المحاضرة التاسعة: السيالة العصبية Nerve Impulse / Influx Nerveux:

تمثل السيالة العصبية اللغة الوحيدة لتفاهم العصبونات وهي ترجمة لجميع أنواع المؤثرات (المنبهات) التي تؤثر في الجسم، فهي الرسائل التي تنقلها العصبونات من أعضاء الحس (أجهزة الاستقبال) إلى الجهاز العصبى المركزي ومن هذا الأخير إلى أعضاء الاستجابة. وتتم عملية النقل إما بطريقة كهربائية (جهد الفعل) أو عن طريق التفاعلات الكيماوية بين الأعصاب، تقدر سرعتها في الأعصاب بـ 120 متراً بالثانية أي ما يعادل 432 كم في الساعة. تعمل هذه النبضات العصبية (النبضة العصبية: تغيرات أيونية صغيرة في غشاء الخلية العصبية تنتقل على امتدادها) على إبقاء الفرد مدركا لبيئته الداخلية والخارجية وتساعده على عمل عدة آلاف من التعديلات اللازمة للبقاء في بيئة ومجتمع دائم التغير؛ فلا يمكن أن يحدث أي سلوك أو تفكير أو إحساس دونها.

1-تشكل السيالة العصبية وانتقالها:

1.1 - على مستوى العصبون:

أ-العصبون وقت الراحة(جهد الراحة أو كمون الراحة Potentiel de repos):

-تحاط الخلية العصبية بغشاء بلازمي يفصل مكونات السيتوبلازم عن السائل النسيجي المحيط بها

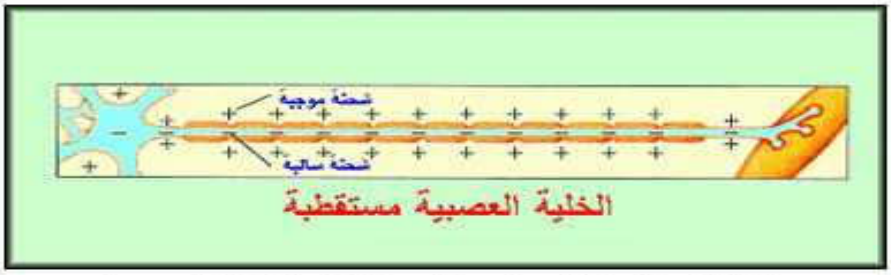
-يختلف تركيز ونوع الأيونات داخل العصبون عن خارجه حيث يكون تركيز أيونات البوتاسيوم (K^+) والأيونات البروتينية السالبة كبيرة الحجم(A^-) عال داخله؛ بينما يكون تركيز أيونات الصوديوم(Na^+) و الكلور(Cl^-) كبير خارجه. فهذا التوزيع للأيونات في داخل الخلية وخارجها يجعل الغشاء الخلوي في حالة استقطاب وهذا بسبب وجود تركيز عالي من الشحنات الموجبة على سطحه الخارجي ووجود شحنات سالبة داخله.

-الفرق في التركيز الأيوني يولد فرق جهد كهربائي بين داخل الغشاء البلازمي وخارجه يسمى بجهد الراحة مقداره(-70) ميلي فولت، وهذا بفضل العوامل التالية:

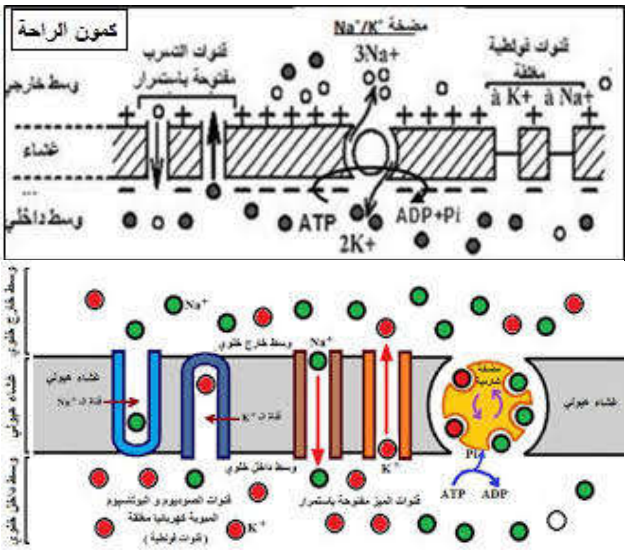
- عدم نفاذية الغشاء البلازمي للأيونات البروتينية كبيرة الحجم السالبة المتواجدة في السيتوبلازم.

- النفاذية العالية للغشاء البلازمي لأيونات البوتاسيوم الموجبة نحو خارج العصبون، وقلة نفاذيته لأيونات الصوديوم الموجبة والكلور السالبة المتواجدة خارجه فيكون داخله سالب مقارنة بخارجه الموجب.
- مضخة الصوديوم والبوتاسيوم التي تضخ ثلاث أيونات صوديوم خارجه مقابل ضخ أيوني بوتاسيوم داخله عبر الغشاء.

شكل



اختلاف الشحنات على جانبي غشاء الخلية العصبية



الشكل(30):رسم توضيحي للعصبون وقت الراحة(جهد الراحة أو كمون الراحة)

ب-**العصبون عند التنبيه (تشكل جهد الفعل أو كمون العمل Potentiel d'action):**

ويحدث كمون العمل وفق المراحل التالية :

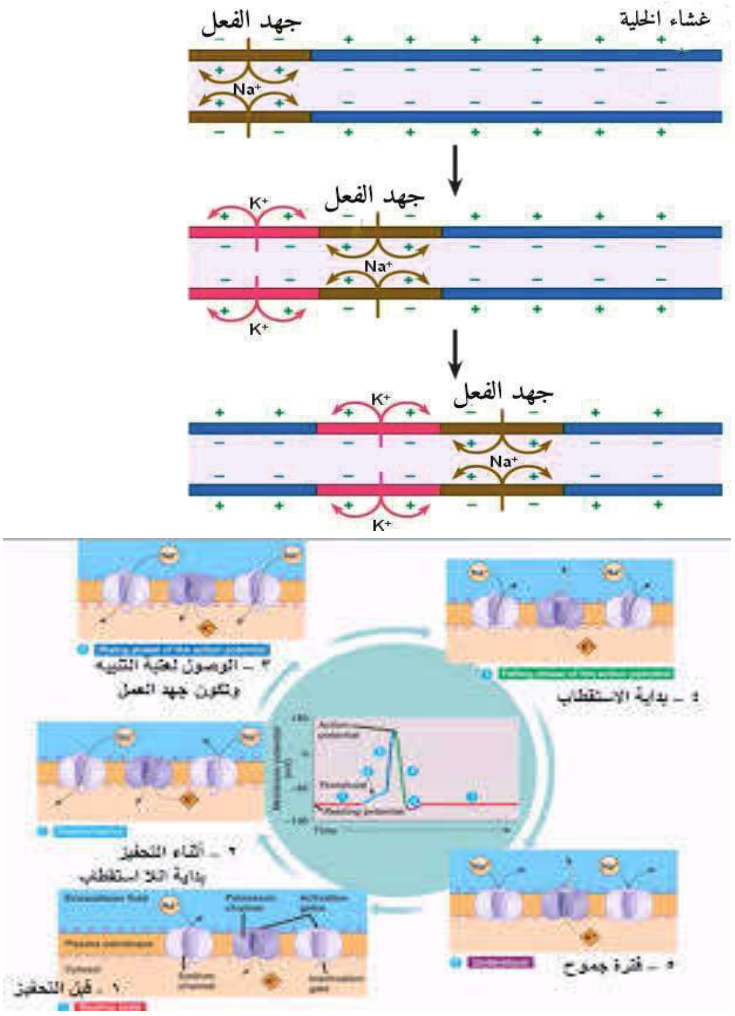
1- **زوال الاستقطاب:** تستجيب العصبونات للمنبهات المختلفة ذات الشدة الكافية لإحداث زوال الاستقطاب في منطقة التنبيه حيث تمثل عتبة التنبيه أقل شدة تلزم لفتح قنوات الصوديوم في الغشاء البلازمي للعصبون لتمرير هذه الأيونات داخله فتزداد نفاذيته لها، ويؤدي دخول كميات كبيرة من الأيونات الموجبة التي تعادل

الشحنات السالبة في الداخل حتى يصل فرق الجهد على جانبي الغشاء إلى الصفر ؛ مما يؤدي إلى زوال الاستقطاب.

2- **انعكاس الاستقطاب:** باستمرار دخول أيونات الصوديوم إلى داخل العصبون يصبح داخله موجب مما يؤدي إلى انعكاس الاستقطاب حيث قد يصل فرق الجهد إلى(+30) ميلي فولت.

3- **استعادة الاستقطاب وفترة الجموح:** انعكاس الاستقطاب يؤدي إلى غلق تلقائي لقنوات الصوديوم وتفتح قنوات البوتاسيوم فتنتقل أيونات البوتاسيوم الموجبة داخل العصبون فيصبح داخله مرة أخرى سالبا ويقل فرق الجهد تدريجيا حتى يصل مادون(-70) ميلي فولت .وتسمى هذه المراح الثلاثة بجهد الفعل أو العمل.حيث تنشأ السيالة العصبية عند انتقال جهد العمل بعيدا عن منطقة التنبيه. وهذه الأخيرة تحتاج إلى فترة زمنية تتراوح (0.001- 0.003) ثانية لا تستجيب فيها لأي منبه وتسمى بفترة الجموح(لاتستجيب فيها الخلية العصبية لأي مؤثر وخلالها تقوم مضخة الصوديوم والبوتاسيوم بنقل شوارد الصوديوم إلى الخارج وشوارد البوتاسيوم إلى الداخل عبر غشاء العصبون) وبالتالي استعادة الاستقطاب.

*- **جهد العمل الناتج عن منبه معين في منطقة معينة في غشاء العصبون يعتبر منبها جديدا** للمنطقة المجاورة فيؤدي إلى زوال الاستقطاب فيها (جهد عمل جديد) ويتكرر حدوث ما سبق على طول المحور العصبي للعصبون في سلسلة متعاقبة حتى تصل السيالة العصبية إلى نهايته.



الشكل(31):رسم توضيحي العصبون عند التنبيه (تشكل جهد الفعل أو كمون العمل)

2.1- على مستوى التشابك العصبي (الوصلة العصبية) Synapse:

تتولد السيالة العصبية في أغشية التفرعات الشجيرية أو في غشاء جسم الخلية العصبية ثم تسري على شكل موجة من التغيرات الكهركيميائية بسرعة على طول المحور

العصبي حتى تصل إلى تفرعاته النهائية، وهناك تتلاشى، ولكن قبل ذلك تؤدي إلى إفراز بعض المواد الكيميائية التي تعمل على تحفيز الخلية العصبية الموالية عن طريق منطقة التشابك العصبي (الوصلة العصبية Synapse)

تُكوِّنُ خلايا التشابك العصبي حوالي 99% من الخلايا العصبية في الجسم، وهي موجودة في الجهاز العصبي المركزي، وتقوم هذه الخلايا بالربط بين العصبونات الحسية والحركية فهي تقوم بالاستقبال والمعالجة وإرسال التنبيهات حول الجسم، كما أن كل خليةٍ عصبيةٍ تتصلُ على الأقل بخلية عصبية أخرى وفي أغلب الأحيان بعدد كبير من الخلايا العصبية، ومحور الخلية العصبية يمكن أن يتصل بشجيرة أو بجسم خلية أو محور خلية عصبية مجاورة أو بخلايا عضلة أو غدة أو عضو، وعند نقطة الاتصال بين خليتين توجد ثغرة صغيرة يصل إتساعُها إلى حوالي 18 جزء من مليون من البوصة تسمى المشتبك العصبي أو الوصلة العصبية ومن المعتقد أن يكون لدى الإنسان حوالي (100) ترليون وصلة عصبية في مخه.

1.2.1- المشبك العصبي: هو تمفصل بين عصبونين أو بين عصبون وخلية منفذة(عضلية أو غدية)، حيث يمثل عنصر الاتصال بينها فهو يسمح بقل المعلومات(النقل المشبكي) ويتكون المشبك العصبي من:

- عنصر ما قبل مشبكي ويتمثل في نهاية العصبون (غشاء النهاية الزر) ويطلق علية الغشاء قبل مشبكي للمرسل(عصبون أو تفرع عصبوني) neurone pré synaptique. وهو يحتوي على حويصلات مشبكية تحتوي على النواقل العصبية Neurotransmetteurs،
- عنصر ما بعد مشبكي يتمثل في الغشاء ما بعد مشبكي للمستقبل(تفرعات شجيرية أو جسم خلية عصبية أوعضلية أو غدية)neurone post synaptique وهو يحتوي على المستقبلات الكيميائية
- الشق المشبكي fente synaptique مساحة ضئيلة تقدر بـ 200nm نانومتر تفصل بين الغشائين.

2.2.1- آلية النقل المشبكي (Transmission Synaptique) تتم كمايلي:

- يسير كمون العمل على طول العصب حتى نهاية الألياف العصبية أين يصل إلى المشبك.

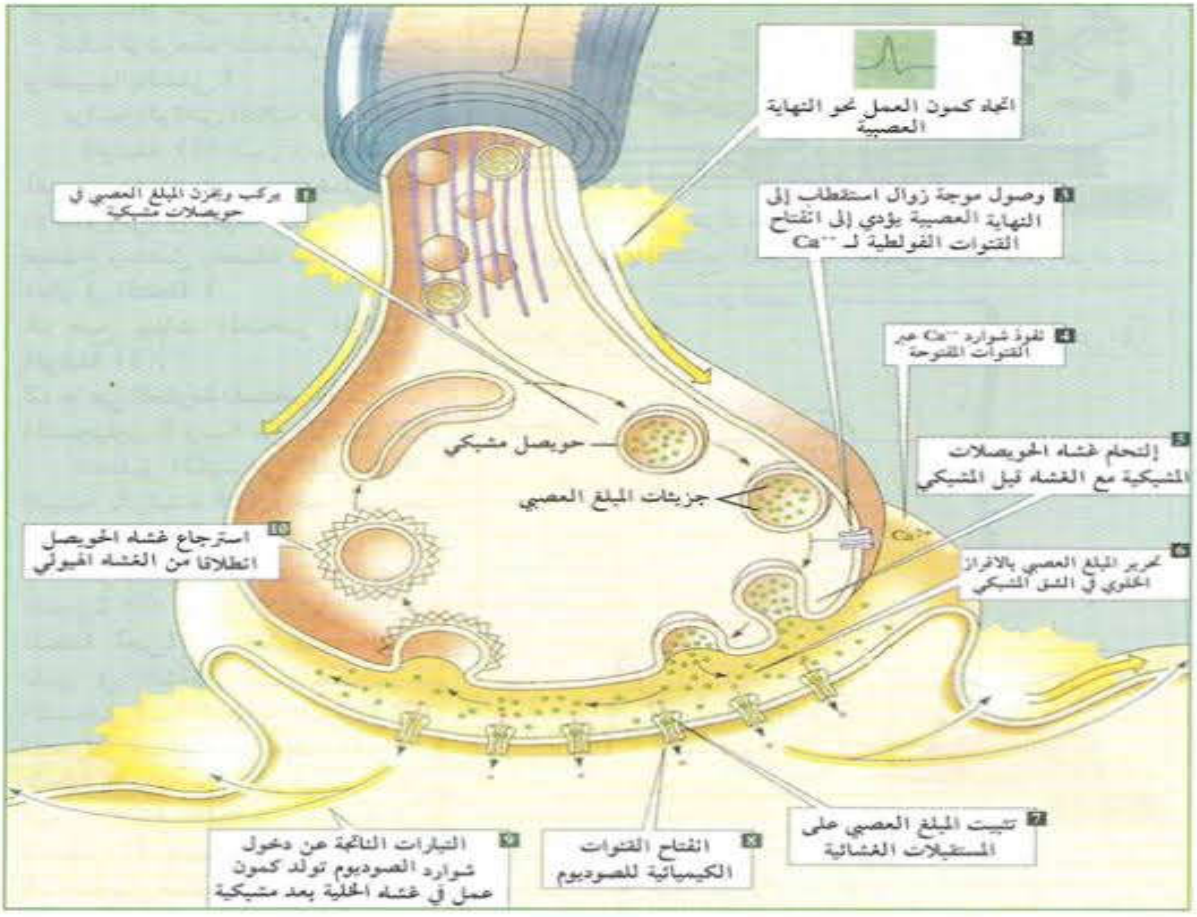
- يؤدي زوال الاستقطاب للغشاء ما قبل المشبكي إلى فتح قنوات قابلة لنفاذ أيونات الكالسيوم. فتتدفق من خلال الغشاء ما قبل مشبكي أين تتمركز الحويصلات التي تحتوي على الناقلات العصبية بالقرب منه.

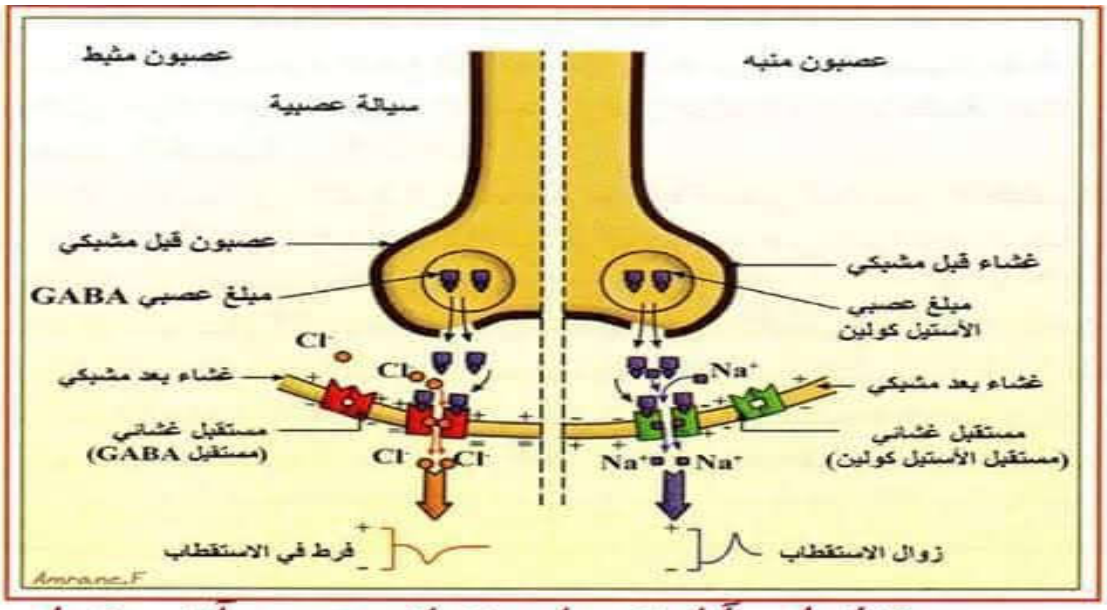
- التركيز العالي للكالسيوم ينشط ارتباط أيوناته ببروتينات سينابتوتاغمين) (synaptotagmin الموجودة داخل أغشية الحويصلات التي تحتوي على النواقل العصبية، حيث تغير هذه البروتينات من شكل الحويصلات، مما يتسبب في التحام أغشية بعضها مع الغشاء ما قبل المشبكي فتتفتح وتفرغ محتوياتها من الناقل العصبي أو الوسيط الكيميائي (وسيط كيميائي منشط مثل الأستيل كولين و غليتامات...، أو مثبط مثل الغليسين و حمض غاما بيوتيريك...) في الشق المشبكي.

- تنتشر الناقلات العصبية داخل الشق ويرتبط بعضها بالمستقبلات الكيميائية النوعية الواقعة على الغشاء ة بعد مشبكي. يؤدي هذا الارتباط إلى إنفتاح قنوات مرتبطة كيميائيا على مستوى الغشاء البعد مشبكي و نفاذية الشوارد (مثلا نفاذية الصوديوم في حالة المشبك المنبه و نفاذية الكلور في حالة المشبك المثبط)

- تؤثر عملية التشابك على سلوك الخلية بعد المشبكية فيحدث زوال إستقطاب Dépolarisation بعد مشبكي (كمون بعد مشبكي) أو إفراط إستقطاب Hyperpolarization ، وهكذا نتقل السيالة العصبية بفضل المشابك في اتجاه واحد من عصبون إلى أخر أو من عصبون إلى خلية منفذة عن طريق الوسائط كيميائية (وسائط عصبية تحررها الحويصلات المشبكية للنهايات المحورية في الفراغ المشبكي و تؤدي إلى زوال استقطاب الغشاء البعد مشبكي في حالة كمونات عمل بعد مشبكية منبهة أو إفراط إستقطاب الغشاء البعد المشبكي في حالة كمونات عمل بعد مشبكية مثبطة)

- بسبب العوامل الفيزيوكيميائية تنحل الرابطة بين الناقلات العصبية والمستقبلات و تنجرف الناقلات بعيدا، حيث ويتم إعادة امتصاص الناقلات العصبية إما من قبل الخلية قبل المشبكية، ومن ثم إعادة تعبئتها في الحويصلات لإطلاقها مرة أحرى، أو تكسيرها من خلال عملية الأيض مثل الأستيل كولين الذي يتفكك بوجود إنزيم أستيل كولين أستيراز.





رسم تخطيطي لآلية عمل مشبك متبه و آخر مثبط

الشكل(31):رسم توضيحي للنقل المشبكي

2- النواقل العصبية Neurotransmitters / Neurotransmetteurs : مواد كيميائية توجد في العصبونات قبل مشبكية حيث تسمح بمرور السيالة العصبية من عصبون إلى آخر مجاور إذا كان التشابك العصبي مركزيا أو إلى عضو استجابة إذا كان التشابك العصبي محيطيا، حيث يوجد أكثر من 75 ناقلا عصبيا منها النواقل العصبية المنشطة مثل الغلوتامات وغيرها التي تسهل انتقال السيالة العصبية ،أو الكابحة لهذا الانتقال وتسمى بالمثبطة مثل الدوبامين، الغابا ... ولهذه مستقبلات بروتينية نوعية على مستوى غشاء العصبون بعد مشبكي.

بعض أهم النواقل العصبية ووظائفها السيكوفيزيولوجية: ويوجد عددُ من النواقل العصبية بعضها مُهيِّجة وبعضها الآخر مُثبِّطة ، وهنالك ناقلات عصبية تكون مهيجة في مناطق معينة ومثبطة في مناطق أخرى من الجهاز العصبي، حيث إنها ترتبط بأكثر من نوع من المستقبلات ومن هذه النواقل:

أهم النواقل العصبية	بعض الوظائف السيكوفيزيولوجية	بعض الاضطرابات المرتبطة بالقصور التركيبي الوظيفي
1- أستيل كولين Acetylcholin	أول نوع شُخص ، ويوجد في الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي المحيطي، ويُعدُّ من النواقل العصبية المُهيجة ولكن بالإمكان أن يكون مُثبطا اعتمادا على نوع الخلية المستقبلة، وينتشرُ في منطقة بالدماغ تدعى (قرن أمون) ، والتي لها دورٌ كبير في تكوين الذاكرة الجديدة، يضبط النشاط في المناطق المرتبطة بعمليات الانتباه، الحركة، التعلم ، الذاكرة، النوم - اليقظة،الغضب والعدوان، النشاط الجنسي، خفض ضربات القلب...	اضمحلال خلايا الدماغ التي تنتجُ هذا الناقل تؤدي إلى الإصابة بمرض الزهايمر (الخرف) الذي يُصيب كبار السن ، أي كلما قلّ إنتاج الاستيل كولين كلما زاد فقدان الذاكرة (Palladino & Davis ,2004).
2- سيروتونين (Serotonin)	من النواقل العصبية المُهيجة، ويستمدُّ الدماغُ حاجته من السيروتونين مباشرةً من الطعام ولاسيما الكاربوهيدرات ، ويُؤثرُ في إحداث النوم وصفاء	الإصابة باضطرابات المزاج واضطرابات الشهية واضطرابات ما قبل الطمث

	المزاج، تضييق الأوعية الدموية، يستعمل من الدماغ في انتاج هرمون الميلاتونين.	والاكتئاب والعدوان والعنف
3- نوربينيفرين Norepinephrine)	يُنتجُ هذا الناقل من قبل أعصاب في جذع الدماغ ويُدعى كذلك شبيه الأدرينالين، ويُوجدُ في الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي المحيطي ، ويُعدً هذا الناقل من النواقل العصبية المهيجة ويشبه عمله عمل الأدرينالين ، إذ إن الجهاز العصبي الودي يستخدمهُ في التنشيط والتهيئة للعمل وله آثاره في المزاج، ويتم إطلاقه بواسطة نخاع الكظر في الغدة الادرينالية (Grabowski,2000 & Tortora).	
4- جابا (Gaba).	يُعدُّ من النواقل العصبية المثبطة في كل الجهاز العصبي	وان قصور هذا الناقل عن أداء وظيفته يؤدي إلى اضطرابات نفسية كنوبات الصرع ومرض هنتكتون.
5- دوبامين(Dopamin).	يُعدُّ من النواقل العصبية المهيجة وله اثرٌ هامٌ في الحركة وفي الشعور باللذة والسرور،.	الإصابة باضطرابات المزاج واضطرابات الشهية واضطرابات ما قبل الطمث والاكتئاب والعدوان والعنف
6- غلوتمايت (Glutmate)	يُعدُّ من النواقل العصبية المهيجة في الجهاز العصبي المركزي، وله دور هام في تمكين الدماغ من تقوية اتصالاته الشبكية أي السماح بان تسير الرسائل عبر مختلف أنواع المشابك بكفاءة أكبر وتُعدُّ هذه العملية ضرورية للنمو السوي ، فضلا عن أهميتها في تسهيل التعلم والتذكر.	

3-الأفعال الإنعكاسية: الكثير من سلوكاتنا الداخلية والخارجية ماهي إلا ردود أفعال انعكاسية توجد مراكزها في الجهاز العصبي المركزي.

فالفعل المنعكس: فعالية عصبية لا تنطوي على وعي، وهو نشاط فطري للجهاز العصبي المركزي، والذي ينتج عن أي مثير يؤدي إلى استجابة فورية من العضلات أو الغدد. ويتم كمايلي:

- مستقبل خارجي على مستوى الجلد ، أو داخلي على مستوى الأحشاء الداخلية يستقبل التنبيه المؤدي إلى جهد كهربائي (جهد المولد) والذي يتحول إلى حافز عصبي (س ع حسية) عندما يصل إلى عتبة التنبيه.
- ينتقل الحافز نحو الجهاز العصبي المركزي عبر العصب الحسي فالخلية العصبية الحسية التي توجد في عقدة الجذر الظهري حيث يمتد منه محور عصبي إلى النخاع الشوكي حتى المادة الرمادية(السنجابية) عن طريق القرن الخلفي.
- يسمح التشابك بين الخلية العصبية الحسية والخلية العصبية الرابطة (البينية) وبين هذه الأخيرة والخلية العصبية الحركية الكبيرة الحجم المتواجدة في القرن الأمامي بتشكل قوس انعكاسية بتحول الحافز الحسي إلى حافز حركي (س ع حركية) ينتقل عن طريق المحور العصبي للخلية الحركية بالجذر البطني إلى العضو المنفذ.
- تتصل نهاية محور الخلية الحركية بالعضو المنفذ سواء كان الألياف العضلية لعضلة أو غدة لتنفيذ الحافز تنشيطا أو تثبيطا.

في حالة وجود أكثر من خلية رابطة بين الخلية العصبية الحسية والخلية الحركية يسمى القوس الانعكاسي بالقوس الإنعكاسي متعدد المشابك.

1.3- أنواع المنعكسات: هنالك نوعين رئيسيين منها:

1.1.3 - منعكسات ذاتية: ينسق الجسم عن طريقها نشاطات الأعضاء الداخلية المختلفة ويتألف قوسها الانعكاسي من:

1-مستلم حسي يوجد في أنسجة الأحشاء الداخلية وخلية حسية (واردة).2- خلية عصبية قبل عقدية سمبثاوية أو باراسمبثاوية.3- خلية عصبية بعد عقدية يقع جسمها داخل عقدة عصبية سمبثاوية.4- عضو منفذ عضلة أو غدة.

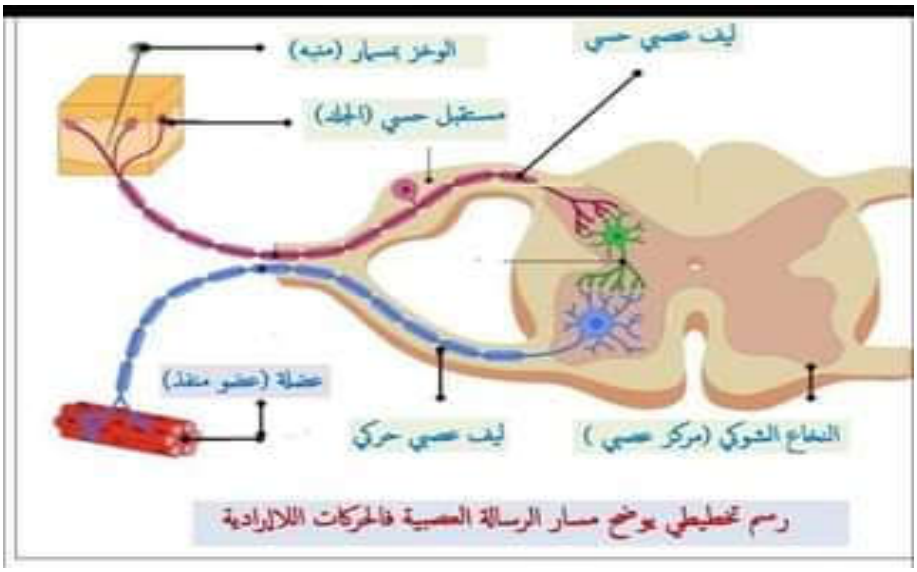
2.1.3 - منعكسات جسمية: تنسق علاقة الفرد بمحيطه الخارجي منها منعكس الشد، منعكس الإنثناء، منعكس البسط المتصالب ولها أهمية كبيرة في توازن حركة الجسم ووضعه، ويتألف قوسها الانعكاسي من : مستقبل(مستلم) و ثلاث خلايا(حسية، رابطة، حركية) أو خليتين فقط(حسة وحركية)، وعضو منفذ.

4- دور النخاع الشوكي في الأفعال الانعكاسية:

- يضم العديد من مراكز الأفعال الانعكاسية لوظائف متعددة حيث تتصل كل منطقة منه بمجموعة معينة من العضلات، فمعظم الأفعال الانعكاسية للإنسان تتضمن عدة أقواس لرد الفعل حيث يشتراك عدد كبير من العضلات فيه، وجميعها أفعال منعكسة غير شرطية.

رغم أن الفعل المنعكس الشوكي يتم على مستواه إلا أن الدائرة تسير بمسالك عديدة من وإلى الدماغ خاصة عند التحكم الإرادي في هذه الأفعال ، وهذا بفضل المسالك الصاعدة والنازلة في الحبل الشوكي. حيث نجد مثلا الحزمة الشوكية الثلامية المتشابكة مع الخلايا الحسية الواردة من الجلد الصاعدة بالمعلومات الحسية إلى الدماغ في الحبل الشوكي، والحزمة الهرمية تضم مسالك نازلة من الدماغ لتوصل المعلومات الحركية إلى الخلايا الحركية في الحبل الشوكي . وعليه فالنخاع الشوكي أداة الدماغ في السيطرة على السلوك بما فيه الفعل الانعكاسي.

4-**القوس المنعكس:** تسمح بحماية الكائن الحي من مخاطر الحركات والأحداث الفجائية حيث تمثل مسارا للنبضات العصبية من منطقة إلى أخرى لتضمن حدوث الحركات اللإرادية وفق ماتم شرحه سابقا.



الشكل(01): رسم تخطيطي للقوس الانعكاسية