العدد 05

دور البروتينات في الاتصال العصبي

معلومات شاملة، دقيقة، سهلة الفهم والحفظ
رسومات تخطيطية نموذجية للامتحان بخط اليد

علوم الطبيعة والحياة

مجلة المجتهد

إعداد الأستاذ: بن خريف مصطفى
ثانوية الرائد بعرير محمد العربي بعين الملح - المسيلة

مراجعة الأستاذ: بوالريش أحمد
ثانوية: متقن القل - سكيكدة

التحضير الجيد للبكالوريا

دور البروتينات في الاتصال العصبي

مقدمة

تؤدي البروتينات دورا آخر في العضوية لا يقل أهمية عن النشاط الانزيمي والدفاع عن الذات. يتمثل هذا الدور في الاتصال العصبي ويتلخص في:

- الحفاظ على استقطاب العصبون: كمون الراحة.
- تنبُّه العصبون: كمون العمل.
- مرور كمون العمل بين العصبونات: النقل المشبكي.
- تجميع الكمونات بعد مشبكية: الادماج العصبي.

مخطط الوحدة

01 مراجعة
02 الظواهر الكهربائية للعصبون
03 المنعكس العضلي
04 كمون الراحة
05 كمون العمل
06 النقل المشبكي
07 الإدماج العصبي
08 المخدرات

دور البروتينات في الاتصال العصبي

1- مراجعة

1- العصبون

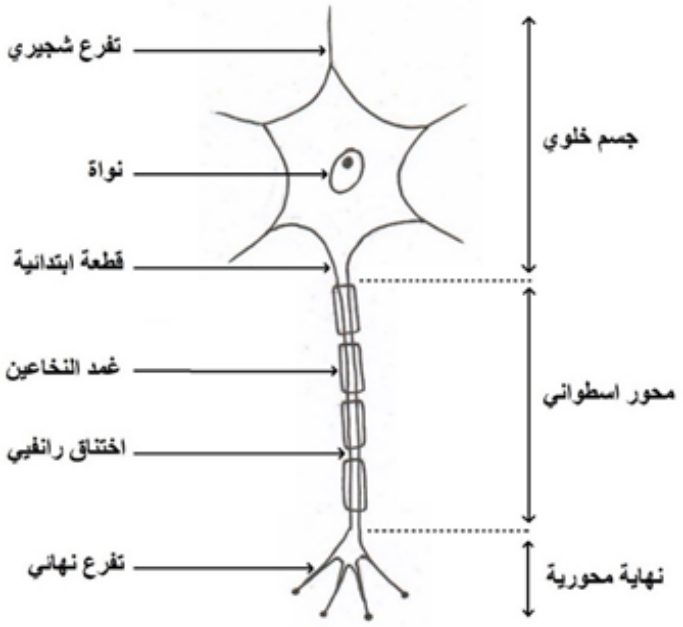
العصبون (الخلية العصبية) هو الوحدة البنائية والوظيفية للجهاز العصبي.

يتكون من جسم خلوي يحتوي نواة، تمتد منه استطالات هيولية قصيرة تسمى تفرعات شجيرية، وتفرع واحد طويل يسمى المحور الأسطواني. ينتهي المحور بتفرعات نهائية.

الليف العصبي: نسمي ليفا عصبيا كلا من المحور الأسطواني للعصبونات الحركية، والمحور والاستطالة الهيولية للعصبونات الحسية التي يتمركز جسمها الخلوي في العقدة الشوكية.

معلومات:

- يختلف طول الليف العصبي من عصبون لآخر، وقد يصل إلى واحد متر.
- العصبون لا يتجدد لأنه لا يحتوي على جسيم مركزي، العضية المسؤولة عن الانقسام.
- عندما يموت العصبون (في المركز العصبي) يعوض باستطالات هيولية لعصبونات أخرى تشكل مشابك.

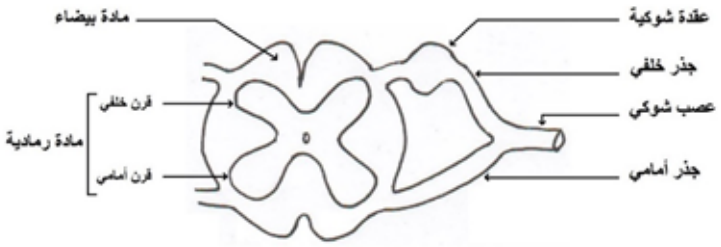


بنية العصبون

2- النخاع الشوكي: مركز عصبي مسؤول عن الأفعال اللاإرادية (الانعكاسية).يتكون من مادة رمادية مركزية على شكل حرف H ومادة بيضاء محيطية.

ملاحظة: تتركب المادة البيضاء من الألياف العصبية، ويعود اللون الأبيض إلى غمد النخاعين.

تتركب المادة الرمادية من الأجسام الخلوية التي تكسبها اللون الرمادي لاحتوائها على الأنوية.



بنية النخاع الشوكي

2- الظواهر الكهربائية للعصبون

1-مفهوم الكمون والتيار

قاعدة في الكهرباء: ينتج الكمون عن وجود شحنات ساكنة في المحلول، وينتج تيار عند انتقالها عبر ناقل.

1. الكمون (التوتر) الكهربائي

في الليف العصبي: الشحنات هي الشوارد K^+، Na^+، وCl^-، المحلول هو الهيولى والسائل خارج خلوي، العازل هو الغشاء الهيولي، الناقل هو القنوات.

- وجود شوارد (شحنات) داخل الليف ينتج عنه كمون (كثافة الشحنات) معين. ووجود شوارد خارج الليف (شحنات) ينتج عنه كمون لا يساوي الأول. نحسب الفرق بين الكمون الأول والثاني نجده يساوي 70- ميلي فولط، يسمى بكمون الراحة.

معلومة: كمون الراحة سالب لأنه يتفق على حسابه من الداخل إلى الخارج (كمون داخلي ننقص منه كمون خارجي). لو نحسب العكس، من الخارج إلى الداخل سيكون موجبا 70+ ميلي فولط.

- **جهاز قياس فرق الكمون:** راسم الاهتزاز (الذبذبات) المهبطي (أوسيلوسكوب).

- **وحدة قياس فرق الكمون:** الفولط ويقدر في الليف العصبي بالميلي فولط.

2. التيار الكهربائي: ينتج التيار الكهربائي عن انتقال شحنات عبر ناقل. عندما نربط قطبي بطارية الموجب والسالب بسلك ناقل، تنتقل فيه إلكترونات (شحنات سالبة) ويتولد فيه تيار كهربائي.

- **في الليف العصبي:** يتولد التيار الكهربائي عن انتقال الشوارد Na^+ وK^+ و Cl^- عبر قنوات أيونية تعتبر السلك الناقل للتيار.

- **جهاز قياس التيار الكهربائي:** أمبير متر حساس جدا للتيار الكهربائي متصل بماصة مجهرية (تقنية باتش كلامب).

- **وحدة قياس التيار الكهربائي:** الأمبير ويقدر في الليف العصبي بالبيكو أمبير.

2- تقنيات الدراسة

1- جهاز راسم الذبذبات المهبطي

- **مبدأ العمل:** تمر حزمة من الالكترونات عبر صفيحتين أفقيتين متصلتين بمسريي استقبال وتسقط على شاشة مفلورة. تأخذ الصفيحتين الأفقيتين شحنة المسريين وتحدد اتجاه انحراف الالكترونات مسجلة منحنى على الشاشة.

- **استعمال:** قياس فرق الكمون بين نقطتين وعرضه على شكل منحنيات.

2- فرض الكمون

مبدأ: نرسل تيارا كهربائيا ذو كمون معين يلغي أو يغير الكمون الطبيعي (70- ميلي فولط)، وينتج كمون جديد اصطناعي يسمى الكمون المفروض (0 ميلي فولط، 20- ميلي فولط...).

استعمال: فتح القنوات الفولطية لمدة قصيرة تقدر بالميلي ثانية ودراسة التيارات الكهربائية الناتجة فيها.

3- باتش كلامب

مبدأ: نعزل قناة أو عدة قنوات غشائية لليف عصبي بواسطة ماصة مجهرية متصلة بجهاز حساس للتيارات الكهربائية، ونسجل التيارات الداخلية والخارجية فيها.

استعمال: قياس التيارات الكهربائية الداخلية والخارجية على مستوى قناة أو عدة قنوات في غشاء الليف.

3- المنعكس العضلي

1- تعريف: هو تقلص العضلة استجابة لتمددها، أي عند سحب العضلة (تنبيهها) فإنها تتقلص لا إراديا.

أمثلة عن المنعكسات: منعكس وضعية الجسم (وقوف، جلوس، استلقاء، قفز...)، منعكس رضفي، منعكس أخيلي، منعكس الشد، منعكس السحب...

2- أهمية: عودة العضلة لطولها الطبيعي ومنع تمددها لدرجة كبيرة تؤدي لتضررها.

3- بنيات تشريحية

يتدخل في المنعكس العضلي خمسة (05) بنيات تشريحية:

مغزل عصبي: مستقبل حسي، يتواجد في العضلة، يتركب من ارتباط تفرعات شجيرية لعصبون حسي مع ألياف عضلية خاصة. يستقبل التنبيه لأنه يتمدد مع العضلة ويولد سيالة عصبية حسية.

معلومة: طول المغزل العصبي حوالي واحد سنتيمتر.

عصبون حسي: ناقل حسي، ينقل الرسالة العصبية الحسية.

نخاع شوكي: مركز عصبي، يستقبل السيالة الحسية الواردة ويدمجها ويرسل سيالة حركية.

عصبون حركي: ناقل حركي، ينقل السيالة الحركية.

لوحة محركة: منفذ حركي، تتركب من ارتباط تفرعات نهائية لعصبون محرك بألياف عضلية.

4- اتجاه السيالة العصبية خلال المنعكس العضلي

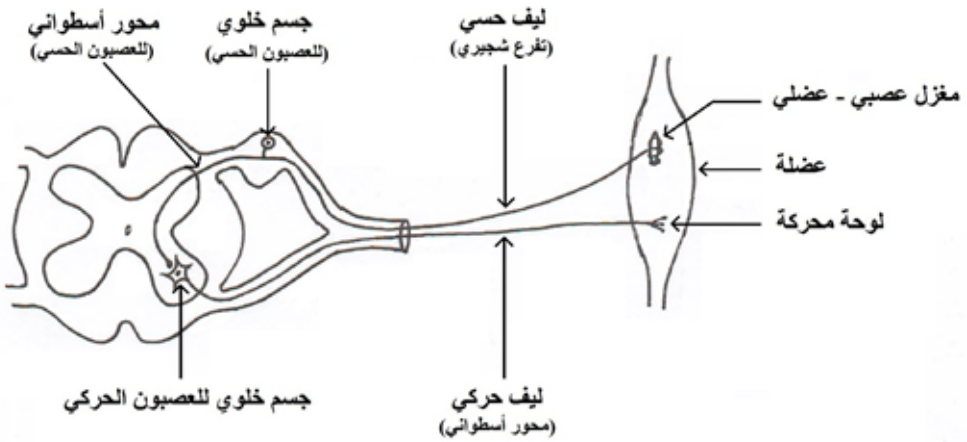
السيالة العصبية الحسية: تنتقل في الاتجاه الجابذ، من المحيط إلى المركز.

السيالة العصبية الحركية: تنتقل في الاتجاه النابذ، من المركز إلى المحيط.

5- التنسيق بين العضلات المتضادة

العضلات المتضادة، القابضة والباسطة، تعمل بالتعاكس بحيث، تقلص الأولى يؤدي إلى ارتخاء الثانية والعكس كذلك. يتم هذا التنسيق بفضل عصبون جامع مثبط في مستوى المركز العصبي.

ملاحظة: تقوم العضلة بدور مزدوج يتمثل في استقبال التنبيه وتنفيذ الرسالة الحركية بالتقلص، وذلك لاحتوائها على المغزل العصبي واللوحة المحركة في نفس الوقت.



البنيات المتدخلة في المنعكس العضلي

4- كمون الراحة

1- تعريف: كمون الراحة هو الفرق في الكمون بين داخل الليف وخارجه في حالة الراحة، يقدر بـ 70- ميلي فولط.

2- القياس: نستعمل جهاز راسم الاهتزاز المهبطي حيث نضع في نفس الموضع أحد المسريين على السطح الخارجي للغشاء والمسرى الثاني على السطح الداخلي، فيسجل الجهاز على الشاشة فرق ثابت في الكمون يقدر بـ 70- ميلي فولط.

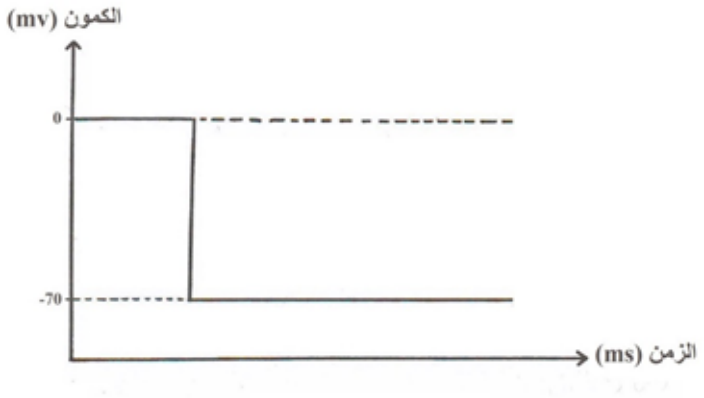
ملاحظة

السطح الخارجي لليف أكثر كهروجابية (+)، تنتج أساسا عن شوارد الصوديوم Na^+.

السطح الداخلي لليف أكثر كهروسلبية (-)، تنتج أساسا عن الوظائف الكربوكسيلية المتأينة COO^- للبروتينات.

الإشارة (-) لكمون الراحة (- 70) تعني: داخل الليف أكثر كهروسليبة من خارج الليف.

معلومة: الخلايا الوحيدة في العضوية التي تتميز بكمون راحة كبير هي: الخلايا العصبية والخلايا العضلية فقط، وهذا ما يسمح لهما بنقل السيالة العصبية.



منحنى كمون الراحة

3- المدة: مدة كمون الراحة طويلة ما لم نحدث تنبيها (10 أضعاف مدة كمون العمل).

معلومة: أثناء الراحة، نسجل في الليف العضلي كمونات عمل متباعدة مصدرها المراكز العصبية، مسببة ما يسمى النشاط التلقائي للعصبون المسؤول عن المقوية العضلية.

4- المصدر: مصدر كمون الراحة هو ثبات التوزع غير المتساوي لتركيز شوارد الصوديوم والبوتاسيوم على جانبي الغشاء، حيث تركيز شوارد الصوديوم كبير خارج الليف وصغير داخله، والعكس بالنسبة لشوارد البوتاسيوم.

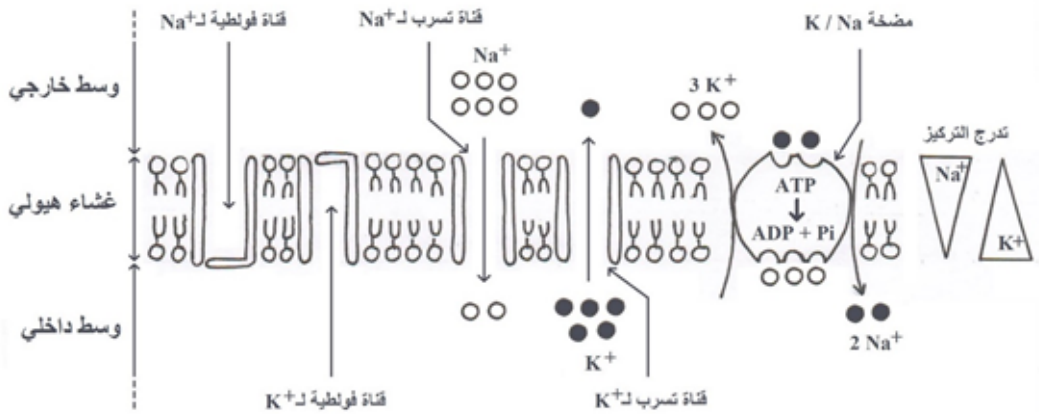
ملاحظة: ينتج كمون الراحة أساسا عن فارق تركيز البوتاسيوم على جابي الغشاء، لذلك يسمى كمون الراحة بكمون البوتاسيوم.

5- التفسير: يحافظ على ثبات كمون الراحة ثلاثة (03) أنواع من البروتينات الغشائية تتمثل في:

- قنوات تسرب شوارد Na^+: تدخل عبرها شوارد الصوديوم حسب تدرج التركيز.

- قنوات تسرب شوارد K^+: تخرج عبرها شوارد البوتاسيوم حسب تدرج التركيز.

- مضخة الصوديوم والبوتاسيوم: تقوم بنقل مزدوج لشوارد Na^+ وK^+ عكس تدرج التركيز وتستهلك طاقة على شكل ATP حيث تخرج ثلاث شوارد Na^+ وتدخل شاردتين K^+ في نفس الوقت.



دور البروتينات الغشائية في ثبات كمون الراحة

6- الأهمية: يسمح كمون الراحة بتوليد كمون عمل عند إحداث تنبيه وانفتاح القنوات الفولطية. وبالتالي قدرة الليف على نقل السيالة العصبية.

5- كمون العمل

1- تعريف

تغير مؤقت وموضعي للحالة الكهربائية لغشاء الليف العصبي، حيث يزول الاستقطاب ثم يعود للحالة الطبيعية.

2- المصدر

مصدر كمون العمل هو تغير مؤقت وموضعي لتركيز شوارد الصوديوم والبوتاسيوم على جانبي غشاء الليف نتيجة وصول موجة زوال الاستقطاب وانفتاح القنوات الفولطية لهذه الشوارد.

يتميز الليف العصبي بخاصيتين تسمح بتوليد كمون عمل فيه:

الاستقطاب: كمون الراحة الناتج عن قنوات التسرب والمضخة.

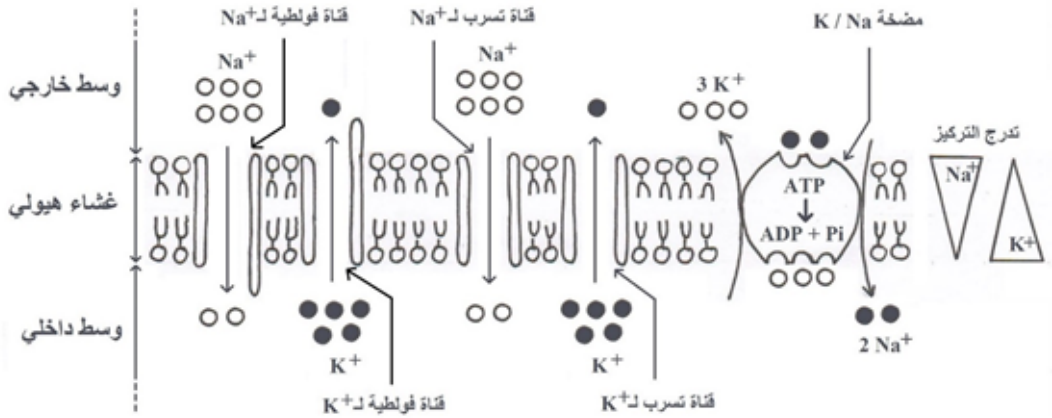
القنوات الفولطية: يحتوي الليف قنوات متعلقة بالفولطية خاصة بشوارد الصوديوم والبوتاسيوم.

القنوات الفولطية

تسمى بقنوات فولطية، لأنه يتحكم في فتحها وغلقها قيمة فرق الكمون.

قنوات فولطية لـ Na^+: تنفتح عند فرق كمون يساوي 50- ميلي فولط والذي يمثل عتبة توليد كمون عمل، وتنغلق عند فرق كمون يساوي 30+ ميلي فولط.

قنوات فولطية لـ K^+: تنفتح عند فرق كمون يساوي 30+ ميلي فولط (بداية عودة الاستقطاب)، وتنغلق عند فرق كمون قدره 80- ميلي فولط (قيمة فرط الاستقطاب).



البروتينات الغشائية المتدخلة في تولد كمون العمل

3- منحنى كمون العمل

يسجل جهاز راسم الاهتزاز المهبطي كمون العمل على شكل منحنى يتضمن أربعة (4) مراحل: زوال استقطاب، عودة استقطاب، فرط ثم عودة الاستقطاب.

معلومة: بعد مرور كمون العمل، يعود غشاء الليف إلى حالة الراحة في أقل من جزء من الألف من الثانية.

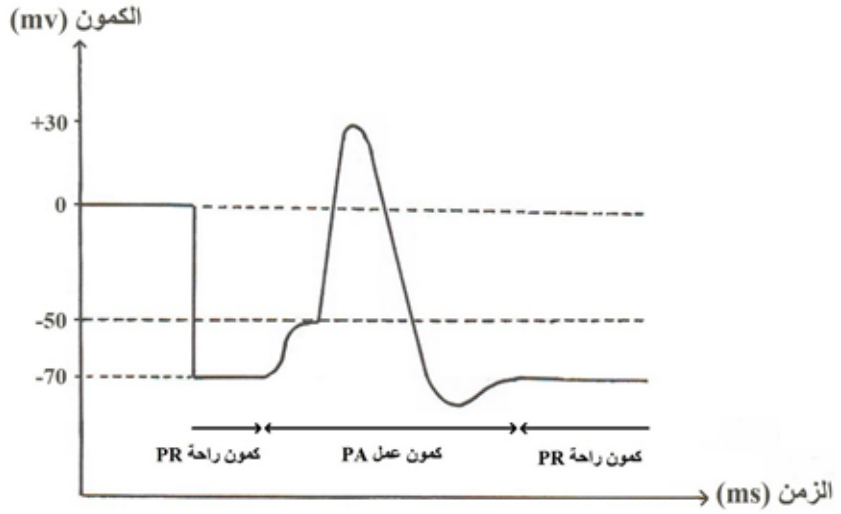
1- تفسير منحنى كمون العمل

زوال الاستقطاب: ينتج عن انفتاح القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم ودخول كمية منها حسب تدرج التركيز، يصل فرق الكمون إلى 30 + ميلي فولط.

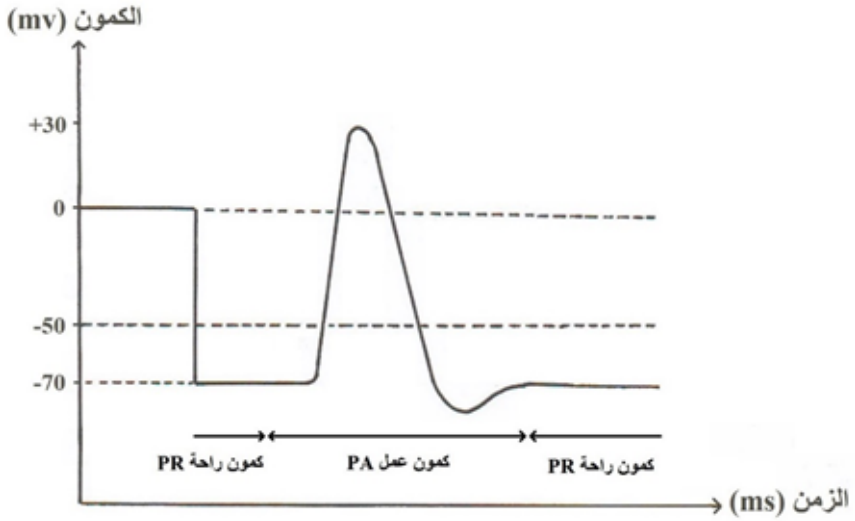
عودة الاستقطاب: تنغلق قنوات الصوديوم وتنفتح بعدها مباشرة القنوات الفولطية لشوارد البوتاسيوم، فتخرج كمية منها ويعود الاستقطاب الطبيعي.

فرط الاستقطاب: ينتج عن تأخر انغلاق قنوات البوتاسيوم واستمرار خروجها. يقدر فرط الاستقطاب الناتج بـ 80 - ميلي فولط.

عودة الاستقطاب: تتدخل مضخة الصوديوم والبوتاسيوم وتزيد من سرعتها لترجع الفرق في تراكيز الشوارد إلى حالته الطبيعية، ويعود بذلك الاستقطاب الطبيعي (كمون الراحة).



منحنى كمون العمل
مسجل على مستوى القطعة الابتدائية



منحنى كمون العمل
مسجل على مستوى المحور الأسطواني

ملاحظات

التنبيه الفعال (المجدي): كل تنبيه يتولد عنه كمون أو عدة كمونات عمل.

عتبة التنبيه: فرق الكمون اللازم لفتح عدد من القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم كاف لتوليد كمون عمل. تختلف عتبة التنبيه من عصبون لآخر ولكنها ثابتة في نفس العصبون وتقدر بحوالي 55 - ميلي فولط.

2- سعة كمون العمل

سعة كمون العمل ثابتة في نفس الليف وتختلف من ليف عصبي لآخر، تقدر بـ 100 ميلي فولط (من 70- إلى 30+ ميلي فولط).

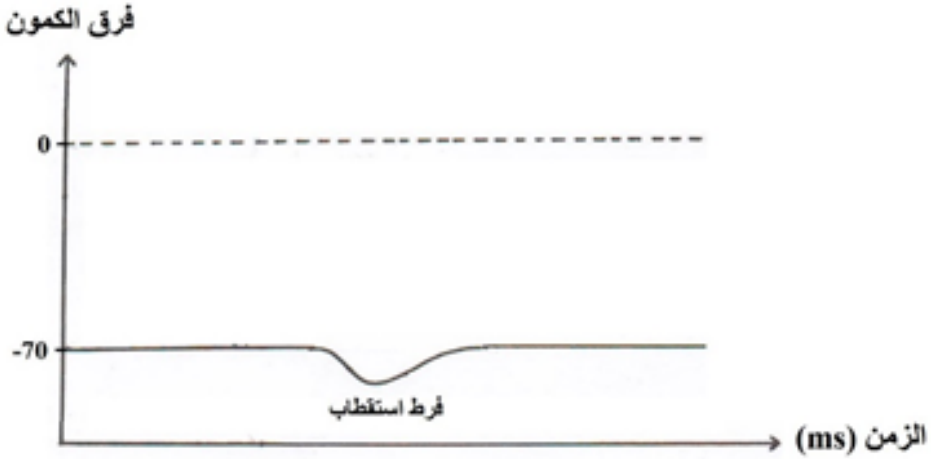
تجريبيا، تتغير هذه السعة في نفس الليف إذا غيرنا تركيز شوارد Na^+ أو K^+:

- تغيير تركيز شوارد الصوديوم ينتج عنه تغير القيمة 30+ لزوال الاستقطاب.

- تغيير تركيز شوارد البوتاسيوم، ينتج عنه تغير القيمة 80- لفرط الاستقطاب.

4- تثبيط القنوات الفولطية

تثبيط قنوات الصوديوم: عند تثبيط القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم بإضافة مادة كيميائية وإحداث تنبيه فعال، يتولد فرط في الاستقطاب ناتج عن انفتاح القنوات الفولطية لشوارد البوتاسيوم وخروج كمية منها حسب تدرج التركيز. وهذا يثبت أن شوارد الصوديوم مسؤولة على زوال الاستقطاب في كمون العمل.



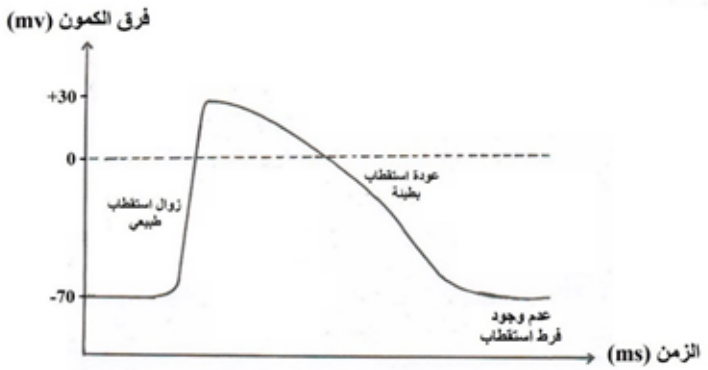
الكمون المسجل في حالة تثبيط القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم Na^+

تثبيط قنوات البوتاسيوم: عند تثبيط القنوات الفولطية لشوارد البوتاسيوم بإضافة مادة كيميائية وإحداث تنبيه فعال، يتولد كمون عمل مختلف يحتوي مرحلتين:

- زوال استقطاب طبيعي ناتج عن انفتاح القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم وخروج كمية منها.

- عودة بطيئة للاستقطاب وعدم وجود فرط في الاستقطاب.

وهذا يثبت أن شوارد البوتاسيوم مسؤولة عن عودة وفرط الاستقطاب في كمون العمل.



الكمون المسجل في حالة تثبيط القنوات الفولطية لشوارد البوتاسيوم K^+

5- التيارات الكهربائية

لقياس فرق الكمون استعملنا جهاز راسم الذبذبات المهبطي، وسجلنا أربع أنواع من الكمونات: كمون راحة (PR)، كمون عمل (PA)، كمون بعد مشبكي منبه (PPSE) أو مثبط (PPSI)، تقدر كلها بالميلي فولط (mv).

لقياس التيارات الكهربائية نستعمل تقنية باتش كلامب. التيارات الكهربائية المسجلة تقدر بالبيكوآمبير.

ملاحظة: دخول شوارد عبر قناة يسبب تسجيل تيار داخلي فيها، وخروج الشوارد يسبب تسجيل تيار خارجي.

دور البروتينات في الاتصال العصبي

1- التيارات الكهربائية أثناء كمون الراحة

على مستوى القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم والبوتاسيوم، لا نسجل أي تيارات كهربائية (0 بيكو آمبير).

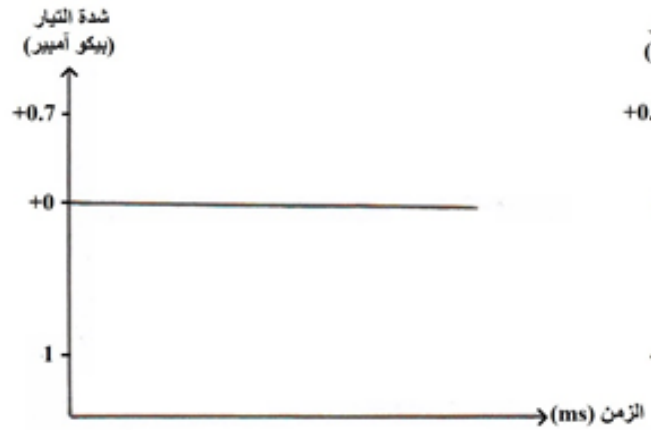
التفسير: لأن هذه القنوات تكون مغلقة في حالة الراحة (غياب التنبيه).

2- التيارات الكهربائية أثناء كمون العمل

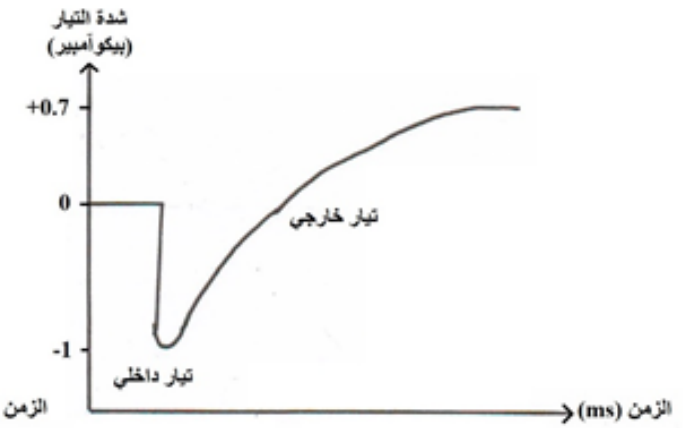
على مستوى القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم والبوتاسيوم، نسجل تيارا داخليا قدره 1- بيكو آمبير، يليه مباشرة تيارا خارجيا قدره 0.7+ بيكو آمبير.

التفسير: نفسر تسجيل التيار الداخلي أولا، بانفتاح القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم ودخول كمية من الشوارد.

نفسر تسجيل التيار الخارجي مباشرة بعد التيار الداخلي، بانغلاق القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم وانفتاح القنوات الفولطية للبوتاسيوم، وخروج كمية منها.



التيار المسجل أثناء كمون الراحة



التيارات المسجلة أثناء كمون العمل

3- التيارات الكهربائية عند تثبيط القنوات الفولطية

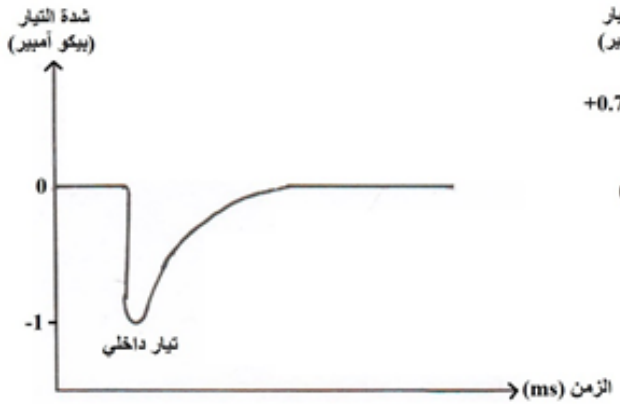
- عند تثبيط القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم، نسجل التيار الخارجي فقط.

- عند تثبيط القنوات الفولطية لشوارد البوتاسيوم، نسجل التيار الداخلي فقط.

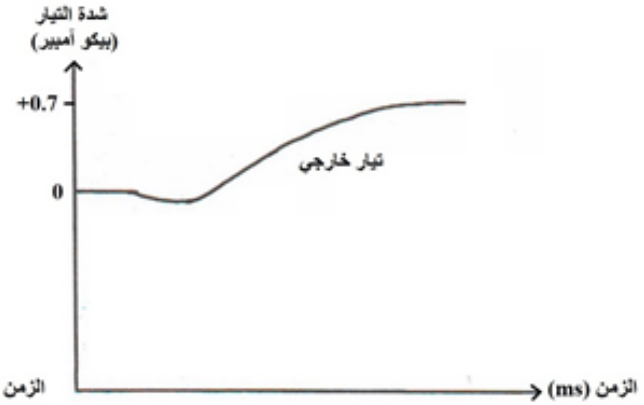
من هذا نستنتج أن:

- شوارد الصوديوم مسؤولة عن التيار الداخلي.

- شوارد البوتاسيوم مسؤولة عن التيار الداخلي.



التيار المسجل في حالة تثبيط القنوات الفولطية لشوارد البوتاسيوم



التيار المسجل في حالة تثبيط القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم

معلومات: تختلف سرعة انتشار السيالة العصبيةحسب بنية الليف:

1- في الليف المنخع: السيالة العصبية سريعة، تنتقل بالقفز من اختناق رانفيي إلى آخر، لأن غمد النخاعين عبارة عن عازل يغطي القنوات الفولطية بين اختناقين.

2- في الليف عديم النخاعين: السيالة العصبية بطيئة، كل قناة فولطية تنشط القناة التي تليها وهكذا ينتقل زوال الاستقطاب.

6- النقل المشبكي

1- تعريف

المشبك منطقة تقارب بين غشاء التفرع النهائي لخلية عصبية (وحدة قبل مشبكية) والغشاء الخلوي لخلية أخرى عصبية أو عضلية (وحدة بعد مشبكية) يفصل بينهما فراغ يسمى الشق المشبكي.

2- البنية

يتركب المشبك من ثلاثة أجزاء: خلية قبل مشبكية وخلية بعد مشبكية يفصل بينهما شق مشبكي. تحتوي الخلية قبل مشبكية على حويصلات مشبكية تحتوي المبلغ العصبي، ويحتوي غشاء الخلية بعد مشبكية على مستقبلات المبلغ العصبي.

3- الدور: يؤمن المشبك نقل السيالة العصبية من الوحدة قبل مشبكية إلى الوحدة بعد مشبكية (في اتجاه واحد) ويحدد طبيعتها (منبهة أو مثبطة).

4- الموضع: الغشاء القبل مشبكي عبارة عن زر مشبكي لتفرع نهائي دائما. أما الغشاء بعد مشبكي فله ثلاث (03) مواضع: تفرع شجيري، جسم خلوي، محور أسطواني. أو قد يكون خلية عضلية.

5- الأنواع

1- بنيويا

مشبك عصبي-عصبي: يتواجد في المركز العصبي.

مشبك عصبي-عضلي (لوحة محركة): يتواجد في محيط الجهاز العصبي.

2- وظيفيا

مشبك منبه (SE): ينبه (ينشط) الخلية بعد مشبكية، أي يولد فيها زوالا في الاستقطاب (PPSE).

- PPSE: كمون بعد مشبكي منبه.

مشبك مثبط (SI): يثبط الخلية بعد مشبكية، أي يولد فيها فرطا في الاستقطاب (PPSI).

- PPSI: كمون بعد مشبكي مثبط.

معلومات:

- الانزيم أستيل كولين استراز: يتواجد في الشق المشبكي ودوره إماهة الأستيل كولين إلى كولين وأسيتات. بعض المواد الكيميائية تثبط الانزيم أستيل كولين أستراز ونتيجة لذلك تبقى قنوات الصوديوم مفتوحة مما قد يسبب تمزقا عضليا.

-الانزيم أستيل كولين ترونسفيراز: يوجد في هيولى العصبون قبل مشبيكي (الزر المشبكي)، ودوره تركيب جزيئات الأستيل كولين انطلاقا من كولين وأستيل مرافق الانزيم أ.

6- آلية النقل المشبكي

1- مشبك منبه : تتم آلية النقل المشبكي في خمسة (05) مراحل:

- تصل السيالة العصبية إلى النهاية المحورية وتتسبب في انفتاح قنوات فولطية خاصة بشوارد الكالسيوم Ca^{++} وتدخل كمية منها إلى الزر المشبكي.

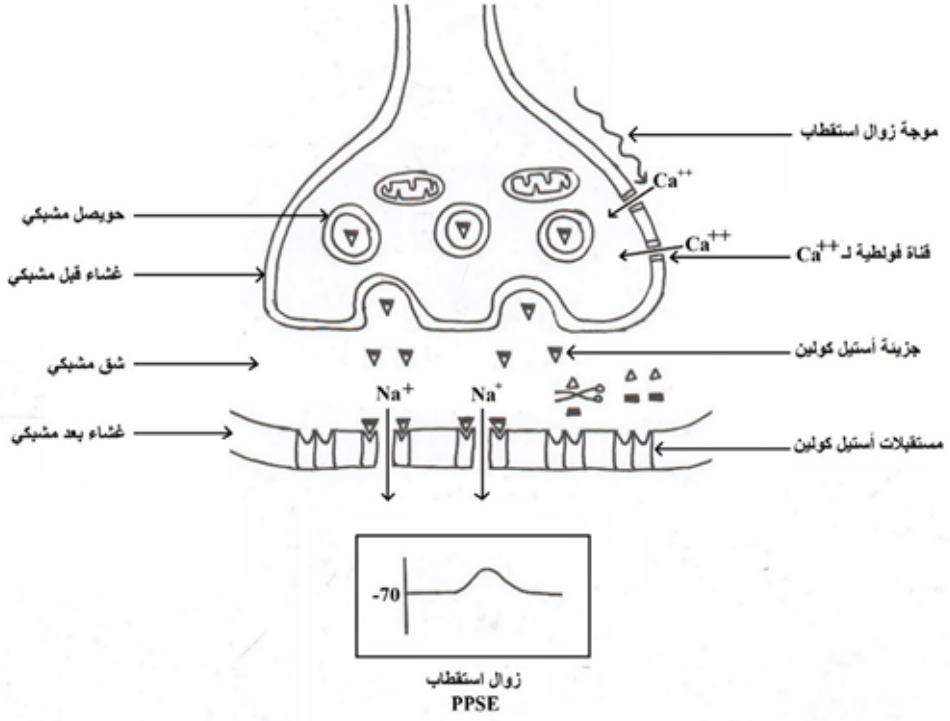
معلومة: فرق الكمون اللازم لتنشيط (انفتاح) القنوات الفولطية لشوارد الكالسيوم: 20- ميلي فولط.

- يتسبب دخول شوارد Ca^{++} في تحرير المبلغ العصبي الأستيل كولين (A-Ch) عن طريق الاطراح الخلوي.

- يرتبط الأستيل كولين بمستقلات قنوية خاصة به على غشاء الخلية بعد مشبكية وتنفتح قنوات خاصة بشوارد الصوديوم، تدخل كمية منها وتولد زوال استقطاب PPSE في غشاء الخلية بعد مشبكية.

- يتفكك الأستيل كولين بواسطة الانزيم أستيل كولين أستيراز إلى أستيل وكولين.

- يسمح انغلاق قنوات Na^{+} المرتبطة بالكيمياء بالعودة إلى كمون الراحة.



آلية النقل المشبكي - مشبك منبه

2- مشبك مثبط : تتم في نفس مراحل آلية المشبك المنبه:

- تصل السيالة العصبية إلى النهاية المحورية.

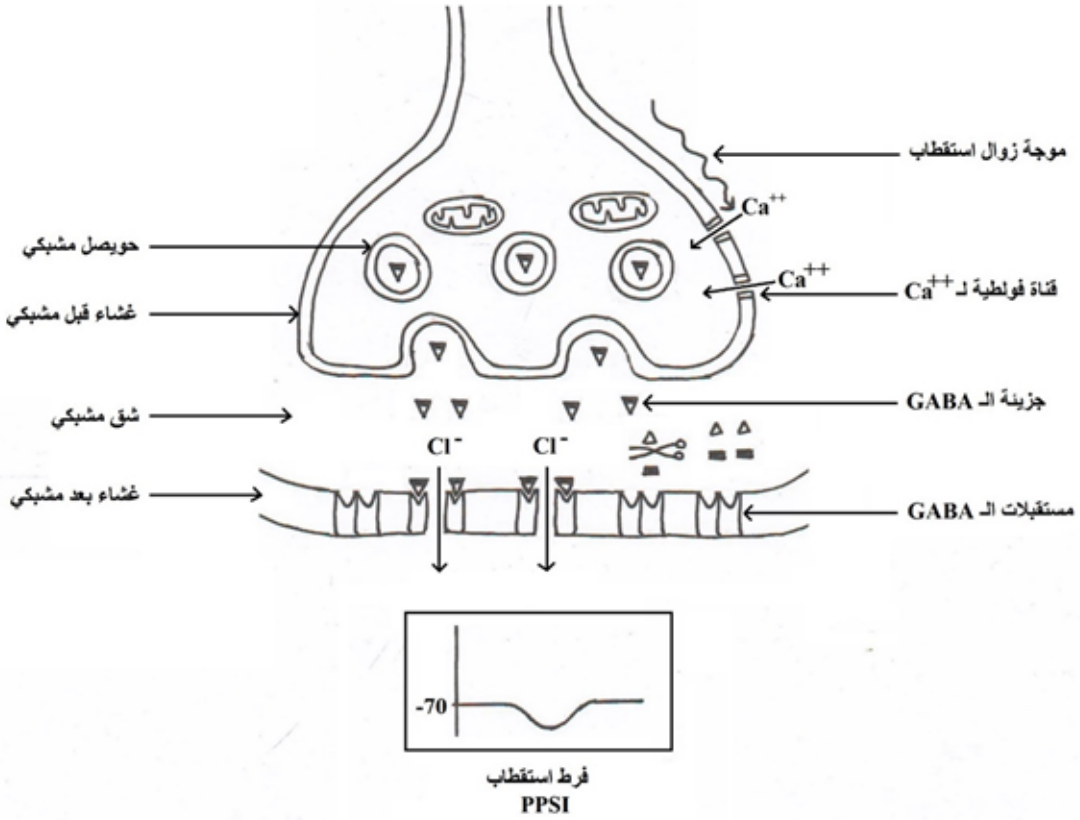
- تنفتح قنوات فولطية خاصة بشوارد الكالسيوم Ca^{++} وتدخل كمية منها إلى الزر المشبكي.

- تحفز شوارد الكالسيوم هجرة الحويصلات المشبكية واندماجها مع الغشاء قبل مشبكي لتحرير المبلغ العصبي GABA.

- يرتبط الـ GABA بمستقلات خاصة به على غشاء الخلية بعد مشبكية وتنفتح قنوات خاصة بشوارد الكلور Cl^-، تدخل كمية منها وتولد فرط استقطاب PPSI في غشاء الخلية بعد مشبكية.

- يتفكك الـ GABA بواسطة انزيمات خاصة.

ملاحظة: المشبك يحدد اتجاه واحد للسيالة العصبية لأنه يتميز بنية غير متناظرة.



آلية النقل المشبكي - مشبك مثبط

معلومات:

توجد مشابك يتولد فيها زوال الاستقطاب في الغشاء بعد مشبكي عن دخول شوارد الكالسيوم Ca^{++} و ليس الصوديوم Na^+.

كمون الراحة ثابت دائما في نفس الخلية العصبية، ولكنه ينخفض أثناء النوم من 70- إلى 75- أو 80- ميلي فولط تحت تأثير مبلغات عصبية. لذا لا تتنبه الخلايا العصبية بسهولة (لا نشعر أو نسمع الأصوات مثل الاستيقاظ) لأنه يتطلب تنبيه أكبر للوصول للعتبة (50 - ميلي فولط). وهذا هو مبدأ عمل الأدوية المنومة، تفتح قنوات الكلور لتثبيط العصبون.

7- مقارنة بين المشبك المنبه (SE) والمشبك المثبط (SI)

SE	SI
المبلغ العصبي: أستيل كولين	المبلغ العصبي: GABA
مستقبلات قنوية لشوارد Na^+	مستقبلات قنوية لشوارد Cl^-
ينتج PPSE	ينتج PPSI
ينشط الخلية بعد مشبكية إذا كان يساوي أو يفوق العتبة	يثبط الخلية بعد مشبكية

8- مقارنة بين كمون العمل والكمون بعد المشبكي

	كمون عمل (PA)	كمون بعد مشبكي (PPS)
منشأ	القطعة الابتدائية (SI)	الغشاء بعد مشبكي
نوع القنوات	فولطية	كيميائية
انتشار	المحور الأسطواني (الليف)	الجسم الخلوي
سعة	ثابتة: الكل أو اللاشيء	تتغير حسب شدة التنبيه
استقطاب	زوال، عودة، فرط ثم عودة	زوال (PPSE) أو فرط (PPSI)
ادماج	لا تدمج	إدماج زمني أو فضائي

9- فرط الاستقطاب

توجد حالتين لفرط الاستقطاب:

- فرط استقطاب في حالة كمون العمل (المرحلة الثالثة في منحنى كمون العمل): ينتج عن خروج شوارد K^+.

- فرط الاستقطاب في المشبك المثبط: ينتج عن دخول شوارد Cl^-.

تفسير فرط الاستقطاب: السطح الخارجي لليف أكثر كهروجابية (+) والسطح الداخلي أكثر كهروسلبية (-). ينتج الفرط في الاستقطاب عند زيادة الكهروسلبية بين الداخل والخارج.

تزداد الكهروسلبية: إما بخروج شوارد الـ Na^+ الموجبة (إلى الخارج الموجب مسبقا). وإما بدخول شوارد الـ Cl^- السالبة (إلى الداخل السالب مسبقا).

10- تشفير السيالة العصبية

- في الخلية قبل مشبكية: تشفر السيالة على شكل تواتر كمونات عمل.

- في الشق المشبكي: تشفر على شكل تركيز المبلغ العصبي، لأنه كلما زاد عدد كمونات قبل مشبكية، زادت كمية المبلغ العصبي المحررة في الشق المشبكي.

- في الخلية بعد مشبكية: تشفر على شكل تواتر لكمونات عمل من جديد.

تواتر كمونات عمل: عدد كمونات عمل في وحدة الزمن.

7- الإدماج العصبي

1-تعريف

استقبال الجسم الخلوي بعد مشبكي لعدة كمونات واردة منبهة أو مثبطة ودمجها وإرسالها على شكل كمون واحد عبر المحور الأسطواني.

2-أنواع

1- تجميع فضائي (فراغي)

- كمونات بعد مشبكية واردة من مشبكين أو أكثر.

- في نفس الوقت.

2- تجميع زمني (مؤقت)

- كمونات بعد مشبكية واردة من نفس المشبك.

- متقاربة زمنيا.

3- الآلية

نص: يصل إلى الجسم الخلوي عدة كمونات بعد مشبكية منبهة (PPSE) أو مثبطة (PPSI)، فيقوم بدمجها (تجميعها) على مستوى القطعة الابتدائية، إما فضائيا إن كانت من مشابك مختلفة في نفس الوقت، أو زمنيا إن كانت من نفس المشبك ومتتالية. ينتج عنها في المحور الأسطواني حالتين فقط:

- **كمون عمل:** إذا كانت محصلة مجموعها الجبري تساوي أو تفوق عتبة توليد كمون عمل.

- **كمون راحة:** إذا كانت محصلتها أقل من عتبة التنبيه أو فرطا في الاستقطاب.

8- المخدرات

1- تخفيف الإحساس بالألم طبيعيا

1- المادة P والانكيفالين

مبلغان عصبيان، تفرزهما عصبونات حسية في مشابك خاصة في القرن الخلفي للنخاع الشوكي.

لهاتين المادتين تأثير متضاد: المادةP مسؤولة عن الإحساس بالألم، والأنكيفالين تزيل الألم.

2- آلية عمل المادة P والأنكيفالين

المادة P تسبب الإحساس بالألم: إثر إصابة، على مستوى الجلد مثلا، يتنبه عصبون حسي ويحرر المادة P في شق مشبكي مع عصبون آخر وارد إلى المخ، تتولد فيه سيالة عصبية بعد مشبكية تنتقل إلى سطح حسي في المخ يترجمها إلى إحساس بالألم.

الأنكيفالين تزيل الإحساس بالألم: بعد الإحساس بالألم، يرسل المخ سيالة عصبية تنشط عصبونا يفرز الأنكيفالين في المشبك السابق (مع العصبون الحسي) فتثبطه عن إفراز المادة P، وبالتالي تمنع تولد الإحساس بالألم.

2- تخفيف الإحساس بالألم باستعمال مخدر

المورفين

مادة طبية (مخدر) تستعمل بكمية محددة بدقة لتخفيف الإحساس بالألم (لها نفس تأثير الأنكيفالين).

كيفية تأثير المورفين: للمورفين بنية فراغية مماثلة للأنكيفالين، عند حقنها تتثبت على المستقبلات الغشائية الخاصة بالأنكيفالين وتمنع نقل السيالة العصبية إلى المخ (السيالة العصبية التي تترجم إلى إحساس بالألم) فيزول الإحساس بالألم.

3- تأثيرات أخرى للمخدرات

تشترك المخدرات في أنها تؤثر على مستوى المشابك وتحدث خللا في النقل المشبكي:

- قد تشغل المستقبلات الخاصة بالمبلغ العصبي الطبيعي مسببة إعاقة عمله. مثل الكورار الذي يمنع تثبت الاستيل كولين.

- قد تمنع إعادة امتصاص الوسيط الكيميائي مثل الكوكايين.

- قد تحفز تحرير الوسيط الكيميائي.

- قد تعطل نشاط انزيمات تفكيك الوسيط الكيميائي الطبيعي مثل الكحول.

خلاصـــة

دور البروتينات في الاتصال العصبي

نص 1

يتمثل دور البروتينات في الاتصال العصبي في:

الحفاظ على استقطاب العصبون: تعمل مضخة K^+ و Na^+ و قنوات التسرب الخاصة بالـ Na^+ و الـ K^+ ذات الطبيعة البروتينية على إحداث فرق في تدرج تركيز K^+ و Na^+ على جانبي الغشاء الهيولي وتولد كمون الراحة.

توليد و انتشار كمون العمل: ينتج كمون العمل عن انفتاح القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم والبوتاسيوم ذات الطبيعة البروتينية في الغشاء قبل المشبكي، وينتشر نتيجة توزع هذه القنوات على طول الليف العصبي

النقل المشبكي: على مستوى المشبك، تتدخل القنوات الفولطية البروتينية لشوارد Ca^{++} في تحرير المبلغ العصبي في الشق المشبكي، والذي يؤثر على الغشاء البعد مشبكي عن طريق مستقبلات نوعية ذات طبيعة بروتينية.

نص 2

تتميز الخلية العصبية بوجود فرق كبير في الكمون بين وسطها الداخلي والخارجي يقدر بـ 70- ميلي فولط يسمى كمون الراحة. ينتج هذا الاستقطاب عن توزع غير متساو للشوارد تؤمنه بروتينات نوعية تسمى: قنوات التسرب والمضخة.

عند إحداث تنبيه فعال، يتدخل نوع آخر من البروتينات الغشائية يسمى قنوات فولطية، تحدث تغيرا موضعيا، مؤقتا ومنتظما في فرق الكمون يسمى كمون العمل.

تصل كمونات العمل إلى النهاية المحورية حيث ترتبط بعصبون آخر بواسطة مشابك منبهة ومثبطة، وتولد فيها إما زوالا أو فرطا في الاستقطاب بتدخل نوع آخر من البروتينات يدعى قنوات كيميائية. يدمج الجسم الخلوي بعد مشبكي هذه الكمونات في كمون واحد ينتشر في محوره الاسطواني.

الحمد لله رب العالمين

وصلى الله وسلم وبارك على سيدنا محمد، وعلى آله وصحبه إلى يوم الدين