The Nervous Tissue النسيج العصبي

يوجد جهازان أساسيان يقومان بمهمة تنسيق وتنظيم وضبط الوظائف الحيويّة في المادة المتعضيّة، يعمل كل منهما بطريقة مختلفة عن الآخر هما:

1. الجهاز العصبي Nervous system
2. الغدد الصم Endocrine system

من حيث	الجهاز العصبي	الغدد الصم
الاستجابة	سريعة	أبطأ
زمن التأثير	قصير يزول بعد فترة قصيرة من الزمن	أطول من زمن التأثير في الجهاز العصبي
أداء المهام	يقوم بأداء المهام من خلال إصدار ونقل إشارات عصبيّة	تعتمد على إنتاج وإفراز الهرمونات

يتألف النسيج العصبي من نوعين من الخلايا وهي:

1. **العصبونات Neurons**: عددها أكثر من مئة مليون خلية، وتشكّل الوحدة **البنيويّة** structural، **والوظيفية** functional للنسيج العصبي، مخصصة في التواصل السريع (النقل)، وكل عصبون لديه وسطياً على الأقل 1000 اتصال مع عصبونات أخرى.
2. **خلايا الدبق العصبي (neuroglia (or glial cells**: وهي خلايا متنوّعة تلعب دور **دعامي** للخلايا العصبية (خلايا داعمة supporting cells).

تصنيف الجهاز العصبي

تشريحيّاً Anatomically

يُصنّف الجهاز العصبي تشريحيّا إلى:

1- جهاز عصبي مركزي Central Nervous System (CNS): ويتألف من الدماغ والنخاع الشوكي.

2- جهاز عصبي محيطي Peripheral Nervous System (PNS): ويتألف من ألياف عصبيّة وعقد.

وظيفيّاً Functionally

تم تصنيف العصبونات اعتماداً على:

1- الشكل Morphology.

2- الحجم size.

3- الوظيف Function.

تصنيف العصبونات حسب الشكل

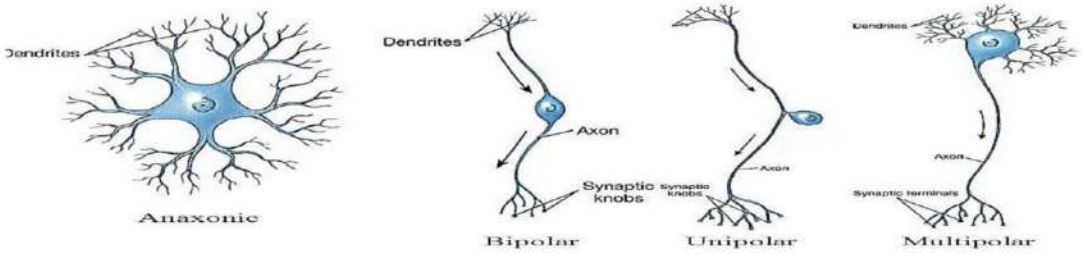
تم تصنيف العصبونات شكليّا اعتماداً على **عدد التغصنات** إلى:

1- العصبونات وحيدة القطب أو وحيدة القطب الكاذب Unipolar or pseudounipolar neuron.

2- العصبونات ثنائيّة القطب Bipolar neuron.

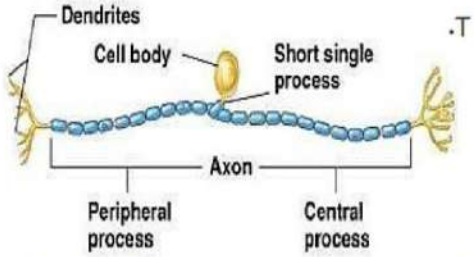
3- العصبونات متعددة الأقطاب Multipolar neuron.

4- العصبون عديم المحوار Anaxonic neuron.



العصبونات وحيدة القطب Unipolar Neuron

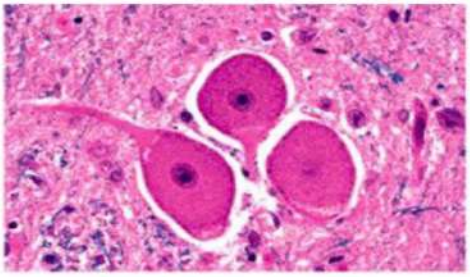
هذا النمط من العصبونات يصدر من جسم الخلية استطالة محورية واحدة فيأخذالعصبون شكل حرف T. تتفرع بعدها هذه الاستطالة المحورية إلى فرعين: محيطي (من جسم الخلية إلى المحيط: الجلد والمفصل والعضلات) وفرع مركزي (من جسم الخلية إلى الحبل الشوكي)

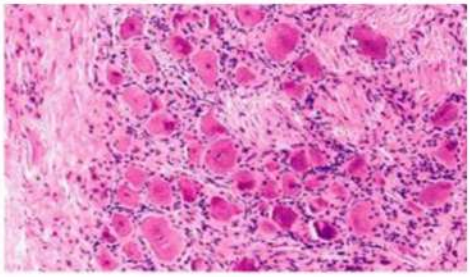


يُشكّل هذا النمط من العصبونات **عصبونات حسيّة** توجد حصرياً في مستوى **العقد الشوكيّة** الموجودة على الجذر الظهري (أو الخلفي) للنخاع الشوكي وكذلك توجد على مسار بعض الأعصاب القحفيّة.

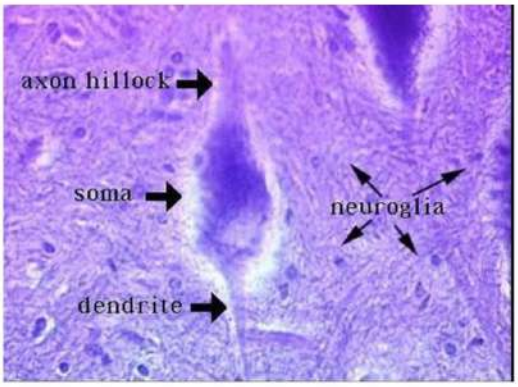
هذا النمط من العصبونات هو النمط الوحيد (نسبياً) الذي يوجد خارج الجملة العصبيّة المركزيّة بشكل رئيسي إذ أنّ قسم قليل من العصبونات **وحيدة القطب** يوجد داخل الجملة العصبيّة المركزيّة بينما يوجد معظمها خارج هذه الجملة، وهو على عكس العصبونات **متعددة الأقطاب** التي توجد معظمها داخل الجملة العصبيّة المركزيّة بينما يوجد قسم قليل منها خارج الجملة العصبيّة المركزيّة.

نسبته 4٪ من مجمل العصبونات.

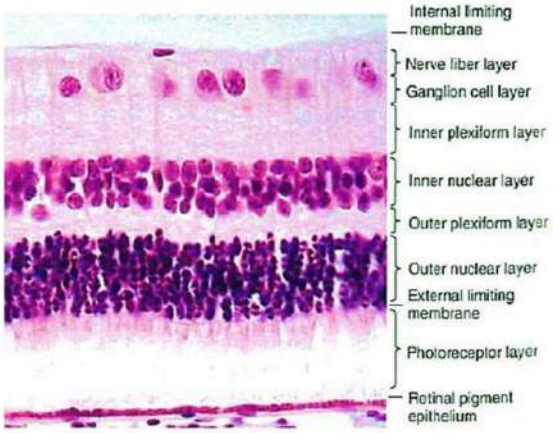


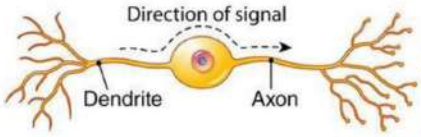


العصبونات ثنائيّة القطب Bipolar neuron

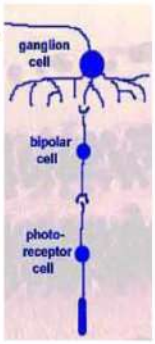


- يخرج من جسم الخلية استطالتان :استطالة هيولية Dendrite و محوار Axon في نهايته تفرعات انتهائية عديدة.
- نشاهدها في أماكن محددة و خاصةً الأعضاء الحسية : شبكية العين و المخاطية الشمية و في عضو كورتي بالأذن الداخلية.
- تشكل 1% من العصبونات.

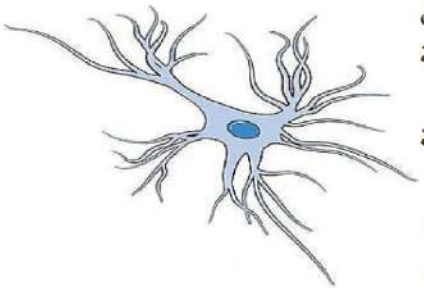




في شبكية العين: تتوضع العصبونات ثنائية القطب في الطبقة النووية الداخلية Inner nuclear layer تشكل استطالاتها الهيولية ضفيرة من المشابك مع خلايا العصي و المخاريط في الشبكية.
و يشكل المحور الاسطواني فيها ضفيرة مع الخلايا العقدية متعددة الأقطاب الموجودة في الشبكية.



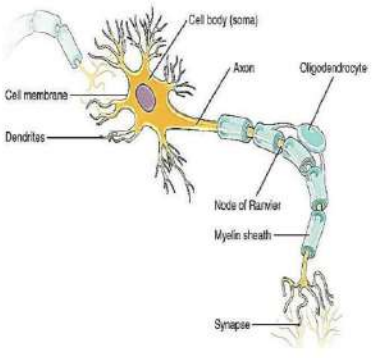
العصبونات عديمة المحوار Anaxonic neuron

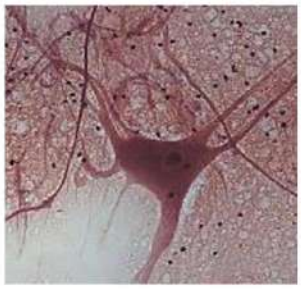


- هذا النمط من العصبونات يحوي محاوير ولكن لا يمكن تمييز محاويرها Axons من استطالاتها الهيوليّة Dendrites.
- وهذا النمط من العصبونات موجود في الجملة العصبيّة المركزيّة ولكن وظيفتها غير معروفة بعد.
- يوجد خلايا في **شبكية العين** لا تملك محوار، ومن الممكن ان تكون العصبونات عديمة المحاوير Axonless من نمط هذا الخلايا.

العصبونات متعددة الأقطاب Multipolar Neuron

- يحتوي هذا النمط من العصبونات على استطالات هيوليّة كثيرة ومحوار واحد **فقط**، ينتهي هذا المحوار بالعديد من التغصّنات الانتهائيّة.
- يُعتبر هذا النمط من العصبونات الأشيع والأكثر انتشاراً والأكبر عدداً من ضمن العصبونات الموجودة في **الجملة العصبيّة المركزيّة** (يشكّل هذا النمط معظم عصبونات هذه الجملة).
- كما يوجد هذا النمط أيضاً في الجملة العصبيّة المحيطيّة ولكن بنسبة قليلة (إذ يوجد في العقد **المحرّكة** الوديّة ونظيرة الوديّة و**ليس** الحسيّة).
- تكون نسبته 95٪ من العدد الإجمالي للعصبونات.





تصنف العصبونات **وظيفياً** إلى :

1- عصبونات محركة Motor neurons صادرة Efferent : تؤثر في العضلات المخططة والغدد خارجية و داخلية الإفراز

2- عصبونات حسية Sensory neurons واردة Afferent : تستلم التنبيهات الحسية من خارج الجسم

3- عصبونات مشاركة Inter neurons : تصل بين العصبونات الحسية والحركية مشكلة معقدات وظيفية سلسلية أو حلقية مثالها شبكية العين

تصنيف العصبونات تبعاً للحجم Size

صُنفت العصبونات إلى نمطين تبعاً لحجم جسم الخلية وطول المحوار الذي تملكه إلى:

عصبونات من النموذج 1 لغولجي Golgi Type I Neurons

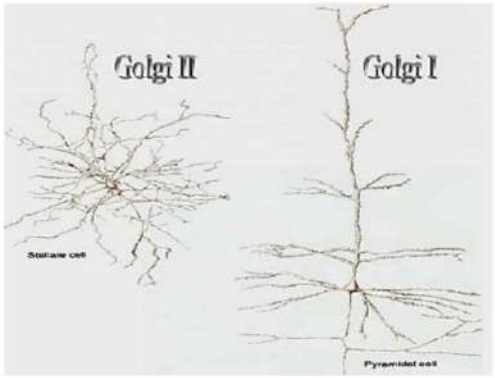
هذا النمط من العصبونات يكون جسمها في الجهاز العصبي المركزي، ولكن محوارها يكون خارجه، حيث يكون محوارها طويل.

إن جميع الخلايا الهرمية (سواء كانت كبيرة أو متوسطة أو صغيرة) الموجودة في قشرة المخ وخلايا بوركنج الموجودة في قشرة المخيخ والخلايا المحركة في القرون الامامية للنخاع الشوكي تكون من نمط غولجي 1.

عصبونات من النموذج 2 لغولجي Golgi Type II Neurons

في هذا النمط يكون كل من المحوار والجسم موجود داخل الجهاز العصبي المركزي (الجملة العصبية المركزية)، حيث يكون لها محوار قصير.

يوجد هذا النمط في قشرة المخ وقشرة المخيخ ويشكل هذا النمط من العصبونات القسم الأعظم من العصبونات الموجودة داخل الجملة العصبية المركزية.



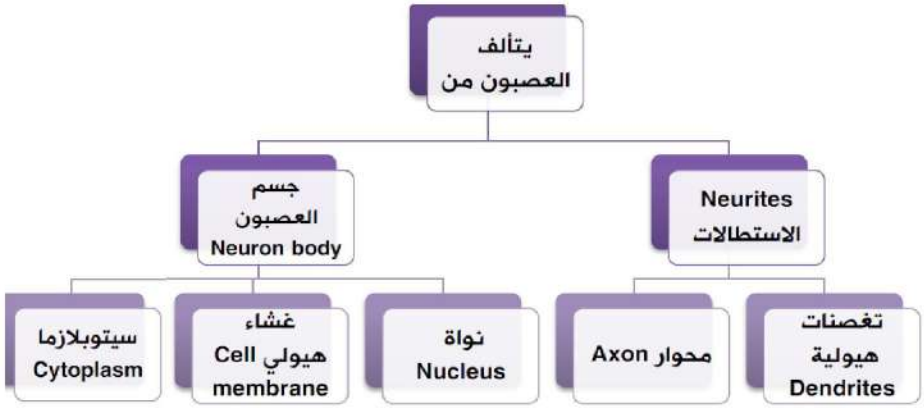
من حيث	عصبونات غولجي من النمط1	عصبونات غولجي من النمط2
أماكن الجسم والمحوار	الجسم في الجهاز العصبي المركزي والمحوار خارج الجهاز العصبي المركزي.	الجسم والمحوار داخل الجهاز العصبي المركزي.
طول المحوار	محوار طويل	محوار قصير
أماكن التواجد	-الخلايا الهرمية الموجودة في قشر المخ. -خلايا بوركنج الموجودة في قشر المخيخ. -الخلايا المحركة الموجودة في القرون الأمامية للنخاع الشوكي.	توجد في قشر المخ والمخيخ وتشكل القسم الأعظم من العصبونات الموجودة في الجهاز العصبي المركزي.

تصنيف العصبونات اعتماداً على نوع المفرز العصبي Neural transmitter

يمكن أن تصنف العصبونات وفقاً لنوع الناقل العصبي الذي تفرزه، ونميز:

1. العصبونات الكولينية Cholinergic neurons: تفرز نواقل كولينية مثل الأستيل كولين.
2. العصبونات الأمينية Aminergic neurons: تفرز نواقلاً أمينية كالأدرينالين والنورأدرينالين (الابينيفرين والنورابينيفرين).
3. العصبونات الدوبامينية Dopaminergic neurons: تفرز نواقل دوبامينية مثل الدوبامين.
4. العصبونات الببتيدية Peptidergic neurons: تفرز نواقل ببتيدية مثل الببتيدات العصبية Neuropeptides كالأوكستوسين، والفازوبرسين (ADH)، والكوليسيستوكينين Cholecystokinin (CCK)، وتفرزها خلايا عصبية ذات إفراز داخلي (سندرسها بالتفصيل في جهاز الإفراز الداخلي).
5. عصبونات سيروتونينية Serotoninergic neurons.

بنية العصبون المجهرية Microstructure Of Neurons



جسم العصبون *Nerve Cell Body (Perikaryon/Soma)*

- هو الجزء من العصبون الذي يحوي النواة Nucleus التي تكون واضحة المعالم (تكون النوية Nucleolus وحيدة وبارزة).
- يحتوي جسم الخلية على سيتوبلاسما Cytoplasm تحيط بالنواة.
- يُحاط جسم الخلية بغشاء خلوي Cell membrane.
- يشكل جسم العصبون المركز المغذي للعصبون Trophic centre، حيث يتم تركيب البروتينات والإنزيمات فيه.

مكان التواجد:

1. الجهاز العصبي المركزي CNS: فقط في المادة الرمادية Grey matter (التي تحوي أيضاً تغصنات العصبونات).
2. الجهاز العصبي المحيطي PNS: في العقد Ganglia.

الحجم:

- تتباين في الحجم، حيث يتراوح قطرها بين 5-150 ميكرومتراً.
- حيث يوجد عصبونات صغيرة كعصبونات الطبقة الحبيبية في المخيخ، وعصبونات كبيرة كالعصبونات المحركة الموجودة في القرن الأمامي للنخاع الشوكي.

الشكل:

ممكن أن تأخذ العصبونات أشكالاً مختلفة منها:

- الإجاصية Pear-shaped.
- البيضوية Ovoid.
- الهرمية Pyramidal.
- بشكل السلة Basket cells.
- المغزلية Fusiform.
- بشكل الثريا Chandelier cells.
- الكروية Spherical.
- النجمية Stellate cells (spiny and aspiny) ..

الغشاء الهيولي Cell membrane:

- له بنية مشابهة لبنية غشاء الخلية العادية لكنه يتميز بانتهاء بعض المحاوير إليه مشكلة مشابك تدعى مشابك محورية جسمية Axo-somatic synapses.
- بالإضافة لقدرته على تلقي و نقل و توليد النبضات العصبية فهو غني بالعناصر اللازمة لتشكيل كمون العمل Action Potential و لا سيما مستقبلات النواقل العصبية و الأقنية الشاردية (Na^+-cl^--k^+).

النواة Nucleus:

- كبيرة و شاحبة، ذات نوية بارزة و واضحة جداً.

السيتوبلازما:

- الهيولى محبة للأساس Basophilic.
- تحوي السيتوبلاسما المتعضيات مثل: المتقدرات Mitochondria، الشبكة الهيولية الداخلية الملساء sER، الجسيمات الحالة Lysosomes، الريبوزومات Ribosomes، كما تحوي أيضاً جسيمات نيسل Nissl bodies وجهاز غولجي Golgi complexes، وليفات عصبية Neurofibrils، والليبوفوسين Lipofuscin.

✓ أهم ما يميز سيتوبلاسما العصبونات عن الأنماط أخرى من الخلايا أنها تحوي:

1. شبكة هيولية داخلية خشنة rER تشكل ما يطلق عليه شبكة سيتوبلاسمية داخلية حبيبية كثيفة Reticulum Abundant granular endoplasmic وتسمى بـ: **جسيمات نيسل Nissl bodies**.
2. جهاز غولجي يكون متطوراً ومتعدداً ومعقداً.

✓ إن جسيمات نيسل تتوزع في جسم العصبون Soma، وتمتد ضمن التغصنات Dendrites، بينما **لا** توجد مطلقاً في المحور Axon ← هذا ما يمكن استخدامه في تمييز الاستطالات الهيولية عن المحور.

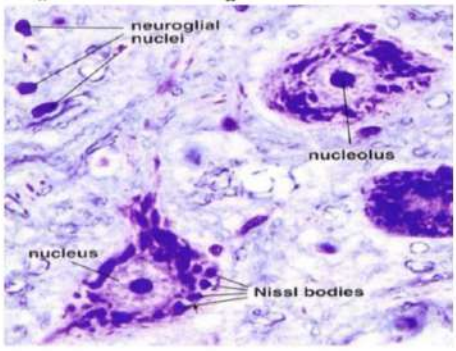
✓ تقوم الخلية العصبية بإنتاج البروتينات من أجل عمليتين:

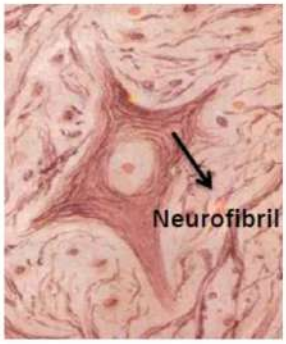
1. إعادة بناء عضيات الخلية Rebuilding الذي يقوم به العصبون بشكل مستمر.
2. تركيب الإنزيمات الضرورية لتركيب الناقل العصبي Neurotransmitter.

✓ تحوي السيتوبلاسما كذلك ليفات عصبية Neurofibrils تشكل الهيكل الخلوي للعصبون.

✓ الليفات العصبية مكونة من نبيبات دقيقة Microtubules + خيوط Filaments.

✓ تكون الليفات العصبية مسؤولة عن **الدعم وتحديد الشكل**، كما أنها مسؤولة وبشكل أساسي عن عمليات **النقل** داخل الخلية العصبية (نقل الحويصلات Vesicles والعضيات **وليس** السيالة العصبية، لأن المسؤول عن نقل السيالة العصبية بشكل رئيسي هو الغشاء الخلوي).





تلوين نترات الفضة

- ✓ إن العصبون يتخلص من المواد التي لا حاجة له بها بربطها بالجسيمات الحالة Lysosomes، التي تهدمها وتحولها إلى أجسام باقية، ومن ثم الأجسام الباقية تتحول إلى ما يسمى بالليبوفوسين Lipofuscin (يمكن تشبيهها بمكب نفايات للخلية).
- ✓ كلما تراكمت الليبوفوسين في الخلية دلّ ذلك على التقدم في العمر Aging الذي تخضع له الخلية.

استطالات الخلايا العصبية Neurites or processes

1. تفرعات قصيرة ومتعددة، تسمى **بالتغصنات Dendrites**.
2. تفرع مفرد وطويل يسمى **المحوار Axon**.

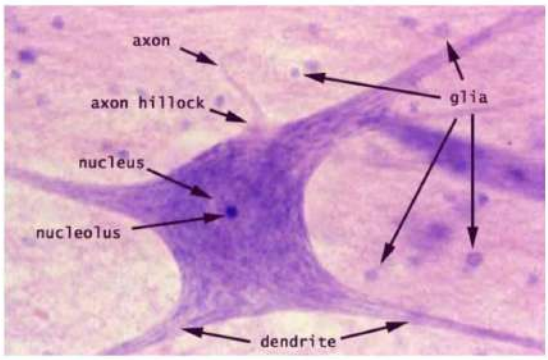
التغصنات Dendrites

- ➢ تبدأ الاستطالات ثخينة ثم تستدق كلما ابتعدنا عن جسم الخلية العصبية (متباينة Variable في الثخانة من القاعدة حتى النهاية، فهي ununiform).
- ➢ تتميز بإنها تنتهي بالقرب من جسم الخلية العصبية (أي أنها قصيرة).
- ➢ تحتوي الاستطالات على جسيمات نيسل، كما تحتوي على معظم المكونات الخلوية عدا النواة.
- ➢ **وظيفتها:** استقبال التنبيه من الخلايا العصبية الأخرى المجاورة أو من البيئة الخارجية، ونقله باتجاه جسم الخلية العصبية.
- ➢ تكون متعددة ومتباينة الأبعاد والأشكال. (من الممكن أن تكون أولية primery أو ثانوية secondary أو ثالثية أو أكثر من ذلك) .
- ➢ يضاف لها أشواك spines (متنوعة الأشكال)، وعلى الأشواك توجد مشابك synapses.

المحوار Axon

- ➢ استطالة طويلة ومفردة (وحيد) لذلك تكون uniform (بقطر واحد ثابت) تبدأ من جسم الخلية من منطقة تسمى الأكمة hillock
- ➢ يكون قطر المحوار **أدق** من قطر التغصنات.
- ➢ يتم تمييز المحاوير عن قاعدة التغصنات **بغياب جسيمات نيسل**.
- ➢ كما يتميز المحوار عن التغصنات بعدم احتوائه على الكثير من التفرعات، (إذا كانت التفرعات قد نشأت بالقرب من جسم الخلية وتميل إلى المحوار بزوايا قائمة فتدعى هذه الفروع **بالروادف**).
- ➢ في نهاية المحوار يتم تفرع المحوار إلى تفرعات ناعمة تدعى **بالتفرعات الانتهائية** telodendria والتي تنتهي غالباً بانتفاخات تدعى **بالأقراص الانتهائية**.
- ➢ **وظيفته:** دوماً المحوار له دور في عملية النقل transmission حيث ينقل عملياً الحويصلات

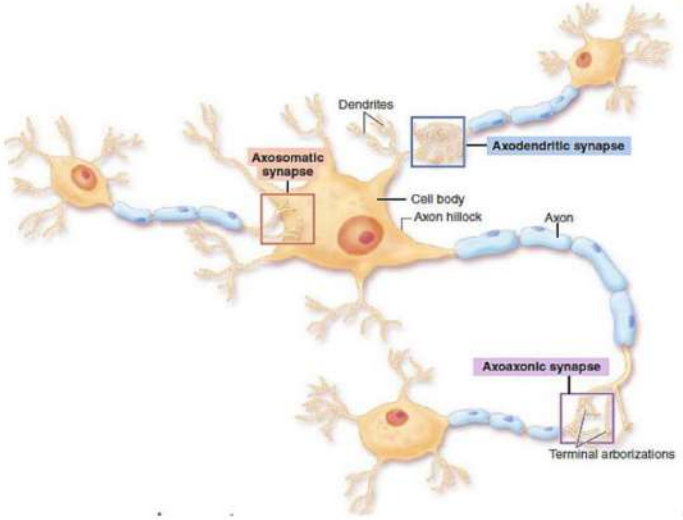
visicule التي تحتوي على البروتين الناقل العصبي **neurotransmitter** حتى يصل إلى التغصنات الانتهائية للمحور **tenidendria**.



مقطع لعصبون من القرن الأمامي للنخاع الشوكي. يظهر الأكمة hillock والتغصنات dendrite التي تبدأ ثخينة ثم تستدق أما المحور يظهر بقطر أصغر uniform

المحور Axon	التغصنات Dendrites
وحيد one	عديدة many
طويل long	قصيرة short
موحد في القطر uniform in dilatore	متغايرة في القطر (الثخانة) irregular in thickness
لا وجود لمواد نيسل no nessil substance	توجد حويصلات نيسل nessil granules
توجد أكمة المحور hillock	توجد أشواك spines
نقل النبضات بعيداً عن جسم الخلية	نقل النبضات باتجاه الجسم

المشبك The Synapse



هي عبارة عن وسيلة اتصال سواء بين:

1. العصبونات بين بعضها البعض.
2. العصبون والخلايا الهدف (كالخلايا العضلية المخططة سواء كانت إرادية أو لا إرادية).

يتألف المشبك العصبي من ثلاث أقسام بشكل عام:

1. العصبون ما قبل المشبك حيث ينتهي محوار العصبون بما يسمى الأزرار الانتهائية تحوي هذه الأزرار على حويصلات يوجد ضمنها الناقل العصبي.
2. العصبون ما بعد المشبك (قد يكون عضو هدف)
3. شق التشابك:يفصل بين العصبون قبل المشبك والعصبون بعد المشبك

صنفت المشابك بالاعتماد على:

- ✓ آلية نقل السيالة العصبية.
- ✓ وطريقة كمون العمل المتولد في الخلايا المستهدفة.

وبناءً عليه، لدينا نوعان للمشابك:

✓ مشبك كهربائي. ✓ مشبك كيميائي.

خلايا الدبق العصبي Neuroglia Cells

- خلايا الدبق العصبي Neuroglia Cells هي خلايا **داعمة** للجهاز العصبي.
- يوجد نمطين من هذه الخلايا:
  1. خلايا الدبق العصبي المحيطية Peripheral Neuroglia.
  2. خلايا الدبق العصبي المركزية Central Neuroglia.

الخلايا الدبقية المحيطية Peripheral Neuroglia

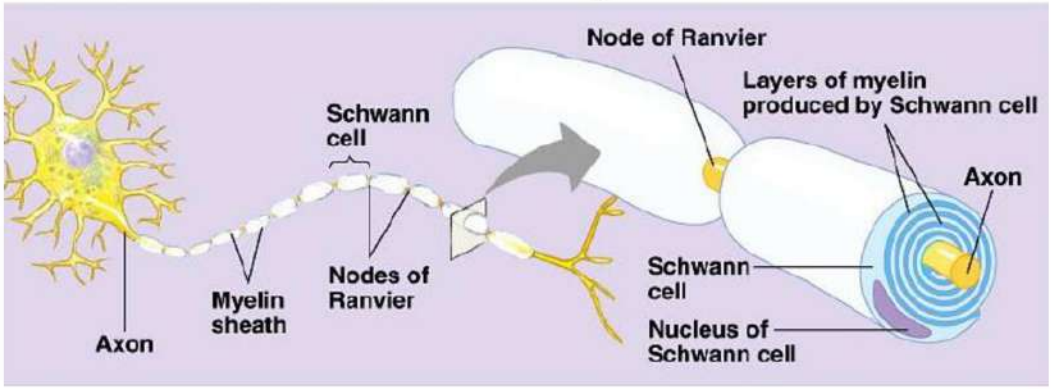
خلايا شوان Schwann Cells:

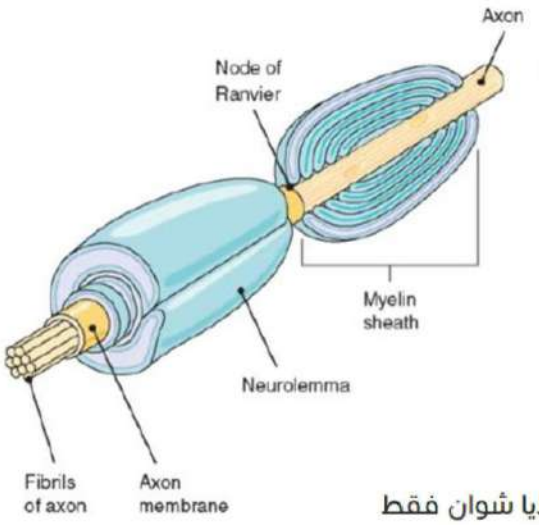
من أهم الخلايا الدبقية الموجودة في الجهاز العصبي المحيطي.

تحيط بجميع المحاور الإسطوانية للألياف العصبية المحيطية.

وظائفها:

- تقوم بتشكيل غمد شوان Neurilemma حولها.
- تقوم بتشكيل غمد النخاعين Myelin sheath حول المحاور الإسطوانية.
- تقوم بوظائف استقلابية.
- تقوم بعملية بلعمة، وخاصةً في الأذيات التي تصيب المحاور الإسطوانية، فتقوم بمساعدة الخلايا البلعمية Macrophages في عملية بلعمة النخاعين.





صورتين توضيحيتين لليف عصبي في الجهاز العصبي المحيطي PNS

لاحظ:

1. توضع كلاً من خلايا شوان وغمد النخاعين حول المحاور الإسطوانية.
2. توضع الـ Neurolemma الذي تشكله خلايا شوان حولها.
3. المحاور الإسطوانية محاطة بغمد النخاعين وخلايا شوان، إلا في مستوى عقد رانفييه فهي محاطة بخلايا شوان فقط

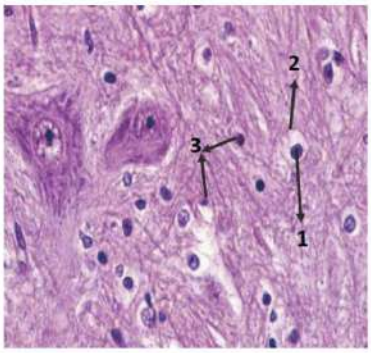
غمد شوان (Neurilemma):

هو صفيحة خارجية External lamina تشكلها خلايا شوان حولها.

له دور هام في عمليتي إصلاح وتجديد المحاور الإسطوانية في الجهاز العصبي المحيطي.

(Repair & Regeneration damaged axons in PNS).

وفي حال تلف الـ Neurilemma فلا وجود لعمليات التجديد والإصلاح للمحاور الإسطوانية.



صورة مجهرية لمقطع في حزمة عصبية

1. المحاوير الإسطوانية (النقاط السوداء الكبيرة).
2. غمد النخاعين (لاحظ أنه يحيط بالمحوار).
3. نوى خلايا شوان.

حالات سريرية

متلازمة غيلان باريه Guillain-Barré syndrome:

- ✓ تصيب الجهاز العصبي المحيطي PNS.
- ✓ من أكثر المتلازمات المهدّدة للحياة شيوعاً.
- ✓ بدايته عبارة عن التهاب inflammation

سببها:

تتراكم الخلايا اللمفاوية والخلايا البلعمية Microphages والخلايا البلازمية حول الليف العصبي، فتتخرب قطع غمد النخاعين مما يؤدي إلى جعل المحوار الإسطواني عرضةً للمادة خارج الخلوية، يترتب على ذلك تنشيط الجهاز المناعي، فتفعَّل الخلايا المناعية التائية (مناعة الخلوية) وتقوم بمهاجمة غمد النخاعين، فتبدأ بحدوث "تنميل" بعضلات الأطراف ثم شلل عضلي تدريجي في عضلات الأطراف، ثم يؤدي ذلك إلى الموت.

متلازمة التصلب اللويحي المتعدد Multiple sclerosis (MS):

- ✓ شكل من أشكال التصلب اللويحي.
- ✓ تسبب تخرباً في غمد النخاعين (في الـ CNS) الذي ينفصل عن المحوار ثم يتخرب.

سببها:

إن البروتين الأساسي النخاعيني myelin basic protein (MBP) يشكل هدفاً أساسياً للجهاز المناعي، فيقوم الجهاز المناعي بتشكيل أضداد تهاجم هذا البروتين، مما يؤدي إلى تخرب غمد

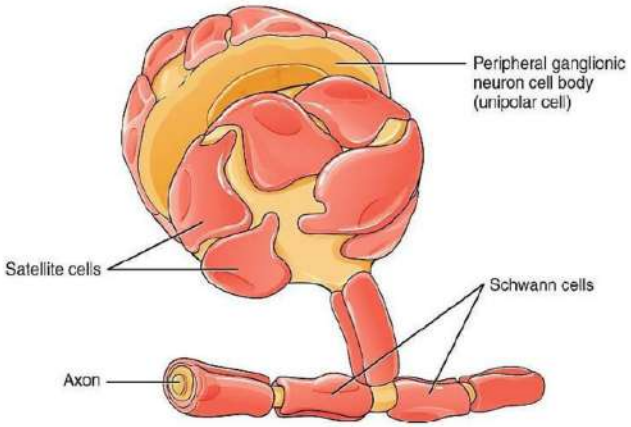
النخاعين وحدوث عدة تغيرات كيميائية فيه تؤدي إلى تشكل لويحات plaques في المادة البيضاء في الدماغ، فتظهر العديد من الأعراض.

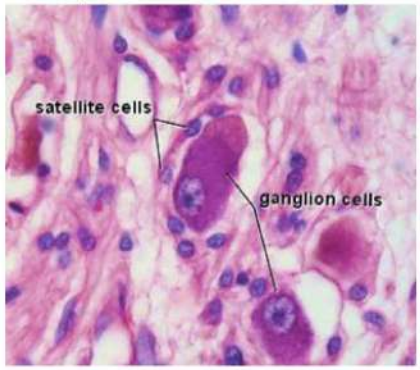
أهم أعراض متلازمة التصلب اللويحي المتعدد:

- مشكلة في الرؤية.
- نقص تنسيقي في العضلات وبالتالي وجود خلل في الحركة.
- عدم سيطرة على المثانة bladder والأمعاء bowel.
- يمكن أن يؤدي بصاحبه إلى الموت، إذا لم تتم مقاربته، وتتم المقاربة دوماً بوساطة مثبطات مناعية (ستيروئيدات وانترفيرونات مثبطة للجهاز المناعي).

الخلايا التابعية Satellite cells

- هي خلايا دبقية تحيط بأجسام العصبونات في العقد Ganglia، سواءً العقد الذاتية (الودية ونظيرة الودية) أو العقد الموجودة في الجذور الخلفية (الظهرية) الحسية للأعصاب الشوكية.
- وهي خلايا صغيرة لها شكل **مكعبي** Cuboidal ونواها **مكورة**.
- تشكل الخلايا التابعية طبقة تحيط بشكل كامل بجسم العصبون، وعلى الرغم من ذلك تظهر نواتها فقط واضحةً في التلوين العادي بالهيماتوكسيلين-ايوزين H&E.
- تؤمن الخلايا التابعية من خلال إحاطتها بأجسام العصبونات:
  1) **العزل الكهربائي** لهذه العصبونات Electrical insulation.
  2) **سبيلاً للتبادلات الاستقلابية** Metabolic exchanges، التي تتم بين الخلايا التابعية والعصبونات، **مثال**: تأخذ الخلايا التابعية الفضلات من العصبونات.
- وبالتالي فإن دور الخلايا التابعية شبيه بدور خلايا شوان، إلا أنها (الخلايا التابعية) لا تقوم بتركيب غمد النخاعين كما في خلايا شوان.





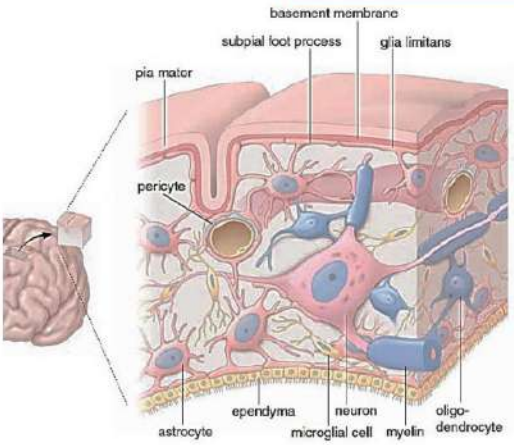
الخلايا الدبقية العصبية المعوية Enteral neuroglial cells:

تشاهد هذه الخلايا ضمن ضفيرتي اورباخ و مايسنر في جدار الأمعاء.

تشبه هذه الخلايا الخلايا الدبقية النجمية Astrocytes من حيث الشكل و الوظيفة إذ تقدم الدعم البنيوي و الاستقلابي و الحماية للعصبونات.

خلايا الدبق العصبي المركزية Central neuroglia

- الخلايا الدبقية النجمية Astrocytes
- الخلايا الدبقية قليلة التغصنات Oligodendrocytes
- الخلايا الدبقية الصغيرة Microglia
- الخلايا الدبقية السيسائية Ependymal Cells
- الخلايا الدبقية الشعاعية (الجنينية) Radial Glial Cells

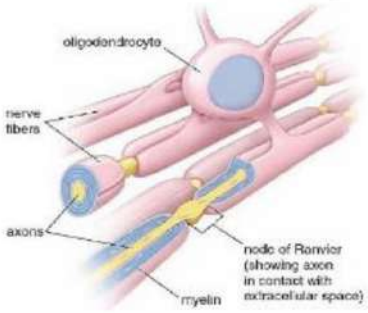


1. الخلايا الدبقية الشعاعية (الجنينية) Radial (Embryonic) Glial Cells:

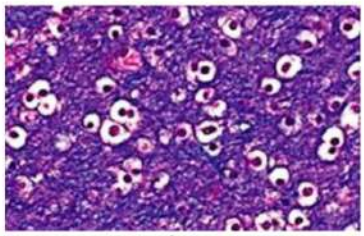
- هي الخلايا الدبقية في المراحل الجنينية الأولى.
- تمتد عبر الثخانة الكاملة للأنبوب العصبي بشكل شعاعي Radial manner.
- هذه الخلايا الدبقية الشعاعية Radial glial cells تعمل كسقالة (سكة أو مسار) Scaffolding توجه هجرة العصبونات إلى أماكنها المناسبة في الدماغ أثناء التمايز العصبي.
- ومن جهة ثانية تؤمّن هذه الخلايا نقل الرسائل التي تلعب دوراً كبيراً في عملية تطور Development الجملة العصبي.

2. الخلايا الدبقية قليلة التغصنات Oligodendrocytes

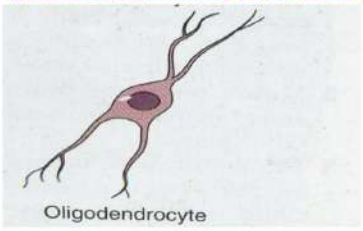
- هذه الخلايا معنية بشكل مباشر بتشكيل و صيانة غمد النخاعين حول محاوير الخلايا العصبية في الجملة العصبية المركزية.
- أجسامها كبيرة نسبياً، و الكروماتين فيها يكون من النوع المنتشر.



- تمييزها سهل في المقطع النسيجي حيث تكون بشكل نواة في المنتصف و حولها دائرة فارغة.



- تجتمع حول العصبونات في المادة الرمادية، و تتركز أيضاً في المادة البيضاء على شكل صفوف بين المحاوير (تشكل غمد النخاعين حولها).

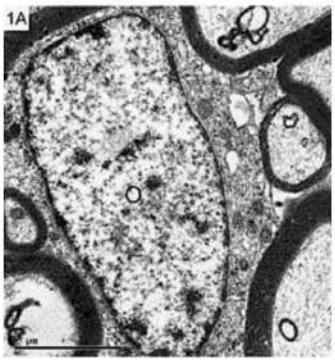


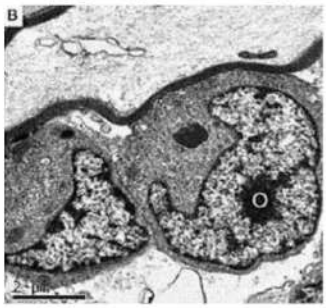
إن الخلية الواحدة من الخلايا الدبقية قليلة الاستطالات قد تشكل غمد النخاعين حول عدة محاوير في الجهاز العصبي المركزي CNS.

إن الخلايا الدبقية قليلة التغصنات تكون هدفاً للهجوم المناعي الذاتي Autoimmune attack في مرض التصلّب المتعدّد Multiple sclerosis (MS).

- **يوجد نوعان من الخلايا قليلة التغصنات يمكن تمييزها بالمجهر الإلكتروني:**

1. في الصورة A تظهر الخلايا الدبقية قليلة الإستطالات **النيرة Light**:
   - الستوبلاسما متلونة بشكل ضعيف (أي هيولى نيّرة)، تضم ريبوزومات حرة والعديد من المصورات الحيوية (المتقدرات) بالإضافة إلى جهاز غولجي والنبيبات الدقيقة.
   - ويكون الكروماتين المغاير Heterochromatin منتشراً (متوزعاً) والكروماتين الحقيقي Euchromatin عديداً، مما يدل على أن الخلية **نشيطة** (تنشط في تشكيل غمد النخاعين).
2. في الصورة B تظهر الخلايا الدبقية قليلة الإستطالات **المعتمة Dark**:
   - نلاحظ خليتان معتمتان.
   - السيتوبلاسما تبدو أكثر كثافةً إلكترونياً Electron-dense.
   - الكروماتين النووي يتجمع بشكل كتل (كدسات) Clumps.
   - وبالتالي يُعتقد بأن هذه الخلايا تكون **غير نشيطة**.





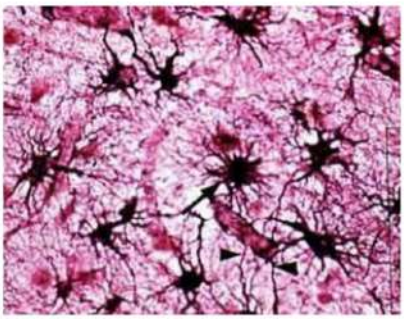
مقارنة بين خلايا شوان و الخلايا قليلة التغصنات:

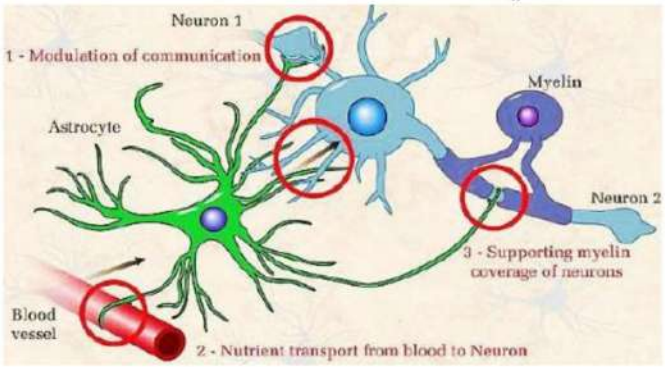
الخلايا قليلة التغصنات	خلايا شوان
ترسل استطالات تقوم بتغليف المحاوير	تلتصق بنفسها إلى المحوار
يمكن لأكثر من استطالة لخلية واحدة أن تشكل أكثر من قطعة نخاعينية على أكثر من محوار واحد	كل خلية تشكل قطعة نخاعينية واحدة على محوار واحد
لا تحاط بصفيحة خارجية ولا تشكل Neurilemma	تحاط بصفيحة خارجية و تشكل Neurilemma
لا يمكن اصلاح أضرار الألياف التي تغمدها لغياب الـ Neurilemma	قادرة على اصلاح أضرار الألياف التي تغمدها لوجود Neurilemma
بروتينات النخاعين :PLP-MOG-OMgp	بروتينات النخاعين:PMP22-P0-MGP
تشكل غمد النخاعين حول الألياف بالCNS	تشكل غمد النخاعين حول الألياف بالPNS

3. الخلايا النجمية Astrocytes:

❖ هي خلايا دبقية متعددة التغصنات تقوم بوظائف متعددة، **أهمها:**

1) عمليات **الدعم** من خلال تشكيل أقدام تنتهي في مستوى الصفيحة القاعدية الموجودة تحت الأم الحنون Pia mater، لتشكل ما يسمى بالحد الدبقي Glial limit الذي يفصل بين السحايا والبرنشيم العصبي.
2) تشكل أقدام تنتهي في مستوى الخلايا الحوطية Pericytes حول الشعريات الدموية، ليتشكل الحاجز الدموي الدماغي Blood-brain barrier.
3) للخلايا النجمية دور في **التغذية** أيضاً، حيث توصل السكر إلى العصبونات وتأخذ منها الفضلات كذلك.
4) تلعب دوراً كبيراً في **إعادة امتصاص** أو ارتشاف الزائد من الناقل العصبي Neurotransmitter ضمن السائل النسيجي Tissue fluid العصبي.
5) تقوم الخلايا النجمية أيضاً بعملية **تأمين التوازن الأيوني**، فتشكل بيئة أيونية Ion environment داخل النسيج العصبي، من خلال إعادة امتصاص Reuptake الزائد من الكالسيوم والبوتاسيوم، أي أنها تشكل وسطاً موقي Buffering للعصبونات.

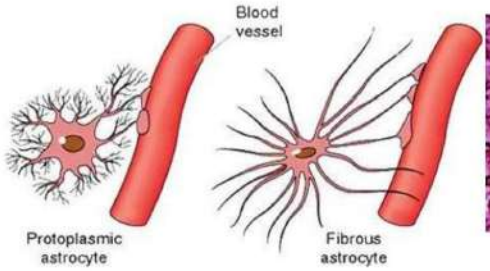


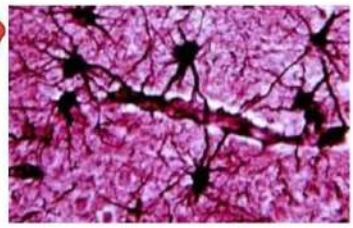


❖ يوجد نمطين من الخلايا النجمية Astrocytes:

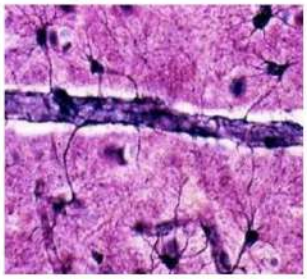
A. <u>الخلايا النجمية (البروتوبلاسمية) Protoplasmic astrocytes</u>: وتتركز بشكل أساسي في المادة الرمادية، ويكون لها عدة استطالات هيولية قصيرة ومتغصنة.

B. <u>الخلايا النجمية الليفية Fibrous astrocytes</u>: التي ترافق المادة البيضاء، يكون لها استطالات أقل وتأخذ شكلاً مستقيماً نسبياً.





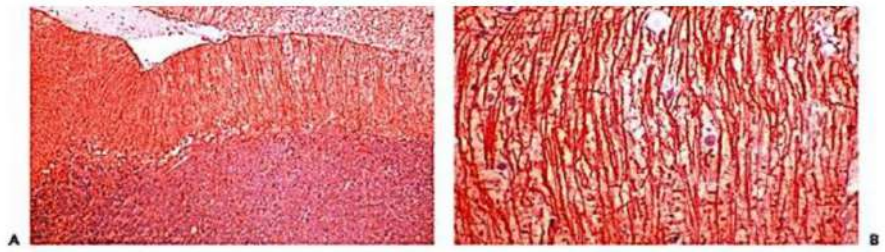
نلاحظ هنا الخلايا النجمية البروتوبلازمية و ارتكاز أقدامها على وعاء دموي.



نلاحظ هنا الخلايا النجمية الليفية و ارتكاز أقدامها على وعاء دموي.

خلايا بيرغمان Bergmann glia

- وهي نمط من الخلايا الدبقية <u>النّجمية</u> التي ظهرت حديثاً وسميت باسم مكتشفها.
- إن خلايا بيرغمان النجمية Bergmann astrocytes لها أجسام متوزعة في الصفيحة الضيقة لقشر المخيخ Cerebellar cortex، مترافقة مع خلايا بوركنج purkinje cells.
- كل خلية ترسل استطالات طويلة جداً (متطاولة) عبر الطبقة الجزيئية للمخيخ Molecular layer (الطبقة الأولى)، لتنتهي في مستوى السطح الموجود تحت الأم الحنون Subpial surface.
- هذه الاستطالات لا تظهر بشكل واضح في المخيخ السليم بالتلوين العادي بالH&E، لكنها تصبح قابلة للرؤية بشكل كبير (الصورة BgA) عند استخدام تقنيات الكيمياء النسيجية المناعية النوعية Immunohistochemistry للبروتين الحمضي الليفي الدبقي GFAP.
- تستجيب خلايا بيرغمان للأذية الدماغية Ischemic insult فتتكاثر Proliferate، فينتج عن ذلك ازدياد في ثخانة الصفيحة المكونة من أجسام هذه الخلايا، وهو ما يطلق عليه: دُباق بيرغمان Bergmann gliosis.



4. الخلايا الدبقية الصغيرة Microglia:

- هي أصغر الخلايا الدبقية في الجملة العصبية المركزية.
- تعتبر الخلايا المناعية في الدماغ Brain's immune cells.
- تنشأ من نقي العظام (من نفس الخلايا التي تنشأ منها الوحيدات Monocytes)، ومن ثم تهاجر في مراحل مبكرة من التشكل والتمايز، (من الوريقة المتوسطة).
- تتميز بأن لها نواة عاتمة Dark متطاولة Elongated، وستيوبلاسما قليلة نسبياً.
- تشكل السيتوبلاسما استطالات دقيقة (رفيعة) Fine ومتغصنة بشكل كبير Highly branched، وتحتوي العديد من الجسيمات الحالة Lysosomes (أكثر من غيرها من الخلايا وهو من مميزات الخلايا البالعة) ، ومكتنفات Inclusions وحويصلات Vesicles.
- كما أن الخلايا الدبقية الصغيرة تحوي شبكة سيتوبلاسمية خشنة rER صغيرة، والقليل من النبيبات الدقيقة Microtubules أو خيوط الأكتين Actin filaments.
- تمر هذه الخلايا بمرحلتين:

1) <u>الخلايا غير النشيطة Quiescent cells أو resting</u> (متشعبة Ramified): تكون غير نشيطة في الدماغ الطبيعي أو السليم، وتأخذ نواتها شكل <u>عصوي</u>.
2) <u>الخلايا النشيطة:</u> تتحول الخلايا الغير نشيطة إلى خلايا أميبية بالعة Phagocytic كبيرة كاستجابة مناعية لحدوث ضرر في النسيج، لتحمي العصبونات من المرض، وتكون نواة الخلايا النشطة ذات شكل <u>بيضوي</u>، والكروماتين المغاير متوزعاً ضمن الخلية.

أهميتها:

1. تعمل كخلايا كاسحة (كانسة) Scavengers في الجهاز العصبي، فتقوم تنظيف الجهاز العصبي المركزي من بقايا الخلايا الميتة، إلا أنها تأخذ وقتاً أطول من الخلايا التي تقوم بهذه الوظيفة في الأجهزة الأخرى.
2. تمثل جهاز الوحيدات الدفاعي البلعمي Macrophage monocyte defensive system في الجهاز العصبي المركزي CNS، إلا أن قدرتها على البلعمة تكون متواضعة جداً وأقل بكثير من الخلايا البالعة Macrophage التي تهاجر إلى مكان الأذية في الجملة العصبية المحيطية.
3. تستجيب الخلايا الدبقية الصغيرة لكل حالات الأذية في الـCNS وتقوم بعملية إحداث التهاب Inflammation (طبيعي).

الشكل الفعال لهذه الخلايا

الشكل الخامل لهذه الخلايا

5.الخلايا السيسائية (البطانية) Ependymal cells

هي نوع من الخلايا الدبقية توجد كظهارة مبطنة لبطينات الدماغ (البطينان الجانبيان والبطين الثالث والبطين الرابع)، والنخاع الشوكي (قناة السيساء).

- **شكلها العام:**

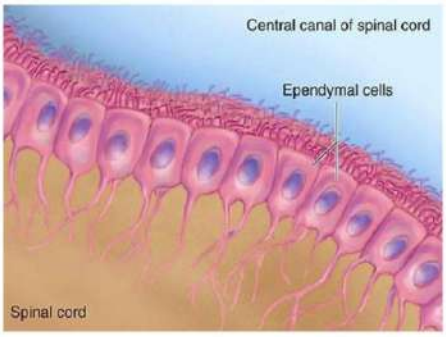
✓ بين مكعبي للإسطواني، يوجد على سطحها الحر (السطح اللمعي المطل على اللمعة) زغيبات صغيرة وأهداب.

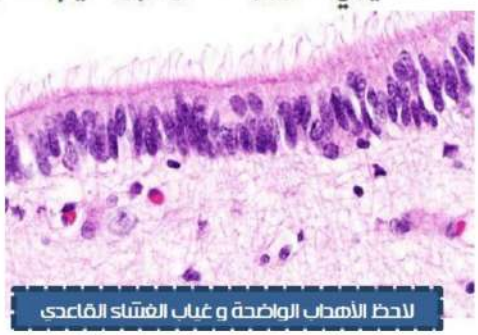
✓ وفي الجانب القاعدي منها تظهر لها استطالات تتقاطع مع استطالات الخلايا النجمية Astrocytes الموجودة في المنطقة تحت البطانة العصبية Subependymal أو Subventricular zone . وتتصل هذه الخلايا مع بعضها بمعقدات التصاق ظهارية (نفس المعقدات التي تصل الخلايا الظهارية مع بعضها).

✓ الكثافة النسبية للأهداب وطول الخلايا البطانية تختلف حسب الموقع التشريحي، وكلاهما ينقص مع التقدم بالعمر.

- **وظيفتها:**

تقوم بالحماية (وخاصة للضفائر المشيماوية)، وتشكل جزءاً من السائل الدماغي الشوكي CSF Cerebrospinal Fluid وتساعد في دورانه و تعمل كحاجز Barrier، يعتبر البعض أنها غير نفوذة إلا أنها نفوذة Permeable تسمح بالتبادل بين السائل الدماغي الشوكي والسائل النسيجي الموجود ضمن البرانشيم العصبي.





الضفيرة المشيماوية Choroid plexus

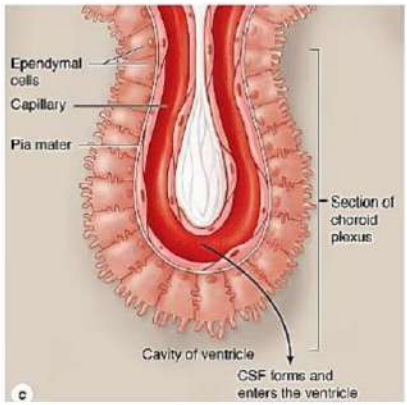
✓ هي عبارة عن اندفاعات من السحايا الرقيقة (leptomeninges) الأم الحنون pia meter ، داخل البطينات (الثالث والرابع والجانبيان).

✓ وتكون هذه الاندفاعات على شكل جدائل أو سعف fronds من النسج الضامة الرخوة الغنية بالشعيرات الدموية محاطة أو مغطاة بظهارة الخلايا البطانية العصبية **المعدلة** modifided (معدلة لتكون ظهارة مفرزة بشكل عال).

✓ تدخل (تنسل) هذه الطيات fronds عبر ثقوب من الأم الحنون إلى البطينات.

الوظيفة:

1. وتكون مسؤولة عن إفراز السائل الدماغي الشوكي CSF، الذي يقدم دعم ميكانيكي، ويشكل طريق لبعض المواد الغذائية، كما يقو بإزالة المواد الناتجة عن عمل المشبك والعمليات الاستقلابية، ويلعب دور بالتأشير الهرموني (الإشارات الهرمونية).
2. يكون الوصل بين الخلايا من النمط Tight junction، وهذا الذي لا يسمح بعبور المواد بين الخلايا فهي تشكل Barrier حاجز بين السائل النسيجي العصبي والسائل الدماغي الشوكي، ولكي يحصل التبادل بين السائل النسيجي العصبي والسائل الدماغي الشوكي يجب على جميع المواد أن تعبرها **(أي تمر عبر الخلايا وليس بينها)**.
3. تلعب دوراً في إنتاج العديد من عوامل النمو متضمناً العامل الشبيه بالأنسولين Insulin-like، عامل نمو الأورمات الليفية Fibroblast ، وعامل نمو المشتق الصفائحي Platelet-derived growth factors.

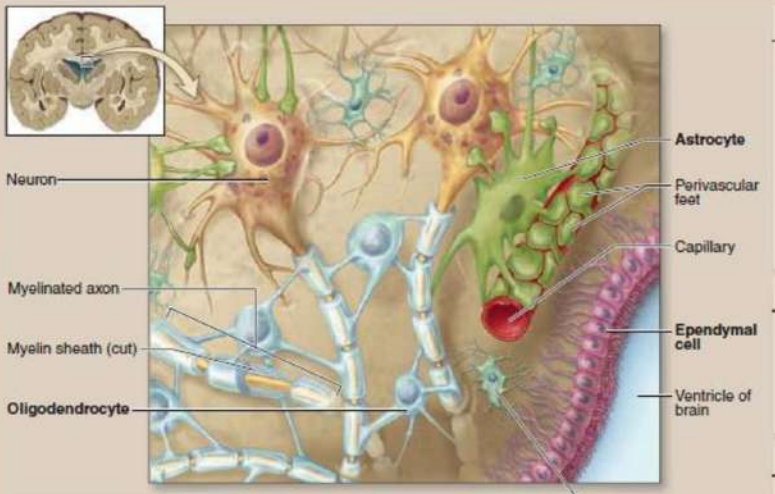


صورة ترسيمية
للضفيرة المشيماوية

Glial Cell Type	Origin	Location	Main Functions
Oligodendrocyte	Neural tube	CNS	Myelin production, electrical insulation
Astrocyte	Neural tube	CNS	Structural and metabolic support of neurons, especially at synapses; repair processes
Ependymal cell	Neural tube	Line ventricles and central canal of CNS	Aid production and movement of CSF
Microglia	Bone marrow (monocytes)	CNS	Defense and immune-related activities
Schwann cell	Neural crest	Peripheral nerves	Myelin production, electrical insulation
Satellite cells (of ganglia)	Neural crest	Peripheral ganglia	Structural and metabolic support for neuronal cell bodies

التطبيق الطبي:

معظم أورام الدماغ هي Astrocytomas مشتقة من الخلايا النجمية الليفية.



Functions of Astrocyte

1. Helps form the blood-brain barrier
2. Regulates interstitial fluid composition
3. Provides structural support and organization to the central nervous system (CNS)
4. Assists with neuronal development
5. Replicates to occupy space of dying neurons

Functions of Ependymal Cell

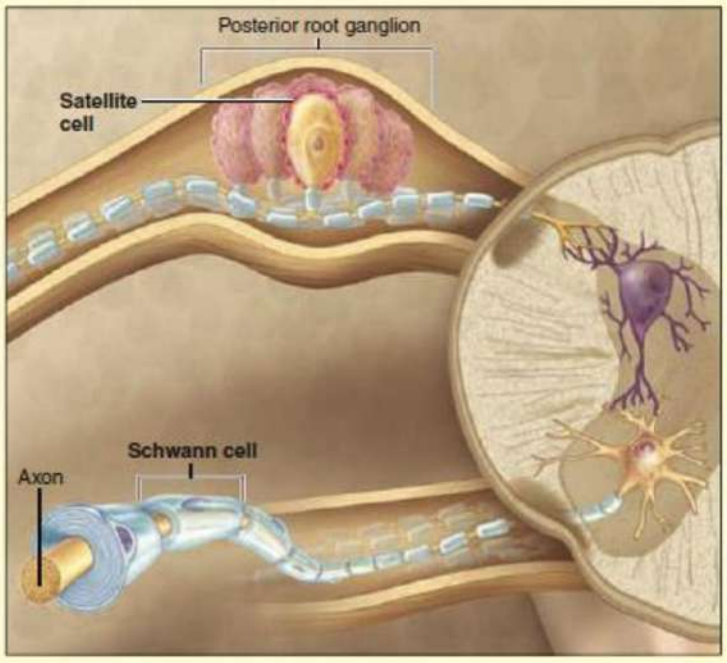
1. Lines ventricles of brain and central canal of spinal cord
2. Assists in production and circulation of cerebrospinal fluid (CSF)

Functions of Microglial Cell

1. Phagocytic cells that move through the CNS
2. Protects the CNS by engulfing infectious agents and other potential harmful substances

Functions of Oligodendrocyte

1. Myelinates and insulates CNS axons
2. Allows faster action potential propagation along axons in the CNS



Functions of Satellite Cell

1. Electrically insulates PNS cell bodies.
2. Regulates nutrient and waste exchange for cell bodies in ganglia

Functions of Neurolemmocyte

1. Surround and insulate PNS axons and myelinate those having large diameters
2. Allows for faster action potential propagation along an axon in the PNS