الفصل الأول

مدخلٌ إلى الجُّملةِ العصبيَّةِ وتنظيمِها

مقدمة

تنظّم كلٌّ من الجملة العصبية والغدد الصماء وظائف الجسم، ويقوم الوطاء بدور الربط بين الجملة العصبية و الغدد الصماء. يكون تأثير الجهاز الغدي الصماوي بطيءً وطويل الأمد، وذلك عن طريق الهرمونات (الحاثات)، في حين يكون تأثير الجهاز العصبي سريعاً وقصير الأمد، وذلك عن طريق الدفعات (السيالات) العصبية.

وظائف الجهاز العصبي

- الجهاز العصبي هو جهازٌ مكون من شبكةٍ من الخلايا والأنسجة والأعضاء تسمح للجسم بالتوافق مع البيئة المحيطة به كما تسمح له بالقيام بفعالياته الوظيفية وهي:

1) **الوظيفة الحسية** Sensory function: حيث يقوم بنقل المعلومات من المستقبلات الحسية المختلفة (السمعية _ البصرية _الذوقية _ اللمسية- الشمية) إلى المراكز العصبية.
2) **الوظيفة الوصالية (التكاملية)** Integrative function: من خلال معالجة المعلومات الحسية، بتحليلها وتخزين بعضها، و بصناعة القرارات للقيام بالاستجابات المناسبة وتتم هذه العملية في المراكز العصبية.

3) **الوظيفة الحركية (المحركة) Motor function:** وهي إعطاء الأوامر والتعليمات، بعد معالجة المعلومات الحسية، مثل التقلص العضلي أو الإفراز الغدي.

أقسام الجهاز العصبي

- يتم تقسيم الجهاز العصبي بطريقتين:

1- تشريحياً Anatomically: إلى الجهاز العصبي المركزي، والجهاز العصبي المحيطي (الشكل1-1).

2- وظيفياً Functionally: إلى الجهاز العصبي الجسدي، الذاتي، والمعوي.

أولاً: التقسيم التشريحي:

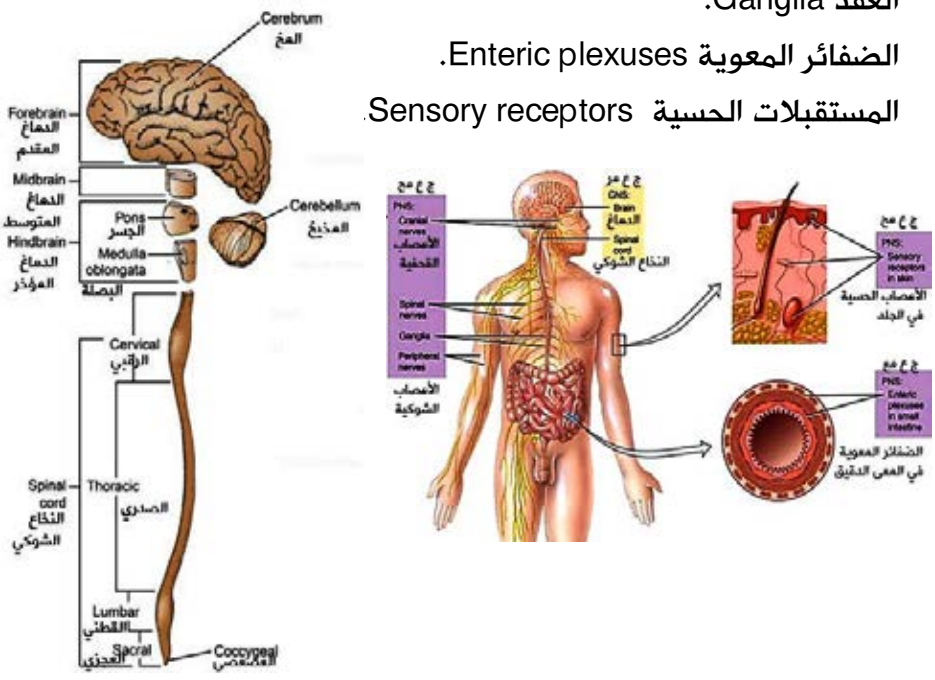
1-الجملة العصبية المركزية (ج ع مر Central nervous (CNS system:

- **الدماغ Brain:** يتوضع الدماغ داخل القحف وهو محميٌّ بوساطته، ويحتوي على85 مليار خليةٍ عصبيةٍ و يتكوَّن الدماغ من الأجزاء الآتية:
  1) نصفي الكرة المخية Cerebral hemisphere.
  2) الدماغ البيني (المهادي) Diencephalon.
  3) جذع الدماغ Brainstem، ويضم من الأعلى للأسفل:
     - الدماغ المتوسط Mesencephalon.
     - الجسر Pons.
     - البصلة Bulb (النخاع المتطاول medulla oblongata) التي تتابع بالنخاع(الحبل) الشوكي Spinal cord.
  4) المخيخ Cerebellum.
- **النخاع الشوكي Spinal cord (medulla spinalis):** يحتوي على حوالي 100 مليون خليةٍ عصبيةٍ، و يتوضَّع ضمن القناة الشوكية (القناة الفقرية) والتي تنتج عن تتابع الثقوب الفقرية.

يكون الجهاز العصبي المركزي محمياً بالسحايا و العظام والسائل الدماغي الشوكي.

2- الجملة العصبية المحيطية (ج ع مح Peripheral nervous (PNS system :

- يقوم الجهاز العصبي المحيطي بربط الجهاز العصبي المركزي بكل أجهزة الجسم.
- يتألف الجهاز العصبي المحيطي من كافة البنى العصبية الموجودة خارج الجهاز العصبي المركزي، حيث يتضمن:
  - الأعصاب القحفية Cranial nerves وفروعها، وتقع مراكز جميع هذه الأعصاب في الدماغ عدا العصب اللاحق الذي له جذرٌ شوكيٌّ بالإضافة إلى جذره القحفي.
  - الأعصاب الشوكية Spinal nerves وفروعها، وتتميّز هذه الأعصاب بأن عليها عقداً شوكيةً.
  - العقد Ganglia.
  - الضفائر المعوية Enteric plexuses.
  - المستقبلات الحسية Sensory receptors.



الشكل 1-1: قسام الجهاز العصبي مركزياً و محيطياً

ثانياً: التقسيم الوظيفي:

1- الجملة العصبية الجسمية (ج ع ج SNS) Somatic nervous system:

- توجد الجملة العصبية الجسمية في كلا قسمي الجملة العصبية، المركزي والمحيطي و يتألف من:

1) **العَصَبونات الحسية الجسمية Somatic sensory neurons** التي تنقل الدفعات الواردة affernet الحاملة لأنماط الحس (الألم، اللمس، الحرارة، الضغط) من العضلات الهيكلية والمفاصل و الجلد.
2) **العَصَبونات الحركة الجسمية Somatic motor neurons** التي تقوم بنقل الدفعات الصادرة efferent الحاملة للأوامر من الجملة العصبية المركزية إلى العضلات الهيكلية مسببةً التقلص العضلي، وتوصف أفعال هذه العصبونات أنها إراديةٌ حيث تتحكّم الإرادة (الوعي) بهذه الأفعال.

- يقوم الجهاز العصبي الجسمي من خلال مكوناته السابقة بالوظائف التالية:
  1) الحس الجسدي.
  2) الحس الخاص (مثل السمع و البصر والذوق).
  3) الحركة الإرادية.

2.الجملة العصبية الذاتية (ج ع ذ ANS) Autonomic Nervous System:

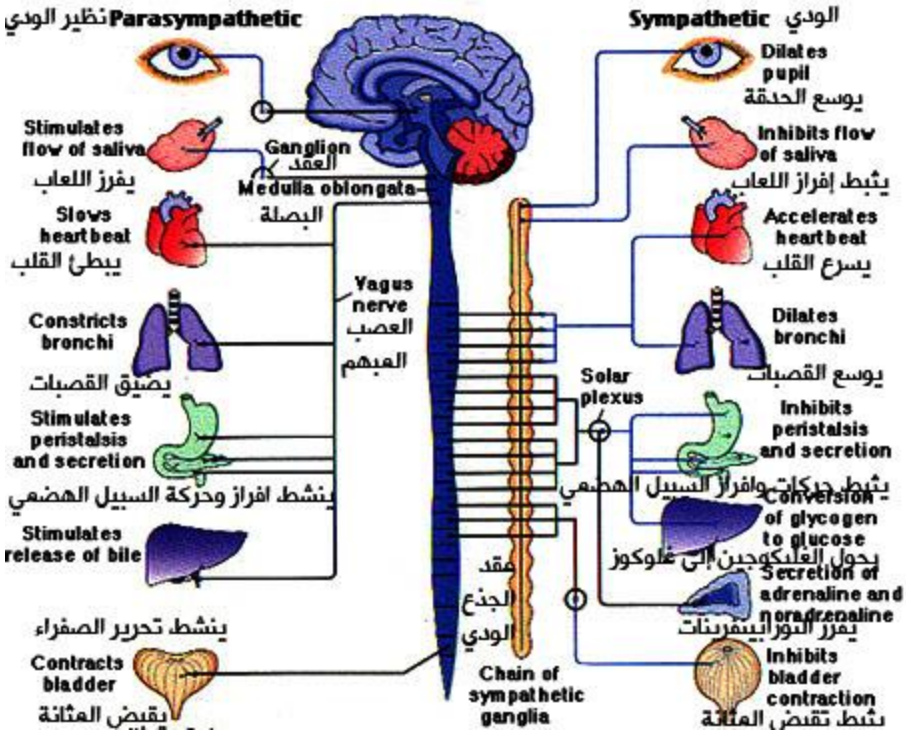
- تتألف الجملة العصبية الذاتية من:

1. **القسم الودي Sympathetic: الذي** يعمل في التمارين و في حالات الطوارئ والشدة stress (واجه أو اهرب) (fight or flight).
2. **القسم نظير الودي Parasympathetic:** الذي يعمل في حالة الراحة والهضم (rest and digest).

- يحتوي القسم الذاتي autonomic، للجهاز العصبي المحيطي أيضاً على عصبونات حسيةٍ و محركةٍ (واردةٍ وصادرةٍ):

i. **العَصَبونات الحسية الذاتية (الحشوية)** Autonomic (visceral) sensory neurons، التي تنقل المعلومات إلى الجملة العصبية المركزية من المستقبلات الحسية الذاتية، المتوضعة (أي المستقبلات) بشكلٍ رئيسيٍّ في الأعضاء الحشوية (العضلات الملس للأحشاء في الصدر و البطن والحوض)، وهذه العصبونات هي المسؤولة عن الألم المحوّل (الرجيع).

ii. **العَصَبونات المحركة الذاتية** Autonomic motor neurons (المحركة الحشوية)، التي تحمل المعلومات من الجملة العصبية المركزية إلى العضلات الملس و العضلة القلبية و الغدد، وتسبب تقلّص العضلات وإفراز الغدد، ويكون عمل هذا القسم غير تابعٍ للإرادة أي أنه ذاتيٌّ أو لا إراديٌّ (الشكل 2-1).



الشكل 2-1: الجملة العصبية الذاتي

- القسم الودي هو الناقل الرئيسي للحس الحشوي و من الممكن لنظير الودي أن يشارك أيضاً. ففي الكلية مثلاً ينقل العصب المبهم جزءاً من حس الكلية الحشوي، لذلك يمكن للألم من الكيسات الكلوية (الكيسة الرملية) أن يترافق بالغثيان (حس الإقياء)، وذلك بسبب قرب نواة العصب المبهم من النواة المسؤولة عن الإقياء في البصلة.
- يعمل القسمان الوديُّ ونظير الوديِّ بشكلٍ متعاكسٍ في معظم الأحيان، فالقسم الوديُّ مثلاً يسرع القلب بعكس نظير الودي، ونظير الودي يقوم بإرخاء العضلات الملس في المصرات البولية بعكس الودي.
- القسم نظير الودي هو المسؤول بشكل عام عن الإفرازات (مثل إفراز الغدة الدمعية) والإفراز الودي الوحيد هو إفراز العرق.

3-الجملة العصبية المعوية (ج ع مع ENS) Enteric nervous system:

- تدعى الجملة العصبية المعوية (ج ع مع ENS) بدماغ الأمعاء (brain of The gut). وتحتوي على أكثر من 100 مليون عَصَبونٍ موزعٍ على طول السبيل المعدي المعوي gastrointestinal tract (الشكل 3-1).
- تحتوي الجملة العصبية المعوية ENS على مكوناتٍ حسيةٍ وحركيةٍ، والتي بإمكانها العمل بشكلٍ مستقلٍ عن الجهاز العصبي المركزي:

العَصَبونات الحسية للقسم المعوي تتحسس التغيرات الكيميائية والميكانيكية (تمطُّط جدران المعى) في السبيل المعدي المعوي، وتنقلها إلى العصبونات المحرّكة والعصبونات الإفرازية في القسم المعوي.

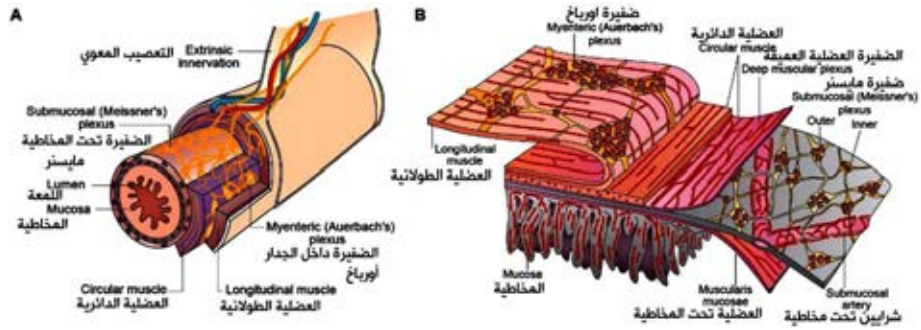
العَصَبونات المحركة للقسم المعوي تقوم بوظيفتين :

- تضبط التقلصات العضلية للعضلات الملس للسبيل المعدي المعوي أثناء سير الطعام ضمن هذا السبيل.

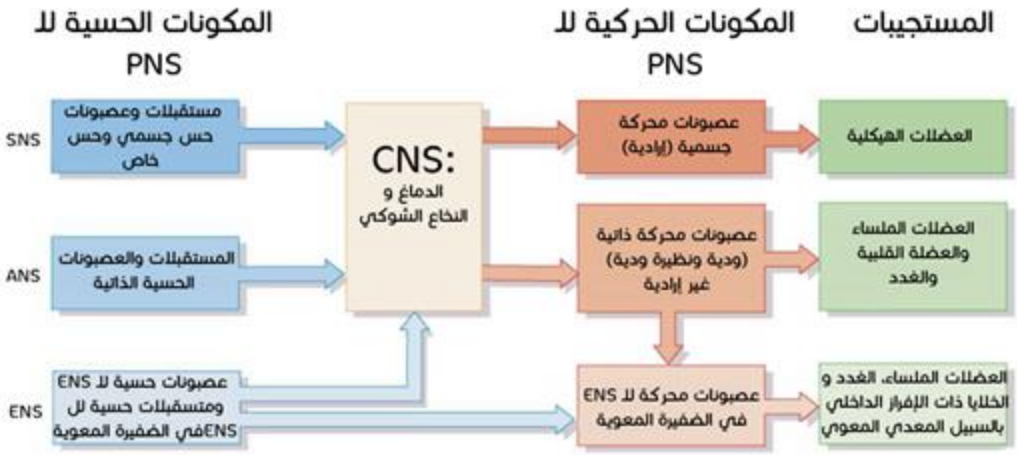
- تتحكم بإفرازات أعضاء السبيل المعدي المعوي مثل: إفراز الحمض المعدي وإفرازات الخلايا الصماوية (التي تفرز الهرمونات).

وكما في الجملة الذاتية ، فإن عمل الـقسم المعوي غير إراديٍّ .

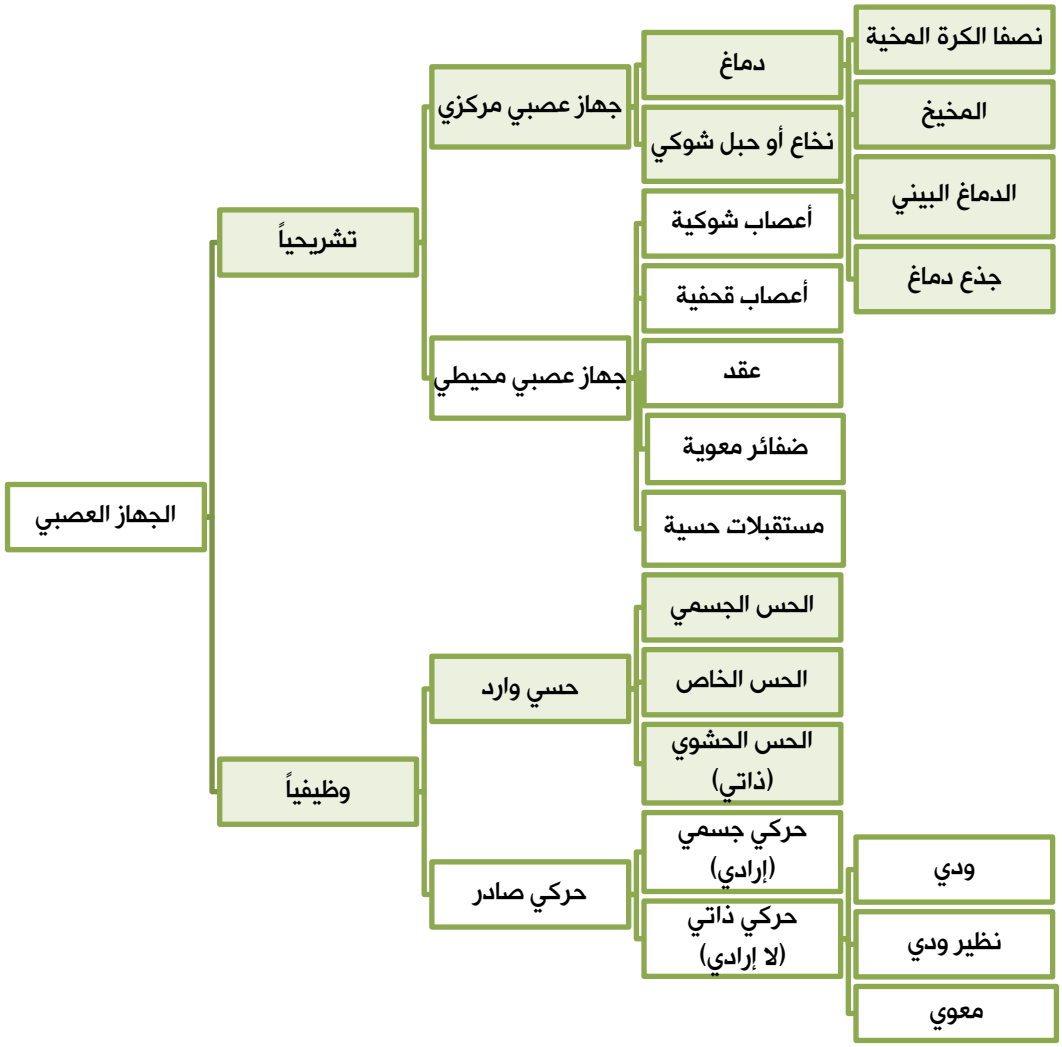
يقتصر دور الجملة العصبية الذاتية (الودية ونظيرة الودية) على تعديل عمل الجهاز العصبي المعوي فقط، كما هي الحال تماماً في العضلة القلبية (التي تتصف بالتلقائية، أي القدرة على النبض بشكل مستقل عن الجهاز العصبي).



الشكل 3-1:الجهاز العصبي المعوي



المخطط 2-1: أقسام الجهاز العصبي



المخطط 1-1: أقسام الجهاز العصبي تشريحيًا ووظيفيًا

لمحةٌ نسيجيَّةٌ عن الجهاز العصبي

النسيج العصبي Neural tissue

- يتكون النسيج العصبي من نوعين من الخلايا: العَصَبونات (الخلايا العصبية) neurons والخلايا الدبقية neuroglia (glial cells). و تصنف العصبونات بطريقتين، بنيوياً ووظيفياً.

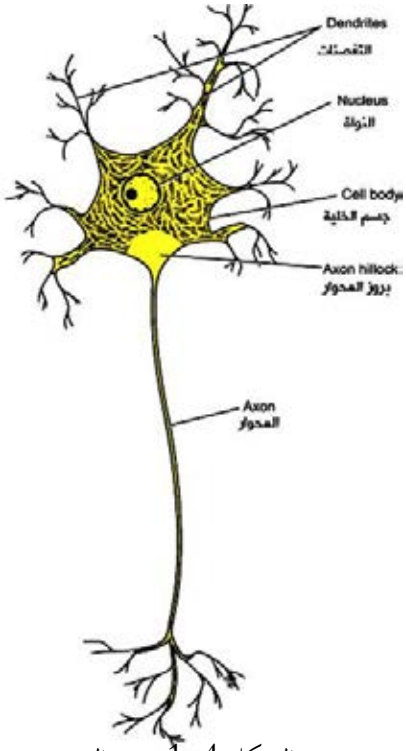
أولاً- العَصَبون (الخلية العصبية) Neuron

- هو <u>الوحدة الوظيفية الرئيسية</u> ضمن النسيج العصبي. تمتلك هذه الوحدة صفات الناقلية والاستثارة، كما أنها تفرز النواقل العصبية والهرمونات كالابنفرين و الهرمون المضاد للإبالة antidiuretic hormone
- يتشكل العصبون من (الشكل 4-1):

1) **جسم الخلية Cell body (Soma)**:التي تحتوي على النواة nucleus وبداخلها النوية nucleolus، وما حول النواة (الهيولى) Perikaryon (cytoplasma) .

2) **النواتئ العصبونية Neuron processes**: وهي نوعان:
   A. الاستطالات الهيولية (التغصنات) Denderites.
   B. المحوار Axon.

1- جسم الخلية



الشكل 4-1: بنية العصبون

- النواة Nucleus:

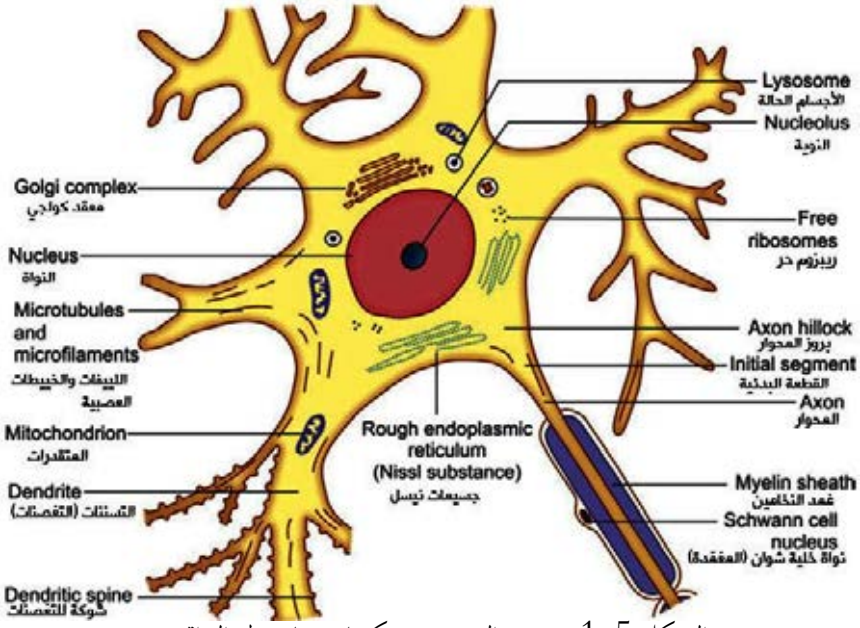
- عادةً ما توجد النواة في مركز جسم الخلية.
- تمتلك النواة المادة الوراثية (المورثات, دنا DNA) نفسها الموجودة في باقي خلايا الجسم.
- تحتوي النواة على **نويةٍ** nucleolus (أو أكثر) كبيرة الحجم مؤلفةٍ من أجزاءٍ من عدة صبغيات، تنتج رنا RNA له دورٌ في اصطناع البروتينات (إن الحجم الكبير للنوية ناجمٌ على الأرجح عن ارتفاع معدل تصنيع البروتين).

- الهيولى Cytoplasma أو ما حول النواة Perikaryon:

- هيولى الخلية العصبية غنيةٌ بشبكةٍ بلازميةٍ داخليةٍ حبيبيةٍ (خشنةٍ)، ولاحبيبيةٍ (ناعمةٍ) (الشكل 5-1).
- تحتوي الهيولى العضيّات و المكتنفات الآتية:

1. مادة نيسل (جسيمات نيسل) Nissl Substance.
2. معقد(جهاز) غولجي Golgi complex.
3. المتقدرات Mitochondria التي توجد بشكلٍ مبعثرٍ ضمن جسم الخلية و تغصّناتها. وهي مسؤولةٌ عن إنتاج الطاقة.
4. الليفات العصبية Neurofibrils.
5. الخييطات (الخيوط الدقيقة) Microfilaments.
6. النبيبات الدقيقة Microtubules.
7. الأجسام الحالة Lysosomes.

8. المُريكزات Centerioles: وهي المسؤولة عن الحفاظ على النبيبات الدقيقة في الخلايا العصبية الناضجة.



الشكل 5-1: جسم العصبون ومكونات ما حول النواة

2- النواتئ العصبونية

- الاستطالات الهيولية (التغصنات) Dendrites:

هي استطالاتٌ قصيرةٌ من جسم الخلية. و كلما ابتعد امتدادها عن جسم الخلية صغُر قطرها و كثُرت فروعها. يجب النظر إلى التغصنات على أنها امتدادات من جسم الخلية بغرض زيادة مساحة سطح الخلية من أجل استقبال الدفعات العصبية. فهي تنقل الدفعات العصبية باتجاه جسم الخلية (تتلقى التنبيه).

- **المحوار** Axon:

استطالةٌ هيوليةٌ مفردةٌ، وطويلةٌ (غالباً). يقوم بنقل الدفعات العصبية بعيداً عن جسم الخلية (ينقل التنبيه من جسم الخلية باتجاه خليةٍ عصبيةٍ أوخلايا من نوعٍ آخر، عضليةٍ أوغديةٍ). يتفرع المحوار في نهايته تفرعات غزيرة تسمّى النهايات المحوارية axon terminals.

- **المشابك العصبية** Neural synapses:

هي أماكن من جسم الخلية أو نتوءاتها (استطالاتها),حيث تقوم نواقل كيميائية (هي النواقل العصبية) بنقل السيالة (الدفعة العصبية) من عصبون إلى آخر, أو من عصبون إلى خلية أخرى خارج الجهاز العصبي (عضليَّةٍ مثلاً كالوصل العصبي العضلي).

بعض الوسائط العصبية (النواقل العصبية) neurotransmitters تقليديٌّ classic، مثل الأستيل كولين والنورأدرينالين. و بعضها عُرِف حديثاً، مثل أحاديات الأمين monoamines, والحموض الأمينية amino acids, وأُكسيد النتريك nitric oxide, والببتيدات العصبية neuropeptides.

تصنيف العصبونات Classification of neurons

يمكن ان تصنف العصبونات حسب البنية التركيبة والدور الوظيفي:

- **التصنيف البنيوي (أو الشكلي** Morphology) :

يتم التصنيف البنيوي اعتماداً على عدد الاستطالات الممتدة من جسم الخلية العصبية، إلى (الشكل 6-1):

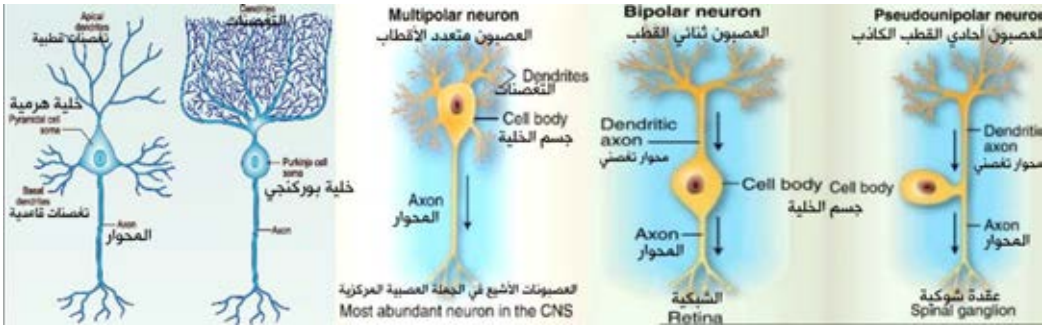
العصبونات أحادية القطب (أحادية القطب الكاذب) Unipolar (Pseudounipolar): وهي عصبوناتٌ حسيّةٌ، يعود وجود قطب واحد بها إلى التطور الجنيني الذي يتم به التحام المحوار مع التغصّن, و تشكيل استطالة وحيدة تنقسم بعد مسافةٍ قصيرةٍ إلى فرعين لهما نفس مواصفات المحوار.

توجد أمثلةٌ على هذا الشكل من العصبون في عقدة الجذر الخلفي (للأعصاب الشوكية).

العصبونات ثنائية القطب Bipolar: شكلها متطاولٌ، ولها محوارٌ واحدٌ وتغصنٌ واحدٌ. من أمثلتها الخلايا ثنائية القطب في شبكية العين، وفي الأذن الداخلية، وفي المنطقة الشمية للمخ.

العصبونات متعددة الأقطاب Multipolar: لها محوارٌ واحدٌ واستطالاتٌ عديدةٌ. تتشكل معظم عصبونات الدماغ والحبل (النخاع) الشوكي من هذا النوع (كالعصبونات البينية ، والعصبونات المحركة الصادرة).

يمكن أيضا أن تصنف بحسب الشكل النسيجي للخلية مثل خلايا بوركنج بالمخيخ Purkinje cells (نسبة للعالم الذي وصفها) والمعروفة أيضاً باسم الخلايا الكمثرية والخلايا الهرمية بقشرة المخ (نسبة إلى شكلها ومظهرها).



الشكل 6-1: التصنيف البنيوي (حسب الشكل) للعصبونات

- التصنيف الوظيفي:

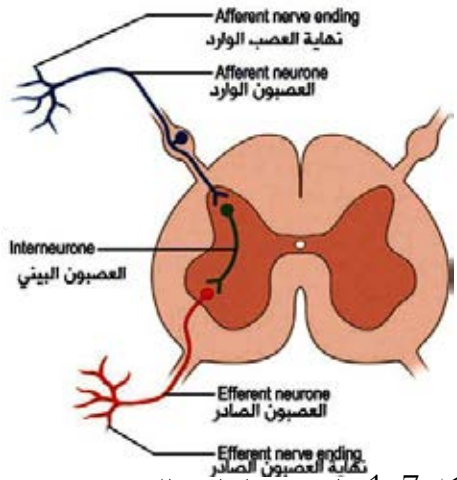
يمكن تصنيف العصبونات إلى ثلاثة أنواعٍ حسب الوظيفة (الشكل 7-1):

1- **العصبونات الحسية** Sensory neurons: تقوم بتلقي التنبيهات الواردة إلى الخلية العصبية.

2- **العصبونات المحركة** Motor neurons: تقوم بنقل التنبيهات خارج الخلية العصبية.

3- **العصبونات الواصلة** Intermediate neurons: تصل وظيفياً بين العصبونات الحسية والمحركة.

يشكل هذا السبيل المتناسق القوسَ الانعكاسية.



الشكل 7-1: التصنيف الوظيفي للعصبونات

1- الوظيفة الحسية Sensory function

هنالك ثلاثة أنواعٍ من الحواس يتم استقبالها:

1. **الحس الجسمي Somatic sens:**

ينقل (الألم - الضغط - التوتر - الحرق...)، من العضلات الهيكلية والمفاصل.

2. **الحس الخاص Special sens:**

مثل (السمع، البصر، التوازن....) حيث يكون لكل حسٍّ منها مسارٌ خاصٌ به، وعصبٌ خاصٌ يقوم بنقل هذا الحسُّ.

3. **الحس الحشوي Visceral sens:**

يقوم بنقل الحس من الأحشاء الداخلية الهامة عن طريق أعصابٍ خاصةٍ أيضا تسمى الأعصاب الحشوية، مثل أجهزة القلب والدوران cardiovascular، والتنفس respiratory، والهضم digestive، والتبويل urinary، والتكاثر reproductive.

هناك أعصابٌ حسيةٌ خاصةٌ مثل السمعي والبصري، وهناك أعصابٌ تحمل حساً جسمياً بشكلٍ رئيسيٍّ مثل الفكي والعيني، وهناك أعصابٌ تحمل الأنواع الثلاثة من الحسِّ كالأعصاب: الوجهي، واللساني البلعومي، والمبهم.

2- الوظيفة الحركية Motor function

تأتي الأوامر من المركز الأعلى (قشرة الدماغ)، ويمكن أن تأتي من المراكز الأدنى منه (الدماغ البيني، النوى القاعدية، الدماغ المتوسط).

مهمة المركز العصبي الأعلى تتمثل بتلقي الحس، ثم تفسيره، ثم إرسال الأوامر. والأوامر الصادرة هنا نوعان:

حركيٌّ جسميٌّ Motor Somatic: يحرك العضلات الهيكلية (يسبب تقلصها) skeleton muscles.

حركيٌّ ذاتيٌّ Motor autonomic: وهو أيضاً نوعان: الودي ونظير الودي sympathetic and parasympathetic. وهي تسيطر على العضلات الملس smooth muscles. ويتميز بدوره المفرز الحركي إذ يقوم بإعطاء أوامرَ إلى الغدد كي تفرز هرموناتها.

3- الوظيفة الوصالية (التكاملية) Integrative function

بعد أن تصل المعلومات الحسية من المحيط إلى الدماغ، يقوم الدماغ بتحليلها واتخاذ القرار المناسب الذي ستحمله الوظيفة الحركية، ويتم ذلك عبر العصبونات الواصلة و معظم عصبونات الجسم هي من النوع الواصل.

السُبُل Tracts

تميل المحاوير المتشابهة المصدر ضمن الجملة العصبية المركزية إلى الاجتماع بعضها مع بعض لتشكيل السبل tracts أو الطرق pathways .
يتجاوز بعضها الخط الناصف ويتصالب (decussate) إلى الجانب المقابل (تضبط وترسل المعلومات للجانب المقابل من الجسم) مثل السبيل الهرمي.
تجتمع بعض ألياف العصبونات ذات الوظيفة الواحدة في الحبل (النخاع) الشوكي وجذع الدماغ وتنتظم بشكل أعمدة طولانية longitudinal columns.
تتشكل الأعصابُ من اجتماع المحاوير العصبية في الجهاز العصبي المحيطي.

ثانياً- الخلايا الدبقية (الدبق العصبي) Glial cells (neuroglia)

تُدعم عصبونات الجملة العصبية المركزية بتشكيلاتٍ متعددةٍ من خلايا غير قابلةٍ للإثارة يطلق على مجموعها اسم الدبق العصبي.
خلايا الدبق العصبي أصغر على العموم من العصبونات لكن عددها يبلغ تقريباً خمسة أضعاف عدد العصبونات، ومن وظائفها عزل العصبونات وتأمين هيكل النسيج العصبي والحفاظ على الوسط بين الخلوي وبعضها يعمل كبالعاتٍ.

توجد أربعة أنماطٍ من الخلايا الدبقية في الجهاز العصبي المركزي (الشكل 8-1):

1- الخلايا النجمية Astrocytes:

هي الأكبر حجماً والأكثر عدداً وتوزعاً ضمن النسيج العصبي في الجهاز العصبي المركزي. تقوم بالمساهمة بتشكيل الحاجز الدماغي الدموي blood brain barrier وضبطه، بالتالي تنظم البيئة الداخلية للجهاز العصبي المركزي.

2- الخلايا القليلة التغصّنات Oligodendrocytes:

دورها إعطاء المادة النخاعينية لمحاوير الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي وتقوم خلية واحدة بتغميد عدة محاوير.

3- الخلايا الدبقية الصغيرة Microglia:

تعمل كبالعاتٍ phagocytes، أي أن لها دور تنظيف للفضلات, ودوراً مناعياً في الالتهابات. وتعوّض الخلايا الدبقية الصغيرة عن دور الأوعية اللمفية المسؤولة عن تنظيف أنسجة الجسم الأخرى.

4- الخلايا البطانية (السيسائية) Ependymal cells: دورها إفراز السائل الدماغي الشوكي (س د ش cerebrospinal fluid (CSF بنوعها المشكل للضفائر المشيمية. وتبطن بطينات الدماغ (بشكلٍ خاصٍ البطينين الجانبيّن) والقناة المركزية في النخاع الشوكي.

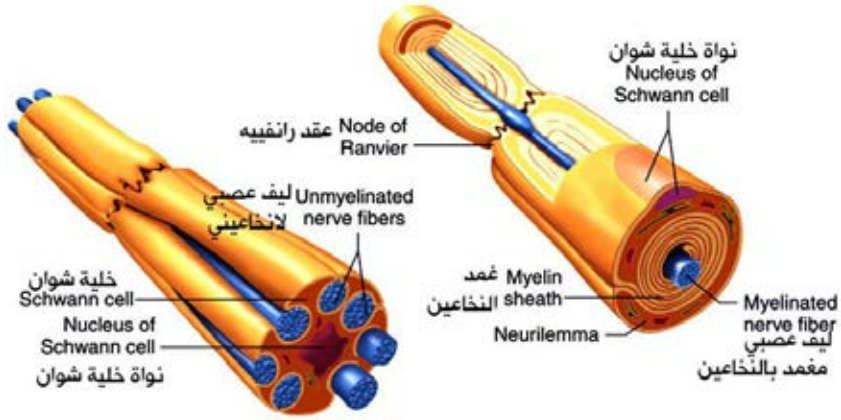
الشكل 8-1: صورة توضح أنماط الخلايا الدبقية في الجهاز العصبي المركزي.

يوجد نمطان من خلايا الدبق العصبي في الجهاز العصبي المحيطي:

1- **الخلايا التابعة (الساتلة) Satellite cells:** التي تحيط بأجسام الخلايا العصبية في العقد الشوكية. وتنظم تبادلات التغذية (أي تقوم بتزويد الخلايا العصبية بالمغذيات Nutrients).

2- **خلايا شوان Schwann cells أو الخلايا المغمّدة Neurolemmocyte:** وهي خلايا مسطحةٌ flat cells تحيط بالمحاوير العصبية في الجهاز العصبي المحيطي و تشكل غمد النخاعين myelin sheath حول الألياف العصبية. تغمد كل خلية شوان واحدةٍ ليفاً واحداً وتشكل حوله **غمد النخاعين**.

يمكن لخلية شوان واحدة أن تطوّق حوالي عشرين أو أكثر من المحاوير غير النخاعينية (غير المغمدة بالنخاعين) (الشكل). تشارك خلية شوان في إعادة تشكيل الألياف العصبية، بعد تنكسها (الشكل 9-1).



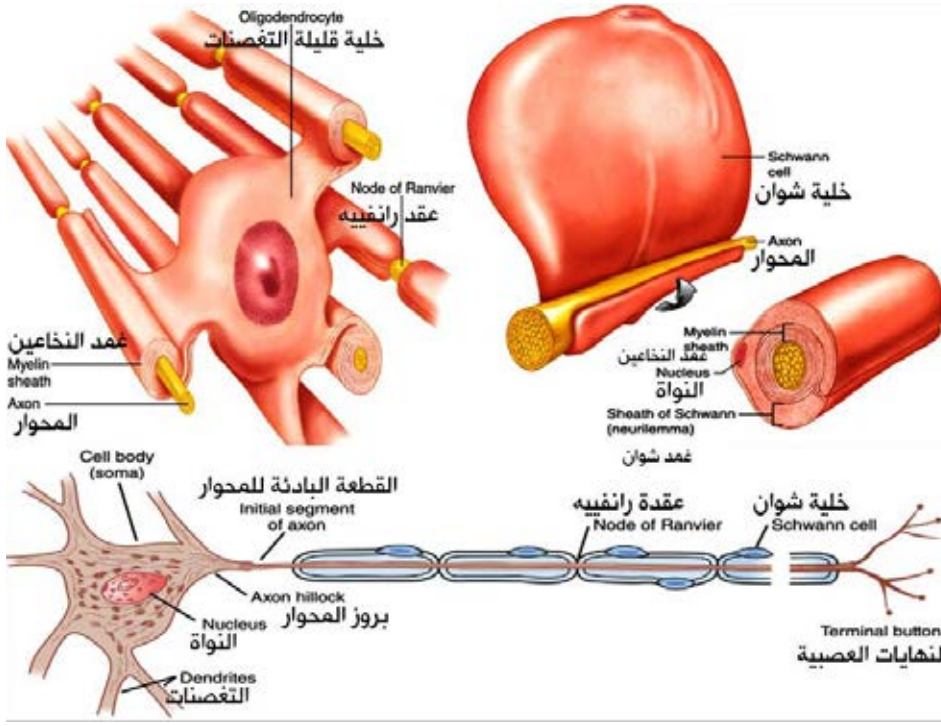
الشكل 9-1في الجهاز العصبي المحيطي، تحيط خلايا شوان بمحوار واحد على طول المحور العصبي لتشكل غمد النخاعين (وهي عملية تتطلب أن تحيط خلية شوان واحدة بأكثر من محوار واحد).

تغميد الألياف بالنخاعين Myelination of fibers

- يتشكل غمد النخاعين في الجهاز العصبي المركزي بوساطة الخلايا الدبقية قليلة التغصنات oligo-dendrocytes.
- يتشكل في الأعصاب المحيطية بوساطة خلايا شوان Schwann cells (الخلايا المغمدة neurolemmocyte)، حيث تقوم كل خلية شوان بتغميد قطعةٍ واحدةٍ فقط من المحوار (الشكل 10-1).
- تدعى الألياف العصبية التي لا يحيط بها غمد شوان بالألياف اللانخاعينية unmyelinated (غير المغمدة).
- هناك تقطُّعاتٌ في غمد النخاعين تدعى عقد رانفييه nodes of Ranvier. تحيط كل خلية شوان بقطعةٍ محواريةٍ واحدةٍ بين عقدتي رانفييه متتاليتين .

غمد النخاعين هو غمدٌ متعدد الطبقات من موادٍ شحميةٍ وبروتينيةٍ، و يقوم بعزل محاوير الخلايا المغمَّدة به كهربائياً، ويزيد من سرعة النقل العصبي في هذه المحاور حيث تنتقل السيالات العصبية من انخصار رانفييه إلى الآخر عبر النقل القفزي.

- تزداد كمية النخاعين myelin من الولادة إلى البلوغ، و تؤثر هذه الزيادة بشكلٍ كبيرٍ على سرعة التوصيل العصبي فتؤدي إلى زيادتها.
- إن استجابة الأطفال الصغار للمنبهات ليست كسرعة وتنسيق استجابة الأطفال الأكبر أو البالغين لهذه المنبهات وذلك لأن عملية تكوين غمد النخاعين تتابع تطورها في مرحلة الطفولة.
- زوال النخاعين demyelination، مصطلح يدل على فقدان أو تدمير غمد النخاعين المحيط بالمحوار ويؤدي ذلك إلى تدهور وظيفة الألياف المصابة. يمكن لزوال النخاعين أن يكون نتيجةً لبعض الامراض (مثل التصلب اللويحي أو داء تاي-ساكس)، أو بسبب معالجات طبية (مثل العلاج الإشعاعي والعلاج الكيماوي).



الشكل 10-1 في الجهاز العصبي المركزي يتم تنظيم الخلايا العصبية في مجموعات تسمى النوى (عندما تكون قريبة من بعضها البعض) أو القشرة (عندما تكون في طبقات). في الجهاز العصبي المحيطي، يتم تنظيم الخلايا العصبية في حزم تسمى الأعصاب. تتكون الأعصاب من العديد من المحاور العصبية، والتي قد تكون مغطاة بغمد النخاعين الذي يتكون من خلايا شوان.

التّطوّر الجنيني للجهاز العصبي المركزي

يتطوّر الدّماغ والنّخاع الشّوكي من الأنبوب العصبي neural tube الذي ينشأ من الأدمة (الوريقة) الخارجية ectoderm، وذلك خلال الأسبوع الثّالث بعد الإلقاح. مما يُبرِز أهميّة عدم تناول الأدويّة في الأسبوع الثّالث من الحمل، لتأثيرها على التّطوّر الجنيني للجهاز العصبي المركزي.

تظهر تضيُّقات constrictions في الأنبوب المتوسّع مُشكِّلةً ثلاثَ مناطقَ تُدعى الحويصلات الدّماغيّة الأوليّة primary cerebral vesicles وهي:

- الدّماغ الأمامي (المُقدَّم) Prosncephalon, Forebrain.
- الدّماغ المتوسط Mesencephalon, Midbrain.
- الدّماغ الخلفي (المؤخَّر) Hindbrain أو الدماغ المعيّني Rhombencephalon.

يبقى الدّماغ المتوسط على حاله، بينما ينقسم كلا الدّماغين المُقدَّم والمؤخَّر لتشكيل الحويصلات الدّماغيّة الثّانويّة secondary cerebral vesicles (الشكل11-1).

بُنيّة الدّماغ النّهائية Adult structure

يُعطي الدّماغ المُقدَّم (الأمامي) (المخ Cerebrum):

- **الدّماغ الانتهائي Telencephalon:** ينتهي تطوّره بنصفي الكرة المخية ويحتوي البُطينين الجانبيين lateral ventricles.
- **الدّماغ البيني Diencephalon** الذي يشكل:
  - فوق المهاد Epithalamus.
  - المهاد Thalamus.
  - ما دون المهاد (أسفل المهاد) Subthalamus.
  - الوطاء (تحت المهاد) Hypothalamus.

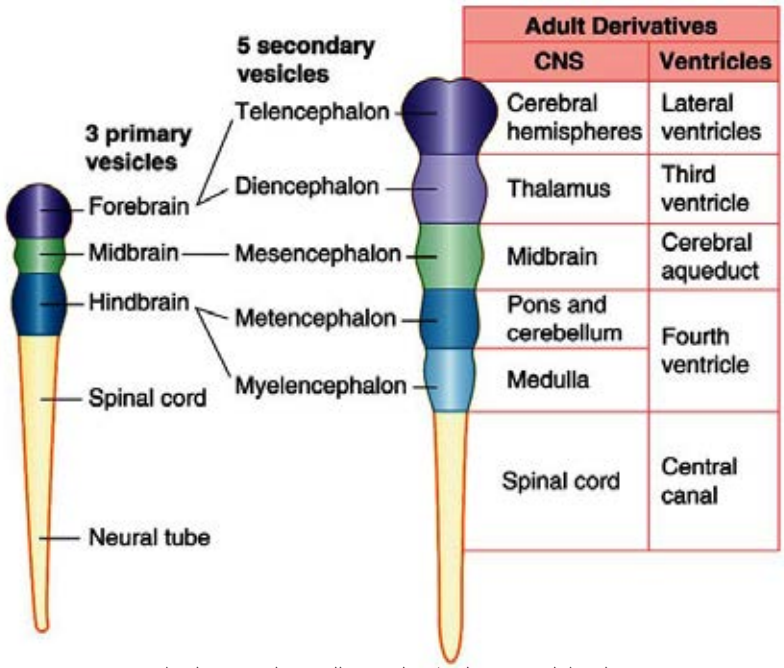
ويوجد في هذا الدّماغ البطين الثالث third ventricle.

يُعطي الدّماغ المتوسط:

- **الدّماغ المتوسّط Midbrain** وفيه المسال المُخّي cerebral aqueduct (قناة سيليفيوس).

يُعطي الدّماغ المُؤخَّر (الخلفي):

- **الدّماغ التّالي Metencephalon:** والذي يتطوّر إلى:
  - الجسر Pons.
  - المخيخ Cerebellum.
  - الجزء العلوي من البُطين الرابع (التابع للجسر) Upper part of fourth ventricle.
- **الدّماغ النّخاعي Myelencephalon:** والذي يُعطي:
  - البصلة Bulba أو ما يُسمَّى النّخاع المُتطاول medulla oblongata (OM).
  - الجزء السّفلي من البُطين الرّابع Lower part of fourth ventricle.



الشكل 11-1: التطور الجنيني لجهاز العصبي المركزي

الحويصلات الدّماغية الأوليّة	الحويصلات الدّماغية الثّانوية	التقسيمات النّهائية	الجوف
الدّماغ المُقدَّم (الأمامي) Forebrain, Prosecephalon (المُخ Cerebrum)	الدّماغ الانتهائي Telencephalon	نصفا الكرة المخية Cerebral hemisphere	البُطينان الجانبيان Lateral Ventricles
	الدّماغ البيني Diencephalon	فوق المهاد Epithalamus	البُطين الثّالث Third Ventricle
		المهاد Thalamus	
		الوطاء Hypothalamus	
الدّماغ المتوسط Mesencephalon		الدّماغ المتوسّط Midbrain	المسال المُخّي Cerebral Aqueduct
الدّماغ المؤخَّر (الخلفي) Hindbrain, Rhombencephalon	الدّماغ التّالي Metencephalon	الجسر Pons	الجزء العلوي من البُطين الرّابع
		المُخيخ Cerebellum	-
	الدّماغ النّخاعي Myelencephalon	البصلة Bulba	الجزء السُّفلي من البطين الرّابع

الجدول 3-1: التطور الجنيني لجهاز العصبي المركزي

التّرتيب التّشريحي للجهاز العصبي

❖ في مقطعٍ تشريحيٍّ حديثٍ للدّماغ أو النّخاع الشّوكي نلاحظ الآتي:

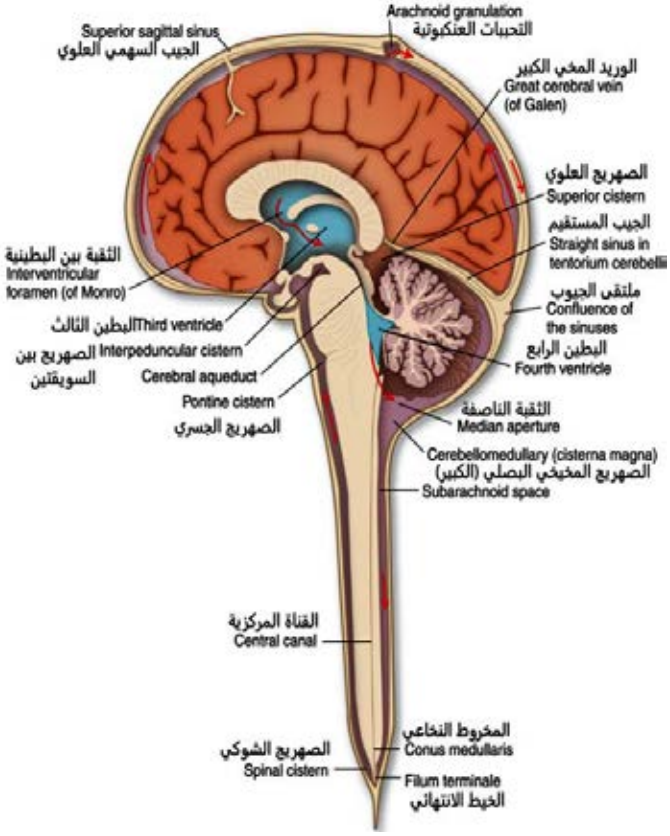
- توجد أجوافٌ spaces: تختلف تسميتها حسب موقعها.
- تبدو بعض المناطق بيضاءَ لامعةً، وتُدعى هذه المناطق بالمادّة البيضاء white matter، وهي تجمُّع للمحاوير المُغمّدة بالنّخاعين إضافة إلى محاويرَ غير مُغمَّدة به، ويُعطي اللون الأبيض للنُّخاعين (الميلانين) المادة البيضاء اسمها.
- تبدو مناطق أُخرى سنجابية اللون (بنية اللون)، وتُدعى هذه بالمادّة السنجابية (الرّمادية) grey matter، وهي تحتوي على أجسام خلايا العصَبونات neurocells bodies، والتّغصُّنات dendrites، ومحاوير غير مُغمَّدةٍ بالنُّخاغين، ونهايات المحاوير axons terminalis، والدّبق العصبي neuroglia. تُعطي أجسام نيسل اللون الرّمادي لهذه المادّة بالتلوينات النسيجية.

في الجملة العصبية المركزية (ج ع مر) In CNS

أولاً: الأجواف Spaces:

- يوجد بطينٌ جانبيٌّ lateral ventricle في كل نصف كرةٍ مُخّيةٍ.
- يوجد البُطين الثّالث third ventricle في الدّماغ البيني.
- يوجد المسال المخي (قناة سيليفيوس) cerebral aqueduct في الدّماغ المتوسط.
- يوجد البُطين الرّابع forth ventricle خلف الجسر وخلف الجزء المفتوح من البصلة ، والذي يتّصل مع الحيّز تحت العنكبوتي عبر ثقبة مركزية (ماجندي) وثقبتين جانبيتين (لوشكا).
- يتمادى البُطين الرّابع ضمن النخاع الشّوكي بالقناة المركزية central canal(الشكل 12-1).

تُملأ هذه الأجواف بالسّائل الدّماغي الشوكي. والمُخيخ هو الجزء الوحيد الذي لا يحوي بداخله جوفاً.



الشكل 12-1: صورة تشريحية توضّح أغلفة الجهاز العصبي المركزي...

ثانياً: المادّة البيضاء White matter:

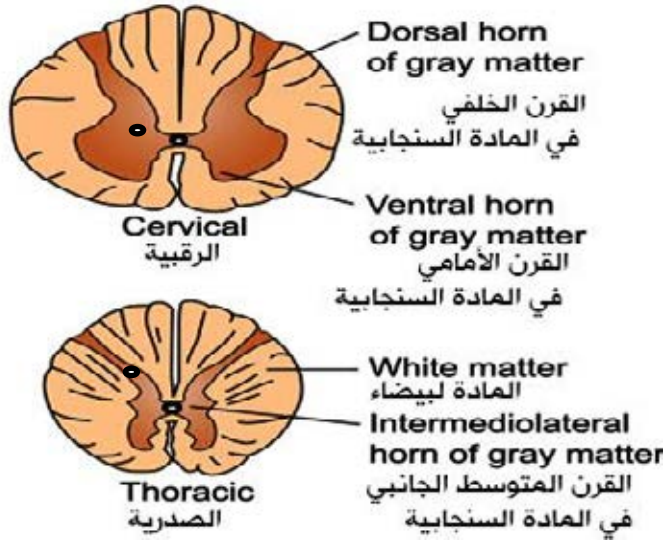
- تحتوي حزماً من المحاوير تُسمّى السبل tracts (مفردها سبيل).
- تدعى السبل الصاعدة في جذع الدماغ بالفتائل lemnisci (مفردها فتيل lemniscus).
- تُسمَّى المراكز مع السبل التي تصل الدّماغ بباقي أنحاء الجسم بالطرق pathways.

- لكل سبيلٍ بدايةٌ – مسيرٌ – انتهاءٌ، وهي طُرقٌ متواصلةٌ لا انقطاعَ فيها. على سبيل المثال: السّبيل الهرمي، يبدأ من المركز القشري الجبهي ويستمر بالنّزول عبر مسالك المادة البيضاء وعند وصوله إلى البصلة تتصالب معظم أليافه هناك وهذا تفسير شلل الناحية المُقابلة للأذية في القشرة المخية وينتهي به المطاف في القرون الأمامية للشدف النخاعية.

ثالثاً: المادّة السنجابية (الرّمادية) Gray matter

في النّخاع الشّوكي:

- تكون مركزيّة التّوضّع، حيث تُحيط بالقناة المركزية.
- تُشكّل قروناً أماميةً وخلفيةً في جميع مقاطع النُّخاع الشّوكي، أما في المقاطع الصّدريّة والمقاطع القطنية 1و2، فتتميّز بوجود قرونٍ جانبيةٍ من المادّة السنجابية (الرّمادية) (الشكل 13-1).



الشكل 13-1: قرنان متباينان في قطع عرضي للنخاع الشوكي في المنطقة الرقبية، حيث تشكل المادة الرمادية قروناً أمامية وخلفية، وقطع عرضي في المنطقة الصدرية، حيث تشكل المادة الرمادية قروناً أمامية وخلفية وجانبية.

في الدّماغ:

تُشكِّل المادّة الرمادية في الدّماغ:

- **القشرة العصبية** Cortex (المراكز العصبية): نجد في القشرة: الباحات القشرية الأولية، كباحة الرؤية وباحة السّمع والباحة الحركية الجسمية والباحة الحسية.
- **النوى** Neucleus وهي نوعان:

✓ **النوى القحفية**: توجد داخل جذع الدّماغ وقد تكون حسيّةً جسميةً، أو حركيةً جسميةً، أو مفرزةً حركيةً.. إلخ

✓ **النوى غير القحفية**: لا تتبع للأعصاب قحفية إلا أنها ذات وظائفَ حركيةٍ هامّةٍ، من أمثلتها النوى القاعدية basal ganglia (nuclei) والنواة الحمراء.

في الجهاز العصبي المحيطي:

- تتواجد أجسام العصبونات الحسية في **العقد الشوكية** spinal ganglia المرتبطة بالجذر الخلفي للعصب الشوكي. وتوجد عصبونات حركيةٌ حشويةٌ في العقد الذاتية المرتبطة بالجهاز الذاتي.
- تتجمّع محاوير العصَبونات لتُعطي **الأعصاب** nerves: وهي:

إمّا أعصابٌ شوكيةٌ spinal nerves مُتّصلةٌ بالنُّخاع الشوكي.

أو أعصابٌ قحفيةٌ cranial nerves مُتّصلةٌ بالدّماغ.

أو أعصابٌ ذاتيةٌ autonomic nerves متصلٌ بالأعصاب السابقة أو بأعصاب الجهاز الذاتي.