اسم المادة : علم الفسلجة (علم وظائف الأعضاء) PHYSIOLOGY

اسم المحاضرة : ١- فسيولوجيا الجهاز البولي

٢. فسيولوجيا الجهاز العصبي

رقم المحاضرة : (9)

المراجع المعتمدة/

١. العلوجي ، صباح ناصر (٢٠١٤) . علم وظائف الاعضاء ، الطبعة الثالثة.

٢. زيتون ، عايش . (٢٠٠٨) . علم حياة الانسان ، الطبعة الاولى – الاصدار الرابع.

٣. يوسف محمد عرب، صباح ناصر العلوجي ،فاروق ناجي كرماشة ، مروان عبد الرحيم.(١٩٩٨) فسيولوجيا الحيوان . جامعة بغداد.

٤. الجنزوري ، منير ، محمود عزت ، حمزة الشبكة ، امينة محمد (٢٠٠٨) اساسيات بيولوجيا الخلية والهيستولوجي وعلم الاجنة .

٥. ضياء حسن الحسني ، صادق محمد امين الهيتي (١٩٩٠) . فسلجة الحيوان . جامعة بغداد.

٦. بعض المواقع الالكترونية للتعزيز بالاشكال والمخططات التوضيحية.

RENAL SYSTEM PHYSIOLOGY فسلجة الجهاز البولي

يتكون الجهاز البولي في الثدييات من زوج من الكلى (Kidneys) يمنى ويسرى ، وحالبان (Ureters) ايمن وايسر ، ومثانة بولية (Urinary Bladder)، ومجرى البول (Urethra). تعمل الكليتان على تقنية الدم وتكوين البول الذي ينقل الى المثانة البولية عن طريق الحالبان حيث يختزن ويتم اخراجه الى خارج الجسم عبر القناة البولية بعملية التبول، وبالتالي فان وظيفة الجهاز البولي الرئيسية هي الحفاظ على ثبات وتوازن البيئة الداخلية للخلايا والجسم بما تحويه من سوائل واملاح ، وان فشله في أداء هذه الوظيفة يؤدي إلى فشل كلوي قد ينتهي بالوفاة. هناك تشابه بين الجهاز البولي لدى كل من المرأة والرجل ويختلف في طول الاحليل الذي ينفتح على الاعضاء التناسلية الخارجية، كما ان هناك تبايناً في شكل المثانة لتتناسب مع الاعضاء التناسلية عند كل من الجنسين.

ويمكن ايجاز اهم وظائف الجهاز البولي بالآتي:

١. المحافظة على توازن الماء داخل الجسم.

٢. تخليص الجسم من الماء الزائد والاملاح والمواد الضارة.

٣. تنظيم التركيز والتوازن الكيميائي للسوائل خارج الخلايا (البلازما).

٤. اعادة امتصاص الماء المكونات الغذائية التي يتم ترشيحها بواسطة النيفرون والتي يحتاجها الجسم والصوديوم، والجلوكوز.

٥. المحافظة على التوازن الحمضي – القاعدي وضمان وسط شبه قلوي للدم (pH= 7.4) وذلك بتنظيم نركيز الهيدروجين وطرح المركبات المسببة للحمضية.

٦. المساهمة في تنظيم ضغط الدم.

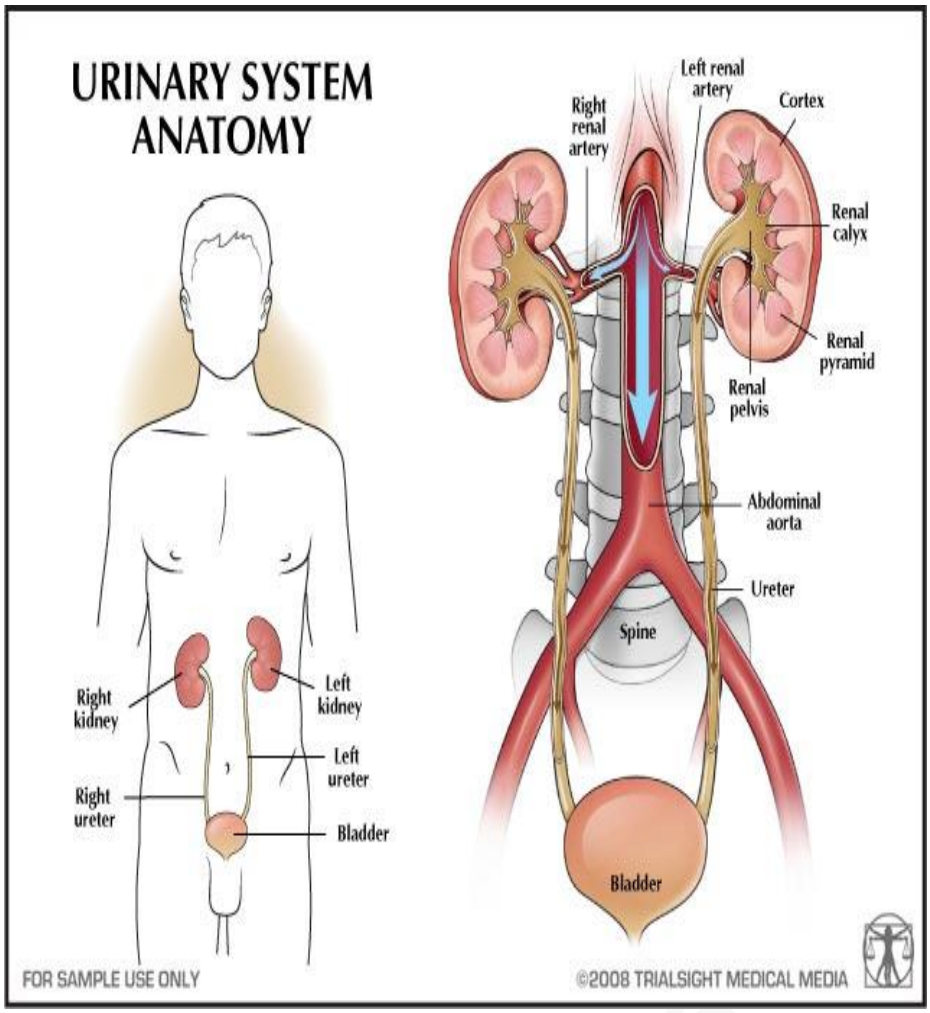
٧. تفرز عدد من الهرمونات مثل:

أ. **هرمون الأرثروبيوتين (Erythropoietin)**، المسؤول عن تحفيز تصنيع خلايا الدم الحمرفي نقي العظم .

ب. **هرمون الرنين Renin** (يُفرز تحديداً من الخلايا المجاورة للكبيبات الكلوية ويساهم في رفع ضغط الدم وهو جزء من نظام الرينين-أنجيوتنسين الذي يلعب دوراً في تقليص الشرايين واحتباس الماء وايون الصوديوم مما يؤدي إلى رفع الضغط الشرياني) .

ج. **هرمون الكالسيترول Calcitrol**، وهو واحد من أشكال فيتامين د ، ويقوم أيضاً بمساعدة الجسم على امتصاص الكالسيوم الموجود في الطعام داخل تيار الدم وداخل العظام ، ولذلك تساهم الكلى في تنشيط تصنيع فيتامين (د٣) في الجسم وتنظيم توازن الكالسيوم.

الكلية Kidney



يحتوي جسم الانسان على كليتين واحدة على كل جانب من جانبي العمود الفقري، تقعان خلف الغشاء البريتوني للتجويف البطني ، والكلية اليسرى اعلى قليلا من الكلية اليمنى في موقعها . **لماذا ؟؟**

ويوجد على قمة كل كلية غدة كظرية تفصلها عنها طبقة شحمية تسمى "بالمحفظة الكلوية الشحمية" وهي تتكون من نسيج دهني وتحيط بالكلية.

ويحيط بالكلية ككل غشاء رقيق ليفي يحد من تمددها ، ويعمل على حفظها تسمى "بالمحفظة الكلوية" . ويغذي كل كلية شريان كلوي قادم اليها مباشرة من الشريان الابهري حاملا اليها الدم ، في حين يخرج من كل كلية وريد كلوي يعيد الدم من الكلية الى الوريد الاجوف السفلي .

كما يغذي الكلية ايضا اعصاب من الجهاز العصبي تؤثر على اوعيتها الدموية بالتضييق او التوسع وكذلك تحمل الاحساس بالألم عند اصابتها بالأمراض .

تتكون الكلية من طبقتين هما :

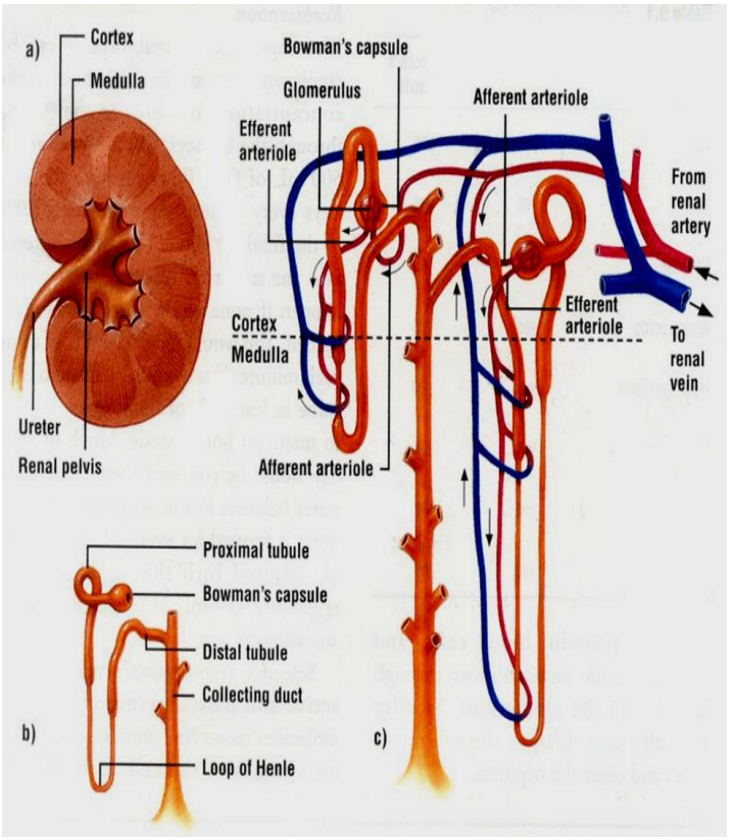
١. القشرة Cortex : وهي طبقة حبيبية حمراء اللون ويصل اليها ٩٥% من الدم القادم الى الكلية عن طريق الشريان الكلوي.

٢. اللب Medulla: وهي طبقة مخططة وشاحبة اللون ويصل اليها ٥% من الدم القادم الى الكلية من الشريان الكلوي.

واللب يتكون من العديد من المقاطع المخروطية الشكل تسمى (بالأهرام الكلوية Renal Pyramid) يفصل بينها فراغات من انسجة كلوية تسمى (بأعمدة كلوية) وتصب قمم الأهرامات في قنوات صغيرة تسمى بالكؤوس الكلوية Renal Calyx الصغيرة ، بحيث تندمج هذه الكؤوس لتكون فروعا اكبر وتجاويف اعمق تسمى بالكؤوس الكلوية الكبيرة، التي تفتح في حوض الكلية و من ثم تصب في الحالبان.

بينما تتكون قشرة الكلية من وحدات عديدة مصنعة للبول تدعى الكليونات او النفرونات Nephrons ومن نبيبات مجمعة للبول .

وحدة تركيب الكلية (النفرون Nephrpn):



تسمى وحدة التركيب والوظيفة في الكلية (النفرون Nephrpn او الكليون) ، التي تتواجد بالملايين في كل كلية ويتركب النفرون من حزمة مكورة من الاوعية الشعيرية الدقيقة يحيط بها غشاء قدحي الشكل يسمى بمحفظة "بومان Bowmans Capsule" والغشاء مع الاوعية الشعرية يكونان ما يسمى بالكبيبة Glomerulas والطرف من هذا الغشاء يمتد مكونا انبوب بولي ينقسم الى:

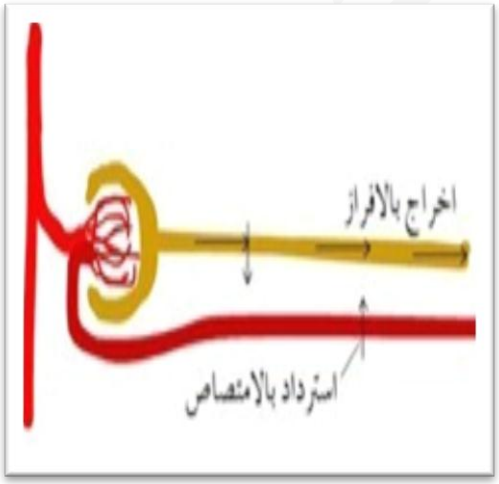
- نبيب قريب Proximal tubule
- نبيبة هنلي Loop of Henle التي تشبه حرف U .
- نبيب بعيد Distal tubule .
- نبيب جامع للبول Collection duct

تتواجد الكبيبات بصورة رئيسية في القشرة الكلوية وهذا ما يعطيها لونها الاحمر لوجود الأوعية الشعرية الدقيقة في الكبيبات.

تحتوي اسطح الخلايا المكونة لجدار النبيبات القريبة على العديد من الزغيبات التي تزيد من سطح امتصاصها للمواد المختلفة بينما تقل هذه الزغيبات في اسطح الخلايا المكونة لجدارالنبيبات البعيدة و والنبيبات الجامعة للبول حيث يقل الامتصاص في هاتين المنطقتين بشكل اكبر مماهو عليه في النبيبات القريبة.

الشعيرات الدموية الدقيقة في الكبيبة تتكون نتيجة لتفرعات من شريان وارد قادم من الشريان الكلوي وما تلبث هذه الشعيرات ان تتحد مكونة شريان صادر الذي يمتد ليحيط بالنبيبات وينتشر بينها مكونا شبكة من الاوعية الدموية المحيطة بها حيث تغذيها وتحدث فيها عملية تبادل المواد . تقوم الكلية بوظائفها عن طريق ثلاث فعاليات اساسية يقوم بها النفرون وهي : ١. الترشيح Filtration ٢. اعادة الامتصاص Reabsorption ٣. الافراز Secretion

*** كيف يتكون البول** : تمر عملية تكون البول في الكلية بعدة مراحل في النفرونات وهي كالآتي :



١. ترشيح سائل البلازما:

تحدث عملية الترشيح في الكبيبة لان نفاذية محفظة بومان عالية بسبب وجود فراغات بين خلايا جدارها المواجهة للأوعية الشعرية الدقيقة، اذ ان بعض المواد ذات الحجم الجزيئي الصغير في البلازما يسمح لها بالانتقال من الاوعية الشعرية الى داخل محفظة بومان من خلال هذه الفراغات، اما ذات الحجم الجزيئي الكبير فلايسمح لها بالمرورمثل بروتينات سائل البلازما،وبالتالي فان السائل المرشح الموجود في المحفظة يشبه تماما في تركيبه سائل البلازما ولكنه يكون خال من البروتينات كذلك لايسمح بمرورخلايا الدم الحمروالبيض فيكون سائل البول النهائي خالي من البروتينات وخلايا الدم .

٢. ***اعادة الامتصاص*** : وتحدث عملية اعادة الامتصاص في نبيبات النفرونات و كالآتي:

- تقوم النبيبات القريبة بالامتصاص الكامل للجلوكوز والاحماض الامينية والبوتاسيوم و ٨٨% من ايونات الصوديوم اما الفوسفات فان امتصاصه من هذه النبيبات يقع تحت تأثير هرمون الباراثريويد .يحدث ايضا امتصاص الماء بنسبة ٨٨% وامتصاص جزئي لليوريا ، وهذا يتوقف على نسبتها في الدم. وكذلك الكرياتينين فانه يمتص بنسبة قليلة جدا والباقي يتم اخراجه مع البول.

- نبيبة او عروة هنلي تعمل على زيادة تركيز السائل البولي حيث الجزء الهابط منها يعمل على امتصاص الماء الذي يصل اليها ويقوم بامتصاص املاح الصوديوم المتبقية التي وصلت اليه من النبيبات القريبة وبالتالي يكون السائل الموجود في هذا الجزء عالي التركيز . ثم يقوم الجزء الصاعد من نبيبة هنلي بعكس هذه العملية حيث نفاذيته للماء تقل فلا يمتص وتزداد النفاذية لأملاح الصوديوم فيمتص من النبيبة الى الدم وبذلك يكون السائل في هذا الجزء منخفض التركيز وهذه العملية تعمل على زيادة ترشيح السوائل في الجسم والحفاظ على نسبة الاملاح ثابتة فيه .

- النبيبات البعيدة والجامعة للبول تحديد كمية البول وهي تقع تحت تأثير الهرمون المضاد للإبالة Anti duratic hormone (ADH) ، بحيث اذا قلت نسبة السوائل في الجسم كما في حالات الجفاف فان هذا الهرمون يفرز بشكل كبير من منطقة تحت المهاد (الهايبوثلامس) ويعمل على توسيع المسافات بين خلايا جدار النبيبات الجامعة للبول فتزيد نفاذيتها للماء ، وبالتالي يزداد اعادة امتصاص الماء الى الدم ، فتزيد نسبة السوائل فيه، وبذلك يتم تعويض الجسم عما فقده من سوائل . وكذلك يقوم هرمون الالدوستيرون (الذي يفرز من قشرة الغدة الكظرية) بزيادة امتصاص السوائل من النبيبات البعيدة وزيادة افراز البوتاسيوم في البول وبهذا تتم عملية تنظيم نسبة السوائل والاملاح حسب حاجة الجسم .

٣. ***الافراز*** : وهو يعني النقل الفعال للايونات والمواد المختلفة من الدم عبر خلايا النبيبات البولية الى تجويفها ، وتتمثل بافراز وطرح الهيدروجين والامونيا ، ومواد اخرى ، تطرح الى خارج الجسم بعملية التبول ، التي تحصل عندما يصل حجم البول في المثانة ما مقداره ١٥٠ ملم٣ ، اما عندما يصل حجم البول الى ٤٠٠ ملم٣ فيشعر الانسان بالامتلاء الشديد ، وعند وصول الحجم الى ٧٠٠ ملم٣ يشعر بالالم وعد الراحة.

التركيب النهائي الطبيعي للبول :

يجب ان يكون البول خاليا من البروتينات والجلوكوز وكريات الدم الحمراء والبيضاء وحمض البوليك ويحتوي على قليل من املاح الصوديوم والماء ومادة الصفراء التي تعطيه لونه والكرياتينين وفضلات الخلايا وقليل من اليوريا. واذا زادت نسبة الجلوكوز (السكر) في الدم عن المعدلات الطبيعية يحدث عملية تشبع للنبيبات القريبة فيتم اخراج الزائد من الجلوكوز في البول كما في مرض البول السكري.

الحالبان Ureters:

يقع الحالب في الجزء الخلفي من التجويف البطني، وهو انبوب عضلي يمتد من حوض الكلى و يتصل بجدار المثانة البولية ويبلغ طوله ٣٧ سم . يعمل على نقل البول من الكلية الى المثانة ويتكون جدار الحالب من طبقات متنوعة من الالياف العضلية تمكنه من التقلص لدفع البول الى المثانة .

كما يبطن الجدار من الداخل طبقة مخاطية تفرز مخاطا يحافظ على هذا الجدار من تأثير البول بما يحمله من فضلات واحماض قد تضر به . وتنغرس نهاية الحالب في الطبقات العضلية لجدار المثانة بشكل مائل يجعل هذه العضلات تعمل كصمام يمنع ارتداد البول الى الحالب بعد وصوله الى المثانة وقد يحدث ضيق عند فوهات الحالب في بعض الامراض يجعل البول يحتبس في الحالب ولا يمر على المثانة وهذا يؤدي الى تجمع كمية كبيرة في الحالب وبالتالي يزداد توسع جداره وقد يترهل هذا الجدار وهذا يؤدي الى ارتداد البول الى حوض الكلية وبالتالي يؤثر عليها تأثيرا سلبيا مما يجعل العلاج يحتاج الى تدخل جراحي.

المثانة البولية Urinary Bladder :

تقع المثانة البولية في الحوض (أسفل البطن) أسفل الغشاء البيرتوني المغلف لأعضاء التجويف البطني وتعمل على تجميع السائل البولي وتخزينه الى حين اخراجه من الجسم عن طريق الاحليل (القناة البولية) التي تتصل به من الاسفل وتبلغ سعة المثانة في البالغين حوالي ٣٠٠-٥٠٠ مل . والمثانة ذات شكل مثلثي مقلوب لها قاعدة في الاعلى وقمة في الاسفل تتصل بالقناة البولية . عندما تمتلئ بالسائل البولي فانها تأخذ الشكل البيضاوي بينما تكون هرمية الشكل حينما تكون فارغة.

ويتكون جدار المثانة من طبقات من الالياف العضلية تطرد البول بتقلصها كما توجد منطقة مثلثة صغيرة في منتصفها بين فتحتي الحالبان ومخرج المثانة تتكون من غشاء املس وتسمى هذه المنطقة "بالمثلث المثاني" ويفتح الحالبان بفوهتين في جدار قاعدة المثانة . وعند الانثى يقع الرحم في اعلى المثانة البولية تقريباً، لذلك تشعر المرأة بالحاجة الى التبول بكثرة عند الحمل لان ثقل الرحم بالجنين يضغط على المثانة معطيا الشعور بامتلائها والحاجة الى التبول.

ويقع خلف المثانة المستقيم الذي يعمل عند امتلاءه بالضغط على المثانة والشعور بالحاجة للتبول. اما غدة البروستات في تحيط بالقناة البولية عند قمة او عنق المثانة (عند الذكر) لذلك عند تضخم البروستات خاصة عند كبار السن تحدث ضغطا على الاحليل ومن ثم على اسفل المثانة محدثتا صعوبة في التبول .

القناة البولية (الإحليل) Urethra /تمتد القناة البولية من نهاية المثانة وتنتهي خارج الجسم بالفتحة البولية.

أمراض الجهاز البولي :

١- التهاب القناة البولية : عادة ما يصاب الجهاز البولي خاصة المثانة بإصابات بكتيرية تؤدي في بعض الأحيان إلى ظهور الدم والزلال في البول.

٢- حصى الكلية Urinary Caliculi : وهي عبارة عن تجمعات ملحية صلبة التكوين، تتكون من أملاح الكالسيوم والفوسفات وحامض اليوريك والبروتين.

تمر الحصى صغيرة القطر من خلال القناة البولية دون مشاكل بينما كبيرة الحجم لا تستطيع المرور بسهولة وقد تصل إلى منطقة وتعمل على قفلها بالكامل وتؤدي إلى عديد من المشاكل الصحية.

من أسباب تكوين حصى الكلية : (زيادة مستوى الكالسيوم في الغذاء ، الجفاف (نقص الماء في الجسم)، وجود خلل في التوازن الحمضي – القاعدي ، التهابات القناة البولية المتكررة، وتضخم غدة البروستاتا).

NERVOUS SYSTEM PHYSIOLOGY فسلجة الجهاز العصبي

يعد الجهاز العصبي من اعقد اجهزة الجسم في عالم الحيوان ويبلغ عدد خلاياه البلايين من الخلايا العصبية او العصبات Nervous Cells ، كما توجد اعداد مقاربة من الخلايا الساندة للخلايا العصبية ، لكنها تختلف عنها بانها غير القابلة للتهيج او التنبه تسمى بالخلايا الدبقية Glia Cells ، اي نها التي تقوم بمهمة النسيج الرابط (الساند) للجهاز العصبي ، بالاضافة الى وظائف اخرى منها تغذية العصبات ومنع وصول المواد السمية اليها من الدم.

تركيب وعمل جهاز الاعصاب عند الانسان / يمكن تقسيم الجهاز العصبي عند الانسان الى ثلاثة انواع رئيسية هي:

١.الجهاز العصبي المركزي (CNS) The Central Nervous System : الذي يتكون من الدماغ والحبل الشوكي ، وهذا الجهاز هو المسؤول عن عملية التنسيق والتكامل.

٢.الجهاز العصبي المحيطي (PNS) The Peripheral Nervous System : الذي يتكون من شبكة من الاعصاب (الاعصاب الدماغية ، والاعصاب الشوكية)التي تمتد بين الجهاز العصبي المركزي ومختلف اعضاء الجسم. اي ان وظيفته تتمثل بنقل السيالات العصبية من اعضاء الحس واعضاء الجسم الاخرى الى الجهاز العصبي المركزي ، ومنه الى اعضاء الحركة (العضلات) ، والغدد.

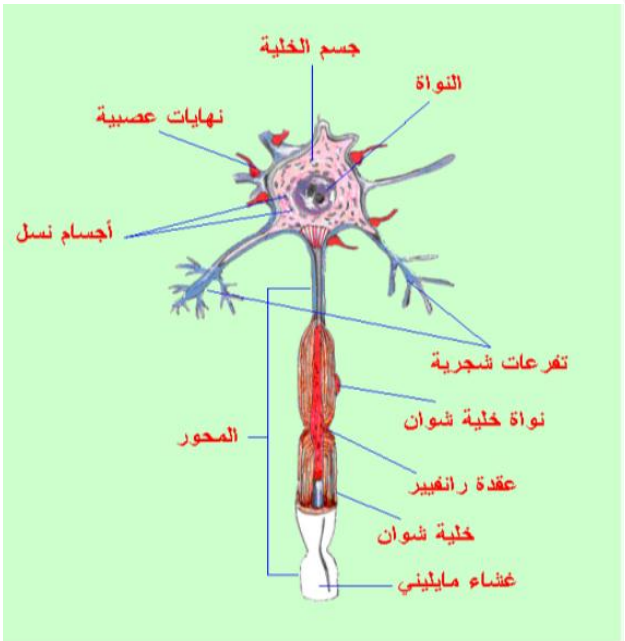
٣. الجهاز العصبي الذاتي Autonervous System : وهو يرتبط بالغدد والعضلات اللارادية الموجودة في الاحشاء الداخلية للجسم ، وهو يكون بنوعين : (الجهاز السمبثاوي (الودي) Sympathetic system ، والجهاز العصبي نظير(جار) السمبثاوي Parasympathetic system

وظائف الجهاز العصبي : يمكن القول ان وظائف الجهاز العصبي ترتبط بوظائف الجسم ككل، فهو باختصار :

١. ينظم وظائف الكثيرمن اعضاء الجسم. ٣. له علاقة وثيقة بالوظائف الحسية. ٤. ينظم عمل الغدد والعضلات .

٤.يستجيب للمؤثرات الخارجية والداخلية ٥. الذاكرة والتفكير والذكاء تعتبر من الانشطة الرئيسية ذات العلاقة بالجهاز العصبي.

الخلايا العصبية (العصبونات) Nervous Cells (Neurons)



تُعرف على أنّها الوحدة المسؤولة عن بناء الجهاز العصبي في الجسم، وهي من اكبر الخلايا في الجسم ، وعلى الرغم من اختلافها في الشكل والحجم ، تبقى العصبات متشابهة في بنيتها الاساسية فهي مكونة (كما تقدم من :

أ. جسم الخلية Body cells او (Perikaryon) : الذي يحتوي على النواة وعلى عدد كبير من المايتوكوندريا ، جهاز كولجي، والجسيمات الحالة ،والشبكة الاندوبلازمية في السايتوبلازم . ان كون السايتوبلازم غني بالعضيات يؤكد اهميته في تجهيز بقية اجزاء الخلية بالمواد الضرو رية لعملها ولغرض الافراز العصبي.

ب. الزوائد الشجيرية The dendrites : تتفرع الزوائد من جسم الخلية وهي اما زوائد صغيرة متعددة وتعرف بالزوائد او البروزات الشجيرية Dendrites أو ان تكون بهيئة ا زئدة او بروز طويل نسبياً يدعى المحور Axon .

ج. المحور The Axon : ويمثل الزائدة او البروز الاطول في الخلية العصبية ، وتسرى فيها السيالات العصبية الى عصيات اخرى او الى المنفذات Effectors .

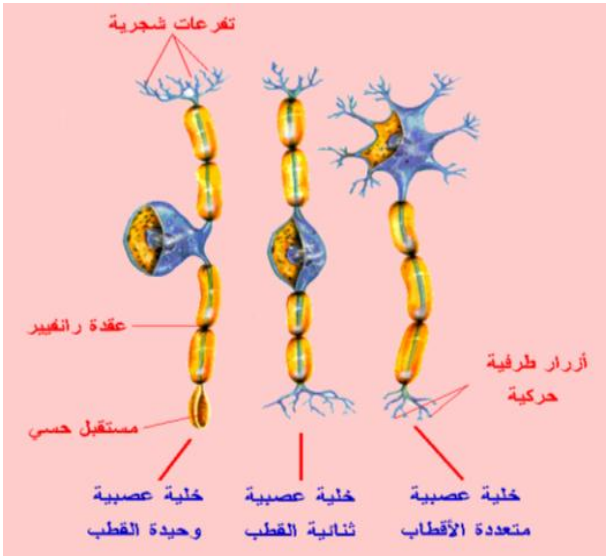
ويختلف سايتوبلازم المحور عن سايتوبلازم جسم الخلية باحتوائه على النبيبات الدقيقة Micro – tubules والخيوط Filaments ، التي تتوضع بموا زة المحور ، ويقتصر على قليل من الجسيمات الحالة . يستنتج من هذا عدم قدرة سايتوبلازم المحور على بناء المواد الاساسية لادامته ، غير ان ذلك يعوض بتدفق نشط للمواد المطلوبة من جسم الخلية ، ينتهي المحور بتفرعات دقيقة تدعى بالتشجرات الانتهائية Telodendria.

وتقسم الخلايا العصبية بحسب عدد زوائدها الى ثلاثة طرز هي:

١. احادية القطب Unipolar وتكون بزائدة واحدة .

٢. ثنائية القطب Bipolar وتكون بزائدتين ،

٣. متعددة القطب Multipolar بزوائد عديدة .



ومن النواحي الوظيفية تمثل البروزات الشجيرية السبيل لمدخلات الخلية لأنها تجمع المعلومات الواردة بينما تمثل المحاور المخرجات. ولو ان لهذه القاعدة بعض الشواذ ، فقد اصبح من المؤكد ان البروزات الشجيرية لخلايا مناطق معينة من الدماغ تعمل كمخرجات اضافة الى عملها بوصفها مدخلات .

الخلايا الدبقية (خلايا الغراء العصبي) Glial Cells

وهي خلايا مرافقة للخلايا العصبية ، لكنها غير قادرة على نقل الايعاز العصبي ، وتتركز وظيفتها باسناد ودعم الخلايا العصبية في عملها ، عن طريق امدادها بالغذاء وتوفير التوازن الايوني المحيط للخلايا العصبية اضافة الى دورها في ازالة الفضلات. ومن اهم الانواع المعروفة من الخلايا الدبقية هي خلايا شوان Schwann Cells التي تترتب حول محور الخلية العصبية لتكون الغلاف ألدهني . وتكون الخلايا الدبقية على عدة انواع هي:

١. الخلايا النجمية Astrocytes : لها بروزات متفرعة ، وهي تؤدي دوراً مهماً الانشطة الايضية للخلايا العصبية .

٢. الخلايا قليلة التفرعات Oligodendrocytes : وهي اصغر حجماً من سابقتها ولها تفرعات قليلة.

٣. الخلايا الدبقية الصغيرة Microglia : وهي اصغر الخلايا الدبقية حجماً.

انتقال الايعاز العصبي في الليف العصبي :

يؤدي التحفيز في منطقة معينة من الليف العصبي البى تغيير في نضوحية الغشاء لايونات الصوديوم والبوتاسيوم. وهذا يؤدي الى حدوث جهد الفعل في منطقة التحفيز ، يسري جهد الفعل بسرعة كبيرة من مكان التحفيز الى نهاية الليف العصبي . تفسر ظاهرة انتقال الايعاز العصبي حسب نظرية الدائرة الموضعية . يصبح الغشاء في منطقة التحفيز سالبا على السطح الخارجي محاطة بمنطقة موجبة ، وموجبا على السطح البداخلي محاطة بمنطقة سالبة ،

وفي هذه الحالة يحصل فرق في الجهد الكهربائي بين المنطقة المحفزة والمناطق غير المحفزة ، بينما تصبح المنطقة المجاورة لها مختلفة في جهدها الكهربائي بالنسبة لبقية غشاء الليف العصبي . وهكذا تستمر العملية من منطقة الى اخرى على طول الليف العصبي وتدعى هذه العملية بالتفاعل المتسلسل .

جهد الراحة و جهد الفعل وتولد الايعاز العصبي:

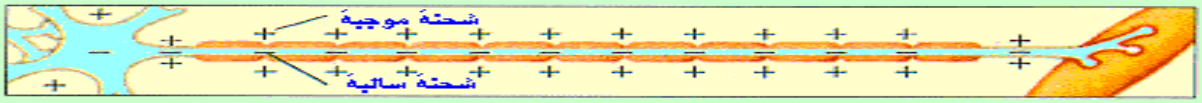
يتولد الايعاز العصبي نتيجة تغيير في درجة استقطاب الغشاء لليف العصبي (اي عندما يتغير فرق الجهد الكهربائي على جانبي الغشاء) اذ ان هذا الغشاء يحمل فرقا في الجهد الكهربائي على جانبيه يسمى جهد الراحة Resting potential نتيجة للتوزيع غير المتكافىء لايونات الصوديوم والبوتاسيوم على جانبيه ، فيكون تركيز ايونات الصوديوم خارج الخلية اعلى من تركيزها داخل الخلية فيما نجد ان تركيز ايونات البوتاسيوم داخل الخلية اعلى من تركيزها خارج الخلية، وعليه يكون سطح الغشاء من الداخل سالب الشحنة اما السطح الخارجي فهو موجب الشحنة ، وبالامكان تلخيص العوامل التي تؤدي الى تكوين جهد الراحة في النقاط الاتية:

١ . الاختلاف في نضوحية (نفاذية) غشاء الخلية للايونات فهو شديد النفاذية لايونات البوتاسبوم وقليل النفاذية لايونات الصوديوم .

٢. الفرق في تراكيز الايونات على جانبي الغشاء .

٣. وجود ايونات سالبة عضوية لايمكنها المرور خلال الغشاء بسبب كبر حجمها مثل البروتينات المتأينة .

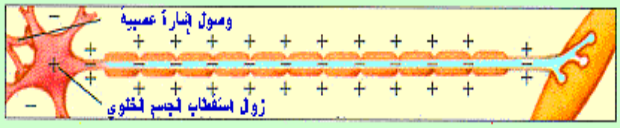
- تحت تاثير هذه العوامل الثلاثة تخرج كميات من ايونات البوتاسيوم الى خارج الخلية وتتراكم على السطح الخارجي للغشاء مع وجود ايونات الصوديوم هناك فيصبح الغشاء موجب الشحنة من الخارج فيما يصبح الغشاء سالب الشحنة من الداخل (الايونات العضوية السالبة التي لا يمكنها العبور) ، وهذه الحالة تسمى الاستقطاب Polarization .



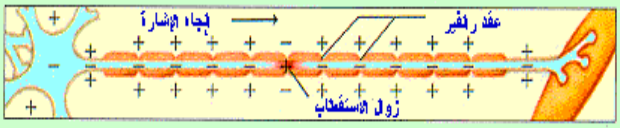
الخلية العصبية مستقطبة

* عند تحفيز الليف العصبي يحدث تغيير في نفاذية الغشاء (وهذه نقطة مفصلية في الموضوع)، فيصبح شديد النفاذية لايونات الصوديوم (انفتاح قنوات الصوديوم) ، وقليل النفاذية لايونات البوتاسيوم (انغلاق معظم قنوات البوتاسبيوم)، وبسبب وجود الصوديوم بكميات كبيرة خارج الخلية وانسجاما مع قانون الانتشار فانه سيتحرك الى داخل الخلية مما يؤدي الى حدوث انخفاض في فرق الجهد الكهربائي على جانبي الغشاء وتدعى هذه الحالة زوال الاستقطاب Depolarization ، وتستمر العملية حتى يتساوى فرق الجهد الكهربائي على جانبي الغشاء بحيث يصبح الغشاء سالب من الخارج وموجب من الداخل تتبع ذلك عودة الغشاء الى سابق عهده من ناحية النفاذية فيعود نفاذا للبوتاسيوم قليل النفاذية للصوديوم وبذلك يرجع الى حالة تعرف بعودة الاستقطاب Repolarization فهو موجب من الخارج وسالب الشحنة من الداخل .

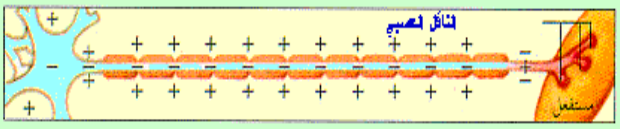
ان مجمل الحالات الثلاثة للغشاء (الاستقطاب وزوال الاستقطاب وعودة الاستقطاب) تشكل ما يعرف بجهد الفعل Active potential .



تبدأ الإشارة العصبية بتغير في نفاذية غشاء الخلية العصبية للصوديوم والبوتاسيوم وزوال استقطابها



تنتقل الإشارة العصبية عبر محور الخلية العصبية



تصل الإشارة العصبية إلى نهاية محور الخلية العصبية حيث يتم إفراز الناقل العصبي

خواص الايعاز العصبي :

١ . **يتبع الايعاز العصبي قانون الكل او اللاشيء في تولده** ، فعند تحفيز الليف العصبي اما ان يتولد ايعبز عصبي او لايتولد على الاطلاق ، واذا تولد فان قيمته تكون ثابتة وغير معتمدة على قوة التحفيز ، اي يجب ان يتعدى الحافز حد معين يعرف بالعتبة Threshold ، فاذا كان الحافز دون العتبة لايتولد الايعاز .

٢. **السرعة** : تتراوح سرعة سريان الايعاز العصبي من بضع سنتمترات في الثانية الى - ١٠٠ متر . وتعتمد السرعة على عدة عوامل من اهمها :-

أ. نوع الحيوان : سرعة الايعازات العصبية في الحيوانات متغيبرة الحرارة اوطأ من سرعتها في الحيوانات ثابتة درجة الحرارة .

ب. الغلاف الدهني : سرعة الايعاز في الالياف النخاعينية (اي الحاوية على الغلاف الدهني) اكثر من سرعته في الالياف غير النخاعينية .

ج. قطر الليف العصبي : تتناسب سرعة الايعاز العصبي طرديا مع قطر الليف العصبي .

٣. اتجاه سير الايعاز : عند تحفييز الليف العصبي المقطوع من الجسم بواسطة رجة كهربائية يسري الايعاز العصبي عند نقطة التحفيز في اتجاهين متعاكسين وبنفس السرعة والقوة .

٤. فترة العصيان - Refractory Period : بعد التحفيز وتكون الايعازات العصبية يمبر الليف العصبي في منطقة التحفيز بفترة زمنية تقدر ببضع ملي ثانية لايستطيع الليف ان يستجيب لحافز ثاني مهما كانت قوته وتدعى هذه الفترة بفترة العصيان المطلق Absolute Refractory ، تعقبها فترة زمنية ثانية لايستجيب فيها الليف العصبي الا اذا تجاوزت قوة التحفيز حداً معينا وتدعى هذه الفترة بفترة العصيان النسبي Relative Refractory .

٥. التـلاؤم Accomodation : اشرنا في ما تقدم الى مقاومة المادة الحية للتأثيرات الخارجية وذلك للبقاء في حالة الاستتباب ، وتسلك العصبات هذا السلوك عندما تتعرض الى منبه ، حيث يعاني غشاء العصبة من عمليتين متضادتين أولهما عملية التنبه في حين تكون الاخرى معرقلة لها وتعمد الى تقليل تأثير المنبه أو تأخير الاستجابة وهذه الخاصية تدعى بالتلاؤم . ويحدث التلاؤم عادة عندما يكون المنبه دون العتبة او عندما يستغرق وقتاً طويلاً للوصول الى أقصى شدته.

المستقبلات الحسية (العصبية) Sense (Nerve)Receptors

هي محطات لتحويل الطاقة المسلطة على الحيوان بكل انواعها الى طاقة كهربائية على الاغلب بهيئة جهد الغشاءMembrane Potential . ان تاثير المنبه (الطاقة) يكون من خلال احداث تغيير في نفوذية الغشاء (كما ذكر آنفاً) .

ان من اهم خصائص المستقبلات هي:

أ. تخصصها لنوع معين من المنبهات (الطاقة) كتخصص الاذن للصوت .

ب. قدرتها على تضخيم طاقة المنبه ليكون مؤهلا لاحداث التغيير في فرق الجهد وبالتالي احداث الاستجابة .

وباختصار فان المستقبلات هي الوسيلة التي تجهز الجهاز العصبي المركزي بالمعلومات الدقيقة عن التغيرات في المحيط الخارجي بشكل سيالات عصبية لاحداث الاستجابة الملائمة لذلك المنبه.

*تقسم المستقبلات الحسية على عدة اسس منها :

اولاً / حسب نوع الطاقة التي تستجيب لها ، وهي :

١ . مستقبلات ميكانيكية : وتشمل مستقبلات اللمس (الجلد) ، و مستقبلا الصوت (الاذن).. وغيرها.

٢ . مستقبلات كيميائية : وهي مستقبلات التذوق في اللسان والشم في الانف .

٣. مستقبلات الاشعاع الكهرومغناطيسي : وتتمثل في مستقبلات الضوء في العين.

٤ . مستقبلات حرارية : وهي مستقبلات الحرارة والبرودة في الجلد .

ثانيا / حسب مصدر الاثارة ، وتشمل :

١. مستقبلات تتأثر بالمنبهات الداخلية (المتغيرات الداخلية) وتوجد في الاحشاء والعضلات .

٢ مستقبلات تتأثر بالمنبهات الخارجية (المتغيرات الخارجية) مثل العينين والاذن والجلد والانف واللسان .

المشبك العصبي Nerve Synapse

يدعى موقع التقاء خلية عصبية مع خلية عصبية اخرى بـ (المشبك العصبي **Nerve Synapse**) ، فهو الموضع الذي تلتقي فيه نهايات تفرع محور خلية عصبية مع بدايات التفرعات التشجرية لخلية عصبية اخرى.

- **مميزات المشبك العصبي**

١. القطبية - Polarity :

ان انتقال الايعاز العصبي فيه يكون باتجاه واحد من الخلية العصبية قبل المشبك الى الخلية العصبية بعد المشبك اي ان المشبك يعمل كصمام يسمح للايعاز بالانتقال من نهاية محور الخلية قبل المشبك الى بداية تشجرات الخلية بعد المشبك) . لماذا؟ علل/ (وتفسير ذلك هو بسبب ان المادة الكيميائية الناقلة للايعاز توجد فقط في نهاية المحور ولا توجد في التشجرات).

٢. الابطاء - Delay :

وتعني ان الزمن الازم لعبور المشبك العصبي من قبل السيالة يفوق الزمن الازم لقطع المسافة نفسها في الليف العصبي). لماذا ؟علل/ (وان تفسير ذلك هو ان بعض الوقت سيمر لحين انطلاق المادة الناقلة للايعاز لتتمكن من نقل الايعاز الى الخلية بعد المشبك) .

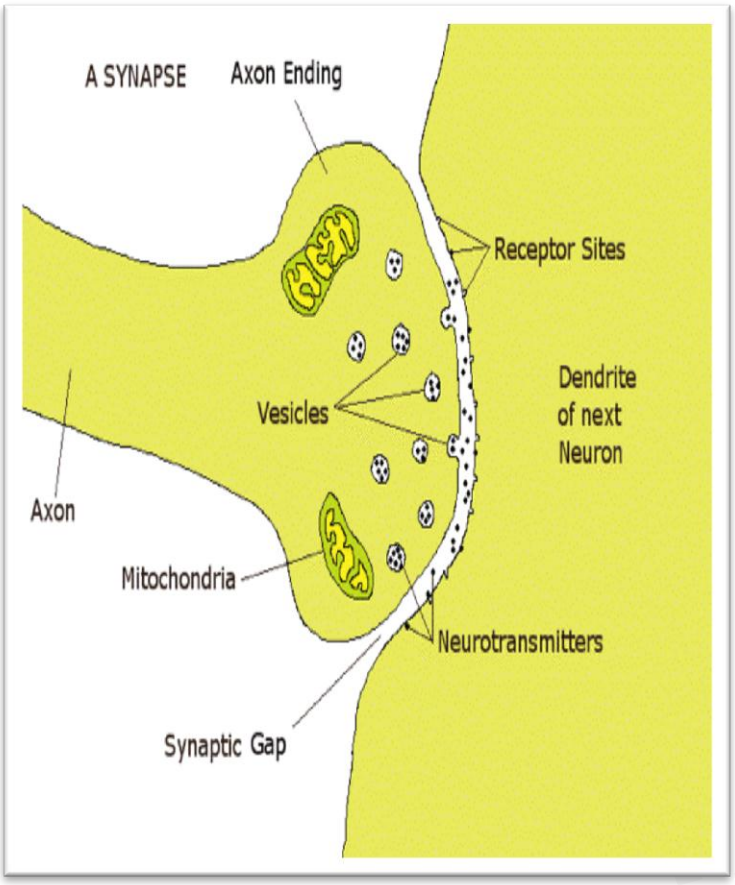
٣ التيسير - Facilitation :

ان نجاح انتقال المنبه عبر المشبك يتوقف على عدد جهود الفعل (او السيالات) ، فكلما زادت تيسر الانتقال . لماذا؟ علل/ (وذلك لان كل سيالة عصبية تؤدي الى تحرير كمية من الناقل والتي ستتجمع حتى تصل الى تركيز معين يؤدي الى انعدام الاستقطاب بدرجة كافية لخلق جهد كهربائي اي تكون سيالة عصبية في الخلية بعد المشبك .

٤ التثبيط – Inhibition :

لقد ظهرمن تنبيه الخلية قبل المشبك امتناع ظهور التنبيه بعد المشبك . وربما يعود السبب الى ان السيالة العصبية الواحدة قد لا تكون قوية بما فيه الكفاية لعبور المشبك .

التركيب الدقيق للمشبك العصبي

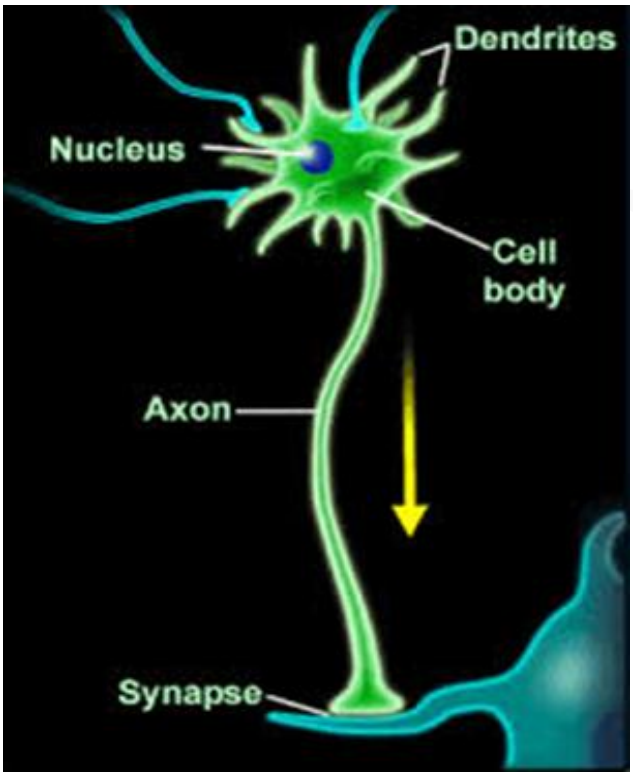


اظهرت دراسة التركيب الدقيق للمشبك العصبي انه لا وجود لاتصال فعلي (مباشر) بين سايتوبلازم او غشاء الخليتين العصبيتين (قبل وبعد المشبك) بل توجد فسحة او فجوة تفصل بينهما وتدعى الفالق المشبكي Synaptic Cleft(Synaptic Gap) يبلغ عمقها حوالي ٢٠٠ - ٣٠٠ انكستروم مملوءة بمادة مخاطية متعددة السكريات Polysaccharides .

اظهر الفحص المجهري الدقيق لمنطقة المشبك ان نهايات المحور تكون بشكل انتفاخات اطلق عليها اسم الازرارالانتهائية End Battons (او الاقدام الانتهائية End feets) والتي تحتوي على عدد من الاكياس المملوءة بالناقل العصبي Neuro-transemetter .

لقد ساد الاعتقاد لزمن طويل ان تبادل المعلومات (السيالة العصبية) بين العصبات عبر المشبك يكون على هيئة انتشار كهربائي ، الى ان قام الباحث اوتولوي بتجربته في العام ١٩٢١ والتي اراد بوساطتها اثبات فكرة ان هنالك مادة كيمياوية تتحرر عند نهايات الاعصاب وهي التي تعمل على نقبل الايعاز العصبي عبر المشبك .

الية عمل الناقل العصبي الاستايل كولين Acetyle Choline



عند وصول السيالة العصبية الى نهايات المحور للخلية العصبية قبل المشبك فان اكياس (او حويصلات) المشبك تطلق الناقل العصبي الموجود بداخلها الى منطقة الفالق المشبكي ، ويعتقد ان جهد الفعل المتكون في المنطقة يساعد في دفع هذه الاكياس باتجاه غشاء الخلية قبل المشبك وهو اما سيتمزق او تزداد نفاذيته ليسمح للناقل العصبي بالمرور الى الفالق المشبكي ، وهناك سيرتبط الناقل العصبي بالمستقبلات المتخصصة والموجودة على غشاء الخلية بعد المشبك ليحدث فيها زوال استقطاب كاف لخلق جهد كهربائي (فتح قنوات الصبوديوم وغلق قنوات البوتاسبيوم) . اي بمعنى اخر تكوين سيالة عصبية في الخلية العصبية بعد المشبك وهكذا يكون قد تحقق الانتقال للايعاز العصبي . ومن الامثلة المهمة على هذه النواقل هو الاستايل كولين **Acetyle Choline** .

تبدا بعد ذلك خطوات تحليل الناقل العصبي بوساطة انزيم يسمى Choline Esterase والذي يتحرر من منطقة الفالق المشبكي ويهاجم الناقل العصبي الاسيتايل كولين ويحلله الى مادتي (الكولين والخلات Acetate) بسرعة تمكن الليف من استقبال ايعاز جديد ولذلك فان منع عمل هذا الانزيم يتسبب فبي بقاء الناقل ملتصقا بالغشاء بعد المشبك ويمنع عودة استقطابه مما يعني تخريبا للملتقى العصبي العضلي وربما سبب الشلل والوفاة احيانا.

لا يعد الاسيتايل كولين الناقل العصبي الوحيد المتحرر عند نهايات الاعصاب بل توجد مواد اخرى مثل الادرنالين الذي يفرز من نهايات الاعصاب الودية ، وعلى اساس نوع الناقل الذي تفرزه نهايات الاعصاب فانها تقسم الى:

١. الياف عصبية كولينية الفعل - Cholinergic fibers وهي الالياف التي تحرر مادة الاسيتايل كولين.

٢ الياف عصبية ادرينالية الفعل - Adrenergic fibers وهي الالياف التي تحرر مادة الادرنالين ،ويسمى الادرنالين بهرمون الطواريء.

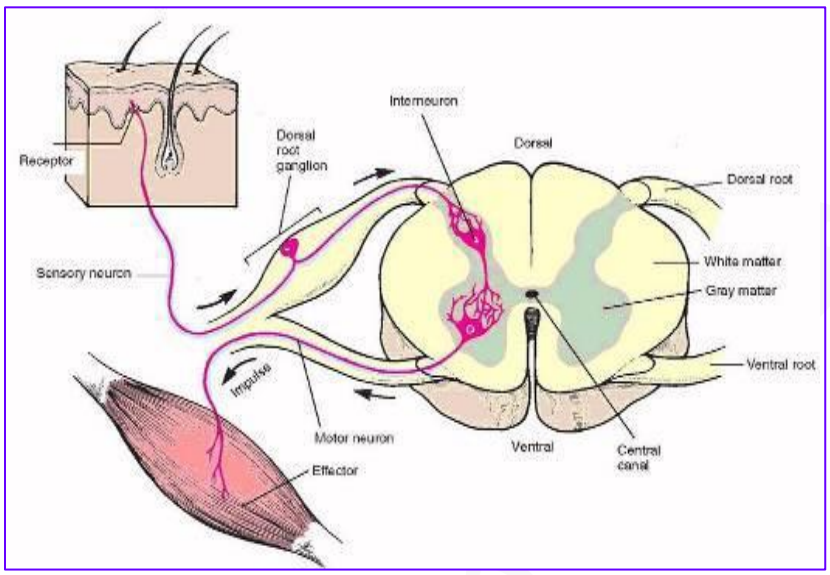
الاقواس الانعكاسية Reflexes

في الوقت الذي تعد فيه الخلية العصبية هي وحدة بناء الجهاز العصبي فان القوس الانعكاسي يمثل الوحدة الوظيفية فيه. وقد يظهر القوس الانعكاسي على هيئة حركة او افراز . يتالف القوس الانعكاسي من خمسة اجزاء هي:

١ . عضو استقبال(كاحد اعضاء الحس) ٢. خلية عصبية حسية ٣. خلية عصبية بينية ٤ . خلية عصبية حركية

٥. عضو الاستجابة (عضلة او غدة)

مثال عن قوس انعكاسي /



عند لمس سطح ساخن تتحرك اليد بسرعة بعيدا عنه (وهنا يعد الجلد هو عضو الاستقبال) والذي تنتشر فيه نهايات الاعصاب المتأثرة بالحرارة ثم ينتقل الايعاز عبر الليف العصبي الحسي الى (جسم الخلية العصبية الحسية)الموجودة في العقدة العصبية الشوكية في الجذر الظهري للعصب الشوكي ومنها الى القرن الظهري من المادة الرمادية في الحبل الشوكي ثم الى الخلية العصبية البينية الموجودة في القرن البطني للمادة الرمادية ومنها الى الخلية العصبية الحركية ومنها الى عضلة الذراع فتتقلص العضلة بعيدا عن الجسم الساخن وهنا تكون عضلة الذراع هي عضو الاستجابة وحركة اليد هي الاستجابة للمؤثر .

*صفات الجهاز العصبي التي تساعده للقيام بوظيفته:

ان طبيعة تركيب الجهاز العصبي ملائمة تماما للقيام بوظيفته وتتجلى هذه الملائمة بالصفات التالية:

أ. كثرة تشعبه : حيث تتواجد خلاياه في كل منطقة تقريبا من الجسم داخلية كانت ام خارجية. وهذه الصفة تمكنه من التقاط المعلومات من كل مكان في الجسم وايصال رد الفعل المناسب. ويقدر عدد الخلايا العصبية في جسم الانسان في مئات المليارات.

ب. سرعة التقاط وايصال المعلومات: من المعروف ان المعلومات الحسية او الحركية تنتقل في الجهاز العصبي على شكل تغيرات كهربائية تسمى سيالات عصبية قد تصل سرعتها الى ١٠٠ متر في الثانية، وتعد العصبات من اكبر الخلايا في الجسم ويصل طولها الى اكثر من مئة سنتمتراً .

ج. وجود سيطرة مركزية: ردود الفعل العصبية تخضع لرقابة جهاز الاعصاب المركزي المؤلف من الدماغ والنخاع الشوكي .هذه السيطرة تضمن ان يكون التنسيق بين عمل الاجهزة المختلفة على اتم وجه.