الأساس الفسيولوجي لعمل الجهاز العصبي

تعتمد الحشرة في تنظيم علاقتها مع بيئتها الخارجية على خلايا قابلة للاستثارة الكهربائية (خلايا حسية) وهذه الخلايا تدرك المنبه وتطور المعلومة وتتعاون بقدراتها على تبادل التفاعل الكهربائي لتنظيم الاستجابة من خلال استخدامها لمطلقات الطاقة (طاقة تذبذب الجزيئات)، حيث إن العصب المستقبل يزداد فيه اضطراب البروتوبلازم تجاه المنبه فتنطلق طاقة تعرف بطاقة التنبيه تتحول إلى طاقة كهربائية تسافر محمله بالمنبه عبر الجهاز العصبي لأصدار الأمر الأستجابى ثم تنتقل منه الى الجهاز العضلي لأداء دور محدد (رد فعل أنعكاسي) , ويتم تكبير طاقة التنبيه وانتقالها اعتمادا على تغير نفاذية الأيونات.

جهد الفاعلية: ازاله الأستقطاب

عند حدوث تنبيه خارجي او داخلى للمستقبلات الحسيه العصبية يحدث خلل في نفاذية كل من أيونى الصوديوم والبوتاسيوم (أيونات موجبة) والكلوريد (ايون سالب يتواجد بتركيز عالى داخل سيتوبلازم الخلية) بين جسم الخلية (سيتوبلازم الخلية) والخلايا المغلفة لها وهى:

1- البرينوريم : طبقة رقيقة من الخلايا المغلفة توجد أسفل الصفيحة العصبية ووظيفتها هو السماح بمرور الغذاء من الدم إلى الأنسجة العصبة وتنظيم مرور إيونات البوتاسيوم والصوديوم.

2- خلايا جليال Glial cells

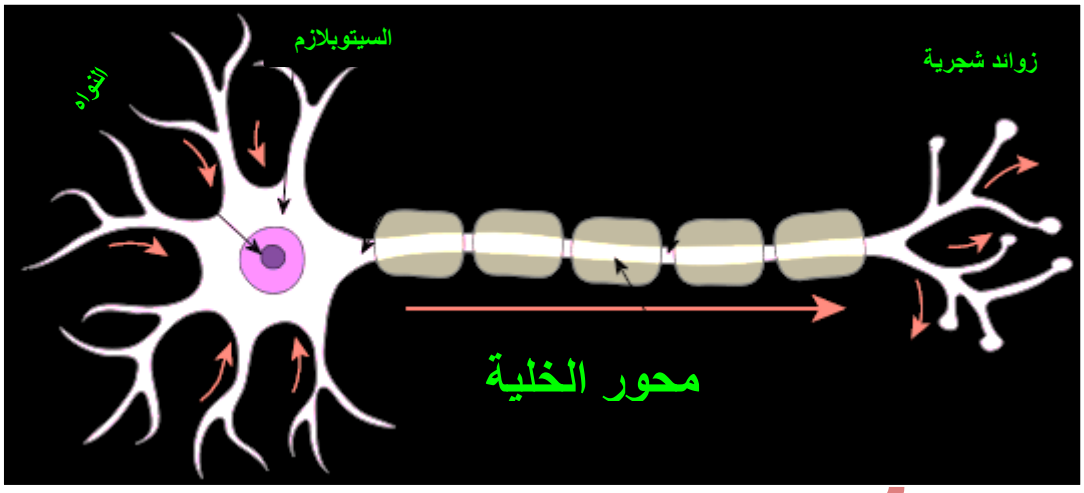
توجد في صورة طبقة واحدة أو عديد من الطبقات من الخلايا التي تحيط

أ.د جمال البرامونى

بجسم الخلايا العصبية لتكون عازلاً واقياً وتغلف أيضاً الأفرع الجانبية للمحاور العصبية العائدة للخلايا العصبية المحركة لعزلها عن بعضها ولكن هذه الخلايا لا توجد في أماكن التشابك العصبي Synapses , والسائل الموجود في المسافات بين الخلوية لخلايا جليال يلعب دور هام في التوصيل العصبي ويتميز هذا السائل بأن تركيز الصوديوم والبوتاسيوم أكبر من الكلوريد.

يتميز غلاف الخلية العصبية بقدرته الاختيارية على نفاذ أيون الصوديوم أكبر من أيون البوتاسيوم داخل سيتوبلازم الخلية العصبية وهذا يجعل سيتوبلازم الخلية أقل شحنه سالبة مع زيادة ايجابية فى جهد غشاء الخلية مما يؤدى الى توالد فرق فى الجهد يزيد من دخول ايون الصوديوم حتى يصل جهد الغشاء الكهربى الى 40mv ونتيجة فرق الجهد يحدث فراغ كهربائي ينشأ عنه إشارة عصبية تعبر عن المعلومة المنبه للخلية العصبية (مايسمي تشفير للمعلومة) ثم تنقل هذه المعلومة فى صورة إشارة عصبية من مكان توالدها إلى الجهاز العصبي المختص بالمنبه اعتماداً على مقدار الشحنة الكهربائية التي تتطور إلى طاقة استقبال وجهد موضعي يعمل على تكبير وانتقال المعلومة (الأشارة) وعند وصول الإشارة العصبية إلى مكان تأثيرها ووصولها إلى مستوى بداية التأثير تحدث الاستجابة العصبية في صورة رد فعل انعكاسي في شكل حركة أو إفراز لأداء وظيفة محددة يتوقف بعدها العضو المتأثر عن الاستجابة.

أ.د جمال البرامونى



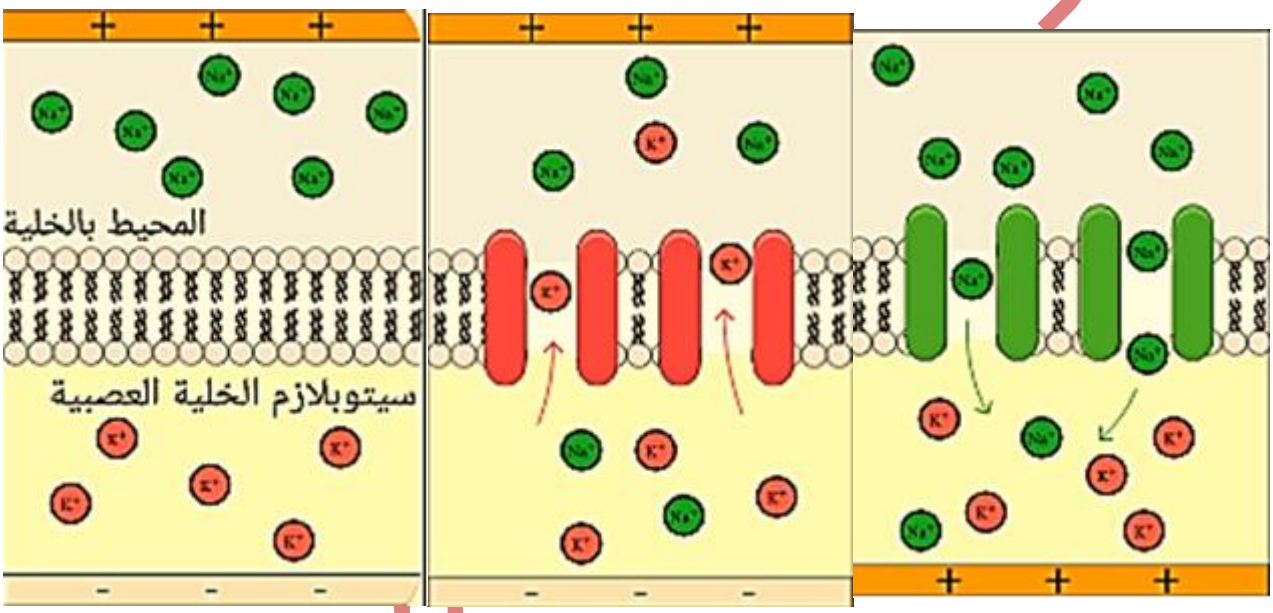
أعادة الأستقطاب:

عندما تصل الشحنة الكهربائية الى 40 ملى فولت يصبح أيون الصوديوم غير قادر على النفاذ الى داخل الخليه فيدخل بدل منه أيون البوتاسيوم ليصبح تركيزة داخل السيتوبلازم أكبر من خارج الخلية ثم يحدث له انتشار للخارج (نظريه الأنتشار) وعندها يزداد سالبية سيتوبلازم الخلية نتيجة ايون الكلوريد (السالب) فيحدث اعادة استقطاب حيث يتحول جهد غشاء الخلية من موجب الى سالب ومع استمرار نفاذ ايون البوتاسيوم خارج الخلية يصبح جهد الغشاء أكثر سالبية من جهد الراحة (70ملى فولت) وهذا مايعرف بفرط الاستقطاب وهذا يعيد تنظيم مرور ايونات الصوديوم والبوتاسيوم لاعادة الغشاء الى جهد الراحة (-70mv) وهذة الفترة تعرف بفترة الجموح وهى لاتتعدى اجزاء من الثانية لاتستجيب فيها الخلية العصبية لاى مؤثر (هنا تنكسر الأشاره العصبية وتتجهز الخلية لتنبية آخر مستقبلى) .

جمال البراموني

جهد الراحة :

وفية يكون تركيز ايون الكلوريد أعلى داخل الخلية مع اذدياد خروج ايون الصوديوم ودخول ايون البوتاسيوم ثم اعادة انتشار ايون البوتاسيوم خارج الخلية مما يجعل الحيز الخارجى المحيط بالخلية أكثر شحنة موجبة من سيتوبلازم الخلية ويصبح الغشاء فى حاله استقطاب ينتج عنها جهد راحة (-70mv) وهذا يقلل من جهد الغشاء ويزداد سطح الخلية بالشحنة الموجبة.



ازاله الأستقطاب الأستقطاب جهد الراحة

جهد الفاعلية

عند تنبية أعضاء الحس كيميائيا أو ميكانيكياً تنفعل مما يؤدي إلى نقص في قدرتها على بلمرة سائل الجسم وهذا يعمل على تقدم الإشارة العصبية إلى المركز العصبي ولابد من إعادة الشحن خلال جزء من الثانية وخلال هذا الجزء ينتقل المنبه في صورة تفريغ كهربائي يتناسب مع نوع وشدة المنبه. وبناءاً على ذلك فإن المنبهات تنتقل خلال المستقبلات اعتمادا على التباين في فرق الجهد الناشئ عن فعل المؤثر.

- **النقل العصبي Conductivity**

تتوالد الإشارة العصبية عندما تنبه المستقبلات الحسية (مثل الشعرة الحسية خارجياً أو الخلايا الأفرازية داخلياً) ثم تنتقل من مكان توالدها إلى الجهاز العصبي المختص بالمنبه وذلك للإحساس بالمنبه وترجمته في صورة رد فعل انعكاسي ينقل إلى مكان التأثير فى شكل اشاره عصبية مؤثرة حيث توجد خلايا عصبية حركية تحدث رد الفعل الانعكاسي.

وتوجد فى النقل العصبي خلايا عصبية ثالثة هي الخلايا العصبية المجمعة التي تربط كل من الخلايا الحسية بالخلايا المحركة على طول امتداد الجهاز العصبي لنقل الإشارة العصبية.

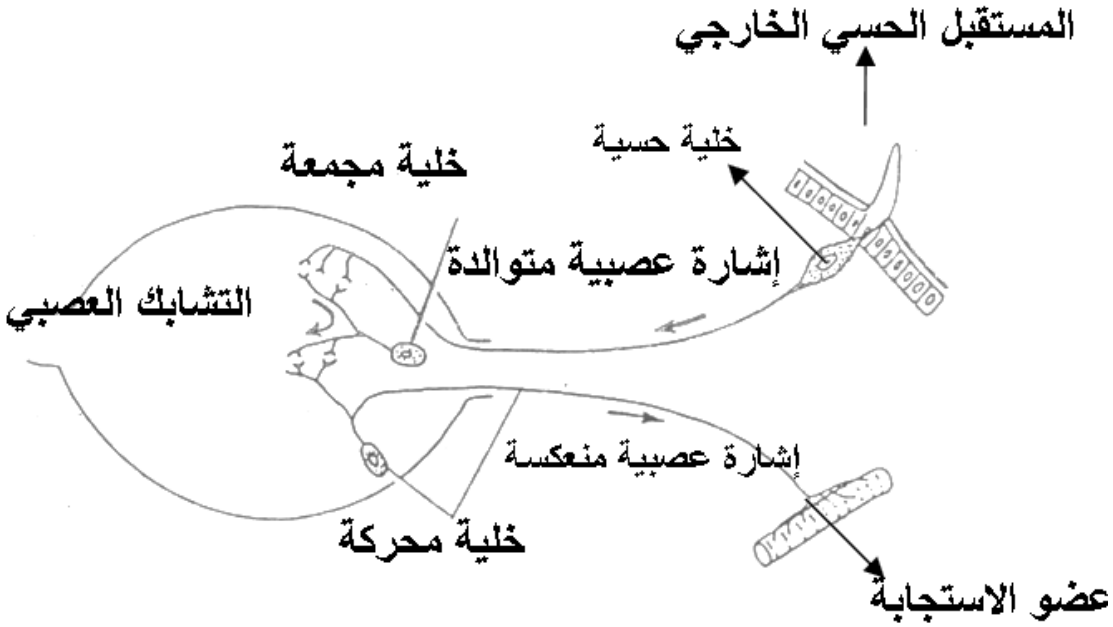
خلال انتقال الإشارة العصبية بين الأنواع الثلاثة من الخلايا يقابلها فراغات عصبية تعرف بالتشابك العصبي Synapses، هذه الفراغات تشكل عائق في نقل الإشارة العصبية ومنع حدوث رد فعل انعكاسي ولكنها وقت النقل العصبي تملئ بمادة كيمائية تعرف بالأستيل كولين وهي مادة النقل العصبي عبر الفراغ العصبي يتم من خلالها نقل الإشارة العصبية إلى الجهة المقابلة حتى تصل إلى

أ.د. جمال البرامونى

الجهاز العصبي المختص بالمنبه ثم تساهم في نقل الإشارة العصبية الانعكاسية إلى مكان التأثير لحدوث رد فعل انعكاسي تجاه المنبه وبعدها يتم تحطيم هذه المادة لعدم استمرارية نقل الإشارة العصبية بواسطة إنزيم الكولين إستريز وأيضاً لمنع فقد الطاقة المستخدمة في نقل الإشارة العصبية.

- **الأفعال الانعكاسية:** هي أفعال ناتجة عن رد فعل سريع تجاه منبه وتزول بزوال تأثير المنبه.
- **الأفعال الإرادية(الثابتة):** هي أفعال متتابعة تحدث بصفة دورية ومستمرة لأداء وظائف تخدم نشاط الحشرة اليومي مثل تنظيف قرن الاستشعار بصفة دورية.

أ. جمال



استجابة مابعد التقاطع Post – synaptic responses

يطلق على التغير الذي يحدث فى جهد الغشاء فيما بعد التقاطع فى الجهاز العصبي المركزى بـ :

1- الجهد المثار فيما بعد التشابك Excitatory post synaptic potential (EPSP) , عندما يكون محدث للتفريغ عندما يكون محدث للتفريغ (ازاله الأستقطاب).

2- الجهد المثبط فيما بعد التشابك Inhibitory post synaptic potential (IPSP) عندما يكون محدث للاستقطاب (جهد الراحة).

التكامل Integration

يتحقق التعاون والتحكم فى عمل ونشاط الخلايا والاعضاء بما فى ذلك السلوك عن طريق التكامل الحسي والهرموني, ويحدث التكامل عندما لايكون التعبير الخارج out put مماثلا للداخل in put ولكنةيكون جزء من وظائفة, فالمعلومة الداخلة والتى تم تشفيرها تفصيلاً بواسطة النقل العصبي يجب إعادة تفسيرها وترجمتها, وقد يتم تحوير المعلومة بواسطة النظم المختلفة فى الجهاز العصبي المركزى.

الميكانيكية الرئيسية لهذا التحوير هى التكامل السينابسي, الذي يعنى التفاعل المعقد بين الخلايا نتيجة النشاط فى التشابكات ونتيجة هذة العمليات قد تكون :

1- مستقرة ومستمرة وتؤدى الى التعلم والخبرة, بمعنى ان هذة المعلومة قد تستخدم لرد فعل مباشر.

أ.د. جمال البرامونى

2- تتقرر على هيئة رد فعل منظم يتم بواسطة برنامج يشمل نشاط خلايا عصبية داخلية (هرمونات) مع الجهاز العصبي المحيطي المستقبل الذي يوجه تأثير التعبير الخارج.

وفى كلتا الحالتين فأن الاوامر التى تصدر يعاد تشفيرها اما على هيئة استجابات سلوكية معلنة او تغيرات داخلية منظمة.

الترجمة Decoding

بعض الخلايا العصبية المتداخله والمتضامنه معاً يكون لديها معلومات للاستجابة لطرز معينة من التأثيرات الحسية القادمة من المستقبلات الحسية .

أ- الاستجابة الخاصة بعضو الشم على قرن الاستشعار للصرصور الامريكى يتمثل فى سبع انواع من الخلايا العصبية الكيميائية ويرتبط بها خلايا عصبية توجد فى الفص الشمى للمخ وهى نوعان:

الاول: منها له نشاط ذاتى يتأثر بالاشارات القادمة من عضو الاستقبال المتأثر بمنبهات ميكانيكية او حرارية او روائح كيميائية.

الثانى: يستجيب بالاستثارة فقط للروائح الكيميائية ويستطيع تميز الروائح الكيميائية وهى بذلك اكثر تخصصاً

ب- النظام الشمى للجراد الصحراوى يتكون من أربع أنواع من الخلايا العصبية الداخلية والتى تستجيب بطرق مختلفة للاشارات القادمة من عضو الحس المستقبل.

ج- الخلايا العصبية الداخلية للابصار تظهر تأثيرات متشابه حيث تظهر استجابات تفصيلية للحركة فى مجال حقل الابصار العام من خلال حركات

أ.د. جمال البرامونى

توجيهية تتعلق بتحديد الموقع والاتجاة، وعادة يكون نشاط تلك الخلايا مرتبطاً بوسائل السلوك الطبيعي لدى الفرد ونوعيه استجابتة.

التكامل السينابسي Synaptic integration

لفهم طبيعة عمله المعقدة سنتعرف على عناصر التكامل السينابسي:

1- الجمع واليسر Summation and Facilitation

الجمع: عندما تكون الاشارات العصبية ناتجة من خلايا عصبية عديدة قبل التشابك يحدث تجمع مكانى فى الموقع ولكن اذا كانت ناتجة من خلية عصبية واحدة يحدث لها تجمع وقتى.

اليسر: يختلف عن الجمع فى ان الاشارات العصبية المتلاحقة تتزايد من حيث قوة تكبيرها وشدتها وحدوث تجميع لها بحيث تصبح قدرة اغشية مابعد التشابك على التغير تتم بسرعة اكبر.

2- التعود Habituation

عندما يتكرر منبة بنفس القوة يصبح تدريجيا آقل فاعلية بحيث ان قوة الاستجابة السلوكية تقل تدريجيا.

تم دراسة ذلك من خلال أدراك الحركة الجانبية التنازلية فى الجراد, حيث توجد مجموعة من الخلايا العصبية الداخلية بكل عين مركبة وهى حساسة بصفة خاصة لحركة الاشياء الصغيرة التى تنبة جزء من الشبكية, ومع تكرار التنبية يحدث التعود سريعا وقد يستمر لعدة ساعات وعندما يتحرك الجراد حركة حقيقية بحيث يؤثر المنبة فى جزء اخر من العين يحدث بعدها مباشرة كسر للتعود.

أ.د. جهاد البرامونى

التعود وكسر التعود كلاهما يحدث فى مواقع مختلفة فى الجهاز العصبي.

وقد يحدث توقف عن كسر التعود رغم ان تنبية الشبكية يتعرض عندئذ للتبديل معطيا ظروف مناسبة لكسر التعود, فالجراد يقوم بتنظيف قرن الاستشعار كحركة متعود عليها وهو فى هذة الاستجابة يحرك رأسة على ثلاث محاور رئيسية بزاوية 25 درجة كحركة اضافية ولكن هنا لايحدث كسر للتعود لحاجة الحشرة لحركة الرأس للمساعدة فى عملية التنظيف, وهذا يعنى ان منع كسر التعود ينصب فقط على المنبهات المألوفة فى محيط الابصار والتى حدث لها تعود.

3- التعلم Learing

اختبارات السلوك تشير الى وجود خاصية التعلم لدى الحشرات من مواقف سلوكية تدربت عليها من نشاطها اليومى وهذا يلاحظ بصفة خاصة فى الحشرات الاجتماعية مثل النحل والنمل الابيض وبعض الطفيليات.

التحكم المركزى او المحيطي Central or peripheral central control

من المعلوم ان هناك اجزاء من الجهاز العصبي المركزى تحدث تثبيطا لاجزاء اخري وخاصة فى المخ:

1- عند ازاله الرأس فى جراد المراعي ذو الجناح الاصفر لوحظ زيادة فى الاستجابة وانخفاض فى معدل التعود للخلايا البصرية العصبية الداخلية.

أ.د. جمال البرامونى

2- عند ازاله غدة تحت المرئ لذكور فرس النبى يؤدى ذلك الى زيادة فى حركات الجماع نتيجة للنشاط العصبي على العكس الاضرار بالمخ يقلل النشاط العصبي.

الخلايا العصبية المحركة والمسئوله عن المشي والطيران وحركة التهوية يتم تنظيمها ولو جزيئيا بواسطة مولدات عصبية مركزية وهى قد تكون خلايا عصبية ذاتية النشاط تنتج نشاطا دوريا متابيناً وهى تحتاج لما ينبة نشاطها للبدء فى عملها او يتم تثبيطها بواسطة خلايا اخري.

نشاط الطيران يتولد فى غياب مؤثرات خارجية لكنة يظهر قدر واسع من التحور استجابة لمؤثرات حسية, لانة لايوجد اى برنامج سلوكى يستطيع ان يستقل عن المؤثرات الحسية.

النشاط العصبي يعتمد على انشطة مبرمجة مركزيا لضمان الحصول على تعبيرات وردود افعال ثابتة تجاة مؤثرات معينة , لكن هذا لايتيح المرونة او القدرة على التعويض عند حدوث الضرر.

اعادة التشفير Recording

تتحول الشفرة الخاصة بمعلومة ما الى اشارات عصبية (رؤوس الاسهم) لتعمل كاوامر لاعضاء الحركة لتؤدى وظيفة ما, حيث يتصل بالعضلات فى اعضاء الحركة خلايا عصبية تعمل طبقا لارادة الحشرة من خلال طرق معقدة يقوم فيها الجهاز العضلى العصبي بتحقيق وظائف متعددة.

الافراز العصبي Neurosecretion

تؤثر جميع الخلايا العصبية فى خلايا عصبية اخري او في خلايا عضلية بواسطة افرازات كيميائية من مناطق متخصصة توجد عادة فى نهاية السيقان او بقربها.

أ.د جمال البرامونى

جميع الخلايا العصبية قادرة على الافراز ويكون لافرازها تأثير فى التشابك العصبي الذي تم الافراز فية ويكون مفعوله قصير جداً على عكس الافراز الكيمياءي الذي ينتج من الخلايا العصبية الافرازية حيث يكون مفعولها مستمر لفترة اطول فى مكان تأثيرها ويمكن ان تنطلق فى سائل الجسم كالهرمونات وهذا يحدث عندما تكون المسافة بين الغشاء قبل وبعد التشابك العصبي كبيرة جداً.

2- التحكم فى عمل الخلايا الافرازية العصبية

Functioning and control of neurosecretory cells

تعمل الخلايا العصبية الافرازية بنفس الطريقة التى تعمل بها الخلايا العصبية العادية وانطلاق الافراز العصبي يماثل انطلاق الناقل السينابسي كما ان تنبية المنطقة الثانوية المتفرعة بواسطة الخلايا العصبية الاخري قد يكون منشطا او مثبطاً, يعمل الكالسيوم فى بعض الخلايا العصبية الافرازية فى الحشرة العصوية كحامل رئيسي للاشارات المنبة من احد خلايا الجسم حيث انه اثناء التفريغ الكهربي لنهاية الساق بواسطة طاقة الفعل يدخل الكالسيوم للخلية العصبية الافرازية ويسهل انطلاق حبيبات الافراز العصبي.

الهرمونات التى تؤثر فى النشاط العصبي Hormones affecting neural activity

تؤثر الهرمونات على السلوك الحشري بطرق عديدة وهى بذلك لابد وان تؤثر فى الجهاز العصبي, وعند قياس تأثير الهرمونات على تحضيرات عصبية وجد انها تسبب تغييرات ملموسة فى النشاط العصبي مسببة بدء أو انهاء برنامج سلوكى معين أو تسبب تحورا في نشاط قائم ومستمر.

أ.د. جمال البرامونى

1- عند حقن ذكور الصراصير بمستخلص غدة الكوربورا كارديأكا لوحظ ظهر نشاط عصبي مرتبط بحركات الجماع مساوى لازاله الرأس, بمعنى ان هذا الهرمون يعمل على عقدة تحت المرئ ويزيل تثبيط من على مراكز الحركة البطنية.

2- هرمون الخروج فى المخ وفى غدة الكوربورا كارديأكا يمكن الحشرة الكامله فى دودة الحرير من الهروب من جلد العذراء والشرنقة حيث يتستغرق 30 دقيقة من الحركة الدائرية للبطن ثم فترة راحة تعقبها 30 دقيقة من الحركة الدودية المتموجة للبطن والتى تنتهى بالخروج, واذا غاب الهرمون فى البطون المعزوله لايحدث هذا السلوك بصورة طبيعية لكن عند الحقن بمستخلص المخ والغدة فى هذة البطون يطلق السلوك الكامل للخروج. ليس من الضروري ان يكون الهرمون حاضرا طول فترة حدوث الاستجابة السلوكية ولكن الاستجابة الحركية تتوقف على القدرة الكامنة التى بها يستجيب كل مستوى حركى للمنشط الهرمونى.

شكل وموقع الخلايا العصبية المفرزة Form and occurrence of neurosecretory cells

اغلب الخلايا العصبية المفرزة تكون وحيدة القطب ويكون لها ساق واحد أو آكثر من الفروع الثانوية قرب جسم الخلية, وافرازتها تجد طريقها مباشرة الى العضو المستهدف أو يمكن لافرازاتها تنتشر الى سائل الجسم حيث للساق نهايات طرفية تنتهى فى مناطق منتفخة والتى تستقر بين البيرينيوم والصفيحة العصبية, حيث تنتشر الافرازات المصنعة داخل جسم الخلية عبر غشاء الساق الى المنطقة الطرفية حيث الانتفاخ الطرفي.

أ.د. جمال البرامونى

تتواجد هذة الخلايا فى الجهاز العصبي المركزى (أجسام الخلايا تتواجد فى العقد العصبية والنهايات الساقية تواجد عادة فى غدة الكوربولا الاتا) وفى الجهاز العصبي المحيطى, حيث تتبعثر نهاياتها حوله.

أ.د:جمال البرامونى