5

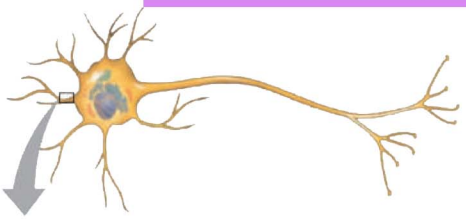
الظّواهر الكهربائية في الخلايا الحية

تأملت إحدى الفتيات بدهشة مخطط القلب الكهربائي الذي أجراه الطبيب لوالدها، وقالت: لا أرى غير مجموعة من الخطوط المتموّجة، **كيف يسجّل الطبيب هذا المخطط؟ وكيف يشخّص من خلاله الأمراض؟**

عرف قنوات التسرب البروتينية: قنوات بروتينية توجد في غشاء الليف، تكون مفتوحة باستمرار، وتتحدد حركة الشوارد عبرها كيف؟ حسب ممال (تدرج) التراكيز.

ما هو كمون الغشاء ؟ و هل هو ثابت في جميع خلايا الجسم ؟ مع الأمثلة

تبدي جميع الخلايا الحية عبر أغشيتها فرقاً في الكمون، يعرف باسم كمون الغشاء، ويكون هذا الكمون ثابتاً في الخلايا غير القابلة للتنبه مثل خلايا الدبق العصبي، بينما يتغير كمون الغشاء في الخلايا القابلة للتنبه كالخلايا العصبية والحسية والعضلية والغدية والخلية البيضية الثانوية.



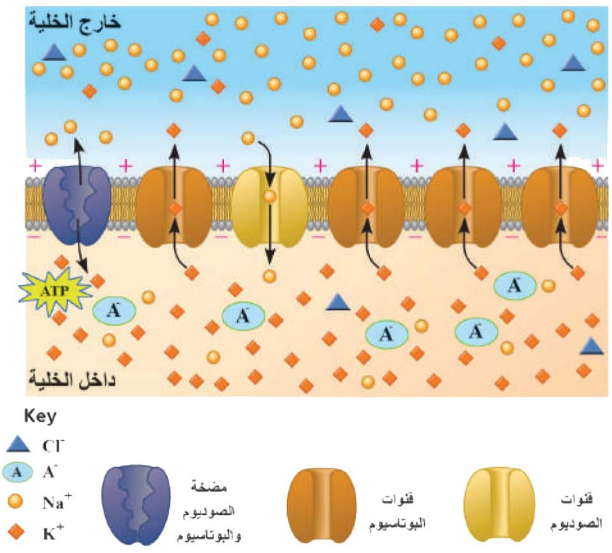
ألاحظ وأحلّل وأستنتج:

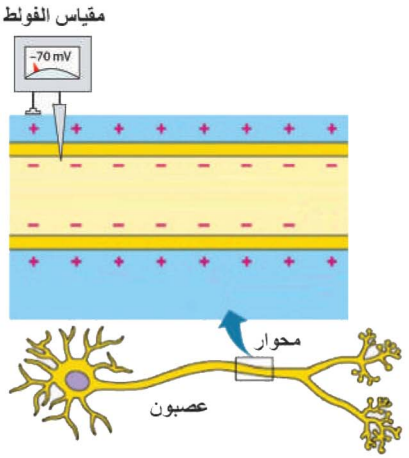
فسر: يكون كمون الغشاء ثابتاً في الخلايا التابعة (السائلة)

لأن خلايا الدبق العصبي غير قابلة للتنبيه

كمون الراحة:

يوضّح الشكلان الآتيان حالة الغشاء في أثناء الراحة، أستخدمهما في الإجابة عن الأسئلة:





محمد مسطر
0944934891

سالبة داخله و موجبة خارجه

1. ما نوع الشحنة داخل العصبون وخارجه؟
2. ما مقدار فرق الكمون بين داخل العصبون وخارجه؟ **-70 m.v**
3. أيّ من شاردتي الصوديوم والبوتاسيوم أكثر نفاذية عبر الغشاء؟ ولماذا؟ **البوتاسيوم لأن عدد أقنية التسرب البروتينية لها أكثر**
4. أحدد جهة انتقال شاردتي الصوديوم والبوتاسيوم عبر قنوات التسرب البروتينية في الغشاء، وأفسّر السبب. **الصوديوم نحو داخل الليف لأن تركيزها في الخارج أعلى من الداخل و البوتاسيوم نحو خارج الليف لأن تركيزه في الداخل أعلى من الخارج**
5. ما تركيز الشوارد على السطح الداخلي والسطح الخارجي للعصبون؟ **تركيز الشرسبات وشوارد البوتاسيوم في الداخل أعلى من الخارج و تركيز شوارد الصوديوم و شوارد الكلور في الخارج أعلى من الداخل**
6. كيف تقوم مضخة الصوديوم والبوتاسيوم بعملها عبر الغشاء؟ **ما هو ؟**

عرف كمون الراحة: هو الفرق في الكمون في أثناء الراحة بين السطح الخارجي لغشاء الليف الذي يحمل شحنات موجبة، والسطح الداخلي له الذي يحمل شحنة سالبة. ويقدر بنحو (-70mV)، **أستنتج إلام تشير** الإشارة السالبة للكمون هي اصطلاح إلى نوع الشحنة داخل الليف.

ما هي العوامل التي تسهم في جعل غشاء الليف مستقطباً في حالة الراحة:

1. النفاذية الاصطفائية العالية لغشاء الليف لشوارد البوتاسيوم، وقلّة نفاذيته لشوارد الصوديوم، والسبب: أنّ عدد قنوات التسرب البروتينية الخاصة بشوارد البوتاسيوم في الغشاء، يزيد على عدد القنوات الخاصة بشوارد الصوديوم؛ ممّا يسمح بخروج شوارد البوتاسيوم بنسبة أكبر من دخول شوارد الصوديوم.
2. وجود مواد عضوية كبيرة الحجم مشحونة بشحنة سالبة (A^-) داخل الليف، لا تستطيع النفاذ عبر الغشاء. **لأنها كبيرة الحجم**
3. مضخات الصوديوم والبوتاسيوم (K^+ Pump، Na^+) الموجودة في الغشاء، إذ تنقل كلّ مضخة ثلاث شوارد صوديوم ($3Na^+$) نحو الخارج مقابل استعادة شاردتي بوتاسيوم ($2K^+$) نحو الداخل، ويتمّ ذلك بصرف طاقة (ATP) بعملية النقل النشط. **ما هو عمل**

أفسّر: يعدّ غشاء الليف مستقطباً كهربائياً في أثناء الراحة. **لأنه يفصل بين نوعين من الشحنات موجبة في الخارج و سالبة في الداخل**

أضيف إلى معلوماتي

ما هو سبب ظاهرة كمون الراحة يعود إلى فروق في التراكيز الشاردية على جانبي غشاء الليف، لشوارد الصوديوم و البوتاسيوم والكلور والشرسبات A^- (مواد عضوية كبيرة الحجم مشحونة بشحنة سالبة) وشوارد أخرى. لكن الشاردة الأكثر تأثيراً في نشوء كمون الراحة هي: شاردة البوتاسيوم. **ما هي** **ما هي**

فسر : الخلية العصبية مستقطبة وظيفياً و غشاؤها مستقطب كهربائياً . مستقطبة وظيفياً : لأن انتقال السيالة العصبية يتم فيها بجهة واحدة من الاستطالة الهيولية نحو جسم الخلية ثم للمحور الذي يفقلها بعيداً عن جسم الخلية ، غشاؤها مستقطب كهربائياً :لأنه يفصل بين نوعين من الشحنات موجبة على السطح الخارجي و سالبة على السطح الداخلي

محمد مسطو 0944943481

محمد مسطو
0944943481

هل تبقى الخلايا العصبية في حالة كمون الراحة فقط

ألاحظ وأحلّل:

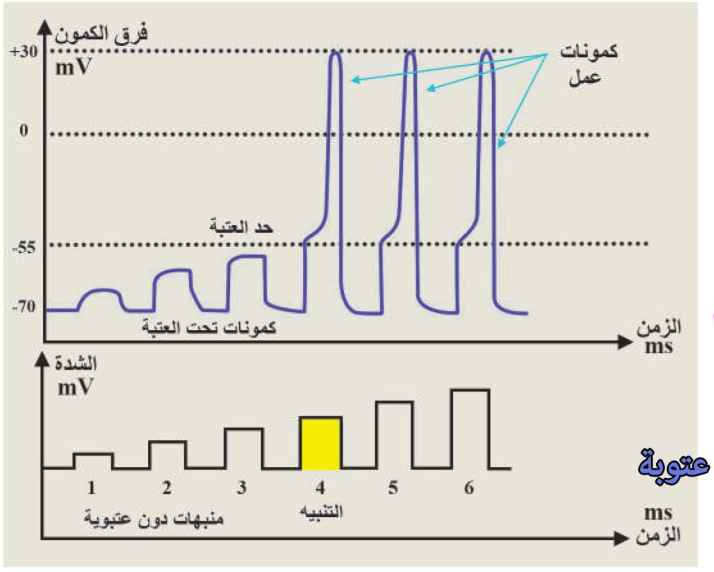
كمون العمل:

لا تكمن قدرة الخلايا العصبية على تشكيل كمون الراحة والحفاظ عليه فقط، وإنّما في إحداث الاضطراب المفاجئ والمؤقت لكمون الراحة استجابة للمنبهات.

ويمكن ملاحظة نوعين من التغيرات عند التنبيه ماهما: 1 حدّ عتبة التنبيه و 2 كمونات العمل.

أولاً: حدّ العتبة:

◄ ألاحظ الشكل، وأجيب عن الأسئلة الآتية:



4 ،5 ،6

1. أحدد المنبهات العتبوية ودون العتبوية. 1 ،2 ،3
2. لماذا لا يستطيع المنبّه 3 توليد كمون عمل؟ كمون الغشاء لا يصل لحد العتبة
3. ماذا أسمّي الكمونات التي تثيرها المنبهات 1 2 3؟ كمونات تحت عتوبة
4. ماهي قيمة التغير في الكمون اللازمة للوصول إلى حدّ العتبة؟ حوالي 15 mv

ما هي قيمة التغيير في الكمون اللازمة للوصول إلى حد العتبة في الألياف الثخينة ؟ و لماذا ؟

حوالي 5m.v لأن قيمة حد العتبة في الألياف الثخينةالقطر بحدود 65m.v -

أستنتج

إلام يؤدي تنبيه الليف العصبي بشدة كافية إلى زوال جزئي للاستقطاب، نتيجة دخول شوارد الصوديوم إلى داخل الليف بكميات قليلة جداً في البدء، وهكذا يزول الاستقطاب تدريجياً للوصول إلى حدّ العتبة اللازم لإطلاق كمون عمل، أما إذا كانت شدة المنبه لا تكفي للوصول إلى حدّ العتبة، فلا ينشأ كمون العمل. ماذا يحدث

كم تبلغ قيمة حدّ العتبة في الألياف العصبية الثخينة بحدود (-65) ميلي فولت، وفي الألياف صغيرة القطر تبلغ (-55) ميلي فولت تقريباً. لأنه

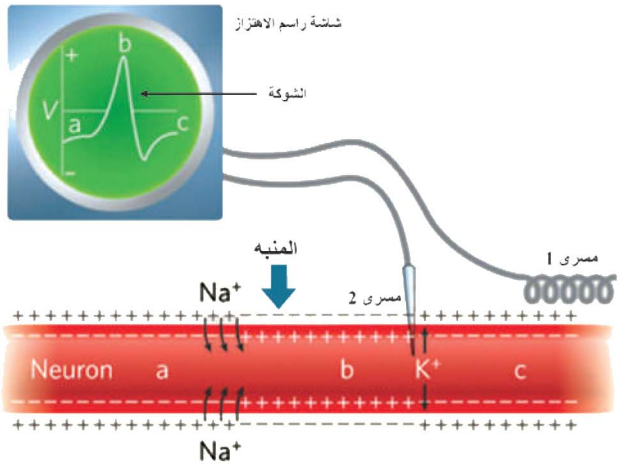
أفسّر: يبقى العصبون في حالة راحة رغم وصول منبهات عدة إليه. لأنها تكون غير قادرة على إيصال كمون الغشاء إلى حد العتبة

أفسّر: تكون قابلية التنبه في الألياف الثخينة أكبر منها في الألياف صغيرة القطر.

أو: لأن قيمة التغيير في الكمون للوصول إلى حد العتبة في الألياف العصبية الصغيرة أكبر من قيمته في الألياف العصبية الثخينة

إزالة الاستقطاب تتضمن : انخفاض الاستقطاب و انعدامه و انعكاسه

ثانياً: كمون العمل:



◄ ألاحظ الشّكل الآتي الذي يوضح تسجيل كمون العمل أحادي الطور، وأجيب عن الأسئلة:

1. أين أضع كلّاً من مسريي راسم الاهتزاز المهبطي (oscilloscope)؟
2. ماذا أشاهد على شاشة راسم الاهتزاز؟

أستنتج

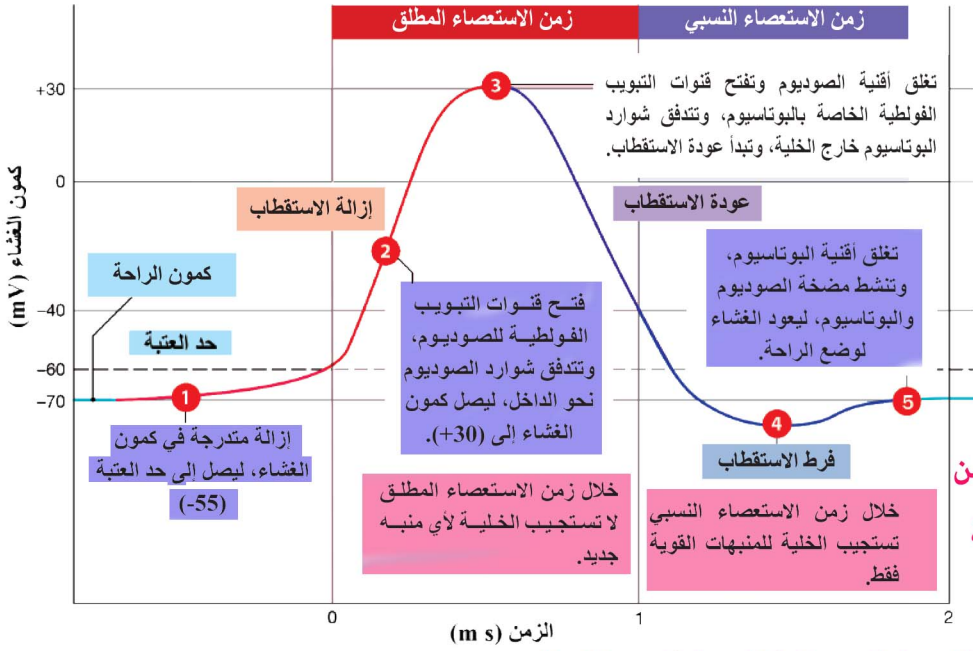
عند وضع أحد مسريي راسم الاهتزاز المهبطي على السطح الخارجي لليف والآخر على السطح الداخلي، وباستخدام منبّه عتبوي، يظهر على الشاشة مجموعة من التبدلات في الكمون بشكل موجة مؤنفة وحيدة الطور تسمّى: **الشوكة الكمونية**.

ماذا

محمد مسطر 0944943481

الشوكة الكمونية (كمون العمل أحادي الطور):

كيف تحدث الشوكة الكمونية أحادية الطور ؟



◄ ألاحظ الشكل الآتي الذي يوضّح الشوكة الكمونية، وأجيب عن الأسئلة:

ما هو الفرق بين زمن الاستعصاء المطلق و زمن الاستعصاء النسبي من حيث استجابة الخلية للمنبهات الجديدة ؟

حدالعتبة - إزالة الاستقطاب - عودة الاستقطاب - فرط الاستقطاب - الراحة

1. ما التبدلات في استقطاب الغشاء بدءاً من لحظة الوصول إلى حدّ العتبة؟
2. ما قنوات التبويب الفولطية التي تفتح في كلّ من مرحلتي إزالة الاستقطاب وعودة الاستقطاب؟

قنوات التبويب الفولطية للصوديوم **قنوات التبويب الفولطية للبوتاسيوم**

الشاردة الأكثر تأثيراً في حدوث كمون العمل ؟ الصوديوم

4- في زمن الاستعصاء عدم فتح قنوات الصوديوم إلا بعد العودة إلى كمون الراحة ، و بينما في زمن الاستعصاء النسبي بسبب بقاء قنوات الصوديوم مغلقة ، و فرط الاستقطاب الناتج عن تدفق شوارد البوتاسيوم إلى خارج الخلية بكميات كبيرة مما يجعل تنبيه الليف العصبي يحتاج لمنبه قوي

أضيف إلى معلوماتي

فرط الاستقطاب

3. في أيّة مرحلة تنشط مضخة الصوديوم و البوتاسيوم؟

4. لا تستجيب الخلية العصبية للمنبهات في زمن الاستعصاء المطلق وتستجيب للمنبهات القوية في زمن الاستعصاء النسبي، ما السبب في رأيك؟

ما هو دور مضخات الصوديوم و البوتاسيوم أثناء كمون العمل؟

ليس لها دور في تغيير كمون العمل بل الحفاظ على تركيز الشوارد على جانبي الغشاء .

عرف قنوات التبويب الكمونية (الفولطية):

قنوات بروتينية توجد في غشاء الليف . تفتح و تغلق حسب فرق الكمون على جانبي الغشاء .

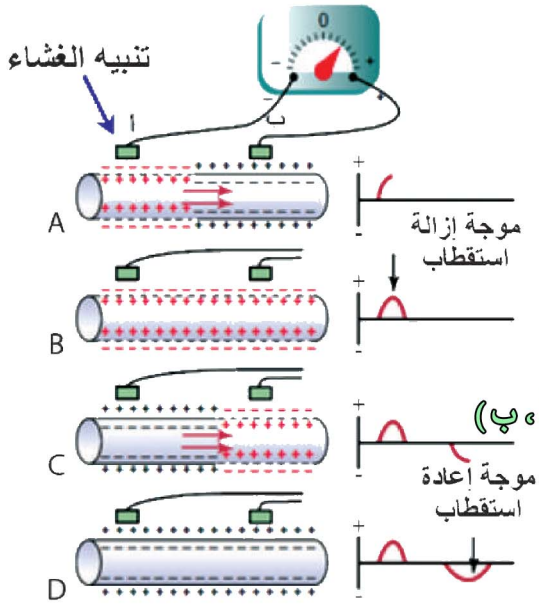
ما هو مبدأ الكلّ أو اللاشيء:

إنّ منبهاً في عتبته الدنيا يسبب أقصى استجابة يستطيعها الليف الواحد، ولا تزداد شدة الاستجابة بزيادة شدة المنبه فوق تلك العتبة.

فسر: **كيف** يفسّر ذلك؟ (1) كون الاستجابة تعتمد على الطّاقة المختزنة في الليف لا على طاقة المنبّه. (2+1) وينطبق هذا المبدأ على الليف العصبي ، ولا ينطبق على العصب؛ (2) لأنّ زيادة شدة المنبه تؤدي إلى زيادة عدد الألياف العصبية المنبهة فيه؛ ممّا يؤدي لازدياد شدة الاستجابة.

أوظّف وأطبّق:

كمون العمل ثنائي الطور:



الكمون ثنائي الطور كما يظهر على شاشة الراسم

▼ ألاحظ الشّكل المجاور الذي يوضح طريقة تسجيل كمون العمل ثنائي الطور، وأجيب عن الأسئلة:

في نقطتين متباعدتين من السطح الخارجي لليف العصبي المنبه

1. أين يتمّ وضع مسريي التسجيل لراسم الاهتزاز المهبطي (الأوسيلوسكوب)؟ **بسبب اختلاف الشحنة بين النقطتين (أ ، ب)**

2. كيف تفسّر انحراف إبرة المقياس في (A)؟

3. ماهي حالة استقطاب الغشاء في (B)؟ **زوال استقطاب**

4. كيف تفسّر تشكل الموجة بالاتجاه المعاكس (C)؟ **بسبب انعكاس الشحنة بين النقطتين أ ، ب**

5. ماهي حالة استقطاب الغشاء في (D)؟ **استقطاب الراحة**

أستنتج

كيف يقاس كمون العمل ثنائي الطور؟ بوضع مسريي راسم الاهتزاز المهبطي في نقطتين متباعدتين على السطح الخارجي لليف المنبه .

ماذا تمثل الموجة الأولى ؟ حالة إزالة الاستقطاب لغشاء الليف . بينما تمثل الموجة **الثانية** ؟ حالة إعادة الاستقطاب .

ما هي أهمية كمون العمل ثنائي الطور ؟ لكمون العمل ثنائي الطور استخدامات طبية مهمة ، كالتخطيط الكهربائي للقلب و العضلات و الدماغ .

فسر : تشكل الموجة الأولى نحو الأعلى في كمون العمل ثنائي الطور . بسبب اختلاف الشحنة بين المنطقتين الموضوع عليهما مسريي راسم الاهتزاز المهبطي (الأوسيلوسكوب) .

فسر : تشكل الموجة الثانية للأسفل . بسبب انعكاس الشحنة بين النقطتين الموضوع عليهما مسريي الأوسيلوسكوب .

التقويم النهائي

أولا: اختر الإجابة الصحيحة:

1. **الشاردة الأكثر تأثيراً في نشوء كمون الراحة:**

أ- الكالسيوم　　ب- البوتاسيوم　　ج- الصوديوم　　د- الكلور.

2. **الشاردة الأكثر تأثيراً في حدوث كمون العمل:**

أ- الكالسيوم　　ب- البوتاسيوم　　ج- الصوديوم　　د- الكلور.

3. **يؤدي تدفّق شوارد البوتاسيوم نحو خارج العصبون في نهاية كمون العمل إلى:**

أ- انخفاض الاستقطاب　　ب- فرط الاستقطاب

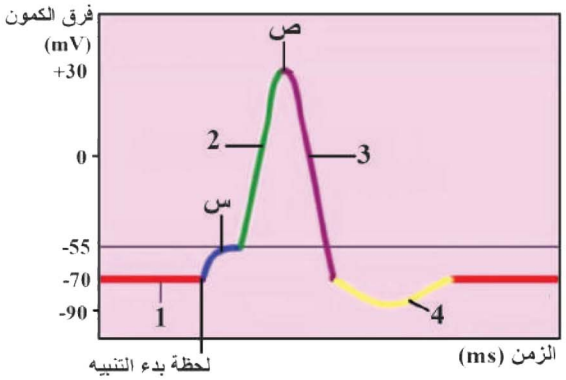
ج- عودة الاستقطاب　　د- زوال الاستقطاب.

4. **واحد ممّا يأتي حسّاس لتبدلات الاستقطاب في غشاء الخلية، تؤدي لإزالة الاستقطاب وإعادة الاستقطاب:**

أ- عتبة التنبيه　　ب- مضخات الصوديوم والبوتاسيوم

ج- قنوات التبويب الفولطية　　د- قنوات التّسرب البروتينيّة

ثانياً: الشّكل الآتي يمثل الشّوكة الكمونية (كمون العمل) والمطلوب:



1. أحدد التّبدلات في استقطاب الغشاء المقابلة للأرقام في كلّ مرحلة.

1-كمون الراحة ، -2 إزالة استقطاب ، -3 عودة استقطاب 4- فرط استقطاب

2. ما التبدلات التي تحدث في استقطاب الغشاء في (س)؟

انخفاض في الاستقطاب تدريجياً للوصول لحد العتبة اللازمة لإطلاق كمون عمل

3. ما القنوات الشاردية التي تفتح وتغلق في (ص)؟ تغلق قنوات التبويب الفولطية للصوديوم و تفتح قنوات التبويب الفولطية للبوتاسيوم .

ثالثاً: أعطِ تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. ينطبق مبدأ الكل أو اللاشيء على الليف ولا ينطبق على العصب.

لأن الاستجابة تعتمد على الطاقة المختزنة في الليف لا على طاقة المنبه و في العصب تزداد الاستجابة بزيادة عدد الألياف العصبية المنبهة

2. نفوذية الغشاء لشوارد البوتاسيوم تفوق نفوذيته لشوارد الصّوديوم في أثناء الراحة.

لأن الاستجابة تعتمد على الطاقة المختزنة في الليف لا على طاقة المنبه و في العصب تزداد الاستجابة بزيادة عدد الألياف العصبية المنبهة

محمد مسطر 0944934891