

# المجال التعليمي 1: التخصص الوظيفي للبروتينات

## الوحدة التعليمية 5: دور البروتينات في الإتصال العصبي

### 1- آليات النقل المشبكي

1 حصص مباشرة

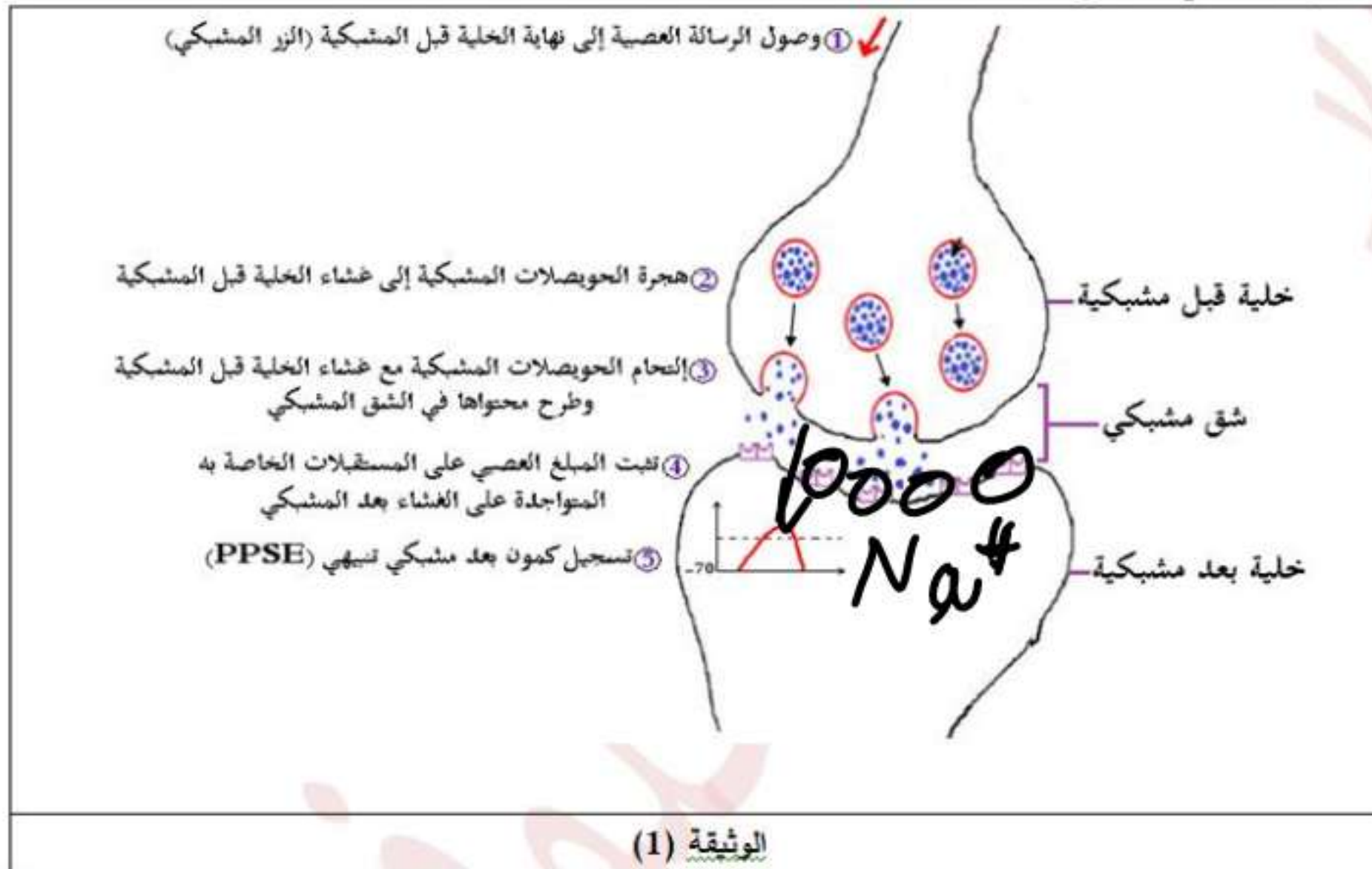
2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك



**وضعية الإنطلاق: المشابك** عبارة عن مناطق تفصل بين خلية قبل مشبكية عصبية و خلية بعد مشبكية عصبية أو عضلية، تنتقل الرسالة العصبية على مستواها بفضل **المبلغات العصبية (الوسائط العصبية)** والتي تتمثل في مواد كيميائية تُحرَّرها النهايات العصبية قبل المشبكية وتؤدي إلى تغير الكمون الغشائي للخلية بعد المشبكية.  
تمثل الوثيقة (1) رسم تخطيطي يوضح كيفية انتقال الرسالة العصبية على مستوى المشبك.



حصص مباشرة

1

حصص مسجلة

2

دورات مكثفة

3

أحصل على بطاقة الإشتراك



**المشكلة:** ما هي آلية عمل المبلغات العصبية في نقل الرسائل العصبية على مستوى المشابك وما دور البروتينات في ذلك؟

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك



### إستغلال الوثيقة (6):

يمثل الشكل (أ) تسجيل تغير الكمون الغشائي بعد مشبكي بدلالة كمية الأستيل كولين المحقونة في الشق المشبكي، حيث نلاحظ:  
عند حقن كمية قليلة من الأستيل كولين (الكمية A أو الكمية B) في الشق المشبكي: تُسجل كمون بعد مشبكي تنبهي ( PPSE = زوال إستقطاب) ولكن بسعة ضعيفة و متزايدة بزيادة كمية الأستيل كولين، حيث لا تبلغ سعة الـ PPSE عتبة توليد كمون عمل.

عند حقن كمية كبيرة من الأستيل كولين (الكمية C) في الشق المشبكي: تُسجل PPSE بسعة أكبر تبلغ عتبة توليد كمون عمل.

الإستنتاج: تصل سعة الـ PPSE عتبة توليد كمون عمل إذا توفرت كمية كافية من الأستيل كولين في الشق المشبكي.

يمثل الشكل (ب) رسم تفسيري لتوزيع القنوات المرتبطة بالكيمياء على مستوى قطعة غشائية من الغشاء بعد مشبكي، حيث نلاحظ:  
♦ أن تثبت الأستيل كولين على مستقبلاته القنوية في الغشاء بعد مشبكي يؤدي إلى إنفتاح القنوات الكيميائية (قنوات  $Na^+$  المرتبطة بالكيمياء) التي تسمح بتدفق شوارد  $Na^+$  من الشق المشبكي إلى هيولى الخلية بعد مشبكية وفق تدرج التركيز متسببة في زوال إستقطاب الغشاء بعد مشبكي (PPSE).

**الإستنتاج:** كمية الأستيل كولين المحررة في الشق المشبكي تُحدّد عدد القنوات الكيميائية المفتوحة في الغشاء بعد مشبكي والتي بدورها تُحدّد كمية شوارد  $Na^+$  المتدفقة (التيارات الأيونية) التي تعبر الغشاء وبالتالي سعة ال-PPSE.

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك



**إستغلال الوثيقة (7):** تمثل الوثيقة (7) جدول نتائج حقن مادة Pilocarpine (المثبطة لإنزيم الأستيل كولين إستراز) في الشق المشبكي وفي غيابها (الحالة الطبيعية)، حيث نلاحظ:

❖ **في الحالة الطبيعية:** عند تنبيه الغشاء قبل مشبكي نسجل كمون عمل واحد في غشاء الليف العصبي للخلية بعد مشبكية.

❖ **في وجود مادة Pilocarpine:** عند تنبيه الغشاء قبل مشبكي نسجل سلسلة كمونات عمل في غشاء الليف العصبي للخلية بعد مشبكية.

**الاستنتاج:** يفقد المبلغ العصبي (الأستيل كولين) نشاطه (فعاليته) نتيجة الإماهة الإنزيمية.

ومنه:

❖ يعود زوال إستقطاب الغشاء بعد مشبكي في مستوى المشبك إلى **إنتفاخ قنوات  $Na^+$  المرتبطة بالكيمياء نتيجة تثبت المبلغ العصبي (الأستيل كولين) على المستقبلات الخاصة به في الغشاء بعد مشبكي (مستقبلات قنوية)**.

❖ **تتوقف ساعة زوال إستقطاب الغشاء بعد المشبكي على عدد المستقبلات القنوية المفتوحة خلال زمن معين.**

❖ **تصل ساعة الـ PPSE عتبة توليد كمون عمل إذا توفرت كمية كافية من الأستيل كولين في الشق المشبكي.**

❖ **يفقد المبلغ العصبي (الأستيل كولين) نشاطه (فعاليته) نتيجة الإماهة الإنزيمية.**

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

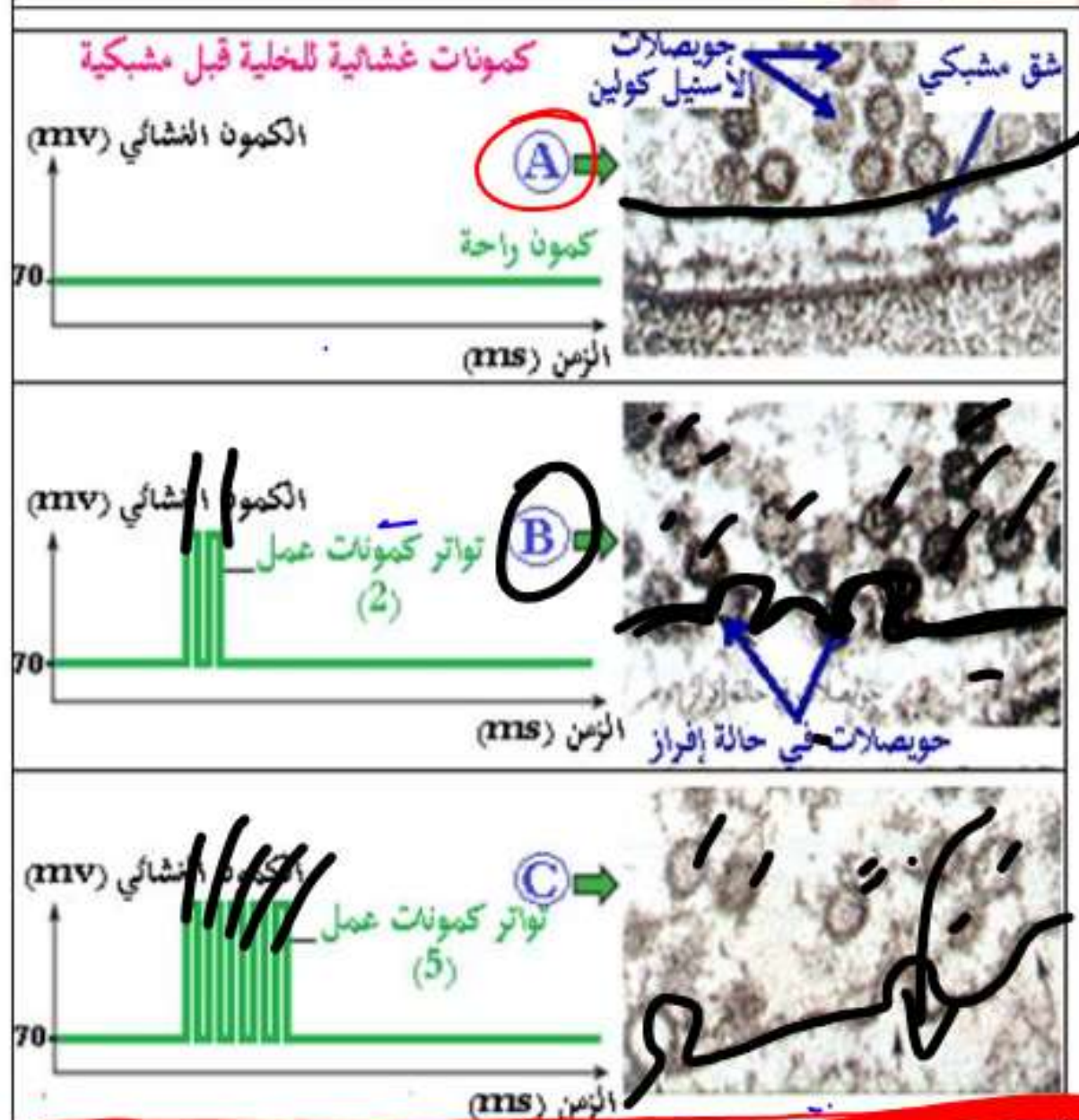
أحصل على بطاقة الإشتراك



3 الانتقال من التشيف الكهربائي إلى التشيف الكيميائي للسياق العصبية.  
3 الانتقال من التشيف الكهربائي إلى التشيف الكيميائي للسياق العصبية.

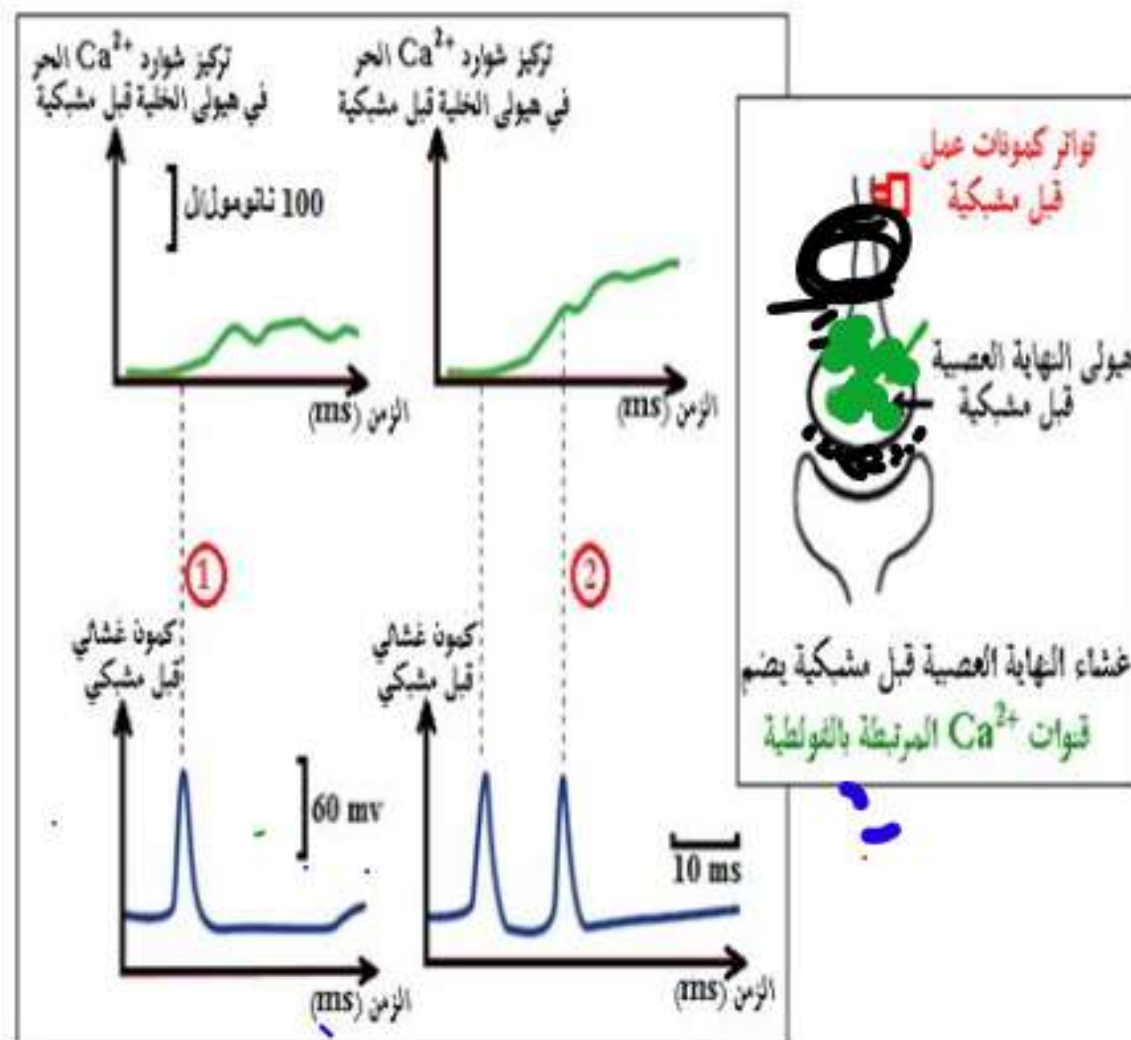
سببية

دلالة



إن حقن كمية من شوارد  $Ca^{2+}$  في هيولى الخلية قبل مشبكية يؤدي إلى تحرير المبلغ العصبي (الأسيتيل كولين) ✓

الشكل (ب)



الشكل (أ)

ملف الحصة المباشرة و

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإثبات





### التعليمة:

- وضح كيفية الانتقال من التشفير الكهربائي إلى التشفير الكيميائي للرسائل العصبية باستغلالك لمعطيات الوثيقة (8).

### الإجابة:

توضيح كيفية الانتقال من التشفير الكهربائي إلى التشفير الكيميائي للرسائل العصبية:  
إستغلال الوثيقة (8):

يمثل الشكل (أ) منحنيات تغيرات تركيز شوارد الكالسيوم في هيولى النهاية العصبية قبل المشبكية بدلالة تواتر كمونات العمل قبل المشبكية، حيث نلاحظ:

• عند تسجيل كمون عمل قبل مشبكي واحد: يكون تركيز شوارد الكالسيوم في هيولى الخلية قبل المشبكية أقل من 100 نانومول/ل.

• عند تسجيل كموني عمل قبل مشبكيين: يصبح تركيز شوارد الكالسيوم في هيولى الخلية قبل المشبكية أكبر من 100 نانومول/ل.

الإستنتاج: يتسبب وصول كمون العمل إلى النهاية العصبية قبل مشبكية في إنفتاح قنوات  $Ca^{2+}$  المرتبطة بالفولتية التي تسمح بدخول شوارد  $Ca^{2+}$  في هيولى الخلية قبل مشبكية، كما أن تركيز شوارد  $Ca^{2+}$  في هيولى قبل المشبكية مرتبط بتواتر (عدد) كمونات العمل في الغشاء قبل المشبكي.

يمثل الشكل (ب) صور بالمجهر الإلكتروني توضح كمية المبلغ العصبى المحررة في الشق المشبكي بدلالة تواتر كمونات العمل قبل المشبكية، حيث نلاحظ:

• في حالة الراحة (في غياب أي كمون عمل قبل مشبكي): عدم تحرير المبلغ العصبى (الأسيتيل كولين) الموجود في الحويصلات المشبكية في الشق المشبكي.

• في وجود 2 تواتر كمونات العمل قبل المشبكية: تحرير الأسيتيل كولين في الشق المشبكي بكمية محددة.

• في وجود 5 تواتر كمونات العمل قبل المشبكية: تحرير الأسيتيل كولين في الشق المشبكي بكمية معتبرة.

• حقن كمية من الشوارد  $Ca^{2+}$  في هيولى الخلية قبل المشبكية: يؤدي إلى تحرير كمية من المبلغ العصبى.

الإستنتاج: إن تواتر كمونات العمل للخلية قبل المشبكية يتحكم في كمية  $Ca^{++}$  المندفعة في هيولى النهاية قبل مشبكية والتي تتحكم بدورها في كمية المبلغ العصبى المحرر في الشق المشبكي.

### ومنه:

• تؤدي الرسائل العصبية المشفرة على مستوى العنصر قبل المشبكي بتواتر كمونات العمل إلى تغير في كمية المبلغ العصبى المحررة على مستوى المشبك (تشفير بتراكيز المبلغ الكيميائي) الذي يتسبب في توليد رسائل عصبية بعد مشبكية مشفرة بتواتر كمونات العمل.

• يتسبب وصول كمون العمل في مستوى نهاية العصبون قبل مشبكي في إنفتاح قنوات  $Ca^{2+}$  المرتبطة بالفولتية.

• يتسبب دخول  $Ca^{2+}$  في العنصر قبل مشبكي في تحرير المبلغ الأسيتيل كولين عن طريق الإطراح الحلوي.

• يضمن الكالسيوم الانتقال من نمط من التشفير إلى نمط آخر.



## الخلاصة:

\* مقر تأثير الأستيل كولين:

يمتلك الغشاء بعد مشبكي مستقبلات من طبيعة بروتينية للأستيل كولين-

يتضمن مستقبل الأستيل كولين موقعين لتثبيت الأستيل كولين و قناة فهو مستقبل قنوي (الإينوفور).

يعود زوال استقطاب الغشاء بعد مشبكي في مستوى المشبك إلى إنفتاح قنوات  $Na^+$  المرتبطة بالكيماويات نتيجة تثبت

المبلغ العصبي (الأستيل كولين) على المستقبلات الخاصة به في الغشاء بعد مشبكي (مستقبلات قنوية)

- تتوقف سعة زوال استقطاب الغشاء بعد المشبكي على عدد المستقبلات القنوية المفتوحة خلال زمن معين.

- تصل سعة ال-PPSE عتبة توليد كمون عمل إذا توفرت كمية كافية من الأستيل كولين في الشق المشبكي.

- يفقد المبلغ العصبي (الأستيل كولين) نشاطه (فعاليته) نتيجة الإماهة الإنزيمية-

\* دور الكالسيوم في تغيير نمط التشفير:

- تؤدي الرسائل العصبية المشفرة في مستوى العنصر قبل المشبكي بتواتر كمونات العمل إلى تغيير في كمية المبلغ العصبي

المحررة على مستوى المشبك (تشفير بتراكيز المبلغ الكيميائي) الذي يتسبب في توليد رسائل عصبية بعد مشبكية مشفرة بتواتر

كمونات العمل.

X يتسبب وصول كمون العمل في مستوى نهاية العصبون قبل مشبكي في إنفتاح قنوات  $Ca^{2+}$  المرتبطة بالفولطية.

يتسبب دخول  $Ca^{2+}$  في العنصر قبل مشبكي في تحرير المبلغ الأستيل كولين عن طريق الإطراح الخلوي.

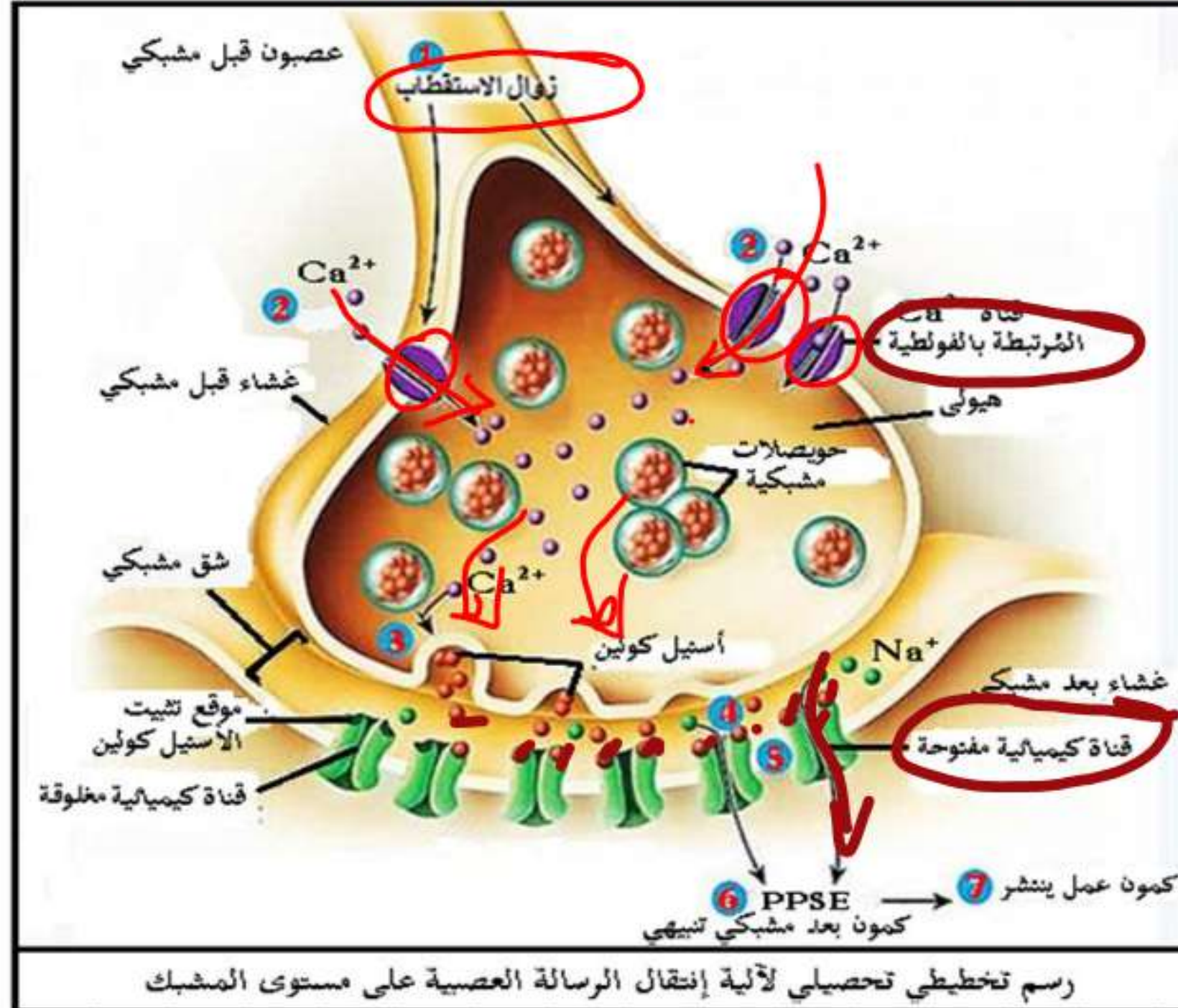
يضمن الكالسيوم الانتقال من نمط من التشفير إلى نمط آخر.



1. أنجز رسماً تخطيطياً تحصيلياً لآلية انتقال الرسالة العصبية على مستوى المشبك.
2. بيّن في نص علمي آلية انتقال الرسالة العصبية على مستوى المشبك.

الإجابة:

1. إنجاز رسم تخطيطي تحصيلي لآلية انتقال الرسالة العصبية على مستوى المشبك:



دروسكم  
منصة التعليم الإلكتروني

ملف الحصة المباشرة و المسجلة

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك

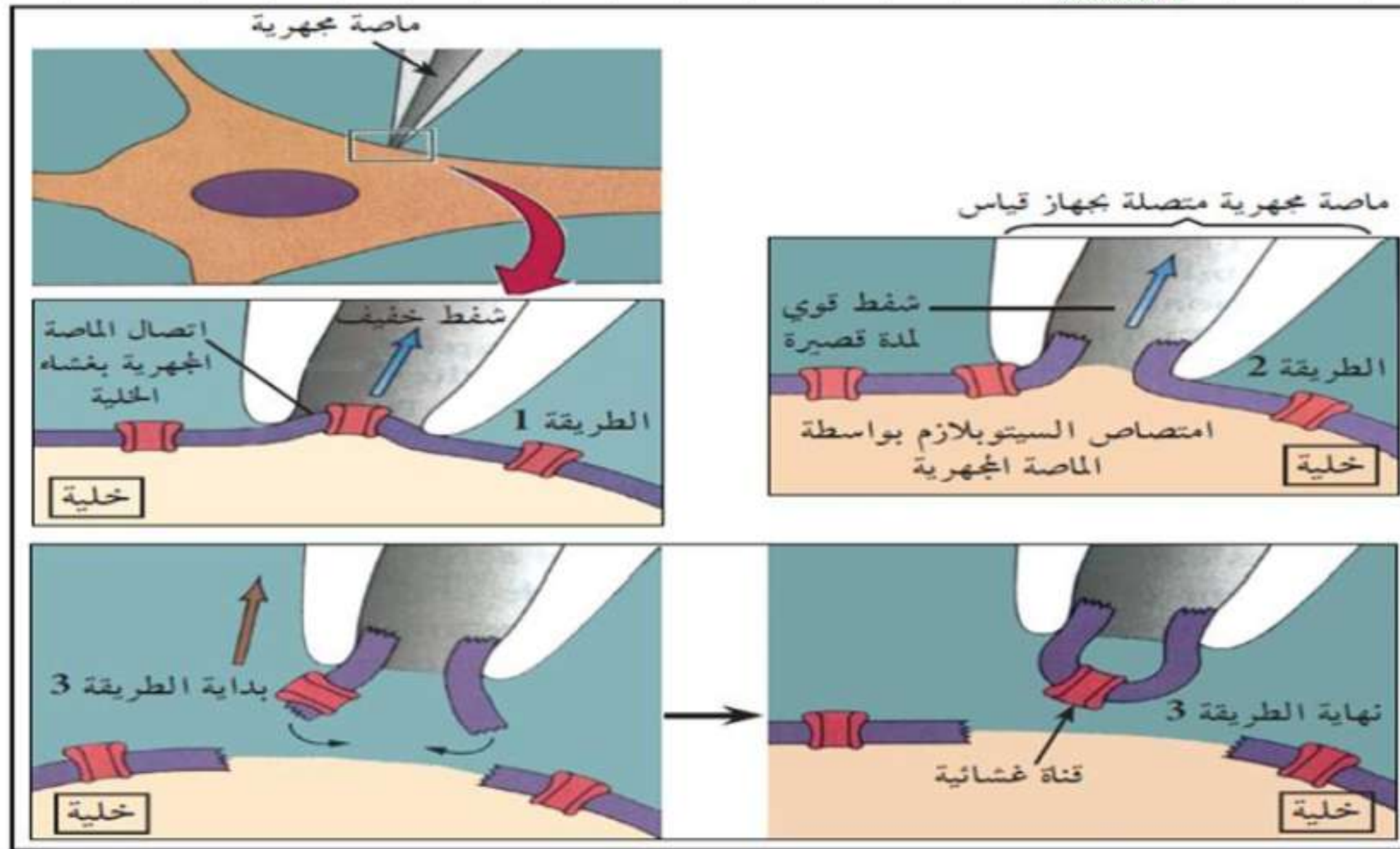


1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك



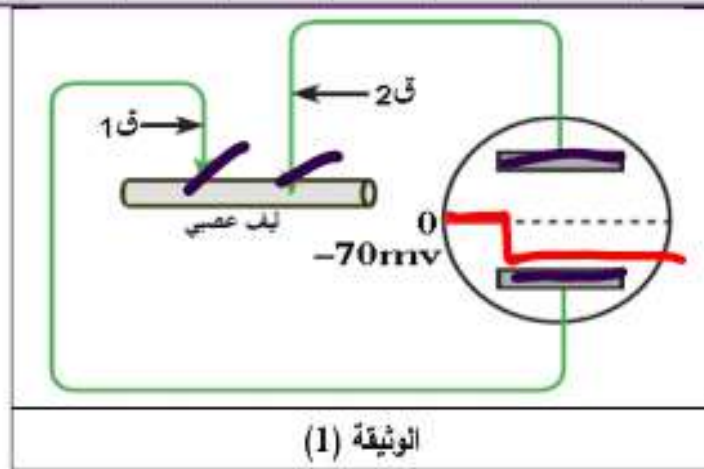


ملف الحصة المباشرة و المسجلة

## 2- كمون الراحة

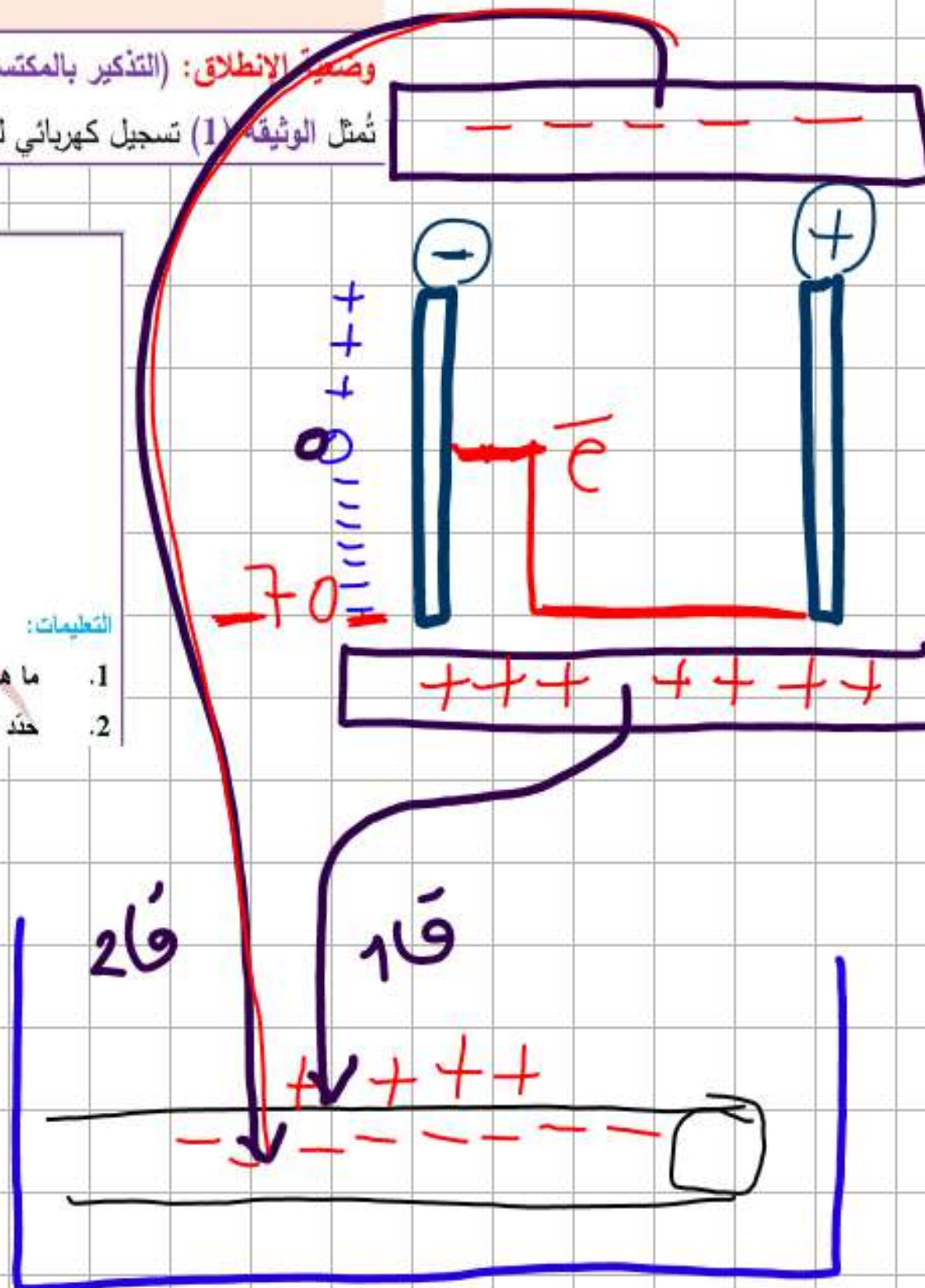
وصية الانطلاق: (التذكير بالمكتسبات)

تمثل الوثيقة (1) تسجيل كهربائي لليف عصبي لحيوان مائي (الكلمار).



التعليمات:

1. ما هي الخاصية التي يظهرها تسجيل الوثيقة (1)؟
2. حدد قيمة الكمون الغشائي، وماذا تمثل؟



1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

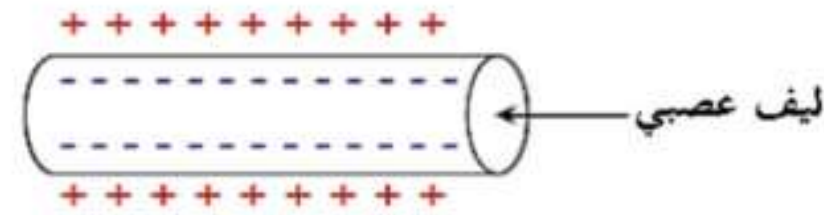
3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك



الإجابة:

1. الخاصية التي يظهرها تسجيل الوثيقة (1) هي: أن الليف العصبي مُستقطب (يحمل شحنات موجبة على السطح وسالبة داخله).



2. قيمة الكمون الغشائي تُقدر بـ:  $-70\text{ mv}$  - وتمثل: كمون الراحة.

المشكلة: ما هو مصدر الكمون الغشائي لليف العصبي أثناء الراحة (كمون الراحة)؟

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك



**مصدر كمون الراحة وآلية ثباته:**

لإظهار مصدر كمون الراحة وآلية ثباته، تُقترح عليك الدراسات التالية:  
تمثل الوثيقة (2) نتائج معايرة التركيز الأيوني لشوارد  $K^+$  و  $Na^+$  للوسطين الخارج والداخل خلويين لليفين عصبين أحدهما حي والآخر ميت والكمونات الغشائية المسجلة على مستوى كل ليف للكلمار.



يرجع انقطاع الغشاء الليف أثناء الراحة إلى التوزيع الكهربائي لشوارد  $Na^+$  و  $K^+$  على جانبي الغشاء.

دروسكم

منصة التعليم الإلكتروني

ملف الحصة المباشرة و المسجلة

1 حصص مباشرة

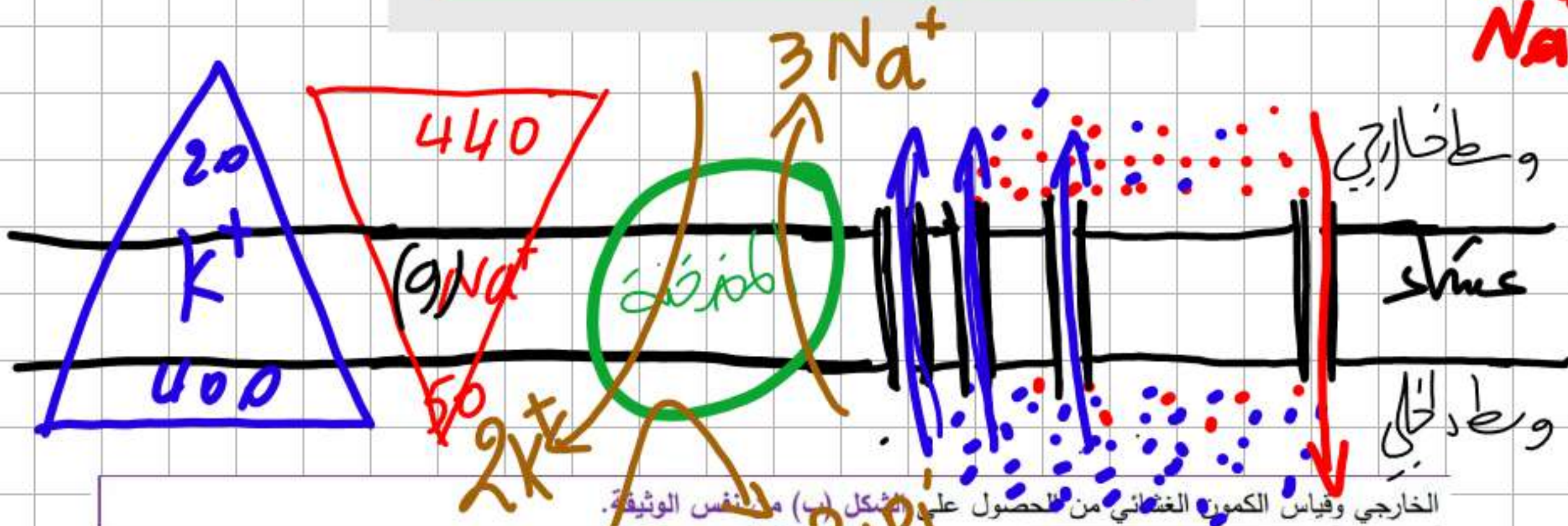
2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك

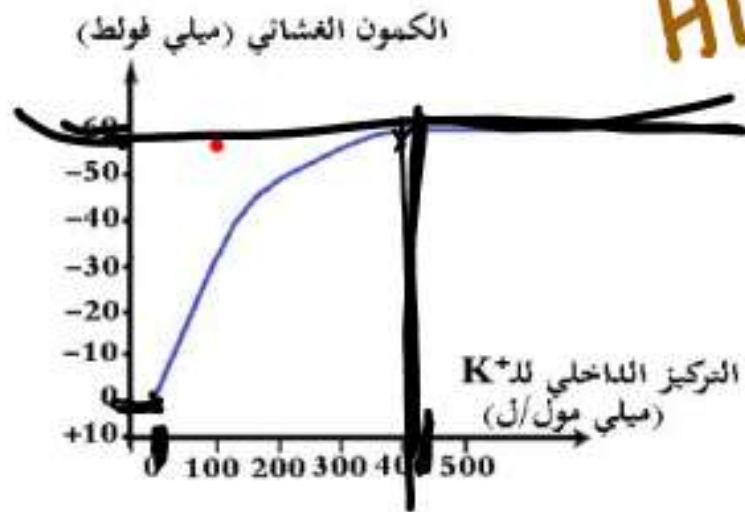


$K^+$   
 $Na^+$

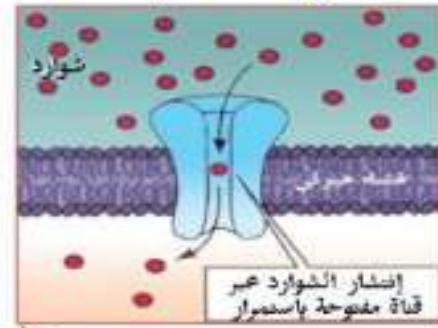


الخارجي وقياس الكيون الغشائي من الحصول على الشكل (ب) من نفس الوثيقة.

ATP → ADP + P<sub>i</sub>



الشكل (ب)



الشكل (أ)

الوثيقة (3)

ملف الحصة المباشرة و المسجلة

حصص مباشرة

1

حصص مسجلة

2

دورات مكثفة

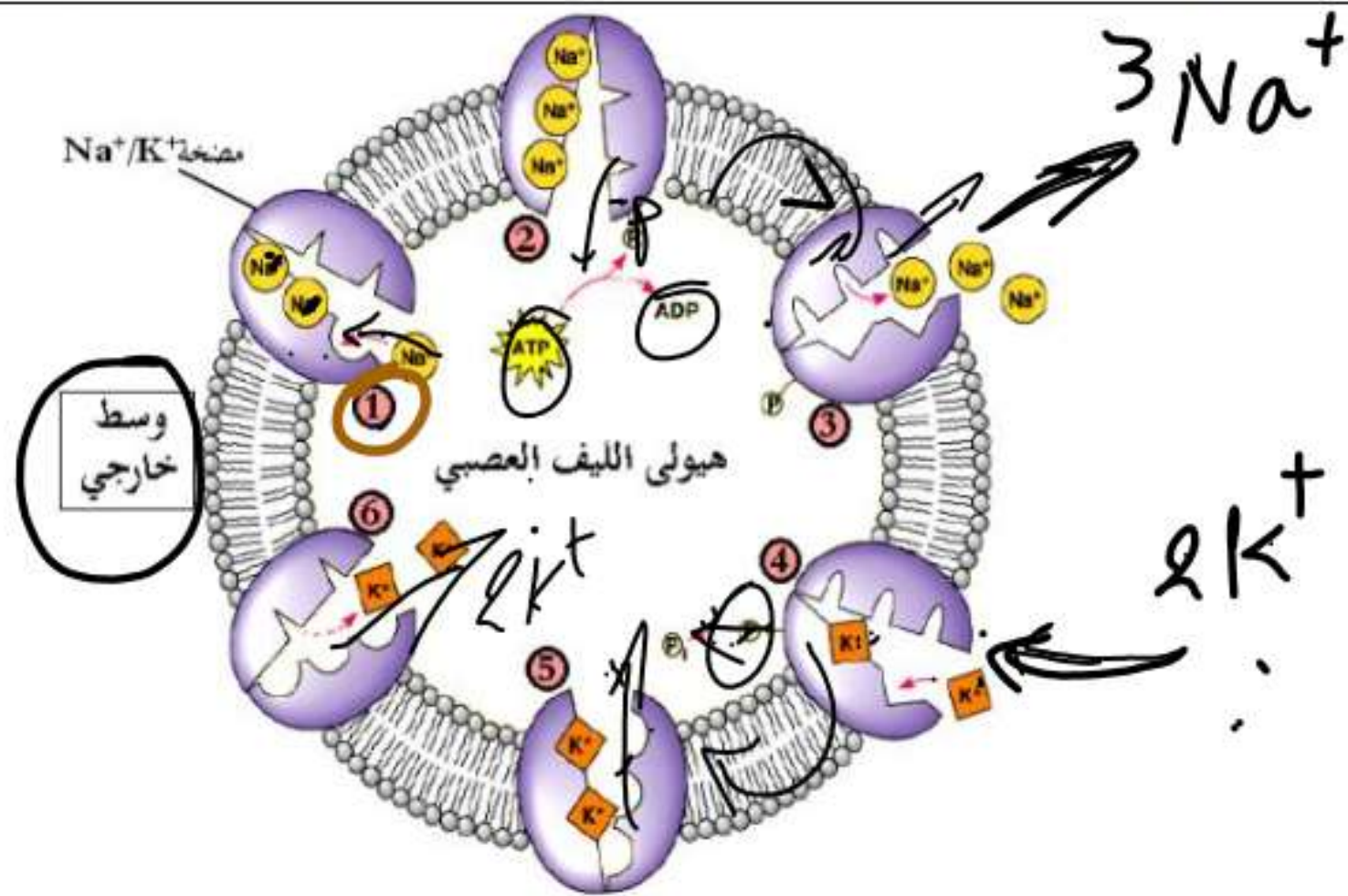
3

أحصل على بطاقة الإشتراك



سمحت نتائج تجريبية تم فيها وضع ليف عصبي للكمار في وسط فيزيولوجي به  $Na^+$  مُشع بتركيز 450 ميلي مول/ل، ثم نقله بعد مدة إلى وسط به  $Na^+$  غير مُشع من الحصول على الشكل (أ) من الوثيقة (4)، كما سمحت نتائج تجريبية أخرى تم فيها حقن ليف عصبي للكمار بكميات قليلة من  $Na^+$  المشع (حتى لا يؤثر على التراكيز الطبيعية)، ثم وضعه في وسط فيزيولوجي ذو  $Na^+$  غير مُشع ومُعابرة تدفق شوارد  $Na^+$  المشع في الوسط الخارجي وفي شروط تجريبية مختلفة من الحصول على الشكل (ب) من نفس الوثيقة .

تمثل الوثيقة (5) رسم تخطيطي يوضح آلية عمل العناصر المسؤولة عن ثبات كمون الراحة (مضخات  $Na^+/K^+$ ).



1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك



### الوثيقة (5)

#### التعليمات:

1. باستغلالك للوثيقتين (2) و(3) وضّح مصدر كمون الراحة.
2. باستغلالك للوثيقتين (4) و(5) وضّح الآليات التي تُؤمن ثبات كمون الراحة.

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك





### الإجابة:

#### 1. توضيح مصدر كمون الراحة:

**إستغلال الوثيقة ( 2 ):** تمثل الوثيقة (2) نتائج معايرة التركيز الأيوني لشوارد  $Na^+$  و  $K^+$  للوسطين الخارج والداخل خلويين لليفين عصبين أحدهما حي والآخر ميت والكمونات الغشائية المسجلة على مستوى كل ليف للكمار، حيث نلاحظ:

❖ **في نتائج معايرة التركيز الأيوني للشوارد (توزع الشوارد):**

- **في الليف العصبي الحي:** تسجيل توزع غير متساوي (متباين) لشوارد  $Na^+$  و  $K^+$  على جانبي الغشاء حيث يكون تركيز شوارد  $Na^+$  في الوسط الخارجي أكبر من تركيزها في الوسط الداخلي بـ 9 مرات وتركيز الشوارد  $K^+$  في الوسط الداخلي أكبر من تركيزها في الوسط الخارجي بـ 20 مرة.

- **في الليف العصبي الميت:** تسجيل توزع متساوي لشوارد  $Na^+$  و  $K^+$  على جانبي الغشاء.

❖ **في الكمونات الغشائية المسجلة:**

- **في الليف العصبي الحي:** تسجيل كمون راحة يُقدر بـ  $-70\text{ mv}$ .

- **أما في الليف العصبي الميت:** تسجيل كمون غشائي معدوم (غياب كمون الراحة).

**الإستنتاج:** ينتج الكمون الغشائي للعصبون أثناء الراحة **عن ثبات التوزع غير المتساوي (المتباين) لـ  $Na^+/K^+$  بين الوسط الداخلي للخلية والوسط الخارجي ويرتبط ذلك بحيوية الليف العصبي (الحالة الفيزيولوجية لليف العصبي).**

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك





### إستغلال الوثيقة (3):

يمثل الشكل (أ) رسم تخطيطي لبنية الغشاء الهبولي يُظهر العلاقة بين البروتينات الغشائية والشوارد  $Na^+$  و  $K^+$ ، حيث نلاحظ:

- أن غشاء الليف العصبي يضم قنوات غشائية من طبيعة بروتينية (ضمنية في الغشاء)، مفتوحة باستمرار تدعى قنوات التسرب (أو الميز)، نوعية، تتدفق الشوارد عبرها وفق تدرج التركيز بظاهرة الميز (أو الإنتشار) وهي: قناة التسرب الخاصة ب  $Na^+$  تسمح بتدفق داخلي لشوارد  $Na^+$  وقناة التسرب الخاصة ب  $K^+$  تسمح بتدفق خارجي لشوارد  $K^+$ ، عدد قنوات  $K^+$  أكبر من عدد قنوات  $Na^+$  في وحدة المساحة.

**الإستنتاج:** إن ناقلية شوارد البوتاسيوم  $K^+$  أكبر من ناقلية شوارد الصوديوم  $Na^+$  كون عدد قنوات  $K^+$  المفتوحة في وحدة المساحة تكون أكبر من عدد قنوات  $Na^+$ .

يمثل الشكل (ب) منحنى تغيرات الكمون الغشائي ب (ميلي فولط) بدلالة التركيز الداخلي لـ  $K^+$  ب (ميلي مول/ل)، حيث نلاحظ:

- من التركيز 0 إلى 400 ميلي مول/ل: تزايد في الكمون الغشائي كلما زاد التركيز الداخلي لـ  $K^+$  حتى يبلغ القيمة -60 ميلي فولط (تمثل كمون الراحة) عندما يبلغ التركيز الداخلي لـ  $K^+$  400 ميلي مول/ل.
- إنطلاقاً من التركيز 400 ميلي مول/ل (الذي يمثل التركيز الطبيعي): ثبات الكمون الغشائي عند القيمة -60 ميلي فولط (تمثل كمون الراحة) مهما زاد التركيز الداخلي لـ  $K^+$ .

**الإستنتاج:** يتعلق الكمون الراحة بالتركيز الداخلي لشوارد  $K^+$ ، بحيث يجب أن لا يقل عن 400 ميلي مول/ل (تمثل عتبة كمون الراحة) لذلك يُسمى كمون الراحة بكمون البوتاسيوم.

ومنه:

**مصدر الكمون الغشائي للعصبون أثناء الراحة هو:**

- ثبات التوزيع غير المتساوي لـ  $Na^+/K^+$  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  $Na^+$ .



## 2. توضيح الآليات التي تؤمن ثبات كمون الراحة:

### إستغلال الوثيقة (4):

يمثل الشكل (أ) نتائج تجريبية تم فيها وضع ليف عصبي للكلمار في وسط فيزيولوجي به  $Na^+$  مُشع ثم في وسط به  $Na^+$  غير مُشع، حيث نلاحظ:

• **في الحالة (1):** ظهور الإشعاع داخل الليف، أي يحدث تدفق داخلي لشوارد  $Na^+$  المشع وفق تدرج التركيز بظاهرة الميز (عبر قنوات التسرب الخاصة بـ  $Na^+$ ).

• **في الحالة (2):** ظهور الإشعاع في الوسط الخارجي، أي يحدث تدفق خارجي لشوارد  $Na^+$  المشع عكس تدرج التركيز **الإستنتاج:** هناك آلية تعمل على إعادة إخراج شوارد  $Na^+$  عكس تدرج تركيزها والتي تميل للدخول بالميز (الانتشار).

يمثل الشكل (ب) منحنيات تغيرات التدفق الخارج لشوارد  $Na^+$  المشع بدلالة تغير شروط الوسط، حيث نلاحظ:

• **في الحالة (1):** في درجة الحرارة  $18^\circ C$  سُجل تدفق خارجي عادي لشوارد  $Na^+$  المشع، وينخفض التدفق بشدة في درجة الحرارة  $0^\circ C$  ثم يعود التدفق بالعود إلى درجة الحرارة  $18^\circ C$ .

• **في الحالة (2):** قبل حقن DNP (مادة تمنع تركيب ATP) سُجل تدفق خارجي عادي لشوارد  $Na^+$  المشع، وبعد حقن DNP مباشرة يتوقف التدفق ثم يعود عند حقن ATP (الجزينة الطاقوية) حيث تكون كمية التدفق ومدته متعلقة بكمية ATP المحقونة.

• **في الحالة (3):** في وجود شوارد  $K^+$  في الوسط الخارجي سُجل تدفق خارجي عادي لشوارد  $Na^+$  المشع، ويتوقف هذا التدفق بنزع شوارد  $K^+$  من الوسط الخارجي ثم يعود التدفق بعد إضافة شوارد  $K^+$  إلى الوسط الخارجي.

**الإستنتاج:** الغشاء الهوليولي للليف العصبي يضم **جزينات بروتينية** (تدعى **مضخات  $Na^+/K^+$** ) تعمل على **نقل الشوارد  $Na^+$  و  $K^+$**  نقلًا مزدوجًا عكس تدرج التركيز **مستهلكة طاقة في شكل ATP** (نقل فعال).

**إستغلال الوثيقة (5):** تمثل الوثيقة (5) رسم تخطيطي يوضح آلية عمل مضخات  $Na^+/K^+$ ، حيث نلاحظ:

• تتمثل آلية عمل مضخات  $Na^+/K^+$  في: ارتباط 3 شوارد من  $Na^+$  بالمضخة المفتوحة للداخل، فسفرة المضخة عن طريق إمهاء ATP تؤدي إلى تغير شكلها، تغير بنية المضخة يجعلها مفتوحة للخارج لتسمح بتحرير 3 شوارد من  $Na^+$  في الوسط الخارجي، ارتباط شاردتين من  $K^+$  بالمضخة يؤدي إلى تحرر الفوسفات، فقدان مجموعة الفوسفات يُعيد للمضخة شكلها الأصلي (مفتوحة للداخل)، بعد تحرير شاردتي  $K^+$  في الوسط الداخلي يُصبح موقع استقبال  $Na^+$  جاهزًا وتُعاد الدورة من جديد.

**الإستنتاج:** تؤمن مضخات  $Na^+/K^+$  **ثبات كمون الراحة**.

ومنه:

تؤمن مضخات  $Na^+/K^+$  (ذات طبيعة بروتينية) ثبات الكمون الغشائي خلال الراحة (-70mv) يستهلك نشاطها حيث تعمل على طرد شوارد  $Na^+$  نحو الخارج عكس تدرج التركيز والتي تميل إلى الدخول بالانتشار، وإدخال شوارد البوتاسيوم  $K^+$  عكس تدرج تركيزها والتي تميل إلى الخروج كذلك بالانتشار، تُستمد الطاقة الضرورية لنقل الشوارد عكس تدرج تركيزها من إمامة الـ ATP.

ملاحظة: مضخة  $Na^+/K^+$  عبارة عن بروتين غشائي ضمني يحتوي على نشاط إنزيمي من نوع ATPase.

الخلاصة:

دور البروتينات في ثبات الكمون الغشائي أثناء الراحة:

أ. مصدر كمون الراحة:

• يكون غشاء العصبون أثناء الراحة مُستقطبا إنه كمون الراحة.

• ينتج الكمون الغشائي للعصبون أثناء الراحة عن:

~ ثبات التوزع غير المتساوي (المتباين) لـ  $Na^+/K^+$  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  $Na^+$ .

ب. ثبات كمون الراحة:

• تؤمن مضخات  $Na^+/K^+$  ثبات الكمون الغشائي خلال الراحة (-70mv) يستهلك نشاطها حيث تعمل على طرد شوارد

$Na^+$  نحو الخارج عكس تدرج التركيز والتي تميل إلى الدخول بالانتشار، وإدخال شوارد البوتاسيوم  $K^+$  عكس تدرج تركيزها

والتي تميل إلى الخروج كذلك بالانتشار.

• تُستمد الطاقة الضرورية لنقل الشوارد عكس تدرج تركيزها من إمامة الـ ATP.

التقويم:

3. أنجز رسما تخطيطيا وظيفيا يوضح دور مختلف البروتينات المتدخلة أثناء كمون الراحة.

4. بين في نص علمي دور مختلف البروتينات المتدخلة أثناء كمون الراحة.

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

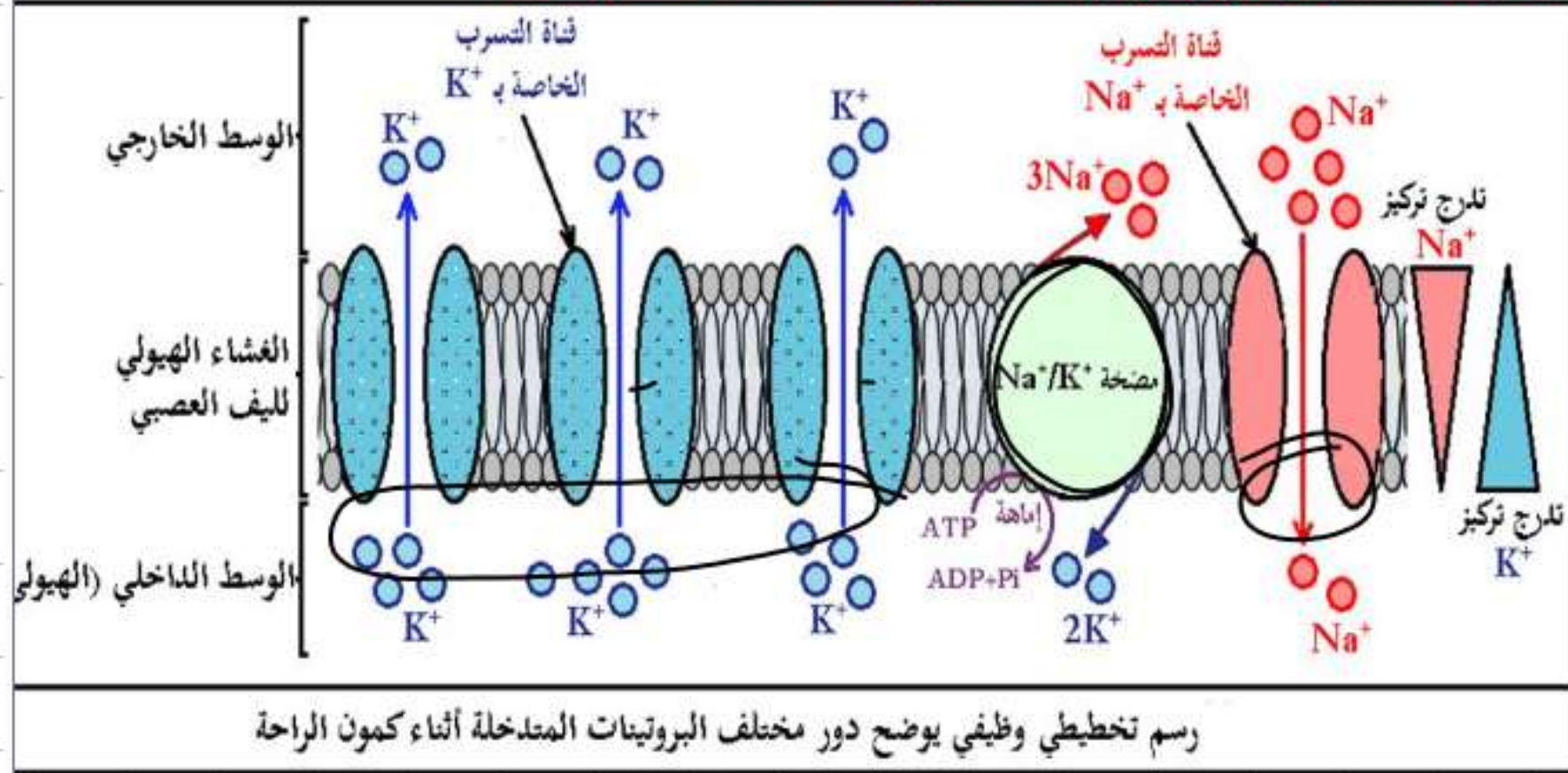
أحصل على بطاقة الإشتراك





الإحالة:

1. إنجاز رسم تخطيطي وظيفي يوضح دور مختلف البروتينات المتدخلة أثناء كمون الراحة:



## 2.النص العلمي:

يكون غشاء العصبون أثناء الراحة مُستقطبًا إنه كمون الراحة والذي ينتج عن ثبات التوزع غير المتساوي لـ  $K^+$  /  $Na^+$  على جانبي الغشاء الهوليولي للليف العصبي من جهة وعن ناقلية شوارد البوتاسيوم  $K^+$  أكبر من ناقلية شوارد الصوديوم  $Na^+$  من جهة أخرى، فما هو دور مختلف البروتينات المتدخلة أثناء كمون الراحة؟

أثناء الراحة تتدخل **قنوات التسرب** الغشائية ذات الطبيعة البروتينية المفتوحة بإستمرار النوعية لـ  $Na^+$  و لـ  $K^+$  تسمح بتدفق الشوارد وفق تدرج تركيزها حيث: تنتقل شوارد  $Na^+$  من الوسط الخارجي الأعلى تركيز إلى الوسط الداخلي (الهوليولي) للليف العصبي الأقل تركيز حسب ظاهرة الميز عبر **قنوات التسرب الخاصة بـ  $Na^+$**  كذلك تنتقل شوارد  $K^+$  من الوسط الداخلي (الهوليولي) الأعلى تركيز إلى الوسط الخارجي للليف العصبي الأقل تركيز حسب ظاهرة الميز عبر **قنوات التسرب الخاصة بـ  $K^+$** . كما تتدخل **مضخات  $Na^+/K^+$**  ذات الطبيعة البروتينية لتؤمن ثبات التوزع غير المتساوي لـ  $Na^+/K^+$  على جانبي غشاء الليف العصبي حيث تعمل على إعادة إخراج 3 شوارد  $Na^+$  وإعادة إدخال 2 شاردة  $K^+$  عكس تدرج التركيز مع إستهلاك ATP.

يُحافظ العصبون على إستقطاب الغشاء (كمون الراحة) بفضل بروتينات غشائية تتمثل في **(قنوات التسرب الخاصة بـ  $Na^+$**  و**قنوات التسرب الخاصة بـ  $K^+$**  و**مضخات  $Na^+/K^+$** .

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك





### المصطلحات العلمية:

- ✦ يُستعمل **الليف العصبي للكلمار** في التجارب للخصائص التالية:
  - ~ قطره يصل إلى 1000 ميكرومتر (عوض 1 إلى 3 ميكرومتر عند الثدييات).
  - ~ يبقى حياً لعدة ساعات في ماء البحر خارج الجسم.
- ✦ **الميز (الانتشار):** إنتقال الشوارد وفق تدرج التركيز من الوسط الأعلى تركيز إلى الوسط الأقل تركيز
- ✦ **النقل الفعال:** إنتقال الشوارد عكس تدرج التركيز من الوسط الأقل تركيز إلى الوسط الأعلى تركيز باستعمال الطاقة (ATP).

دروسكم

منصة التعليم الإلكتروني



ملف الحصة المباشرة و المسجلة

1 حصص مباشرة

1

2 حصص مسجلة

2

3 دورات مكثفة

3

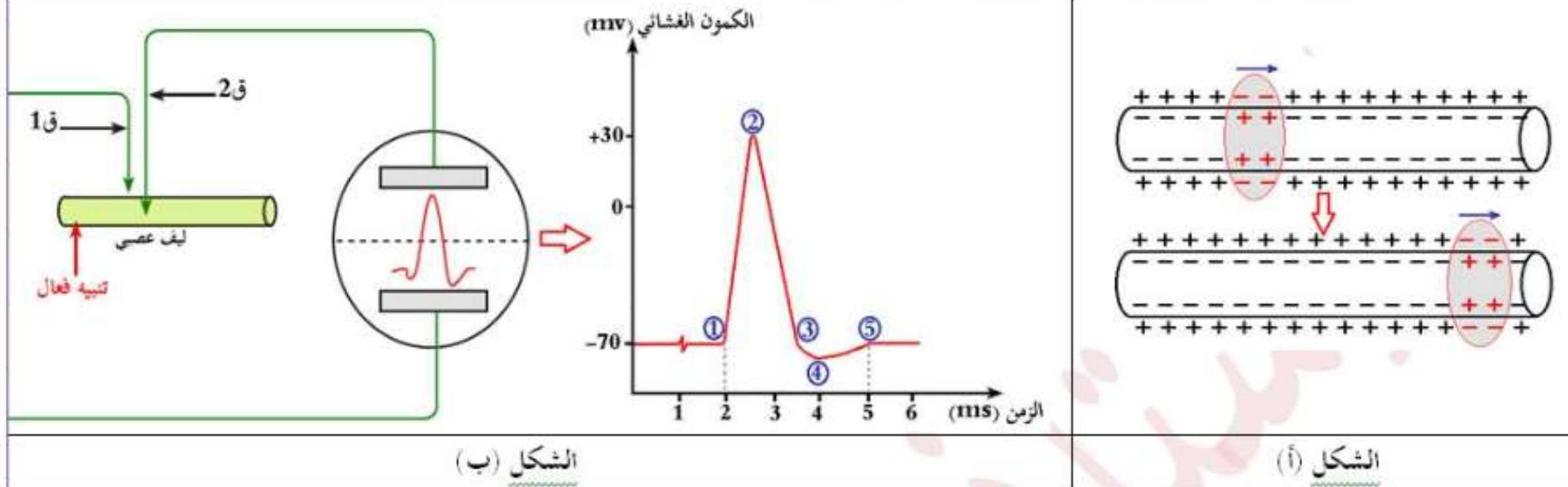
أحصل على بطاقة الإشتراك



### 3- كمون العمل

وضعية الإنطلاق: (التذكير بالمكتسبات)

يمثل الشكل (أ) من الوثيقة (1) تسجيل كهربائي لليف العصبي إثر إحداث تنبيه فعال، بينما الشكل (ب) من نفس الوثيقة فيمثل رسم تفسيري لإنتقال الرسالة العصبية في ليف عصبي.



الوثيقة (1)

التعليمات:

3. إنطلاقاً من الشكل (أ) تعرّف على التسجيل المحصل عليه وعلى مراحل المرقمة مُستخرجاً مميزات مدته وسعته، ثم قدّم تعريفاً بسيطاً له.
4. إنطلاقاً من الشكل (ب) حدّد طبيعة الرسالة العصبية.

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك





الإجابة:

1. التعرف على التسجيل الممثل في الوثيقة (1): منحني كمون العمل (أحادي الطور).

✦ مراحلها هي: من 1 إلى 2: زوال الإستقطاب/ من 2 إلى 3: عودة الإستقطاب/ من 3 إلى 4: فرط الإستقطاب/  
من 4 إلى 5: العودة إلى كمون الراحة.

✦ مميزاته: سعته هي:  $30+70=100$  mv ومدته هي: 3 ms.

✦ تعريف كمون العمل: هو تغير سريع ومؤقت للكمون الغشائي نتيجة تنبيه فعال للغشاء الهولي لليف العصبي.

2. طبيعة الرسالة العصبية: كهربائية وهي عبارة عن موجة زوال إستقطاب تنتقل على طول الليف العصبي على شكل تواتر كمونات عمل.

**المشكلة:** ما هو مصدر كمون العمل على مستوى الليف العصبي؟

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك



## دور البروتينات في توليد كمون العمل:

لإبراز دور البروتينات في توليد كمون العمل، تُقترح عليك الدراسات التالية:

بتقنية Patch-Clamp ن عزل جزء من غشاء العصبون قبل المشبكي يضم نوعين من القنوات ونُخضعه لكمون

إسطناعي مفروض يُحوّل الكمون الغشائي إلى (0mv)، ثم نقوم بتسجيل التيارات الأيونية التي تعبره في ظروف معينة،

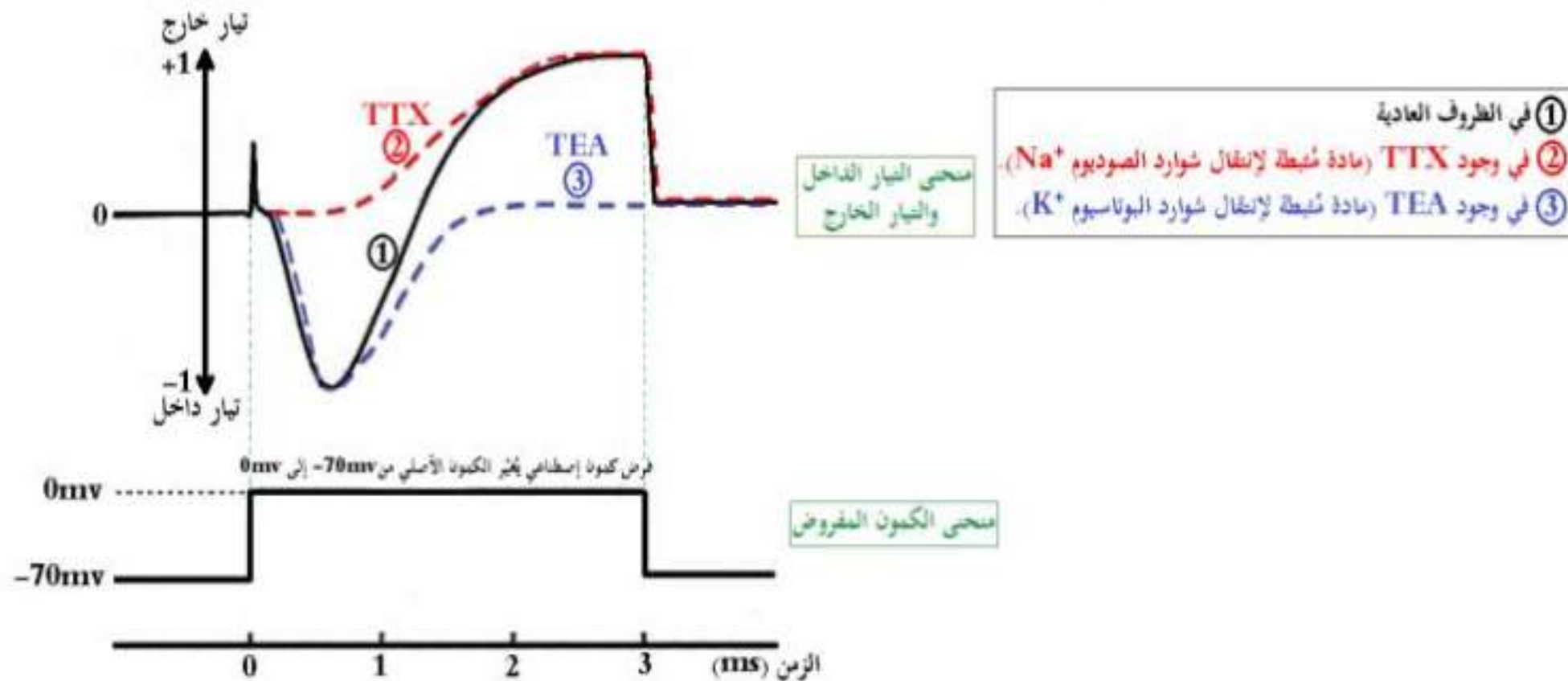
الشروط التجريبية ونتائجها موضحة في الوثيقة (2).

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

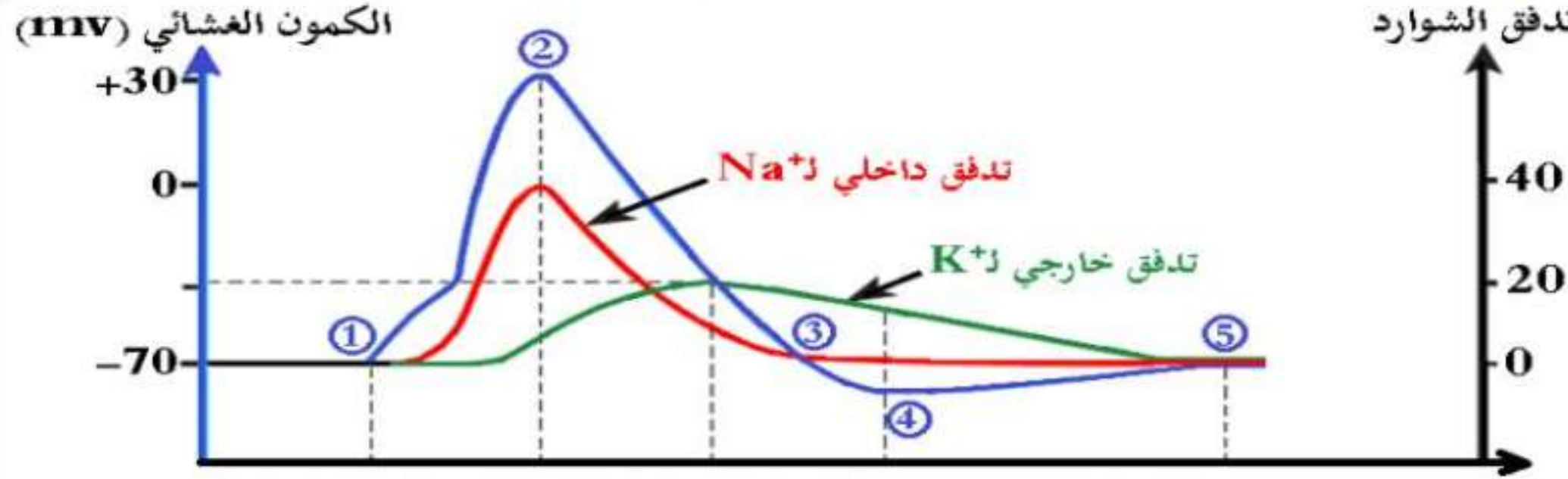
أحصل على بطاقة الإشتراك



الوثيقة (2)



تمثل الوثيقة (3) العلاقة بين الظواهر الكهربائية المسجلة خلال كمن العمل وعمل القنوات الفولطية.



الوثيقة (3)

التعليمة:

- أبرز دور البروتينات في توليد كمن العمل بإستغلالك للوثيقتين (2) و (3).

إبراز دور البروتينات في توليد كمون العمل:

- **إستغلال الوثيقة ( 2 ):** تمثل الوثيقة (2) تسجيلات متعلقة بالتيارات الكهربائية التي تعبر غشاء اللد في ظروف تجريبية معينة، حيث نلاحظ:
- **قبل فرض الكمون (حالة الراحة):** عدم تسجيل أي تيار أيوني.
- **إثر فرض الكمون:**

الفولطية، حيث نلاحظ:

**إستغلال الوثيقة ( 3 ):** تمثل الوثيقة (3) العلاقة بين الظواهر الكهربائية المسجلة خلال كمون العمل وعمل القنوات

- **في حالة الراحة:** قيمة الكمون الغشائي تقدر بـ  $-70\text{ mv}$ ، القنوات الفولطية الخاصة بـ  $\text{Na}^+$  والخاصة بـ  $\text{K}^+$  مغلقة وتدفق الشوارد  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  منعدم.
- **بعد إحداث تنبيه فعال:**

- **في المنحنى ( 1 ) (في الظروف العادية) :** تسجيل تيار أيوني داخل سريع مدته قصيرة يلي بطيء مدته أطول.
- **في التسجيل ( 2 ) (في وجود مادة TTX المثبطة لإنتقال شوارد  $\text{Na}^+$ ):** عدم تسجيل الـ وتسجيل التيار الأيوني الخارج.
- **في التسجيل ( 3 ) (في وجود مادة TEA المثبطة لإنتقال شوارد  $\text{K}^+$ ):** تسجيل التيار الـ وتسجيل التيار الأيوني الخارج.

**الإستنتاج:** إن فرض كمون على جانبي غشاء الليف العصبي يولد نوعين من التيارات الأيونية، الأول ناتج عن تدفق داخلي لشوارد  $\text{Na}^+$  والثاني تيار خارج بطيء ناتج عن تدفق خارجي لشوارد  $\text{K}^+$ .

- **الجزء (من 1 إلى 2):** يمثل زوال إستقطاب ناتج عن إنفتاح القنوات الفولطية الخاصة بـ  $\text{Na}^+$  وتدفق داخلي سريع لـ  $\text{Na}^+$  بظاهرة الميز مع بقاء القنوات الفولطية الخاصة بـ  $\text{K}^+$  مغلقة.
- **الجزء (من 2 إلى 3):** يمثل عودة الإستقطاب ناتج عن إنفتاح القنوات الفولطية الخاصة بـ  $\text{K}^+$  وتدفق خارجي بطيء لـ  $\text{K}^+$  بظاهرة الميز مع إنخفاض في تدفق شوارد  $\text{Na}^+$  نتيجة توقف نشاط القنوات الفولطية الخاصة بـ  $\text{Na}^+$ .
- **الجزء (من 3 إلى 4):** يمثل فرط في الإستقطاب ناتج عن تأخر إنغلاق القنوات الفولطية الخاصة بـ  $\text{K}^+$  وإستمرار التدفق الخارجي لـ  $\text{K}^+$ .
- **الجزء (من 4 إلى 5):** يمثل العودة إلى كمون الراحة ناتج عن عودة التراكيز الأيونية للحالة الأصلية لشوارد  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  على جانبي الغشاء الذي تؤمنه مضخة  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  المستهلكة للطاقة (ATP) بعد إنغلاق القنوات الفولطية الخاصة بـ  $\text{Na}^+$  والخاصة بـ  $\text{K}^+$ .

**الإستنتاج:** ينتج كمون العمل عن تدفق داخلي لـ  $\text{Na}^+$  نتيجة إنفتاح قنوات  $\text{Na}^+$  المرتبطة بالفولطية وعن تدفق خارجي لـ  $\text{K}^+$  نتيجة إنفتاح قنوات  $\text{K}^+$  المرتبطة بالفولطية.

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك





### ومنه:

- تتمثل تغيرات الكمون الغشائي الناتج عن التنبيه في:
  - زوال إستقطاب سريع للغشاء مرتبط بتدفق داخلي لـ  $Na^+$  نتيجة إنفتاح قنوات  $Na^+$  المرتبطة بالفولطية.
  - عودة الإستقطاب ناتجة عن تدفق خارجي لـ  $K^+$  نتيجة إنفتاح قنوات  $K^+$  المرتبطة بالفولطية.
- تؤمن مضخة  $Na^+/K^+$  المستهلكة للطاقة (ATP) عودة التراكيز الأيونية للحالة الأصلية.
- إنفتاح القنوات المرتبطة بالفولطية بمعنى توليد كمون عمل يتطلب عتبة زوال إستقطاب.

### ملاحظة:

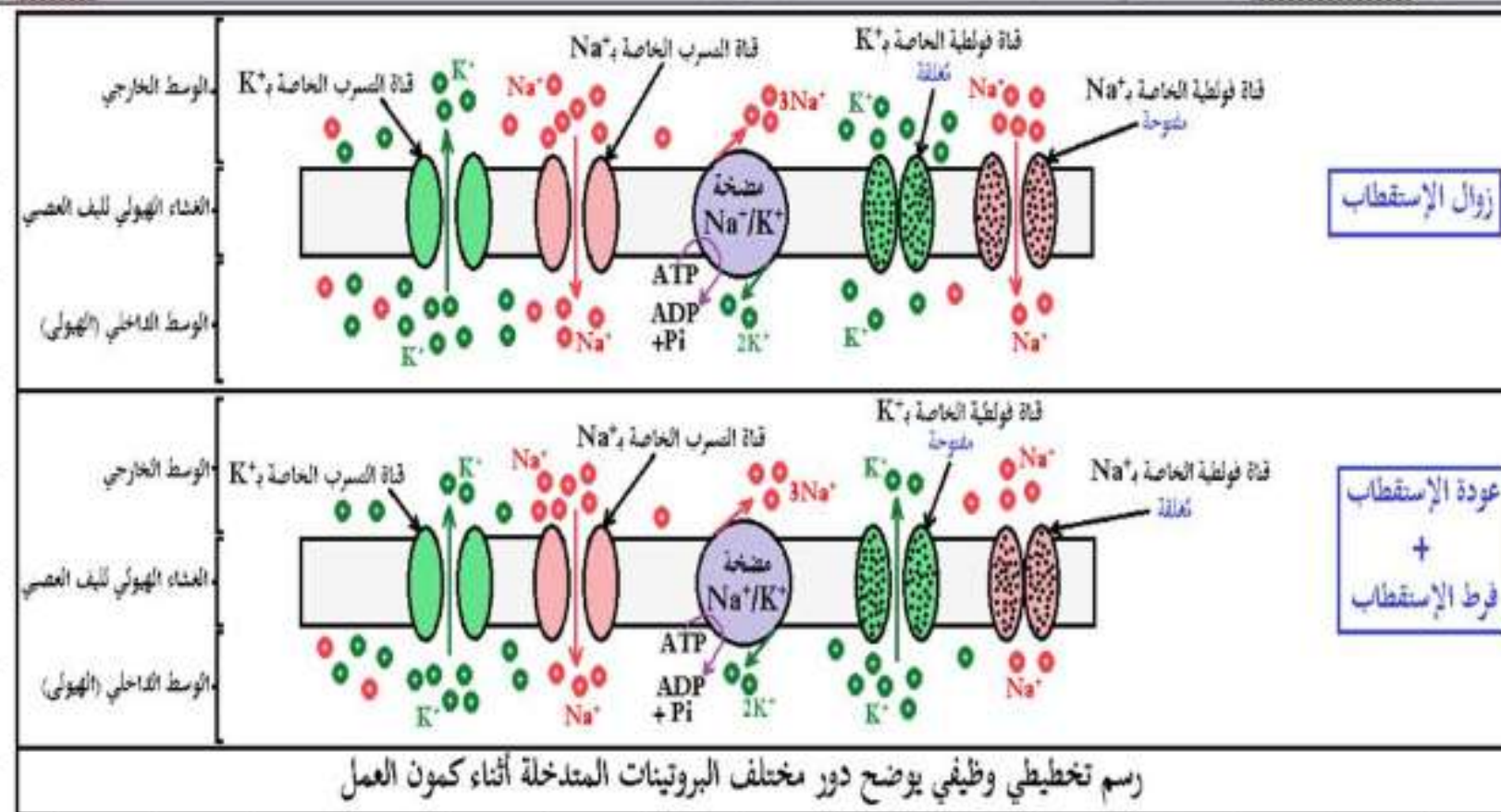
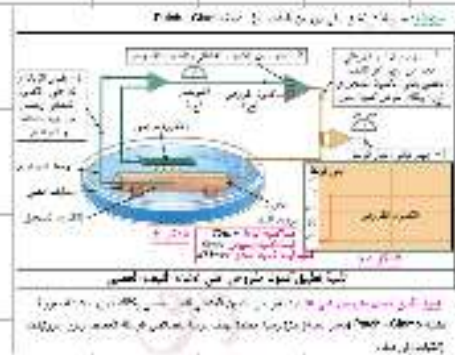
- تسمى بالقنوات الفولطية (أو بالقنوات المرتبطة بالفولطية): لأنها تفتح نتيجة تغير الكمون الغشائي إثر التنبيه. ومن مميزاتهما:
  - بروتينات غشائية ضمنية، نوعية، مذبذبة كهربائياً، تعمل وفق ظاهرة الميز.
  - لقنوات  $Na^+$  المرتبطة بالفولطية ثلاثة أشكال (مغلقة، مفتوحة وغير نشطة).
  - لقنوات  $K^+$  المرتبطة بالفولطية شكلين (مغلقة ومفتوحة).

### الخلاصة:

- تتمثل تغيرات الكمون الغشائي الناتج عن التنبيه في:
  - زوال إستقطاب سريع للغشاء مرتبط بتدفق داخلي لـ  $Na^+$  نتيجة إنفتاح قنوات  $Na^+$  المرتبطة بالفولطية.
  - عودة الإستقطاب ناتجة عن تدفق خارجي لـ  $K^+$  نتيجة إنفتاح قنوات  $K^+$  المرتبطة بالفولطية.
- تؤمن مضخة  $Na^+/K^+$  المستهلكة للطاقة (ATP) عودة التراكيز الأيونية للحالة الأصلية.
- إنفتاح القنوات المرتبطة بالفولطية بمعنى توليد كمون عمل يتطلب عتبة زوال إستقطاب.

### التقويم:

- أنجز رسماً تخطيطياً وظيفياً يوضح دور مختلف البروتينات المتدخلة أثناء كمون العمل.



ملف الحصة المباشرة و المسجلة

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك



تُستخدم مادة الـ DDT (Dichloro-diphényl-trichloroéthane) في المجال الزراعي لمكافحة الحشرات الضارة لكن يَنبُج عن استعمالها آثار سلبية على صحة الإنسان حيث تُسبب اختلالاً وظيفياً في جهازه العصبي. لمعرفة آلية تأثير مادة الـ DDT تُقترح الدراسة التالية:

### الجزء الأول:

يُقاس الكمون الغشائي في وجود وغياب مادة الـ DDT إثر التنبية الفعال لليف عصبي معزول. النتائج المحصل عليها مُمثلة في الوثيقة (1).

الزمن (ms)	0	1	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5
الكمون الغشائي (mv) في غياب مادة DDT	-70	-70	-70	+30	0	-70	-75	-70	-70
الكمون الغشائي (mv) في وجود مادة DDT	-70	-70	-70	+30	+25	+25	+25	+25	+25

الوثيقة (1)

- 1- مَنِّل بيانياً ثم حَلِّل النتائج المُوضحة في الوثيقة (1). يُعطى مقياس الرسم التالي: (20mv ← 1cm / 0,5ms ← 1cm).
- 2- اقترح فرضيتين لتفسير آلية تأثير مادة الـ DDT على الكمون الغشائي.

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

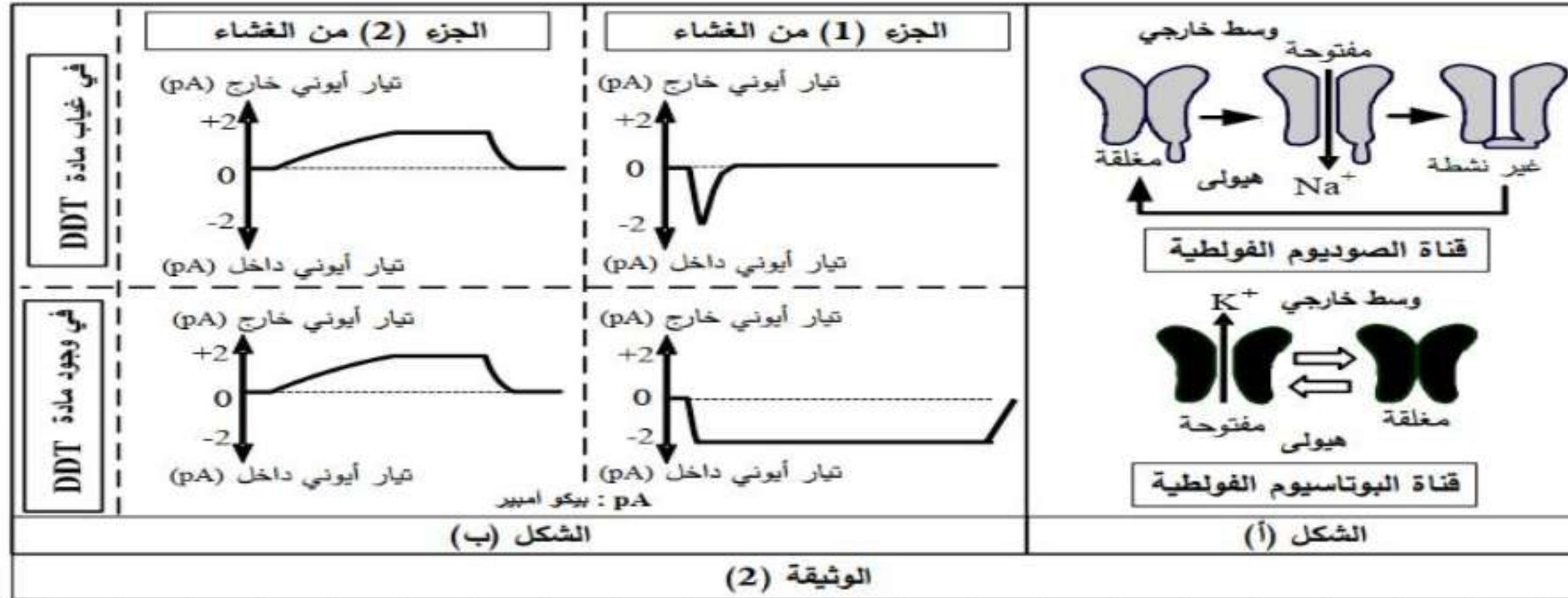
3 دورات مكثفة

أحصل على بطاقة الإشتراك



## الجزء الثاني:

لهدف التحقق من صحة إحدى الفرضيتين المقترحتين يُعزل بتقنية Patch Clamp جُزآن من غشاء الليف العصبي حيث يحتوي الجزء (1) على قناة الصوديوم الفولطية بينما يحتوي الجزء (2) على قناة البوتاسيوم الفولطية، يُمثّل الشكل (أ) من الوثيقة (2) حالة هذه القنوات الفولطية. يُخضع كل جزء من الغشاء لكمون اصطناعي مفروض ثم تُسجّل التيارات الأيونية العابرة للغشاء في وجود وغياب مادة ال DDT، النتائج المحصل عليها مُبيّنة في الشكل (ب) للوثيقة (2).



1- حدّد أهم مُميّزات القنوات المُمثّلة في الشكل (أ) ثم علّل تسميتها.

2. فسّر باستغلال معطيات شكلي الوثيقة (2) تأثير الكمون المفروض على القنوات الفولطية في غياب مادة ال DDT.

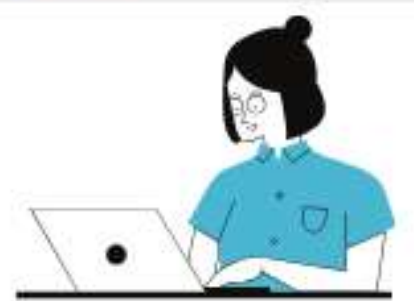
3- ناقش صحة إحدى الفرضيتين المقترحتين انطلاقاً من النتائج السابقة، مُبيّناً آلية تأثير مادة ال DDT على النشاط العصبي.

1 حصص مباشرة

2 حصص مسجلة

3 دورات مكثفة

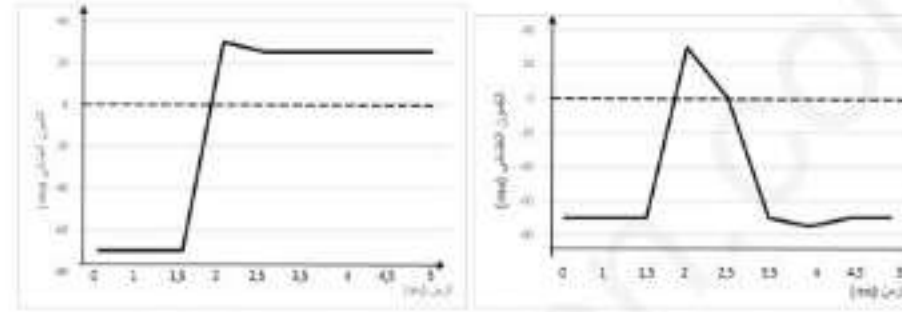
أحصل على بطاقة الإشتراك





## الجزء الأول:

### (1) تمثيل النتائج بيانياً:



في وجود مادة DDT

في غياب مادة DDT

ملاحظة: تمنح علامة كاملة إذا تم تمثيل المنحنيين على نفس المعلم.

### تحليل النتائج المبينة في الوثيقة (1):

يمثل المنحنيان تغير الكمون الغشائي بدلالة الزمن إثر تنبيه فعال في غياب وجود مادة DDT بحيث:

المنحني (أ) في غياب مادة DDT: يمثل كمون عمل أحادي الطور:

ms[1.5-0]: كمون راحة (حالة استقطاب)، ms[2-1.5]: زوال الاستقطاب،

ms[3.5-2]: عودة الاستقطاب، ms[4-3.5]: فرط الاستقطاب،

ms[4.5-4]: عودة الاستقطاب الأصلي. ms[5-4.5]: كمون راحة (حالة استقطاب)

المنحني (ب) يمثل تغير الكمون الغشائي في وجود مادة DDT:

ms[1.5-0]: كمون راحة (حالة استقطاب)، ms[2-1.5]: زوال الاستقطاب،

ms[2.5-2]: تناقص طفيف في الكمون الغشائي.

ms[5-2.5]: ثبات الكمون الغشائي مع الزمن عند 2.5mV.

الإستنتاج: يبقى اللبب العصبي في حالة زوال الاستقطاب في وجود مادة DDT.

### (2) اقترح فرضيتين لتفسير اختلاف تسجيلي الوثيقة (1):

الفرضية (1): ينشط الـ DDT عمل القنوات المرتبطة بالفولطية الخاصة بالبوتاسيوم مانعاً عودة الاستقطاب.

أو بالصياغة التالية: تمنع مادة DDT انفتاح القنوات المرتبطة بالفولطية.

الفرضية (2): يمنع الـ DDT انغلاق القنوات الفولطية الخاصة بالصوديوم مؤدياً إلى استمرار زوال الاستقطاب.

### الجزء الثاني:

#### (1) تحديد مميزات القنوات:

- بيروثينات غشائية ضمنية. - نوعية. - ميوية كهربائياً. - تعمل وفق ظاهرة الميز الفيزيائية.

- لقنوات  $Na^+$  المرتبطة بالفولطية لثلاثة أشكال (مغلقة، مفتوحة و غير نشطة)

- لقنوات  $K^+$  شكلين (مفتوحة ومغلقة)

تعليل التسمية: لأنها تفتح نتيجة تغير الكمون الغشائي إثر التنبيه.

#### (2) تفسير تأثير الكمون المفروض على هذه القنوات:

قبل فرض الكمون: لا نسجل أي تيار أيوني لكن القنوات الفولطية مغلقة.

- عند فرض الكمون على الجزء الغشائي (1): نسجل تيار أيوني داخلي سريع وفي مدة قصيرة لانفتاح القنوات الفولطية الخاصة بالصوديوم سامحة بتدفق الـ  $Na^+$  نحو الداخل (الميز)، ثم يتعدم التيار الأيوني نتيجة توقف نشاط هذه القنوات ثم انغلاقها.

- عند فرض الكمون على الجزء الغشائي (2): نسجل تيار أيوني خارجي بطيء وفي مدة أطول لانفتاح القنوات الفولطية الخاصة بالبوتاسيوم سامحة بتدفق الـ  $K^+$  نحو الخارج (الميز)، ثم يتعدم التيار الأيوني نتيجة انغلاق هذه القنوات.

#### (3) مناقشة صحة إحدى الفرضيتين:

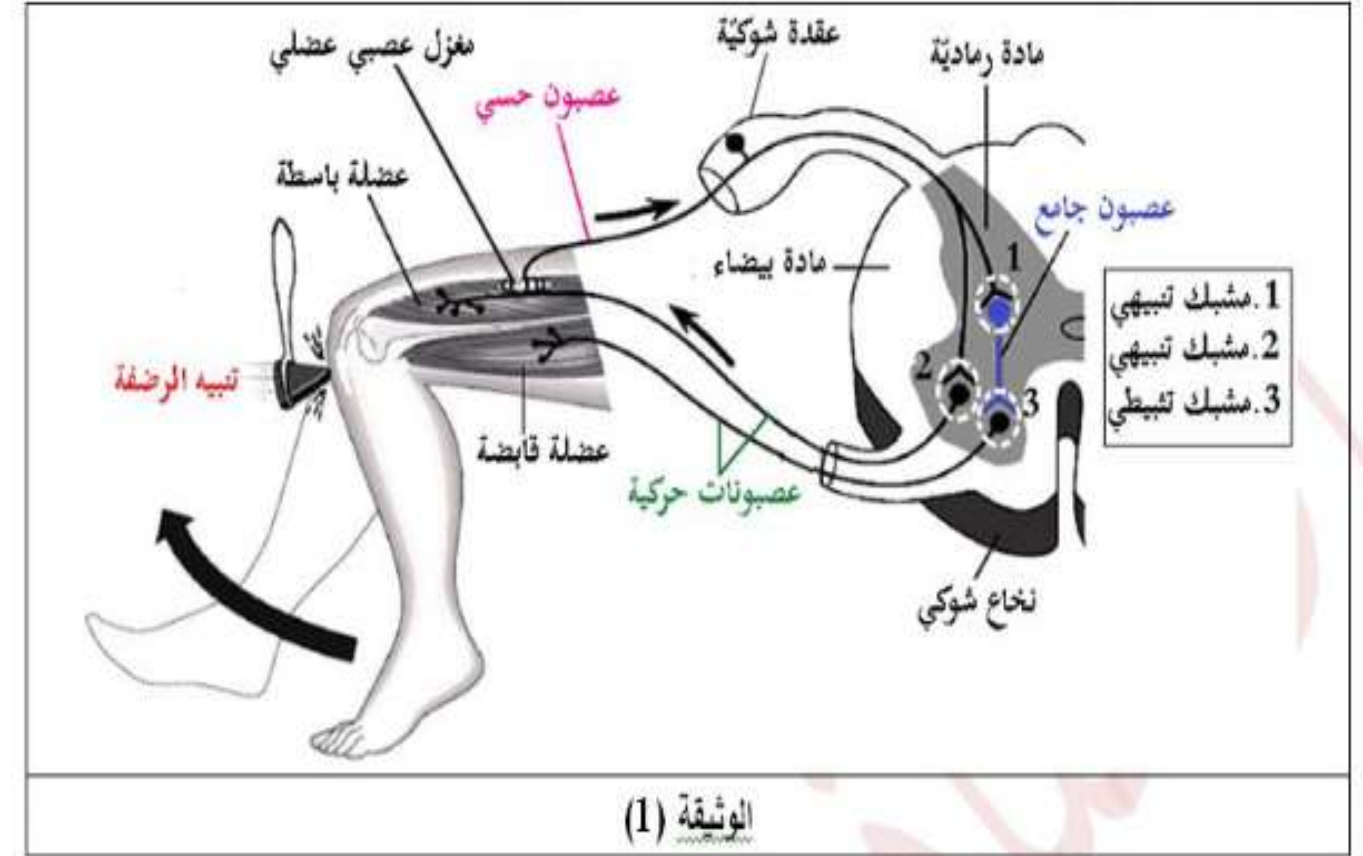
- نسجل نفس النتيجة بالنسبة للتيار الأيوني الخارجي في وجود مادة DDT وغيابها مما يدل على عدم تأثير هذه المادة على القنوات الفولطية للـ  $K^+$  وهذا يؤكد عدم صحة الفرضية تثبيط قنوات  $K^+$ .

- يظهر اختلاف في تسجيل التيار الأيوني الداخلي في وجود مادة DDT وغيابها حيث في وجود المادة يستمر التيار الأيوني الداخلي لمدة طويلة نتيجة تأثيرها على القنوات الفولطية للـ  $Na^+$  يمنع انغلاقها وهذا يؤكد صحة الفرضية التي تنص على منع انغلاق قنوات  $Na^+$ .

## 4- الإدماج العصبي

وضعية الإنطلاق: (التذكير بالمكتسبات)

تمثل الوثيقة (1) رسم تخطيطي لمسار الرسالة العصبية في المنعكس العضلي (الرضفي).



التعليمة:

- حدّد دور العصبون الجامع أثناء منعكس عضلي اعتمادًا على مكتسباتك من السنة 2 ثانوي والوثيقة (1).

الإجابة:

دور العصبون الجامع: هو تثبيط مرور الرسالة العصبية إلى العصبون الحركي للعضلة القابضة للساق مما يسمح بالتنسيق في عمل العضلات المتضادة حيث تنقلص العضلة الباسطة التي نُبّه وترها وتسترخي العضلة القابضة (في حالة المنعكس الرضفي).

المشكلة: ما هي آلية الإدماج العصبي (كيف يُدمج العصبون بعد مشبكي مختلف الكمونات التي ترد إليه) ؟

## التقصي:

### 1. آلية عمل المشبك التنشيطية (المشابك المثبطة):

لتحديد آلية عمل المشبك التثبيطي (المشبك المثبط)، تُقترح عليك الدراسات التالية:

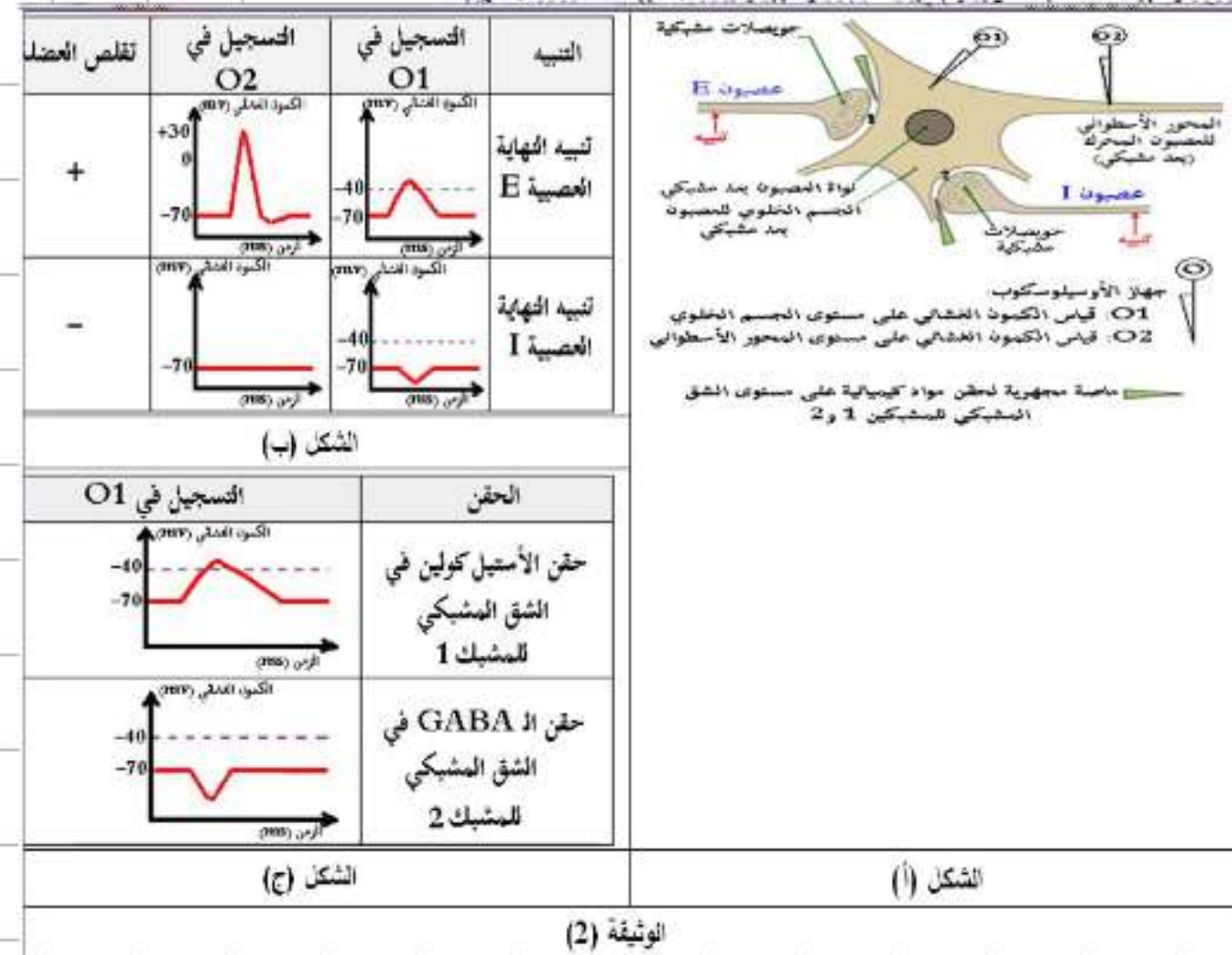
تتصل العضلة الهيكلية بعصبون محرك والذي يتصل بدوره بعدة نهايات عصبية على مستوى النخاع الشوكي.

- يمثل الشكل (أ) من الوثيقة (2) التركيب التجريبي المستعمل على منطقة الإتصال عصبى - عصبى بين نهايتين عصبيتين قبل مشبكتين E و I والجسم الخلوي

للعصبون المحرك (بعد مشبكي).

- بينما الشكل (ب) من نفس الوثيقة فيمثل الخطوات والنتائج التجريبية لمشبكتين E و I.

- أما الشكل (ج) من نفس الوثيقة فيمثل الخطوات والنتائج التجريبية للمشبك 1 وحقن GABA في الشق المشبكي للمشبك 2 مع

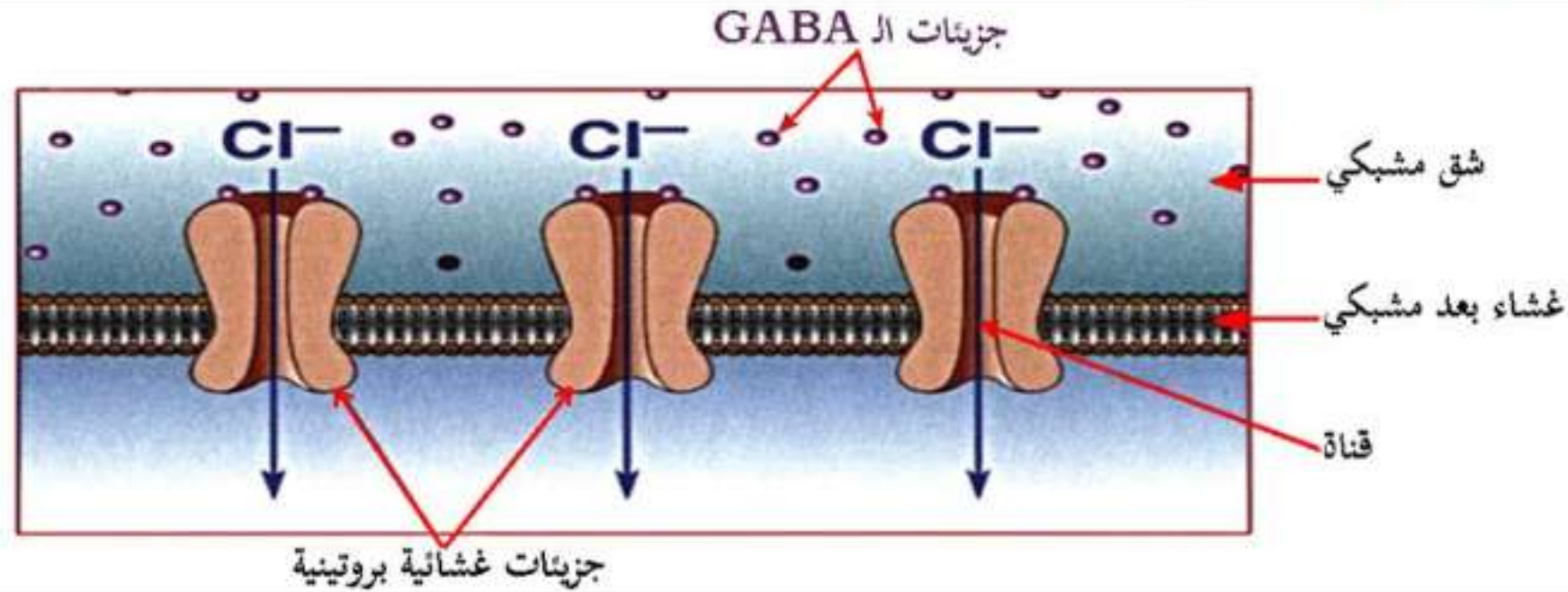


كما سمحت نتائج التحليل الكيميائي للشق المشبكي للمشبك 2 من الحصول على الوثيقة (3).

نتائج التحليل الكيميائي للشق المشبكي للمشبك 2	أثناء الراحة	بعد تنبيه فعال للنهاية العصبية I
GABA ال	-	+++
تركيز شوارد الكلور $Cl^-$	+++	+

الوثيقة (3)

تمثل الوثيقة (4) رسم تخطيطي لجزء من الغشاء بعد المشبكي للمشبك 2.



الوثيقة (4)

**التعليمة:**

- بيّن آلية عمل المشابك التثبيطية وذلك بإستغلالك للوثائق (2)، (3) و(4).

تبيان آلية عمل المشابك التثبيطية:

إستغلال الوثيقة (2):

يمثل الشكل (ب) الخطوات والنتائج التجريبية المحصل عليها إثر تنبيه النهايتين العصبيتين قبل مشبكيتين E وA، حيث نلاحظ:

- ✦ عند تنبيه النهاية العصبية E: تسجيل زوال إستقطاب الغشاء بعد مشبكي (كمون بعد مشبكي تنبيهي PPSE) في O1 وكمون عمل في O2 وتقلص العضلة.
- ✦ عند تنبيه النهاية العصبية A: تسجيل فرط في إستقطاب الغشاء بعد مشبكي (كمون بعد مشبكي تثبيطي PPSI) في O1 وكمون راحة في O2 وعدم تقلص العضلة.

الإستنتاج: يتسبب زوال إستقطاب غشاء الخلية قبل المشبكية بـ:

- ✦ زوال إستقطاب الغشاء بعد مشبكي الذي يتسبب في ظهور كمون بعد مشبكي تنبيهي (PPSE) فهو مشبك تنبيهي (المشبك 1).
- ✦ فرط في إستقطاب الغشاء بعد مشبكي الذي يتسبب في ظهور كمون بعد مشبكي تثبيطي (PPSI) فهو مشبك تثبيطي (المشبك 2).

يمثل الشكل (ج) الخطوات والنتائج التجريبية المحصل عليها إثر حقن الأستيل كولين في الشق المشبكي للمشبك 1 وحقن

GABA في الشق المشبكي للمشبك 2 مع غياب التنبيه في كل حالة، حيث نلاحظ:

- ✦ عند حقن الأستيل كولين في الشق المشبكي للمشبك 1: تسجيل كمون بعد مشبكي تنبيهي PPSE في O1.
- ✦ عند حقن الـ GABA في الشق المشبكي للمشبك 2: تسجيل كمون بعد مشبكي تثبيطي PPSI في O1.

الإستنتاج: يُترجم تأثير المبلغ العصبي الكيميائي على مستوى المشبك إلى:

- ✦ PPSE في المشبك التنبيهي بتدخل الأستيل كولين.
- ✦ PPSI في المشبك التثبيطي بتدخل الـ GABA.

**إستغلال الوثيقة (3):** تمثل الوثيقة (3) نتائج التحليل الكيميائي للشق المشبكي للمشبك 2، حيث نلاحظ:

- **أثناء الراحة:** غياب الـ GABA مع وجود تركيز مرتفع من شوارد الكلور  $Cl^-$  في الشق المشبكي.
- **بعد تنبيه فعال للنهاية العصبية 1:** وجود الـ GABA بكميات كبيرة مع تناقص تركيز شوارد  $Cl^-$  في الشق المشبكي.

**الإستنتاج:** زوال إستقطاب الخلية قبل المشبكية يؤدي إلى تحرير المبلغ العصبي الكيميائي الـ GABA بالشق المشبكي الذي يسمح بدخول شوارد  $Cl^-$  إلى هيولى الخلية بعد مشبكية مُحدثة فرطاً في إستقطاب الغشاء.

تمثل الوثيقة (4) رسم تخطيطي لجزء من الغشاء بعد المشبكي للمشبك 2، حيث نلاحظ:

- يضم الغشاء بعد مشبكي للمشبك التثبيطي جزينات غشائية تمثل **مستقبلات الـ GABA**، من **طبيعة بروتينية**، **ضمنية** في الغشاء، تحتوي على **موقعين لتثبيت الـ GABA** وقناة التي تكون مُغلقة في غياب الـ GABA وتنفتح بتثبته على موقعي التثبيت فهي **مستقبلات قنوية**، تسمح بدخول شوارد  $Cl^-$  (قناة  $Cl^-$  المرتبطة بالكيمياء) إلى هيولى الخلية بعد مشبكية حسب ظاهرة الميز مما ينتج عنه فرط في إستقطاب الغشاء.

**الإستنتاج:** إن تثبت المبلغ العصبي الكيميائي GABA على مستقبلات القنوية الخاصة به يؤدي إلى **إنفتاح قنوات  $Cl^-$  المرتبطة بالكيمياء** التي تسمح بدخول شوارد الكلور  $Cl^-$  إلى هيولى الخلية بعد مشبكية مُحدثة فرطاً في إستقطاب الغشاء (PPSI).

**ومنه:**

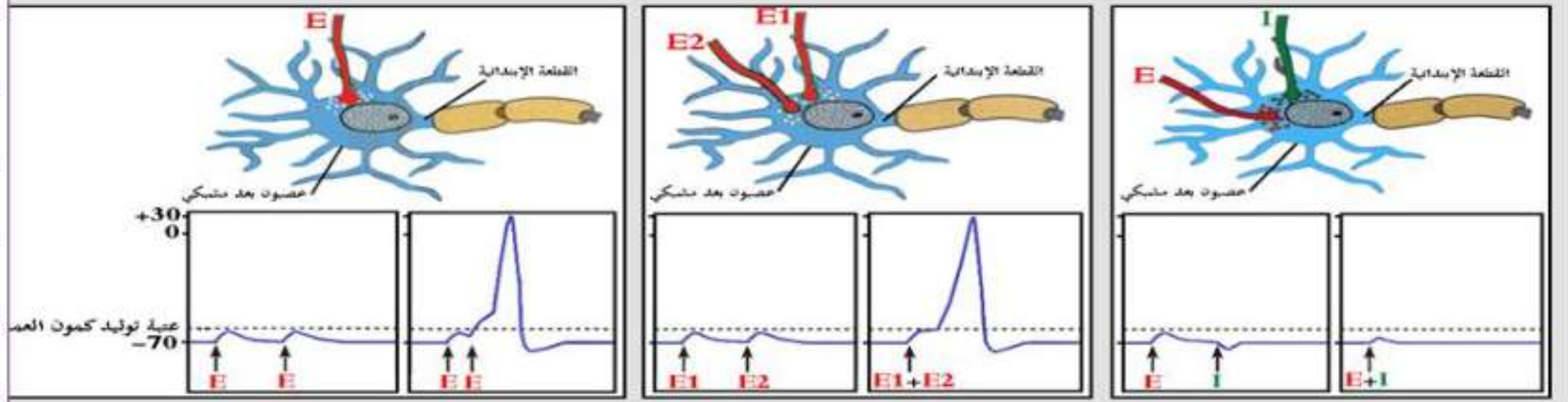
**تتمثل آلية عمل المشبك التثبيطي في:**

- يؤدي وصول كمون العمل قبل مشبكي إلى النهاية المحورية قبل المشبكية للمشبك التثبيطي إلى **تحرير المبلغ العصبي الكيميائي GABA** في الشق المشبكي والذي يتثبت على مستقبلاته القنوية الخاصة به مما يؤدي إلى **إنفتاح قنوات  $Cl^-$  المرتبطة بالكيمياء** التي تسمح بدخول شوارد الكلور  $Cl^-$  إلى هيولى الخلية بعد مشبكية مُحدثة فرطاً في إستقطاب غشاء الخلية بعد المشبكية (كمون بعد مشبكي تثبيطي PPSI) لا يسمح بانتشار الرسالة العصبية في الخلية بعد مشبكية وبالتالي تسجيل كمون راحة.

• **المستقبلات القنوية التي تُنشط بالـ GABA لها وظيفة تثبيطية.**

## 2. آلية إدماج المعلومة العصبية على مستوى العصبون بعد مشبكي:

لإستخراج آلية إدماج المعلومة العصبية على مستوى العصبون بعد مشبكي، تُقترح عليك الدرامات التالية:  
تمثل الوثيقة (5) تسجيلات تم الحصول عليها على مستوى القطعة الابتدائية SI للعصبون المحرك بعد مشبكي إثر تنبيه نهايات عصبية قبل مشبكية.



الوثيقة (5)

### التعليمة:

- يَبَيِّنْ كيف يعمل العصبون المحرك على دمج الكمونات الواردة إليه (آلية الإدماج العصبي) وذلك بإستغلالك للوثيقة (5).

تبيان كيفية عمل العصبون المحرك على دمج الكمونات الواردة إليه (آلية الإدماج العصبي):

**إستغلال الوثيقة (5):** تمثل الوثيقة (5) تسجيلات تم الحصول عليها على مستوى القطعة الإبتدائية SI لعصبون بعد مشبكي إثر تنبيه نهايات عصبية قبل مشبكية، حيث نلاحظ:

- في حالة تنبيه النهاية العصبية E تنبيهين متباعدين زمنيًا: تسجيل على مستوى القطعة الإبتدائية PPSE 2 سعتهما دون العتبة وعدم تسجيل كمون عمل، إي أن العصبون بعد المشبكي لم يتم بتجميع (دمج) الكمونات بعد مشبكية.
- في حالة تنبيه النهاية العصبية E تنبيهين متقاربين زمنيًا: تسجيل على مستوى القطعة الإبتدائية PPSE سعته تفوق العتبة أدى إلى تسجيل كمون عمل، إي أن العصبون بعد مشبكي قام بتجميع (دمج) الكمونات بعد مشبكية فكانت محصلة الإدماج (PPSE+PPSE=PPSE) تفوق العتبة أدت إلى توليد كمون عمل (تجميع زمني).
- في حالة تنبيه النهايتين العصبيتين E1 و E2 تنبيهين متباعدين زمنيًا: تسجيل على مستوى القطعة الإبتدائية PPSE 2 سعتهما دون العتبة وعدم تسجيل كمون عمل، إي أن العصبون بعد المشبكي لم يتم بتجميع (دمج) الكمونات بعد مشبكية.
- في حالة تنبيه النهايتين العصبيتين E1 و E2 تنبيهين في نفس الوقت: تسجيل على مستوى القطعة الإبتدائية PPSE سعته تفوق العتبة أدى إلى تسجيل كمون عمل، إي أن العصبون بعد مشبكي قام بتجميع (دمج) الكمونات بعد مشبكية فكانت محصلة الإدماج (PPSE+PPSE=PPSE) تفوق العتبة أدت إلى توليد كمون عمل (تجميع فضائي).
- في حالة تنبيه النهايتين العصبيتين E و A تنبيهين متباعدين زمنيًا: تسجيل على مستوى القطعة الإبتدائية PPSE سعته دون العتبة (ناتج عن تنبيه النهاية العصبية E) و PPSI (ناتج عن تنبيه النهاية العصبية A) وعدم تسجيل كمون عمل، إي أن العصبون بعد المشبكي لم يتم بتجميع (دمج) الكمونات بعد مشبكية.
- في حالة تنبيه النهايتين العصبيتين E و A تنبيهين في نفس الوقت: تسجيل على مستوى القطعة الإبتدائية PPSE سعته دون العتبة وعدم تسجيل كمون عمل، إي أن العصبون بعد المشبكي قام بتجميع (دمج) الكمونات بعد مشبكية فكانت محصلة الإدماج (PPSE+PPSI=PPSE) أقل من العتبة لا تؤدي إلى توليد كمون عمل، بحيث PPSI خفض من سعة PPSE (تجميع فضائي).



## الإستنتاج:

- \* يُدمج العصبون بعد مشبكي مختلف الكمونات بعد مشبكية وذلك بعملية تجميع يكون:
  - ~ **إمّا تجميع زمني**، إذا وصلت مجموعة من كمونات العمل المتقاربة من نفس الليف قبل مشبكي.
  - ~ **إمّا تجميع فضائي**، إذا كانت الكمونات قبل مشبكية مصدرها مجموعة من النهايات العصبية والتي تصل في الوقت نفسه بمشبك العصبون بعد المشبكي.
- \* نتحصّل على **زوال إستقطاب الغشاء بعد مشبكي** بمعنى **تؤلّد كمون عمل** في العنصر بعد مشبكي، إذا بلغ مجمل الكمونات التنبهية والتثبيطية **عتبة توليد كمون العمل**، وعلى عكس ذلك يبقى العصبون في **حالة راحة**.
  - ~ إذا كانت **(PPSE + PPSI)** **تبلغ أو تفوق** عتبة توليد كمون العمل، **يتولد كمون عمل وينتشر**.
  - ~ وإذا كانت **(PPSE + PPSI)** **أقل** من عتبة توليد كمون العمل، **لا يتولد كمون عمل**.

**ملاحظة:** يتمثل تأثير العصبونات قبل مشبكية على العصبون المحرك بعد مشبكي في:

- \* العصبونات E، E1 و E2 **عصبونات مُنبهة** للعصبون المحرك بعد مشبكي.
- \* العصبون I **عصبون مُثبّط** للعصبون المحرك بعد مشبكي.

## الخلاصة:

- يمكن أن يُترجم تأثير المبلغ العصبي على الغشاء بعد مشبكي  $\text{Ca}^{2+}$ :
    - زوال إستقطاب الغشاء بعد مشبكي الذي يتسبب في ظهور كمون بعد مشبكي تنبيهية (PPSE)، مشبك تنبيهية.
    - فرط في إستقطاب الغشاء بعد مشبكي الذي يتسبب في ظهور كمون بعد مشبكي تثبيطي (PPSI)، مشبك تثبيطي.
  - مستقبلات قنوية التي تُنشط بالـ GABA لها وظيفة تثبيطية.
  - يسمح إنفتاح هذه المستقبلات القنوية بدخول  $\text{Cl}^-$  للخلية بعد مشبكية مُحدثة فرطاً في إستقطاب الغشاء.
- آلية إدماج المعلومة العصبية على مستوى العصبون بعد المشبكي:
- يُدمج العصبون بعد مشبكي مختلف الكمونات بعد مشبكية وذلك بعملية تجميع يكون:
    - إما تجميع فضائي، إذا كانت الكمونات قبل مشبكية مصدرها مجموعة من النهايات العصبية والتي تصل في الوقت نفسه بمشبك العصبون بعد المشبكي.
    - إما تجميع زمني، إذا وصلت مجموعة من كمونات العمل المتقاربة من نفس الليف قبل مشبكي.
  - نتحصّل على زوال إستقطاب الغشاء بعد مشبكي بمعنى تولّد كمون عمل في العنصر بعد مشبكي، إذا بلغ مجمل الكمونات التنبهية والتثبيطية عتبة توليد كمون العمل، وعلى عكس ذلك يبقى العصبون في حالة راحة.

## التقويم:

1. اشرح في نص علمي آلية إنتقال الرسالة العصبية على مستوى المشابك المختلفة، مُبرِّزاً دور البروتينات في ذلك.
2. أنجز رسماً تخطيطياً تفسيريًا يوضِّح آلية عمل المشبك التثبيطي والمشبك التثبيطي.
3. أنجز مخططاً تفسيريًا يوضِّح آلية عمل المشبك التثبيطي والمشبك التثبيطي.
4. أنجز رسماً تخطيطياً تحصيلياً للمنعكس العضلي على المستوى الجزئي والشاردي.

### I. النصب العلمي:

تنتقل الرسالة العصبية على مستوى المشابك المختلفة بآليات محددة، حيث تلعب البروتينات دورًا أساسيًا فيها، فما هي آلية إنتقال الرسالة العصبية على مستوى المشابك المختلفة؟ وما هو دور البروتينات في ذلك؟  
يتسبب وصول كمون العمل (موجة زوال الإسقطاب) إلى النهاية العصبية قبل مشبكية في إنفتاح قنوات  $Ca^{2+}$  المرتبطة بالفولتية التي تسمح بدخول شوارد الكالسيوم  $Ca^{2+}$  إلى هيولى الخلية قبل مشبكية، لتُحفز هجرة الحويصلات المشبكية نحو الغشاء قبل المشبكي والإلتحام معه ليتم تحرير المبلغ العصبي عن طريق الإطراح الخلوي في الشق المشبكي.

#### • في المشابك التثبيطية:

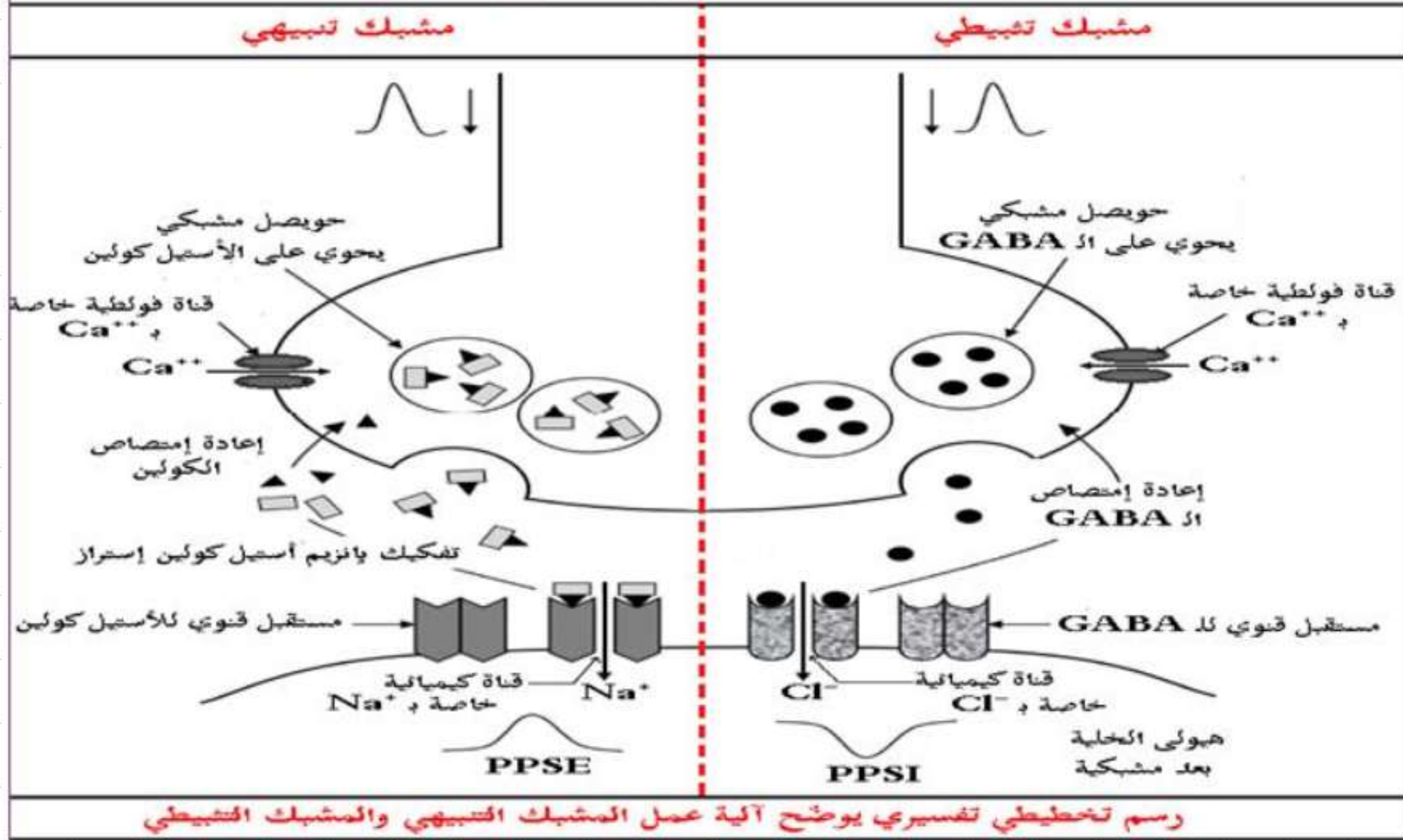
يُحرر المبلغ العصبي الأستيل كولين في الشق المشبكي ثم يثبت على المستقبلات القنوية الخاصة به في الغشاء بعد مشبكي، فتتفتح القنوات الأيونية كيميائياً (قنوات  $Na^+$  المرتبطة بالكيمياء) التي تسمح بتدفق شوارد الصوديوم  $Na^+$  من الشق المشبكي إلى هيولى الخلية بعد مشبكية وفق تدرج التركيز مُتسببة في توليد كمون بعد مشبكي تثبيطي (PPSE) الذي تتوقف سعته على عدد القنوات الأيونية الكيميائية المفتوحة خلال زمن معين، فإذا بلغت (أو فاقت) سعة PPSE عتبة توليد كمون العمل يتولد كمون عمل في الخلية بعد مشبكية، يفقد بعدها المبلغ العصبي الأستيل كولين فعاليته نتيجة الإماهة الإنزيمية بواسطة إنزيم أستيل كولين إستراز إلى حمض الأستيك وقاعدة الكولين التي يُعاد إمتصاصها من طرف الخلية قبل مشبكية.

#### • في المشابك التثبيطية:

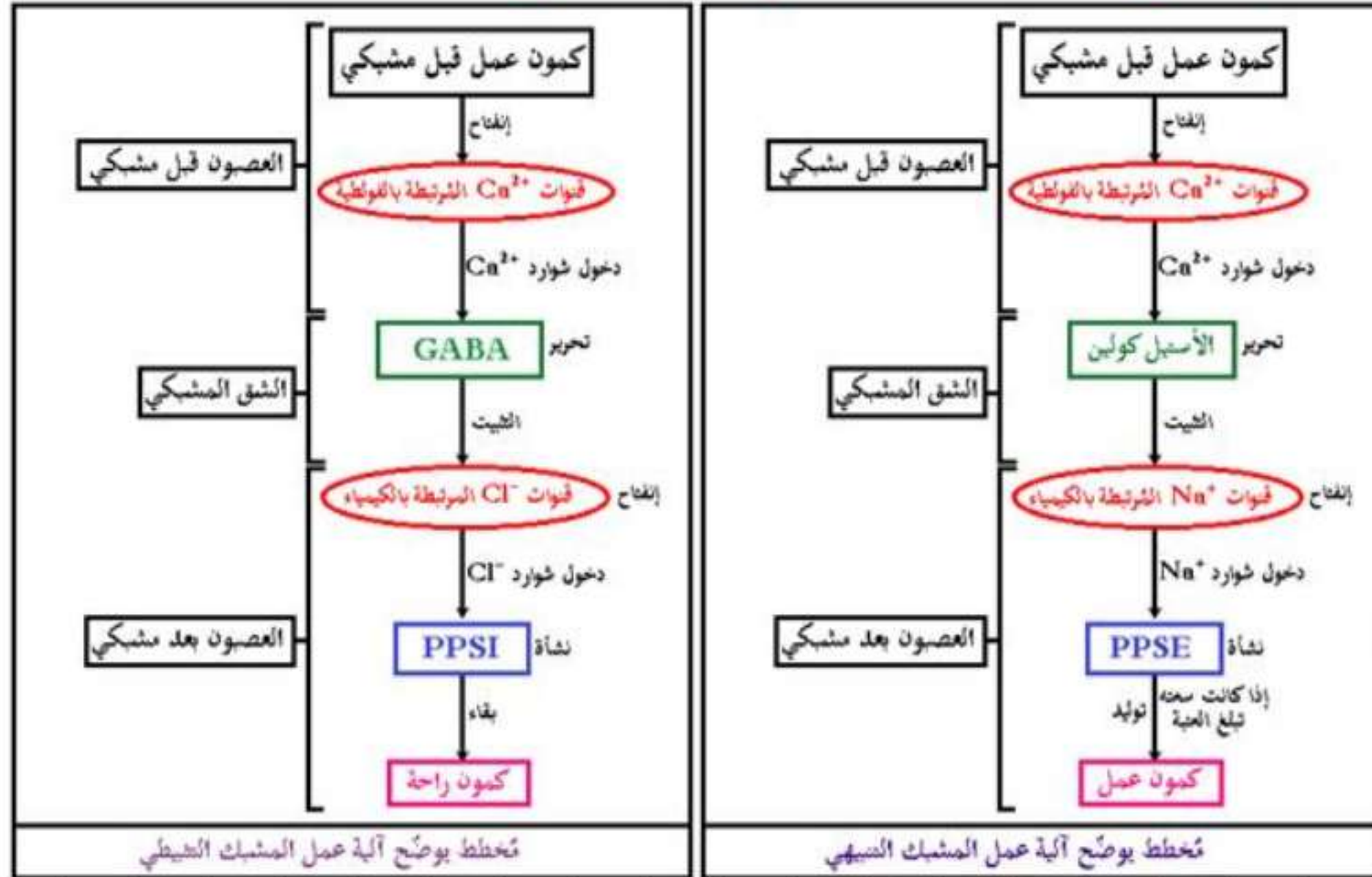
يُحرر المبلغ العصبي الـ GABA في الشق المشبكي ثم يثبت على المستقبلات القنوية الخاصة به في الغشاء بعد مشبكي، فتتفتح القنوات الأيونية كيميائياً (قنوات  $Cl^-$  المرتبطة بالكيمياء) التي تسمح بتدفق شوارد الكلور  $Cl^-$  من الشق المشبكي إلى هيولى الخلية بعد مشبكية وفق تدرج التركيز مُتسببة في توليد كمون بعد مشبكي تثبيطي (PPSI) لا يسمح بتوليد كمون عمل فتبقى الخلية بعد مشبكية في حالة راحة، يُعاد إمتصاص المبلغ العصبي الـ GABA مُباشرة من طرف الخلية قبل مشبكية.

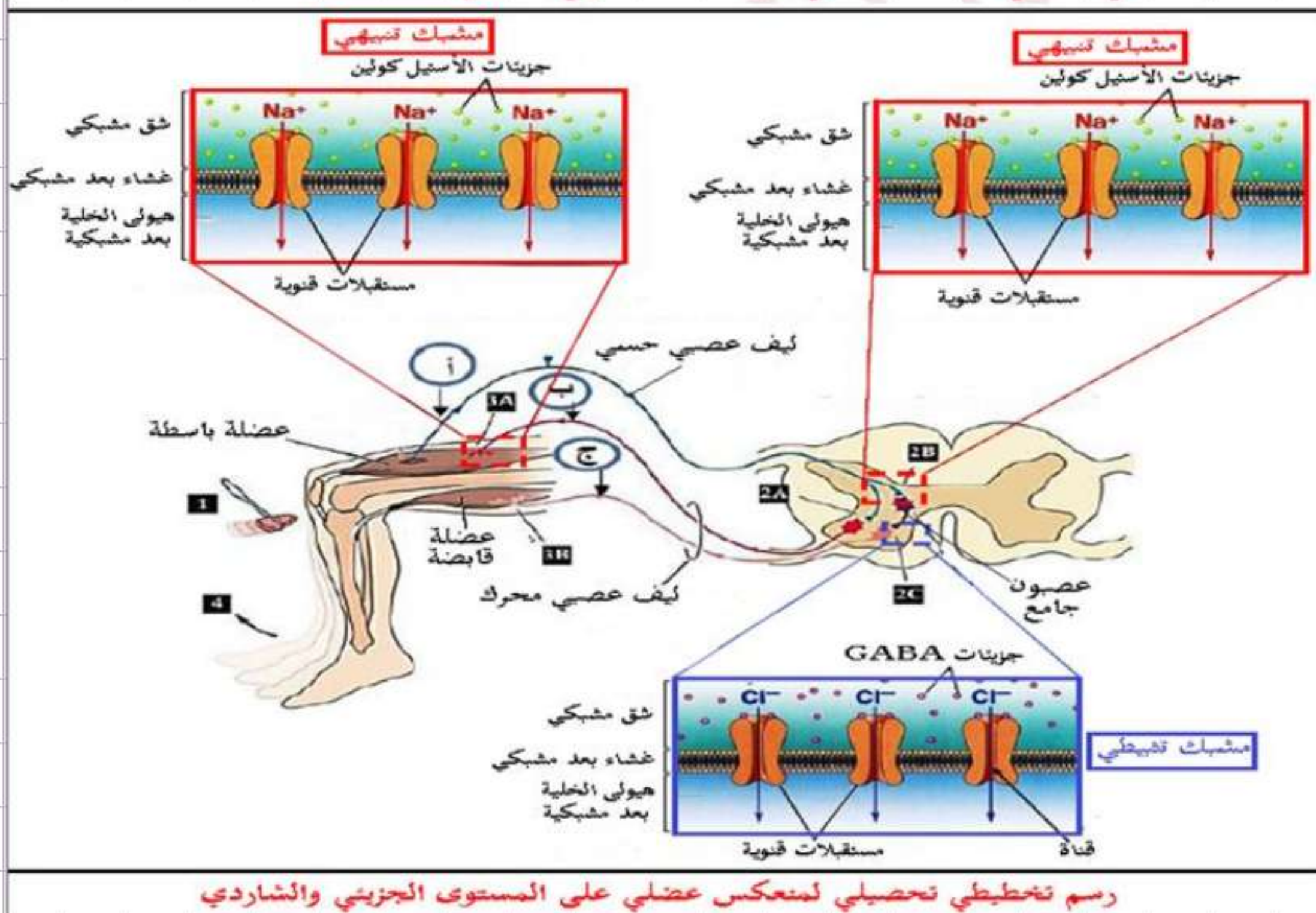
تؤمن المبلغات العصبية إنتقال الرسالة العصبية على مستوى المشابك التثبيطية، أما على مستوى المشابك التثبيطية فلا تسمح بإنتقال الرسالة العصبية.

## 2. إنجاز رسم تخطيطي تفسيري يوضح آلية عمل المشبك التنبيهي والمشبك التثبيطي:



### 3. إنجاز مخطط تفسيري يوضح آلية عمل المشبك التثبيطي والمشبك التثبيطي:



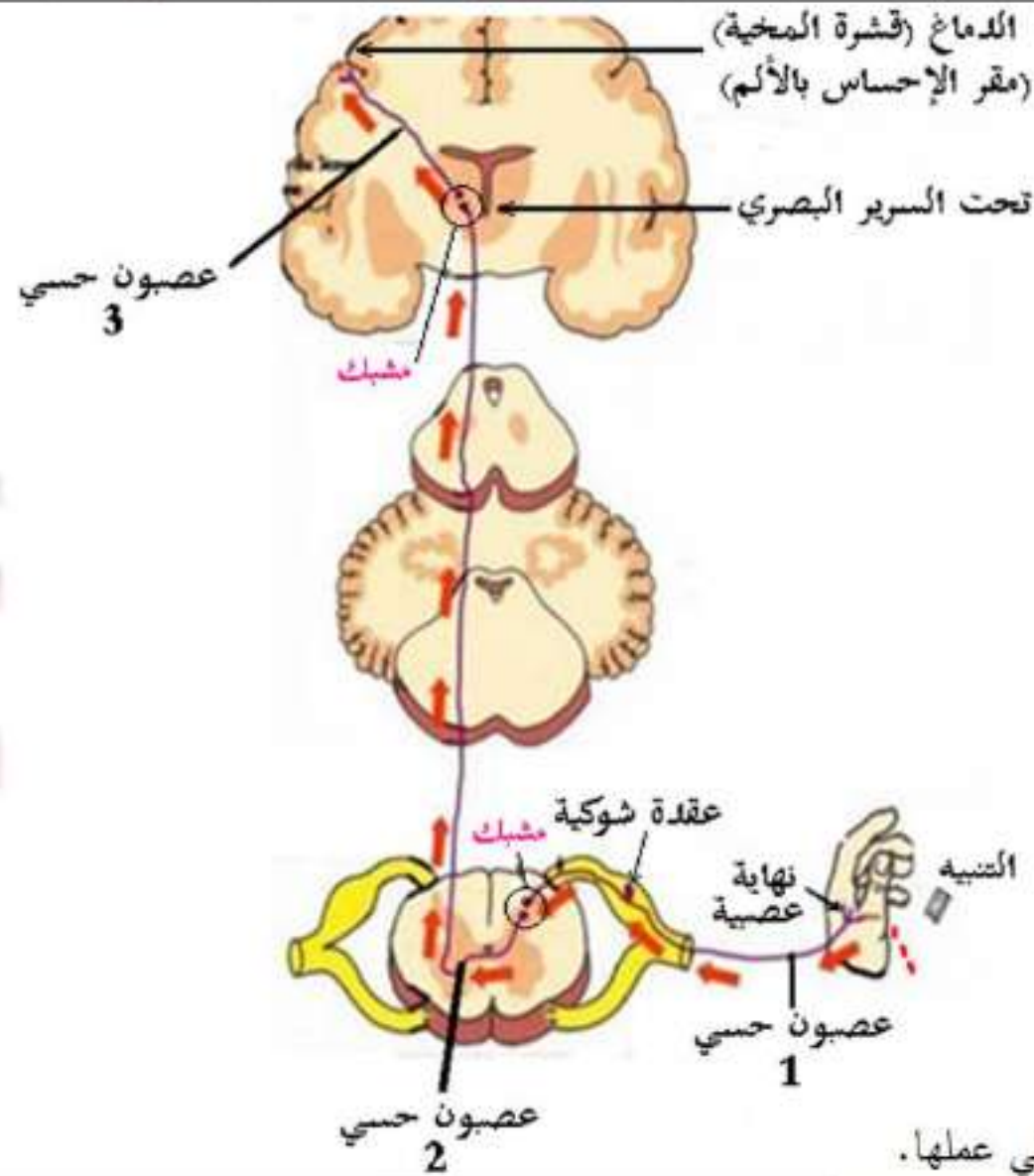


رسم تخطيطي تحصيلي لمنعكس عضلي على المستوى الجزئي والشاردي

## 5- تأثير المخدرات

وضعية الإنطلاق: (التذكير بالمكتسبات)

تتدخل المراكز العصبية (القشرة المخية) في مختلف الإحساسات التي نشعر بها (مثل: التغير في درجة الحرارة، اللمس، الألم،...) حيث تلعب المشابك دورًا هامًا في إيصال هذه الإحساسات. تمثل الوثيقة (1) الطريق العصبي المسؤول عن نقل الإحساس بالألم.



الوثيقة (1)

إلا أن جزيئات كيميائية خارجية مثل **المخدرات** تتدخل في مستوى هذه المشابك لتحدث خللاً في عملها.

**المشكلة:** كيف تؤثر المخدرات في مستوى المشابك؟

## 1. آلية تأثير المورفين على عمل المشبك:

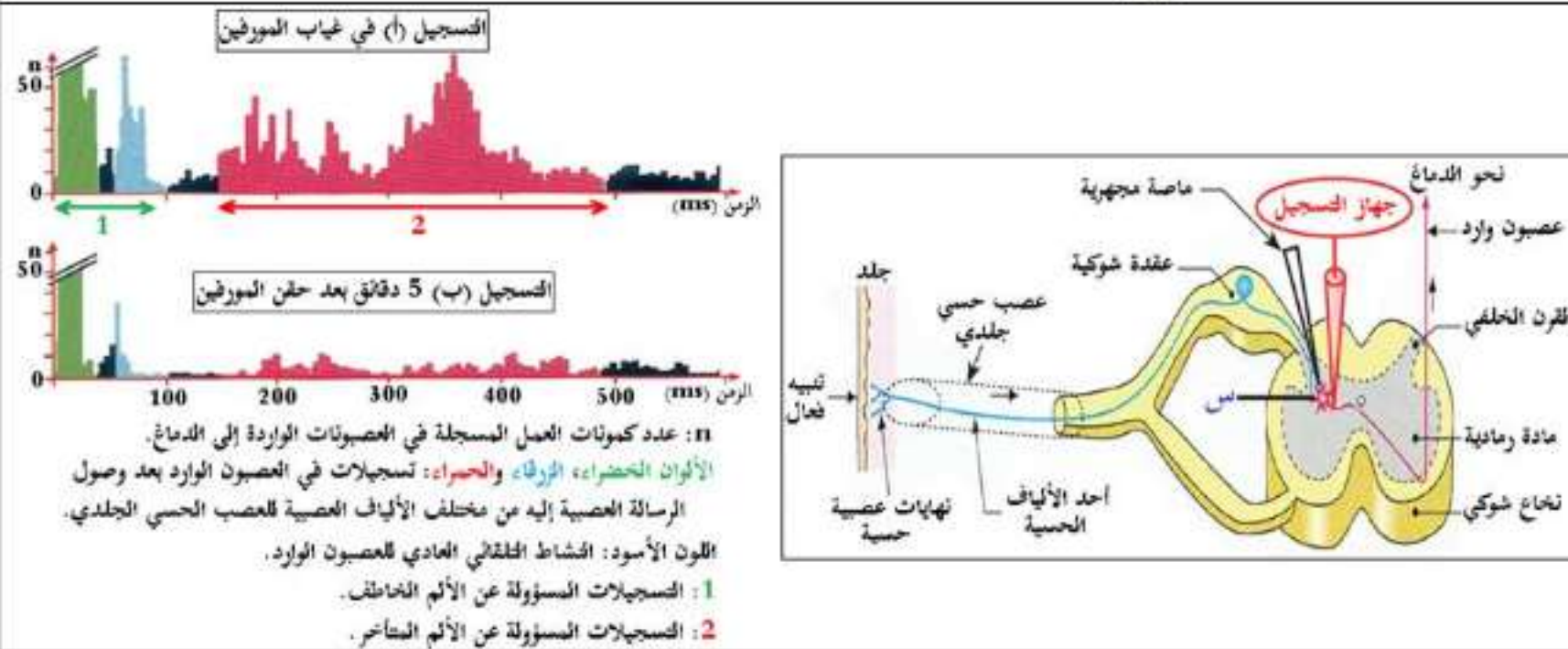
لإستخراج تأثير المورفين على عمل المشبك وآلية تأثيره، تُقترح عليك الدراسات التالية:

تمثل الوثيقة (2) رسمًا تخطيطيًا للتركيب التجريبي الذي يسمح بدراسة العناصر المتدخلة في الإحساس بالألم إلى جانب

نتائج تجريبية متحصل عليها على مستوى العصبون الوارد إلى الدماغ، بحيث:

• التسجيل (أ): تم الحصول عليه بعد تنبيه قوي في الجلد أدى إلى إحساس بألم خاطف متبوع بألم متأخر ولفترة أطول.

• التسجيل (ب): تم الحصول عليه بعد نفس التنبيه السابق لكن بعد حقن مادة المورفين في المنطقة (س).

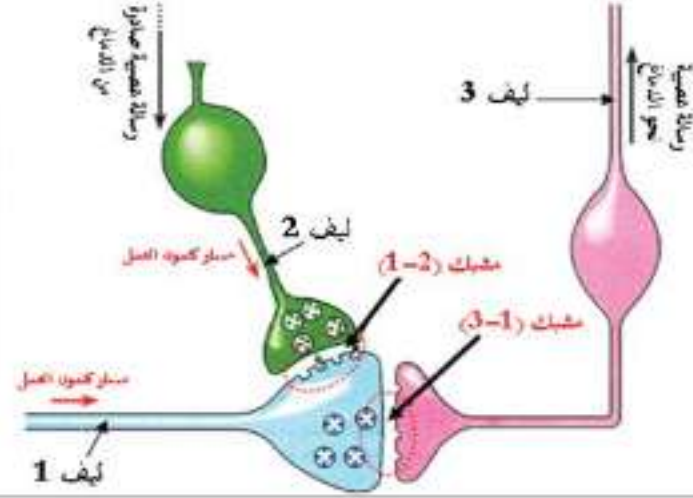


## الوثيقة (2)



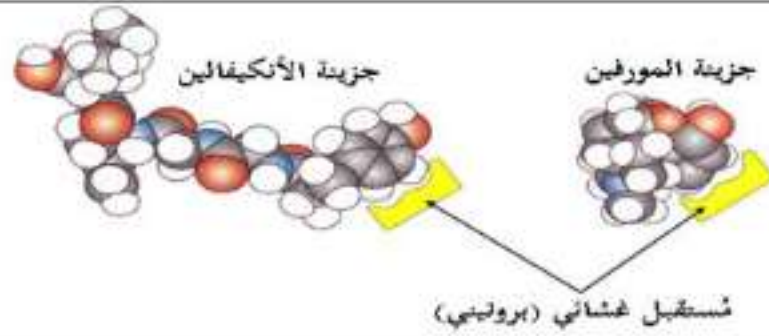
تمثل الوثيقة (3) رسماً تخطيطياً للبنيات المتواجدة على مستوى المنطقة (س) من الوثيقة (2) إلى جانب نتائج تجريبية لتنبهات أجريت على مختلف الألياف العصبية.

النتيجة	التحليل الكيميائي في مستوى المشبك	التنبه	المجربة
الإحساس بالألم	ارتفاع تركيز المادة P في الشق المشبكي للمشبك (3-1)	تنبيه كهربائي في ليف 1	1
عدم الإحساس بالألم	ارتفاع تركيز الأنكيفالين في الشق المشبكي للمشبك (1-2) وانخفاض تركيز المادة P في الشق المشبكي للمشبك (3-1)	تنبيه كهربائي في ليف 2 وفي ليف 1	2
عدم الإحساس بالألم	انخفاض تركيز المادة P في الشق المشبكي للمشبك (3-1)	حقن البورفين في الشق المشبكي للمشبك (1-2) + تنبيه كهربائي في ليف 1	3



الوثيقة (3)

سمحت نتائج تجريبية تم فيها حقن حيوانات مخبرية بالمورفين المشع ثم إنجاز مقاطع عرضية على مستوى النخاع الشوكي وتعامل بتقنية التصوير الإشعاعي الذاتي حيث شدة اللون تدل على شدة تركز الإشعاع من الحصول على الشكل (أ) من الوثيقة (4)، بينما الشكل (ب) من نفس الوثيقة فيمثل صور تركيبية للشكل الفراغي لكل من جزيئة المورفين وجزيئة الأنكيفالين وطريقة إرتباطهما على مستوى الغشاء بعد مشبكي في المشبك (1-2).



الشكل (ب)



الشكل (أ)

الوثيقة (4)

**التعليمات:**

1. إقترح فرضية حول آلية تأثير المورفين وذلك بإستغلالك للوثيقة (2).
2. بين آلية تأثير المورفين مُصادقًا على صحة الفرضية المقترحة وذلك بإستغلالك للوثقتين (3) و(4).

## الإحابة:

### 1. إقتراح فرضية حول آلية تأثير المورفين:

إستغلال الوثيقة (2): تمثل الوثيقة (2) رسم تخطيطي للتركيب التجريبي الذي يسمح بدراسة العناصر المتدخلة في

الإحساس بالألم إلى جانب نتائج تجريبية متحصل عليها على مستوى العصبون الوارد إلى الدماغ، حيث نلاحظ:

- التسجيل (أ) في غياب المورفين: زيادة عدد كمونات العمل المسجلة في العصبونات الواردة إلى الدماغ والخاصة بالإحساس بالألم الخاطف (بالأخضر) والألم المتأخر (بالأحمر) كما يتزايد النشاط التلقائي العادي للعصبون الوارد.
- التسجيل (ب) بعد حقن المورفين في المنطقة (س): تناقص عدد الكمونات العمل المسجلة في العصبونات الواردة إلى الدماغ والخاصة بالإحساس بالألم الخاطف والألم المتأخر كما يتناقص النشاط التلقائي العادي للعصبون الوارد.

الإستنتاج: المورفين يمنع حدوث الإحساس بالألم فهو يعمل على إلغاء كمونات العمل الصادرة من مكان الألم والواردة إلى الدماغ. ومنه:

- الفرضية المقترحة هي: أن المورفين يُثبّط (يمنع) تحرير المبلغ العصبي في الشق المشبكي للمشبك المسؤول عن نقل الرسالة العصبية الحسية المسؤولة عن الألم إلى الدماغ.