الفيزيولوجيا العامة للجهاز العصبي المركزي

الجهاز العصبي المركزي هو المسؤول عن التحكم والتنفيذ المتكامل لكل وظائف الجسم سواء الإرادية منها أو اللاإرادية، والوظائف الإرادية هي التي يمكن التحكم فيها بالإرادة مثل الحركة والمشي والتوازن، بينما الوظائف اللاإرادية مثل حركة الأحشاء الداخلية لايمكن التحكم فيها إرادياً.

والوحدة التشريحية والوظيفية للجهاز العصبي المركزي هي الخلية العصبية (العصبون) وتختلف هذه الخلية عن باقي الخلايا الجسمية في وجود محور طويل يخرج من جسم الخلية كما توجد زوائد شجرية كثيرة في الخلية العصبية.

تتكون الجملة العصبية المركزية من كمية هائلة من العصبونات أو الخلايا العصبية والتي تقسم إلى نوعين:

١)- **الخلايا العصبية (العصبونات):** والتي ترتبط مع بعضها البعض بشكل وثيق بوساطة المشابك العصبية.

٢)- **الخلايا الدبقية** : وهي خلايا خاصة بالجملة العصبية، وتملأ المسافات بين الخلايا العصبية أو تحيط بها وعددها أكبر بـ /١٠/ مرات من الخلايا العصبية ولا دخل لها بالوظيفة العصبية. وهي تقوم بوظيفة حماية وإسناد للخلايا العصبية المؤمنة لعمليات استقبال وتوصيل المعلومات في الجملة العصبية. ويعمل البعض من أنواع هذه الخلايا كأغلفة نخاعية حول الألياف العصبية كخلايا شوان المشكلة للغلاف النخاعيني حول الأعصاب.

❖ **<u>وتقسم العصبونات من الناحية الوظيفية إلى :</u>**

١) **عصبونات (حسية) واردة** : تنقل الإثارة من المستقبلات إلى الجملة العصبية المركزية، لذلك تسمى أيضاً عصبونات استقبالية. وتتوضع أجسام هذه الخلايا في العقد النخاعية الشوكية و القحفية المخية.

٢) **عصبونات (حركية) صادرة** : تنقل الدفعات العصبية من الجملة العصبية المركزية إلى الأعضاء المنفذة (العضلات ، الغدد). وترقد أجسام هذه

العصـــبونات فـــي القـــرون البطنيـــة للنخـــاع الشـــوكي والمـــخ المســـتطيل والـــدماغ المتوسط.

٣) **عصـــبونات خلاليـــة أو رابطـــة** : تـربط بـين العصـبونات الحسـية والحركيـة وتوجـد فـي الجملـة العصـبية المركزيـة، وتمثـل حـوالي ٩٠% مـن مجمـوع الخلايـا العصـبية في الجسم وتقسم حسب الفعل الذي تقوم به إلى مهيجة ومثبطة.

❖ **<u>وتتألف الخلية العصبية أو العصبون من ثلاثة أجزاء:</u>**

يتألف العصبون من ثلاث مناطق متميزة وظيفياً، وهي:

١- **جســم العصــبون:** الـذي يعـد منطقـة اسـتقبال رئيسـة للمعلومـات الـواردة إلـى الـى الخلية العصبية.

٢- **التغصـــنات:** وهـــي زوائـــد بروتوبلازميـــة تنشـــأ مـــن جســـم الخليـــة، وتـــربط الخلايـــا العصبية بعضها مع بعض. وتنقل الدفعات العصبية إلى جسم الخلية التالية.

٣- **محـوار العصـبون:** الـذي يأخـذ شـكل اسـتطالة خلويـة مفـردة وطويلـة تنقـل الإشـارات العصبية بعيداً عن جسم الخلية.

جسم العصبون:

تؤلف أجسام العصبونات المادة السنجابية (الرمادية) للجهاز العصبي. وينتج عن تجمعها في الجهاز العصبي المركزي نوى وأعمدة، في حين ينتج عن تجمعها في الجهاز العصبي المحيطي عقد شوكية أو قحفية، تأخذ العصبونات أشكالاً وأحجاماً مختلفة، فمنها ماهو كروي أو نجمي أو مغزلي أو هرمي، ومنها ماهو صغير أو كبير، وتحيط بالخلايا العصبية أغشية خلوية، وتحوي بداخلها نوى ونويات، وعصارات خلوية فيها مكتنفات مثل جهاز غولجي والمتقدرات، ومن جهةأخرى تمتلك هذه الخلايا مكونات نوعية خاصة بالعصبونات ، مثل جسيمات نيسل، التي توجد حصراً في جسم العصبون، وتؤدي دوراً في صناعة بروتيناته وليبفاته العصبية. ولاتحتوي العصبونات على جسيمات مركزية، وهذا هو سبب عدم مقدرة العصبون على الانقسام والتكاثر وتعويض العصبونات التالفة كباقي خلايا الجسم.

تبرز من أجسام معظم العصبونات استطالات خلوية قصيرة كثيرة العدد ومتفرعة تدعى تغصنات خلوية، بالإضافة إلى استطالة مفردة طويلة تدعى محوار الخلية العصبية. تؤدي التغصنات دموراً مهماً في استقبال التنبيهات القادمة نحو الخلية، وتتراجع أعدادها إلى تغصن وحيد طويل في العصبونات الحسية.

أ- محوار العصبون:

استطالة مفردة وطويلة تنبثق من جسم الخلية في منطقة تدعى سرة المحوار، يتراوح طولها بين عدة ميكرونات وأكثر من متر، ويعد المحوار الاستطالة الخلوية الأكبر والأطول في الخلية العصبية، ويبدي المحوار في نهايته القاصية تفرعات محدودة العدد، تنتهي بانتفاخات تدعى أزراراً انتهائية. تحوي الأزرار الانتهائية حويصلات تختزن بداخلها مواد كيميائية تدعى نواقل كيميائية أو عصبية. وينقل المحوار الأوامر من وإلى الخلية وتمر فيه السيالات العصبية، وتقسم المحاور العصبية إلى نوعين حسب اتجاه مرور السيالات العصبية:

١- محوار عصبي (وارد) ينقل السيالات العصبية إلى الخلايا الموجودة في الجهاز العصبي.
٢- محوار عصبي محرك (صادر) مسؤول عن نقل السيالات العصبية من الجهاز العصبي إلى العضلات والغدد بالجسم.

ويغلف المحوار غشاء خلوي يسمح المبادلات الشاردية الضرورية لنشوء وسريان السيالة العصبية على طول المحوار، ويحتوي المحوار بداخله على جبلة المحوار أو الهيولى المحورية، تتخللها الليفات العصبية الدقيقة جداً بقطر (١٠-١٤) نانومتر، والأنبيبات، ويوجد في الهيولى المحورية كمية كبيرة من المتقدرات والجسيمات الصغرية.

تحيط بمحاوير العصبونات الضخمة مادة شحمية فوسفورية، تدعى غمدالنخاعين، الذي يقوم بوظيفة العازل الكهربائي وبالوظيفة الاغتذائية

تختلف ثخانة غمد النخاعين من ليف عصبي لآخر، فهو ثخين في بعض الألياف ويكسبها لونها الأبيض وتسميتها بالألياف النخاعينية، ويشاهد هذا النوع في الألياف الجسدية للجهاز العصبي المحيطي، والألياف قبل العقدة في الجهاز العصبي المستقل. وتشكل الألياف المغمدة بالنخاعين المادة البيضاء للجهاز العصبي المركزي. ومن جهة أخرى ، تكون الزمرة الثانية من

الألياف العصبية مجردة من غمد النخاعين ، وتدعى ألياف لانخاعينية، مثل محاوير العصبونات بعد العقدة في الجهاز العصبي المستقل.

تسير الألياف العصبية النخاعينية واللانخاعينية على شكل حزم، وبعضها يشكل الجذع العصبي أو العصب.

يتراوح قطر الألياف العصبية النخاعينية بين (١-٢٥) ميكرون، بينما يتراوح قطر الألياف اللانخاعينية (٠,٥-٢) ميكرون

لايكسو غمد النخاعين سطح الليف العصبي بكامله، إذ ان بداية المحوار ونهايته مجردة من هذا الغمد. كذلك فإن بنية الغمد ليست متواصلة على الدوام، فهو يتجزأ على مسافات معينة، مولداً قطعاً تفصل بينها اختناقات تدعى عقد رانفييه.

تتولى صناعة غمد النخاعين في الجهاز العصبي المحيطي خلايا دبق عصبي تدعى خلايا شوان.

تتميز الألياف المغمدة بالنخاعين بسرعة نقلها للسيالة العصبية. وتجدر الإشارة هنا إلى أن الألياف النخاعينية لاتستطيع القيام بعملها السوي إلا بعد تغليفها بغمد النخاعين.

أما غمد شوان فهو غلاف رقيق وشفاف يحيط بالنخاعين في الالياف النخاعينية المحيطية، أو بالمحوار في الألياف المجردة من غمد النخاعين، يحوي نواة في مقابل كل قطعة نخاعينية، يبقى غمد شوان محيطاً بالمحوار حتى في مناطق وجود عقد رانفييه.

تكمن أهمية غمد شوان في مساعدته الألياف العصبية المحيطية على التجدد بعد انقطاعها، خلافاً لألياف الجهاز العصبي المركزي غير المحاطة بغمد شوان التي تفتقر لقابلية التجدد.

ومن جهة أخرى، لاينشأ كامن الفعل (كامن العمل أوجهد الفعل) في الألياف النخاعينية إلا في عقد رانفييه، وكذلك كامن الراحة، وتخرج التيارات الدائرية المتشكلة إلى الوسط الخارجي فقط في مناطق هذه العقد، حيث يقوم الغمد النخاعيني بوظيفة العازل الكهربائي حيث يملك المقاومة الأومية الكبيرة، ونتيجة لذلك فإن الأجزاء بين العقد غير قابلة للإثارة، لذلك **تنتقل السيالات العصبية بوثبات متتالية من عقدة لأخرى، وهذا يكسب الألياف المغمدة بالنخاعين ميزتين إضافيتين، وهما:**

١- سرعة النقل العالية الناتجة عن ثبات كوامن الفعل بين العقد.

٢- الاقتصاد في صرف الطاقة، اللازمة لتشغيل المضخات المعنية بصون التراكيز الشاردية على جانبي الغشاء الخلوي، لأن الطاقة تصرف في هذه الحالة على تشغيل مضخات الغشاء في مستوى عقد رانفييه بدلاً من مضخات غشاء المحوار بأكمله.

خواص الألياف العصبية:

١- الاستثارة:

الاستثارة (قابلية التنبه) عند الألياف النخاعينية أعلى مماهو عليه عند الألياف اللانخاعينية، حيث تبلغ قيمة كروناكسي الألياف الحركية للثديات (٠,٠٥-٠,٢) ميلي ثانية، بينما يصل كروناكسي الألياف الودية إلى (٥) ميلي ثانية.

٢- النقل المعزول للإثارة:

يتألف العصب من العديد من الالياف العصبية، ولكن الإثارة تنتشر بكل من هذه الألياف العصبية بشكل معزول ودون أن تتحول إلى الألياف المجاورة ويؤمن الغمد النخاعيني هذا النقل المعزول للإثارة، وتزداد سرعة نقل الدفعات العصبية بشكل طردي مع زيادة سماكة الغشاء النخاعيني، وتزداد أيضاً شدة كامن العمل.

من ناحية أخرى تنتشرالإثارة (السيالة العصبية) في الألياف اللانخاعينية ببطء، وتكون شدة كوامن العمل فيها منخفضة، وبالرغم من أن غشاء الليف اللانخاعيني دقيق، فإن الدفعات العصبية تنتقل أيضاً بشكل معزول كما هو الحال في الألياف النخاعينية.

تنتقل الإثارة بالليف العصبي الكامل غير المتضرر، وعند تخريب غشاء الليف العصبي أو عند قطع العصب فإن الدفعات العصبية لاتنتشر.

٣- نقل الإثارة بالاتجاهين بالأعصاب:

تنتقل الإثارة بالليف العصبي بالاتجاهين، وتنتشر دفعات الإثارة من الجزء المنبه بالليف العصبي في حدود كل عصبون بالاتجاهين وبنفس السرعة.

٤- سرعة نقل (توصيل) الإثارة:

تختلف سرعة توصيل الإثارة في الألياف العصبية المختلفة، وهي في الألياف النخاعينية أكبر (بسبب النقل القفزي للإثارة)، وتوتبط سرعة توصيل الإثارة أيضاً بسماكة الليف العصبي، وهي تتناسب طرداً مع قطره.

استقلاب المواد في العصب:

إن شدة استقلاب المواد في العصب منخضة جداً، ويمكن الحكم على دينمية هذا الاستقلاب أثناء إثارة العصب وفي الراحة، بإنتاج الحرارة وباستهلاك الاوكسجين وطرح ثاني أوكسيد الكربون، حيث يطرح العصب الوركي للضفدع أثناء الراحة(٠,٠٠٨) ملغ من ثاني أوكسيد الكربون، و (٤,١٤*١٠$^{-٣}$) كالوري/غرام عصب/دقيقة. وفي وقت الإثارة يرتفع استقلاب المواد ويزداد استهلاك الأوكسجين وطرح ثاني أوكسيد الكربون وإنتاج الطاقة.

ويتفكك أثناء الراحة في الأعصاب بشكل أساسي الغلوكوز وبكمية بسيطة الدهون والبروتينات.

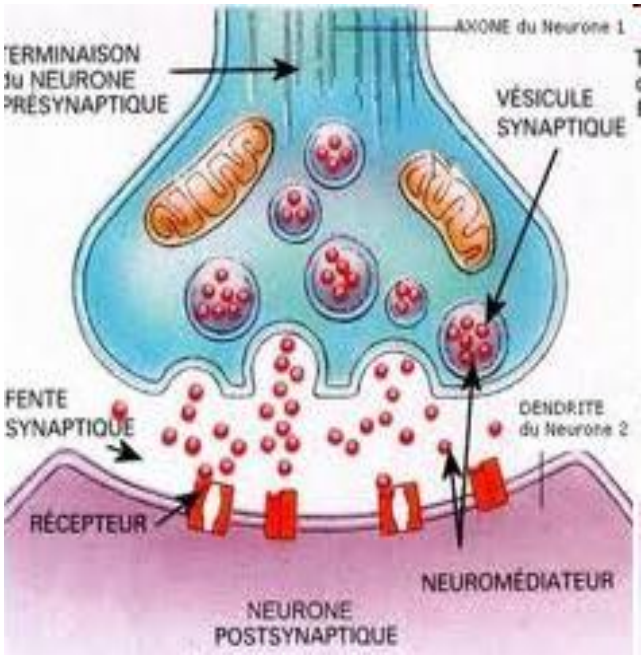
التوصيل المشبكي للإثارة:

يتم توصيل الإثارة في الألياف العضلية والعصبية بمساعدة كوامن العمل والتيارات الكهربية الدائرية الموضعية التي تحدثها والتي تنتشر على سطح الغشاء الخلوي.

ويحدث توصيل الإثارة من الليف العصبي إلى الليف العضلي من خلال تشكل بنائي خاص يسمى **المشبك العصبي العضلي، الذي يتألف من ثلاثة مكونات أساسية:**

١- الغشاء قبل المشبكي.
٢- الفلح المشبكي.
٣- الغشاء بعد المشبكي.

تتفرع نهاية محور العصب الحركي إلى فروع عصبية انتهائية عديدة لانخاعينية، يشكل غشاء كل منها غشاءً قبل مشبكياً.



صورة توضح المشبك العصبي العضلي

إن نقل الإثارة من خلال المشبك هي عملية معقدة، حيث تسبب الدفعة العصبية المارة في النهاية العصبية إفراز الوسيط (الأستيل كولين) من الحويصلات المشبكية، الذي يصل من خلال الغشاء قبل المشبكي إلى الفلح المشبكي ثم إلى الغشاء بعد المشبكي، والذي يتمتع بالحساسية المرتفعة للوسيط، ويعود سبب حساسية الغشاء المرتفعة للوسيط إلى وجود بروتين مستقبل خاص فيه يملك التقارب الكبير مع الأستيل كولين ويسمى المستقبل الكوليني، ويؤدي اتحاد الأستيل كولين مع المستقبل الكوليني إلى تغير بنيان الغشاء، ونتيجة لذلك ترتفع نفوذية الغشاء بعد المشبكي لشوارد الصوديوم التي تسعى من الفالح المشبكي إلى داخل الليف العضلي وتسبب إزالة الاستقطاب للغشاء بعد المشبكي وتشكل كامن اللوحة المحركة الانتهائية. وعندما يصل كامن اللوحة المحركة إلى بعض المستوى العتبي الحرج (حوالي ٤٠ ميكروفولت) ينشأ كامن العمل المنتشر.

ويوجد في منطقة الغشاء بعد المشبكي أنزيم الكولين أستيراز، الذي يفكك الأستيل كولين المفرز بسرعة مسبباً بذلك العودة السريعة إلى الوضع البدئي للمشبك.

المشبك العصبي:

هو مكان الاتصال بين الخلايا العصبية في الجهاز العصبي، وهو المكان الذي يتم فيه نقل الرسائل (السيالات العصبية) من خلية لأخرى، ويحدث المشبك العصبي نتيجة التقارب بين جزأين من الخلايا العصبية أحدهما مرسل والأخر مستقبل، ويمكن أن يوجد المشبك العصبي بين

أي جزء من الخلية العصبية المرسلة مع أي جزء من الخلية العصبية المستقبلة مثال ممكن أن يوجد المشبك العصبي بين محور مع محور أو محور مع جسم خلية أو زائدة شجرية مع محور.

وتفرز عند التشابكات العصبية مواد كيميائية تسمى الوسائط العصبية أو الموصلات الكيميائية، وعدد هذه المواد الكيميائية الوسيطة كبير، وكل هذه المواد عبارة عن هرمونات موضعية أو مجرد أحماض أمينية أو مواد أخرى خاصة بالجهاز العصبي تعمل فقط في مكان إفرازها وتسبب انتقال السيالات العصبية عبر خلايا الجهاز العصبي، ومن أمثلتها الأستيل كولين والنورأدرينالين والدوبامين والأندروفين والسيروتونين.

يفرز الوسيط الكيميائي من جهة الخلية المرسلة(ضمن الفالح المشبكي) بوساطة الحبيبات الإفرازية الموجودة في نهاية المحور للخلية المرسلة، ويتحد هذا الوسيط الكيميائي مع مستقبلات خاصة على الغشاء الخلية المستقبلة، وباتحاد الوسيط مع المستقبلات هذه يتم تنبيه الخلية المستقبلة.

خصائص المشبك العصبي:

١- **أحادية الاتجاه:** دائماً ماتمر السيالات العصبية في اتجاه واحد ضمن المشابك العصبية، أي تمر من الخلية المرسلة إلى الخلية المستقبلة وليس في الاتجاه العكسي.
٢- **التنبيه المشبكي:** يتم انتقال الفعل الكامن من الخلية المرسلة إلى الخلية المستقبلة من خلال إفراز وسيط كيميائي منبه مثل الأستيل كولين، وهو مادة مهيجة لغشاء الخلية المستقبلة ويزيد من نفاذية غشاء الخلية المستقبلة لعنصر الصوديوم والبوتاسيوم، فيدخل الصوديوم إلى داخل الخلية ويخرج البوتاسيوم إلى الخارج فتزال القطبية (زوال الاستقطاب) حول غشاء الخلية، وتتكون موجة من إزالة الاستقطاب تمتد عبر غشاء الخلية المستقبلة وبذلك يتم تنبيه الخلية المستقبلة.
٣- **التثبيط المشبكي:** في حالة إذا كانت الخلية المرسلة مثبطة للخلية المستقبلة فتفرز وسائط كيميائية مثبطة مثل حمض الجاما أمينوبيوتريك أو الجليسين وهو أحد الاحماض الأمينية ، تعمل هاتان المادتان على زيادة نفاذية غشاء الخلية المستقبلة للكلور (cl)فيندفع الكلور إلى داخل الخلية المستقبلة ، ويزيد الكلور من الشحنة السالبة داخل هذه الخلية، ويطلق على ذلك زيادة القطبية (الاستقطاب) ويؤدي إلى تثبيط الخلية المستقبلة.

٤- **الإجهاد المشبكي:** يحدث الإجهاد للمشابك العصبية وتفقد قدرتها على توصيل السيالات العصبية من مكان إلى آخر في الدماغ. ويحدث نتيجة الإجهاد نقص تدريجي في قدرة الخلايا المرسلة على تمرير الأوامر إلى الخلايا المستقبلة نتيجة استنفاذ مخزون الوسائط الكيميائية في الفالح المشبكي، ويجب أن تحصل هذه الخلايا المرسلة على قدر من الراحة حتى تستعيد قدرتها مرة أخرى على تمرير السيالات العصبية.

٥- **تأثير درجة الأس الهيدروجيني (PH):** تتأثر المشابك العصبية بالتغير في درجة PH الوسط المحيط بها، فدرجة PH القاعدية تسهل عموماً مرور السيالات العصبية عبر المشابك العصبية، أما درجة PH الحامضية فتعرقل مرور السيالات العصبية عبر المشابك العصبية. ولذلك في حالات مرضى السكري والتي ترتفع فيها نسبة الأجسام الكيتونية في الدم وهي حمضية التفاعل، تحدث غيبوبة عند المريض نتيجة تعثر مرور السيالات العصبية عبر المشابك العصبية في الدماغ، كذلك في حالات الفشل الكلوي حيث تزيد نسبة الأحماض في الدم، فيحدث غيبوبة نتيجة توقف مرور السيالات العصبية عبر المشابك العصبية في الدماغ. وفي حالات الصرع تحدث عند المريض موجات تشنجية، يعتقد العلماء أن سببها زيادة قلوية الدم وانخفاض تركيز أيونات الهيدروجين في الدم ، مما يزيد من معدل مرور السيالات العصبية في المشابك الدماغية.

القسم الثاني

الفيزيولوجيا الخاصة للجملة العصبية المركزية :

Specifical physiology of the central Nervous system

تتكون الجملة العصبية المركزية من : الدماغ و النخاع الشوكي والأعصاب التي تخرج منهما.

ويخرج من الدماغ (١٢) زوجاً من الأعصاب القحفية، وهذه الأعصاب القليل منها حسي أو حركي فقط، ومعظمها أعصاب مشتركة وهذا يعني أن هذه الأعصاب هي عبارة عن جذع يحوي أليافاً حسية تمر في اتجاه الدماغ وأليافاً حركية تمر من الدماغ إلى الأسفل.

تتجمع بعض الخلايا العصبية في نقاط مختلفة من المخ لتكون معاً مركزاً عصبياً مسؤولاً عن تنظيم وظيفة معينة في الجسم، فمثلاً توجد مراكز مسؤولة عن تنظيم عمل القلب والتنفس والسعال وإفراز اللعاب والقيء.

وعند عمل مقطع عرضي في الدماغ والنخاع الشوكي، نجد هناك طبقتين متميزتين إحداهما ذات المادة السنجابية وهي توجد خارجياً في الدماغ وداخلياً في النخاع الشوكي وهي عبارة عن أجسام الخلايا العصبية نفسها، والثانية تسمى المادة البيضاء وتقع داخلياً في الدماغ وخارجياً في النخاع الشوكي وهي عبارة عن المحاور العصبية لخلايا الطبقة السنجابية

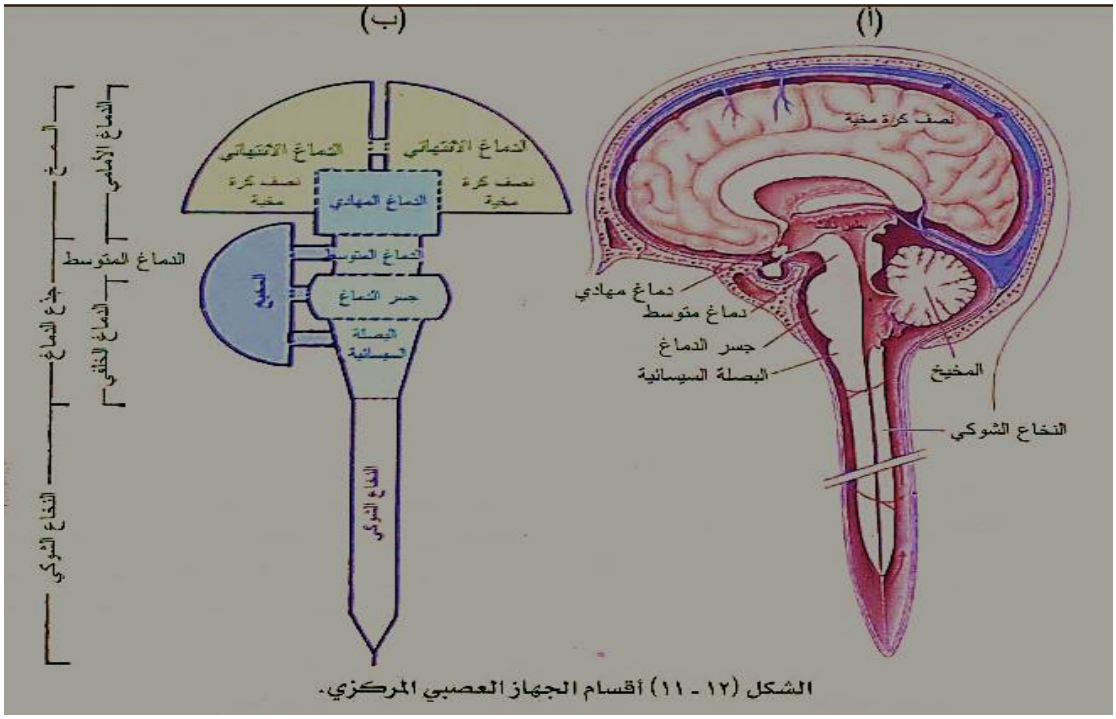
الفصل الأول

الدماغ Encephalon

وهو عبارة عن الجزء الأمامي والأكثر أهمية للجملة العصبية المركزية وهو يتكون من أربع مناطق:

١) الدماغ الخلفي(التالي) Mesencephalon (المخ المستطيل وجسرفارول)
٢) الدماغ المتوسط : Mesencephalon (الحديبات التوأمية الأربعة النواة الحمراء والمادة السوداء)
٣) المخيخ : Cerebellum
٤) الدماغ الأمامي (المخ): (الدماغ البيني : Diencephalon ونصفي الكرات المخية Hemispherium

والشكل التالي يوضح أقسام الدماغ:



الشكل (١٢ - ١١) أقسام الجهاز العصبي المركزي.

المبحث الأول

الدماغ الخلفي (التالي) يتكون من(المخ المستطيل وجسرفارول)

المخ المستطيل : Medulla oblongata (البصلة السيسائية)

يرتبط المخ المستطيل (البصلة السيسائية) مع كل أجزاء الجسم من خلال النخاع الشوكي ومن خلال الأعصاب الخاصة الصادرة من أنويته ، وبشكل رئيس من خلال الأعصاب المبهمة **ويقوم المخ المستطيل بوظيفتين أساسيتين :**

١- **وظيفة انعكاسية :** Reflection Function

٢- **وظيفة توصيلية :** Conduction Function

هذا وإن ألية النشاط الانعكاسي للمخ المستطيل لا تختلف بالمبدأ عن الوظيفة الماثلة للنخاع الشوكي ولكن الأهمية البيولوجية لهذا النشاط أكبر.

يحتوي المخ المستطيل في تركيبه على مراكز لمنعكسات هامة للحياة كمركز النشاط القلبي، مراكز التنفس، المركز المحرك للأوعية الدموية ، مركز الرضاعة ، ومراكز تنظيم عملية المضغ ، إفراز اللعاب ، البلع ، إفراز العصارة المعدية والتقيؤ ، السعال ، العطس ، استقلاب السكريات.

ويؤدي تخريب المخ المستطيل إلى الموت السريع، والطرق الناقلة للمخ المستطيل وجسرفارول (Pons varolie) هي جزر من السبل الصاعدة والنازلة والتي يتصالب بعضها في المخ المستطيل . وتوجد أيضاً الطرق الناقلة الأكثر قصراً والتي تنتشر في حدود المخ المستطيل .

وتحتوي منطقة المخ المستطيل وجسرفارول على نوى العديد من الأعصاب القحفية حيث تخرج من جسر فارول الأعصاب القحفية التالية:

- ✓ العصب ثلاثي التوائم (القحفي الخامس).
- ✓ العصب المبعد (القحفي السادس) .
- ✓ العصب الوجهي (القحفي السابع).
- ✓ العصب الدهليزي القوقعي (القحفي الثامن).

وتخرج من المخ المستطيل الأعصاب القحفية التالية:

- ✓ والعصب اللساني البلعومي (القحفي التاسع).
- ✓ العصب المبهم (القحفي العاشر).
- ✓ العصب الشوكي (القحفي الحادي عشر).
- ✓ العصب تحت اللساني (القحفي الثاني عشر) .

ويلعب المخ المستطيل الدور الهام في تنظيم التوتر العضلي ، حيث يساعد على تواجد العضلات الهيكلية في وضع متقلص قليلاً أي في حالة – توتر – وبهذا التوتر البسيط للعضلات الهيكلية يتغلب الجسم على قوة الجاذبية الأرضية ويحافظ على توازنه . ويملك توتر العضلات الهيكلية طبيعية – انعكاسية . وتتوضع بداية هذا القوس الانعكاسي في العضلات الهيكلية وأوتارها . وهذا وتصل من مستقبلات الحس العميق المتوضعة في العضلات دفعات عصبية بوساطة الأعصاب الواردة إلى المراكز العصبية المطابقة في المخ المستطيل ومن هناك بالأعصاب الصادرة إلى الألياف الفصلية لتسبب تقلصها التوتري .

وأحد المراكز الهامة في تنظيم توتر العضلات هو **نواة ديتيرس** Nucleus Deters للمخ المستطيل، فإذا قطعنا الدماغ بين المخ المستطيل والمتوسط، فاصلين نواة ديتيرس عن النواة الحمراء للمخ المتوسط ، نلاحظ عند الحيوان تطور الحالة المسماة صمل فصل المخ ويتصف

هذا الصمل بالزيادة الحادة لتوتر العضلات الباسطة حيث تصبح الأطراف ممدودة ، والرأس مدفوعاً للخلف ، والذيل مرفوعاً إلى مستوى الجسم.

هناك علاقة وظيفية هامة بين المخ المستطيل والجهاز الدهليزي ومستقبلات العضلات (بمستقبلات الوضع) والتي تنسب إلى المنعكسات التوترية السكونية . وبفضل هذه المشاركة فالمخ المستطيل يملك أهمية كبيرة في الوظائف الحركية للجسم، وفي تحقيق الأفعال كالمشي أو الوقوف والتي تحتاج إلى النشاط المتكامل للجملة العصبية المركزية .

جسرفارول (Pons Varplili)

يقوم جسر فارول بشكل أساسي بوظيفة التوصيل، رابطاً الأقسام المتوضعة إلى الأعلى وإلى الأسفل للجملة العصبية المركزية مع بعضها البعض ومع المخيخ. ويتوضع في جسرفارول المركز المنظم للتنفس الذي يساعد على تنظيم كل من سرعة التنفس ونمطه، أي يتحكم في عملية التنفس بالتنسيق مع مراكز الشهيق والزفير المخ المستطيل.