كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثالثة

المادة : الفيزيولوجيا الحيوانية

المحاضرة : السادسة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

2024 2025

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2025

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

المحاضرة السادسة

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

المشابك المنبهة أو الإستثارية

وفيها تفتح بعض قنوات الأغشية بعد المشبكية بمجرد اتحاد النواقل الكيميائية مع هذه الأغشية، حيث تخرج شوارد البوتاسيوم طبقاً لمدروج التركيز وعكس المدروج الكهربائي وتدخل كمية أكبر من شوارد الصوديوم، طبقاً للمدروج الكهربائي والكيميائي، ويمكن أن تدخل شوارد الكالسيوم أيضا، ويزول استقطاب الغشاء بعد المشبكي (كامن الاستثارة أو التحفيز بعد المشبكي)

. Excitatory postsynaptic potential **EPSP**

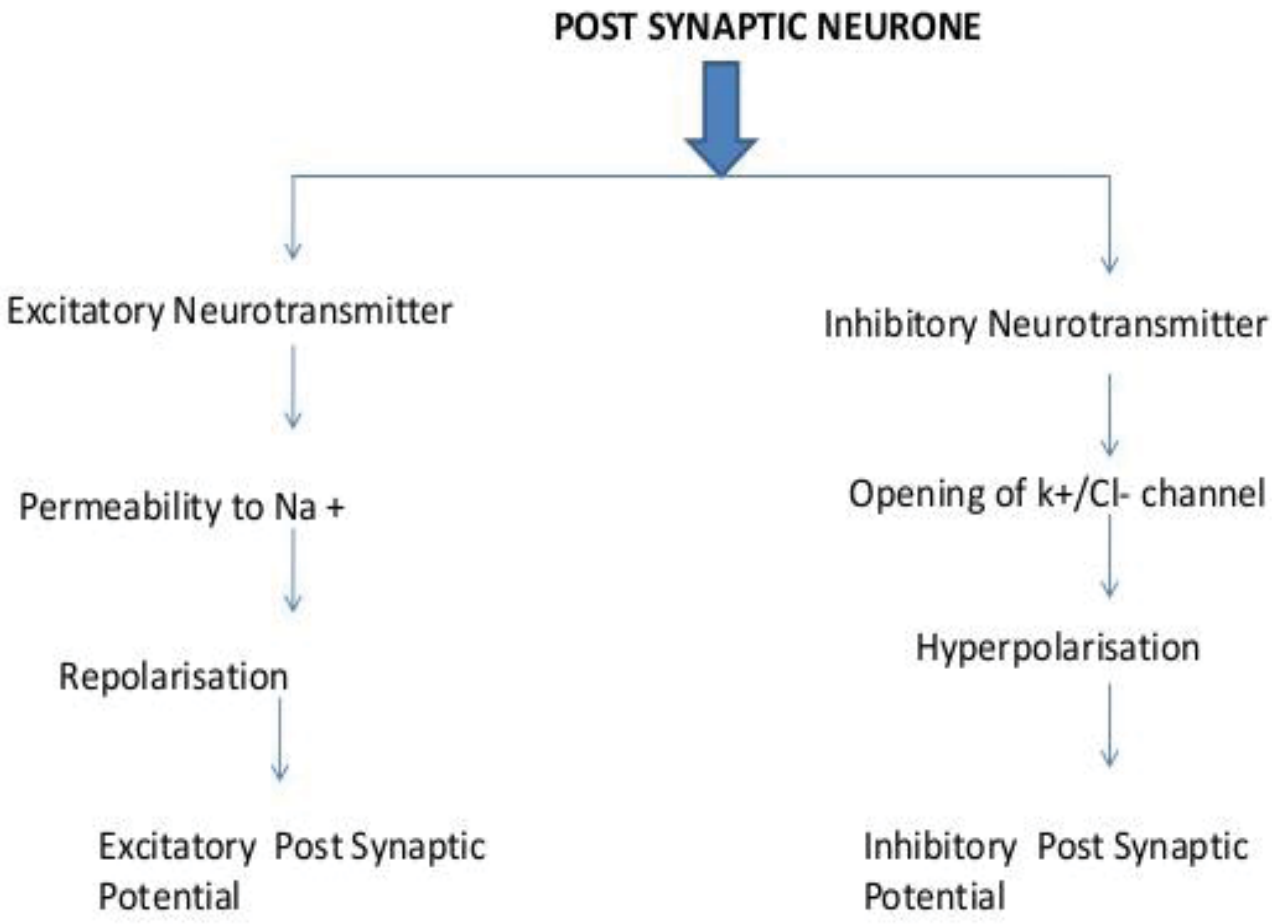
المشابك المثبطة

ونجد في هذا النوع من المشابك أن النواقل الكيميائية المفرزة تحرض بمجرد اتحادها مع الغشاء بعد المشبكي على فتح قنوات الكلور والبوتاسيوم ودخول الكلور وفقاً لمدروج التركيز وخروج البوتاسيوم، وزيادة السلبية داخل الخلية، وفرط الاستقطاب الموضعي(حالة كامن التثبيط بعد المشبكي)

Inhibitory postsynaptic potential-IPSP

وتثبيط انتقال السيالة العصبية عبر المشبك، ومنع تشكل كامن عمل.

Inhibitory postsynaptic potential-IPSP



الكامن قبل المشبكي

يحدث أحياناً أن تتشابك النهاية المحوارية لعصبون ثالث تثبيطي مع النهاية المحوارية للعصبون الاستثاري قبل وصولها إلى المشبك، مسببة إما زيادة ناقلية قنوات الكلورونقص دخول الكالسيوم، ونقص كمية الناقل المثير المتحررة.

أو فتح قنوات البوتاسيوم المبوبة فولتياً وخروج البوتاسيوم ونقص دخول الكالسيوم، أو التثبيط المباشر لتحرر الناقل، والملاحظ أن GABA يعمل بتلك الآلية. ونتيجة لذلك يتطور التثبيط قبل المشبكي ببطء ويستمر لدقائق أو لساعات بينما يتطور التثبيط بعد المشبكي بسرعة ويستمر لعدة ميلي ثانية، والتثبيط قبل المشبكي مفيد في التثبيط الجانبي وتركيز الإشارة.

الكامن الميسر قبل المشبكي

- عندما يكون العصبون الثالث مثيرًا فيحرر ناقل عصبي مثير كالسيروتونين ويؤدي لزيادة AMPc وفسفرة وإغلاق قنوات البوتاسيوم، وإطالة حالة زوال الاستقطاب وإبقاء قنوات الكالسيوم مفتوحة، وبالتالي يزداد دخول شوارد الكالسيوم إلى النهاية قبل المشبك ومن ثم زيادة تحرر الناقل العصبي. وتعتبر هذه العملية أساس عملية التحسيس العصبوني المسؤولة عن الذاكرة والتعلم.

المطاوعة المشبكية والتعزيز طويل الأمد: - حيث تحدث الاستجابة لأيام إثر تنبيه العصبون قبل المشبك والذي يعقب تنبيهات سريعة ومتكررة، مما يسببا ارتفاع تركيز الكالسيوم في خلية العصبون بعد المشبك. يحدث التعزيز طويل الأمد في الحصين الذي تفرز عصبوناته قبل المشبكية الغلوتامات، مسببة دخول شوارد الصوديوم والكالسيوم وازالة استقطاب العصبون بعد المشبكي.

الجمع المتزامن للكمونات و إطلاق الدفعة العصبية

يخضع العصبون بعد المشبكي، في آن واحد، لتأثير العديد من المشابك، البعض منها منبهة تولد EPSP و البعض الآخر مثبطة تولد IPSP .

يعمل العصبون بعد المشبكي على دمج هذه الرسائل العصبية المتضادة التي تصل إليه، حيث يحدث على مستوى القطعة الابتدائية جمع جبري لمختلف الكمونات التي تصل إليها، و تظهر حصيلته في المحور الأسطواني، إما بظهور كامن عمل وحدوث زوال استقطاب، وإما بعدم ظهور كامن عمل، فيبقى المحور الأسطواني في حالة راحة.

يتحدد الإطلاق بمحصلة الدفعات العصبية المحدثة لإثارة كامن الفعل في العصبون بعد المشبك، فإذا تغلبت كمونات الإثارة EPSP التي تزيد من كامن الغشاء على كمونات التثبيط IPSP التي تميل لإنقاص كامن الغشاء أدى ذلك إلى نقل الدفعة العصبية عبر المشبك ، وإثارة العصبون بعد المشبك .

ظاهرة التأخير

يكون انتقال السيالة العصبية في محوار العصبون سريعا جدا، لكن انتقاله عبر المشبك يترافق بتأخر ٠,٥-١ ميلي ثانية

وسببه الوقت اللازم لتحرير الناقل العصبي واتحاده مع مستقبلاته

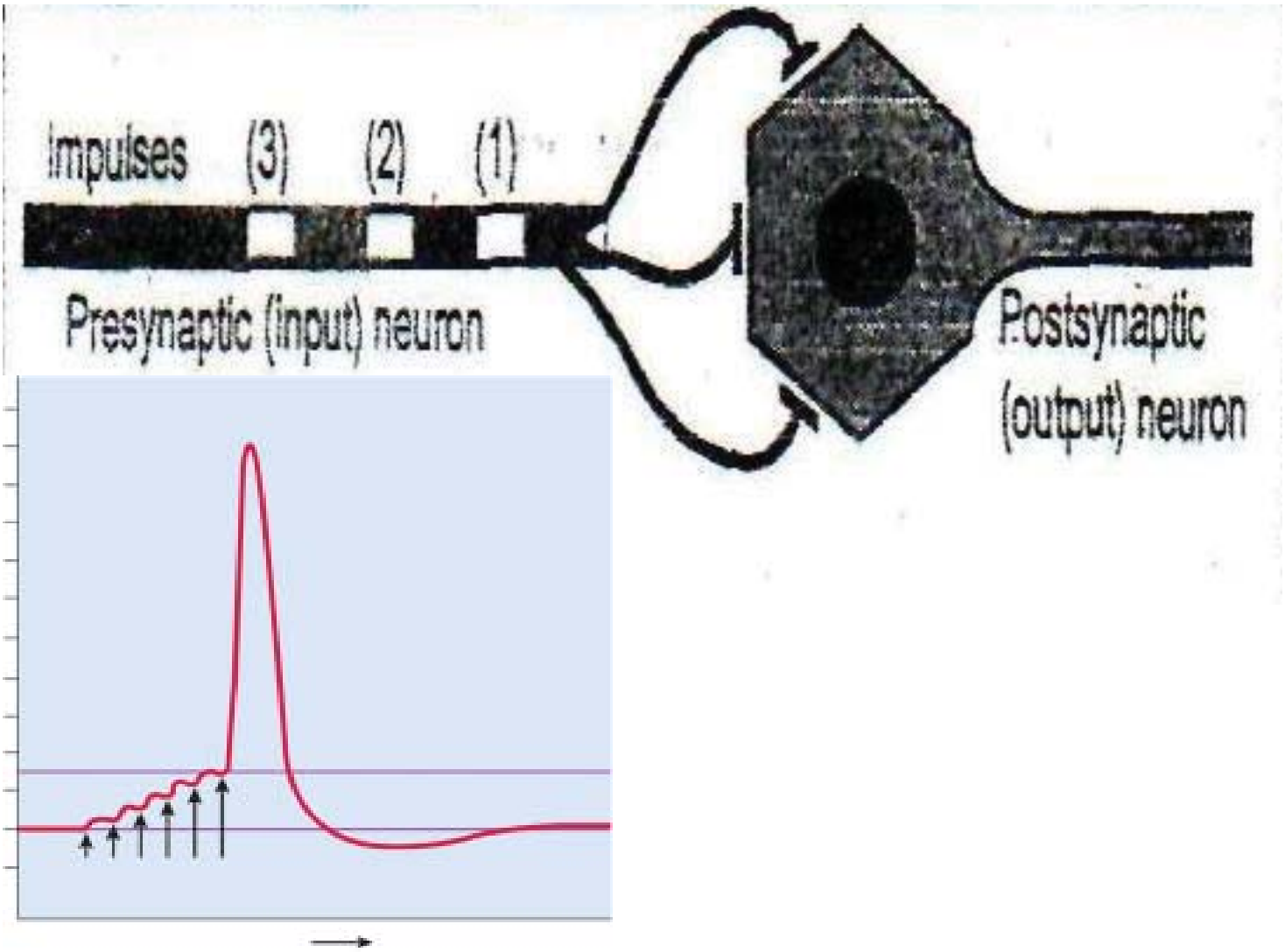
ثم فتح البوابات وتدفق الشوارد ووصول الكامن المشبكي إلى عتبة الإطلاق، وهذا ما يفسر كون النقل الكهربائي أسرع من النقل الكيميائي.

آلية التراكم أو الجمع

لا بد من أجل حدوث كامن الفعل وتنبيه الخلية بعد المشبكية بواسطة النواقل الكيميائية من وصول كمية كافية من هذه النواقل العصبية بآلية التراكم التي تحدث بطريقتين:

١- الجمع الزماني:

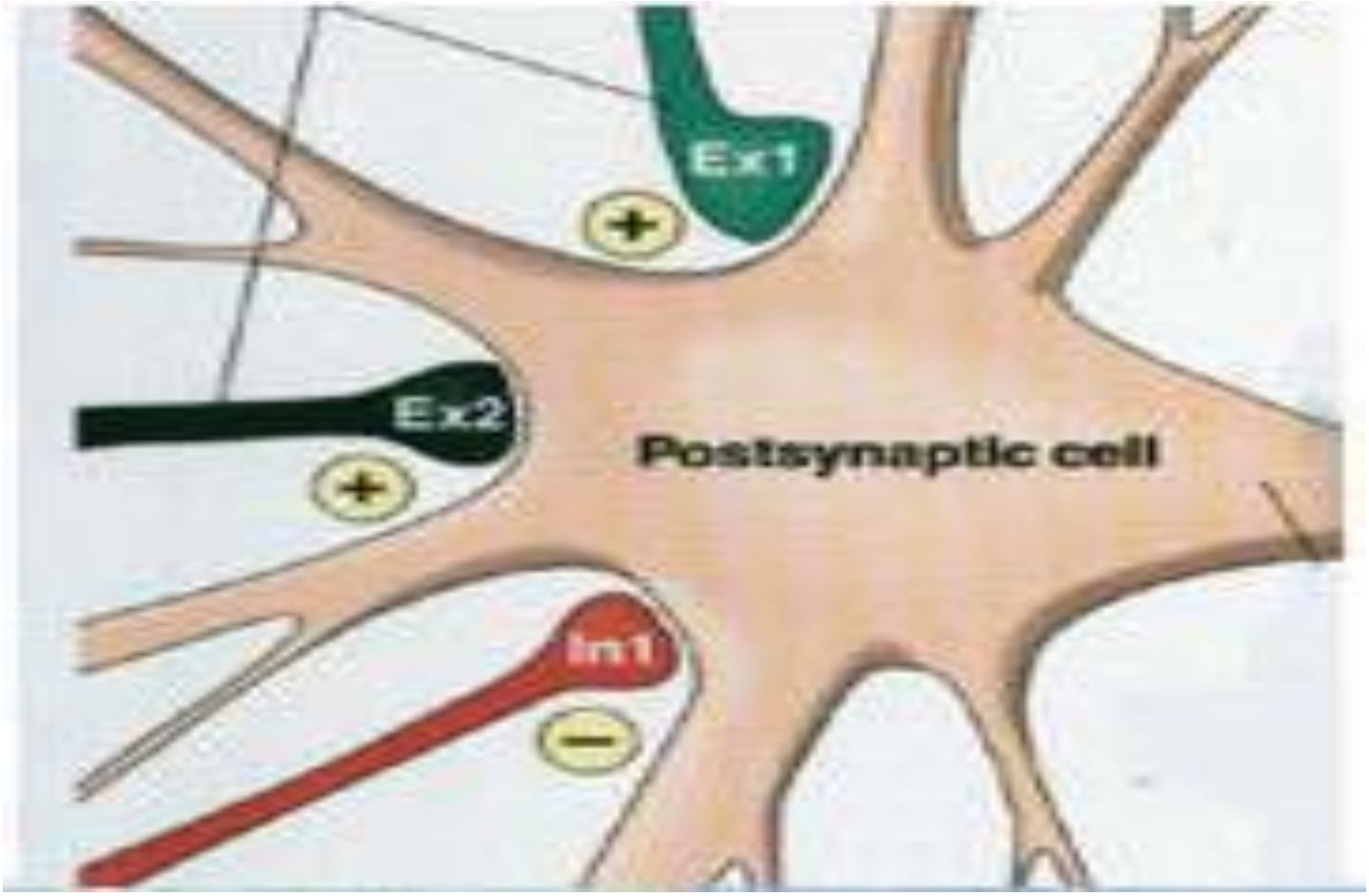
يحدث الجمع الزماني بتوالي التنبيهات أو الدفعات العصبية الواصلة لنهاية المحوار الواحد بسرعة كافية تسمح بجمع تأثير إفراغ أعداد من الحويصلات قبل المشبكية إلى أن تصل إلى عتبة إطلاق كامن الفعل بعد المشبك. تتناسب كمية الناقل العصبي المتحرر، وسعة الكمونات بعد المشبكية طرداً مع تواتر الدفعات العصبية التنبيهية.



٢- الجمع الفضائي أو المكاني

لا يمكن أن يؤدي تفعيل نهاية قبل مشبكية واحدة على سطح العصبون، لتفعيله والوصول إلى عتبة التنبيه. ولا بد للوصول إلى عتبة التنبيه من حدوث التفعيل في مجموعة من العصبونات، وتحريض العديد من النهايات قبل المشبكية بنفس الوقت، ورغم أن هذه النهايات تنتشر على مساحة واسعة، فإنه يمكن جمع تأثيرها حتى تصل إلى عتبة التنبيه (الإطلاق) وبالتالي حدوث كامن الفعل. حيث تصل الدفعات العصبية إلى النهاية بعد المشبكية، من نهايات عدد كبير من المحاويرالتي تفرز نواقلها العصبية بنفس الوقت مراكمة النواقل المنبهة ومجمعة الكمونات بعد المشبكية حتى الوصول إلى عتبة التنبيه التي يثيرها الكامن بعد المشبكي النهائي.

آلية الجمع المكاني



يؤمّن النخاع الشوكي معالجة المعلومات المعقّدة بدمج الرسائل العصبية الآتية من الدماغ (تحكمّ إرادي) ومن مستقبلات حسية أخرى موجودة في العضلة.

يتلقى ويدمج العصبون المحرّك باستمرار مجموعة من الكمونات بعد المشبكية، سواء كانت مثبطة أو منبهة، فيرسل كمونات عمل إذا كان الناتج الإجمالي لزوال الاستقطاب كاف، أما إذا كان الناتج دون عتبة زوال الاستقطاب، فلا يرسل كمونات عمل.

الإعياء والتعب

التعب هو الانخفاض في الاستجابة الناجمة عن النشاط واستمرار الدفعات العصبية الواصلة إلى مشبك ما فترة طويلة من الزمن، حيث تبدأ الاستجابة بعد المشبكية التي كانت كبيرة في البداية بالتراجع تدريجيا مع مرور الوقت(فيما يسمى بالتعب) الذي قد يكون سببه استنزاف النواقل العصبية الكيميائية المتواجدة في النهايات المحورية بتطاول فترة التنبيه وزيادة الاستثارية، أو بسبب تثبيط مستقبلات العصبون بعد المشبك بسبب تراكم نواتج الأيض، أو تراكم شوارد الكالسيوم داخل خلية العصبون بعد المشبك وخروج شوارد البوتاسيوم وفرط استقطاب غشاء العصبون بعد المشبك.

يعتبر التعب آلية وقائية ضد النشاط العصبي الزائدة. وأهم وسائل قطع الاستثارة االشديدة (آلية وقائية طبيعية).

التمكين المتزامن (التسهيل)

هو زيادة في استجابة ما بعد المشبكي الناجمة عن التحفيز قبل المشبكي السابق، الذي قد يكون على المدى القصير، وينجم عن فترة قصيرة من التحفيز منخفض التوتر زيادة مستوى الكالسيوم في الخلايا العصبية قبل المشبكية، مما يزيد من تحرير الناقل، ويزيد من التحفيز الذي يستمر على المدى القصير لبضع ثوان حتى بضع دقائق، أو يكون التحفيز على المدى الطويل بعد فترة قصيرة من التحفيز عالي التردد وتحرير حمض الأراشيدونيك من الخلايا العصبية بعد المشبكية الذي يعمل على الخلايا العصبية قبل المشبكية لإطلاق المزيد من الناقل (الغلوتامات مثلا).

يحدث التحفيز على المدى الطويل في عدة أجزاء من الجهاز العصبي المركزي، وخاصة في الحصين، ويلعب دورا هاما في الذاكرة والتعلم.

النواقل العصبية

- هي مواد كيميائية تنتجها النهايات العصبية قبل المشبكية، وتختزن في حويصلات تتوضع في تلك النهايات وتستطيع الانتشار في جميع مناطق الجملة العصبية بشكل موازي لمستقبلاتها والإنزيمات اللازمة للتصنيع أو التخريب.
- يؤدي تحرير هذه النواقل العصبية صغيرة الحجم سريعة التأثير في الفالق المشبكي بمساعدة أيونات الكالسيوم والمغنيزيوم، إلى تنبيه العصبون بعد المشبكي.
- وقد قسمت النواقل حسب تركيبها الكيميائي إلى ثلاث مجموعات هي:

مجموعة النواقل الأمينية:

كالأمينات الحيوية

مثل الأسيتيل كولين (Ach): يفرز من مناطق واسعة من القشرة الدماغية المحركة والعقد القاعدية، وفي الملتقى العصبي العضلي (كمنبه)،حيث يقوم بتحفيز العضلات الإرادية على التقلص ويلعب دورا في التعلم وتنظيم النوم.

ويفرز في عصبونات الجهاز الإعاشي الودي ونظير الودي (كمثبط قلبي).

أحاديات الأمين: حيث توجد أربعة نواقل عصبية من مجموعة الكاتيكولامينات موزعة على نطاق واسع في جميع أنحاء الدماغ تخفض أو تزيد أنشطة الدماغ المختلفة. وهي:

- **الدوبامين:** يفرز من عصبونات المادة السوداء، وفي الدماغ الأوسط والوطاء وساق الدماغ كمنظم للوظائف الحركية ومنبه نفسي وعاطفي. يساهم بمهمة السيطرة على تناسق حركة الأنسان

النورأ درينالين: يوجد في الجهاز الإعاشي وباحات القشرة المخية وساق الدماغ، والنخاع الشوكي. تشارك نقاط الاشتباك العصبي النورادرينالية في الدماغ في السيطرة على اليقظة والاستيقاظ، كما يساعد في التحكم بالمزاج.

- الأدرينالين: يفرز من لب الكظر الذي يعتبر عقدة ودية. يحفز الجهاز العصبي الودي ويهيئ الجسم لمواجهة الخطر الخارجي.

السيروتونين: ويصطنع في الوطاء والمخيخ والجسم الصنوبري والنخاع الشوكي كمثبط مهم في النوم واليقظة، كما أن تأثيراته السلوكية تثبيطية أيضًا، يلعب دورا رئيسيا في التحكم بالمزاج والإثارة والحلم والنوم وتثبيط الألم، ويؤمن للإنسان الشعور بالطمأنينة النفسية.

الهيستامين: يفرز من الوطاء وقد تفرزه الخلايا البدينة أثناء الالتهابات.

مجموعة الأحماض الأمينية: حمض غاما أمينوبيوتريك GABA المثبط المفرز من خلايا بوركنج في المخيخ، يقوم بتثبيط الخلايا العصبية والدماغ، والغليسين المثبط المفرز من النخاع الشوكي والشبكية، يثبط الخلايا العصبية، وحمض الغلوتاميك المفرز من النخاع الشوكي - ودورهُ مثبط ويوجد في الدماغ.

الغلوتامات: ويوجد في جميع أنحاء الدماغ. تؤدي للEPSPفي الغشاء ما بعد المشبكي، ويقوم بتحفيز التعلم وتنشيط الذاكرة، ولكنها تؤثر أيضًا بشكل مباشر على المحاوير بخفض عتبة الإثارة، يعتبر هذا الحمض مسؤولاً عن ٧٠ % من النقل المشبكي الإثاري في الدماغ. ، يتحرر هذا الناقل بكميات كبيرة عند تجلط الدماغ كما إنه المسؤول عن التخرب الدماغي في الإحتشاء ات الدماغية

-**الميلاتونين** يساهم بتنظيم النوم، ومواسم التكاثر عند الفقاريات.

حمض غاما أمينوبيوتريك المثبط والمنتشر على نطاق واسع في جميع أنحاء الدماغ والنخاع الشوكي.

الغليسين : ناقل عصبي مثبط تفرزه مشابك في النخاع الشوكي وجذع الدماغ، ويعمل على التثبيط بعد المشبكي بزيادة ناقلية قنوات الكلور.

مجموعة عديدات الببتيد: وهي تتحرر بكميات صغيرة نسبياً بالمقابل فإن فعاليتها أقوى وفترة تأثيرها أطول، ومن هذه التأثيرات الإغلاق المديد لقنوات الكالسيوم، والتغيير المديد في استقلاب الخلايا وفعالية الجينات في النواة، وفعالية المستقبلات التي قد تستمر أياماً وسنوات.

تضم هذه المجموعة، **الاندورفين** المثبط المفرز من الوطاء والنخامية،

السوماتوستاتين المثبط المفرز من الوطاء والبنكرياس والشبكية،

المادة (P): المثبطة المفرزة في الدماغ الأوسط والوطاء والقشرة والانوية القاعدية ، وسيط لانتقال الألم.

الانكيفالينات: نواقل هامة وتدعى المواد الأفيونية الداخلية لأنها مهمة لتخفيف الألم والشعور بالمتعة، واكتشف الباحثون السبب في أن العقاقير مثل المورفين والهيروين تسبب الإدمان وذلك لأنها تعمل على المشابك الأفيونية التي تحدث بشكل طبيعي والتي عادة ما تحفزها المواد الخاصة بالمخ كالانكيفالينات.

تركيب واصطناع النواقل العصبية:

يركب الكثير من النواقل في جسم خلية العصبون لتنتقل إلى النهاية المحوارية وتفرعاتها الانتهائية ، وتحرر في الفالق المشبكي، ويمكن أن تركب بعض النواقل في النهايات العصبية المحوارية مثل الأسيتيل كولين والكاتيكولامين، بينما تركب الببتيدات في أجسام الخلايا فقط ، مما يفسر حاجتها لوقت طويل حتى تصل إلى النهايات المحوارية .

تحتوي خلايا الدماغ على مستوى ثابت من النواقل العصبية حتى أثناء الصيام في الظروف الطبيعية . لكن هذا الإنتاج من النواقل العصبية يضطرب فيزيد أو يقل لأسباب مرضية أحيانا.

وقد صنفت النواقل العصبية الثلاثة (دوبامين ، نورأدرينالين ، أدرينالين) في مجموعة الكاتيكولامينات . حيث تقوم الخلايا العصبية بتركيب الدوبامين، ولدى خلايا أخرى انزيم إضافي يحول الدوبامين إلى نور أدرينالين، لتقوم ثالثة بتحويل الأخير إلى أدرينالين . حيث تصطنع هذه النواقل ابتداء من المواد الغذائية وتحديدا من مادة الفينيل آلانين .

- ويتركب الأسيتيل كولين ACH من مركب الفيتامينB وحمض الخل والكولين الذي يستحصل من الغذاء أو الاستقلاب ، ثم يتفاعل هذا الأخير مع الأسيتيل كوأنزيم Aليشكل الأسيتيل كولين،ويصطنع السيروتونين من التربتوفان، لكنه يحتاج لنظام نقل خاص من أجل تأمين وصوله إلى خلايا الدماغ، نظرا لمنافسة الأحماض الأمينية الأخرى في الدخول إلى هذه الخلايا .
- ويلاحظ انخفاض مستواه في خلايا الدماغ بعد وجبة غنية بالبروتين، إذ يعتبر تناول السكريات مهما من أجل تقليل هذه المنافسة بزيادة إفراز الأنسولين الذي يرتبط ببعض الأحماض الأمينية وينقلها إلى داخل الخلايا الجسمية.

تحرر الناقل العصبي

يحرر العصبون أثناء الراحة ، وبين حين وآخر كميات قليلة من الناقل العصبي في الفالق المشبكي يدعى كل منها بالكم ، ويحتوي الكم الواحد من الأسيتيل كولين على ١٠ آلاف جزيء على الأقل.

- عند التنبيه ونزع الاستقطاب وتشكل الشوكة الكامنية ، تزيد الكمية المحررة من الناقل العصبي على شكل مضاعفات الكم.

يعتمد تحرير الناقل العصبي على عوامل أخرى، إضافة لنزع الاستقطاب، فهو يتيسر بوجود شوارد الكالسيوم ويتثبط بشوارد المغنيزيوم.

حيث يتم تحرير الناقل إلى الفالق خارج الحويصلات، ويصل الناقل إلى مستقبلاته بعد المشبك خلال ٠,٥-٢ميلي ثانية .

تفاعل الناقل العصبي مع الغشاء بعد المشبكي

- يستخدم الدماغ عشرات النواقل العصبية، ومعظم العصبونات تحرر ٢ أو ٣ من النواقل العصبية أو أكثر . حيث يمكن للعصبون أن يحرر ناقلا عصبيا واحدا في وقت ما، ويحرر ناقلا آخر في وقت آخر، وبتحرير العصبون لأكثر من ناقل يمكنه إرسال رسائل أكثر تعقيدا. حيث ينشط الناقل أو يثبط العصبون بعد المشبكي منافسا ناقلا آخر ومعدلا من هذا التأثير لاحقا.
- كما أنه يمكن للعصبون أن يتأثر بعدة نواقل فيستجيب لتأثير ناقل كالأسيتيل كولين المحرر من فالق مشبكي لهذا العصبون، ويتأثر بالسيروتونين في فالق آخر لهذا العصبون، وبغابا في فالق ثالث..

المعدلات العصبية

يكون التأثير الشاردي للناقل العصبي في العصبون بعد المشبكي سريعا قصير الأمد، حيث تفتح بوابات انتقال الشوارد خلال ١٠ ميلي ثانية، وتبقى هذه البوابات مفتوحة فترة ١٠-٢٠ميلي ثانية.

تفيد هذه **التفاعلات الشاردية** في إعطاء معلومات تتغير بسرعة مثل الرؤية والسمع وحركة العضلات.

كما تسبب النواقل العصبية أيضا **تفاعلات استقلابية** تكون أكثر بطئا وتعقيدا، تأثيرها مماثل لتأثير الهرمونات، تدوم فترة أطول من التفاعلات الشاردية، ويبدأ تأثيرها بعد ٣٠ ميلي ثانية من تحرر الناقل العصبي، ويدوم لدقائق أوساعات.

- عندما يظهر الناقل العصبي تفاعلا استقلابيا يسمى معدلا عصبيا، إذ يرتبط مع المستقبلات البروتينية للإنزيمات على الغشاء بعد المشبكي، مغيرا من الطبيعة الكيميائية للمستقبل، ومؤديا لتشكيل الأدينوزين أحادي الفوسفات الحلقي(الرسول الثاني)، الذي ينشط تغيرات معقدة في البروتينات المجاورة ويفعل عمليات خلوية متعددة كالاستقلاب، وقد يحرض المورثات الخلوية على زيادة تصنيع مستقبلات إضافية للعصبون بعد المشبك.

- وهذه التغيرات في عدد المستقبلات تعدل من استجابة العصبون بعد المشبك على التنبيهات الواردة.
- تسمى النواقل العصبية التي تنبه هذا النمط من المستقبلات المعدلات المشبكية Synaptic modulaters
- ويستمر تأثيرها لأيام أو أسابيع أو أكثر. يمكن لبعض المواد كالدوبامين أن تتصرف كمعدل عصبي أحيانا وكناقل عصبي شاردي أحيانا أخرى، تبعا لنوع المشبك.
- **التخلص من النواقل العصبية:** لا يستمر الناقل في مكانه على الغشاء بعد المشبك لمدة طويلة، ولا تستمر إثارته أو تثبيطه للعصبون بعد المشبك. وللمشابك المختلفة طرق مختلفة لتعطيل نواقلها العصبية وإبطال مفعولها.

طرق التخلص من النواقل العصبية

- ١- استقلاب الناقل ضمن الفالق المشبكي إلى مركبات غير فعالة، كالأسيتيل كولين الذي تتم حلمهته بعد تنشيطه للمستقبل بوساطة الإنزيم كولين إستيراز الذي يقع في الغشاء بعد المشبك إلى حمض خل وكولين، عديمي التأثير في المستقبل.
- ٢- لا تتحطم الكاتيكولامينات والسيروتونين إلى أجزاء عاطلة في الغشاء بعد المشبكي، بل تنفصل مباشرة بعد أن تحدث تأثيرها ويعاد امتصاصها بوساطة النقل الفعال من قبل الغشاء قبل المشبكي.
- ٣- الانتشار المنفعل للناقل الكيميائي خارج الفالق المشبكي نحو السوائل المحيطية ومجرى الدم، حيث تتحطم بواسطة الإنزيمات إلى مواد عاطلة.

انتقال التنبيه من خلية لأخرى

يعتمد عبور السيالات من عصبون إلى آخر على النواقل في المشابك العصبية والتي تسبب حدوث كامن مشبكي يختلف في خصائصه عن كامن الفعل قبل المشبك. فالعصبون الواحد قد يتلقى عدة دفعات عصبية ترد إليه من عدة عصبونات مما يسمح بإمكانية حدوث تبادل تأثير بين هذه الدفعات، ويسبب وصول الدفعة العصبية لنهاية المحور زيادة في نفاذية غشاء القسم الانتهائي من المحور لشاردة الكالسيوم التي تنشط حركة الحويصلات المشبكية باتجاه الغشاء قبل المشبك، حيث تلتصق الحويصلات به لتفرغ محتوياتها ضمن الفالق المشبكي، تتحرك جزيئات الناقل في الفالق باتجاه الغشاء بعد المشبك للارتباط بمستقبلاتها النوعية على سطحه. وبمجرد ارتباط الناقل والمستقبل يحدث تغير طفيف في قابلية نفوذ الغشاء بعد المشبكي لشوارد الصوديوم، فيدخل الصوديوم ويخرج البوتاسيوم مسببا تيارات كهربائية بعد مشبكية ضئيلة تدعى الكمونات بعد المشبكية التنبيهية EPSP مخفضة كامن الغشاء بعد المشبكي موضعيا.

يستمر هذا الانخفاض حتى سوية معينة (العتبة) يتحول عندها الكامن بعد المشبكي التنبيهي إلى كامن فعل عند الحد الفاصل بين القسم المستقبل والقسم الناقل من العصبون .

أما عند انتقال السيالات العصبية في مشبك مثبط ، فإن الحويصلات المشبكية تتحرك بتأثير كمونات الفعل في الغشاء قبل المشبكي حيث يتحرر الناقل العصبي في الفالق، مشكلا معقد (ناقل مستقبل) والذي يغير من نفوذية الغشاء بعد المشبكي، إلا أن التحرك الشاردي في هذه الحالة يخص البوتاسيوم والكلور فقط مسببا فرط استقطاب الغشاء وكامن مثبط بعد مشبكي، والذي يحول دون تشكيل كامن فعل عند الحد الفاصل بين القسم المستقبل والقسم الناقل في العصبون IPSP .

العوامل المؤثرة على النقل المشبكي:

يتغير تركيب السائل الداخلي (الدم والسائل الدماغي الشوكي) بعدة عوامل:

أ- تأثير الرقم الهيدروجيني في النقل المشبكي: فالنقل المشبكي حساس لتغيرات باهاء السائل الداخلي فالقلاء يعزز النقل المشبكي.

ب- تأثير نقص الأكسجة: يثبط نقص الأكسجين النقل المشبكي ويطيل الوقت الانعكاسي نتيجة تراكم نواتج الأيض الحامضية.

ج - نقص سكر الدم: يثبط النقل المشبكي.

د- الهرمونات: تيسر أو تثبط النقل المشبكي تبعاً لنوع الهرمون.

ه التوازن الشاردي: فنقص الكالسيوم يؤدي لتيسير النقل المشبكي.

و- مركبات عضوية أو كيميائية:

تعزز مركبات الكافيئين، الثيوفيلين والثيوبرومين الموجودة في القهوة والشاي النقل المشبكي، وتزيد استثارة الخلايا العصبية عن طريق خفض عتبة الغشاء، وعن طريق منع التأثيرات المثبطة للأدينوزين فيتم تحرير المزيد من الدوبامين والأسيتيل كولين.

مسارات الرسائل العصبية

السبل البسيطة

يعمل الجهاز العصبي عبر سُبل محددة وثابتة بين العصبونات تسمى الدارات العصبية. ومن أبسطها ما يسمى بالمُنْعَكس، وهي استجابة تلقائية لا إرادية لأحد المنبهات لا يتدخل فيها الدماغ. حيث يربط المنعكس بين عَصْبونات مُستَقْبلة ومستفعلة ويمر عبر النُّخاع الشوكي.

ومن أبسط هذه المنعكسات مُنْعكَس الركبة الذي يمكن مشاهدته بعد طرق خفيف على الوتر تحت الرضفة.

السُبل المعقّدة

تدخل إحدى عصبونات الترابط بين العصبونات الحسية والحركية. وقد يتصل عصيون الترابط بمجموعة من السبل العصبية المعقدة التي قد تصل إلى الدماغ. ومن هذه المنعكسات: الانسحاب من أحد المنبهات المؤلمة، مثل ما يحدث عندما يضغط شخص ما بقدمه الحافية على جسم حادّ.