الفصل الثالث عشر : الجهاز العصبى والأفعال المنعكسة
The nervous system and reflex action

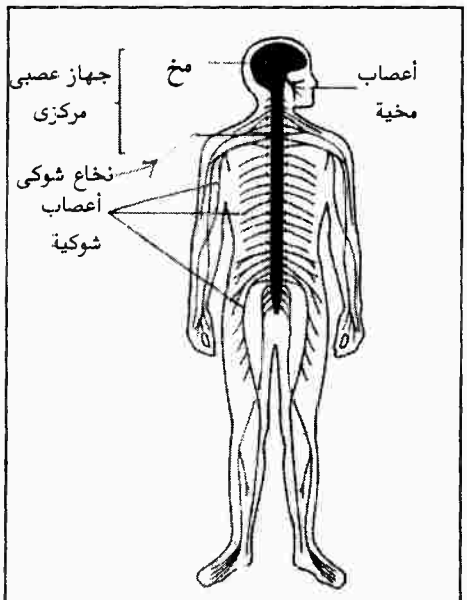
ـ يتركب الجهاز العصبى من جزئين :

١ ـ الجهاز العصبى المركزى Central nervous system .

٢ ـ مجموعة من الأعصاب تصل الجهاز العصبى بالأعضاء المختلفة ويسمى الجهاز العصبى الطرفى .

الجهاز العصبى المركزى

يتركب من المخ Brain والحبل الشوكى Spinal cord .



الجهاز العصبى فى الإنسان

وتحمل الأعصاب النبضات الكهربية من الجهاز العصبى المركزى إلى جميع أنحاء الجسم مما يسبب انقباض العضلات أو إفراز الغدد للإنزيمات أو الهرمونات والغدد والعضلات تسمى أعضاء الاستجابة effectors لإنها تستجيب عندما يصل إليها النبضات العصبية أو الهرمونات .

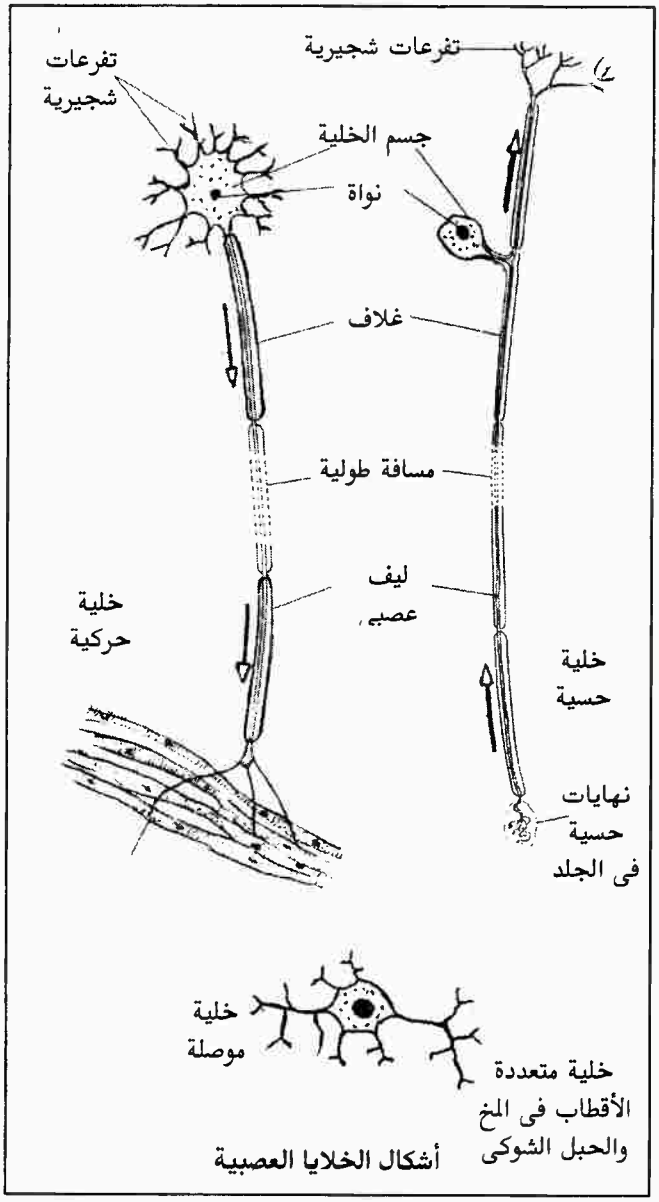
والعضلة ثنائية الرءوس biceps مثلاً هى عضو الاستجابة الذى يسبب انثناء الذراع ـــ والغدد اللعابية مثال لعضو الاستجابة عندما يفرز اللعاب كنتيجة لإشارات عصبية من المخ .

وكذلك ترسل الأعصاب النبضات العصبية من أعضاء الحس (العين ـــ الأذن ـــ الجلد ـ الخ) إلى المخ والحبل الشوكى وتسمى هذه النبضات بالنبضات العصبية الحسية Sensory impulses وتلك التى ترسل من المخ والحبل الشوكى إلى أعضاء الاستجابة تسمى نبضات عصبية حركية Motor impulses .

والأعصاب التى تربط الجسم بالجهاز العصبى المركزى تسمى بالجهاز العصبى الطرفى Peripheral nervous system

* الخلايا العصبية (Nerve cells (nerurones

يتكون الجهاز العصبى المركزى والجهاز العصبى الطرفى من خلايا عصبية والخلايا العصبية ثلاثة أنماط



أشكال الخلايا العصبية

أ ـ الحركية
Motor neurones

تحمل النبضات العصبية من الجهاز العصبى المركزى إلى العضلات والغدد .

ب ـ الحسية
Sensory neurones

تحمل النبضات العصبية من أعضاء الحس إلى الجهاز العصبى المركزى .

جـ ـ القطبية
Multipolar neurones

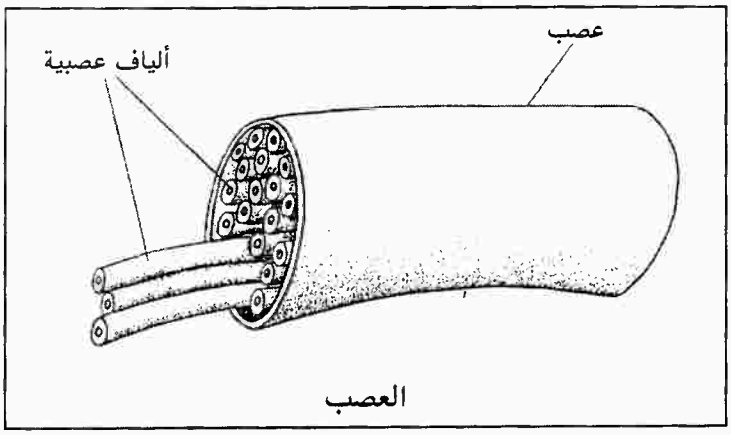
لا تعتبر حسية أو حركية ووظيفتها عمل التوصيلات بين الخلايا العصبية داخل الجهاز العصبى المركزى وتسمى خلية موصلة .

وكل خلية عصبية تتركب من نواة وسيتوبلازم وألياف متفرعة تسمى تفرعات شجيرية Dendrites تعمل على اتصال الخلية بخلايا أخرى ويتميز سيتوبلازم الخلية بوجود حبيبات نيسل Nissl التى تختفى عنذ بذل المجهود وتظهر وقت الراحة ويمتد من جسم الخلية خيط من السيتوبلازم محاط بغلاف عازل دهنى يسمى غلاف الميالين Myelin sheath يساعد على سرعة مرور النبضات العصبية ويسمى الليف العصبى Nerve fibre أو المحور ويلى غلاف الميالين غمد شوان Schwann .

ويمتد الليف العصبى داخل العصب بينما تستقر أجسام الخلايا العصبية فى الجهاز العصبى المركزى وهو المخ والحبل الشوكى .

* العصب Nerve

يُرى بسهولة ــ أبيض ــ متين ــ ليفى ويتركب من مئات من الألياف العصبية المجهرية فى حزم ــ ومعظم الأعصاب تحتوى خليط من الألياف الحسية والألياف الحركية ــ ولهذا يحمل العصب عديد من النبضات المختلفة بعضها يتحرك فى اتجاه فى الألياف الحسية والأخرى تتحرك فى الاتجاه المضاد فى الألياف الحركية .



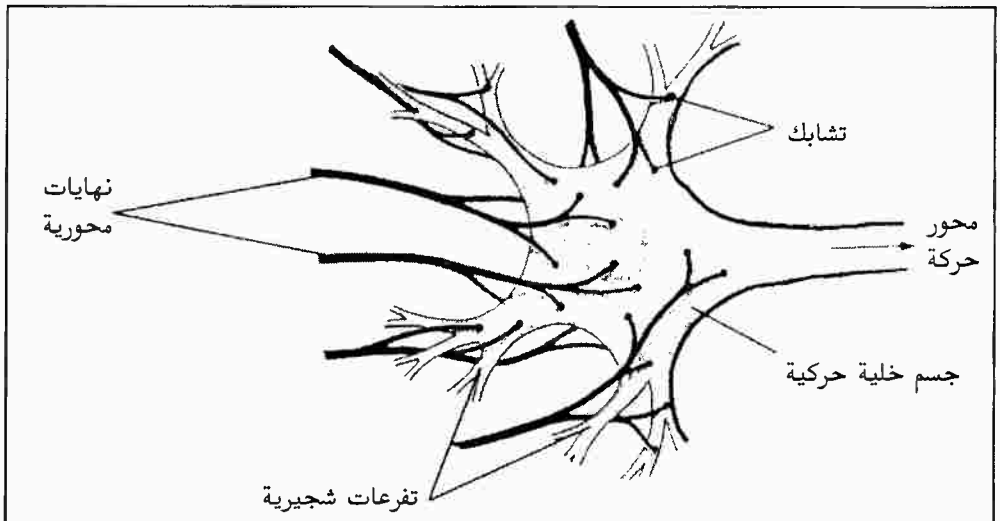
العصب

بعض الألياف العصبية طويلة جدا ــ الألياف العصبية المتجهة إلى القدم تستقر أجسام خلاياها العصبية فى الحبل الشوكى ــ والألياف تمتد داخل العصب بدون كسر ــ تحت جلد الأصابع أو عضلات القدم . ولهذا فكل خلية عصبية مفردة لها ليف عصبى يصل طوله إلى متر .

* التشابك العصبى Synapse

لأن الألياف العصبية معزولة ولتمر النبضات العصبية من خلية لأخرى يوجد فى مناطق الاتصال بين محور خلية وجسم خلية أخرى ما يسمى بالتشابك العصبى حيث يتصل نهاية فرع من أحد المحاور مع أحد التفرعات الشجيرية لخلية أخرى .

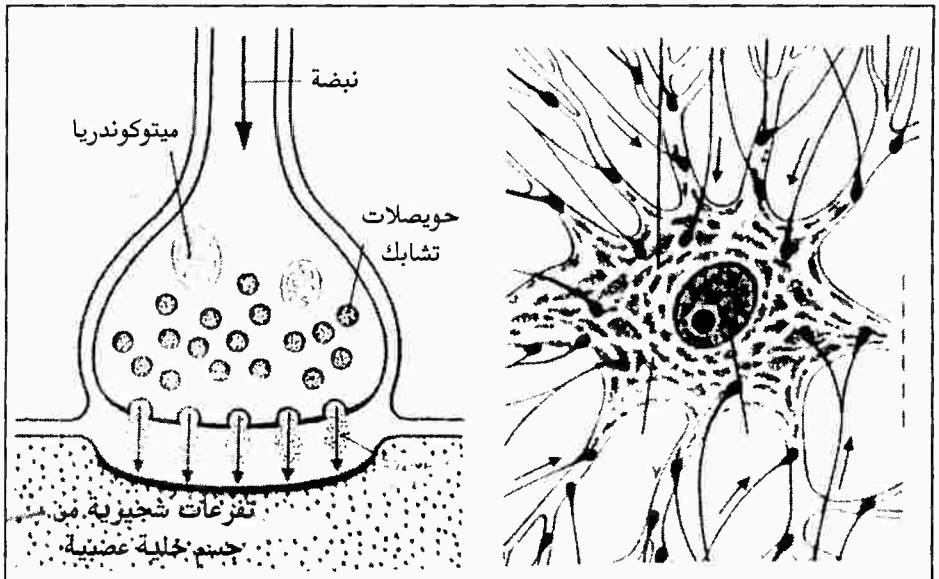
وعندما تصل النبضات العصبية إلى التشابك تتولد كميات قليلة جدا من مركبات كيميائية (نواقل كيميائية Chemical transmitter) مثل الاستيل كولين تسبب تولد النبضات فى الخلية الأخرى .



التشابك العصبى

وفى التشابك العصبى يكون الاتصال بين غشاء قبل التشابك (نهاية محور) وغشاء بعد التشابك (بداية زائدة شجيرية) وتمر النبضات العصبية فى المحور قبل التشابك حتى تصل إلى غشاء قبل التشابك فتؤثر على حركة حويصلات التشابك التى تتجه إلى الغشاء وتمرر المادة الكيميائية التى تمر فى المسافة بين الغشائين (٢٠ نانومتر) وتدخل وتؤثر على الغشاء بعد التشابك فتتكون نبضات عصبية بعد التشابك وهكذا يمر التيار العصبى خلال التشابك العصبى .

ويوجد عند غشاء بعد التشابك إنزيم يوقف فعل المركب الكيميائى حتى لا يستمر تأثيره ويستمر مرور النبضات العصبية .



مخطط يوضح منطقة التشابك العصبى حيث تحتوى نهاية المحور على حويصلات التشابك التى تحتوى الناقل الكيميائى وغنية بالميتوكوندريا لحاجتها لمزيد من الطاقة التى تساعد على نقل النبضات العصبية . ويكون اتجاه النبضات دائما من النهاية المحورية إلى التفرعات الشجيرية

* النبضات العصبية Impulses

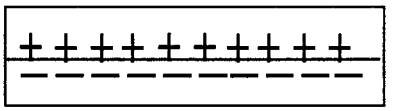
لا تحمل الألياف العصبية الإحساس مثل الألم أو البرودة ـــ فهذه الإحساسات نشعر بها عندما تصل النبضات إلى المخ .

والنبضات العصبية عبارة عن سلسلة من النبضات الكهربية تنتقل خلال الليف العصبى وكل نبضة تستغرق ٠,٠٠١ ثانية وتتحرك بسرعة تزيد عن ١٠٠ متر لكل ثانية .

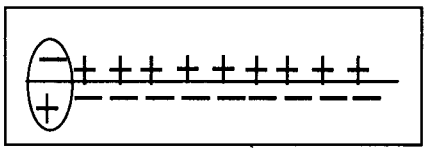
وجميع النبضات العصبية متشابهة فلا يوجد أى خلاف بين النبضات التى تأتى من العين أو الأذن أو اليد والاختلاف فقط فى ترجمة هذه النبضات فى المخ إلى صور الإحساس .

وتنشأ النبضات العصبية نتيجة اختلاف تركيز أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكلور خارج وداخل الغشاء البلازمى وهذا الاختلاف فى التركيز يرجع إلى خاصية النفاذية الاختيارية للغشاء وينشأ عنه اختلاف فرق الجهد الكهربى خارج وداخل الغشاء .

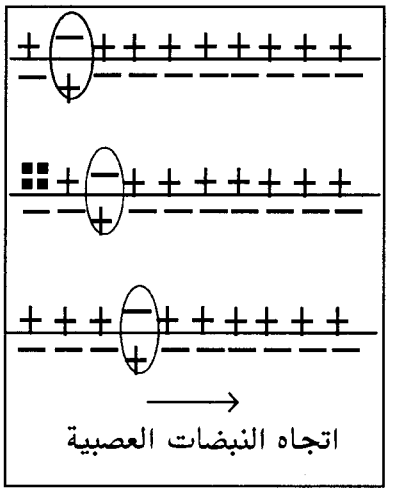
فيصبح خارج الغشاء جهده الكهربى أعلى منه داخل الغشاء ويعرف ذلك بجهد الغشاء أثناء الراحة .



وعندما يؤثر مؤثر على الغشاء فإن نقطة التأثير تفقد خاصية النفاذية الاختيارية ويتغير تركيز الأيونات داخل وخارج الغشاء فى هذه النقطة فيصبح داخل الغشاء جهده الكهربى أعلى منه خارج الغشاء ويعرف ذلك بجهد الغشاء أثناء العمل أى النبضة العصبية فى هذه النقطة .



ويعتبر انقلاب فرق الجهد فى هذه النقطة مؤثرًا للنقطة التالية ويستمر ذلك وهذا ما يسمى بالنبضات العصبية الكهربية ويستمر مرور النبضات العصبية وتستعيد نقاط التأثير وضعها الطبيعى أثناء الراحة .



* المُخ The brain

يتكون المخ من المادة الرمادية (نحو الخارج) والمادة البيضاء (نحو الداخل) وتتركز المادة الرمادية فى تلافيف القشرة المخية وتنقسم القشرة المخية انقساما جزئيا إلى النصفين الكرويين بواسطة شق طولى والنصف الكروى الأيسر يتحكم فى الجانب الأيمن من الجسم والنصف الكروى الأيمن يتحكم فى الجانب الأيسر .

ـ **النصفان الكرويان Cerebrum** : ويقع بهما مراكز التفكير والذاكرة والإدراك ومراكز الحس الشعورى (السمع والبصر والشم والتذوق واللمس) ومركز النطق والكتابة .

ـ **المخيخ Cerebellum** : اسفل الجزء الخلفى من النصفين الكرويين يتكون من ثلاثة فصوص (فصان جانبيان بينهما فص وسطى ضيق) ويحمل سطح المخيخ أخاديد متوازية ووظيفته حفظ التوازن الحركى .

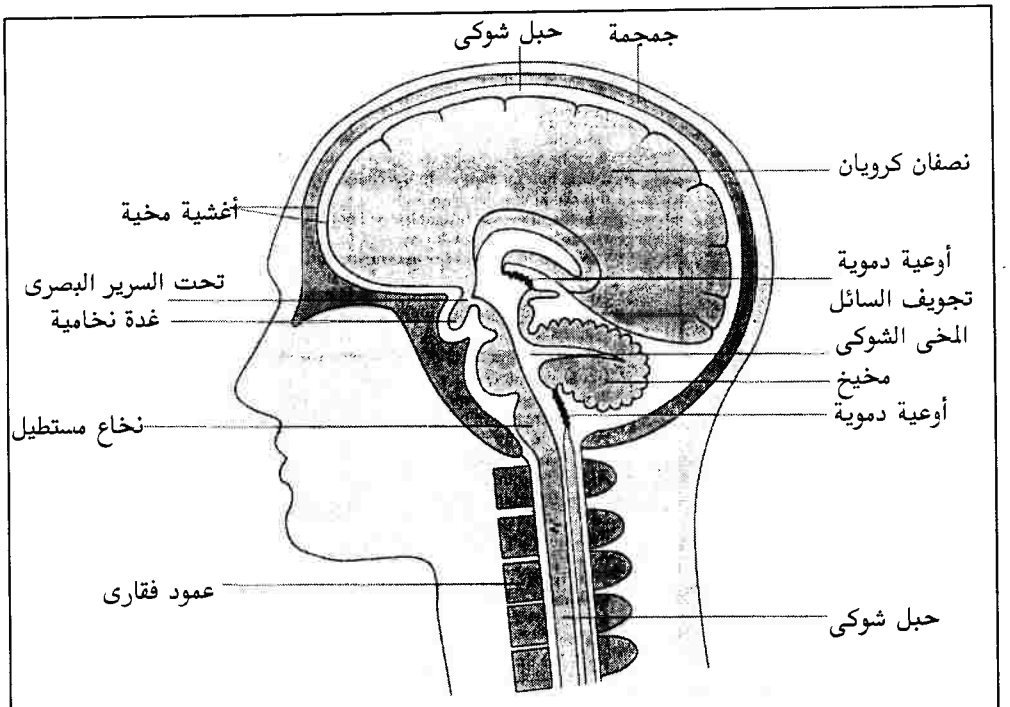
ـ **القشرة المخية Cortex** : فى كل من النصفين الكرويين والمخيخ تتكون من مئات الآلاف من الخلايا العصبية .

ـ النخاع المستطيل Medulla :

جسم أسطوانى بين قنطرة فارول والحبل الشوكى يصل النبضات العصبية بين المخ والحبل الشوكى كما يوجد به مراكز عصبية تسيطر على الحركات اللاإرادية مثل ضربات القلب والحركات التنفسية ودرجة حرارة الجسم .

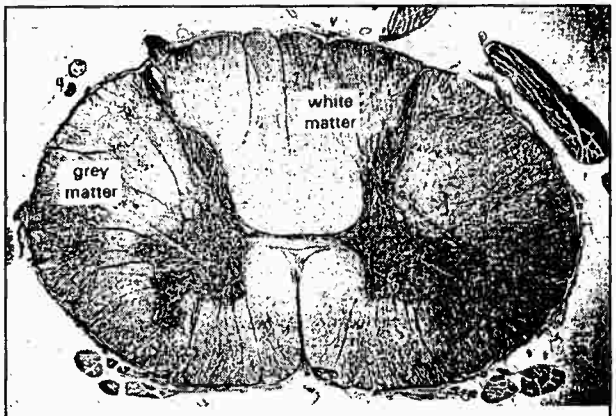
مخ الإنسان (طبيعى)

وتتصل الغدة النخامية بالجانب السفلى للمخ وذلك عند منطقة تحت المهاد (تحت السرير البصرى) Hypothalamus .



مخطط يوضح مناطق المخ

* الحبل الشوكى Spinal cord



قطع عرضى فى الحبل الشوكى يوضح المنطقة الرمادية (على شكل حرف H) وسط المنطقة البيضاء

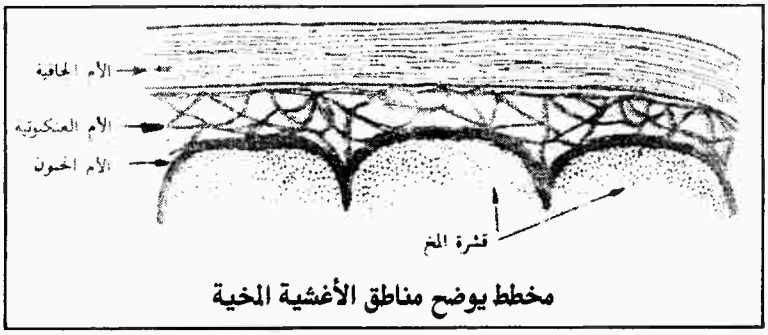
يظهر الحبل الشوكى فى القطاع العرضى مكونا من مادة رمادية Grey matter على شكل حرف H ويحيط بها مادة بيضاء White matter يمتد منها الأعصاب الشوكية Spinal nerve وتنقسم الأعصاب الشوكية إلى جذرين . . جذر ظهرى Dorsal root الذى تدخل منه الأعصاب الحسية وجذر بطنى Ventral root الذى تخرج منه الأعصاب الحركية .

وهذان النوعان من الأعصاب يستمران معًا فى عصب واحد هو العصب الشوكى . وأجسام الخلايا العصبية للألياف الحسية تقع فى الجذر الظهرى . ويحيط بالحبل الشوكى أغشية ويحيط به القناة الفقارية .

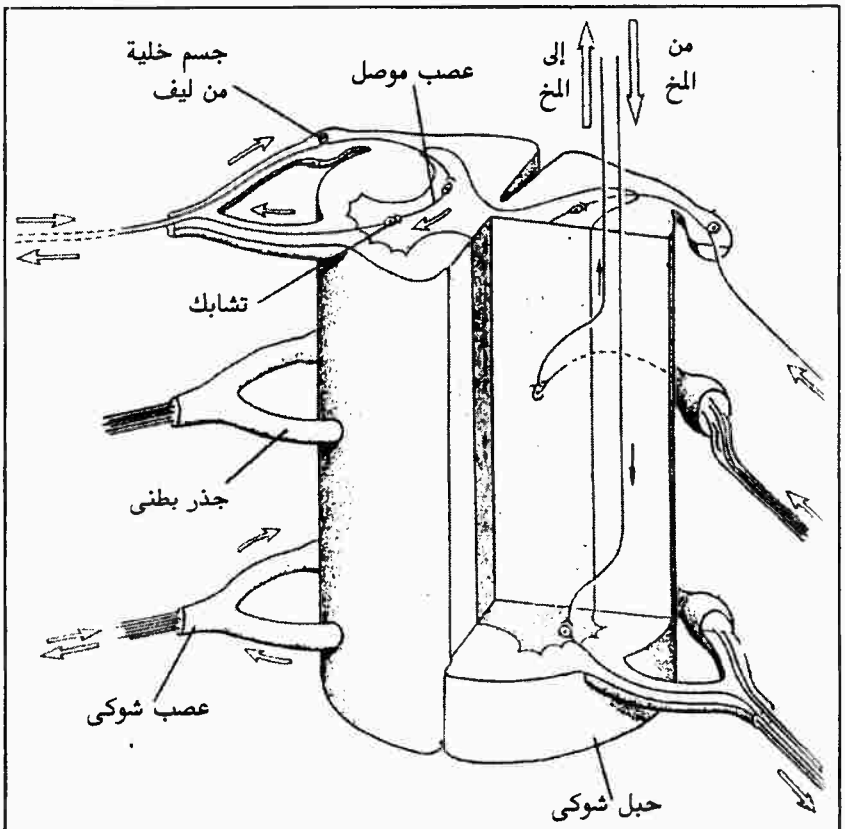
* السحايا (الأغشية) Meninges

يحيط بالمخ والنخاع الشوكى ثلاثة اغشية هى الأم الجافية Dura mater والعنكبوتية Arachnoid والأم الحنون Piamater .

وبين العنكبوتية والأم الحنون مسافة يملؤها سائل مخى شوكى والأم الحنون غشاء رقيق غنى بالأوعية الدموية يغذى الجهاز العصبى المركزى ويمده بالأكسجين والأم الجافية غشاء مثبت تحت العظام ويوفر الحماية للجهاز العصبى المركزى وبينهما العنكبوتية والسائل المخى الشوكى ولهما دور فى تغذية الجهاز العصبى ومده بالعناصر الضرورية .



مخطط يوضح مناطق الأغشية المخية



مخطط يوضح اتصال الأعصاب الشوكية على امتداد الحبل الشوكى ومرور النبضات العصبية من المخ إلى الحبل الشوكى وكل عصب شوكى عبارة عن التقاء جذر بطنى حركى وجذر ظهرى حسى ولذلك فجميع الأعصاب الشوكية مختلطة .

* الفعل المنعكس Reflex action

كمثال للفعل المنعكس عندما تلامس صفيحة ساخنة تسحب يدك بسرعة ويعرف بأنه استجابة فورية تلقائية من الجسم لأى إثارة . . وكذلك عند الدق على الركبة فى موضع معين نجد أن القدم تحدث ركلة وغالبا يقوم الطبيب بهذا الاختبار ليستدل على الحالة العصبية أو الصحية للإنسان . . . وكذلك الحركة التلقائية لأصابع القدم عند ملامسة باطن القدم .

ولكن ما الذى يحدث عندما نسحب اليد بعيدا عن ملامسة جسم ساخن ؟

النهايات الحسية فى الأصابع تثار بواسطة الحرارة مما يسبب نبضات عصبية تمر فى العصب خلال الذراع إلى الحبل الشوكى والمخ .

والإحساس بالألم يدركه المخ فقط عندما تصل إليه النبضات العصبية والنبضات العصبية التى وصلت إلى الحبل الشوكى هى التى تصل إلى المخ وقبل أن تصل تنعكس هذه النبضات فى الحبل الشوكى وتتحد فى ليف عصبى حركى إلى العضلات حيث تسبب انقباض العضلات وحركة الذراع . . ويحدث ذلك فى جزء من الثانية .

* القوس المنعكس The reflex arc

ما حدث من حركة تلقائية للذراع لإبعاد اليد عن الحرارة يسمى الفعل المنعكس ويحدث عن طريق خمسة عناصر أساسية تسمى القوس المنعكس وهى :

١ ـ مستقبل Receptor

يستقبل المؤثر وفى المثال السابق هو النهايات العصبية فى الجلد .

٢ ـ ليف عصبى حسى Sensory nerve fibre

يحمل النبضات العصبية من النهايات العصبية إلى الحبل الشوكى .

٣ ـ ليف عصبى موصل Intermediate nerve fibre

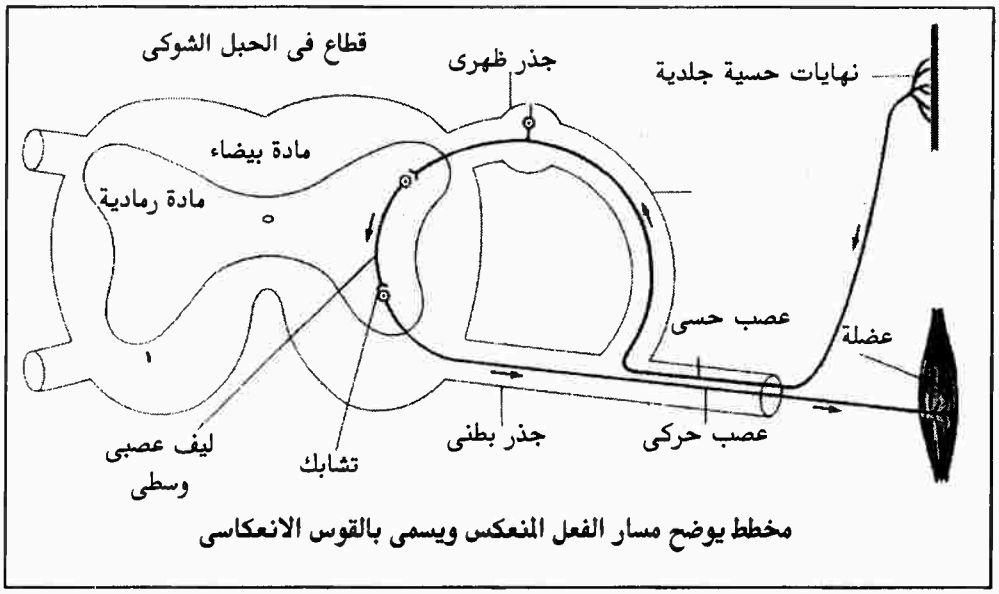
يحمل النبضات العصبية من الجانب العلوى إلى الجانب السفلى للحبل الشوكى .

٤ ـ ليف عصبى حركى Motor nerve fibre

يحمل النبضات العصبية من الحبل الشوكى إلى العضلات .

٥ ـ المستجيب Effector

وهى يحدث الاستجابة عندما تصل إليه النبضات وفى المثال السابق عضلات الذراع .



مخطط يوضح مسار الفعل المنعكس ويسمى بالقوس الانعكاسى

وداخل المادة الرمادية تتصل الخلايا العصبية الحسية فى الجذر الظهرى بخلايا عصبية حركية من الجذر البطنى بواسطة خلايا عصبية موصلة ومناطق الاتصال هى التشابكات العصبية وتمر النبضات العصبية دائما فى اتجاه واحد من النهايات الحسية إلى الحبل الشوكى إلى العضلات وتتجه النبضات العصبية فى الحبل الشوكى متفرعة إلى أعلى نحو المخ حتى يتم إدراك الحس .

الجهاز العصبى الطرفى

جهاز عصبى جسمى

يشمل الأعصاب الإرادية التى يسيطر عليها المخ وهى الأعصاب الحسية والأعصاب الحركية وتشمل ١٢ زوجا من الأعصاب المخية (حسية و حركية و مختلطة) ، ٣١ زوجا من الأعصاب الشوكية المختلطة

جهاز عصبى ذاتى

يشمل الأعصاب اللاإرادية وهى الأعصاب السمبثاوية والباراسمبثاوية

* الاستجابات الإرادية واللاإرادية
Voluntary and involuntary responses

عندما تحرك يدك لتناول شيء ما أو تمشى فى الطريق وغير ذلك مما تقوم به بإرادتك يسمى الحركات الإرادية وتتم عن طريق العضلات الإرادية ويتحكم فيها المخ .

ولكن هناك كثير من العمليات التى تتم داخل أجسامنا ولا تحكم لإرادتنا فيها مثل نبضات القلب أو حركة الأمعاء وهذه الأنشطة تتم عن طريق الجهاز العصبى الذاتى Autonomic nervous system .

والأعصاب الذاتية هى التى تتحكم فى الوظائف اللاإرادية ولا تتأثر شعوريا ولا يسيطر عليها المخ وتمتد هذه الأعصاب من عقد عصبية ganglia تقع خارج الحبل الشوكى (خارج فقرات العمود الفقارى) .

وينقسم الجهاز العصبى الذاتى إلى جهازين

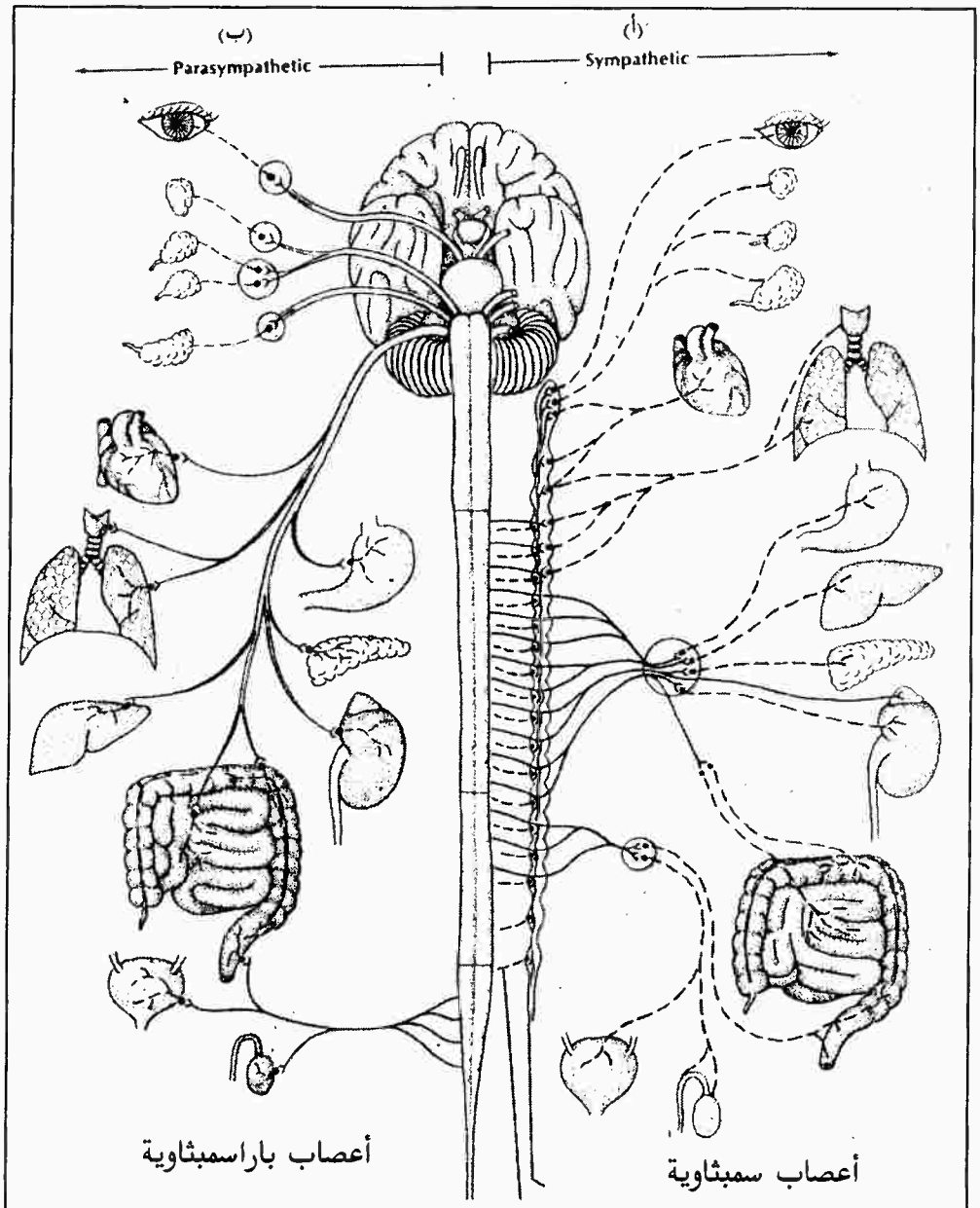
* الجهاز العصبى السمبثاوى Sympathetic .

* الجهاز العصبى الباراسمبثاوى Para Sympathetic .

وتغذى الأعصاب من الجهازين معظم أعضاء الجسم ووظيفة الأعصاب السمبثاوية تضاد وظيفة الأعصاب الباراسمبثاوية فمثلا .

● العصب الباراسمبثاوى يقلل من ضربات القلب ويزيد من الحركات الدودية للأمعاء بينما العصب السمبثاوى يزيد من ضربات القلب ويقلل من الحركة الدودية للأمعاء .

ويوضح الشكل فى الصفحة القادمة الأعصاب السمبثاوية والأعصاب الباراسمبثاوية



الجهاز العصبى الذاتى فى الإنسان

الأعصاب السمبثاوية على اليمين والأعصاب الباراسمبثاوية على اليسار ولاحظ أن الأعصاب تنطلق من المخ والحبل الشوكى ثم تتجمع فى عقد عصبية ثم ينطلق من العقد العصبية أعصاب إلى أعضاء الجسم المختلفة والأعصاب الباراسمبثاوية تتصل بالمخ والمنطقة العجزية بينما الأعصاب السمبثاوية تتصل بالحبل الشوكى .