كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثالثة

المادة : الفيزيولوجيا الحيوانية

المحاضرة : الرابعة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

2024 2025

Facebook Group : مكتبة A to Z

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

المحاضرة الرابعة

- فيزيولوجيا حيوانية ١- تنسيق عصبي وهرموني
- د. مرسال الشعار

كامن التوازن Equilibrium potential

تخضع الشوارد القابلة للنفوذ عبر الغشاء الخلوي لتأثير قوتي الانتشار والكهرباء الساكنة ، وعندما تتساوى القوتان يحصل كامن التوازن للشاردة المعنية بحيث تتحرك بحرية عبر الغشاء. ويتساوى كامن الراحة بالنسبة لتوزع الشوارد على جانبي الغشاء مع الكامن التوازني لكل شاردة،

هذا الأمريتحقق بالنسبة لشوارد الكلور فقط.

- تدل الفروق بين كامن الراحة وكامن التوازن لشوارد البوتاسيوم والصوديوم على دور مدروج التركيز في الحفاظ على فرق الكامن والاستقطاب أثناء الراحة

كما تدل على دور النقل الفعال بواسطة الإنزيمات الغشائية النوعية المسماة المضخات الصودية – البوتاسية، في نقل الشوارد عكس مدروج التركيز وثبات التركيز الأيوني على جانبي الغشاء الخلوي، حيث تعمل الإنزيمات أولا على فسفرة بروتين المضخة داخل الغشاء الخلوي بواسطة جزيئات ATP وتغيير شكل المضخة، ثم تنشيط حركة شوارد الصوديوم باتجاه السطح الداخلي للغشاء، ومن ثم وبوجود أنزيم **الكيناز** يتم نقل ٣ شوارد صوديوم إلى الوسط الخارجي، في نفس الوقت يفسفر بروتين الوسط خارج الخلوي بواسطة ATP منشطا حركة شاردتي بوتاسيوم باتجاه السطح الخارجي للغشاء الخلوي، وبوجود إنزيم **الفوسفاتاز** ينقل المعقد شاردتي البوتاسيوم إلى داخل الخلية.

- تحصل الخلية العصبية على الطاقة من عملية التنفس الخلوي.

وقد أثبت دور النقل الفعال في الحفاظ على قيمة كامن الراحة تجريبيا بتعطيل عمل المضخات الشاردية بتأثير بعض المركبات الكيميائية مثل دينيتروفينول الذي يمنع تركيبATP أومركب السيانور الذي يوقف تفاعلات الأكسدة حيث ازداد بالنتيجة تركيز الصوديوم داخل الخلية بسبب خضوع انتقاله لقوتي الانتشار والكهربائية الساكنة اللتين تنقلانه حسب مدروج التركيز إلى الوسط الداخلي منخفض التركيز لتحقيق كامنه التوازني ويقل بذلك فارق تركيزه على جانبي الغشاء لعدم ضخه إلى خارج الخلية، كما يزداد تركيز البوتاسيوم خارج الخلية لنفس السبب.

د- كامن الفعل

- هو جملة التبدلات السريعة والفجائية في كامن الغشاء الخلوي، التي تميز حالة التنبيه، إذ يحتوي غشاء الخلية العصبية على جُزيئات بروتينية خاصة تتحكم في فتح الأقنية وإغلاقها، ويكون غشاء العصبون أثناء الراحة مستقطب ليحصل التبدل الجذري المفاجئ والمؤقت في كامن الراحة بمجرد تطبيق المنبه العتبي على الليف العصبي، وانتشار موجة نزع الاستقطاب هذه بشكل سيالة عصبية على طوله.
- يقاس كامن الفعل بواحدة الفولط لأنه كهربي التأثير.
- كامن الفعل وان كان الأكثر انتشارا في الخلايا العصبية إلا انه يمكن أن يتشكل في أي نمط من أنماط الخلايا، لكن الأهمية الأكبر له هي في نقل المعلومات بين العصبونات أو نقل المعلومات بين أنسجة الجسم والدماغ وللعضلات والغدد.

مراحل كامن الفعل

تتعاقب التبدّلات السريعة المرحلية في كامن الغشاء عند نشوء كامن الفعل خلال بضعة أجزاء من الثانية:

- مرحلة الراحة

هي كامن الغشاء أثناء الراحة أي قبل حدوث كامن الفعل، ويُقال إن الغشاء في هذه المرحلة مستقطب بسبب وجود كامن الراحة شديد السلبية - ٧٠mv

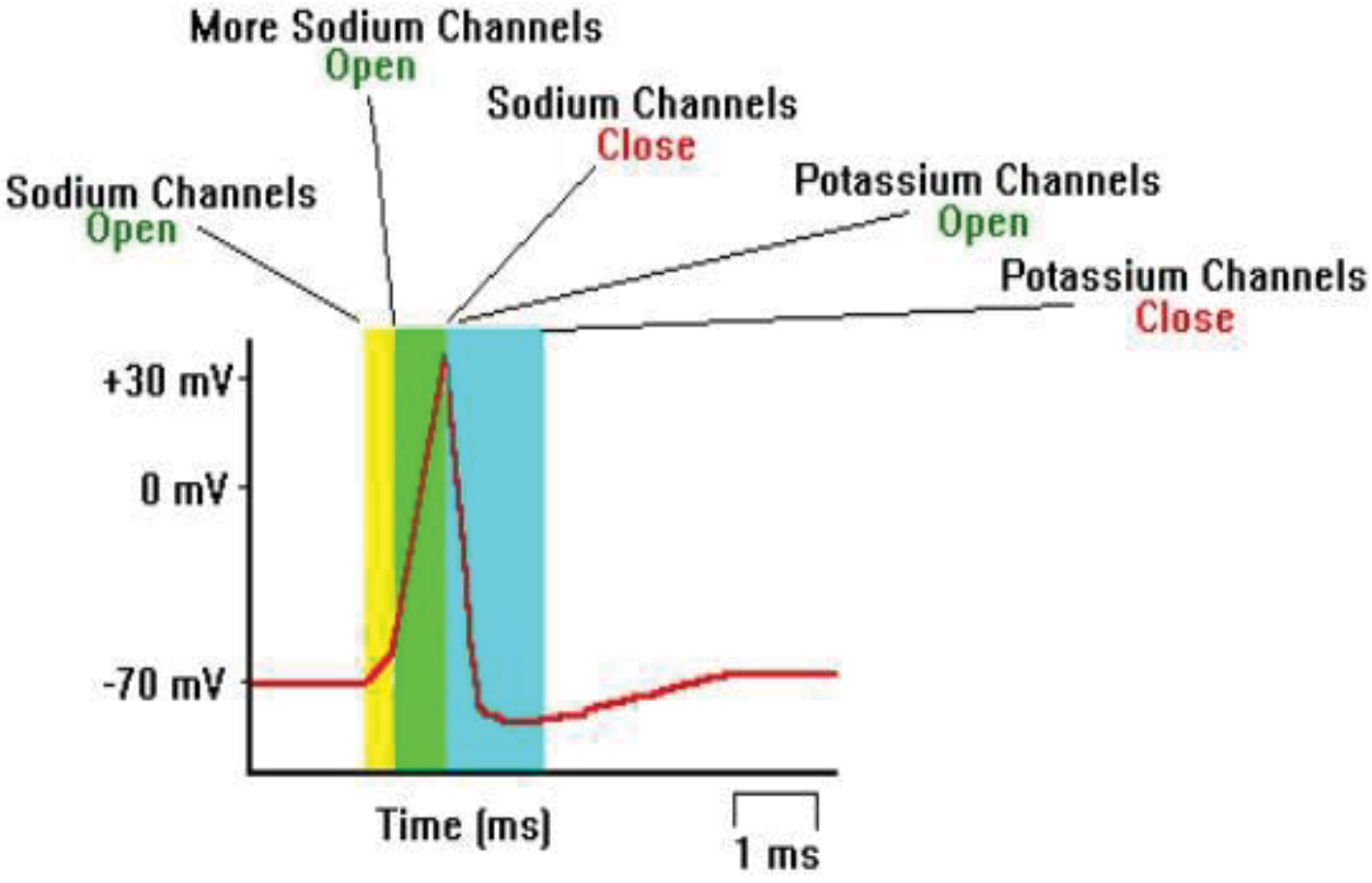
- مرحلة نزع الاستقطاب

يصبح الغشاء في هذه المرحلة، وبشكل مفاجئ شديد النفوذية لأيونات الصوديوم مما يسمح بتدفّق أعداد هائلة منها إلى الداخل، وتزول حالة الاستقطاب السوية، مع الارتفاع السريع لكامن الغشاء بالاتّجاه الموجب، ولهذا سُمّيت بمرحلة نزع الاستقطاب.

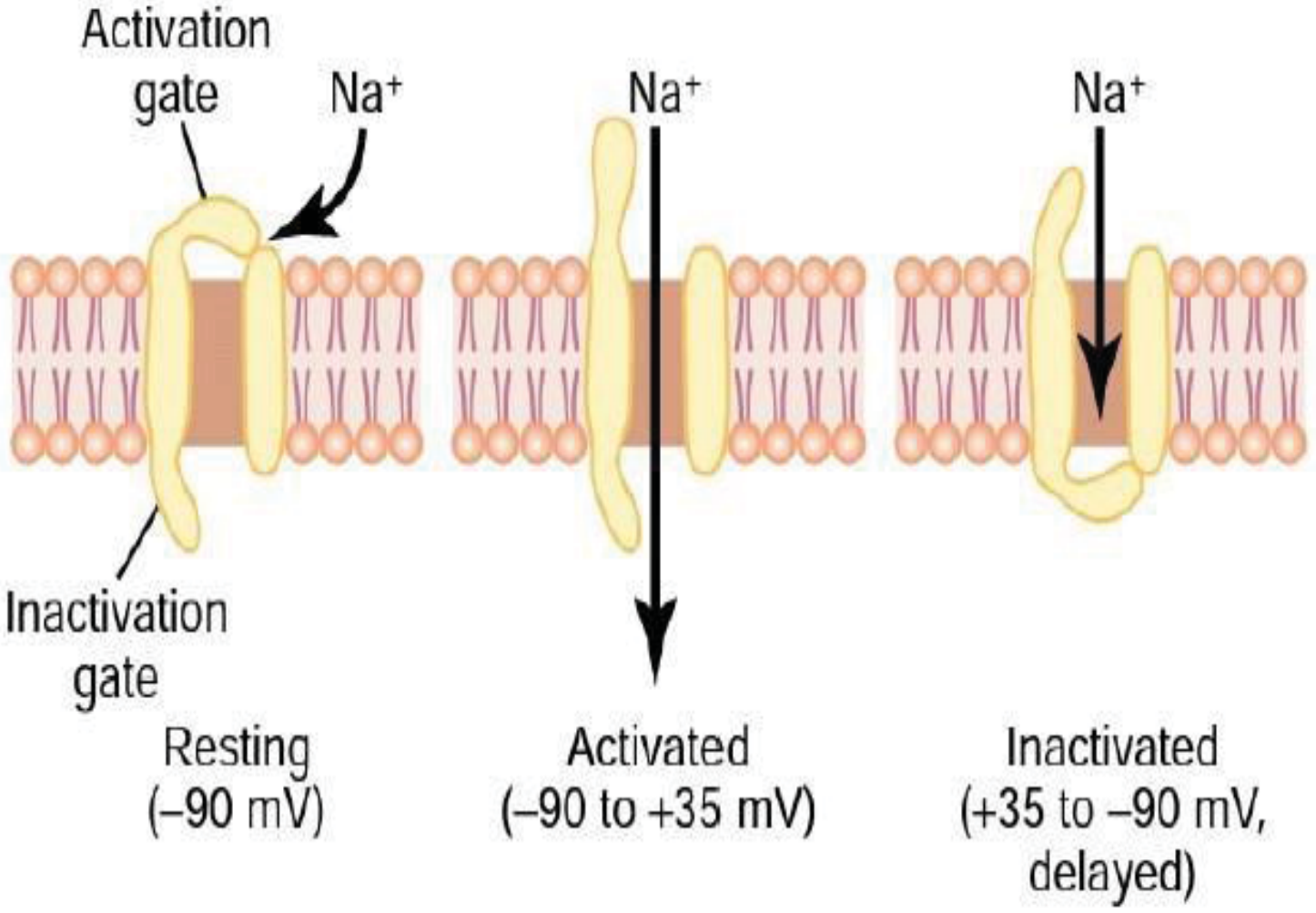
- **مرحلة عود الاستقطاب:**

بعد عدّة أجزاء من العشرة آلاف جزء من الثانية التي يصبح خلالها الغشاء شديد النفوذية لشوارد الصوديوم، تبدأ قنوات الصوديوم بالانغلاق وتأخذ قنوات البوتاسيوم بالانفتاح أكثر من الحالة السوية، ثم يحدث انتشار سريع لشوارد البوتاسيوم إلى الخارج مؤدّية إلى إعادة كامن الغشاء إلى قيمته السالبة السوية أثناء الراحة، ولهذا سُمّيت بمرحلة عود الاستقطاب.

توليد كمون الفعل



قنوات الصوديوم المبوَّبة فولطيا:



١. قناة الصوديوم المبوبة بالفولطاج في حالة الراحة:

في هذه الحالة نلاحظ أن بوابة التفعيل مغلقة، وبالتالي القناة مُغلَقة، ممّا يمنع أي دخول لشوارد الصوديوم إلى داخل الليف عبر هذه القنوات.

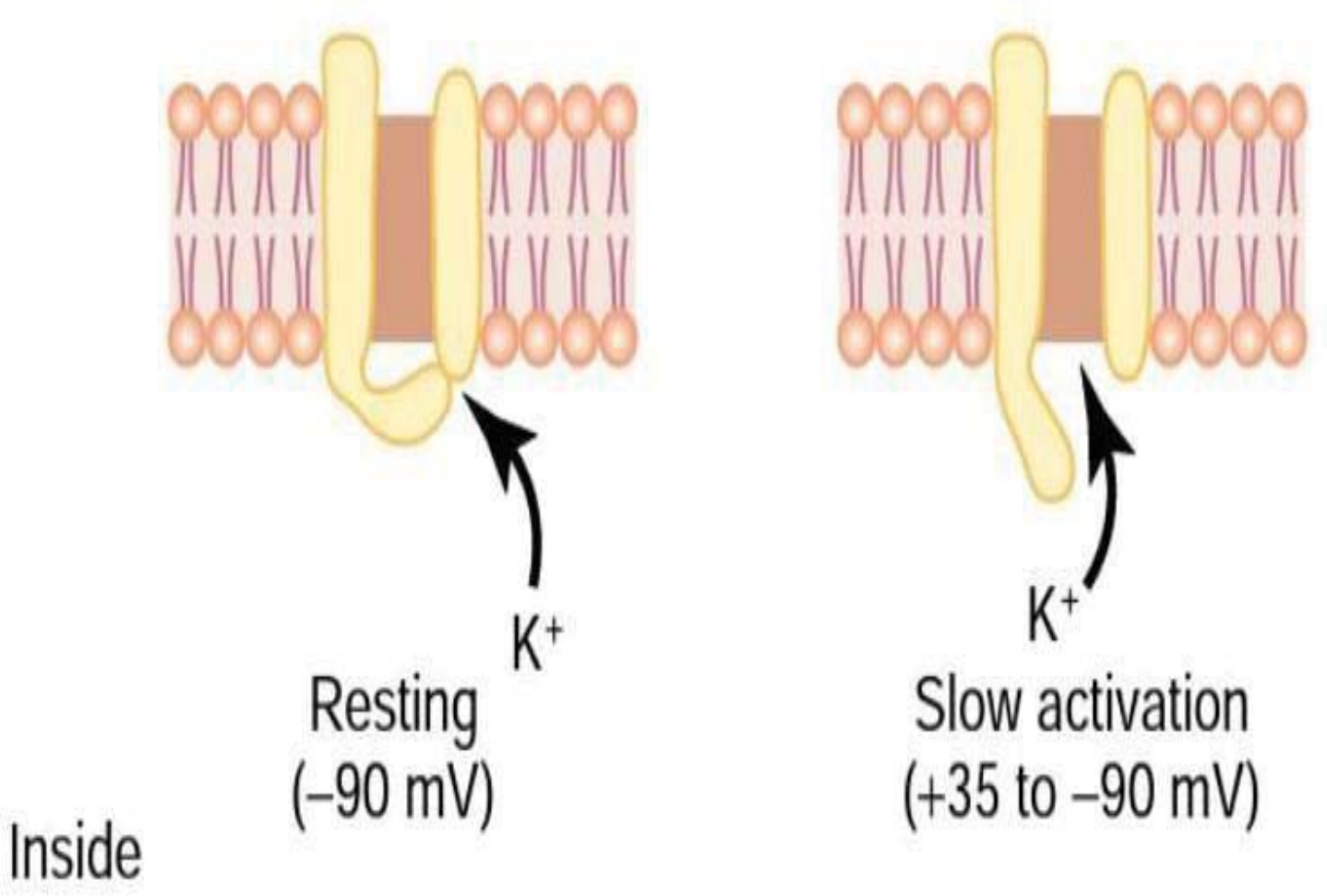
٢ - حالة التنشيط (التفعيل):

عند ازدياد كامن الغشاء بالاتّجاه الموجب يحدث تبدل شكلي في بوابة التفعيل مؤدّيا إلى فتحها، فتتدفّق شوارد الصوديوم عبر هذه القنوات إلى الداخل مُضاعِفة نفوذية الغشاء للصوديوم حوالي ٥٠٠-٥٠٠٠ ضعف

٣. حالة التعطيل:

إنّ الزيادة في كامن الغشاء التي أدّت لتبدّل شكلي في بوّابات التفعيل وفتحها تؤدي أيضا إلى تبدل شكلي في بوابات التعطيل وإغلاقها، ولكن هاتَين العمليّتَين لا تحدثان في نفس الوقت، أي أنّ إغلاق بوّابات التعطيل لا يحدث في نفس وقت فتح بوّابات التفعيل

قنوات البوتاسيوم المبوَّبة فولطيا

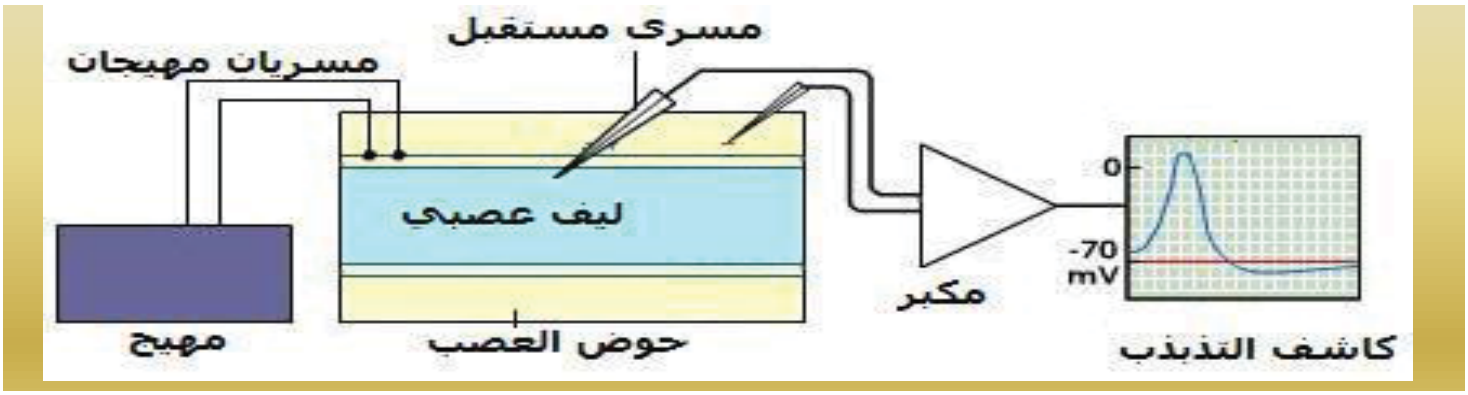


١- **حالة الراحة**: تكون قنوات البوتاسيوم المُبوَّبة بالفولطاج مغلقة أثناء الراحة مانعة خروج شوارد البوتاسيوم.

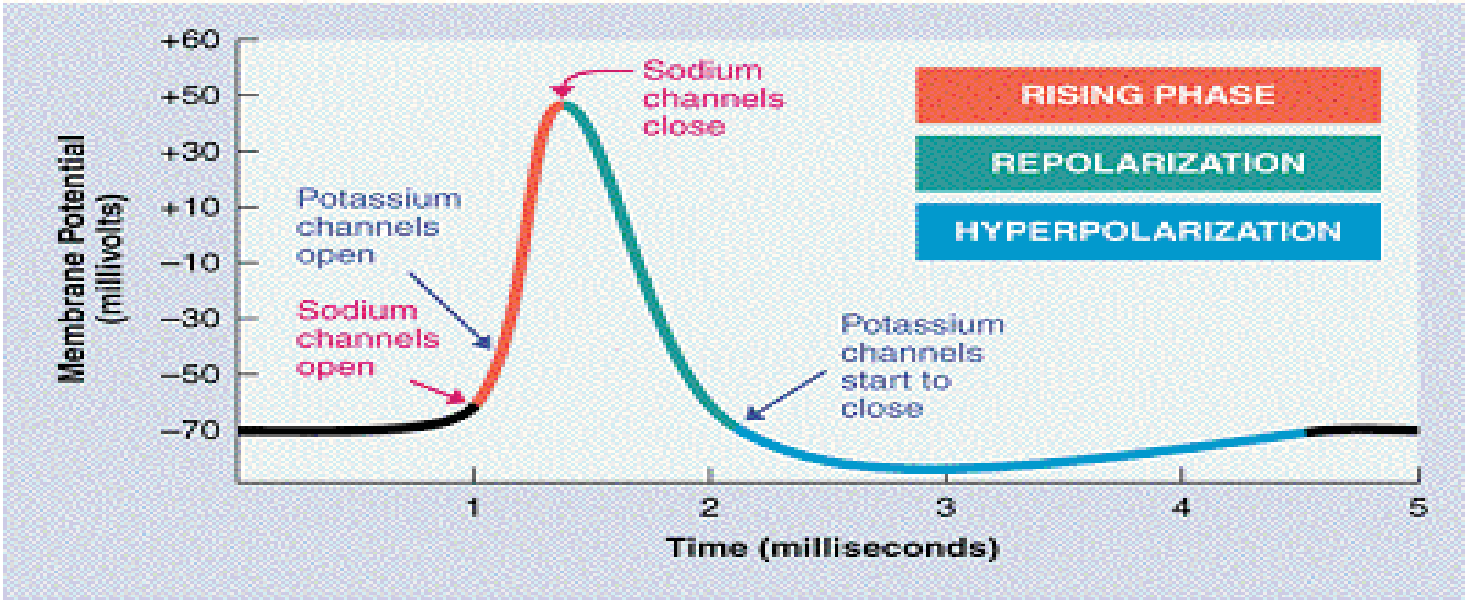
٢ - **حالة التنشيط:** ارتفاع كامن الغشاء من - ٩٠mv متجهاً نحو الصفر يسبّب تبدّلا شكلياً في القناة مؤدّياً لانفتاحها، فتبدأ شوارد البوتاسيوم بالانتشار عبرها نحو الخارج.

تتّصف قنوات البوتاسيوم المُبوَّبة بالفولطاج ببطء انفتاحها، لذلك نجد أنّ انفتاحها يترافق غالبا مع انغلاق بوابات التعطيل الخاصّة بأقنية الصوديوم.

- نقص دخول شوارد الصوديوم والزيادة المرافقة في خروج البوتاسيوم يسرّع بشكل كبير عملية عود الاستقطاب.
- فخلال بضعة أجزاء من العشرة آلاف جزء من الثانية يعود كامن الغشاء بشكل تام إلى قيمته السوية أثناء الراحة.



► Opening and Closing of Voltage-Activated Sodium and Potassium Channels



وبالتالي فالسيالة أو الدفعة العصبية هي:

موجة من إزالة الاستقطاب تنتشر تدريجيا وبسرعة على طول الليف. والتنبيه يزيد من نفاذية الغشاء لشوارد الصوديوم والبوتاسيوم عبر قنوات التسرب والقنوات الخاصة الخاضعة لتأثير فرق الجهد الكهربائي المحلي (القنوات المرتبطة بالفولطية) فتدخله الشوارد سعيا لتحقيق كامنها التوازني، مما يفسر انعكاس استقطاب الغشاء في منطقة تشكيل كامن الفعل أي (الشحنة موجبة من الداخل وسالبة من الخارج).

تعقب التنبيه فترة قصيرة من الزمن تكون خلالها تلك النقطة غير قابلة للتنبيه، وهي تتفق مع زمن دخول شوارد الصوديوم إلى الخلية (طور الحران أو الاستعصاء المطلق)

- وقبل وصول كامن الغشاء إلى مستوى الكامن التوازني لشاردة الصوديوم تزداد نفاذية الغشاء لشوارد البوتاسيوم التي تخرج بحرية من الخلية.

فإذا نبهنا الليف العصبي ثانية في هذه اللحظة، فإنه يستجيب شرط أن تكون شدة المنبه أقوى من السابق ويدعى هذا الطور بـ (طور الاستعصاء النسبي).

أبرز خصائص النقل والتنبه في الخلية العصبية

إن تنبيه ليف عصبون بسلسلة من الصدمات الكهربائية ذات شدات دون العتبة، لا يولد في غشاء الليف كامن فعل أو دفعات عصبية منتشرة، إنما مجرد كمونات موضعية، وتشكيل كامن فعل يتطلب وصول كامن الغشاء إلى المستوى الحرج بتأثير منبهات شدتها فوق العتبة الدنيا أو الريوباز، وتكون استجابة الليف في حدودها القصوى أي كامن الفعل أعظمي، ولا تزداد بازدياد شدة التنبيه فوق العتبي بعدها.

وتجدر الإشارة إلى أنه لكامن فعل نفس النمط من العصبونات نفس الشدّة دائما، بغض النظر عن قوة منبه العصبون، ويحتمل أن ترجع قدرة إحساس الدماغ بقوة المنبه إلى عدد الألياف العصبية المنبهة وتردُّد الدفعات الناتجة عن المنبه.

العلاقة بين قوة المنبه وزمن تاثيره

من أجل الحصول على كامن فعل يتوجب استخدام شدة حدية دنيا من المنبه تسمى الريوباز وتقاس بالميلي فولط، ما دون هذه الشدة لا يمكن الحصول على استجابة مهما زدنا زمن التأثير. ولأن أعصابا مختلفة وظيفيا كان لها نفس الريوباز اعتمد معيار جديد لقياس قابلية النسج للتنبيه هو الكروناكسي ويعرف بأنه الزمن المفيد اللازم للتأثير في نسيج ما عند استخدام تيار شدته ضعفي الريوباز ويقاس بالميلي ثانية.

ظاهرة التحمل والتلاؤم

عند تنبيه الليف العصبي بسلسلة من الصدمات الكهربائية المتزايد قوة التي لا تصل العتبة إلا بعد فترة طويلة، بشكل بطيء، فإن العتبة الدنيا اللازمة لحدوث التنبيه في النسيج تكون أعلى منها في حال تمت زيادة قوة المنبه بسرعة.

التفسير: خضوع الغشاء الخلوي أثناء بدء التنبيه لتأثير عمليتين متعاكستين واحدة تؤدي إلى تشكيل كامن فعل، والثانية تمانع أو تؤخر تشكيل كامن الفعل أو الاستجابة (التلاؤم) وعلى المنبه في هذه الحالة أن يتغلب على التحمل والتلاؤم أولا ومن ثم أن يكون كافيا لإثارة التنبيه.

كلما طال أمد التنبيه قبل أن تصل قوة المنبه إلى الحد العتبوي، كلما زاد رصيد التلاؤم وارتفعت بالتالي العتبة الدنيا المطلوبة لقوة المنبه من أجل إحداث التنبيه.

مكتبة A to Z