة - 4 - و الشكل ( 1 ) من الوثيقة - 5 - ، اشرح مصدر نبضات التيارات المسجلة في الشكل ( 2 ) من الوثيقة - 5 - .
- مصدر نبضات التيارات المسجلة في الشكل ( 2 ) يعود لتواجد قنوات غشائية خاصة يتحكم في عملها الأستيل كولين لتسمح بتدفق شوارد الصوديوم ( $Na^+$ ) عبرها .

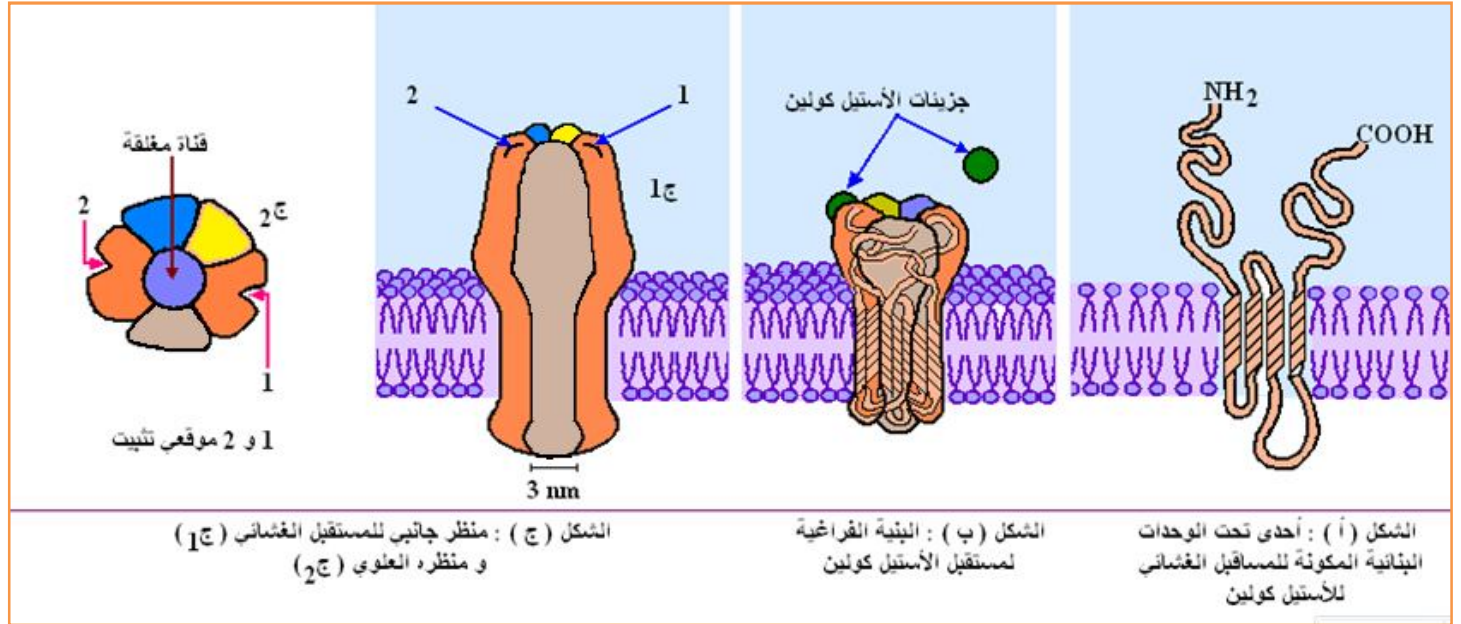


القناة عبارة عن مستقبل للأستيل كولين الموجود في الجهة الخارجية ( الحويصل غير مقلوب ) .  
 تسمح هذه القناة بمرور المواد او الشوارد في الاتجاهين ( نحو الداخل ونحو الخارج ) حسب تدرج التركيز  
 ( من الأعلى تركيزا إلى الأقل تركيزا ) ، حيث التركيز فقط هو من يحدد الاتجاه .  
 بالنسبة للتجربة المبينة في الوثيقة - 4 - تم حقن صوديوم مشع داخل الحويصل ، بينما حقن الأستيل كولين  
 في الوسط الخارجي و الذي يرتبط بمستقبله متسببا في فتح قنوات شوارد الصوديوم ، سامحة لها بالخروج  
 من الحويصل حسب تدرج التركيز .



**3 - أ - بنية المستقبلات الغشائية للأستيل كولين :**

تمثل أشكال الوثيقة - 6 - الشكل ( أ ) إحدى تحت الوحدات البنائية المكونة للمستقبل الغشائي للأستيل كولين ، و الشكل ( ب ) يبين البنية الفراغية ثلاثية الأبعاد للمستقبل الغشائي للأستيل كولين ، بينما الشكل ( ج ) فيمثل رسماً تخطيطياً للمستقبل الغشائي السابق و رسماً توضيحياً لمنظره العلوي .

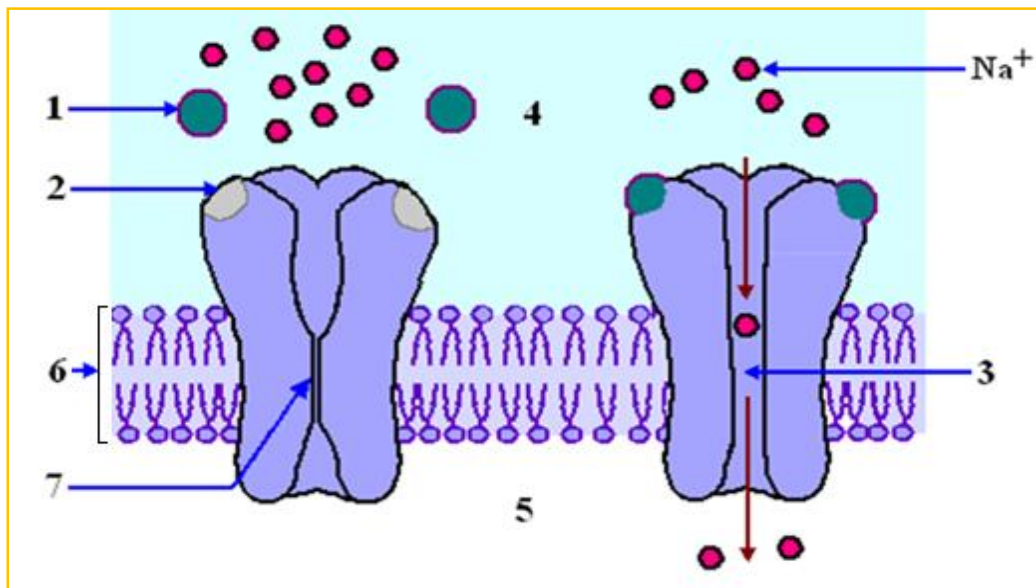


**الوثيقة - 6 -**

- بالاعتماد على الشكلين ( أ ) و ( ب ) من الوثيقة - 6 - صف بنية المستقبل الغشائي للأستيل كولين.
- يتكون المستقبل الغشائي للأستيل كولين من خمس تحت وحدات بروتينية تخترق طبقتي الفوسفوليبيد للغشاء بعد المشبكي و مكونة في مركزها قناة .
- ثم حدد طبيعته الكيميائية .
- من طبيعة بروتينية .
- ما هي المعلومة الإضافية التي يقدمها لك الرسمان الممثلان بالشكل ( ج ) ؟
- يحتوي المستقبل الغشائي على موقعين لتثبيت الأستيل كولين ، و كذا وجود قناة مغلقة في غياب المبلغ الكيميائي ( الأستيل كولين ) .

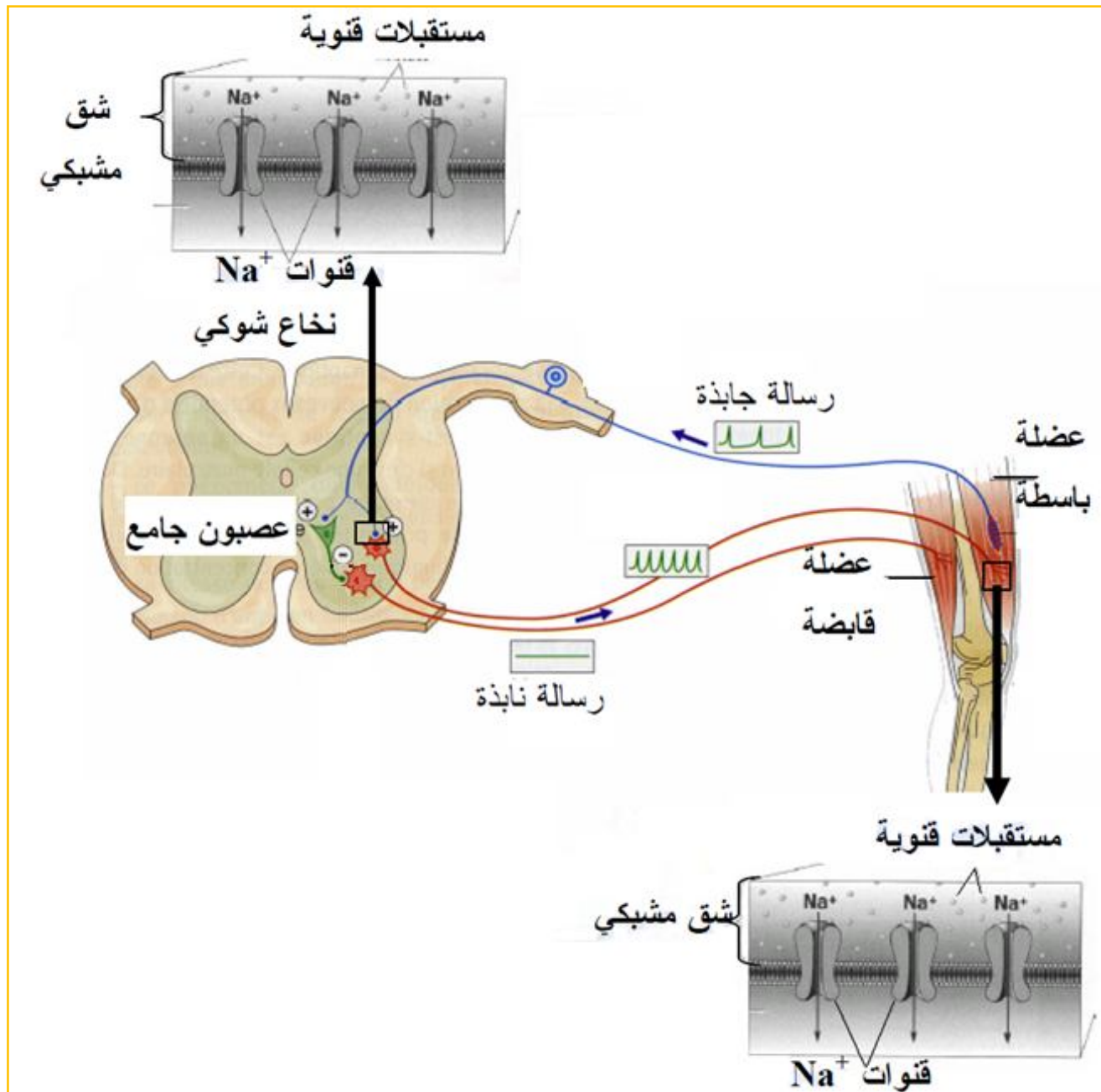
**ب - عمل المستقبلات الغشائية للأستيل كولين :**

تبين الوثيقة - 7 - حالة المستقبلات الغشائية في وجود و غياب الأستيل كولين .



**الوثيقة - 7 -**

- ضع البيانات المرقمة .
- 1 : جزيئة أستيل كولين ، 2 : موقع تثبيت جزيئة الأستيل كولين ، 3 : قناة أيونية مفتوحة
- 4 : شق مشبكي ، 5 : سيتوبلازم الخلية بعد المشبكية ، 6 : غشاء هولي ( بعد مشبكي )
- 7 : قناة أيونية مغلقة ( منطقة الصمام ) .
- بالاعتماد على شكل الوثيقة - 7 - :
- بين كيف تعمل هذه المستقبلات على مراقبة التدفق الداخلي لشوارد الصوديوم .
- في غياب الأستيل كولين تكون قناة الصوديوم مغلقة .
- في وجود الأستيل كولين الذي يتثبت على موقعي المستقبل الغشائي ، تنفتح قناة الصوديوم سامحة بدخولها .
- إن انفتاح هذه القنوات مرتبط بتثبيت الأستيل كولين عليها .
- علل إذا تسمية هذه القنوات بالقنوات الكيميائية أو المبوبة كيميائيا .
- لأن انفتاحها مرتبط بتثبيت الأستيل كولين عليها .
- مثل برسم تخطيطي دور المستقبلات الغشائية للأستيل كولين في حالة المنعكس العضلي .





**الحصة التعليمية 6 : كمون عمل الغشاء بعد المشبكي .**

**أ – وضعية الانطلاق :**

تمتاز كل خلايا العضوية الحية بأغشية مستقطبة ، حيث تعمل بروتينات غشائية نوعية تحافظ على ثبات الكمون الغشائي ، كما أن انتقال السيالة العصبية في هذه الأنسجة الحية يؤدي إلى تغير الكمون الغشائي ( كمون عمل ) .

**ب - الإشكاليات :**

- فما هو مصدر هذه التغيرات ؟
- وكيف يتم انتقال السيالة العصبية ؟

**ج – الفرضيات :**

- دخول الشحنات الموجبة و خروج الشحنات السالبة .
- يتم انتقالها نتيجة حركة الشوارد .

**د – التقصي :**

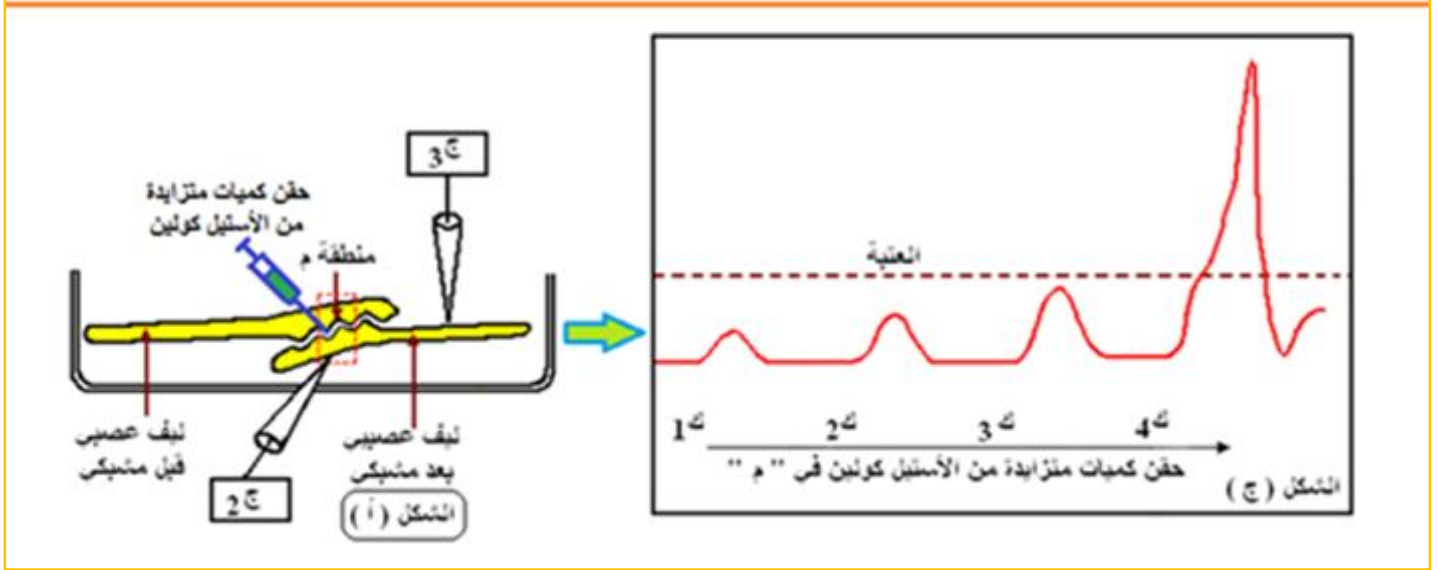
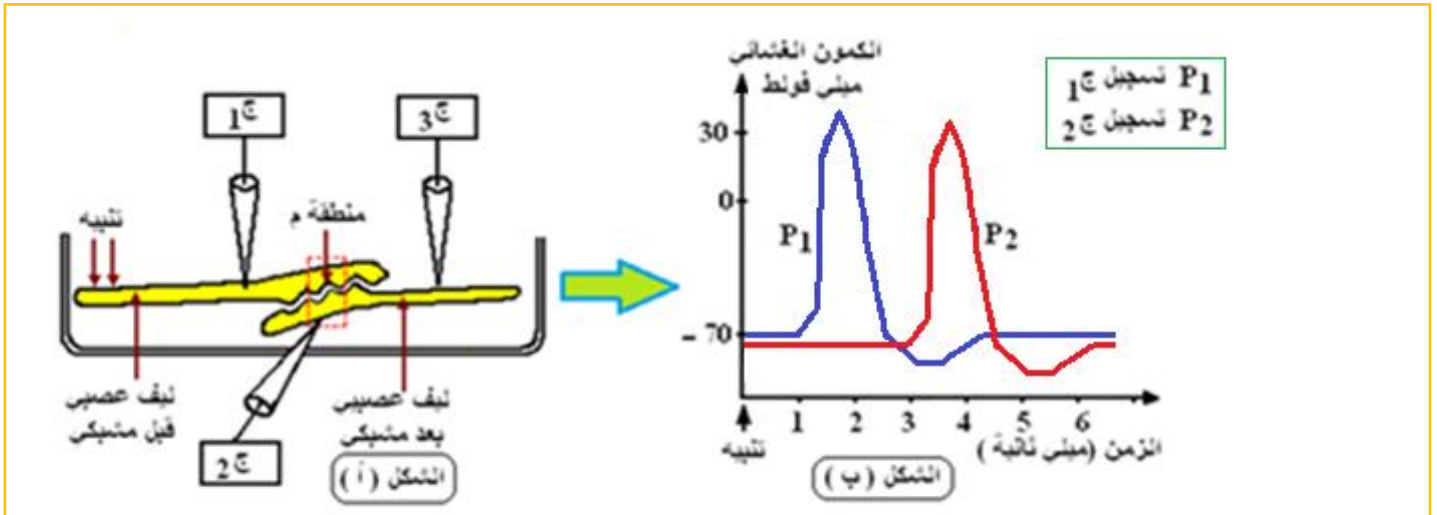
**4- كمون عمل غشاء الليف العصبي بعد المشبكي :**

يؤدي التنبيه الفعال لليف عصبي قبل مشبكي إلى توليد كمون عمل و انتشاره ، و تلعب القنوات الفولطية في ذلك دورا أساسيا ، نريد الآن معرفة عمل القنوات المرتبطة بالكيمياء ( المبوبة كيميائيا ) في مستوى المشابك .

**المرحلة 1 :**

**نتائج تجريبية :**

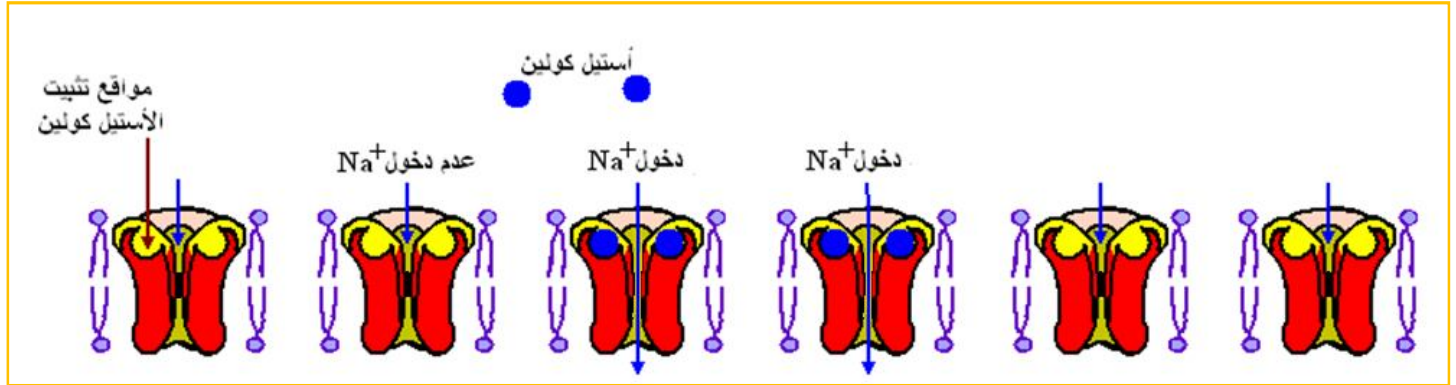
- أ - يبين الشكل ( أ ) التركيب التجريبي الذي مكننا من الحصول على نتائج مماثلة في منحنيات الشكلين ( ب ) و ( ج ) من الوثيقة - 7 - حيث :
- الشكل ( ب ) يمثل التسجيلات الكهربائية المسجلة في الجهازين ج<sub>1</sub> و ج<sub>2</sub> .
- بينما يمثل الشكل ( ج ) تسجيلات كهربائية على مستوى الجهاز ج<sub>3</sub> إثر حقن كميات متزايدة من الأستيل كولين في المنطقة ( م ) .



### الوثيقة - 7 -

- قارن بين التسجيلات (ب) من الوثيقة - 7 - .
- يتشابه التسجيلان من حيث الشكل (كمون عمل أحادي الطور) و السعة و يختلفان من حيث الزمن الضائع الذي يكون طويلا في P<sub>2</sub> .
- ما هي المعلومة المستخرجة من نتائج التسجيلات (ب) من الوثيقة - 7 - ؟
- ينتقل النبأ إلى الخلية بعد المشبكية إثر تنبيه الخلية قبل المشبكية .
- حل نتائج تسجيلات الشكل (ج) .
- من ك<sub>1</sub> إلى ك<sub>3</sub>: لا يتولد كمون عمل لأن كمية الأسيتيل كولين أقل من العتبة .
- عند ك<sub>4</sub>: يتولد كمون عمل لأن كمية الأسيتيل كولين تساوي أو أعلى من العتبة .
- ماذا تستنتج ؟
- لا يتولد كمون عمل في الجزء بعد المشبكي إلا إذا سجل كمون عمل يساوي أو أعلى من عتبة زوال الاستقطاب .
- يسجل هذا الكمون عند حقن كمية (ك<sub>4</sub>) من الأسيتيل كولين .
- يؤدي تنبيه متزايد الشدة في مستوى الليف قبل المشبكي من الشكل (أ) إلى الحصول على نفس تسجيلات الشكل (ج) من الوثيقة - 7 - . ما هي المعلومة المستخلصة من ذلك ؟
- تتوقف كمية الأسيتيل كولين المحررة على شدة التنبيه ، و بالتالي الكمون المسجل يعود إلى كمية الأسيتيل كولين المحررة ، أي كلما زادت شدة التنبيه زادت كمية الأسيتيل كولين المحررة حتى تصل إلى العتبة .

ب - لتفسير نتائج تسجيلات الشكل ( ب ) من الوثيقة - 7 - نقدم الوثيقة - 8 - التي تمثل توزيع القنوات المرتبطة بالكيمياء على مستوى الغشاء بعد المشبكي من المنطقة ( م ) .



**الوثيقة - 8 -**

- بالاعتماد على معطيات الوثيقة - 8 - ، فسر اختلاف سعة التسجيلات الملاحظة في الشكل ( ج ) من الوثيقة - 7 - .
- تختلف سعة التسجيلات باختلاف كمية الأستيل كولين المحررة و المثبتة على المستقبلات الغشائية وبالتالي بعدد القنوات الكيميائية المفتوحة .
- أدى حقن كمية ك<sub>4</sub> من الأستيل كولين في المنطقة ( م ) إلى ظهور كمون عمل في ج<sub>2</sub> و ج<sub>3</sub> ، هل يؤدي حقن الكمية ك<sub>3</sub> إلى نفس النتائج ؟
- لا .
- علل إجابتك .
- لأن كمية الأستيل كولين هي المحددة لسعة الكمون المسجل ، و هذا الأخير لا ينتشر إلا إذا كان يساوي أو أعلى من العتبة .



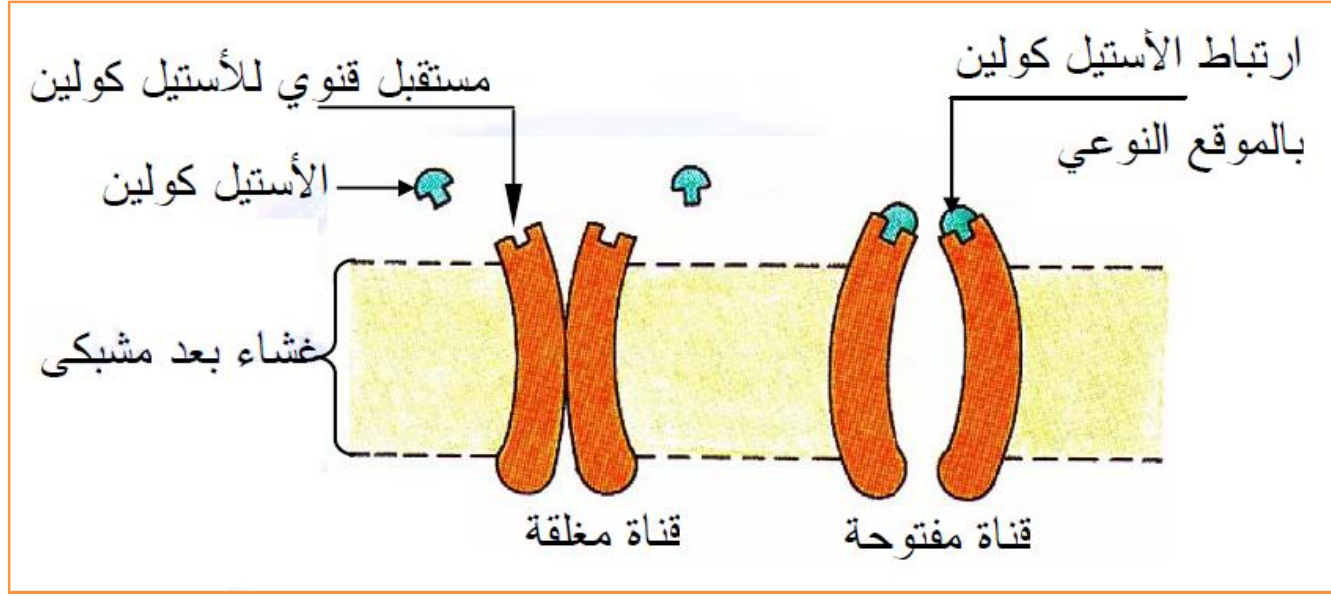


• فسر إذا نتائج التسجيل P<sub>2</sub> من الشكل ( ب ) للوثيقة - 7 .

- يعود التسجيل P<sub>2</sub> لتثبيت جزيئات الأستيل كولين ( المبلغ الكيميائي العصبي ) على مواقع التثبيت بعد المشبكية ، فأدى ذلك إلى انفتاح القنوات المرتبطة بالكيمياء و دخول شوارد الصوديوم ليتولد كمون عمل بعد مشبكي ، و سعة هذا الأخير تتوقف على كمية المبلغ الكيميائي المثبت أي على عدد القنوات المفتوحة و منه كمية الشوارد المتدفقة .

- بعد توليد كمون العمل في الخلية بعد مشبكية ، تتم إماهة المبلغ الكيميائي .

• ترجم المعلومات المستخلصة من النشاط ( 2 ) على شكل رسم تخطيطي وظيفي تبرز فيه عمل القنوات النوعية المرتبطة بالكيمياء بعد تثبيت المبلغ العصبي على الغشاء بعد المشبكي .



### هـ - الاستنتاج :

- انفتاح القنوات المرتبطة بالفولطية بمعنى توليد كمون عمل يتطلب عتبة زوال الاستقطاب .
- يعود زوال استقطاب الغشاء بعد المشبكي على مستوى المشبك إلى انفتاح قنوات الـ Na<sup>+</sup> المتعلقة بالكيمياء نتيجة تثبيت المبلغ الكيميائي العصبي ( الأستيل كولين ) على المستقبلات الخاصة به في الغشاء بعد المشبكي ( مستقبلات قنوية ) .
- تتوقف سعة استقطاب الغشاء بعد المشبكي على عدد القنوات المستقبلة المفتوحة خلال زمن معين .
- يفقد المبلغ العصبي " الأستيل كولين " نشاطه و فعاليته نتيجة إماهته الأنزيمية .
- يسمح انغلاق قنوات الـ Na<sup>+</sup> المرتبطة بالكيمياء بالعودة إلى كمون الراحة .
- تؤدي الرسائل العصبية المشفرة في مستوى المشبك بتغيرات تواتر كمونات العمل إلى تغير في كمية المبلغ العصبي الذي يتسبب في توليد رسائل عصبية بعد مشبكية مشفرة بتواتر كمونات العمل .

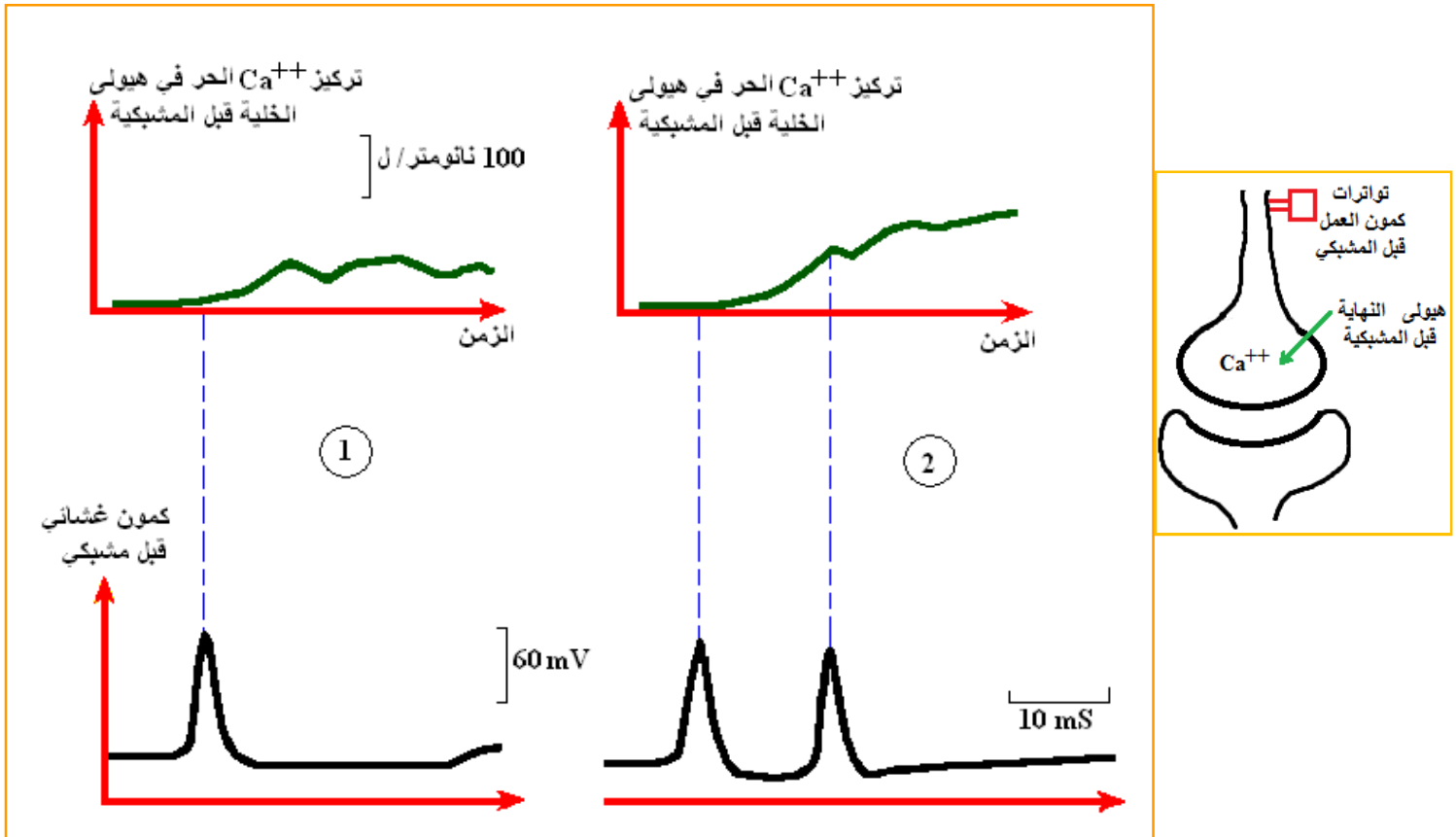
**5 - ترجمة الرسالة العصبية قبل المشبكية في مستوى الشق المشبكي :**

تبين مما سبق أن الرسالة العصبية في مستوى المشابك مشفرة على شكل تواترات كمون عمل في الغشاء قبل المشبكي ، و على شكل تراكيز للمبلغ الكيميائي في الشق المشبكي ، ثم من جديد مشفرة على شكل كمون عمل في العصبون بعد المشبكي .

كيف يتم الانتقال من نمط معين من الشفرات إلى آخر في مستوى الشق المشبكي ؟

**أولاً :**

تسمح تقنية خاصة باستعمال التفلور بدراسة تغيرات تركيز الكالسيوم ( $Ca^{++}$ ) في هيولى النهاية قبل المشبكية بدلالة تواترات كمون العمل قبل المشبكي .  
النتائج المحصل عليها موضحة في منحنيات الوثيقة - 10 - .



**الوثيقة - 10 -**

● باستغلال نتائج منحنيات الوثيقة - 10 - ، أوجد علاقة بين كمونات عمل الخلية قبل المشبكية و تركيز الكالسيوم في هيولاها .

- كلما زاد تواتر كمونات عمل الخلية قبل المشبكية زادت كمية شوارد الكالسيوم الحرة في هيولى الخلية قبل المشبكية .

● أظهرت التجارب أن حقن شوارد الـ  $Ca^{++}$  في النهاية العصبية قبل المشبكية يؤدي إلى تحرير المبلغ العصبي . ماذا تستنتج ؟

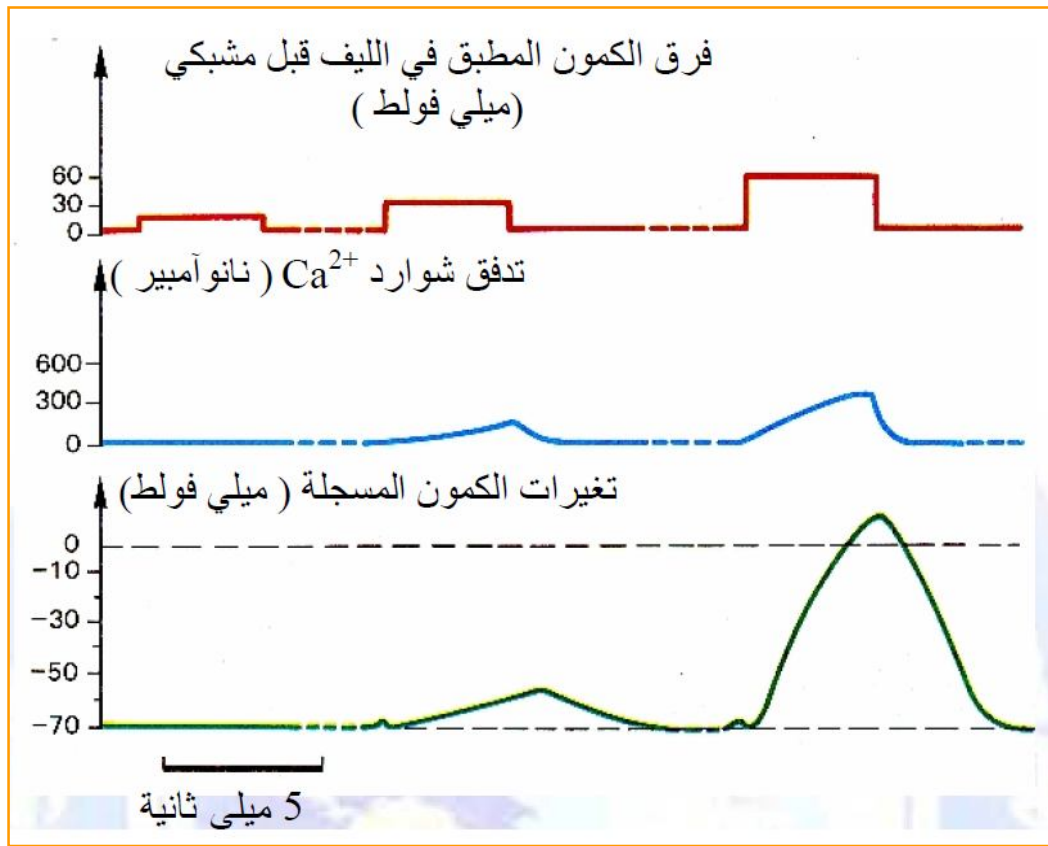
- تحرض شوارد الـ  $Ca^{++}$  الطرح الخلوي للمبلغ الكيميائي نحو الشق المشبكي .

● يحتوى الغشاء قبل المشبكي على بروتينات تدعى بقنوات الـ  $Ca^{++}$  الفولطية . باستعمال هذه المعلومة و الكمونات العشائية المبينة في الوثيقة -10- ، فسر اختلاف تراكيز الـ  $Ca^{++}$  في الخلية قبل المشبكية .

- وصول كمون العمل إلى نهاية الخلية قبل المشبكية يؤدي إلى انفتاح قنوات الكالسيوم ( الـ  $Ca^{++}$  ) الغشائية و دخول هذه الشوارد إلى هيولى الخلية قبل المشبكية .

**ثانياً:**

ننبه الليف قبل المشبكي (ن<sub>1</sub>) بكمونات متزايدة الشدة ، و هي على الترتيب : 15 ، 30 ، 60 ميلي فولط .  
نسجل في آن واحد التدفق الأيوني لشوارد الـ Ca<sup>++</sup> الداخلة في الزر المشبكي (ن<sub>1</sub>) و الظواهر الكهربائية الناتجة على مستوى الغشاء بعد المشبكي (ن<sub>2</sub>) .  
النتائج المحصل عليها مدونة في الوثيقة التالية :



**أشرح العلاقة الموجودة بين تدفق شوارد الـ Ca<sup>++</sup> و فرق الكمون قبل المشبكي .**

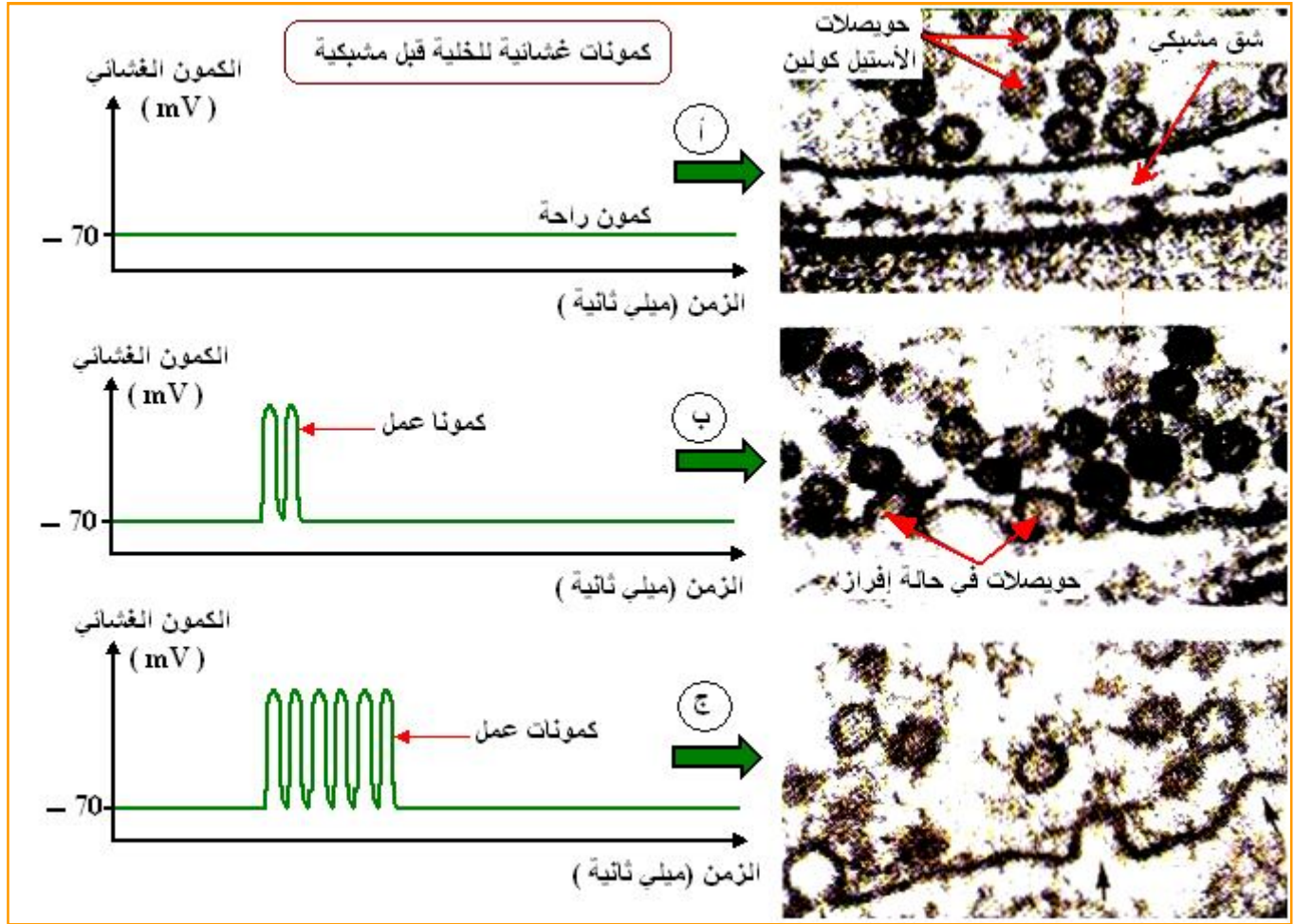
- لا نسجل تدفقاً لشوارد الـ Ca<sup>++</sup> بتطبيق فرق كمون يساوي 15 ميلي فولط .
- نسجل تدفقاً ضعيفاً لشوارد الـ Ca<sup>++</sup> ( 150 نانوأمبير) بتطبيق فرق كمون يساوي 30 ميلي فولط .
- نسجل تدفقاً كبيراً نسبياً لشوارد الـ Ca<sup>++</sup> ( 600 نانوأمبير) بتطبيق فرق كمون يساوي 60 ميلي فولط .

**ما هي المعلومات التي يمكن استخلاصها من هذه النتائج التجريبية ؟**

- وجود عتبة تدفق شوارد الـ Ca<sup>++</sup> مرتبطة بفرق الكمون .
- قنوات شوارد الـ Ca<sup>++</sup> مرتبطة بالفولطية ( وجود عتبة ) .
- تدفق شوارد الـ Ca<sup>++</sup> مرتبط بشدة التنبيه .
- سعة الكمون الغشائي بعد المشبكي مرتبطة بتدفق شوارد الـ Ca<sup>++</sup> .
- يؤدي وصول كمون العمل في مستوى نهاية العصبون قبل المشبكي إلى انفتاح قنوات شوارد الـ Ca<sup>++</sup> المرتبطة بالفولطية مؤدية إلى توليد كمون عمل بعد مشبكي .

**ثالثا: تأثير تواترات كمون عمل قبل المشبكي على تركيز المبلغ الكيميائي :**

سمحت ملاحظة بالمجهر الإلكتروني لمقاطع في مستوى المشابك أثناء كمونات عمل قبل مشبكية بتوضيح النتائج المبينة في الوثيقة - 9 .



**الوثيقة - 11 -**

- **حل هذه النتائج :**
- كمون راحة يقابله عدد كبير من الحويصلات المشبكية غير المنفجرة ، و عدم إفراز الوسيط الكيميائي الموجود بها.
- عدد قليل من تواتر كمونات العمل يقابلها انفجار عدد قليل من الحويصلات المشبكية ، و تحرر كمية قليلة من الوسيط الكيميائي .
- عدد كبير من تواتر كمونات العمل يقابلها انفجار عدد معتبر من الحويصلات المشبكية ، و تحرر كمية معتبرة من الوسيط الكيميائي .
- **ما هي المعلومة المستخلصة من مقارنة التسجيل ( أ ) و الصورة المقابلة له ؟**
- أثناء كمون الراحة لا يتم تحرير الأستيل كولين في الشق المشبكي .
- **بالاعتماد على التسجيلات ( ب ) و ( ج ) والصورة المجهرية المقابلة لهما ، أوجد علاقة بين تواترات كمون العمل قبل المشبكي و كمية الأستيل كولين المفرزة .**
- تتناسب كمية الأستيل كولين المفرزة في الشق المشبكي تناسباً طردياً مع تواتر كمونات العمل في الغشاء قبل المشبكي .



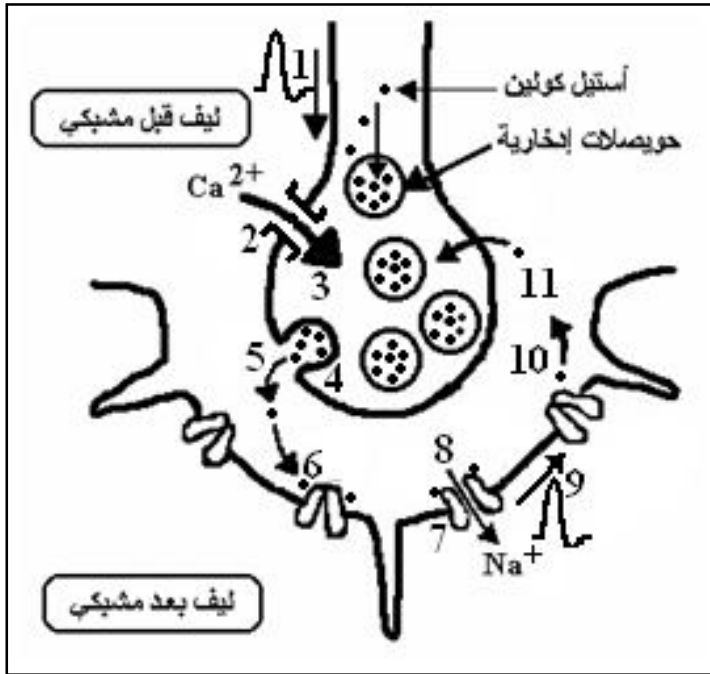
• بالاعتماد على النتائج المستخرجة من الوثيقتين ( 10 و 11 ) أربط بين ما يلي :

- تواترات كمون العمل قبل المشبكي .
  - القنوات الفولطية لشوارد الـ  $Ca^{++}$  .
  - إفراز الأستيل كولين في الشق المشبكي .
- إن تواتر كمونات العمل قبل المشبكية يتحكم في كمية شوارد الـ  $Ca^{++}$  النافذة إلى الزر المشبكي عبر القنوات الفولطية لشوارد الـ  $Ca^{++}$  المفتوحة مما يؤدي إلى تحرير كميات معينة من الأستيل كولين في الشق المشبكي .

• تسمح النتائج المتوصل إليها في الوثيقة ( 11 ) من تفسير الانتقال من نمط معين من الشفرات إلى نمط آخر في مستوى المشابك . اشرح ذلك .

- الرسالة العصبية المشفرة في العصبون قبل المشبكي بتواتر كمونات العمل تشفر على مستوى الشق المشبكي بتركيز الأستيل كولين .

• بالاستعانة بالمعارف التي توصلت إليها ، أنجز رسماً وظيفياً كاملاً على المستوى الجزيئي يعبر عن آلية تشفير الرسالة العصبية على مستوى المشابك .

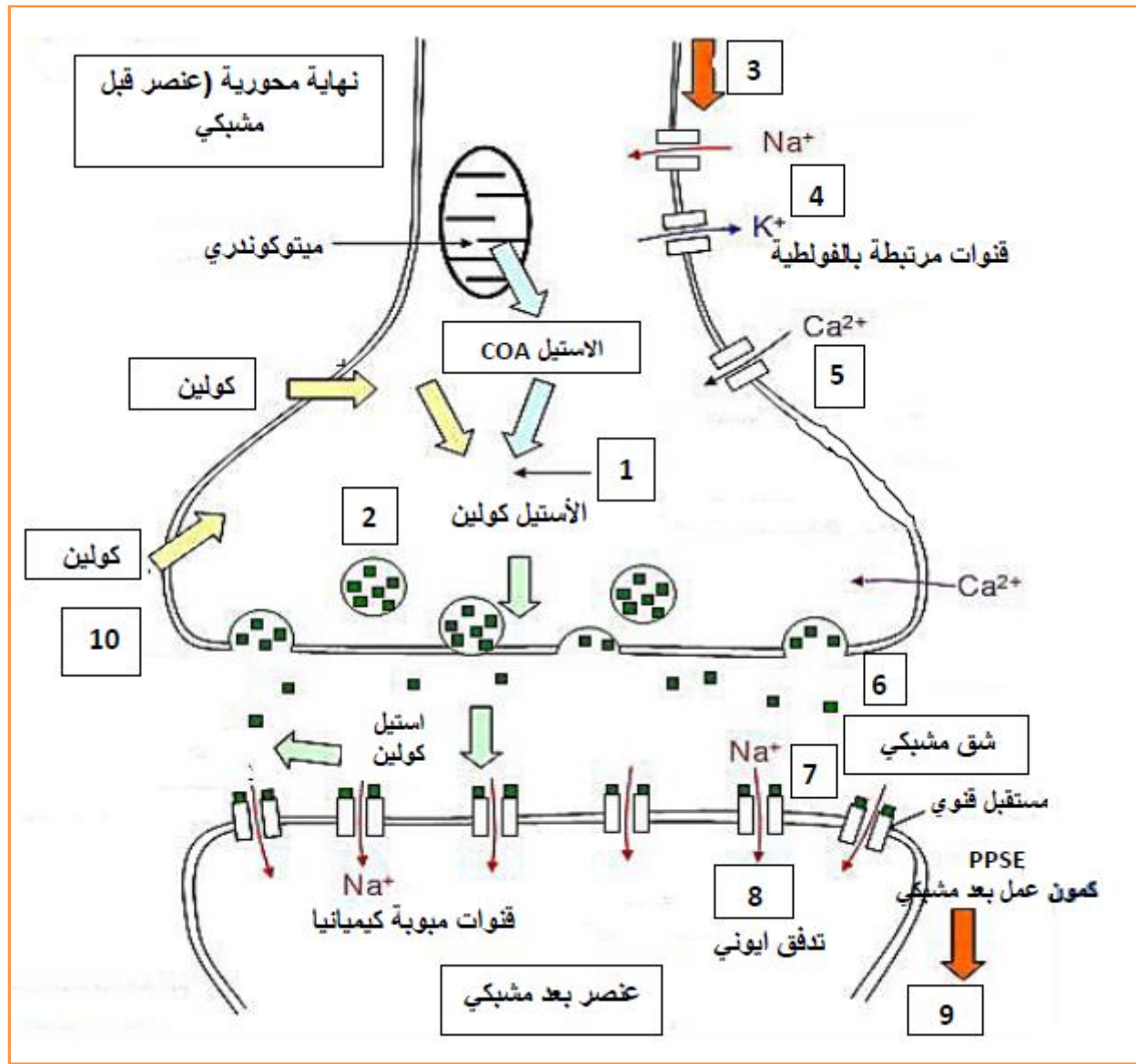


- 1 - وصول السيالة العصبية إلى نهاية الليف العصبي .
- 2 - انفتاح القنوات الفولطية لشوارد الكالسيوم  $Ca^{2+}$  .
- 3 - انتقال شوارد الكالسيوم  $Ca^{2+}$  إلى داخل الزر المشبكي .
- 4 - حدوث هجرة داخلية للحويصلات المشبكية .
- 5 - تحرير الأستيل كولين في الشق المشبكي .
- 6 - تثبيت الأستيل كولين على مستقبلاته الغشائية النوعية بعد المشبكية .
- 7 - انفتاح القنوات الكيميائية لشوارد الـ  $Na^{+}$  .
- 8 - دخول شوارد الـ  $Na^{+}$  في هيولى العنصر بعد المشبكي .
- 9 - توليد كمون عمل بعد مشبكي .
- 10 - تفكيك الأستيل كولين بواسطة أنزيم " أستيل كولين إستيراز " إلى كولين + أستيل .
- 11 - إعادة امتصاص الكولين من قبل الغشاء قبل المشبكي .

### هـ - الخلاصة :

- عند وصول رسائل عصبية مشفرة بتواتر كمونات عمل إلى المشبك الكيميائي ، يحرر المبلغ العصبي في الشق المشبكي .
- يتسبب وصول كمون العمل على مستوى نهاية العصبون قبل المشبكي في انفتاح قنوات الـ  $Ca^{2+}$  المرتبطة بالفولطية .
- يتسبب دخول شوارد الـ  $Ca^{2+}$  في العنصر قبل المشبكي في تحرير المبلغ الكيميائي في الشق المشبكي عن طريق الإطراح الخلوي .
- يعمل المبلغ العصبي على توليد رسائل عصبية بعد مشبكية تتعلق بتواترها بتركيز المبلغ الكيميائي .

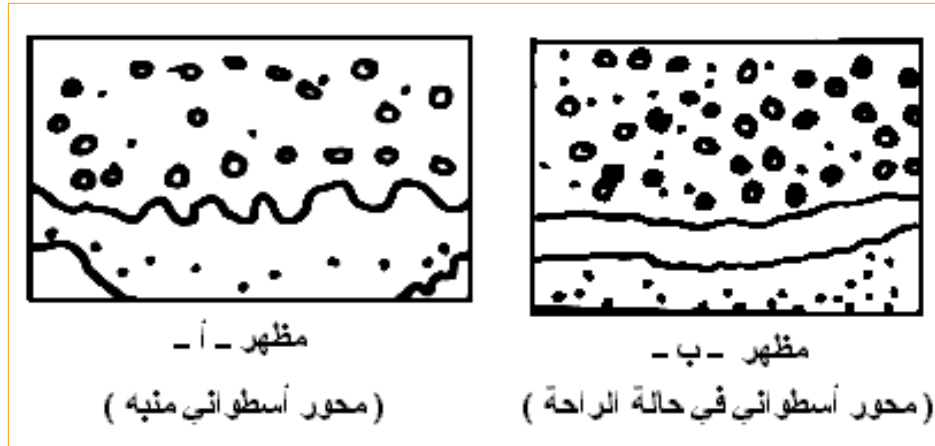
ملف : نقل مشبكي 1



- 1 - تركيب الاستيل كولين بتدخل انزيم الاستيل كولين ترانسفيراز
- 2 - تخزين الاستيل كولين ضمن حويصلات مشبكية
- 3 - وصول موجة زوال الاستقطاب (تواترت كمون العمل) الى النهاية العصبية
- 4 - يؤدي زوال الاستقطاب يؤدي الى تبادل ايوني عبر قنوات مرتبطة بالفولطية
- 5 - انفتاح القنوات الفولطية للكالسيوم ، ثم نفوذ شوارد الكالسيوم عبر القنوات المفتوحة
- 6 - التحام غشاء الحويصلات مع الغشاء قبل مشبكي ، وتحرير المبلغ الكيميائي ( الاستيل كولين) في الشق المشبكي
- 7 - تثبيت الاستيل كولين على مستقبلات غشائية قنوية هي القنوات المرتبطة بالكيمياء
- 8 - انفتاح القنوات ودخول شوارد الصوديوم يؤدي الى توليد زوال استقطاب الغشاء بعد مشبكي
- 9 - انتشار كمون العمل بعد مشبكي
- 10 - تفكك الاستيل كولين بتدخل انزيم الاستيل كولين استراز الى كولين وحمض الخل ، يعاد امتصاص الكولين بواسطة الغشاء قبل مشبكي.

**تطبيق 02 :**

سمح الفحص المجهرى لمنطقة الاتصال العصبي - العضلي في غياب أي تنبيه ، ثم عند تنبيه العصبون ما قبل المشبكي من الحصول على الوثيقتين التاليتين :



أ - ما هي المعلومات التي تستخلصها من المقارنة بين هاتين الوثيقتين ؟  
ب - ماذا تستخلص من الدراسة المقارنة لهذين المظهرين فيما يخص عمل الاتصال العصبي - العضلي ؟

**الحل :**

**أ - المعلومات التي تقدمها الوثيقة - 4 :-**

بعد تنبيه العصبون ما قبل المشبكي تحدث مجموعة من التغيرات و المتمثلة في :

**مظهر الحويصلات:** تكون الحويصلات ممتلئة بالوسيط الكيميائي في حالة الراحة ، بينما تحرر محتواها خلال التنبيه.

**عدد الحويصلات:** يتناقص عددها خلال التنبيه .

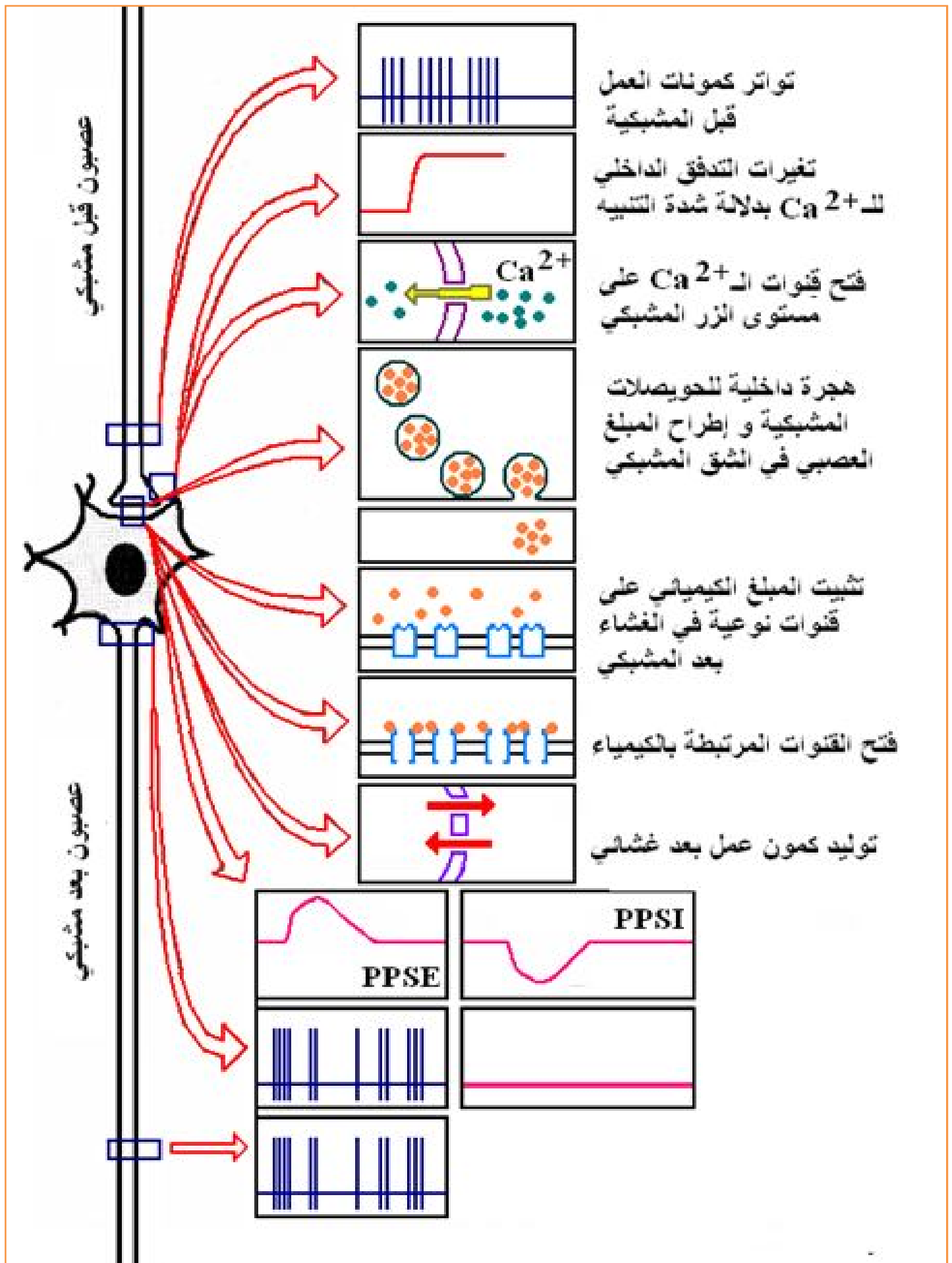
**مظهر الغشاء قبل المشبكي:** يكون أكثر تعرجا خلال التنبيه بسبب عملية الإطراح الخلوي لمحتوى الحويصلات الإطراحية .

**مظهر الشق المشبكي:** يزداد في الحجم خلال التنبيه حيث يمتلئ بالوسيط الكيميائي .

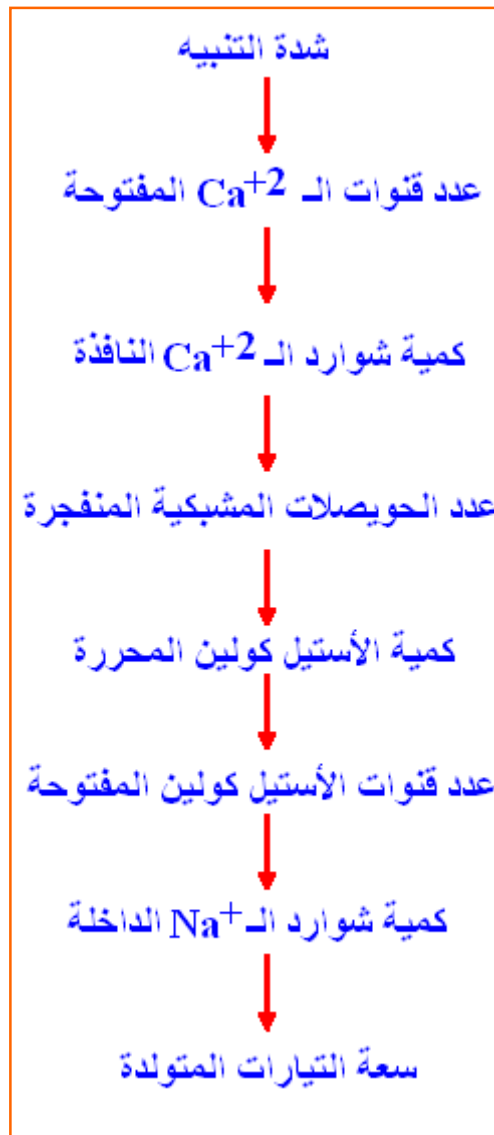
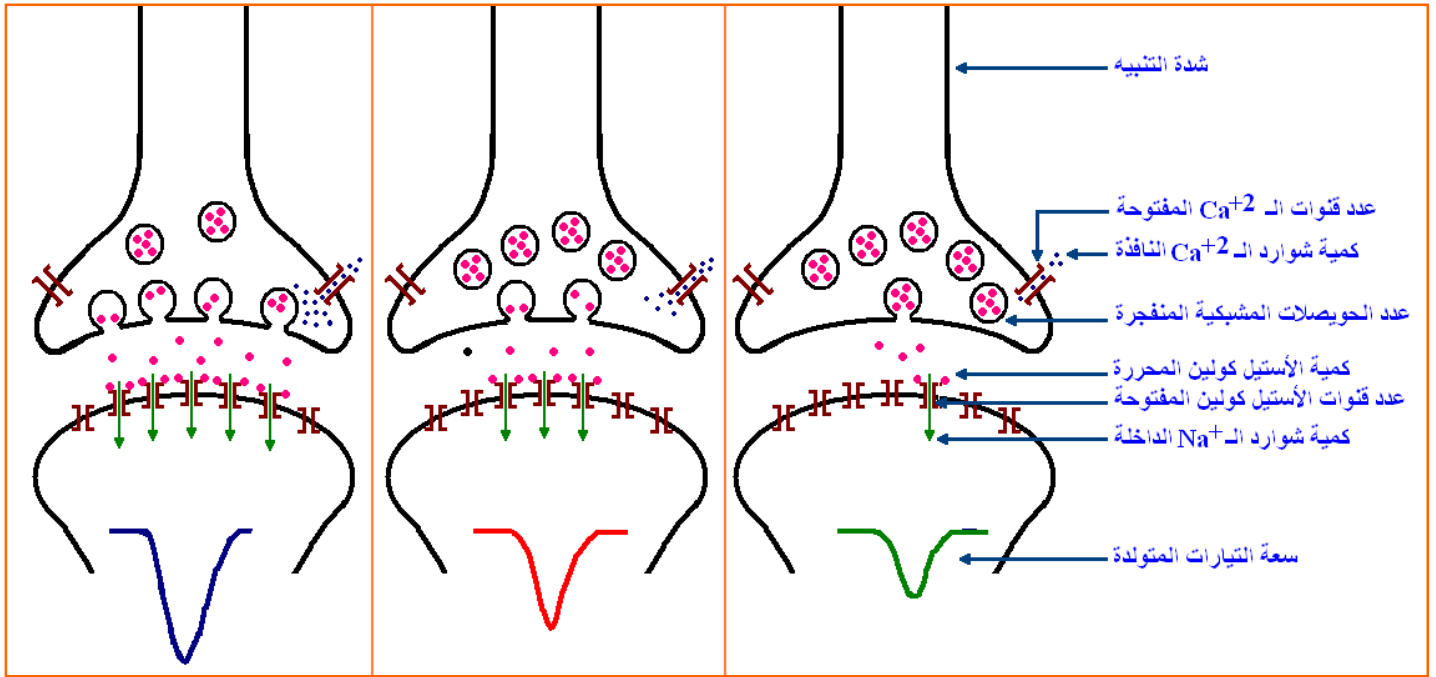
**محتوى الشق المشبكي:** في حالة التنبيه يمتلئ بالوسيط الكيميائي .

**ب - ما يمكن استخلاصه من الدراسة المقارنة لهذين المظهرين فيما يخص عمل الاتصال العصبي - العضلي :**

يمكن أن يوجد على مستوى الاتصال العصبي - العضلي انتقال للوسيط الكيميائي الذي يحرر من طرف الحويصلات ما قبل المشبكية و الذي يؤدي إلى تنبيه البنية ما بعد المشبكية.







## الحصة التعليمية 7 : آلية الإدماج العصبي .

### أ - وضعية الانطلاق :

يصل إلى الخلية بعد المشبكية عدة كمونات متشابكة من نفس المشبك أو من مشابك مختلفة ، و بالتالي فإن الكمون العابر للغشاء في مستوى الجزء الإبتدائي ( S.I ) للمحور الأسطواني للخلية بعد مشبكية هو محصلة إدماج مختلف هذه الكمونات .

### ب - الإشكاليات :

- فما هي أنواع المشابك المتصلة بالعصبون المحرك ؟
- كيف يدمج العصبون بعد المشبكي مختلف الكمونات التي ترد إليه ؟

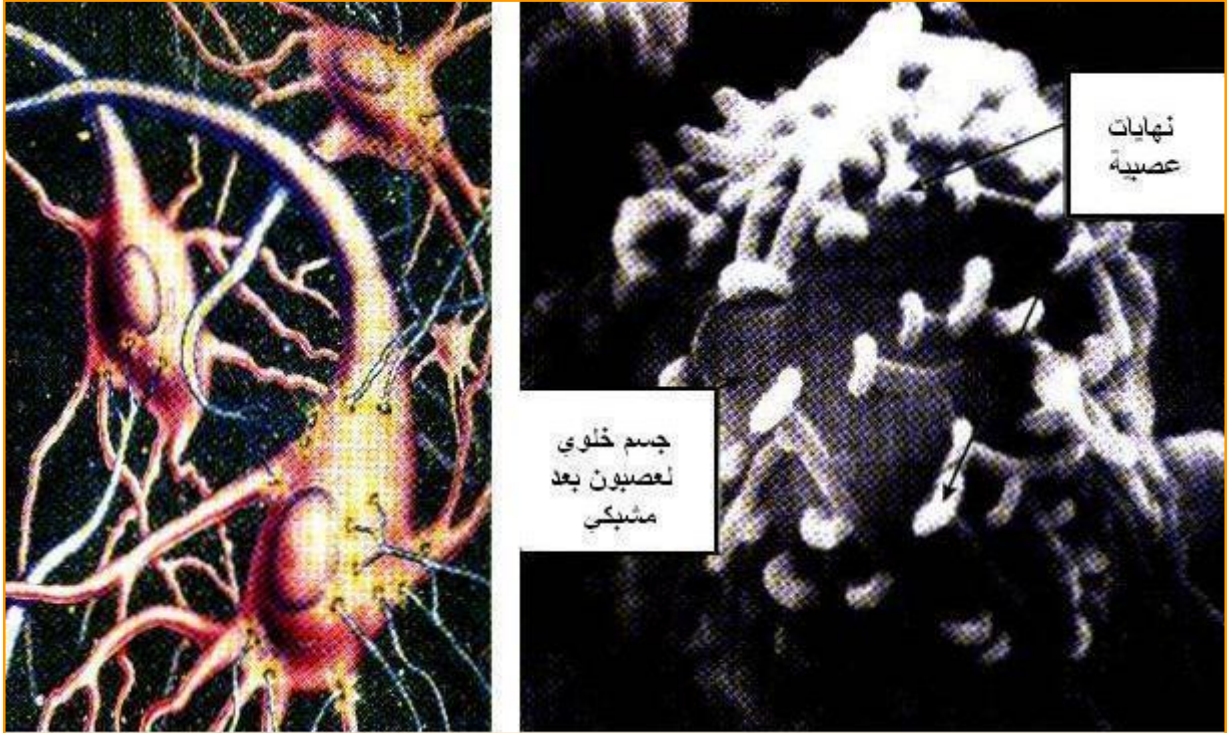
### ج - الفرضيات :

- مشابك منبهة و مشابك مثبطة .
- يعمل على دمج التنبهات المنبهة و المثبطة .

### د - التقصي :

#### 1 - أنواع المشابك :

أ - يمثل الشكلان ( أ ) و ( ب ) من الوثيقة - 1 - صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لمشابك و رسم تخطيطي لبعض المشابك .



#### الوثيقة - 1 -

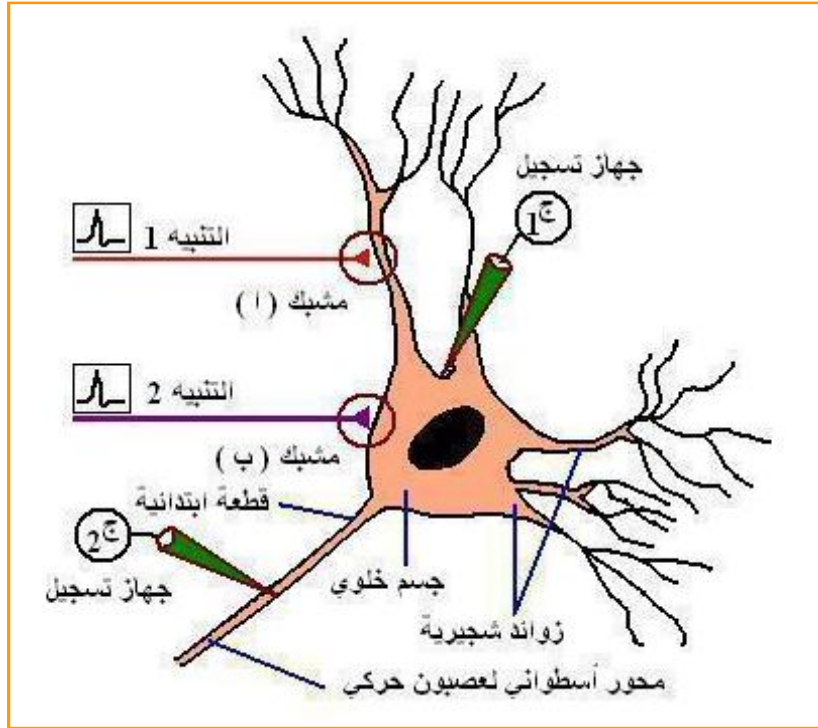
الشكل ( أ ) : صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لمشابك مسار السيالة العصبية الشكل ( ب ) : رسم تخطيطي يوضح بعض المشابك

- انطلاقا من معطيات شكلية الوثيقة - 1 - قدم تعريفا للمشابك .
- المشبك هو منطقة اتصال وظيفي بين خلية قبل مشبكية ( نهايات عصبية لخلية عصبية ) و خلية بعد مشبكية ( جسم خلوي ، زوائد شجيرية ، محور أسطواني ) ، حيث يفصل بين الخليتين شق مشبكي .

ب - لمعرفة أنواع المشابك المتواجدة في الشكل ( أ ) نحقق التجارب التالية :

**التجربة 1 :**

تمثل الوثيقة - 2 - نهايات عصبية مع نفس الجسم الخلوي لعصبون محرك ، بينما يمثل جدول الوثيقة - 3 - التسجيلات المسجلة بعد تنبيه فعال في 1 و 2 .



**الوثيقة - 2 -**

التسجيل في ج2	التسجيل في ج1	التنبيه
		التنبيه في 1
		التنبيه في 2

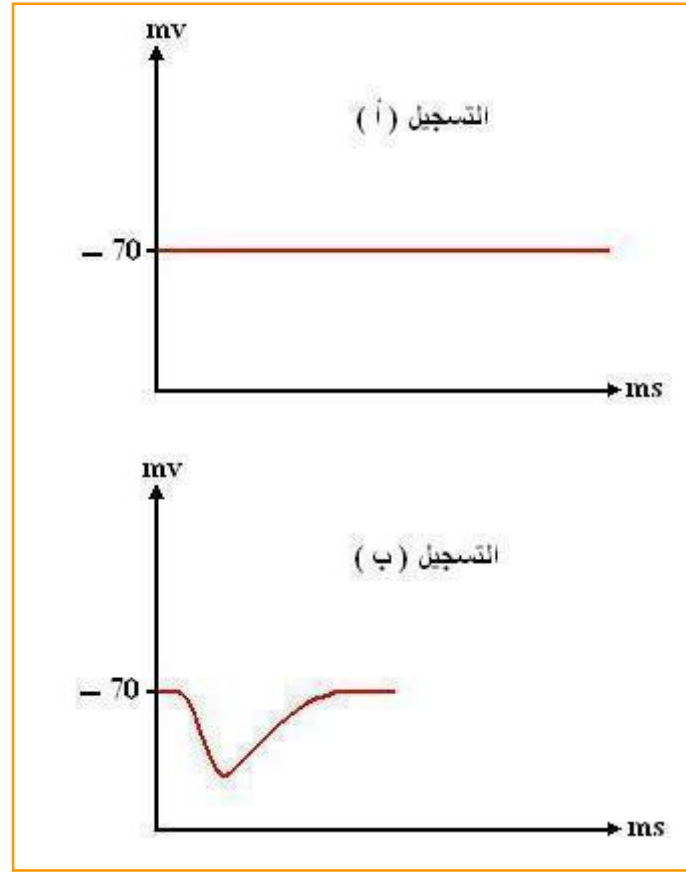
**الوثيقة - 3 -**

- قارن بين التسجيلات الناتجة من التنبيه الأول و الثاني من الوثيقة - 3 .
- إثر التنبيه الأول : يسجل الجهاز ج<sub>1</sub> كمون غشائي ( زوال استقطاب ) بعد مشبكي سعته تساوي أو تفوق العتبة ، كما يسجل الجهاز ج<sub>2</sub> كمون عمل أحادي الطور.
- إثر التنبيه الثاني : نلاحظ عدم تسجيل كمون غشائي ( زوال استقطاب ) في الجهازين ، حيث يسجل الجهاز ج<sub>1</sub> فرطاً في الاستقطاب ، بينما يسجل الجهاز ج<sub>2</sub> كمون راحة .
- ماذا تستنتج؟
- يوجد نوعان من المشابك :
  - ✓ مشابك تنتشر فيها السيالة العصبية ( المشبك " أ " ) .
  - ✓ مشابك لا تنتشر فيها السيالة العصبية ( المشبك " ب " ) .
- يدعى التسجيل الملاحظ في ج<sub>1</sub> إثر تنبيهه ( 1 ) الجزء ( أ ، ب ، ج ) بكمون بعد مشبكي تنبهي PPSE بينما التسجيل الملاحظ في ج<sub>1</sub> و النتائج من التنبيه ( 2 ) فيدعى بكمون بعد مشبكي تثبيطي PPSI .
- علل .
- المشبك التنبهي ( SE ) هو الذي ينتج عن تنبيهه زوال استقطاب .
- المشبك التثبيطي ( SI ) هو الذي ينتج عن تنبيهه فرط في الاستقطاب .
- بناء على التسجيلات السابقة ، استخرج نوع المشبكين ( أ ) و ( ب ) من الوثيقة - 2 .
- المشبك ( أ ) : عبارة عن مشبك تنبهي ( SE ) .
- المشبك ( ب ) : عبارة عن مشبك تثبيطي ( SI ) .
- قدم خلاصة حول تأثير المبلغ الكيميائي على الغشاء بعد المشبكي .
- يمكن أن يترجم تأثير المبلغ الكيميائي على الغشاء بعد المشبكي ب :
  - ✓ زوال استقطاب الغشاء بعد المشبكي و الذي يتسبب في ظهور كمون بعد مشبكي تنبهي ( PPSE ) .
  - ✓ فرط استقطاب الغشاء بعد المشبكي و الذي يتسبب في ظهور كمون بعد مشبكي تثبيطي ( PPSI ) .

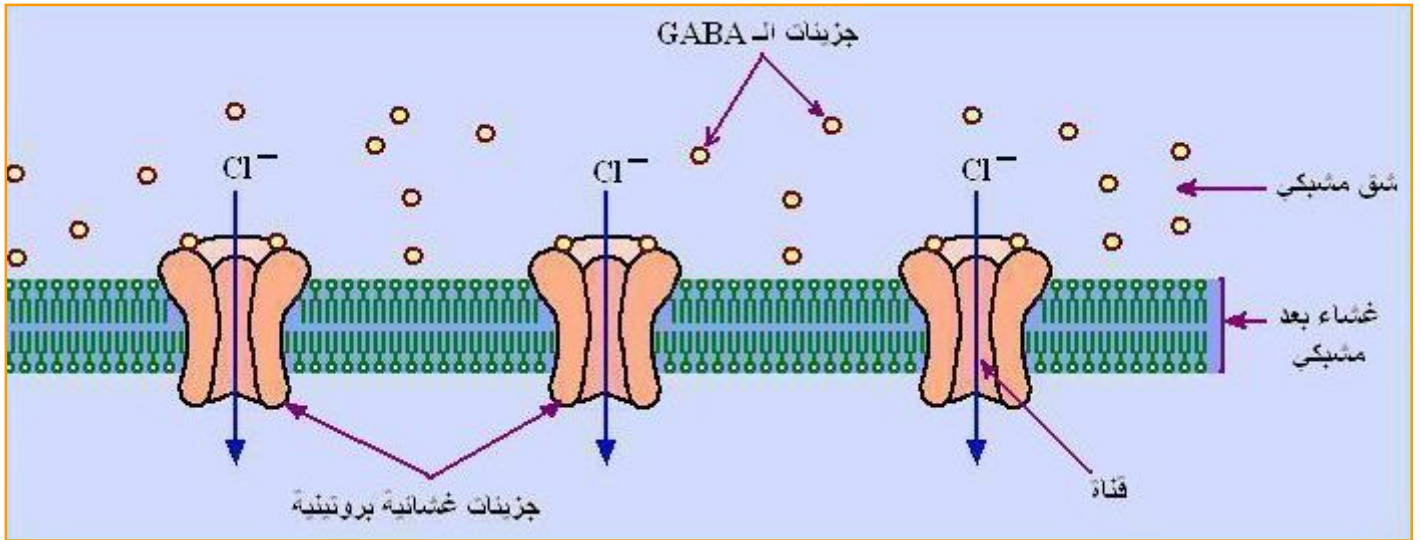
## التجربة 2 :

- لمعرفة ميزة المشبك ( ب ) ( التثبيطي ) مقارنة بالمشبك ( أ ) ( التنبهي ) و تحليل التسجيل الملاحظ في ج<sub>1</sub> إثر تنبيهه 2 ، ندرس النتائج التجريبية التالية :
- أ- حقن مادة GABA في الفراغ المشبكي للمشبك ( أ ) و بدون تنبيهه في 1 فيسجل الجهاز ج<sub>1</sub> التسجيل ( أ ) من الوثيقة - 4 .
- ب- حقن مادة GABA في الفراغ المشبكي للمشبك ( ب ) و بدون تنبيهه في 2 فيسجل الجهاز ج<sub>1</sub> التسجيل ( ب ) من الوثيقة - 4 .
- ج- بين التحليل الكيميائي للفراغ المشبكي ( ب ) من الوثيقة - 2 - أثناء الراحة غياب مادة GABA و تواجد شوارد الـ CI<sup>-</sup> بنسبة عالية ، بينما عند التنبيه في 2 من الوثيقة - 2 - فتظهر مادة GABA في الفراغ المشبكي ( ب ) و تناقص نسبة شوارد الـ CI<sup>-</sup> .
- د - سمحت دراسات أنجزت على الغشاء بعد مشبكي للمشبك ( ب ) تواجد جزيئات غشائية بروتينية تحتوي على مواقع تثبيت للـ GABA . الوثيقة - 5 - تبين رسماً تخطيطياً لهذه الجزيئات في وجود الـ GABA .





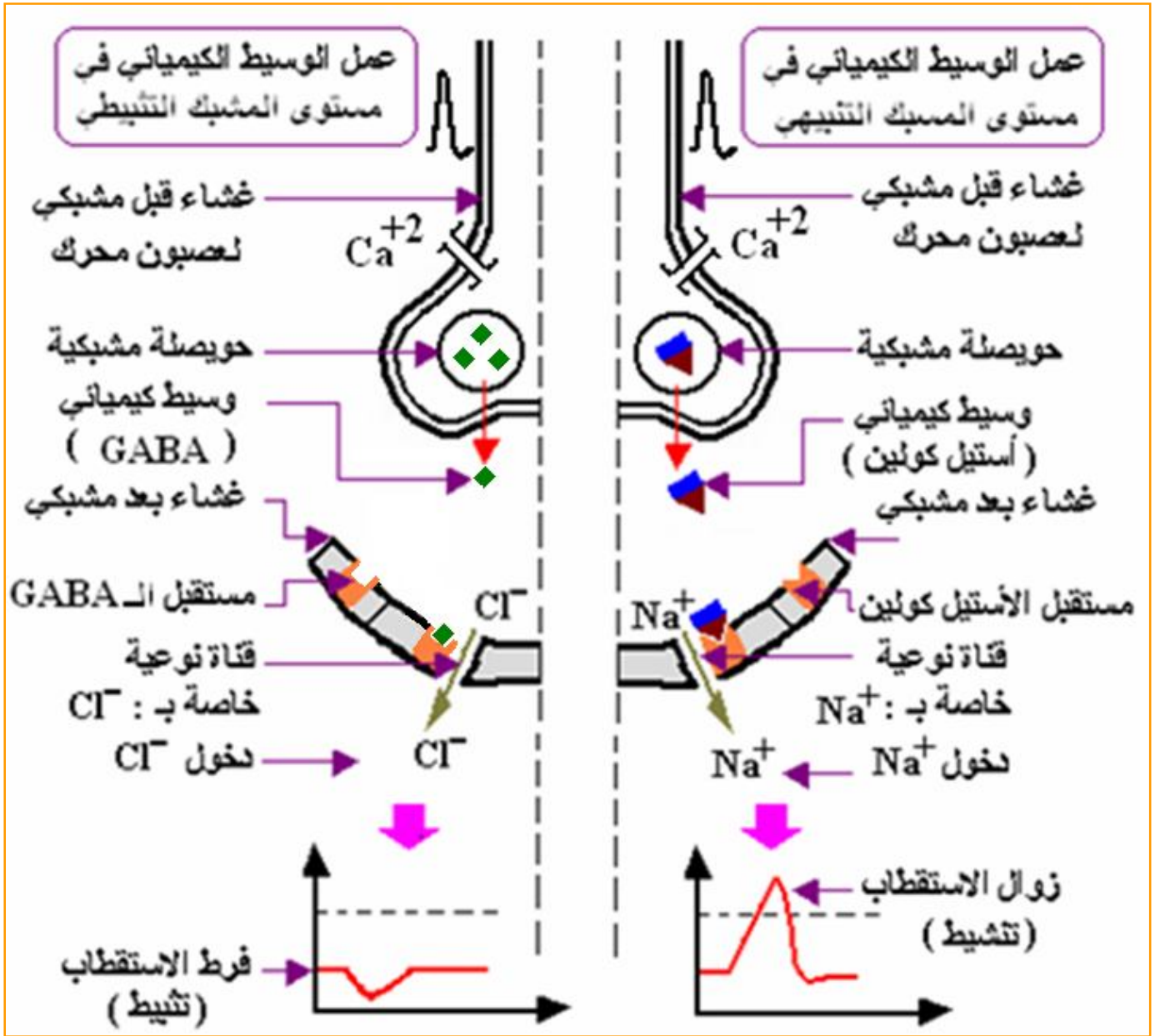
**الوثيقة - 4 -**



**الوثيقة - 5 -**

- ماذا تستنتج من مقارنة التسجيلين (أ) و (ب) من الوثيقة - 4 - ؟
- يؤثر الـ GABA فقط في المشبك التثبيطي (ب) حيث يولد فرطاً في استقطاب الغشاء بعد المشبكي .
- لكل مشبك من المشبكين السابقين مبلغ كيميائي خاص به .
- انطلاقاً من المعطيات السابقة (ب ، ج) قدم تفسيراً للتسجيل (ب).
- تسبب التثبيط في تحرير الـ GABA في الشق المشبكي مما يؤدي إلى تناقص شوارد الكلور (Cl<sup>-</sup>) في الشق المشبكي (ب).

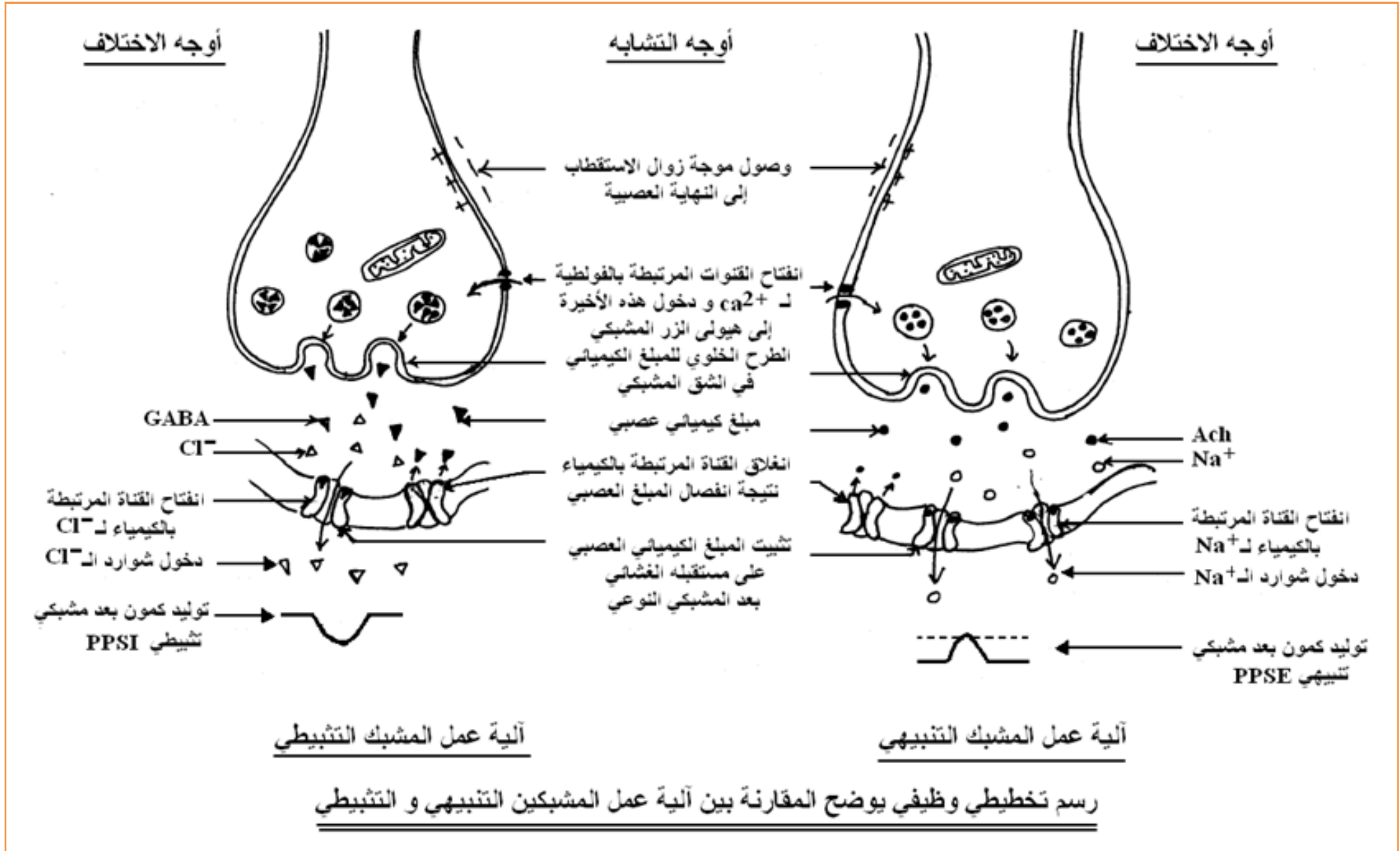
- بالربط بين معطيات ( ج ) و ( د ) و بالاستعانة بالوثيقة - 5 - و معلوماتك وضح بواسطة رسم تخطيطي وظيفي آلية عمل المشبك ( ب ) أثناء التنبيه في 2 .



- بالاعتماد على معلوماتك السابقة حول آلية عمل المشبك التنبيهي ( مثل المشبك أ ) و جوابك السابق في ( 3 ) استخراج دور البروتينات الغشائية المولدة للـ PPSE و الـ PPSI .
- إن وجود مشابك تنبيهية ( المشبك " أ " ) و مشابك تثبيطية ( المشبك " ب " ) مرتبط بانفتاح قنوات مختلفة ضمن المستقبلات الغشائية البروتينية للغشاء بعد المشبكي حيث :
- يتسبب تثبيت الوسيط الكيميائي الأستيل كولين على مستقبلاته الموجودة على الغشاء بعد المشبكي في فتح قنوات الـ  $Na^{+}$  ، و من ثم دخولها متسببة في توليد زوال استقطاب على مستوى الغشاء بعد المشبكي .
- يتسبب تثبيت الوسيط الكيميائي الـ GABA على مستقبلاته الموجودة على الغشاء بعد المشبكي في فتح قنوات الـ  $Cl^{-}$  ، و من ثم دخولها متسببة في توليد فرط استقطاب على مستوى الغشاء بعد المشبكي .

يمكن الاستعانة بالوثيقة 5 ص 150

ملاحظة : لا يهدم الـ GABA في الشق المشبكي و إنما يمتص من طرف الخلية الدبقية أو العصبون قبل المشبكي عن طريق نواقل خاصة ليستعمل في حلقة كرابس بعد تحويله إلى حمض السيكسينيك .



• قارن بين القنوات الفولطية و القنوات الكيميائية.

أنواعها	مكان تواجدها	المؤثر في عملها	دورها
قنوات الـ $Na^+$	تتواجد على مستوى الخلايا قبل و بعد المشبكية	يتحكم في عملها تغير الكمون الغشائي	تسمح بتدفق شوارد الـ $Na^+$
قنوات الـ $K^+$			تسمح بتدفق شوارد الـ $K^+$
قنوات الـ $Ca^{2+}$	تتواجد على مستوى الخلايا قبل المشبكية		تسمح بتدفق شوارد الـ $Ca^{2+}$
قنوات الـ A.Ch	تتواجد على مستوى الخلايا بعد المشبكية	يتحكم في عملها المبلغ الكيميائي	تسمح بتدفق شوارد الـ $Na^+$
قنوات الـ GABA			تسمح بتدفق شوارد الـ $Cl^-$

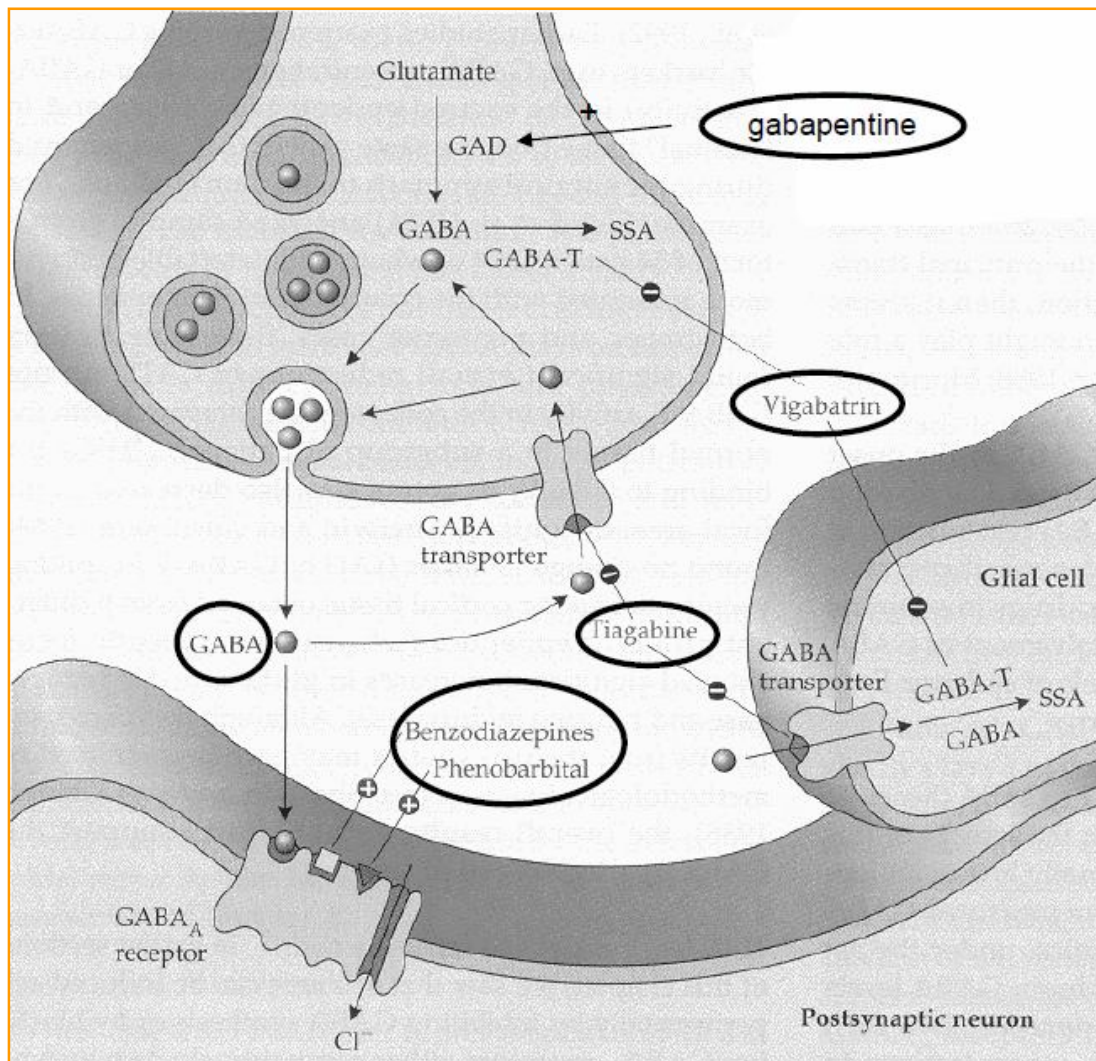
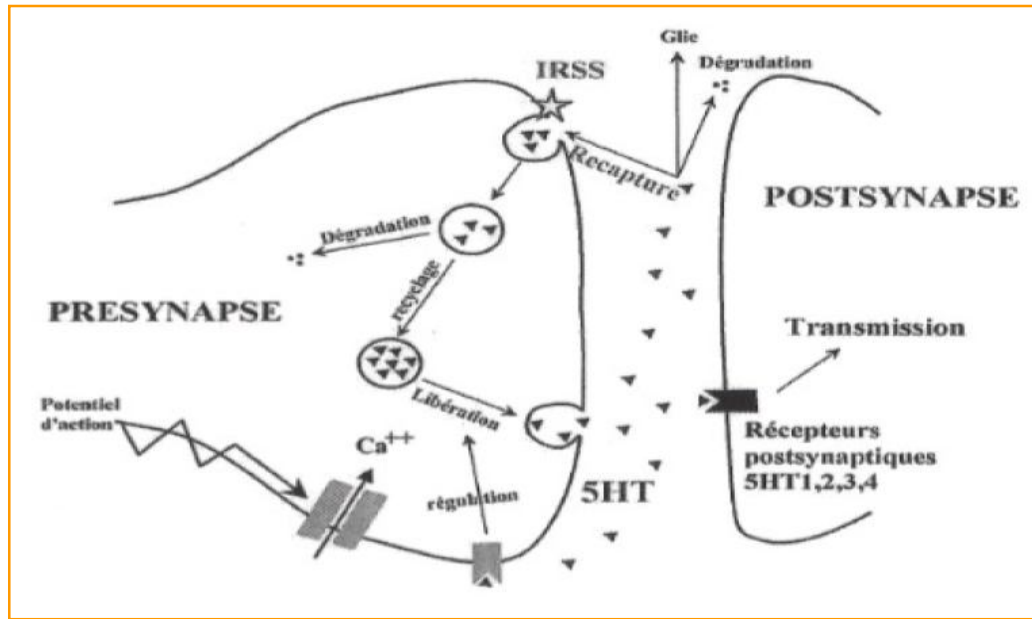
(المبوبة كهربائياً)  
القنوات الفولطية

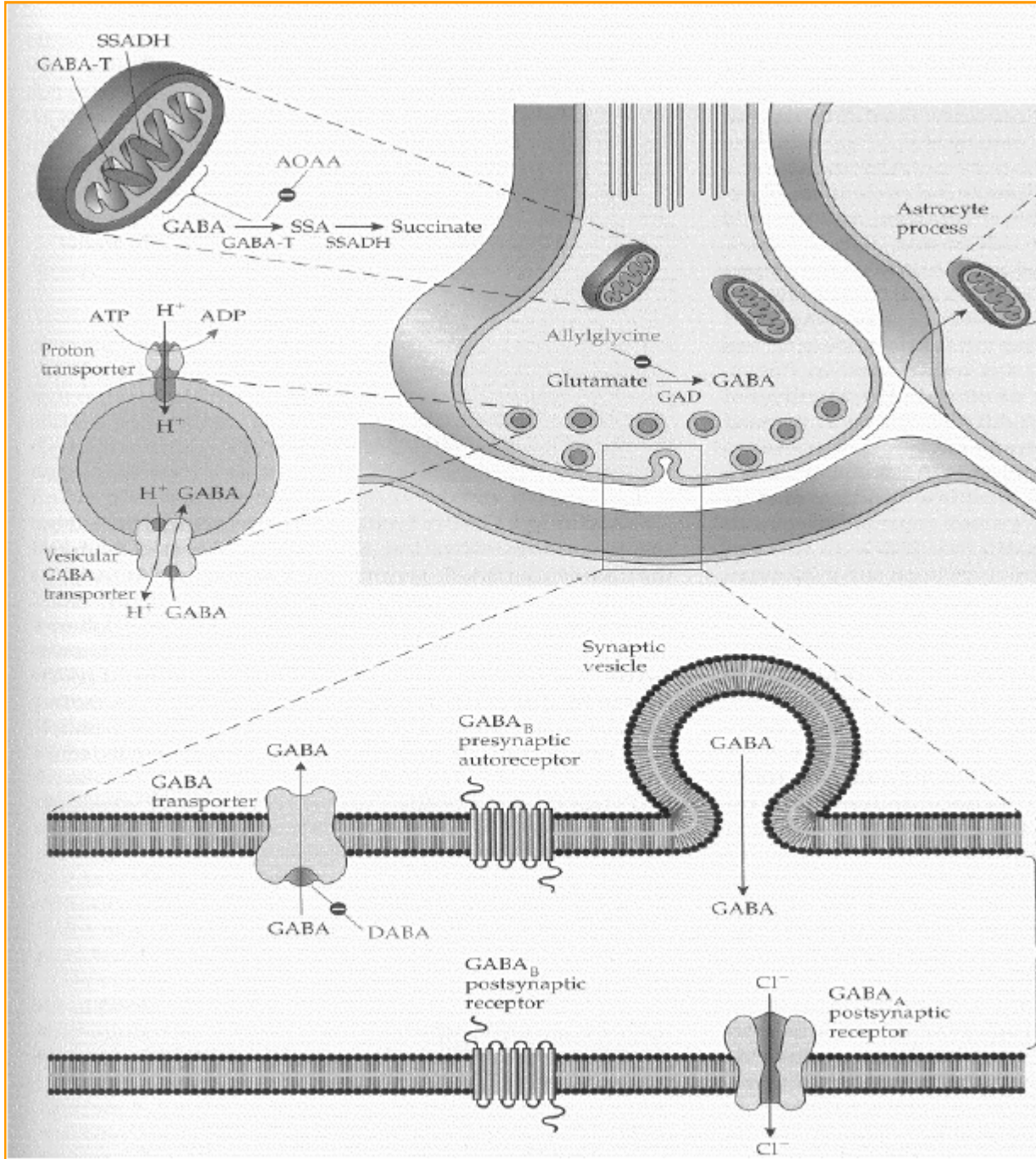
(المبوبة كيميائياً)  
القنوات الكيميائية

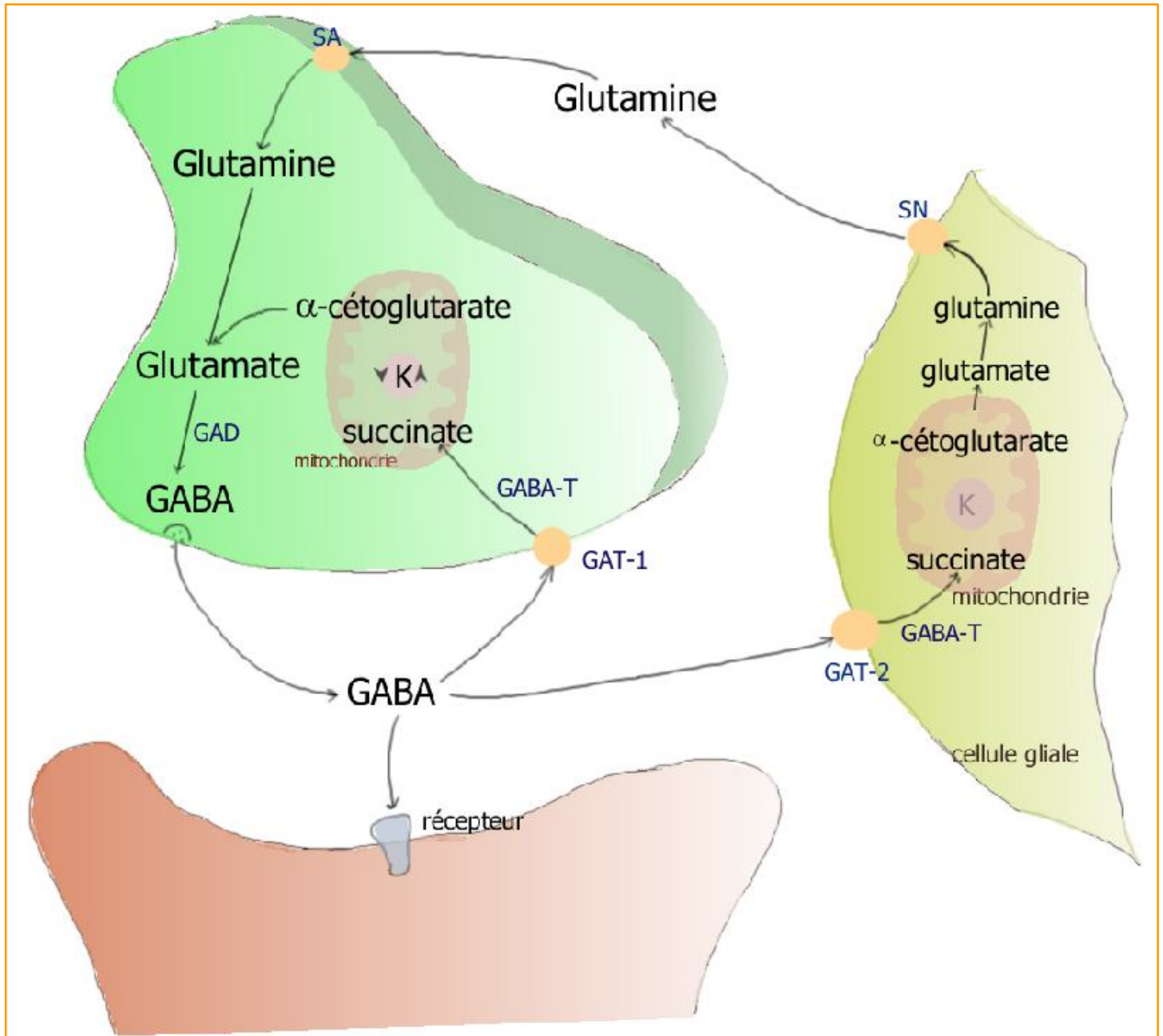
• بين في نص علمي دور البروتينات الغشائية في توليد الرسائل العصبية و انتشارها.

- يحتوي الغشاء قبل المشبكي على قنوات فولطية (بروتينات) خاصة بميز شوارد الـ  $Na^+$  و أخرى خاصة بميز شوارد الـ  $K^+$  مسؤولة عن نشأة كمون عمل قبل مشبكي و انتشاره ، كما تساهم مضخة الـ  $Na^+ / K^+$  (بروتينات) في عودة الغشاء إلى كمون الراحة .
- يحتوي غشاء النهاية العصبية قبل المشبكية على قنوات فولطية خاصة بشوارد الـ  $Ca^{2+}$  (بروتينات) تفتح عند وصول السيالة العصبية ، لتسمح بتدفق داخلي لشوارد الـ  $Ca^{2+}$  باتجاه هيولى النهاية قبل المشبكية ، فتنبه الحويصلات المشبكية على تحرير الأستيل كولين في الشق المشبكي .
- يحتوي سطح الغشاء بعد المشبكي على مستقبلات للأستيل كولين (بروتينات) متصلة بقنوات كيميائية (بروتينات) ، عند تثبيت الوسيط تفتح فيحدث ميز داخلي لشوارد الـ  $Na^+$  مولدة كمون بعد مشبكي تنبهي PPSE ، إذا وصلت سعته عتبة زوال الاستقطاب ينشأ كمون عمل بعد مشبكي و ينتشر .









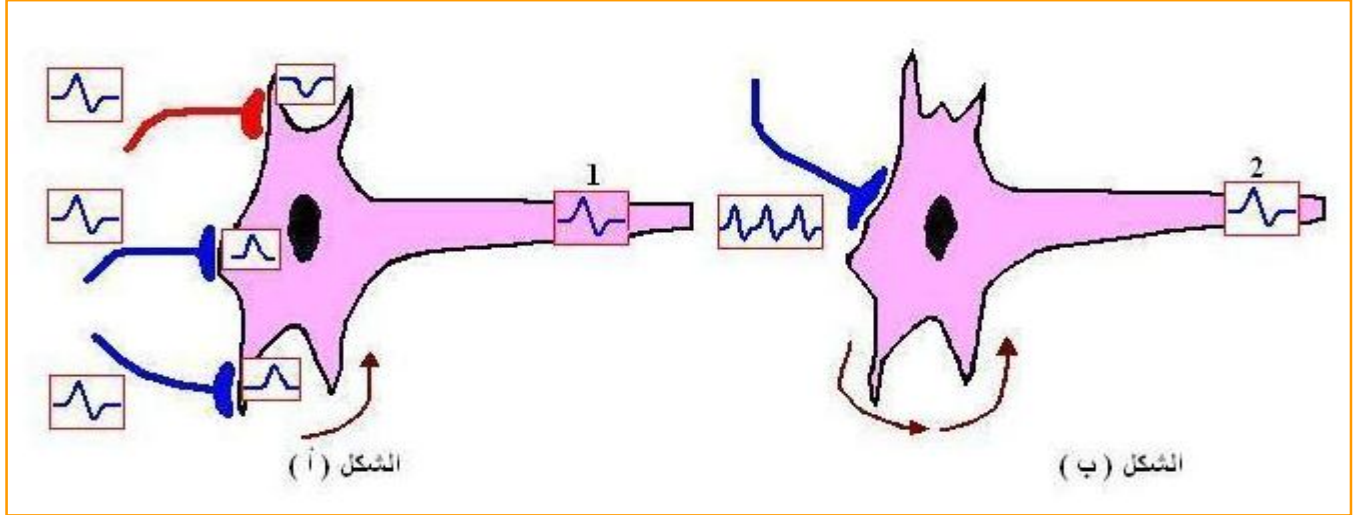


**2 - إدماج الكمونات بعد مشبكية :**

لقد رأينا سابقا أن العصبون بعد المشبكي في المراكز العصبية تتصل به عدة مشابك ، منها مشابك تنبيهية وأخرى تثبيطية ، وكل منها تأثير مختلف على الخلية بعد المشبكية .  
لكن كيف يكون التأثير في حالة وصول كمونات متتالية في نفس الوقت من نفس العصبون قبل المشبكي أو من عصبونات قبل مشبكية مختلفة ؟

**أ - أنواع تجميع الكمونات قبل المشبكية الواردة إلى الخلية البعد مشبكية :**

يمثل الشكلان ( أ ) و ( ب ) من الوثيقة - 6 - وصول عدة كمونات قبل مشبكية إلى الخلية بعد المشبكية.



**الوثيقة - 6 -**

- حدد عدد و نوع المشابك المتصلة بالخلية بعد المشبكية في الشكلين ( أ ) و ( ب ) من الوثيقة - 6 - .

الشكل ( ب )	الشكل ( أ )	عدد المشابك
1	3	أنواع المشابك من حيث البنية
عصبية - عصبية	عصبية - عصبية	أنواع المشابك من حيث الوظيفة
مشبك تنبيهي	مشبكان تنبهيان و مشبك تثبيطي	

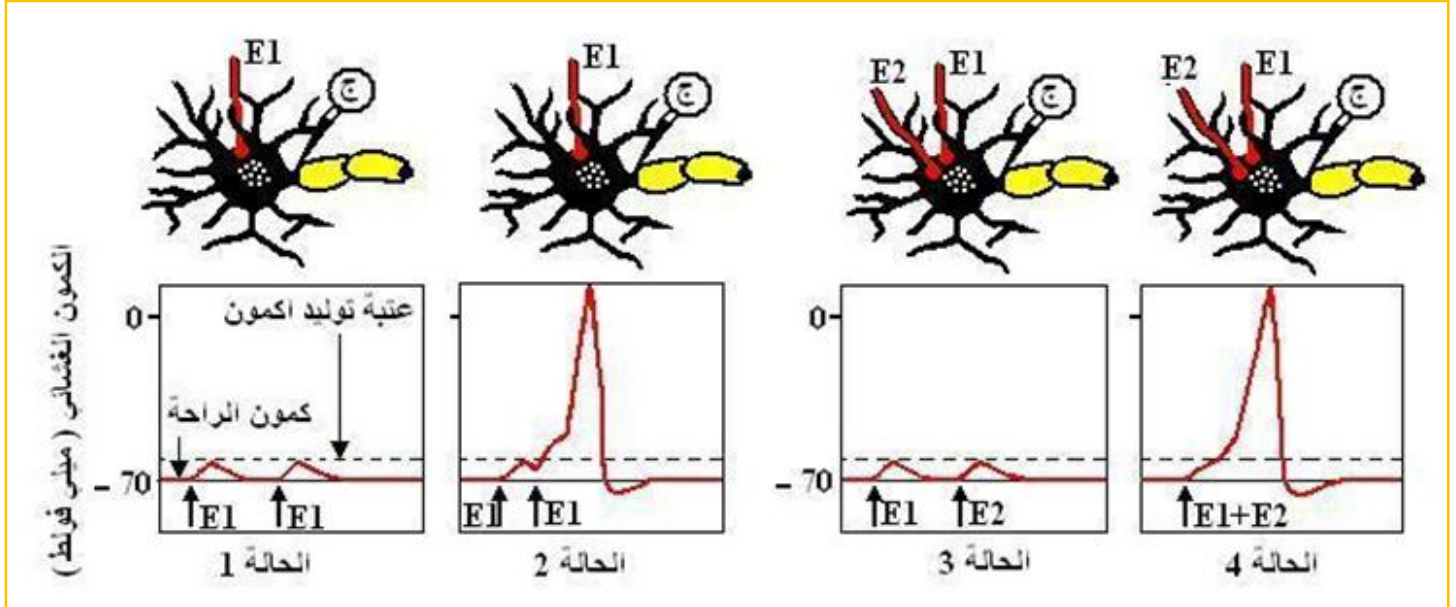
- ما عدد الكمونات التي تصل في نفس الوقت إلى الخلية بعد المشبكية في الشكلين ( أ ) و ( ب ) ؟ .
- **الشكل ( أ ) :** تصل ثلاث كمونات عمل مصدرها ثلاث خلايا قبل مشبكية ، و يتولد عنها كمون عمل واحد في الخلية بعد المشبكية .
- **الشكل ( ب ) :** تصل عدة كمونات عمل متقاربة من الخلية قبل المشبكية ، و يتولد عنها كمون عمل واحد في الخلية بعد المشبكية .
- حدد مصدر الكمونين 1 و 2 المسجلين في المحورين الأسطوانيين للخليتين بعد المشبكيتين من الشكلين ( أ ) و ( ب ) .
- يعود الكمون المسجل في الخلية بعد المشبكية إلى دمج مختلف الكمونات الواردة إليها .
- للعصبون بعد المشبكي القدرة على تجميع الكمونات التي تصل إليه في نفس الوقت إما تجميع فضائياً ( حالة الشكل أ ) ، أو تجميعاً زمنياً ( حالة الشكل ب ) . بالاعتماد على هذه المعطيات و شكلي الوثيقة - 6 - استخرج الاختلاف بين التجميع الزمني و التجميع الفضائي .
- **التجميع الفضائي : sommation spatiale** إذا وصلت مجموعة من كمونات عمل قبل مشبكية مصدرها مجموعة من النهايات العصبية و التي تصل في نفس الوقت إلى مشبك العصبون بعد المشبكي .
- **التجميع الزمني : sommation temporelle** إذا وصلت مجموعة من كمونات العمل المتقاربة من نفس الليف قبل المشبكي .



**2 - آلية الإدماج :**

**أ - حالة مشابك ذات ميزة تنبيهية :**

تمثل الوثيقة - 7 - تسجيلات أنجزت على الخلية بعد مشبكية إثر تنبيهين متتاليين :  
 الحالتان ( 1 - 2 ) : ناتجتان عن تنبيهين متتاليين لعصبون قبل مشبكي منبه  $E_1$  .  
 الحالتان ( 3 - 4 ) : ناتجتان عن تنبيه عصبونين قبل مشبكيين في  $E_1$  و  $E_2$  .



**الوثيقة - 7 -**

• **قارن بين النتائج المحصل عليها في الحالات التالية :**

- **الحالة 1 مع الحالة 2 ، و الحالة 3 مع الحالة 4 .**

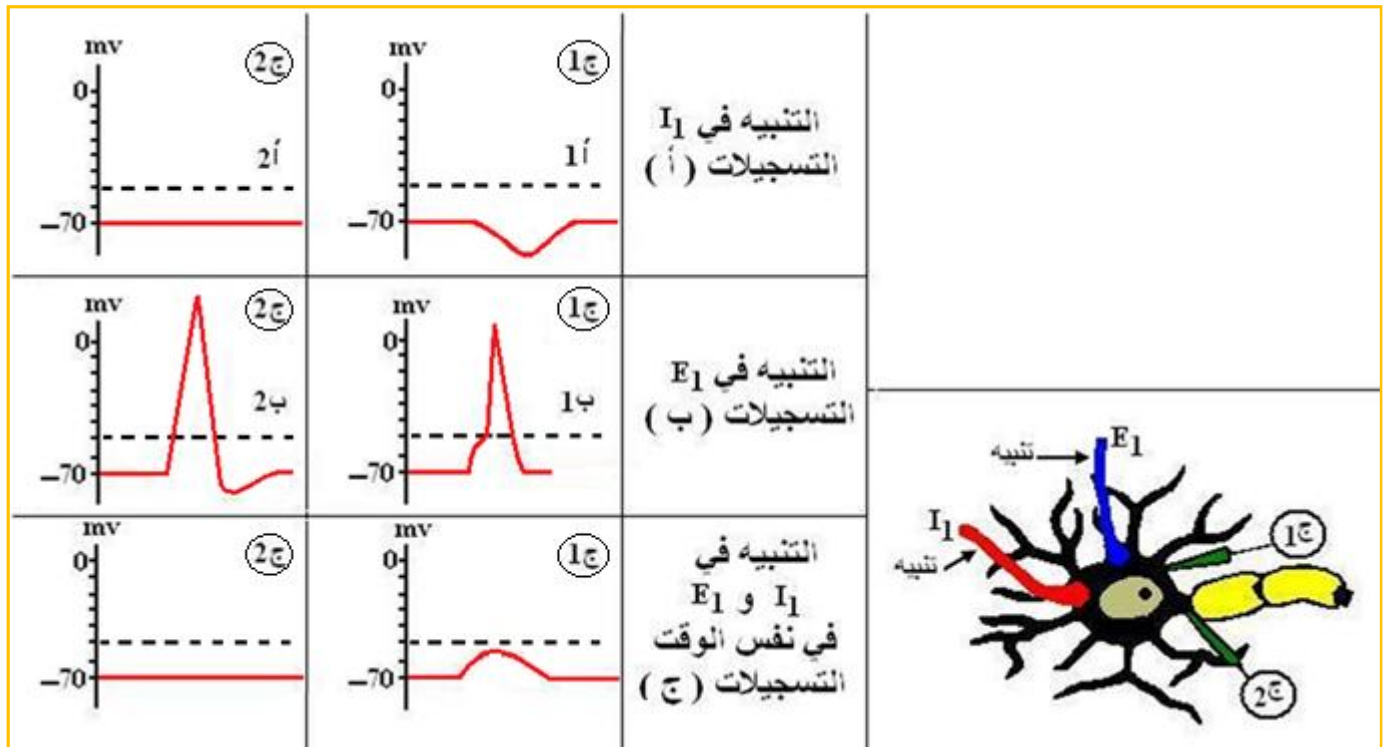
- لا يؤدي التنبيه المتباعدان إلى توليد كمون عمل في الخلية بعد المشبكية سواء من نفس المشبك أو من مشبكين مختلفين .
- في حين أن التنبيهين المتقاربين في نفس المشبك أو من مشبكين مختلفين يولدان كمون عمل في الخلية بعد المشبكية ، مما يدل على إدماج و تجميع كمونات عمل مجموعها يتعدى العتبة .

• **كيف تفسر التسجيلات الناتجة عن تنبيهين في الحالتين 2 و 4 ؟**

- المشبك المثبط يقلل من سعة الكمون بعد المشبكي ( أقل من العتبة ) ، و بالتالي لا يتولد كمون عمل في الخلية بعد المشبكية .

**ب - حالة مشابك ذات ميزة تنبيهية و أخرى تثبيطية:**

α - تمثل الوثيقة - 8 - خلية بعد مشبكية متصلة بنوعين من المشابك ، بينما الوثيقة - 9 - تمثل التسجيلات المسجلة في ج1 و ج2 .



**الوثيقة - 9 -**

**الوثيقة - 8 -**

● **حدد المشبك التنبيهي و المشبك التثبيطي انطلاقا من تسجيلات الوثيقة - 9 - .**

- **المشبك ( $E_1$ ):** مشبك تنبيهي .

- **التعليل:** لتشكيل كمون بعد مشبكي PPSE فوق العتبة أدى إلى توليد كمون عمل بعد مشبكي .

- **المشبك ( $I_1$ ):** مشبك تثبيطي .

- **التعليل:** لظهور فرط استقطاب في الغشاء بعد المشبكي .

● **قارن بين التسجيلين ب1 و ج1 .**

- يتشابه التسجيلان من حيث الشكل و يختلفان من حيث السعة التي تكون صغيرة في حالة التنبيه في

● ( $E_1$ ) و ( $I_1$ ) .

● **فسر إذا اختلاف النتائج في ب2 و ج2 .**

- يقلل المشبك المثبط من سعة الكمون بعد المشبكي ( أقل من العتبة ) و بالتالي لا يتولد كمون عمل في الخلية بعد المشبكية .

● **حدد شروط تسجيل المنحنى ب2 و ج2 .**

- نتحصل على زوال استقطاب الغشاء بعد المشبكي بمعنى توليد كمون عمل في العصبون بعد المشبكي إذا بلغ مجمل الكمونات التنبيهية و التثبيطية أثناء الإدماج عتبة توليد كمون العمل ، و على عكس ذلك يبقى العصبون في حالة راحة .

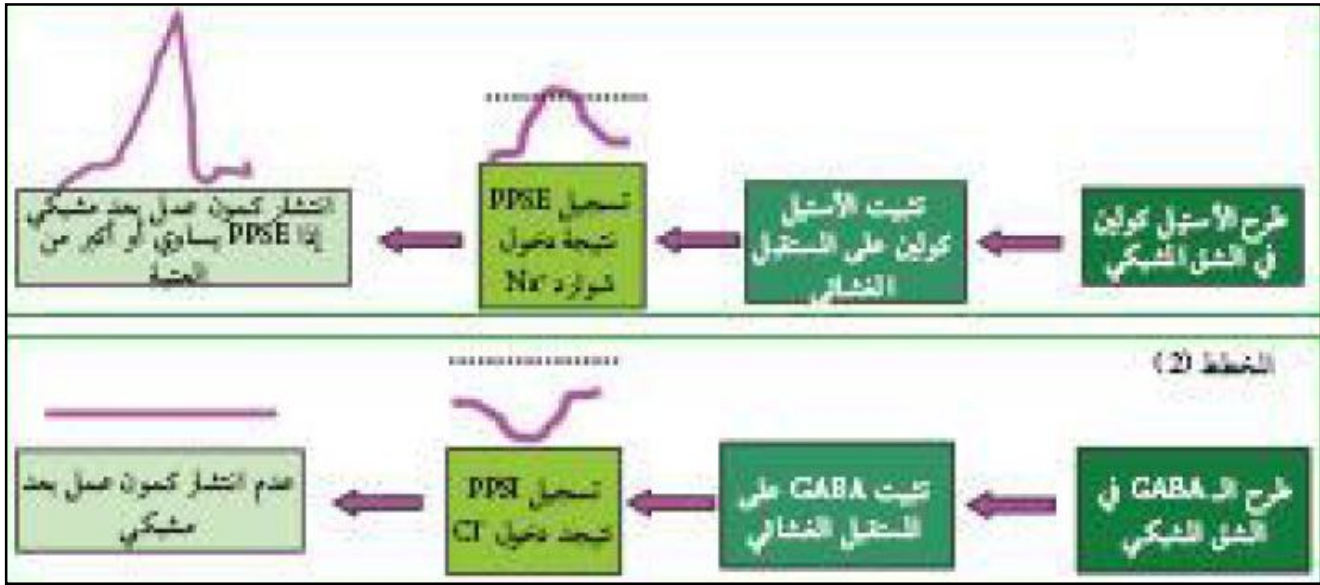
● **علل إجابتك .**

- نتج عن التنبيه في ( $E_1$ ) كمون عمل و لم ينتج عن التنبيه في ( $E_1$ ) و ( $I_1$ ) أي كمون عمل .

# المجال الأول \*\* الوحدة الخامسة: دور البروتينات في الاتصال العصبي \*\*

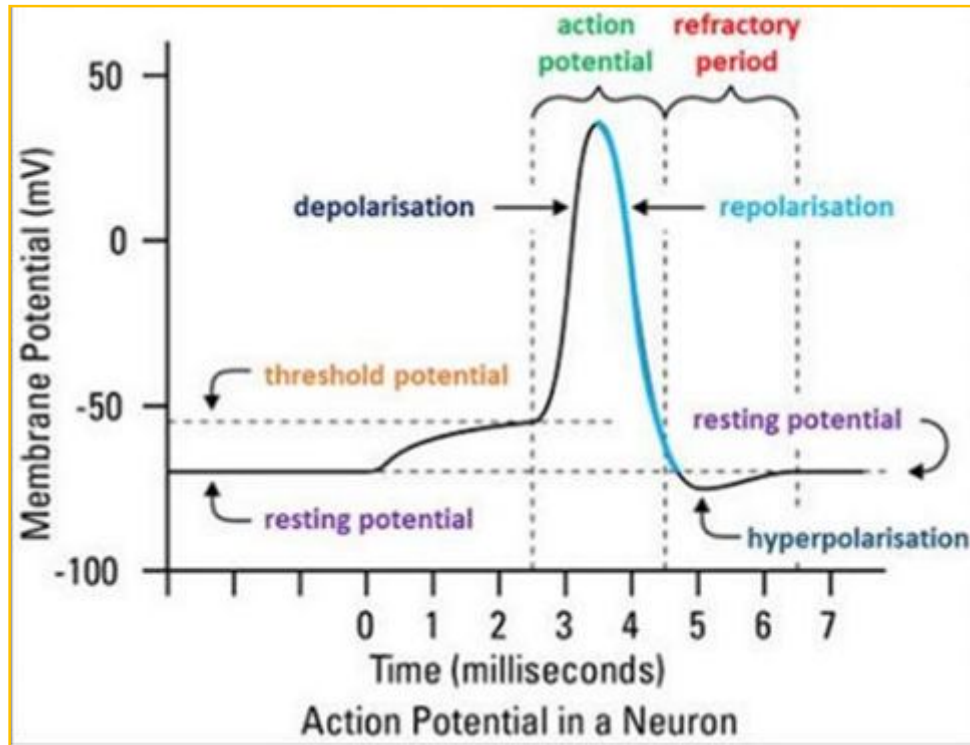
PPSI + PPSE < عتبة توليد كمون العمل ← توليد كمون عمل بعد مشبكي و انتشاره .

PPSI + PPSE > عتبة توليد كمون العمل ← عدم توليد كمون عمل بعد مشبكي .



## معلومة مفيدة :

- توليد كمون عمل بعد مشبكي يتطلب كمون بعد مشبكي تنبهي PPSE يساوي أو أكبر من عتبة زوال الاستقطاب . ( أغلب المراجع الأجنبية تشير إلى قيمة العتبة = - 50 ميلي فولط ) .

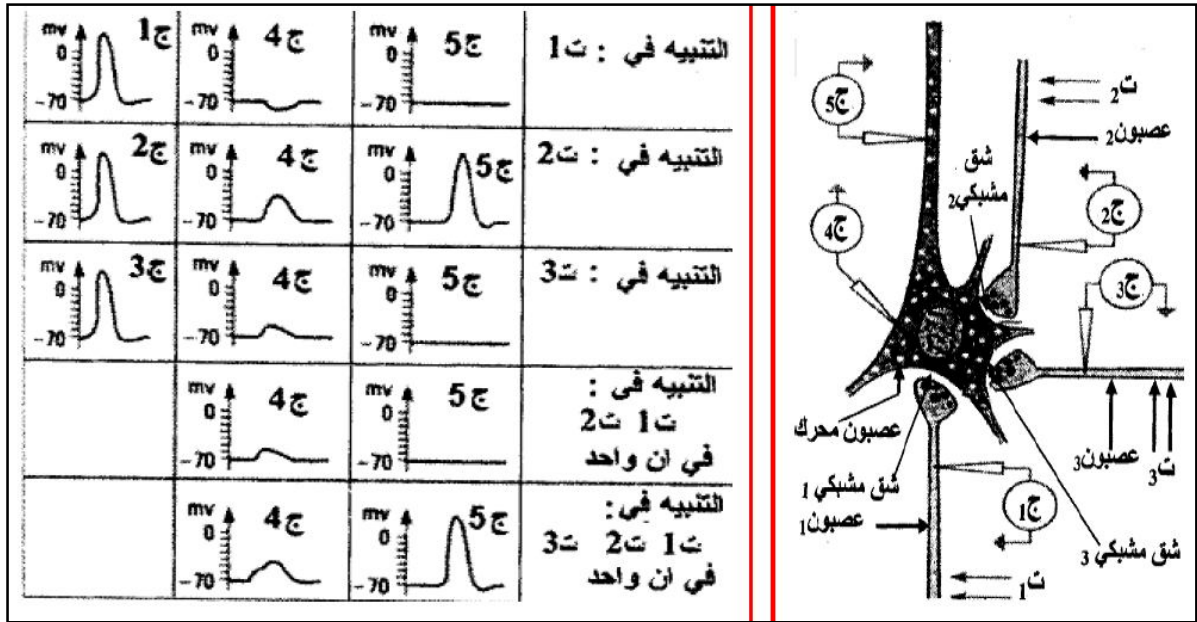


- **عتبة التنبية :** هي الشدة اللازمة لتغيير الكمون الغشائي من قيمة كمون الراحة إلى عتبة زوال الاستقطاب. (مثلا إذا كان التنبية كهربائيا الشدة الكافية و نقيسها هنا بالأمبير لتغيير كمون الغشاء من - 70 ميلي فولط إلى -55 ميلي فولط).
- **عتبة زوال الاستقطاب :** هي قيمة الكمون الغشائي التي تؤدي إلى توليد كمون عمل (انفتاح قنوات الصوديوم الفولطية). مثلا في عصبون كمون راحته = -70 ميلي فولط عتبة زوال استقطابه = -55 ميلي فولط.



**تطبيق 03 :**

نستعرض الدراسة التجريبية التالية لغرض فهم الآلية التي تنتقل بها الرسالة العصبية عبر الألياف والمشابك العصبية ، لذلك نحدث تنبيهات فعالة على عصبون محرك تم الحصول عليه من النخاع الشوكي لأحد الثدييات .



**الوثيقة - 2 -**

**الوثيقة - 1 -**

**اعتمادا على النتائج التجريبية الموضحة في الوثيقة السابقة :**

• ما طبيعة المشبك في كل حالة من الحالات الثلاثة ؟ علل إجابتك .

- المشبك ( 1 ) تثبيطي . التعليل : لظهور فرط في الاستقطاب
- المشبك ( 2 ) تنبيهي . التعليل : لتشكيل كمون PPSE فوق العتبة أدى إلى تشكيل كمون عمل .
- المشبك ( 3 ) تنبيهي . التعليل : لظهور كمون بعد مشبكي تنبيهي PPSE .

• **كيف تفسر التسجيلات المحصل عليها في كل من الجهازين ج 4 و ج 5 في الحالتين ؟**

**عند التنبيه في ت 1 و ت 2:** الكمون الغشائي المتشكل على مستوى العصبون المحرك هو محصلة كمونين بعد مشبكيين منبه و مثبط . الكمون المتشكل محصلته لم تتجاوز عتبة زوال الاستقطاب ، لذلك لم يتشكل كمون عمل .

**عند التنبيه في ت 1 ، ت 2 و ت 3:** الكمون الغشائي المتشكل على مستوى العصبون المحرك هو محصلة كمونين بعد مشبكيين منبهين و كمون مثبط . الكمون المتشكل محصلته تجاوزت عتبة زوال الاستقطاب لذلك تشكل كمون عمل .

• **وضح في شرح مختصر آلية تأثير المبلغ العصبي على المستوى الجزيئي في حالة التنبيه ت 1 و ت 2 .**

**في ت 1:** لدينا مشبك تثبيطي يتميز بإفراز المبلغ العصبي GABA في الشق المشبكي ، حيث يتثبت على مستقبلات غشائية نوعية في الغشاء بعد المشبكي ، مما يؤدي إلى فتح قنوات موبو كيميائيا تسمح بنفاذية شوارد الكلور ( Cl<sup>-</sup> ) مسببة في تسجيل فرط استقطاب الغشاء بعد المشبكي .

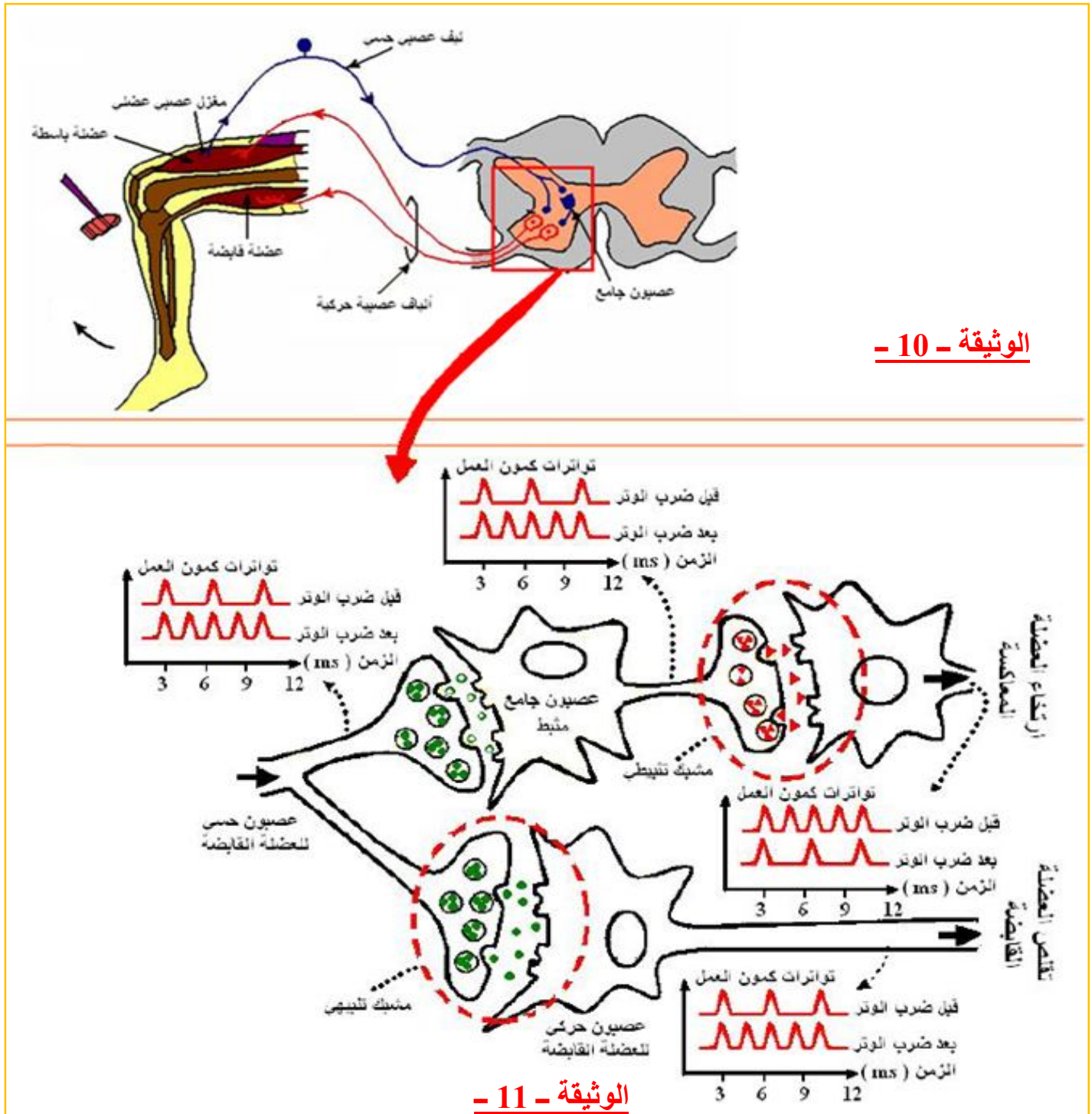
**في ت 2:** لدينا مشبك تنبيهي يتميز بإفراز المبلغ العصبي A.Ch في الشق المشبكي ، حيث يتثبت على مستقبلات غشائية نوعية في الغشاء بعد المشبكي ، مما يؤدي إلى فتح قنوات موبو كيميائيا تسمح بنفاذية شوارد الصوديوم ( Na<sup>+</sup> ) مسببة في تسجيل زوال استقطاب الغشاء بعد المشبكي .

• **استعانة بما سبق ، اشرح كيف يعمل العصبون المحرك على إدماج الرسائل العصبية .**

- يعمل العصبون المحرك على إيجاد المحصلة أو القيمة الجبرية للكمونات الغشائية بعد المشبكية المثبطة و المنبهة على مستوى القطعة الابتدائية ، فإذا كانت المحصلة تتجاوز عتبة زوال الاستقطاب تشكل كمون عمل ، أما إذا كانت المحصلة أقل من عتبة زوال الاستقطاب فإنه يبقى موضعيا و لا يتشكل كمون عمل .



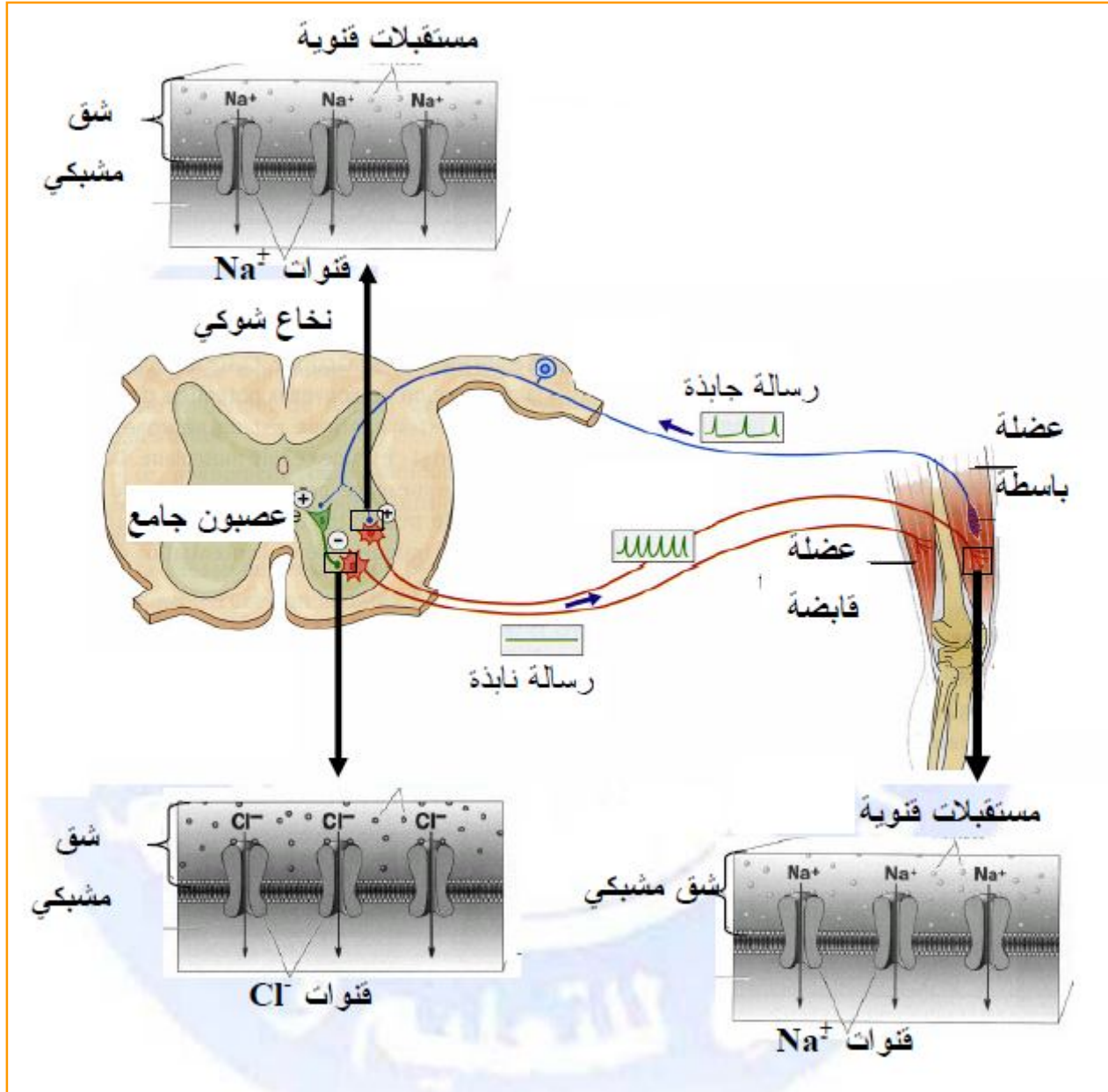
β- تمثل الوثيقة - 10 - مسار السيالة العصبية أثناء منعكس عضلي ، بينما الوثيقة - 11 - تمثل التسجيلات الكهربائية أثناء هذا المسار في مستوى الجزء المؤثر من الوثيقة - 10 - .



- ما هي المعلومات المستخرجة من مقارنة تواترات كمون العمل المسجلة قبل و بعد ضرب الوتر ؟
- قبل ضرب الوتر يكون عدد تواتر كمونات العمل قليلا في كل من العصبون الحسي للعضلة القابضة و العصبون الجامع و العصبون الحركي للعضلة القابضة ، بينما يكون عددها كبيرا في العصبون الحركي للعضلة المعاكسة .
- بعد ضرب الوتر يكون عدد تواتر كمونات العمل كبيرا في كل من العصبون الحسي للعضلة القابضة و العصبون الجامع و العصبون الحركي للعضلة القابضة ، بينما يكون عددها قليلا في العصبون الحركي للعضلة المعاكسة .

• ماذا تستنتج؟

- يثبط العصبون الجامع مرور السيالة العصبية فهو مشبك تثبيطي .
- اشرح أهمية العصبون الجامع في تنسيق عمل العضلتين المتضادتين خلال المنعكس العضلي .
- يثبط العصبون الجامع مرور السيالة العصبية إلى العضلة المعاكسة التي تبقى في حالة استرخاء لعدم وصول التنبيه إليها و بالمقابل تتقلص العضلة المنبهة ، و هكذا يتحقق التنسيق بين العضلتين المتضادتين خلال المنعكس العضلي .
- بالاعتماد على ما سبق و بالمعلومات التي تقدمها لك الوثيقتان ، أنجز مخططا تحصيليا لمنعكس العضلي على المستوى الجزيئي و الشاردي .



**الحصة التعليمية 8 : تأثير المخدرات على مستوى المشابك .**

**أ - وضعية الانطلاق :**

تتدخل المراكز العصبية في مختلف الإحساسات التي يشعر بها الفرد من دفاء ، برودة ، ألم أو نشوة و تلعب المشابك دورا هاما في إيصال هذه الإحساسات ليتم إدماجها بعد ذلك . إلا أن هناك جزيئات كيميائية خارجية مثل المخدرات تتدخل في مستوى هذه المشابك ، لتحداث خلل في عملها .

**ب - الإشكاليات :**

- فما هو تأثير المخدرات على مستوى المشبك ؟
- و ما هي انعكاساتها ؟

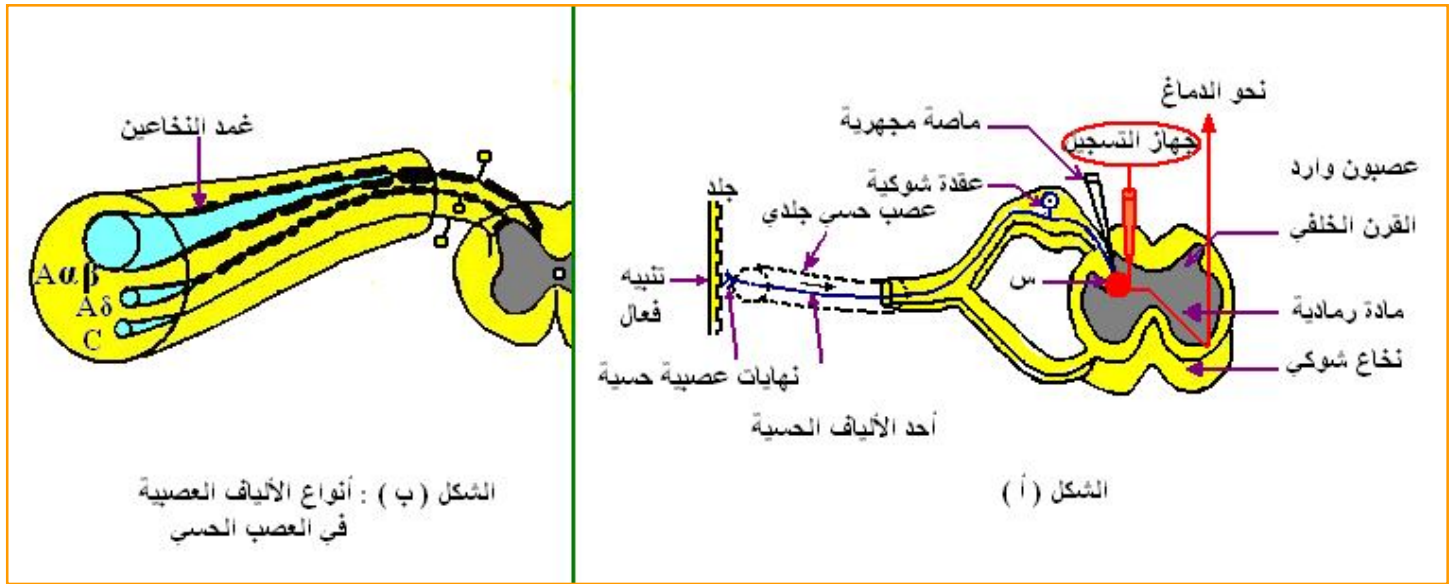
**ج - الفرضيات :**

- تثبتت على الغشاء بعد مشبكي .
- تثبط بمرور السيالة العصبية .

**د - التقصي :**

**1 - دور المورفين :**

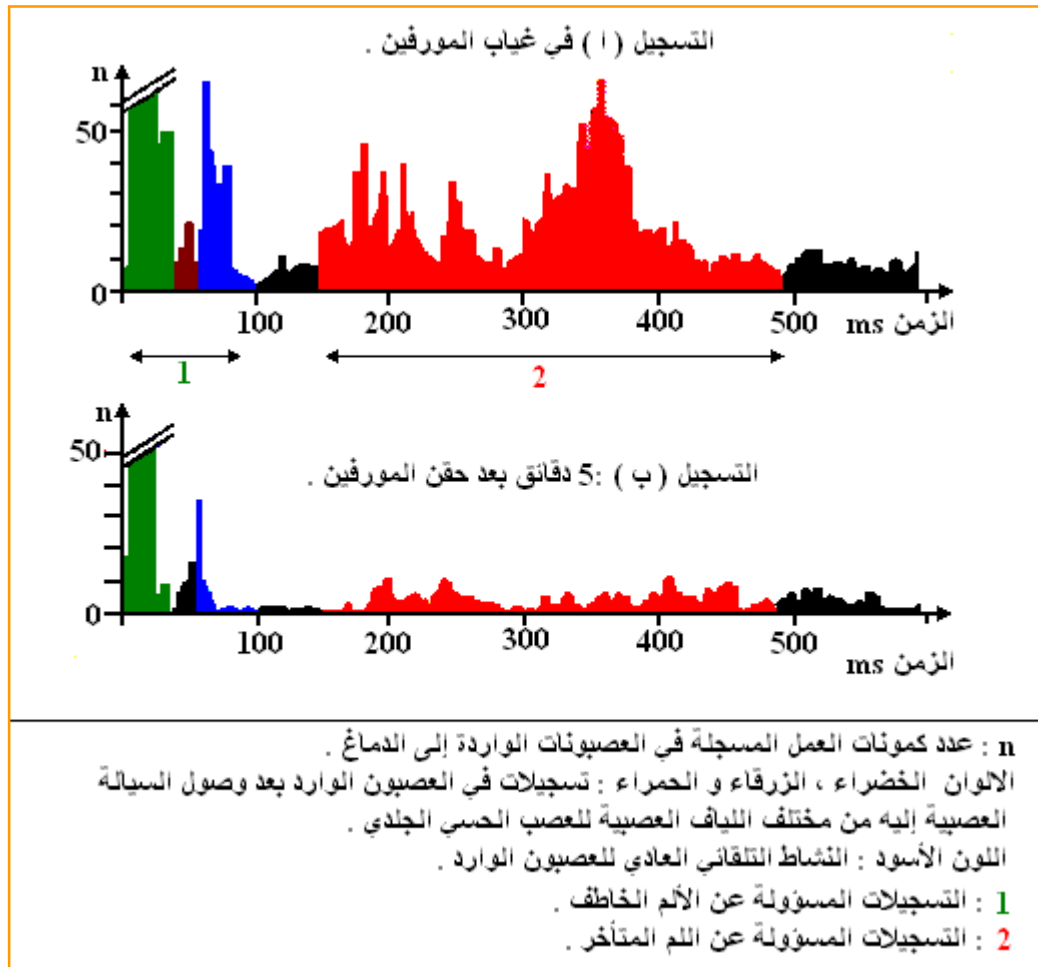
أ - يمثل الشكل ( أ ) من الوثيقة - 1 - رسما تخطيطيا لتركيب تجريبي يمكننا من دراسة العناصر المتدخلة في الإحساس بالألم ، حيث التسجيلات تمت في مستوى العصبون الوارد إلى الدماغ .  
الشكل ( ب ) : يمثل رسما تخطيطيا يوضح أنواع الألياف المتواجدة في العصب الحسي الجلدي .



**الوثيقة - 1 -**

- **قارن بين الألياف المكونة للعصب الحسي الموضحة في الشكل ( ب ) من الوثيقة - 1 - .**
- **تختلف الألياف العصبية الحسية للعصب الحسي الجلدي من حيث الطول ، القطر و البنية ( غياب أو وجود غمد النخاعين ) .**

- ب - تمثل الوثيقة - 2 - النتائج التجريبية المتحصل عليها في التركيب التجريبي الموضح في الشكل ( أ ) من الوثيقة - 1 - حيث :
- التسجيل ( أ ) :** تم الحصول عليه بعد تنبيه قوي في الجلد أدى إلى إحساس بألم خاطف ( Douleur rapide ) متبوع بألم متأخر و لفترة أطول ( Douleur lente ) .
- التسجيل ( ب ) :** تم الحصول عليه بعد نفس التنبيه السابق لكن بعد حقن مادة المورفين في المنطقة ( س ) من الشكل ( أ ) للوثيقة - 1 - .



- **قدم تحليلاً مقارناً للتسجيلين ( أ ) و ( ب ) .**
- **في غياب المورفين :** ظهور تسجيلات لكمونات عمل المعبرة عن الشعور بالألم المتأخر.
- **في وجود المورفين :** عدم ظهور تسجيلات لكمونات عمل المعبرة عن الشعور بالألم المتأخر .
- **استنتج دور المورفين .**
- للمورفين تأثير على الكمونات الممثلة بالأحمر و المسؤولة عن الشعور بالألم المتأخر، فهو يعمل على إغائها ( عدم الإحساس بالألم المتأخر و ذلك بخفض تواتر كمونات العمل ) .
- **بالاعتماد على نتيجة المقارنة ، قدم فرضيات تعلق بها سبب التأخر الزمني للتسجيل 2 ( بالأحمر ) عن التسجيل 1 ( بالأخضر و الأزرق ) في التسجيل ( أ ) من الوثيقة - 2 -**
- اختلاف في نوع الألياف العصبية الحسية للعصب الحسي الوارد .
- اختلاف في قطر الألياف العصبية الحسية للعصب الحسي الوارد .



## المجال الأول \*\* الوحدة الخامسة: دور البروتينات في الاتصال العصبي \*\*

ج - للتحقق من صحة إحدى الفرضيات مكنت دراسة سرعة السيالة العصبية في ألياف العصب الحسي الممثل في الشكل ( ب ) من الوثيقة - 1 - من الحصول على النتائج الممثلة في الوثيقة - 3 - .

نوع الألياف	القطر ( $\mu\text{m}$ )	السرعة ( m / s )
الألياف A	4 - 1	24 - 6
الألياف C	1 - 0.5	2 - 1

### الوثيقة - 3 -

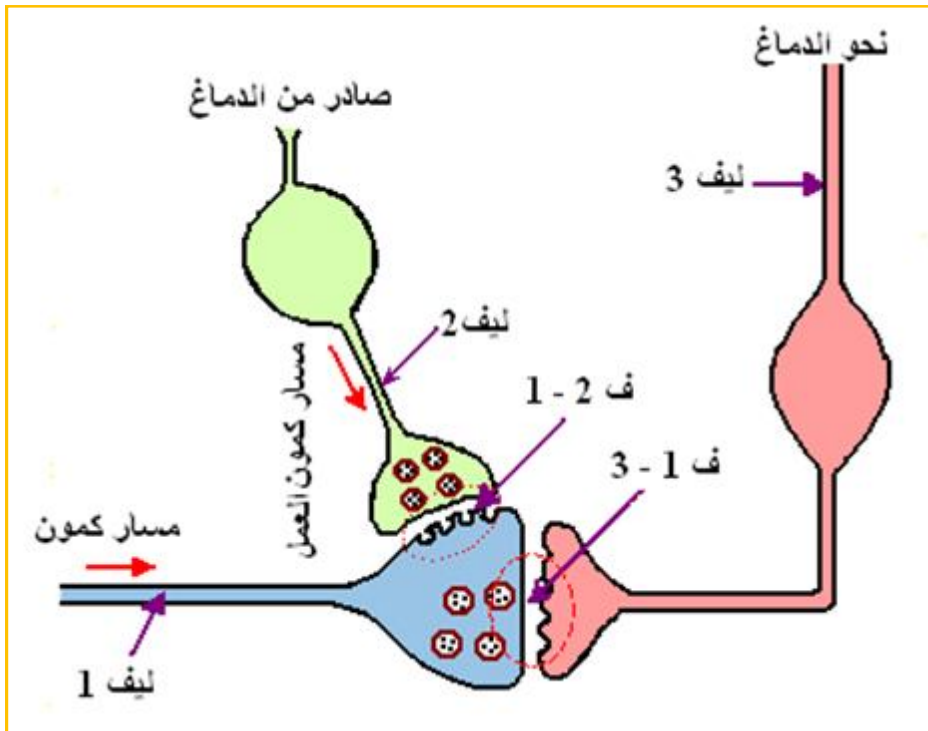
- حلل نتائج الجدول .
- تكون سرعة السيالة العصبية في الألياف العصبية الحسية ذات القطر الكبير أسرع منها في الألياف العصبية الحسية ذات القطر الصغير .
- ماذا تستنتج؟
- تتناسب سرعة السيالة العصبية تناسباً طردياً مع قطر الليف .
- هل تسمح لك هذه النتائج من التحقق من إحدى الفرضيات السابقة؟
- نعم ( الفرضية 2 ) .
- علل إجابتك .
- تختلف سرعة السيالة العصبية باختلاف قطر و بنية الليف العصبي .
- بناءً على ما سبق و على نتائج التسجيلات ( ب ) من الوثيقة - 2 - ، علل استعمال المورفين في المجال الطبي .
- يستعمل المورفين في المجال الطبي وذلك للتخفيف من الألم عند بعض المرضى (عدم الإحساس بالألم) .

### 2 - مقر تأثير المورفين :

لمعرفة مقر تأثير المورفين نحقق الأعمال التجريبية التالية :

#### المرحلة 1:

- تمثل الوثيقة - 4 - رسماً تخطيطياً للبنية المتواجدة على مستوى المنطقة ( س ) للشكل ( أ ) من الوثيقة - 1 - ، بينما الوثيقة - 5 - فتمثل نتائج تجريبية لتبويضات أجريت على مختلف الألياف العصبية للوثيقة - 4 - .



### الوثيقة - 4 -

التجربة	التنبية	التحليل الكيميائي في مستوى المشابك	النتيجة
01	تنبيه كهربائي في الليف 1 .	ارتفاع تركيز المادة P في مستوى ف ( 1 - 3 ) .	إحساس بالألم
02	تنبيه كهربائي في الليف 2 و في الليف 1 .	ارتفاع تركيز مادة الأنكيفالين في مستوى ف ( 1 - 2 ) و تناقص المادة P في مستوى ف ( 1 - 3 ) .	عدم الإحساس بالألم
03	حقن المورفين في المنطقة ( ف 1 - 2 ) + تنبيه كهربائي في 1 .	تناقص المادة P في مستوى ف ( 1 - 3 ) .	عدم الإحساس بالألم

**الوثيقة - 5 -**

**فسر هذه النتائج :**

- \* **التجربة الأولى :** تسبب تنبيه الليف 1 في إفراز المادة P في المشبك ف ( 1 - 3 ) ، فارتفع تركيزها مما نتج عنها توليد رسالة عصبية في الليف 3 مؤدية إلى الإحساس بالألم.
- \* **التجربة الثانية :** تسبب تنبيه كل من الليف 1 و الليف 2 في إفراز مادة الأنكيفالين على مستوى المشبك ف ( 1 - 2 ) فارتفع تركيزها ، مما نتج عنها تثبيط إفراز المادة P مع تناقص كميتها، و بالتالي لم تتولد رسالة عصبية في الليف 3 ، فلم يتم الإحساس بالألم.
- \* **التجربة الثالثة :** تسبب حقن المورفين في المنطقة ( ف 1 - 2 ) بالإضافة إلى إحداث تنبيه كهربائي في 1 في تناقص المادة P في مستوى ف ( 1 - 3 ) ، و بالتالي لم تتولد رسالة عصبية في الليف 3 ، فلم يتم الإحساس بالألم.

**ماذا تستنتج من مقارنة نتائج التجربتين 2 و 3 من الوثيقة - 5 - ؟**

- للمورفين نفس تأثير الأنكيفالين .
- **بالاعتماد على النتائج التجريبية في 1 و 2 من الوثيقة - 5 - :**
- **حدد نوع المشبك في كل من : ف ( 1 - 2 ) و ف ( 1 - 3 ) مع التعليل.**
- **المشبك ف ( 1 - 2 ) :** مشبك مثبط لأن إفراز مادة الأنكيفالين في ف ( 1 - 2 ) أدى إلى تناقص المادة ( P ) في ف ( 1 - 3 ) ، و من ثم عدم الإحساس بالألم .
- **المشبك ف ( 1 - 3 ) :** مشبك منبه لتحرير المادة ( P ) على مستواه نتج عنه الإحساس بالألم .
- **بالربط بين نتائج التجربتين 1 و 2 من الوثيقة - 5 ، و شكل الوثيقة - 4 - أوجد علاقة بين : المادة P ، مادة الأنكيفالين ، و الإحساس الناتج .**
- **المادة ( P ) عبارة عن مبلغ كيميائي للمشبك المنبه ف ( 1 - 3 ) المسؤول عن الإحساس بالألم.**
- **الأنكيفالين عبارة عن مبلغ كيميائي للمشبك المثبط الذي يثبط العصبون المفرز للمادة P في ف ( 1 - 3 ) و بالتالي عدم الإحساس بالألم.**

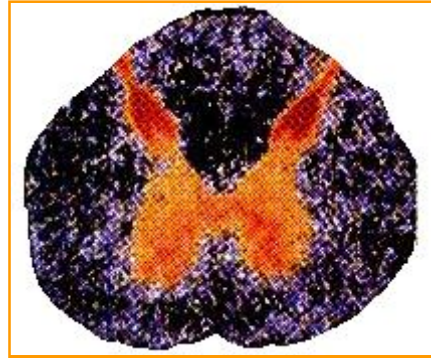
**ماذا تستنتج من مقارنة نتائج التجربتين 2 و 3 من الوثيقة - 5 - ؟**

- للمورفين نفس تأثير الأنكيفالين .
- **قدم إذا فرضيات تفسر كيفية تأثير المورفين .**
- **الفرضية 1 :** المورفين يعمل نفس عمل الأنكيفالين .
- **الفرضية 2 :** المورفين ينشط إفراز الأنكيفالين .
- **الفرضية 3 :** المورفين يمنع تفكك ( إمارة ) الأنكيفالين .

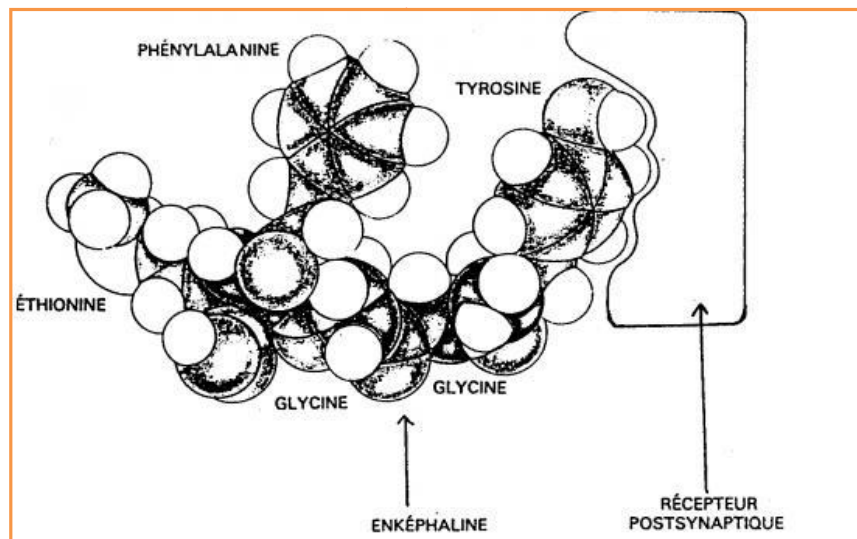
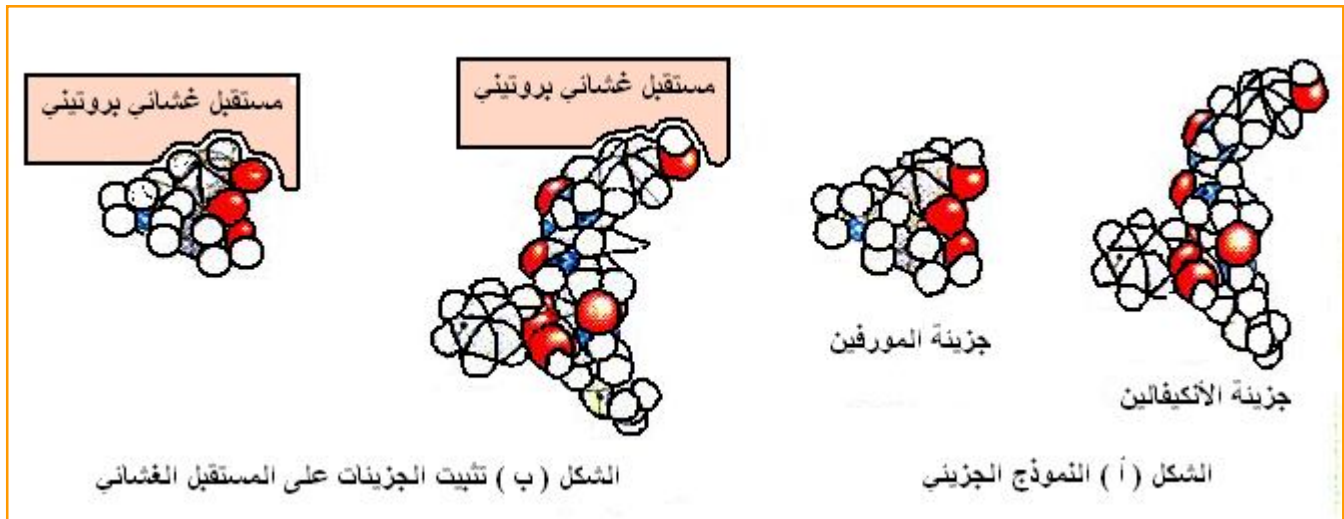
- وضح مسار الرسالة العصبية المتدخلة أثناء الإحساس بالألم ، وكيفية تخفيف الألم طبيعياً .
- يؤدي تنبيه العصبون الحسي الى توليد رسالة عصبية تنتقل عبره لتصل الى النهاية المحورية وتحفز إفراز المادة P في الشق المشبكي و التي تثبت على مستقبلاتها النوعية مما يسمح بنقل الرسالة إلى العصبون الوارد الى الدماغ ، وعند وصولها تترجم الى إحساس بالألم.
- يؤدي الاحساس بالألم الى توليد رسالة عصبية عبر العصبون الصادر من الدماغ وتنتقل عبره حتى تصل الى النهاية العصبية وتحفز إفراز الأنكيفالين الذي يتثبت على مستقبلاته النوعية ، فيتم تثبيط إفراز المادة P ، و منه تثبيط انتقال الرسالة العصبية نحو الدماغ ، مما يؤدي الى تخفيف الإحساس بالألم .

**المرحلة 2 :**

- أ - لتحديد مستقبلات المورفين حققت حيوانات مخبرية بمادة مشعة ، ثم بعد ذلك أنجزت مقاطع فائقة الدقة في النخاع الشوكي و عوملت بتقنية التصوير الإشعاعي الذاتي . مكن تركيب النتائج باستعمال الكمبيوتر من الحصول على الوثيقة - 6 - حيث شدة اللون تدل على شدة تركيز مستقبلات المورفين ، بينما أشكال الوثيقة - 7 - فهي توضح ما يلي :
- الشكل ( أ ) : النموذج الجزيئي لجزيئي المورفين و الأنكيفالين .
  - الشكل ( ب ) تثبيت الجزيئات السابقة على المستقبلات الغشائية في مستوى الغشاء بعد المشبكي ف ( 1-2 ) .

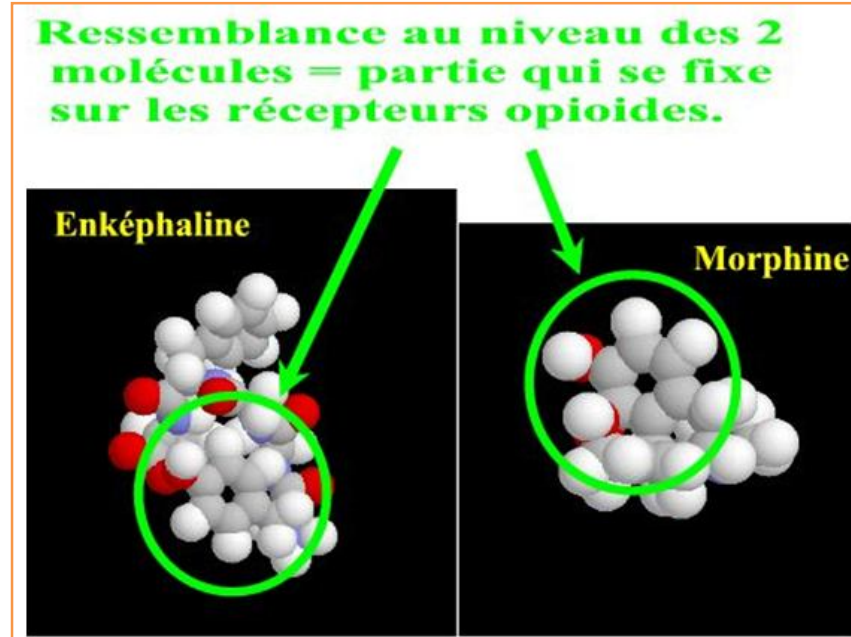


**الوثيقة - 6 -**





On voit bien que la structure de l'acide aminé tyrosine est complémentaire à celle du récepteur post-synaptique, ou récepteur opiacé. C'est cette fixation qui va donc entraîner l'action analgésique.

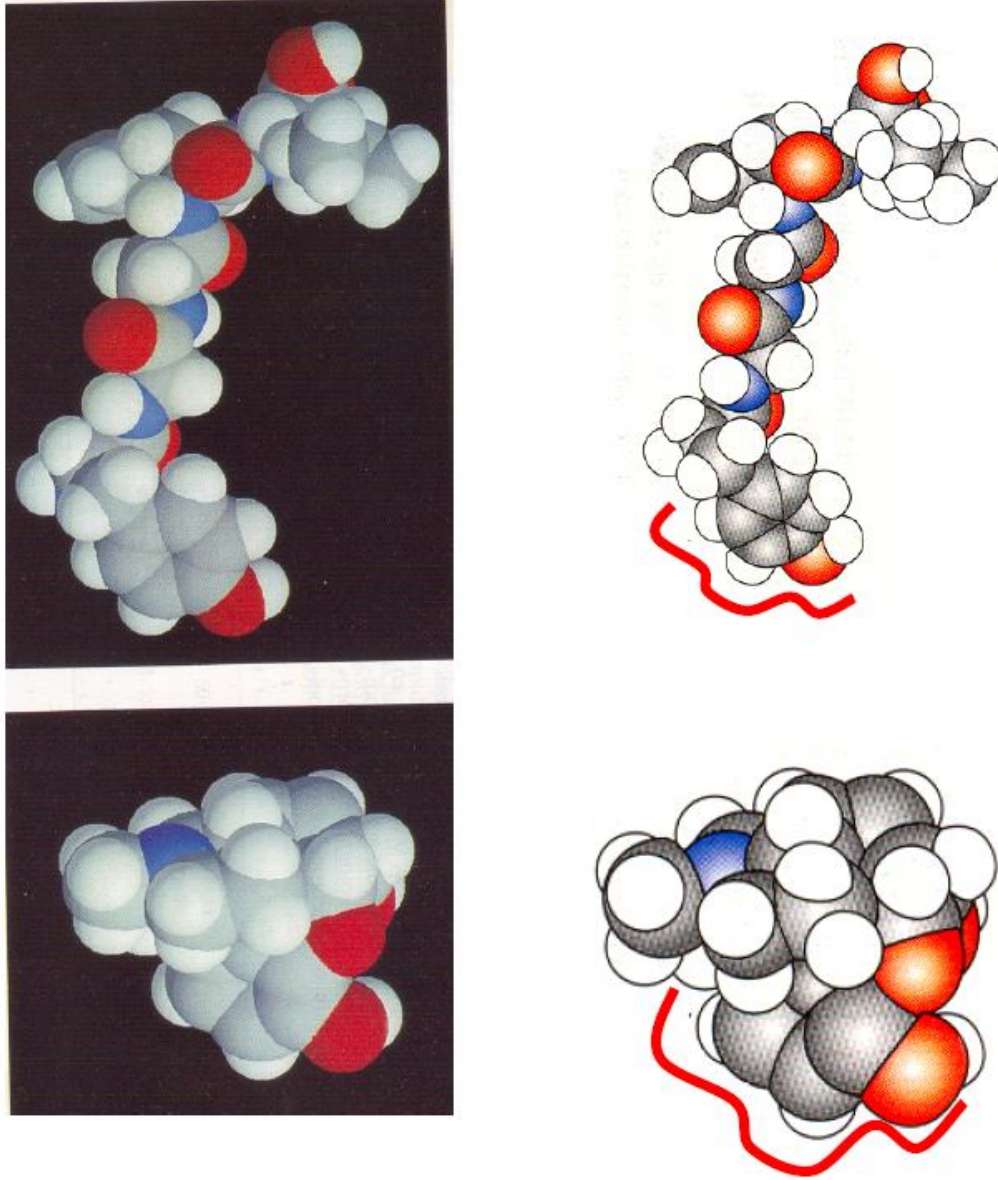


- ما هي المعلومات التي تقدمها لك نتائج الوثيقتين - 6 - و - 7 - ؟
- تتواجد مستقبلات المورفين في القرنين الخلفيين للمادة الرمادية للنخاع الشوكي ( الوثيقة - 6 - ) .
- لجزيئة المورفين و الأنكيفالين نهايات متماثلة تثبت على نفس المستقبلات الغشائية ( الوثيقة 7 ) .
- هل تسمح هذه المعلومات من التحقق من فرضياتك السابقة ؟
- نعم تحققت الفرضية 1 ( يعمل المورفين نفس عمل الأنكيفالين السابقة ) .
- **علل إجابتك .**
- وجود تشابه بين الجزيئتين ، و بالتالي إمكانية تثبيت المورفين مكان تثبيت الأنكيفالين على المستقبل الغشائي للأنكيفالين و ممارسة نفس التأثير .
- **بالاعتماد على ما توصلت إليه من معلومات ، قدم تفسيراً للتسجيلين ( أ ) و ( ب ) من الوثيقة - 2 - .**
- **في غياب المورفين :**
- تنتقل السيالة العصبية الناتجة عن التنبيه في الجلد عبر الألياف العصبية المغمدة الكبيرة القطر بسرعة نحو نهاية الألياف الحسية التي تفرز المادة ( P ) التي تنبه العصبون الورد إلى المخ أين يتم تفسير هذه السيالة و حدوث الإحساس بالألم خاطف .
- و ينتج الإحساس بالألم المتأخر عن انتقال السيالة العصبية بسرعة أقل عبر الألياف الحسية الصغيرة القطر .
- **في وجود المورفين :**
- نتيجة تثبيت المورفين على المستقبلات الغشائية للأنكيفالين في نهايات العصبونات الحسية فإنه يثبط تحرير المادة ( P ) في مستوى المشبك ف ( 1 - 3 ) ، فلا تنتقل السيالة العصبية إلى العصبونات الورادة إلى المخ و بالتالي عدم الإحساس بالألم ( عدم تسجيل كمونات العمل المسؤولة عن الألم المتأخر ) .
- **ما هو الفرق بين تأثير المادتين ( المورفين و الأنكيفالين ) ؟**
- تأثير الأنكيفالين مؤقت لوجود أنزيمات في الشق المشبكي تميحه ، بينما تأثير المورفين يبقى لمدة أطول لغياب الأنزيم الذي يميحه .

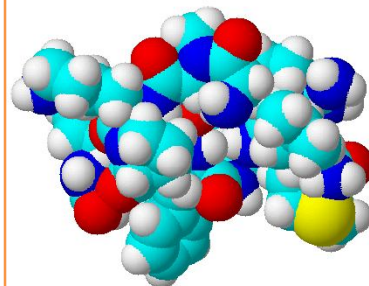
• ما هي المعلومة التي تستخلصها فيما يخص آلية تأثير المورفين؟

- يعمل المورفين ( المخدر ) على إحداث اختلال في النقل المشبكي وذلك بإعاقة عمل المبلغ العصبي ( الأنكيفالين ) لتماثل البنية الفراغية لهما ، مما يسمح للمورفين بالالتصاق على المستقبلات الغشائية بعد المشبكية الخاصة بالأنكيفالين .
- يمنع المورفين إفراز المادة P من العصبون ع<sub>1</sub> المسبب للألم ، مما يؤدي إلى التخفيف من الألم .

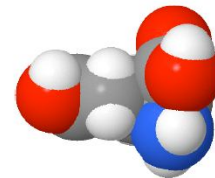
A. La molécule de morphine mime les enképhalines



**La substance P**  
(chaîne de 11 acides aminés)

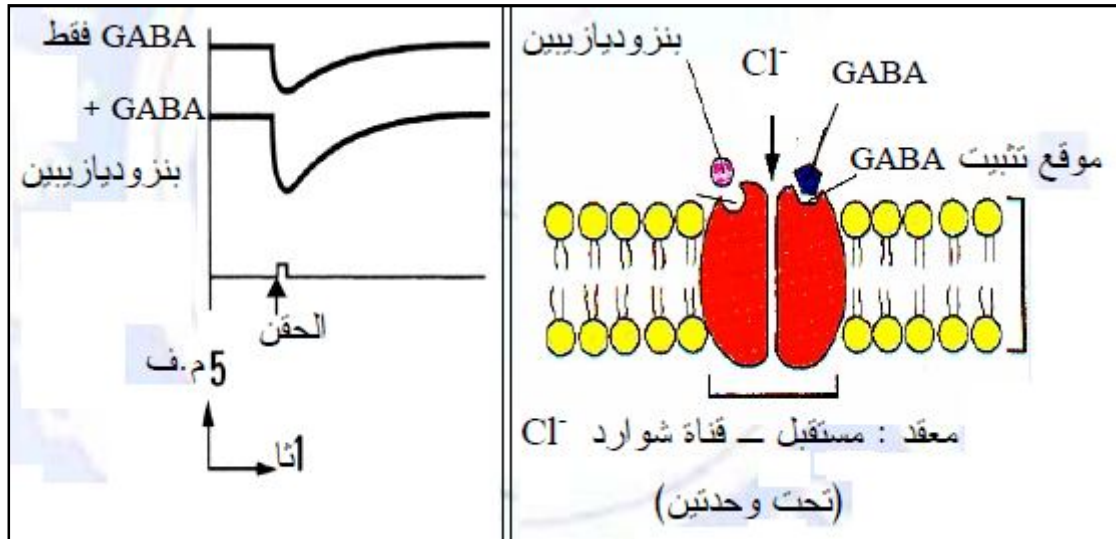


**Le glutamate**  
(un acide aminé)



**معلومات إضافية:**

في سنة 1978 اكتشف أن الوسيط الكيميائي الـ GABA المثبط يحرض تثبيط بعض المخدرات مثل الفاليوم على مستقبله القنوي ، كما تبين أن الفاليوم هو الآخر يحرض تثبيط الـ GABA على مستقبله القنوي .



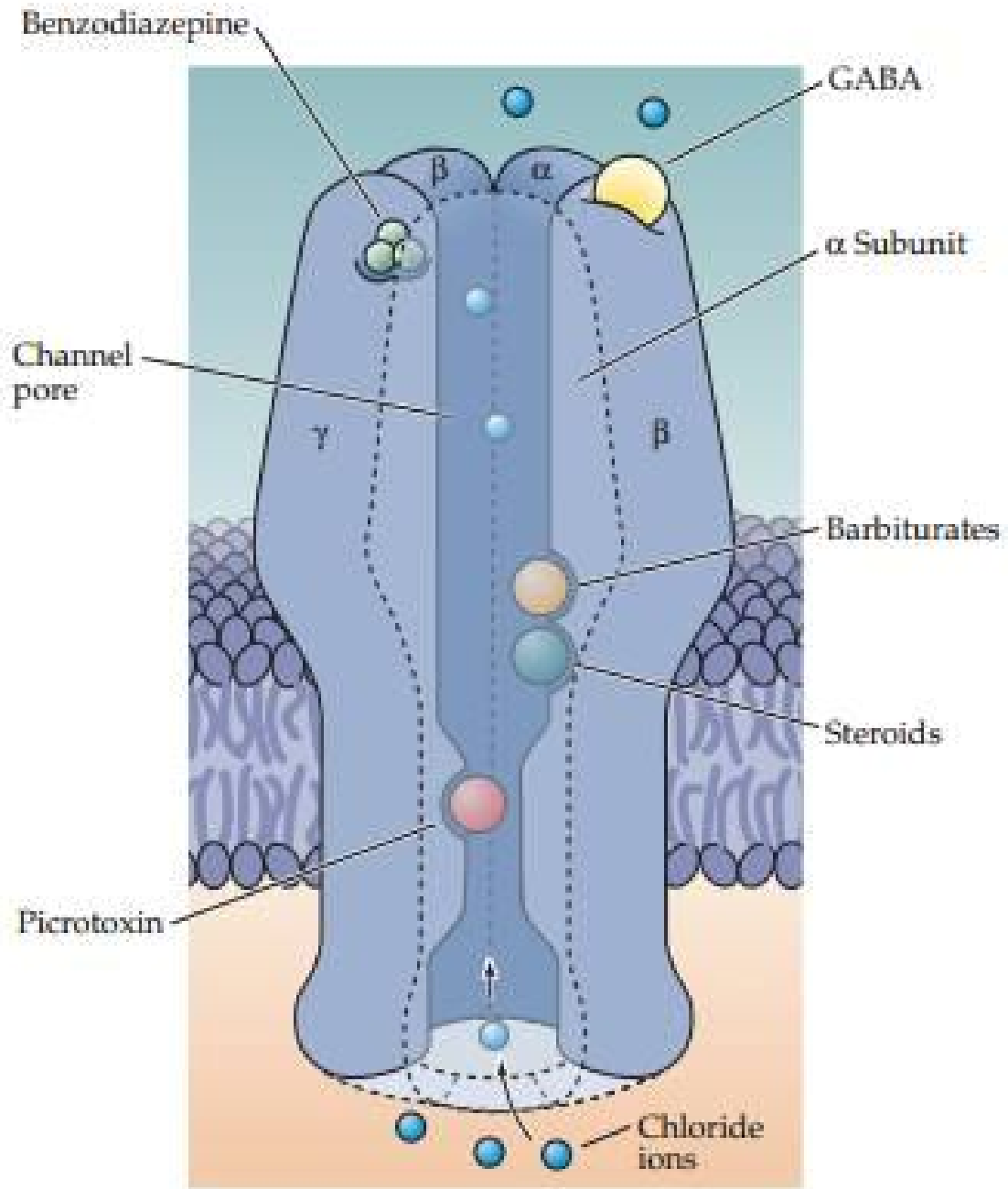
**استخرج طريقة تأثير البنزوديازيبين على العنصر بعد المشبكي .**

- يرتبط البنزوديازيبين بنفس المستقبلات للـ GABA .
- يضخم البنزوديازيبين الإفراط في الاستقطاب ، و بالتالي يكون تأثيره تثبيطي .
- يعمل البنزوديازيبين نفس عمل الـ GABA .

**قدم خلاصة لطريقة تأثير المخدرات :**

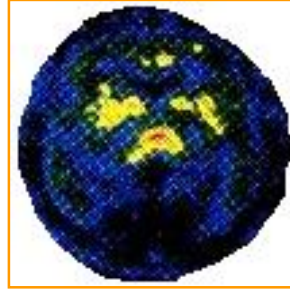
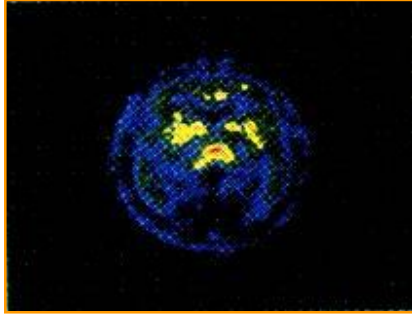
- **التأثير المماثل Effet agoniste:** المادة المخدرة تحدث نفس تأثير الناقل العصبي ( المورفين ) .
- **التأثير المضاد Effet antagoniste:** المادة المخدرة تثبط مستقبل الناقل العصبي ( الكورار ) .
- **مثبطات عملية إعادة الامتصاص Inhibiteur de recaptage:** المادة المخدرة تمنع عملية إعادة امتصاص الناقل العصبي .
- **مثبطات عملية الإفراز inhibiteur de la secretion:** المادة المخدرة تمنع عملية إفراز الناقل العصبي .
- **الرفع من فعالية الناقل العصبي:** المادة المخدرة ترفع من فعالية الناقل العصبي كما هو الحال بالنسبة للبنزوديازيبين الذي يرتبط بمستقبلات الـ GABA .

- هل مستقبلات المواد المعروفة باسم **les benzodiazepines** هي نفسها مستقبلات الـ **GABA**؟





- ب - يستعمل المورفين في المجال الطبي للتخفيف من بعض الآلام ، إلا أن استعمالها تكون بكميات محدودة و مدروسة و هذا لتجنب تأثيراتها الجانبية .
- لمعرفة بعض هذه التأثيرات الجانبية نقدم الوثيقة - 8 - و المعلومات التالية :
- للمورفين تأثير خطير ، لأن المدمن عليها يتطلب في كل مرة جرعات متزايدة للحصول على نفس المفعول عكس الأنكيفالين المبلغ الكيميائي الطبيعي الذي يفكك مباشرة بواسطة أنزيمات نوعية .
  - الإدمان على المخدرات ( منها المورفين ) يجعل المدمن يشعر بالكآبة و الألم في غيابها .



الوثيقة - 8 -

- بالاستعانة بهذه المعطيات وضح في نص علمي خطر الإدمان على الجهاز العصبي .

يؤدي الاستعمال المستمر لمثل هذه المواد إلى ظاهرة الإدمان عليها ، و هي حالة فيزيولوجية تصبح فيها الخلايا العصبية تطلب المزيد من الجرعات حتى يحدث نفس الأثر و المفعول ، و هو عادة الإحساس بالرضا المتعة و النشوة .

يرجع سر ذلك على المستوى العصبي ( الإحساس بالنشوة ) إلى مجموعة من الخلايا العصبية في الدماغ و التي تشكل بنشاطها نظاما يعرف بنظام المكافأة ، حيث يسبب نشاط هذه العصبونات إحساسا بالحيوية و السعادة بعد القيام ببعض الأعمال كالأكل مثلا أو اللعب ... كما تدفعنا إلى تكرار القيام بهذه العمال قصد الحصول على نفس المتعة .

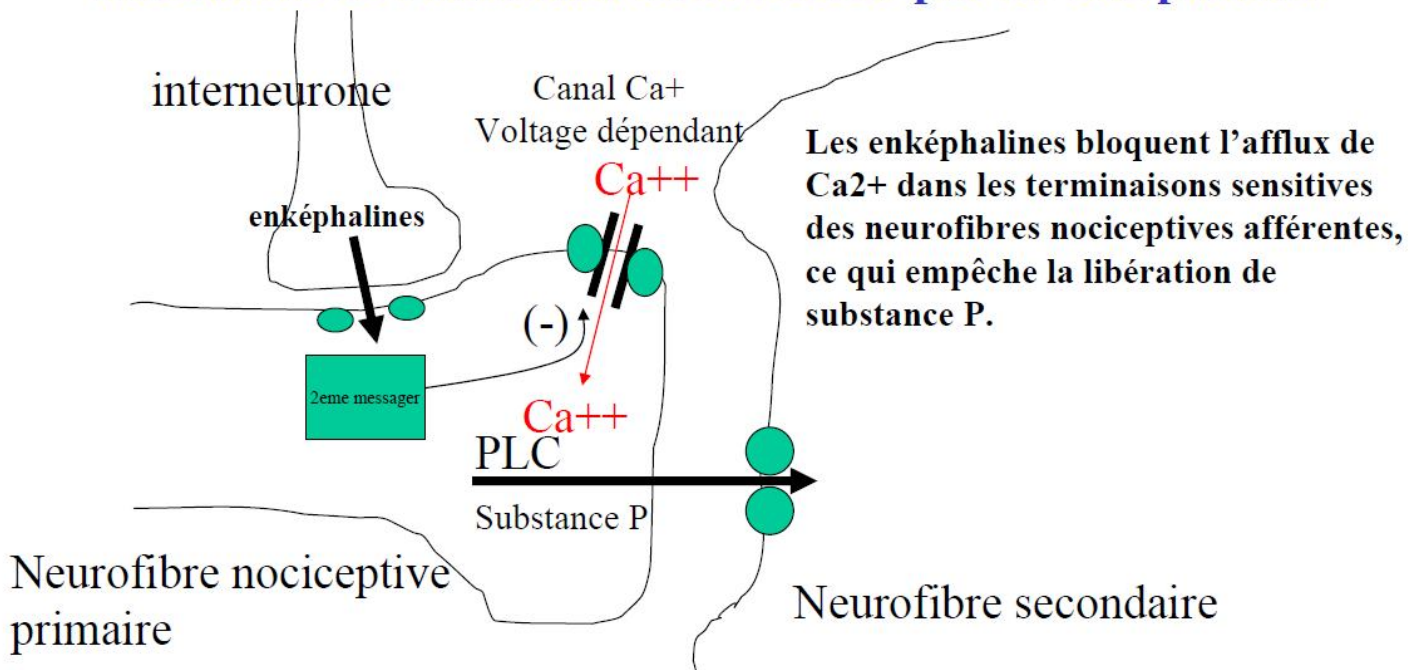
خلال ذلك تفرز عصبونات هذا النظام على مستوى المشابك بعض المبلغات الكيميائية كالدوبامين . تعمل بعض المواد المخدرة و الصيدلانية على إحداث نفس الأثر بعد تناولها ، فيؤدي تناولها إلى طلب المزيد من الجرعات فيصبح المستهلك مدمنا ، و في غياب ذلك يحس بالقلق ، التوتر ، الاكتئاب و عدم الارتياح . يؤدي الاستهلاك المستمر لهذه المواد إلى إحداث أضرار بالغة على مستوى الجهاز العصبي المركزي تنعكس سلبا على الحالة الصحية ، النفسية و الاجتماعية للفرد المدمن :

على المستوى الصحي : إتلاف القشرة المخية و موت بعض المناطق من الدماغ

على الناحية النفسية : القلق و لوم الذات ، التوتر ، الهلوسة ، العزلة ، الانطواء ، عدم الثقة بالنفس الهروب من المسؤولية .

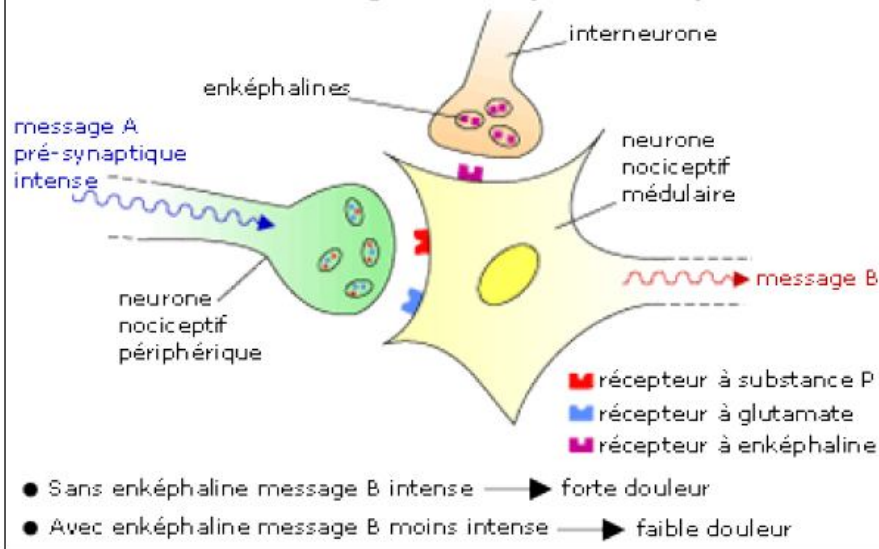
على الناحية الاجتماعية : النظرة السيئة للمجتمع له ، عزوف الآخرين عنه ....

### Mécanisme de l'inhibition de la douleur par les enképhalines



D'autres récepteurs de neurotransmetteurs situés dans la corne dorsale de la moelle régissent la perception de la douleur. Et pour le douleurs morphino-résistantes on peut utiliser des antagonistes du récepteur du GABA (baclofen)...

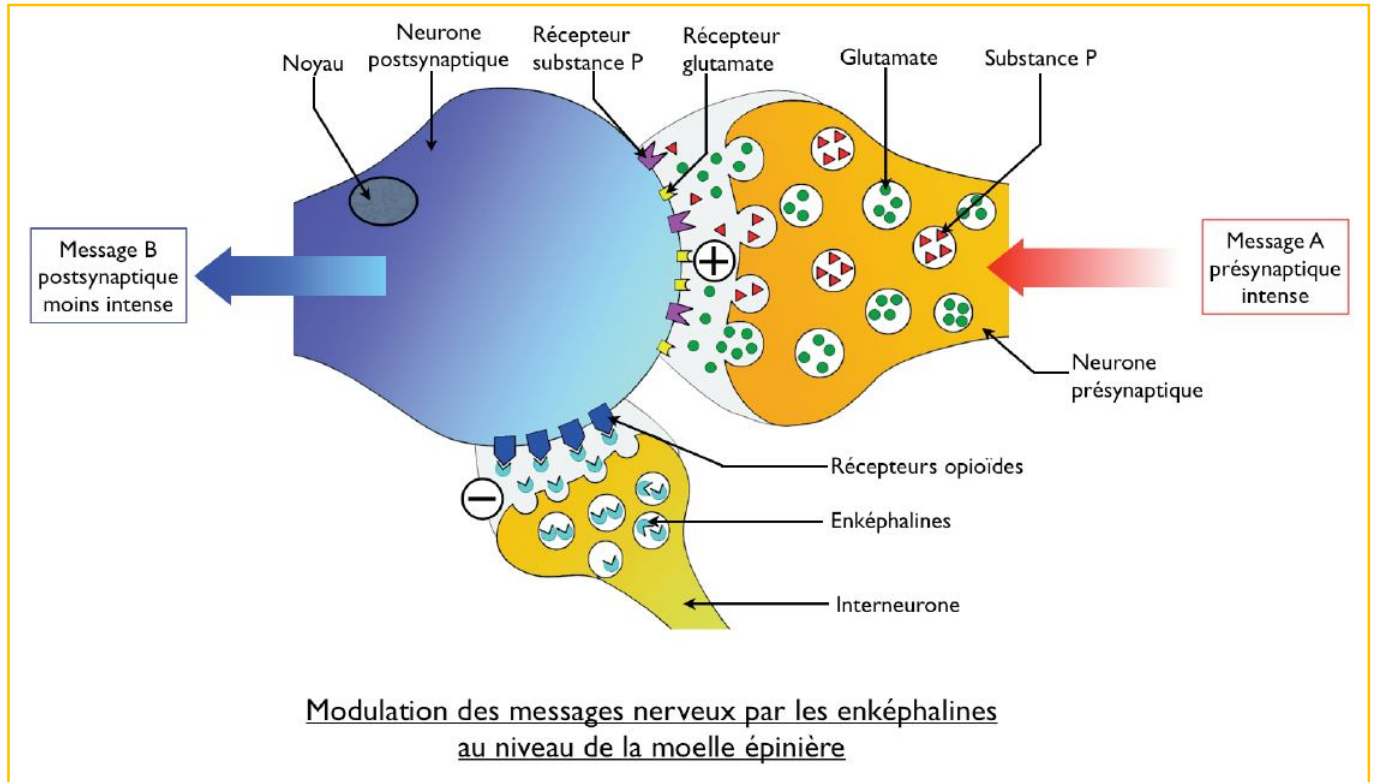
### Modulation des messages nerveux par des enképhalines



Les enképhalines se fixent spécifiquement au niveau de leurs récepteurs opioïdes et inhibent ainsi le fonctionnement des neurones nociceptifs médullaires. Lorsque les molécules de substance P et le glutamate se fixent sur ces mêmes neurones (sur des récepteurs différents), la fréquence d'émission des potentiels d'action en direction du cerveau est moins importante car les neurones nociceptifs médullaires sont moins excitable suite à l'action des enképhalines : la sensation de douleur est alors plus faible car la transmission du message douloureux a été atténuée.

Un tel effet est qualifié d'**analgésique** (du grec *algos* = douleur). Les enképhalines ont une **action brève** car elles sont rapidement éliminées de la fente synaptique comme tous les neurotransmetteurs.

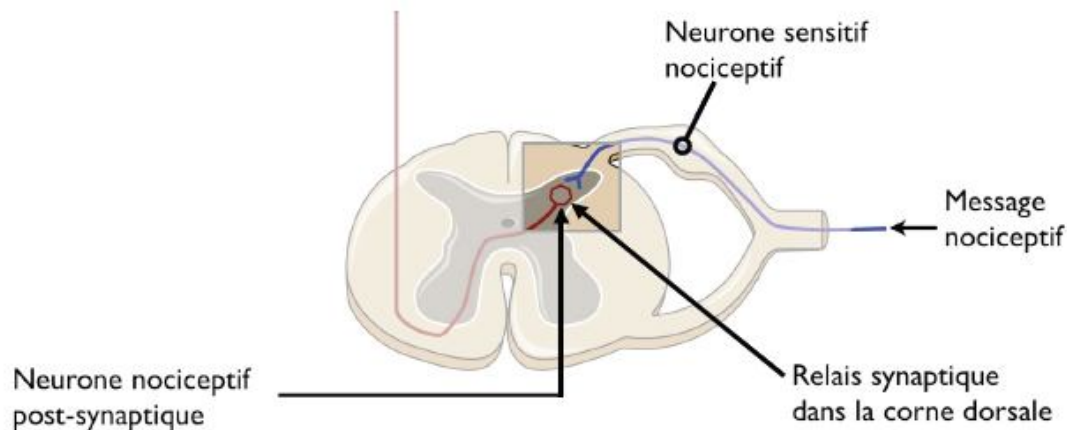




### 2-1-Mode d'action des enképhalines au niveau de la moelle épinière

Les enképhalines sont des molécules sécrétées naturellement par l'organisme, elles sont qualifiées de **morphines endogènes** car elles atténuent l'intensité du message nerveux véhiculé jusqu'au cerveau et diminuent donc fortement la sensation de douleur.

Les enképhalines sont sécrétées par des interneurons spécialisés qui établissent des contacts synaptiques avec les neurones nociceptifs médullaires (de la moelle épinière) localisés dans la corne dorsale.



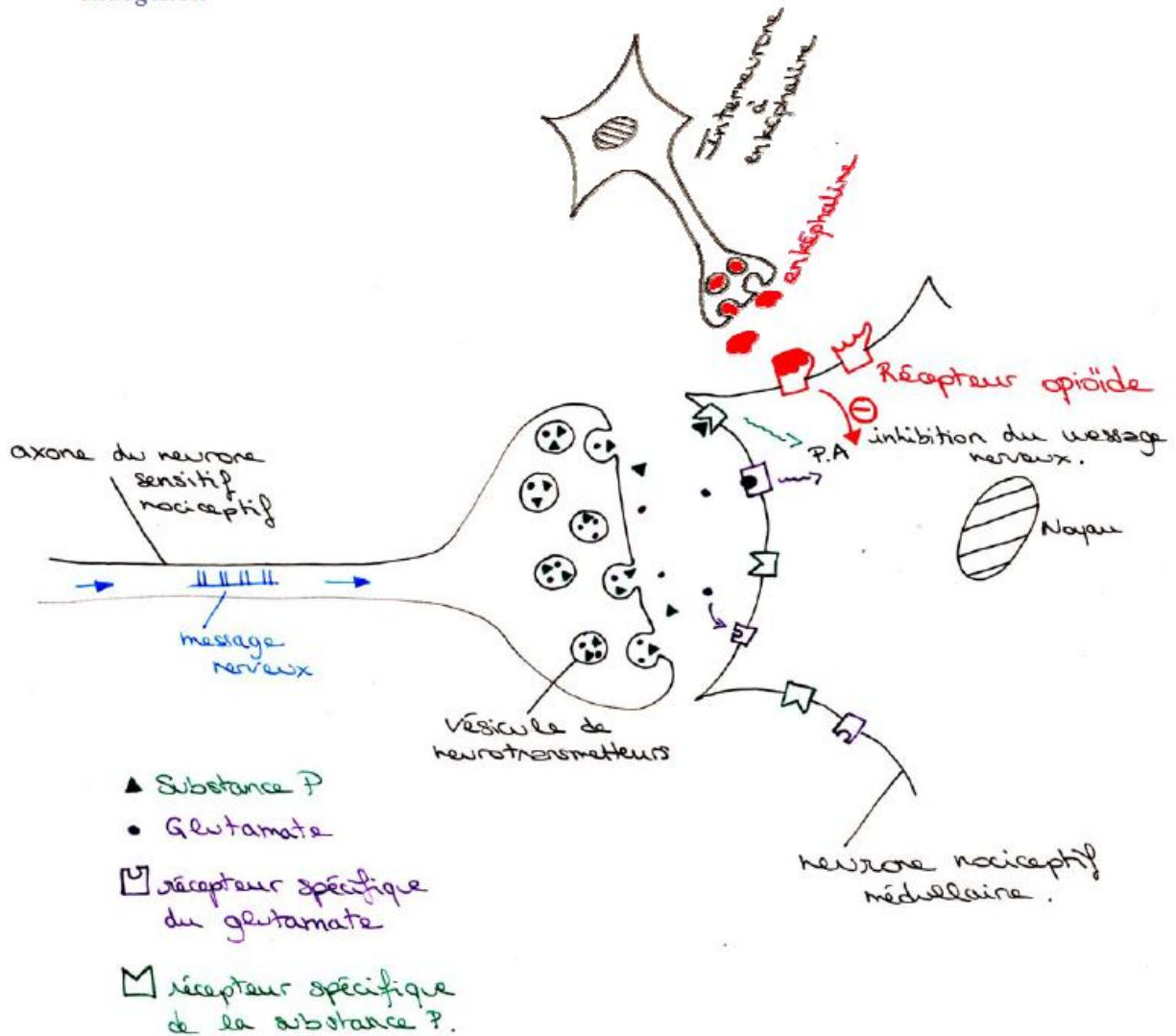
Elles vont se fixer sur des récepteurs spécifiques localisés dans la membrane des neurones post-synaptiques.

Elles inhibent (*inhiber* : empêcher ou ralentir un processus physiologique) ainsi la transmission des messages nociceptifs vers le cerveau.

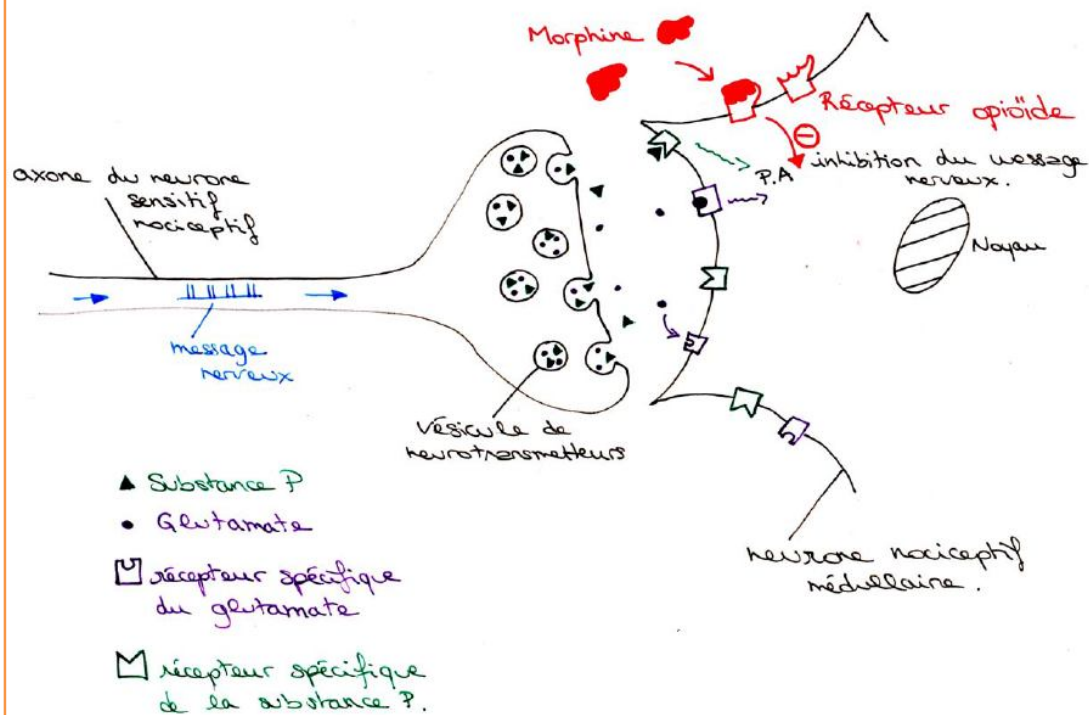
Lorsque les substances P et le glutamate se fixe sur ces neurones post-synaptiques (sur des récepteurs qui leur sont propres) la fréquence des potentiels d'action en direction du cerveau sont moins importants car les neurones nociceptifs médullaires sont moins excitable suite à l'action des enképhalines : la sensation de douleur est alors plus faible car la transmission du message douloureux a été atténuée.

Les enképhalines ont une action analgésique.

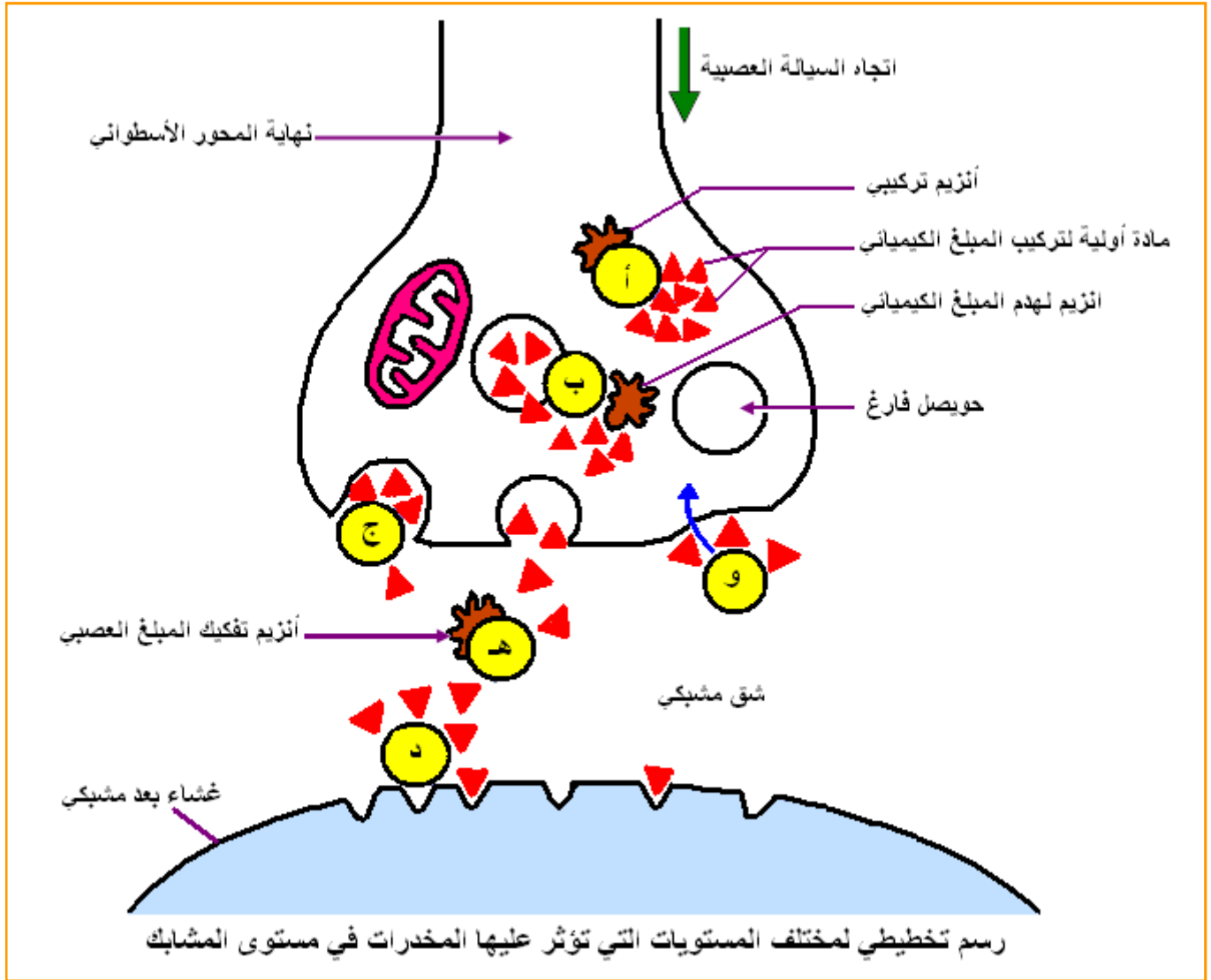
SCHEMA sur une feuille à part : la modulation du message nerveux par les molécules endogènes.



SCHEMA sur une feuille à part : la modulation du message nerveux par les molécules exogènes. 1. La morphine.







الخلل الذي تسببه المخدرات	مراحل النقل المشبكى
تنشيط الأنزيمات التركيبية انطلاقاً من المادة الأولية	أ - تركيب المبلغ الكيميائى
خروج غير طبيعى للمبلغ	ب - تخزين في الحويصلات
تعطيل تحرير المبلغ الكيميائى	ج - تحرير المبلغ في الشق المشبكى
تعطيل عمل المستقبل ( حصره )	د - تثبيت على المستقبل القنوى
تنشيط أنزيم إماهة المبلغ الكيميائى	هـ - إماهة سريعة للمبلغ
تعطيل عودة امتصاص المبلغ الكيميائى	و - إعادة امتصاص المبلغ من طرف الخلية قبل المشبكية

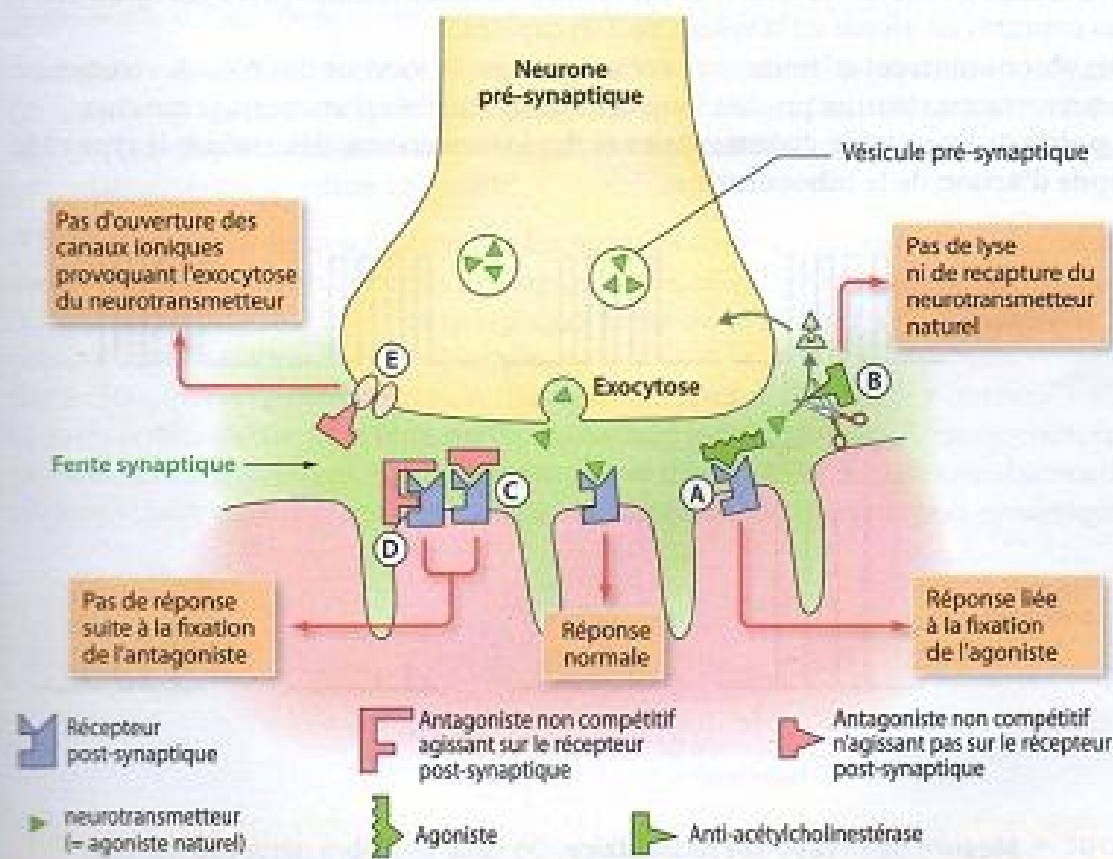
au contraire, contraction constante, tremblements, modification du comportement (excitation ou apathie), etc.

> **Étape 2 : définir si l'on a affaire à une molécule agoniste ou antagoniste.**

On peut caractériser ces substances en fonction de leur action.

■ Lorsque l'application de la substance déclenche la même réponse que la molécule naturelle (situation A, doc. 8), il s'agit d'un agoniste. Si cet effet est identique à celui de la molécule naturelle, on parle alors d'agoniste entier. Lorsque l'effet est inférieur à celui de la molécule naturelle, on parle d'agoniste partiel. Dans ce cas, on peut enregistrer une baisse de l'activité normale ce qui, mal analysé, peut être confondu avec l'action d'un antagoniste. La substance agoniste peut aussi prolonger l'effet de la substance agoniste naturelle ou empêcher son élimination (situation B).

■ L'application d'une substance antagoniste entraîne une réponse opposée à celle obtenue en présence de la molécule naturelle. Si l'antagoniste se fixe sur le récepteur au même niveau que le neurotransmetteur, et empêche ainsi son action, on parle d'antagoniste compétitif (situation C). S'il ne se fixe pas sur le même site que le neurotransmetteur, mais empêche tout de même son action, on parle d'antagoniste non compétitif (situations D et E).



**DOC. 8 Mode d'action d'agonistes ou d'antagonistes au niveau d'une synapse.**

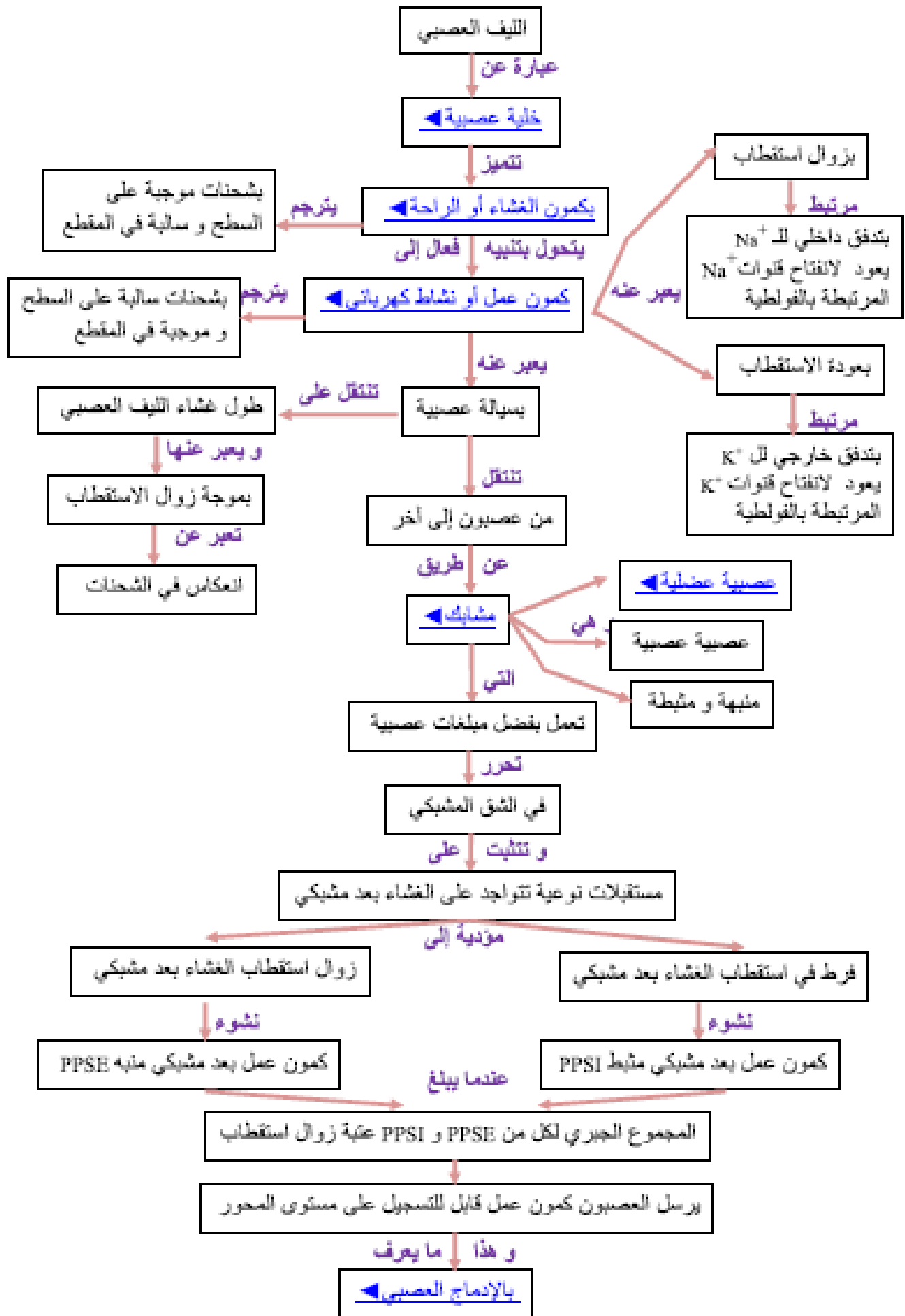
La fixation d'un agoniste ou d'un antagoniste influence la réponse de la cellule. En B, l'agoniste empêche l'action de l'acétylcholinestérase. En E, l'antagoniste empêche l'ouverture des canaux ioniques à l'origine de l'exocytose des vésicules contenant le neurotransmetteur.

**الخلاصات :**

- تؤمن المبلغات العصبية ( وسائط عصبية ) انتقال الرسالة العصبية على مستوى المشبك وتمثل في مواد كيميائية تحررها النهايات قبل مشبكية وتؤدي إلى تغير الكمون الغشائي للعصبون بعد مشبكي.
- تتحول الرسالة العصبية المُشفرة بتواتر كمونات العمل في الغشاء قبل مشبكي إلى رسالة مُشفرة بتركيز المبلغ العصبي على مستوى المشبك.
- يؤمن النشاط الإدماجي للعصبون معالجة الرسائل العصبية التي تجتاز المراكز العصبية.
- إن كمون العمل المتولد عن تنبيه فعال للعصبون ما هو إلا نتيجة للتغيرات السريعة للنفاذية الغشائية مسببة تدفق أيوني على جانبي غشاء العصبون.
- يمتلك الغشاء بعد مشبكي مستقبلات من طبيعة بروتينية للأستيل كولين، تراقب تدفق شوارد الصوديوم  $Na^+$  الداخلة.
- يكون غشاء العصبون أثناء الراحة مستقطبا إنه كمون الراحة.
- ينتج الكمون الغشائي للعصبون أثناء الراحة عن:
  - ثبات التوزع غير المتساوي لـ  $K^+/Na^+$  بين الوسط الداخلي للخلية والوسط الخارجي.
  - ناقلية شوارد البوتاسيوم  $K^+$  أكبر من ناقلية شوارد الصوديوم  $Na^+$  كون عدد قنوات  $K^+$  المفتوحة في وحدة المساحة تكون أكبر من عدد قنوات  $Na^+$ .
- تؤمن مضخات  $K^+/Na^+$  ثبات الكمون الغشائي خلال الراحة (-70mv) المستهلكة للطاقة بطرد  $Na^+$  نحو الخارج عكس تدرج التركيز والتي تميل إلى الدخول بالانتشار، و إدخال شوارد البوتاسيوم  $K^+$  التي تميل إلى الخروج كذلك بالانتشار. تُستمد الطاقة الضرورية لنقل الشوارد عكس تدرج تركيزها من إماهة الـ ATP.
- يؤدي تنبيه العصبون قبل مشبكي إلى تغيرات الكمون الغشائي مصدر كمون العمل.
- تتمثل تغيرات الكمون الغشائي الناتج عن التنبيه في:
  - زوال استقطاب سريع للغشاء مرتبط بتدفق داخلي لـ  $Na^+$  نتيجة انفتاح قنوات  $Na^+$  المرتبطة بالفولطية.
  - عودة الاستقطاب ناتجة عن تدفق خارجي لـ  $K^+$  نتيجة انفتاح قنوات  $K^+$  المرتبطة بالفولطية.
  - تؤمن مضخة  $K^+/Na^+$  المستهلكة للطاقة (ATP) عودة التراكيز الأيونية للحالة الأصلية.
  - انفتاح القنوات المرتبطة بالفولطية بمعنى توليد كمون عمل تتطلب عتبة زوال استقطاب.
- يعود زوال استقطاب الغشاء بعد مشبكي في مستوى المشبك إلى إنفتاح قنوات  $Na^+$  المرتبطة بالكيمياء نتيجة تثبت المبلغ العصبي (الأستيل كولين) على المستقبلات الخاصة به في الغشاء بعد مشبكي ( مستقبلات قنوية).
- تتوقف سعة زوال استقطاب الغشاء بعد مشبكي على عدد القنوات المستقبلية المفتوحة خلال زمن معين .
- يفقد المبلغ العصبي ( الأستيل كولين ) نشاطه ( فعاليته ) نتيجة الإماهة الإنزيمية .
- يسمح انغلاق قنوات  $Na^+$  المرتبطة بالكيمياء بالعودة إلى كمون الراحة .
- تؤدي الرسائل العصبية المُشفرة في مستوى المشبك بتغير تواتر كمونات العمل إلى تغير في كمية المبلغ العصبي الذي يتسبب في توليد رسائل عصبية بعد مشبكية مُشفرة بتواتر كمونات العمل .
- يُحرر المبلغ العصبي في الشق المشبكي .
- يتسبب وصول كمون العمل في مستوى نهاية العصبون قبل مشبكي في انفتاح قنوات  $Ca^{2+}$  المرتبطة بالفولطية.
- يتسبب دخول  $Ca^{2+}$  في العنصر قبل مشبكي في تحرير المبلغ الأستيل كولين عن طريق الإطراح الخلوي .

- يمكن أن يترجم تأثير المبلغ العصبي على الغشاء بعد مشبكي ب:
  - زوال استقطاب الغشاء بعد مشبكي الذي يتسبب في ظهور كمون بعد مشبكي تنبهي (PPSE) - مشبك تنبهي .
  - فرط في استقطاب الغشاء بعد مشبكي الذي يتسبب في ظهور كمون بعد مشبكي تثبيطي (PPSI) - مشبك تثبيطي .
- إن وجود مشابك تنبيهية أو تثبيطية مرتبط بانفتاح قنوات مختلفة على الغشاء بعد مشبكي :
  - مستقبلات قنوية لـ  $Na^+$  لها وظيفة تنبيهية .
  - مستقبلات قنوية التي تُنشط بالـ GABA لها وظيفة تثبيطية :
- يسمح انفتاح هذه المستقبلات القنوية بدخول  $Cl^-$  للخلية بعد مشبكية مُحدثة فرطاً في استقطاب الغشاء .
- يُدمج العصبون بعد مشبكي مختلف الكمونات بعد مشبكية و ذلك بعملية تجميع قد يكون:
  - إما تجميع فضائي ، إذا كانت كمونات قبل مشبكية مصدرها مجموعة من النهايات العصبية و التي تصل في الوقت نفسه لمشبك العصبون بعد مشبكي .
  - إما تجميع زمني : إذا وصلت مجموعة من كمونات العمل المتقاربة من نفس الليف قبل مشبكي .
- نتحصل على زوال استقطاب الغشاء بعد مشبكي بمعنى تولد كمون عمل في العنصر بعد مشبكي إذا بلغ مجمل الكمونات التنبيهية و التثبيطية عتبة توليد كمون العمل و على عكس ذلك يبقى العصبون في حالة راحة.
- يمكن للنقل المشبكي أن يختل بتدخل العديد من الجزيئات المستعملة بكثرة في الوقت الحالي إما لأغراض طبية أو في حالة الإدمان ، إنها المخدرات.





## حلول تمارين الكتاب المدرسي

### التمرين الأول :

1- البيانات : يهدف إلى استرجاع المعلومات

1- غشاء بعد مشبكي

2- غمد شوان

3- هيولى المحور الأسطواني

4- غشاء قبل مشبكي

5- هيولى الليف العضلي

6- لليف عضلي

2- المعلومة المستخرجة : تستجيب العضلة (الليف العضلي) إثر تنبيه فعال لللف العصبي المحرك.

. يمكن للأستاذ أن يستثمر هذا السؤال للتوصل إلى عدة معلومات أخرى مثل :

• ينقل الليف العصبي المحرك السيالة العصبية بالإتجاه الناذب .

• الليف العصبي المحرك قابل للتنبيه وينقل التنبيه بالإتجاه الناذب نحو الخلية البعد مشبكية .

• الخ

التجربتين أوب:

1- تفسير نتائج التجربة أ:- تسجيل كمون عمل في الخلية بعد مشبكية نتيجة حقن الأستيل كولين في الشق المشبكي يدل على أن:

- المشبك المعني كيميائي

- المبلغ الكيميائي في هذا المشبك هو الأستيل كولين – مبلغ منبه –

- يؤثر المبلغ الكيميائي المعني على الخلية بعد مشبكية لاتوانها على مستقبلات غشائية عبارة عن قنوات مبنوبة كميائيا

....

2- الإستنتاج : يمنع الكورار انتقال النبا من الخلية القبل مشبكية إلى الخلية بعد مشبكية .

ملاحظة : يستحسن استثمار هذا التمرين من طرف الأستاذ بطرح فرضيات حول منطقة تأثير الكورار قبل التطرق إلى

السؤال الثالث للتوصل إلى مقتر تأثيره ثم إلى بنية جزيئة الكورار.

3- رسم يوضح العلاقة بين جزيئات الكورار و البروتينات الغشائية :

3- حدوث الشلل يعود إلى تثبت جزيئات الكورار على القنوات الغشائية المرتبطة بالكيمياء منافسة في ذلك جزيئات الأستيل كولين و بالتالي تمنع انتقال النبا إلى الخلية البعد المشبكية و يصاب الحيوان بالشلل .

### التمرين الثاني :

(1

1- تحليل الجزء س :

- عندما يكون المسرى م1 على السطح يكون فرق الكمون منعدم مما يدل على تماثل شحنات السطح الخارجي لليف

العصبي، لكن بمجرد إدخال المسرى في هيولى الليف يسجل الجهاز فرق كمون قدره -60 ميلي فولط.

- استنتاج : الليف العصبي مستقطب .

2- يمثل الجزء ع كمون عمل أحادي الطور .

التعليل : تم الحصول عليه إثر تنبيه فعال و بوجود المسرى م1 داخل الليف بينما م2 مرجعي .

3- تحليل : يمثل المنحنى كمون عمل أحادي الطور

- يقسم المنحنى إلى أجزاء : زمن ضائع ، زوال استقطاب، عودة الاستقطاب، إفراط في الاستقطاب، العودة إلى كمون الراحة .

الإستنتاج : يولد التنبيه الفعال موجة زوال استقطاب .

4- هذا السؤال يعتقد أن الطالب يجيب عنه بدون تردد كونه عبارة عن استرجاع لمعلومات تم التطرق إليها في الدرس،

وبالتالي يمكن للأستاذ استغلاله لاستدراك بعض النقاط الغامضة التي لم يستوعبها بعض الطلبة خلال حصة الدرس .

5- طبيعة السيالة العصبية : كهروكيميائية .

(2)

- 1- تحليل المنحنيات : كل المنحنيات تمثل كمون عمل لكن نلاحظ اختلاف في سعة الإستجابة التي يجب التركيز عليها و ربطها بالظروف التجريبية حيث كلما تناقص تركيز شوارد الصوديوم في الوسط الخارجي كلما تناقصت سعة الإستجابة (لتناقص زوال الإستقطاب).
- العلاقة بين الكمون الغشائي و تركيز الشوارد (هنا شوارد الصوديوم): زوال الإستقطاب يتعلق بشوارد الصوديوم.
- 3- الرسم : مماثل للرسم الممثل في ص 133 من الكتاب .

### التمرين 3:

- هذا التمرين يطرح للطالب وضعية جديدة يتعرف عليها ويقارنها بوضعية تعرف عليها من قبل فيستحسن للأستاذ أن يأخذ الفكرة و يطورها كيفما شاء لتدريب التلاميذ على مثل هذه الوضعيات الجديدة .
- 1- التعرف على المشبكين : الشكل 1: مشبك كيميائي . الشكل 2: مشبك كهربائي .
- البيانات : 1- زر مشبكي . 2- حويصل مشبكي . 3- خلية بعد مشبكية . 4- جزيئات المبلغ الكيميائي المفترزة . 5- غشاء قبل مشبكي . 6- حويصل مشبكي حالة إفراز . 7- قنوات كيميائية . 8- غشاء بعد مشبكي . 9- أنيبيبات . 10- هيولى . 11- ميتوكنجري . 12- مرور الشوارد عبر قنوات الإتصال . 13- قنوات الإتصال .
- 2- مقارنة بين المشبكين :

المشبك الكيميائي	المشبك الكهربائي
يوجد فراغ بين الغشاء قبل مشبكي وبعد مشبكي	يوجد اتصال بين الغشاء قبل مشبكي وبعد مشبكي .
يوجد مبلغ كيميائي ...	غياب مبلغ كيميائي ...

- الإستنتاج : يوجد استمرارية بين الغشاء قبل مشبكي و بعد المشبكي في المشابك الكهربائية عكس المشابك الكيميائية .
- المعلومة المستخلصة : أ- ينتقل النبأ من الخلية قبل مشبكية إلى الخلية بعد مشبكية مباشرة عبر قنوات الإتصال التي تربط بين غشاء الخليتين القبل والبعد مشبكية.
- ب- أوجه الاختلاف بين المشبكين تكمن في :
- بنوية : -ارتباط الغشاء قبل مشبكي بالغشاء بعد مشبكي في المشبك الكهربائي عبر قنوات .
- وجود فراغ مشبكي في المشبك الكيميائي .
- وظيفية : - ينتقل النبأ في المشبك الكيميائي عن طريق مبلغ كيميائي .
- ينتقل النبأ في المشبك الكهربائي بفضل قنوات الإتصال .

### التمرين 4:

- هذا التمرين يطرح وضعية جديدة من الواقع و بطريقة تختلف عن التمارينات الأخرى حيث على الطالب أن يجند كل معارفه لحل هذه الإشكالية المتمثلة في آلية الإدماج العصبي عند الصراصير .
- يستحسن أن يقدم هذا التمرين كوظيفة منزلية ليكون للطالب الحرية الكاملة في استغلال الوثائق بطريقة منهجية و التوصل إلى الحل المرغوب ثم عند الحل يمكن للأستاذ أن يقارن بين مختلف إجابات الطلبة ليعطي لحصة التمارين صبغة من التنافس العلمي و القدرة على التواصل .
- مفاتيح تساعد على الحل :
- الوثيقة 1: تبين حشرات الصراصير المعروفة و بالتالي رؤية الصورة تذكر الطالب مباشرة بسلوكها و أماكن تواجدها وكذا سرعة رد فعلها .
- الوثيقة 2: تبين الجهاز العصبي للصراصير الذي يتكون من عقد عصبية كما يوضح القرون البطنية التي تحتوي على أعصاب حسية .
- إن الإحساس التي تتميز به الصراصير يعود إلى القرون البطنية (الشرجية) عن طريق الأعصاب الحسية المتصلة بالعقدة البطنية .
- الوثيقة 3:- تسمح التسجيلات الكهربائية باستنتاج تواجد نوعين من المشابك
- \*مشابك تنبيهية
- \* مشابك مثبطة .
- كما تسمح التسجيلات باستنتاج مقر الإدماج العصبي عند الصراصير .

الوثيقة 4: الشكل أ يبين كيف تتصل الألياف الحسية للعصب 1 و العصب 2 بالزوائد الشجرية للعصبون البعد مشبكي .

الشكل ب يسمح بمقارن المشبك المنبه مع المشبك المثبط .

الخلاصة: بالربط بين المعلومات المختلفة يتوصل الطالب في النهاية أن الإدماج العصبي يتم في مستوى العقدة العصبية البطنية التي يتم على مستواها تنظيم الغستجابة .

## التمرين 5:

إن فكرة التمرين مبنية على ربط الطالب بالواقع المعاش واختير في ذلك الفلفل الحار و دور البروتينات الغشائية في نقل هذا الإحساس .

أجوبة مختصرة :المرحلة 1:

1- الليف A: ليف عصبي ذو نخاعين .

الليف B: ليف عصبي عديم النخاعين .

2- التسجيل 1: يبين أن الشعور بالألم (الحرارة) يعود لتولد سيالتين (من اليسار إلى اليمين) الأولى سريعة والثانية بطيئة.

3- نعم تؤكد و تعطي معلومات إضافية : حيث التسجيل الأول مسؤولة عنه الألياف ذات نخاعين بينما التسجيل الثاني

مسؤولة عنه الألياف عديمة النخاعين

المرحلة 2:

1- المعلومات المستخرجة من المرحتين :

1: - الألياف A و B هي ألياف حسية مسؤولة عن نقل الشعور بالطعم الحار .

2: - يعود المذاق الحار إلى مادة الكابسيين المتواجدة في الفلفل الحار .

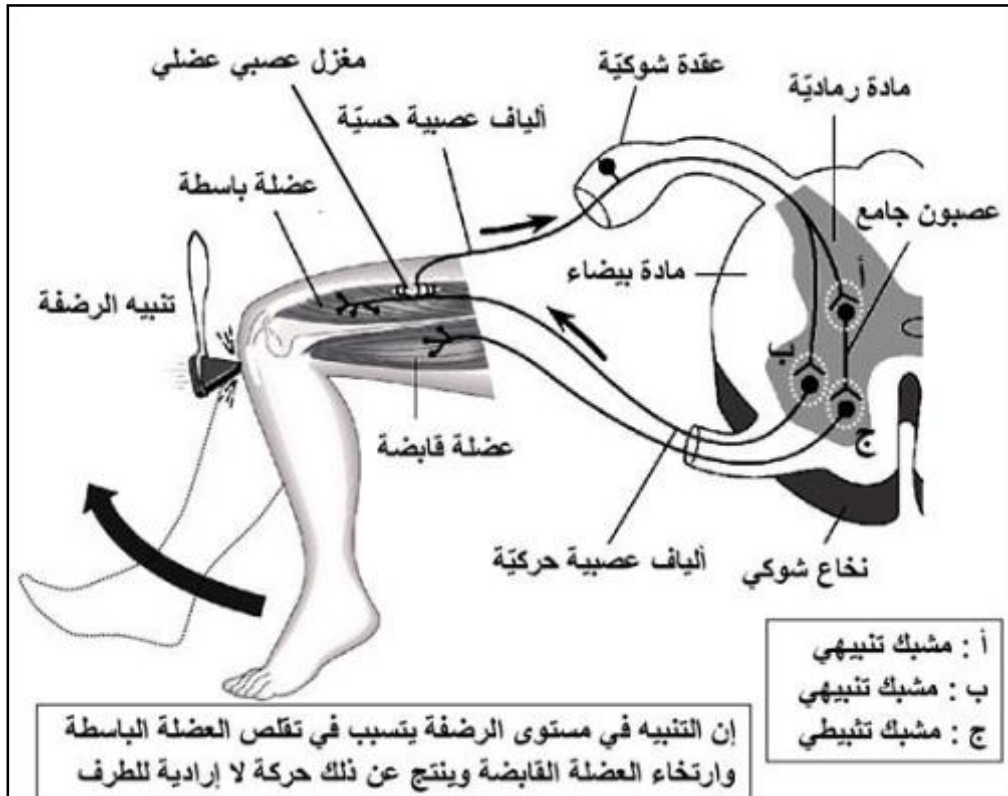
- تحتوي بعض الألياف الحسية على بروتينات غشائية خاصة لها مواقع تثبيت من جهة الهيولى لمادة الكابسيين .

2- مصدر المذاق الحار : يمكن تمثيل ذلك في المخطط التالي :

أكل الفلفل الحار يؤدي إلى تحرير مادة الكابسيين منه، تنفذ هذه المادة عبر الغشاء الهيولي للألياف العصبية الحسية

وبتواجد بروتينات غشائية خاصة (VR-1) تثبت جزيئات الكابسيين على مواقع خاصة تؤدي إلى نفوذ الشوارد عبر هذه

القنوات (مثل شوارد الصوديوم) فيتولد كمون عمل في هذه الألياف الحسية لتنتقل الإحساس بالطعم الحار .





The image shows a screenshot of a Facebook page for 'Ferah Aissa'. The page header includes the Facebook logo, the name 'Ferah Aissa', a search bar, and navigation links for 'Lar', 'Accueil', and 'Retrouver des amis'. Below the header, there are tabs for 'Page', 'Messages', 'Notifications' (with a red badge showing '10'), 'Statistiques', 'Outils de publication', 'Paramètres', and 'Aide'. The main content area features a large, colorful logo for 'Sciences' with various scientific symbols like an atom, a globe, and a lightbulb. To the left of the logo, there is a profile picture and the name 'Ferah Aissa' with the text 'Créer un nom d'utilisateur de Page "@". Below the profile picture, there are menu options: 'Accueil', 'À propos', and 'Photos'. At the bottom of the page, there are buttons for 'J'aime déjà', 'Contacter', 'Plus', and a blue button labeled '+ Ajouter un bouton'.

**Fb : Ferah Aissa**

**<https://www.facebook.com/Ferah-Aissa-255117511485916/>**