النسيج العصبي والجهاز العصبي

Nerve Tissue & the Nervous System

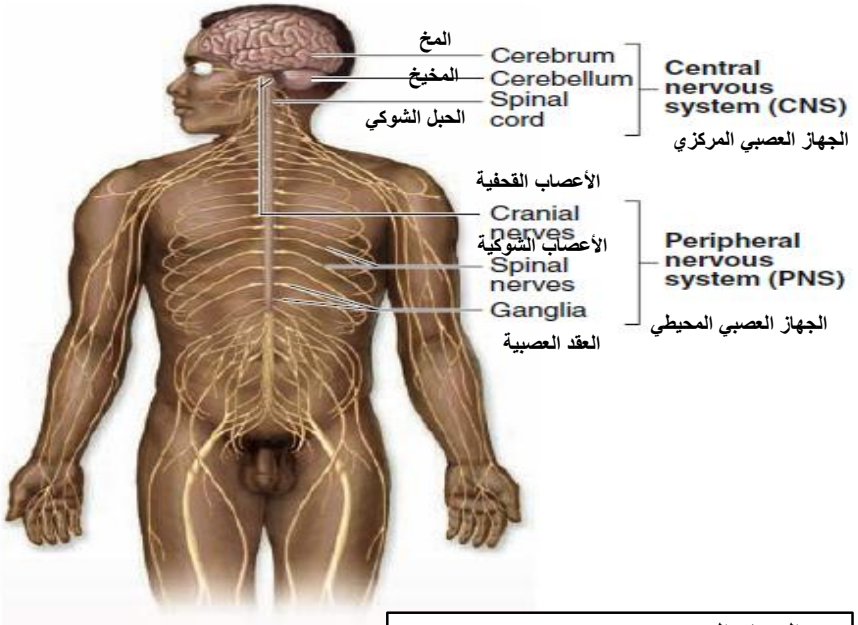
- يعتبر الجهاز العصبي أكثر أجهزة الجسم تعقيداً، ويتألف من شبكة من ملايين الخلايا العصبية (**neurons**)، والخلايا الدبقية **glial cells** التي تدعم وتساعد الخلايا السابقة
- يمتلك كل عصبون مئات الاتصالات مع العصبونات الأخرى، مشكلاً بذلك جهاز معقد جداً لمعالجة المعلومات وتوليد الاستجابات. يتوزع النسيج العصبي في كامل الجسم كشبكة اتصالات مندمجة.

من الناحية التشريحية يقسم النسيج العصبي إلى قسمين رئيسيين:

1- الجهاز العصبي المركزي **Central nervous system (CNS):** ويضم الدماغ و الحبل الشوكي

2- الجهاز العصبي المحيطي **Peripheral nervous system (PNS)** : ويضم الأعصاب القحفية والشوكية والمحيطية cranial, spinal, and peripheral nerves الناقلة للنبضات من وإلى الجهاز العصبي المركزي (الأعصاب الحسية والحركية)، وأيضاً العقد العصبية **ganglia** التي هي تجمعات صغيرة من الخلايا العصبية خارج الجهاز العصبي المركزي.

- تستجيب العصبونات للتبدلات البيئية "المنبهات" بتغير تركيز الشوارد عبر غشائها البلاسمي.
- يتطور الجهاز العصبي من الوريقة الظاهرة ectoderm.



Nervous System الجهاز العصبي

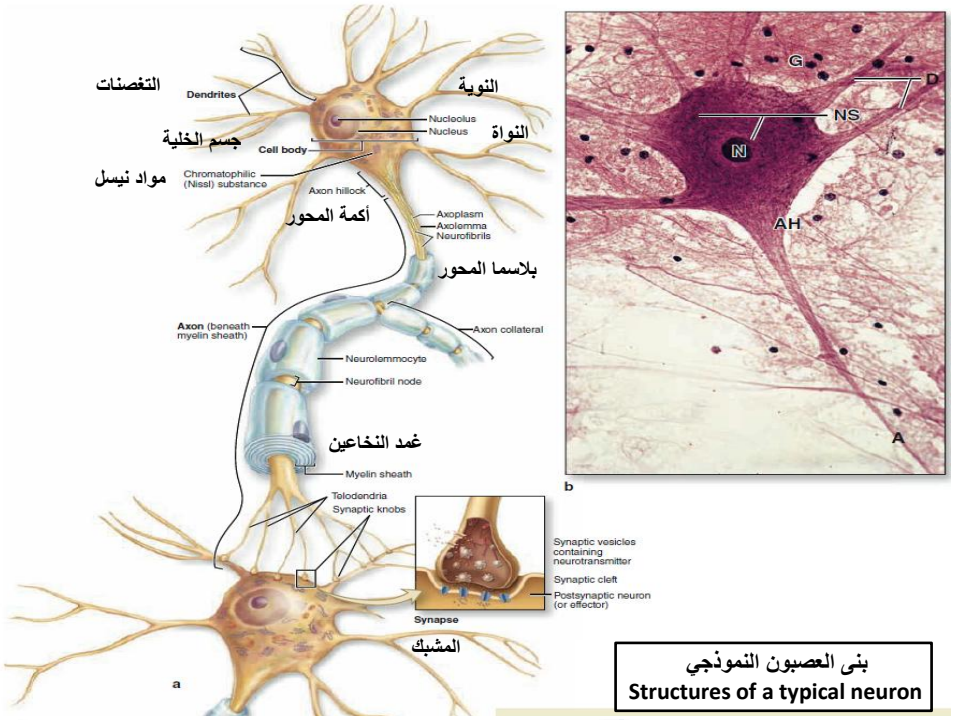
2- العصبونات Neurons

العصبونات هي الوحدات الوظيفية في الجهاز العصبي المحيطي والمركزي. يسمى الغشاء الخلوي باسم خاص هو النيوروليما "neurolemma" . تتألف معظم العصبونات من ثلاث أجزاء رئيسية:

1- جسم الخلية **cell body** والذي يحتوي على النواة ومعظم عضيات الخلية.

2- التغصنات **dendrites** وهي استطالات كثيرة تتمدد من الجسم، تخصصت في استقبال التنبيه من العصبونات الأخرى في مواقع خاصة تسمى المشابك **synapses**.

3- المحور **axon** ، والذي هو استطالة وحيدة طويلة تنتهي بالمشبك، مختصة بتوليد ونقل التنبيه إلى الخلايا الأخرى (خلايا عصبية، غدية أو عضلية)



بنى العصبون النموذجي
Structures of a typical neuron

- تتجمع العصبونات في الجهاز العصبي المركزي في المادة الرمادية، بينما محاورها تتركز في المادة البيضاء.
- في الجهاز العصبي المحيطي تتواجد أجسام الخلايا في العقد العصبية وفي بعض المناطق الحسية، مثل المخاطية الشمية، وتتجمع المحاور لتشكل الحزم ضمن العصب.

مكونات الخلية العصبيةو الاتصالات المشبكية:

1- جسم الخلية (Cell Body (Perikaryon or Soma

يحتوي جسم العصبون النواة وتحاط بالسيتوبلاسما. يحتوي العصبون النموذجي على نواة حقيقية مع نوية واضحة.

- تحتوي السيتوبلاسما على العديد من الجسيمات الريبية المتعددة وشبكة سيتوبلاسمية خشنة، كدلالة على الإنتاج الفعال لكلا بروتينات الهيكلية في الخلايا وبروتينات النقل والإفراز.

نسيجياً تبدو هذه المناطق التي تحوي الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية الخشنة وغيرها من الجسيمات المتعددة أسسة وتميز كمادة محبة للصباغ أو ما يعرف بمادة نيسل أو أجسام نيسل **chromatophilic substance** (or **Nissl substance**).

يتوضع جهاز غولجي في جسم الخلية فقط. كما تتواجد أنيبيبات دقيقة، خيوط الأكتين، الخيوط المتوسطة بغزارة في الجسم والاستطالات.

2- التغصنات Dendrites

وهي استطالات قصيرة غالباً تنشأ وتتفرع من الجسم، و تُغطى بالعديد من المشابك، وهي تعتبر مكان استقبال ومعاملة الإشارة الأساسي في العصبونات.

- يسمح العدد الكبير من هذه التغصنات المتفرعة للعصبون الواحد باستقبال و دمج الإشارات القادمة من العديد من الخلايا العصبية.

3- المحاور العصبية Axons

تمتلك أغلب العصبونات محور واحد، غالباً أطول من التغصنات.

- يتفرع المحور بشكل أقل من التغصنات عموماً ويبدي في نهايته تفرعات انتهائية **terminal arborization.**

- كل محور صغير ينتهي بتوسع يدعى **terminal bouton** والذي يتصل مع عصبون آخر أو خلية غير عصبية في مشبك لنقل السيالة إليها.

- يحتوي المحور على ميتوكوندريا، انيبيبات دقيقة، خيوط عصبية وحويصلات ناقلة، ولكن القليل جداً من الجسيمات الريبية العديدة أو صهاريج من الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية الخشنة.

4- الاتصالات المشبكية Synaptic Communication

المشابك العصبية هي المواقع حيث يتم نقل االسيالة العصبية من عصبون إلى آخر أو من عصبون إلى الخلايا الأخرى المستجيبة.

- يدل تركيب المشبك العصبي على أن النقل هو أحادي الاتجاه.

- تحول المشابك العصبية الإشارة الكهربائية من الخلية ما قبل المشبك **presynaptic cell** إلى إشارة كيميائية تؤثر على الخلية ما بعد المشبك **postsynaptic cell.**

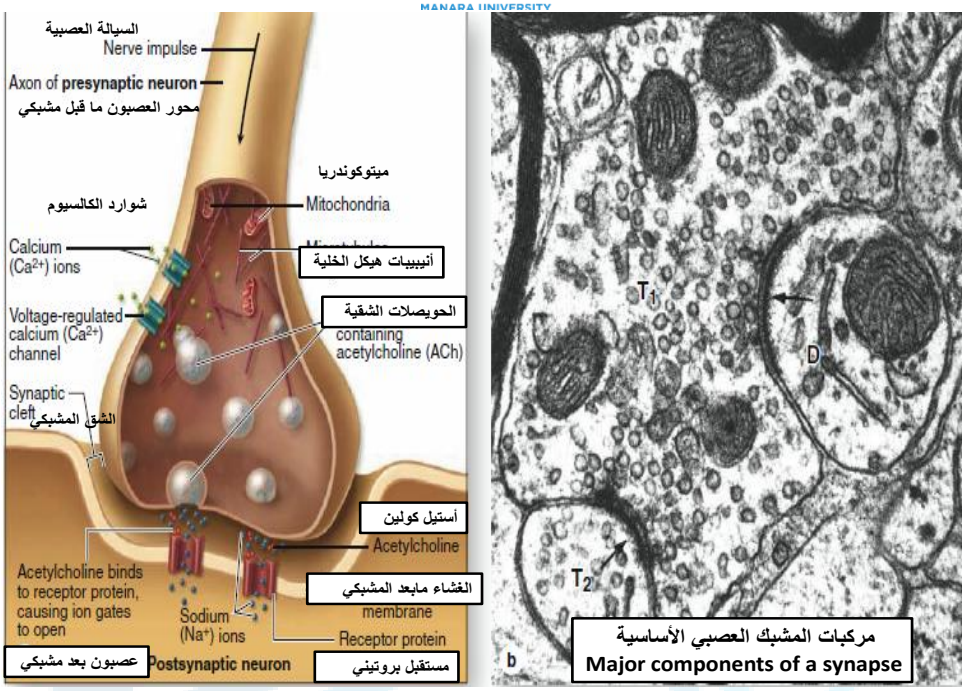
- معظم المشابك العصبية تعمل بإطلاق النواقل العصبية **neurotransmitters** ، والتي هي جزيئات صغيرة ترتبط مع مستقبلات نوعية لتؤدي إما إلى فتح أو إغلاق قنوات إيونية شاردية أو إلى إطلاق شلالات الناقل الثانوي.

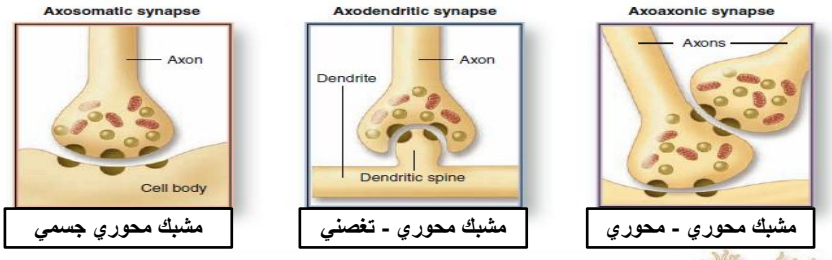
<u>يتألف المشبك العصبي من المركبات التالية:</u>

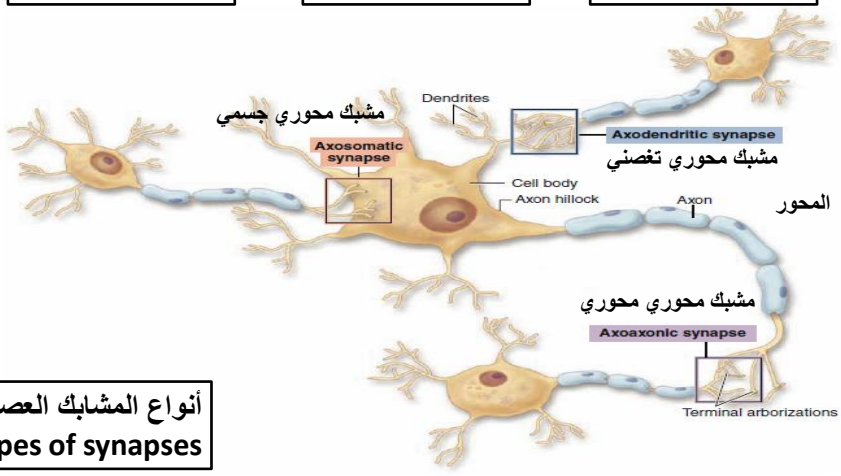
- نهاية المحور العصبي قبل المشبك العصبي أو ما يسمى بالزر الانتهائي presynaptic axon terminal (terminal bouton): تحتوي على ميتوكوندريا والعديد من الحويصلات المشبكية، والتي منها تتحرر النواقل العصبية بالطرح خارج الخلوي exocytosis

- غشاء الخلية مابعد المشبك **postsynaptic cell membrane** : وهي تحتوي على مستقبلات للنواقل العصبية وقنوات شاردية أو آليات أخرى من أجل بدء دفقة عصبية جديدة.

- الشق المشبكي **synaptic cleft** : مسافة مابين خلوية بعرض 20- to 30-nm- يفصل مابين الأغشية قبل وبعد المشبك.







أنواع المشابك العصبية
Types of synapses

- يتفاوت حجم وشكل العصبونات واستطالاتها بشكل كبير، ليصل قطرها إلى حوالي 150 µm. العصبونات الأخرى مثل الخلايا الحبيبية في المخيخ هي من أصغر الخلايا في الجسم.

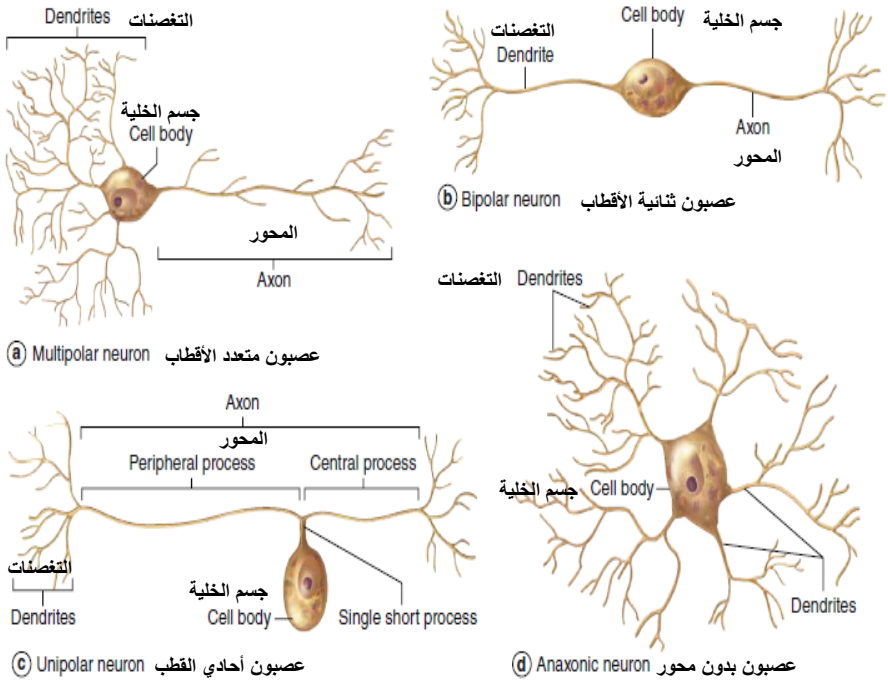
يمكن تصنيف العصبونات بحسب عدد الاستطالات الممتدة من الجسم:

1- العصبونات عديدة الأقطاب **Multipolar neurons** لكل منها محور واحد و تغصنين أو أكثر، وهي الأكثر شيوعاً.

2- العصبونات ثنائية القطب **Bipolar neurons:** ذات محور واحد وتغصن وحيد تشكل العصبونات الحسية في الشبكية والظهارة الشمية والأذن الداخلية.

3- العصبونات وحيدة القطب أو وحيدة القطب الكاذبة **Unipolar or pseudounipolar neurons:** والتي تتضمن كل العصبونات الحسية الأخرى، لكل منها استطالة وحيدة تتفرع قريباً من الجسم، التفرع الأطول يمتد إلى النهاية المحيطية والآخر إلى CNS

4- العصبونات بدون محور **Anaxonic neurons** تمتلك العديد من التغصنات ولكن بدون محور، وهي تقوم بتنظيم التبدلات الكهربائية في عصبونات الجهاز العصبي المركزي المجاورة.



من الناحية الوظيفية يمكن تقسيم المركبات العصبية (خلايا وألياف عصبية):

1- العصبونات الحسية **Sensory neurons** وهي واردة **afferent**، تتلقى التنبهات من المستقبلات الموجودة عبر كامل الجسم.

2- العصبونات الحركية Motor neurons وهي صادرة efferent وترسل النبضات إلى الأعضاء المستجيبة مثل الألياف العضلية والغدد

3- الأعصاب الحركية الجسمية Somatic motor nerves وهي تحت التحكم الإرادي، وتعصب عادة الخلايا العضلية الهيكلية.

4- الأعصاب الحركية الذاتية autonomic motor nerves : وتتحكم بالفعاليات اللاإرادية واللاواعية مثل الغدد، عضلة القلب ومعظم العضلات الملساء.

الخلايا الدبقية والنشاط العصبوني Glial cells and neuronal activity

- تقوم الخلايا الدبقية بوظيفة دعم بقاء وفعالية النسيج العصبي، وهي أغزر من العصبونات بعشر مرات في دماغ الثدييات. و تتطور كما العصبونات من خلايا السليفة في الصفيحة العصبية الجنينية.
- في الجهاز العصبي المركزي تحيط الخلايا الدبقية بأجسام الخلايا واستطالاتها لتشغل الحيز ما بين العصبونات.
- يحتوي الجهاز العصبي المركزي القليل من النسيج الضام والكولاجين، حيث يتوضع بشكل أساسي حول الأوعية الدموية الكبيرة.
- تحل الخلايا الدبقية محل النسيج الضام في العديد من النواحي، داعمةً العصبونات، ومشكلة بيئة مجهرية، محيطة مباشرة بالعصبونات، مثالية لنشاط العصبونات.

مجهرياً: تشبه الشبكة الليفية بين الخلايا في الجهاز العصبي المركزي الكولاجين، ولكنها هي في الحقيقة عبارة عن شبكة من استطالات خلوية دقيقة تتبارز من العصبونات والخلايا الدبقية وتسمى اللبد العصبي **neuropil**

<u>هناك ستة أنماط رئيسية من الخلايا ، اربعة في الجهاز العصبي المركزي واثنتان في المحيطي</u>:

1- **الخلايا الدبقية قليلة التغصنات Oligodendrocytes**: تتواجد في الجهاز العصبي المركزي.

- تمتد منها عدة استطالات ، كل منها تحيط وتلتف حول الجزء القريب لعدة محاور عصبية. عند الفحص بالمجهر الضوئي تبدو كخلايا صغيرة ذات نواة مدورة كثيفة وسيتوبلاسما رائقة غير متلونة.

2- **الخلايا النجمية Astrocytes**: وهي فريدة للجهاز العصبي المركزي ذات عدد كبير من الاستطالات المتفرعة. تنشأ من الخلايا السليفة في الأنبوب العصبي وتعد الخلايا الأكثر عدداً في الدماغ ، والأكثر تنوعاً من الناحية البنيوية والوظيفية.

3- **خلايا البطانة العصبية Ependymal cells** : وهي خلايا مكعبة أو اسطوانية تبطن البطينات الدماغية المملوءة بسائل ، وكذلك القناة المركزية في الحبل الشوكي.

4- **الخلايا الدبقية الصغيرة Microglia**: أقل عدداً من بقية الخلايا. وهي خلايا صغيرة مع استطالات،متحركة بنشاط تتوزع بشكل متساوٍ في المادة البيضاء.

- تهاجر هذه الخلايا وتقوم استطالاتها بعملية مسح اللبد العصبي مزيلةً المشابك المتأذية أو المركبات الليفية الأخرى.

https://manara.edu.sy/

- تنشأ الخلايا الدبقية الصغيرة من الخلايا الدموية وحيدة النوى وتنتمي إلى نفس عائلة الخلايا البالعة وغيرها من الخلايا المقدمة للمستضدات. في المحضرات الملونة بتلوين الهيماتوكسيلين إيوزين الوتيني يمكن تمييز نوى هذه الخلايا ببنيتها الصغيرة الكثيفة المتطاولة قليلاً.

5- **خلايا شوان Schwann cells:** و تتواجد في الجهاز العصبي المحيطي، وهي تشتق من القنزعة العصبية. -

- تعتبر المكافئ للخلايا الدبقية قليلة التغصنات الموجودة في الجهاز العصبي المركزي، حيث لها تأثير مغذي للمحاور العصبية، والأهم من ذلك هو تصنيع الأغماد النخاعينية لها.

- وبشكل مغاير للخلايا الدبقية قليلة التغصنات فإن خلية شوان تشكل غمد النخاعين حول جزء من محور عصبي واحد

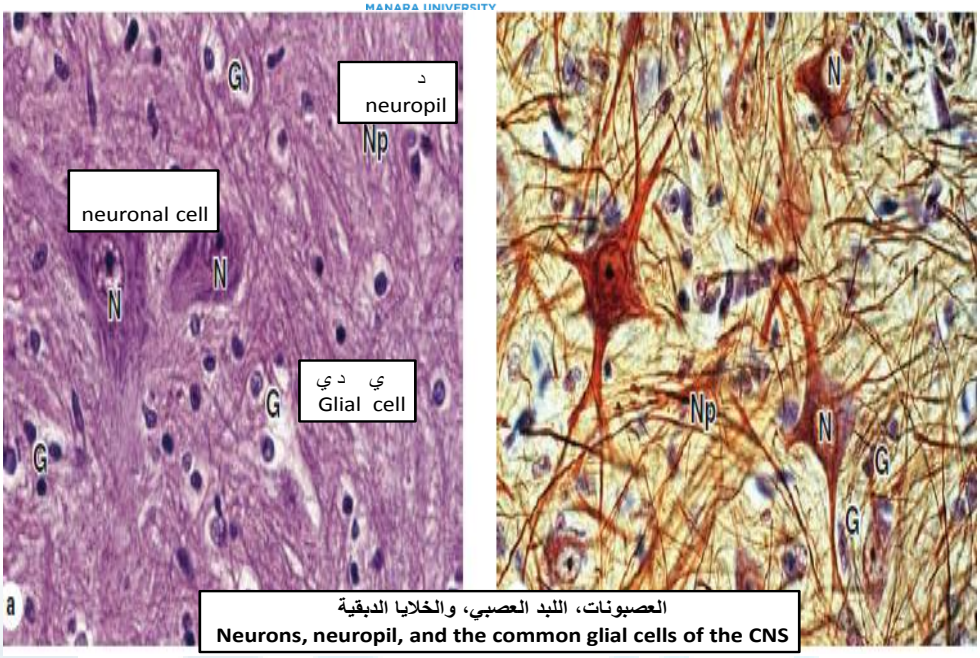
6- **الخلايا الساتلة Satellite Cells of Ganglia** وهي تشتق من القنزعة العصبية ، وتشكل طبقة دبقية رقيقة حول كل جسم عصبون في العقد العصبية في الجهاز العصبي المحيطي، حيث لها تأثير تغذوي و داعم لهذه العصبونات، كم تنظم البيئة الدقيقة المحيطة بها.

في الجدول المرافق تلخيص لوظائف، ومنشأ، وموقع هذه الخلايا:

نوع الخلية Glial cell type	الوظيفة الأساسية Main function	التوضع Location	المنشأ Origin
الخلايا الدبقية قليلة التغصنات oloigodendrocytes	انتاج النخاعين، العزل الكهربائي	الجهاز العصبي المركزي CNS	الأنبوب العصبي Neural tube
الخلايا النجميةastrocytes	الدعم البنيوي والاستقلابي للعصبونات، خاصة على مستوى المشابك وعمليات الإصلاح	الجهاز العصبي المركزي CNS	الأنبوب العصبي Neural tube
خلايا البطانة العصبية Ependymal cell	تساعد في انتاج وحركة السائل الدماغي الشوكي	تبطن البطينات والقناة المركزية للجهاز العصبي المركزي Ventricles and central canal of CNS	الأنبوب العصبي Neural tube
الخلايا الدبقية الصغيرة Microglia	الدفاع والفعالية المناعية	الجهاز العصبي المركزي CNS	نقي العظم Bone marrow
خلايا شوانSchwann cell	انتاج النخاعين والعزل الكهربائي	الأعصاب المحيطية Peripheral nerves	القنزعة العصبي Neural crest
الخلايا التابعة Satellite cells	الدعم البنيوي والاستقلابي لأجسام العصبونات	العقد العصبية المحيطية Peripheral ganglia	القنزعة العصبي Neural crest

أنواع الخلايا الدبقية توضعها ومنشؤها ووظيفتها

https://manara.edu.sy/



العصبونات، اللبد العصبي، والخلايا الدبقية
Neurons, neuropil, and the common glial cells of the CNS

- **الجهاز العصبي المركزي Central nervous system**

يتألف الجهاز العصبي المركزي من المخ **cerebrum** ، المخيخ **cerebellum** و الحبل الشوكي **spinal cord** .

- يُغطى هذا الجهاز بشكل كامل بطبقات من أغشية ضامة هي الأغشية السحائية meninges .

- تبدي العديد من المناطق انتظاماً من المادة البيضاء **white matter** و المادة الرمادية **gray matter**، حيث يعود الاختلاف بينهما إلى الاختلاف في توزع النخاعين الغني باللبيد.

- تعتبر المحاور العصبية المغمدة بالنخاعين مع الخلايا الدبقية قليلة التغصنات المركب الأساسي للمادة البيضاء. تتواجد أيضاً الخلايا النجمية والدبقية الصغيرة ولكن أعداد قليلة جداً من أجسام العصبونات.

- تحتوي المادة الرمادية أعداد غزيرة من أجسام الخلايا العصبية، التغصنات، خلايا نجمية و خلايا دبقية صغيرة، وهنا تشاهد معظم المشابك العصبية.

- تشكل المادة الرمادية القشرة السميكة أو الطبقة السطحية لكلٍ من المخ والمخيخ، معظم المادة البيضاء تتواجد في العمق.

- في المقطع المعترض للحبل الشوكي: تتوضع المادة البيضاء في المحيط و المادة الرمادية في المركز، مشكلة كتلة تشبه حرف الـ H-shaped.

- التبارزان الأماميان من المادة الرمادية يدعيان القرنان الأماميان **anterior horns** ، ويحتويان على أجسام الخلايا لعصبونات كبيرة جداً، تشكل محاورها الجذور الأمامية للأعصاب الشوكية.

- يحتوي القرنان الخلفيان **posterior horns** النورونات البينية التي تستقبل الألياف الحسية من العصبونات في العقد العصبية الشوكية (الجذور الظهرية).

https://manara.edu.sy/

- بالقرب من منتصف الحبل تحيط المادة الرمادية بقناة مركزية صغيرة، مستمرة مع البطينات في الدماغ وتبطن بخلايا البطانة العصبية ependymal cells وتحتوي على السائل الدماغي الشوكي.

- السحايا Meninges

- تقوم الجمجمة و والعمود الفقري بحماية الجهاز العصبي المركزي، ولكن بين العظام والنسيج العصبي تتواجد أغشية من نسج ضامة تسمى الأغشية السحائية. وهي ثلاث طبقات:

- الأم الجافية Dura Mater: وهي الطبقة الخارجية السميكة، تتألف من نسيج ضام كثيف غير منتظم.

- الغشاء العنكبوتي Arachnoid: ويتألف من مركبيتين :

1- صفيحة من نسيج ضام على تماس مع الأم الجافية و

2- نظام من من حجب كولاجين و خلايا مولدة لليف، تتشكل بينها تجاويف تشبه الإسفنج تدعى بالمسافة تحت العنكبوتية **subarachnoid space مملوء بالسائل الدماغي الشوكي وتستمر** مع طبقة الأم الحنون الواقعة تحتها.

- الأم الحنونPia Mater : وهي الطبقة الداخلية وتتألف من طبقة من الخلايا المسطحة .

- الضفيرة المشيمية Choroid Plexus

تتألف من نسيج موعى بشدة، مطوى ومتبارز ضمن البطينات الكبيرة للدماغ.

- تتواجد في سقف البطينات الثالث والرابع وفي جزء من جدران البطينان الجانبيان.

- تحتوي كل زغابة من الضفائر المشيمية على طبقة رقيقة من طبقة من الأم الحنون موعاة بشدة، مغطاة بطبقة من خلايا بطانة عصبية مكعبة cuboidal ependymal cells. وظيفة هذه الضفائر هي ازالة الماء من الدم وإطلاقه كسائل دماغي شوكي.

- الجهاز العصبي المحيطي Peripheral nervous system

الأجزاء الرئيسة للجهاز العصبي المحيطي: الأعصاب، العقد العصبية و النهايات العصبية.

الأعصاب هي حزم من ألياف عصبية(محاور) محاطة بخلايا شوان وطبقات من الأنسجة الضامة.

- الألياف العصبية Nerve Fibers

تحاط أو تتغمد الألياف العصبية (المحاور العصبية) بخلايا شوان.

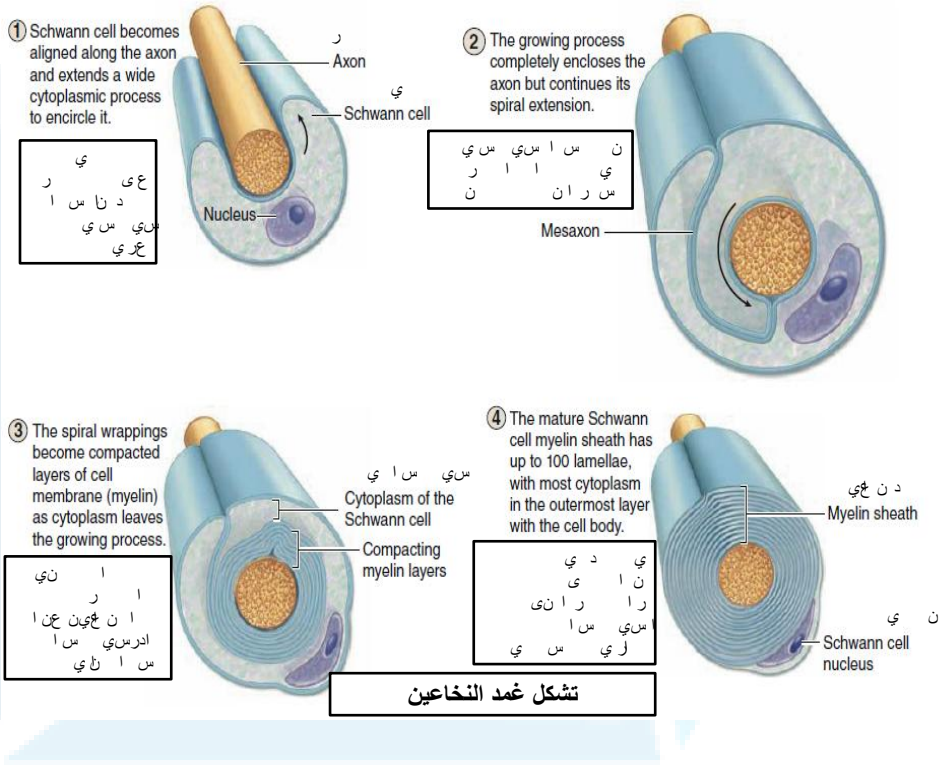
1- الألياف المغمدة بالنخاعين Myelinated Fibers :

- تقوم سلسلة من خلايا شوان المتمايزة بتغليفها لتصبح ألياف عصبية مغمدة بغمد النخاعين.

- يتحد الغشاء السيتوبلاسمي لكل خلية من خلايا شوان المغطية مع نفسه في منطقة تسمى الميساكسون mesaxon وتأخذ استطالة مسطحة عريضة من الخلية بالامتداد ، والتحرك باتجاه المحيط حول المحور عدة مرات.

- تتحد الطبقات المتعددة من غشاء خلية شوان لتشكل غمد النخاعين.

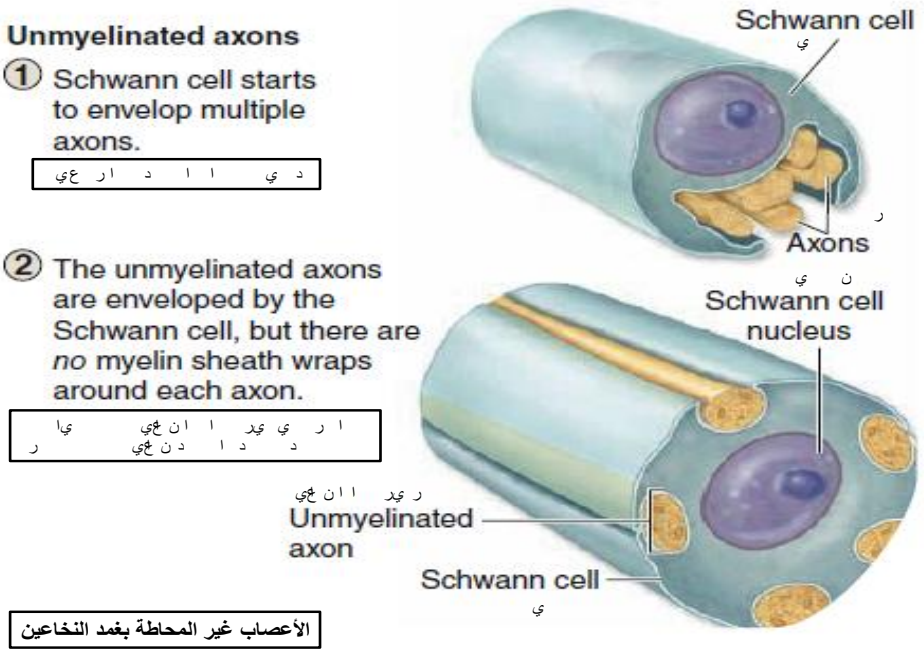
- يبدي غمد النخاعين بين خلايا شوان المتجاورة عقيدات رانفييه أو فجوات عقدية، حيث تتواجد استطالات اصبعية من خلايا شوان تغطي المحور بشكل جزئي فقط.



تشكل غمد النخاعين

2- الألياف غير المغمدة بالنخاعين Unmyelinated Fibers

في هذه الألياف لاتشكل الخلايا الدبقية لفات من غمد النخاعين، وإنما تحصر خلايا شوان أجزاء من عدة محاور عصبية صغيرة القطر في نفس الوقت.



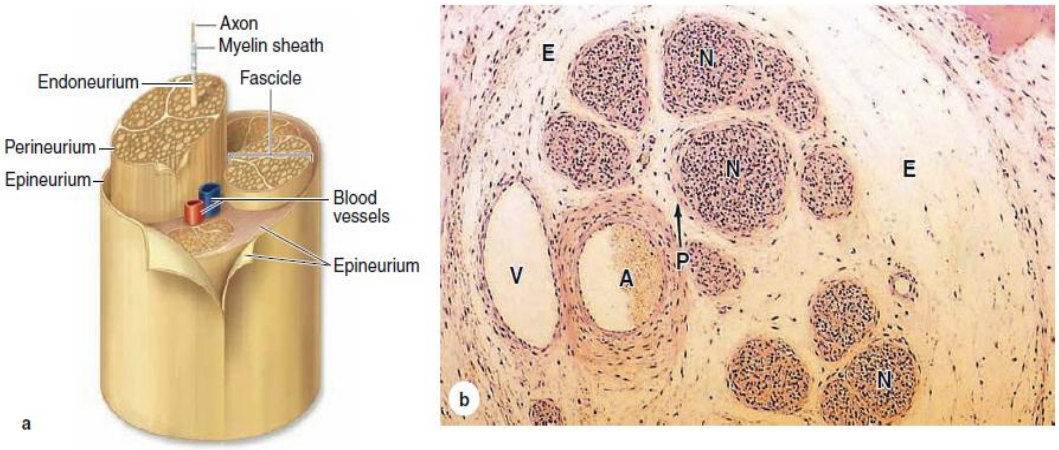
الأعصاب غير المحاطة بغمد النخاعين

https://manara.edu.sy/

- تنظيم العصب **Nerve Organization**

في الجهاز العصبي المحيطي تتجمع الألياف العصبية لتشكل الأعصاب. تبدو الأعصاب بلون أبيض لمّاع بسبب احتوائها على النخاعين والكولاجين. تحاط خلايا شوان والمحاور العصبية بطبقات من الأنسجة الضامة:

- غمد الليف العصبي **endoneurium** : يحيط مباشرة بالصفيحة الخارجية لخلايا شوان.
- غمد الحزمة العصبية **perineurium**: يحيط بمجموعات حزمية من خلايا شوان ومحاور عصبية.
- غمد العصب **epineurium**: ويشكل معطف كثيف غير منتظم حول الأعصاب المحيطية ويمتد ليملأ المسافات مابين الحزم.



7-3- العقد العصبية Ganglia

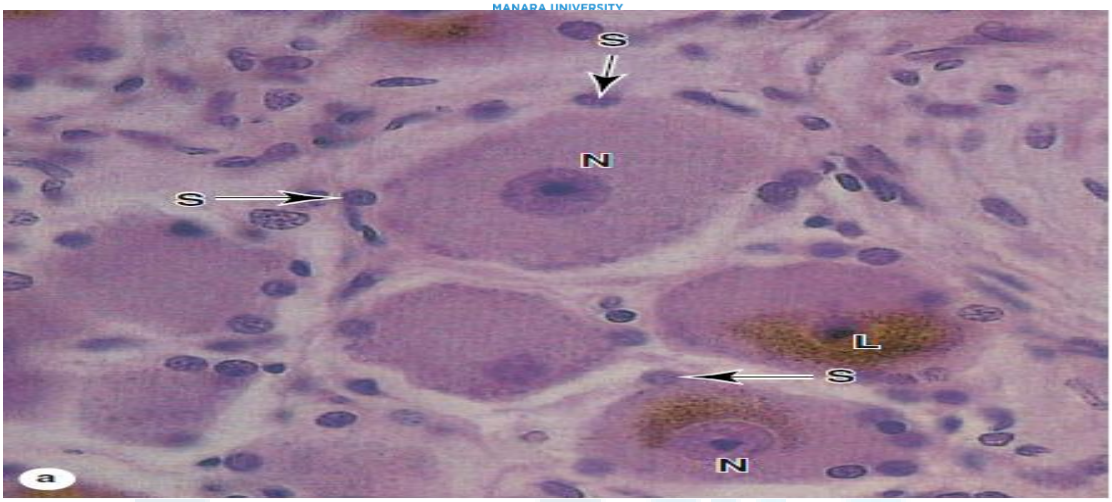
وهي بنى بيضوية تحتوي على أجسام العصبونات مع الخلايا الدبقية التابعة المحيطة بها، ومدعومة بنسيج ضام ليفي وكذلك محاطة بمحفظة كثيفة.

هناك نوعان العقد العصبية:

1- الحسية Sensory Ganglia : وتستقبل السيالات القادمة إلى الجهاز العصبي المركزي وترافق كلاً من الأعصاب القحفية cranial ganglia والجذور الظهرية للأعصاب الشوكية spinal ganglia .

2- الذاتية اللاإرادية Autonomic Ganglia: تؤثر على الخلايا العضلية الملساء، إفراز بعض الغدد، ضربات القلب، والعديد من الفعاليات اللاإرادية والتي عن طريقها يحافظ الجسم على بيئة داخلية ثابتة (**homeostasis**)

https://manara.edu.sy/



11- الجهاز العصبي اللاإرادي Autonomic nervous system:

ويتألف من جزأين: الودي ونظير الودي

- تتوضع أجسام عصبونات الأعصاب الودية قبل العقدية ضمن الأقسام الصدرية والقطنية من الحبل الشوكي، وتلك التي تنتمي إلى نظير الودي تتوضع ضمن اللب والدماغ المتوسط وفي القسم العجزي من الحبل الشوكي.

- يتوضع العصبون الثاني الودي في عقد عصبية صغيرة على طول العمود الفقري، بينما يشاهد العصبون الثاني نظير الودي في عقد صغيرة جداً تتوضع دائماً قرب أو بجانب الأعضاء المتأثرة، كمثال في جدران المعدة والأمعاء.