الجهاز العصبي NERVOUS SYSTEM

تصنيف الجهاز العصبي

تشريحيّاً Anatomically

يُصنّف الجهاز العصبي تشريحيًا إلى:

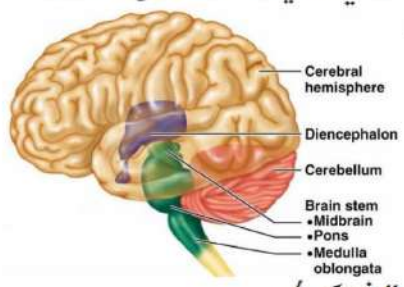
1- جهاز عصبي مركزي Central Nervous System (CNS): ويتألف من الدماغ والنخاع الشوكي.

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

وظيفيّاً Functionally

الجهاز العصبي المركزي CENTRAL NERVOUS SYSTEM

- تتكون الجملة العصبية المركزية CNS من الدماغ Brain والنخاع الشوكي Spinal Cord.
- تحاط الجملة العصبية المركزية CNS بثلاثة أغشية من النسيج الضام الرخو تدعى بالسحايا Meninges.
- تطفو الجملة العصبية المركزية ضمن السائل الدماغي الشوكي الذي يشغل الفراغ الموجود بين الطبقتين الداخليتين (الغشاء العنكبوتي والأم الحنون).

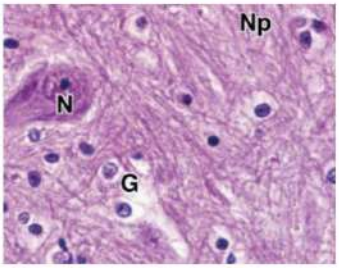


الدماغ Brain

يتألف الدماغ من:

1. المخ Cerebrum.
2. المخيخ Cerebellum.
3. جذع الدماغ Brain Stem (الذي يتمادى مع النخاع الشوكي).

المادة الرمادية:



- يتكون قشر المخ وقشر المخيخ من المادة الرمادية Gray Matter.
- تتكون المادة الرمادية (القشر) من:
  1. أجسام العصبونات Nerve Cell Bodies.
  2. محاوير إسطوانية عديمة النخاعين Unmyelinated Axons.
  3. الاستطالات الهيولية للخلايا العصبية (التغصنات) Dendrites.
  4. خلايا الدبق العصبي المركزية Central Glial Cells.

إن الشبكة الموجودة في المادة الرمادية والمكونة من المحاوير الإسطوانية والاستطالات الهيولية Dendrites لكل من العصبونات وخلايا الدبق العصبي، تُدعى بالـ Neuropil (اللبد العصبي).

المادة البيضاء:

- تتكون من المحايور الإسطوانية المغمدة بالنخاعين Myelinated Axons وما يرافقها من خلايا الدبق العصبي Glial Cells، والأوعية الدموية.
- تجتمع المحاوير القادمة من منطقة معينة (أو الذاهبة إلى منقطة معينة) على شكل حزم، وهذه الحزم تشكل السبل الصاعدة والسبل النازلة Tracts، تطلق على هذه السبل أسماء معينة حسب الحالة الوظيفية لها

المخ Cerebrum

القشرة Cortex

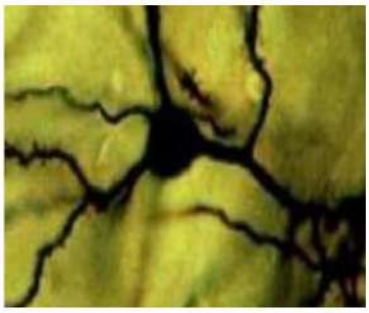
- تبلغ مساحة سطح قشرة المخ حوالي 2200 cm^2 (مما يدل على التلافيف الكثيرة في قشرة المخ) و تكون:
  - حوالي 1\3 منها موجودة في الطبقة السطحية.
  - حوالي 2\3 منها مخبأ بين أتلام و تلافيف المخ.
- ثخانة قشر المخ 1.5mm في المناطق الحسية و 4.5 mm في المناطق الحركية.
- يقدر عدد العصبونات فيها بحوالي (10- 15) مليار خلية عصبية مقابل حوالي 50 مليار خلية دبق عصبي.
- تزن قشرة الدماغ (المادة الرمادية) حوالي 600 غ (180 g عصبونات و 420 g دبق عصبي) أي ما يقارب 40% من وزن الدماغ.

أنماط العصبونات الموجودة في قشر المخ

الخلايا الهرمية Pyramidal Cells:

- توجد في جميع طبقات قشر المخ (ما عدا الطبقة الأولى).
- تشكل **القسم الأعظم من القشر الحركي**، فجميع طبقات القشر الحركي تحوي على خلايا هرمية.
- تشكل الخلايا الهرمية السبيل الهرمي المسؤول عن **الحركات الارادية**.

تقسم الخلايا الهرمية إلى ثلاثة أنواع **حسب حجمها**، حيث يزداد حجم الخلايا الهرمية بشكل تدريجي من الخارج نحو الداخل.



الخلايا الهرمية الصغيرة
Small size
الخلايا الهرمية متوسطة الحجم
Medium size
الخلايا الهرمية العملاقة (الخلايا العقدية)
large size (Betz Pyramidal cells)

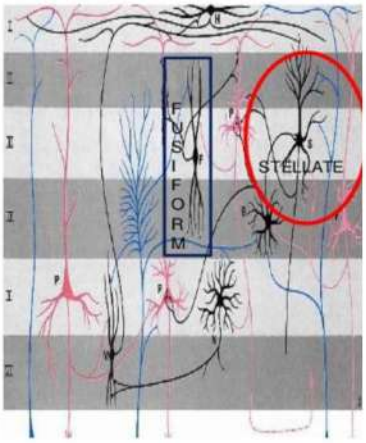
- تظهر الخلايا الهرمية نسيجياً على شكل مقطع مثلثي تصدر من **رؤوسه (أي من الزوايا)** الاستطالات الهيولية، ويخرج المحوار من **قاعدته Base**.

الخلايا النجمية Stellate cells:

- تدعى أيضاً بـ **(الخلايا الحبيبية Granular Cells)**.
- هي خلايا صغيرة حجمها أصغر من 10 µ.
- تشكل **القسم الأعظم من القشر الحسي**.
- هي العصبونات البينية Interneuron الرئيسية الموجودة في قشر المخ، أغلبها متعددة الأقطاب multipolar، تلعب دوراً هاماً في **تثبيط القشر Inhibitor of cortex**، و يمكن أن تلعب دوراً **تنشيطياً Exhibitor أيضاً** في بعض الأحيان .
- تتواجد الخلايا الحبيبية بأنماط متعددة من حيث الشكل.

الخلايا المغزلية Fusiform Cells:

- تأخذ شكلاً مغزلياً Spindle.
- وظيفتها تشبه وظيفة الخلايا الهرمية، ولذلك يُطلق عليها أيضاً اسم **الخلايا الهرمية المتبدلة**.



- يكثر وجودها في الطبقة **السادسة**.
- تكون الخلايا المغزلية موجهة بزوايا **قائمة** على قشرة المخ (تكون عمودية على القشر).
- كما تكون **محاوير** هذه الخلايا جانبية التوضع، وتسير محازيةً استطالات الخلايا الهرمية، أما **الاستطالات الهيولية** Dendrites فتمتد من قطبي (نهايتي) هذه العصبونات.

خلايا كاجال Retzius Cajal Cells:

- تدعى أيضاً بـ **(الخلايا الأفقية Horizontal Cells)**.
- هي خلايا صغيرة، لها شكل مغزلي.
- تلعب دوراً مهماً في مراحل التشكل الأولى، حيث تفرز **الريلين reelin** الذي يسهم في تطور وتمايز العصبونات في مراحل التشكل الأولى.
- تعد الخلايا الأقل تواجداً في قشر المخ، حيث يختفي معظمها بعد الولادة.
- أغلبها تكون من النمط **المثبط Inhibitor**.
- توجد **حصراً** في الطبقة الذرية (الطبقة الأولى) من قشر المخ.
- يأخذ محوارها شكلاً أفقياً موازياً للسطح الخارجي للقشر المخي، يتقاطع (يتشابك) مع استطالات الخلايا الهرمية فيسهم في تثبيط هذه الخلايا (لاحظ الصورة في الصفحة التالية).
- استطالاتها تمتد من الجانبين.

خلايا مارتينوتي Martinotti Cells:

- خلايا صغيرة، مضلعة الشكل، متعددة الأقطاب multipolar.
- توجد في الطبقات **العميقة** من قشر المخ.
- استطالاتها الهيولية قصيرة، قليلة العدد.
- محوارها يصعد نحو الأعلى ويتشعب، ليلتقي في المنطقة الذرية مع استطالات الخلايا الأخرى (مثل الخلايا الهرمية).
- تقوم هذه العصبونات **بتثبيط** عمل الخلايا الهرمية في حالة فرط الاستثارة Overexcited، حيث تقوم خلايا مارتينوتي بإفراز **السوماتوستاتين somatostatin** الذي يلعب دوراً تثبيطياً هاماً.

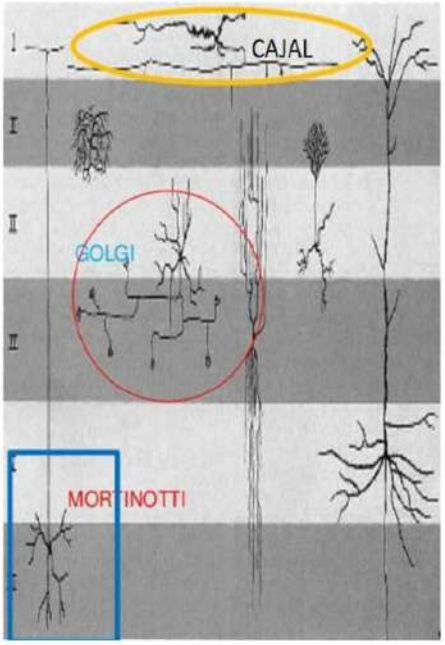
خلايا كولجي 2 (Golgi Type II cells):

- محاوير هذه الخلايا واستطالاتها قصيرة لا تخرج من حدود المادة الرمادية.

صورة ترسيمية توضح توضع كل من خلايا كاجال وخلايا غولجي 2 وخلايا مارتينوتي.

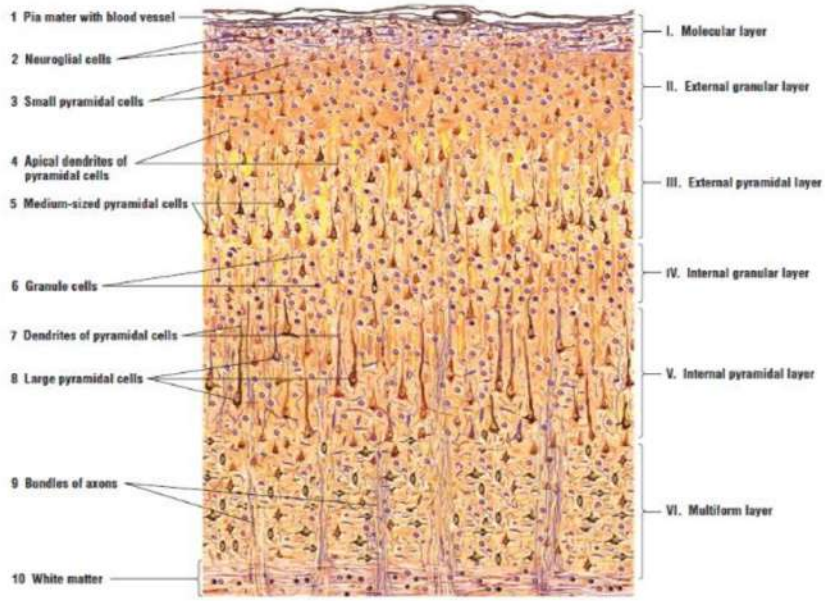
لاحظ توضع خلايا كاجال في الطبقة الذرية، وامتداد محاوير مارتينوتي إلى الطبقة الذرية.

لاحظ توضع كامل خلايا غولجي 2 في قشر المخ (حيث أن محوارها واستطالاتها القصيرة لا يخرجان خارج حدود طبقات القشر)



طبقات قشر المخ

- يغطي القشر من الخارج **غشاء الأم الحنون Pia matter**، ثم تبدأ تحته طبقات القشر بدءاً من الطبقة الذرية الأولى (وهي الطبقة الأكثر سطحيةً).
- طبقات قشر المخ عبارة عن ست طبقات، تقسم إلى ثلاث طبقات سطحية ندعوها **بالطبقات الخارجية Outer layers**، وثلاث طبقات عميقة ندعوها **بالطبقات الداخلية Inner layers**.



الطبقات الخارجية Outer layers

هي من الخارج نحو الداخل:

1. الطبقة الذرية (الجزيئية) الخارجية Outer Molecular Layer.
2. الطبقة الحبيبية الخارجية Outer Granular Layer.
3. الطبقة الهرمية الخارجية Outer Pyramidal Layer.

1. الطبقة الذرية الخارجية Outer Molecular layer:

- تلي الأم الحنون مباشرةً.
- تُدعى بالطبقة الذرية (الجزيئية) نظراً لقلة أجسام الخلايا العصبية مقارنةً مع الاستطالات والمحاوير الإسطوانية.
- تدعى أيضاً بالطبقة الضفائرية Plexiform layer، وذلك لأن كل الاستطالات والمحاوير الإسطوانية تصل إلى هذه الطبقة وتشكل مشابك فيما بينها، فتتشكل بنية تشبه الضفيرة.
- تتضمن هذه الطبقة:
  - ✓ خلايا أفقية (خلايا كاجال) Horizontal or Cajal Cells.
  - ✓ خلايا كولجي 2 (Golgi Type II Cells).
  - ✓ استطالات كل من الخلايا الهرمية والخلايا مغزلية وخلايا مارتينوتي (Dendritic of Pyramidal & Fusiform & Martinotti).

2. الطبقة الحبيبية الخارجية Outer Granular layer:

- تتضمن هذه الطبقة:
  - ✓ خلايا هرمية صغيرة Small Pyramidal Cells.
  - ✓ خلايا نجمية (حبيبية) Stellate Cells.
  - ✓ استطالات ومحاوير الخلايا الواقعة في الطبقات الأدنى والصاعدة إلى الطبقة الذريّة (والتي تشكل تجمعات).

3. الطبقة الهرمية الخارجية Outer pyramidal layer:

- تتضمن هذه الطبقة:
  - ✓ خلايا هرمية كبيرة ومتوسطة Medium and Large Pyramidal Cells.
  - ✓ عدد قليل من الخلايا النجمية (الحبيبية) Stellate Cells.
  - ✓ استطالات ومحاوير الخلايا الموجودة في الطبقات الداخلية والصاعدة إلى الطبقة الذريّة.

الطبقات الداخلية Inner layers

1. طبقة الخلايا الحبيبية الداخلية Inner Granular layer:

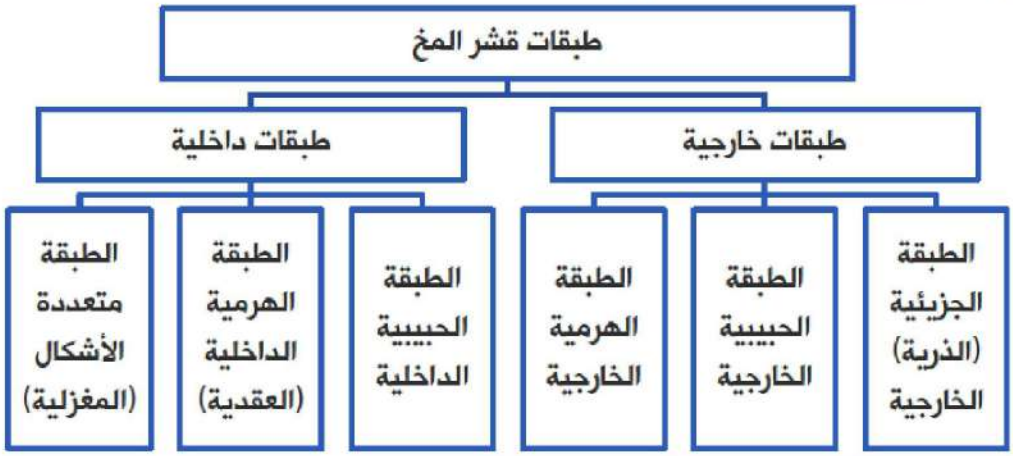
- تكثر فيها الخلايا الحبيبية (النجمية) Stellate cells.
- تحوي كذلك الكثير من الألياف العصبية الأفقية (العرضية) التي تشكل ما يسمى حزمة بايارجر الخارجية Outer band of Baillarger.

2. الطبقة الهرمية الداخلية (العقدية) Inner Pyramidal / Ganglionic layer:

- تضم خلايا هرمية كبيرة والتي تسمى **الخلايا العملاقة أو العقدية Betz cells**.
- كما تضم القليل من الخلايا النجمية Stellate cells.
- بالإضافة للاستطالات الهيولية والمحاوير الصاعدة نحو الأعلى.
- كما توجد الألياف الأفقية التي تشكل حزمة بايارجر الداخلية Inner band of Baillarger.

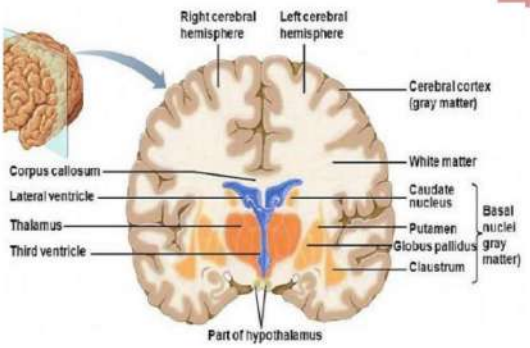
3. طبقة الخلايا متعددة الأشكال أو طبقة الخلايا المغزلية Multiform layer/ Fusiform cells:

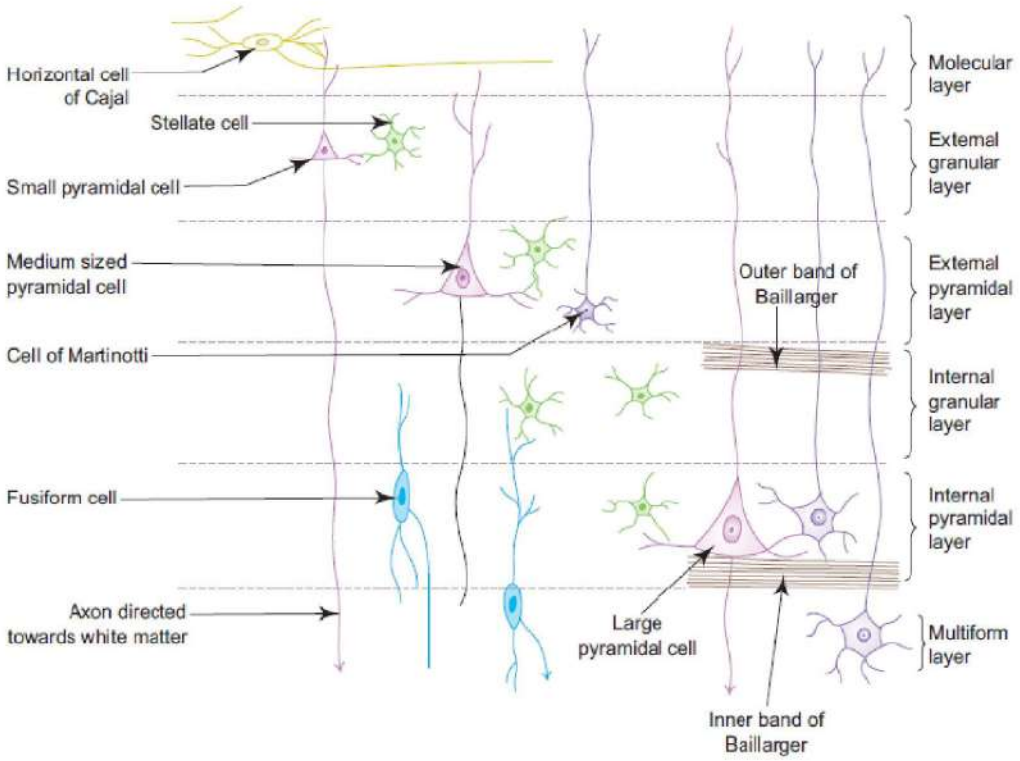
- تضم خلايا لها شكل مغزلي Spindle shaped cells.
- سميت بالطبقة متعددة الأشكال لأنها تضم أكثر من نمط من الخلايا العصبية (حبيبية "نجمية"، مغزلية، هرمية).
- كما تضم الاستطالات الهيولية ومحاوير عصبية صاعدة وأخرى نازلة.
- وإلى الأسفل من هذه الطبقة الأخيرة تظهر المادة البيضاء.



المادة البيضاء White Matter:

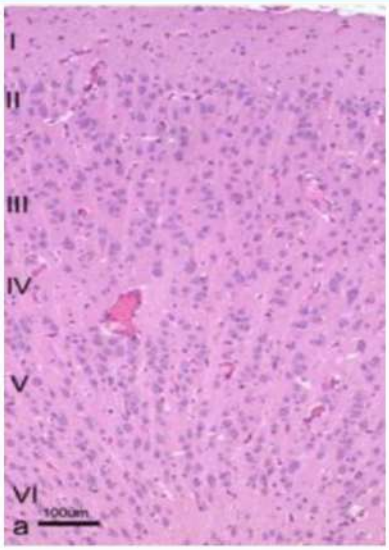
محاوير عصبية مغمدة بالنخاعين بمعظمها (بعضها غير مغمد بالنخاعين) ترتبط مع بعضها البعض وظيفياً لتشكل سبل تربط بين قشر الدماغ و البنى العصبية السفلية.





صور ترسيمية توضح طبقات قشر المخ والخلايا التي تحتويها

نستطيع من توزع الخلايا الموجودة في المقطع النسيجي للقشر، أن نحدد نوع القشر حبيبي أم لا حبيبي (حسي أم محرك).



أمراض قشر المخ Diseases of Cerebral Cortex

مرض الزهايمر Alzheimer's disease أو لويحات الخرف Senile plaques:

ينتج بسبب تشكل حبائك عصبية ليفية Neurofibrillary tangles. (تشابكات من الألياف العصبية والعصبونات الميتة والتي تتكدس في قشر المخ).

خرف جسم لوي Lewy body dementia:

نتيجة تراكم زائد للمكتنفات Inclusions (وخاصةً الليبوفوسين) في قشر المخ.

مرض هنتنغتون Huntington's disease:

نتيجة تراكم المكتنفات الحاوية للبولي غلوتامين Inclusions containing Polyglutamine.

الخرف الوعائي Vascular dementia:

تحصل زيادة في الأوعية الدموية للجملة العصبية المركزية، مما يؤدي إلى زيادة المشاكل، وبشكل أساسي حدوث العديد من الاحتشاءات الدماغية Multiple cerebral infarcts.

الأورام Neoplasma:

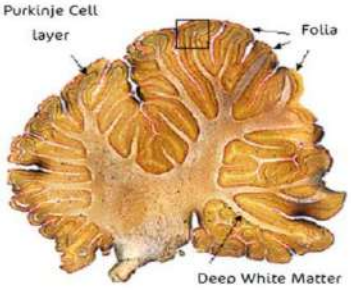
وخاصةً الورم النجمي Astrocytoma وورم الخلايا قليلة الاستطالات Oligodendrocytoma

مرض بيك Pick's disease أو اعتلال تاو Tau-pathie أو مرض بريون Prion disease:

حيث ينجم عن بروتين موجود في لحوم البقر هو بروتين بريون Prion.

المخيخ Cerebellum

- يشكل حوالي 11٪ من الكتلة الإجمالية للدماغ.
- يقع أسفل نصفي الكرة المخية، خلف الجسر Pons والبصلة السيسائية Medulla.
- مسؤوول عن **التنسيق الحركي** للعضلات الملساء: أي مسؤول عن تأمين التوقيت الدقيق Precise timing (أو الزمن الحركي Motor timing سواءً للعضلات الملساء أو العضلات الإرادية أيضاً)، وتأمين **التقلص السلس والمتناسق Coordinated** للعضلات الملساء.
- يمارس وظائفه في المستوى **اللارادي (اللاشعوري) Subconsciously**.



في الصورة مقطع تشريحي (أكثر من كونه نسيجياً) للمخيخ نلاحظ فيه العديد من الوريقات Folia.
إن القشرة المخيخية تحتوي خلايا بوركنج التي تكون كبيرة ومتفرعة بشكل كبير، بحيث تعطي استطالات ممتدة تستطيع أن تستقبل وترتبط مع حوالي 200,000 مشبك.
بالداخل (اللب Medulla) نلاحظ المادة البيضاء التي تأخذ شكلاً متفرّعاً يشبه الشجرة، ولذلك يطلق عليها اسم "شجرة الحياة Arbor vitae".

الخلايا الموجودة:

1. الخلايا الحبيبية Granule Cells (الخلايا النجمية Stellate Cells) وتلعب بواسطة استطالاتها إما دوراً مثبطاً أو دوراً منشطاً.
2. خلايا بوركنج Purkinje Cells.
3. خلايا غولجي Golgi Cells.
4. الخلايا السلية Basket Cells.

قشر المخيخ Cerebellar cortex

تتألف من ثلاث طبقات مميزة:

1. طبقة جزيئية (ذرية) خارجية Outer Molecular layer:

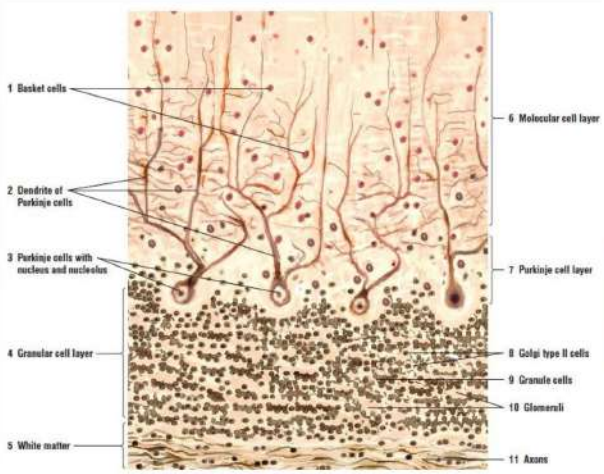
- يطلق عليها أيضاً اسم الطبقة الضفائرية Plexiform.
- قليلة الخلايا hypocellular، تحوي نوعين من الخلايا التي تكون قليلة العدد:
  1. خلايا نجمية سطحية Superficially stellate cells.
  2. خلايا نجمية أعمق تعرف بالخلايا السلية Basket cells (استطالات الخلايا السلية تنتهي بجوار استطالات خلايا بوركنج تقريباً).
- تنتهي إلى هذه الطبقة الكثير من التغصنات التي تشكل الكثير من المشابك، وتشكل شبكة مع تغصنات خلايا بوركنج، كما نجد الألياف المتسلقة Climbing fibers في هذه الطبقة.
- كما تحوي محاوير متجمعة بكثافة تكون موازية للسطح.

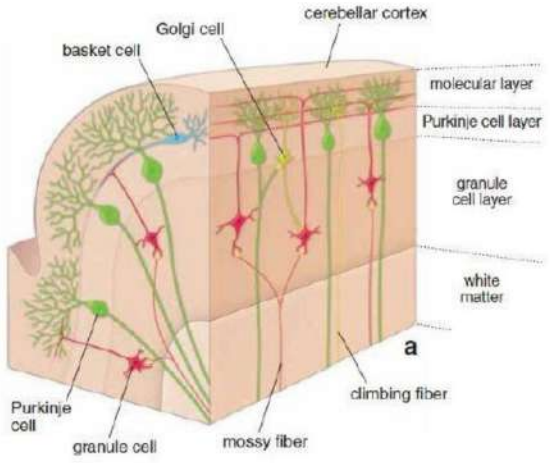
2. طبقة متوسطة Intermediate layer أو طبقة بوركنج Purkinje layer:

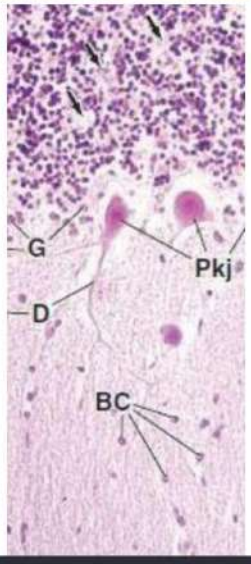
- تحوي طبقة وحيدة من خلايا بوركنج (أو الخلايا العقدية) single-cell, thick purkinje cell.
- تصدر من خلايا بوركنج شبكة واسعة جداً من الاستطالات الهيولية التي تنتهي في مستوى الطبقة الذرية، فتتشابك مع تشعبات محاور الخلايا الحبيبية في هذا المستوى.
- أما محاور خلايا بوركنج فتتجه نحو النوى العميقة للمخيخ عابرة خلال الطبقة الحبيبية، (وتمارس تأثير مثبطاً على النوى).

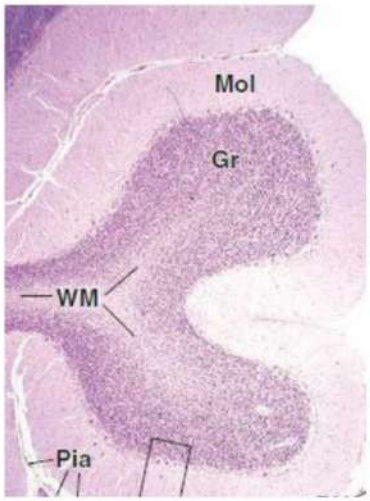
3. طبقة عميقة حبيبية Deep granular layer:

- تحوي الكثير من الخلايا الحبيبية hypercellular granular cell، التي تكون متجمعة بإحكام، وتتلقى المعلومات من ألياف موسي.
- حيث أن ألياف موسي لا تكوّن مشابك مباشرة مع خلايا بوركنج، وإنما تشكل مشابك مع الخلايا الحبيبية، ومن ثم تتجه محاوير الخلايا الحبيبية نحو الأعلى إلى الطبقة الذرية فتتغصن وتشكل الألياف المتوازية، والتي بدورها تشكل مشابك عديدة جداً مع تغصنات خلايا بوركنج وكذلك مع تغصنات خلايا غولجي II.
- حيث تظهر خلايا غولجي II في هذه الطبقة.



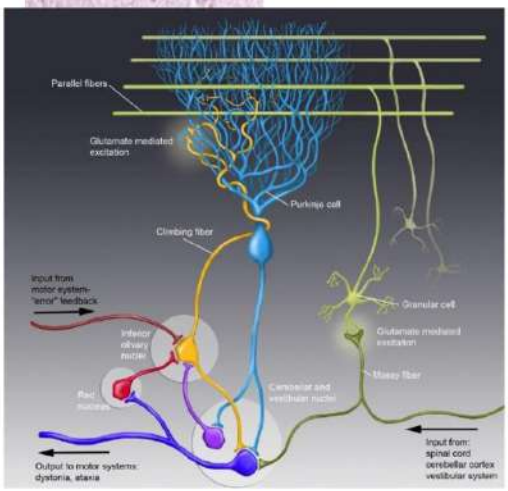






مقطع نسيجي تظهر فيه وريقة من المخيخ، ونشاهد فيهما الطبقة الذرية أو الجزيئية (Mol)، الطبقة الحبيبية (Gr)وعلى الحدود بينهما طبقة بوركنج، وفي الداخل المادة البيضاء (WM).

الخلايا السلية (BC)
خلايا بوركنج (Pkj)



تنتهي في قشر المخيخ ألياف عصبية كثيرة قادمة من خارجه (ألياف موسي، والألياف المتسلقة)، تفقد الألياف الواردة غمدها النخاعيني حال دخولها القشر.

ألياف موسي Mossy Fibers: تتشابك بشكل غير مباشر مع خلايا بوركنج، تتواسطه الخلايا الحبيبية.

الألياف المتسلقة Climbing fibers: تتشابك مع خلايا بوركنج بشكل مباشر.

المادة البيضاء White Matter:

- تتركب من **ألياف عصبية** يتخللها بعض النوى المبعثرة كالنواة المسننة والكروية والسقفية.
- تكون الألياف العصبية من نوع **الالتقائية** و**المشاركة** فتصل الألياف المشاركة أقسام المخيخ بعضها مع بعض كما تصل الألياف الالتقائية أقسام المخيخ بالمخ والجذع الدماغي والنخاع الشوكي وهي من نوع الصادر والوارد.

النخاع الشوكي Spinal Cord

- النخاع الشوكي أحد أجزاء الجهاز العصبي المركزي، يُحاط بالسحايا ويسكن ضمن القناة الفقرية.
- للنخاع الشوكي بنية إسطوانية، يستمر مباشرة من أسفل جذع الدماغ، طوله حوالي 18 in وقطره حوالي 0.5 in.
- مكوّن من **31 شدفة (قطعة) segment** (8 رقبية Cervical، 12 صدرية Thoraces، 5 قطنية Lumber، 5 عجزية Sacral، 1 عصعصية Coccygeal).
- يخرج من كل شدفة segment شفع من الأعصاب، تسمى هذه الأعصاب **بالأعصاب الشوكية**، وترتبط مع النخاع **بجذرين** جذر بطني "أمامي" (Ventral "anterior" root) وجذر ظهري "خلفي" (Dorsal "posterior" root).
- **تذكر:** نلاحظ في مقطع عرضي للنخاع (ثلم أمامي، ثلم خلفي، المادة الرمادية تشكل "قرنان أماميان، قرنان خلفيان، قرنان جانبيان" بالإضافة لستة حبال "أعمدة، سبل" من المادة البيضاء، وفي المركز نجد قناة السيساء).

↙ يتميز الجذر الخلفي الذي يصدر من شدفة النخاع الشوكي بوجود عقدة Ganglia، تتوضع فيها أجسام **العصبونات الحسية Sensory Neurons**، وهي عبارة عن عصبونات من النوع وحيدة القطب الكاذبة، كما تعد عصبونات واردة Afferent فهي تتلقى النبضات القادمة من المحيط.

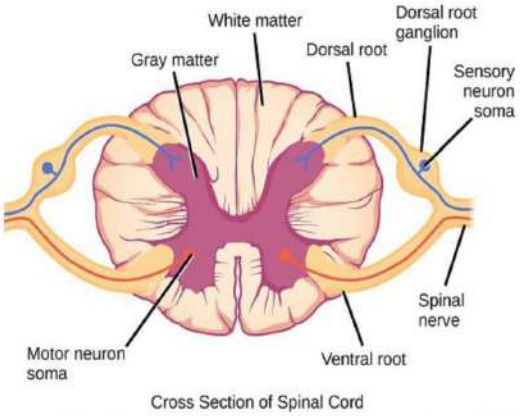
↙ أما **العصبونات المحركة Motor Neurons** التي تعصب العضلات المخططة، فتتوضع في القرن الأمامي (البطني) للمادة الرمادية في النخاع الشوكي، وتدعى هذه العصبونات أيضاً **بخلايا القرن الأمامي anterior horn cells**، وهي عصبونات كبيرة الحجم تظهر بوضوح بالمحضرات النسيجية التقليدية قاعدية التلون، وتعد عصبونات صادرة Efferent، فهي تنقل الأوامر من الجملة العصبية المركزية CNS.

المادة البيضاء والمادة الرمادية ضمن النخاع الشوكي

تتوضع **المادة الرمادية** ضمن النخاع الشوكي بالمركز تقريباً حيث تحيط بالقناة المركزية (قناة السيساء) بشكل حرف H (أو شكل فراشة)، بينما تكون **المادة البيضاء** محيطية التوضع "بعكس المخ والمخيخ".

المادة الرمادية في النخاع الشوكي:

- تحتوي على أجسام العصبونات وتغصناتها، بالإضافة لمحاوير (غير مغمدة بالنخاعين)، وخلايا دبق عصبي.
- إن تجمعات أجسام الخلايا العصبية ضمن المادة الرمادية للنخاع الشوكي، تُشكل بنى وظيفية تسمى **بالنوى العصبية nuclei**.



Cross Section of Spinal Cord

للمادة الرمادية 4 قرون: قرنين أماميين عريضين و قصيرين، و قرنين خلفيين ضيقين و طويلين.

كما يخترق المادة البيضاء المحيطية ثلمين: ثلم أمامي عريض و قليل العمق، و ثلم خلفي ضيق و عميق.

صنفت أجسام العصبونات التي تحويها المادة الرمادية للنخاع الشوكي كالتالي:

- في القرن الأمامي: عصبونات حركية جسدية somatic motor neurons.
- في القرن الخلفي: تتألف من عصبونات بينية interneurons.
- في القرن الجانبي: تظهر فقط في الأجزاء الصدرية والقطنية العلوية للنخاع الشوكي، حيث يكون القرن الجانبي غني بالعقد الودية وشبه الودية، (ومنه لها دور يتعلق بالوظائف اللاإرادية).

✓ القرن الخلفي: يحوي عصبونات من إحدى النمطين إما حسية جسدية (sensory somatic) أو حسية حشوية (visceral sensory).

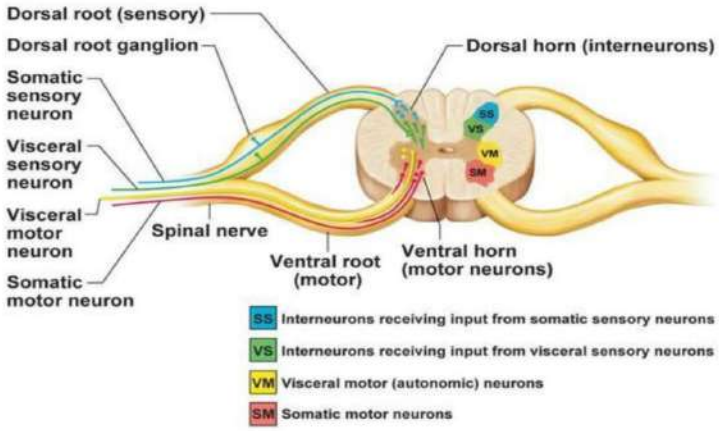
✓ القرن الجانبي: توجد فيه النواة الودية وشبه الودية والعصبونات المحركة للعضلات الملساء الحشوية.

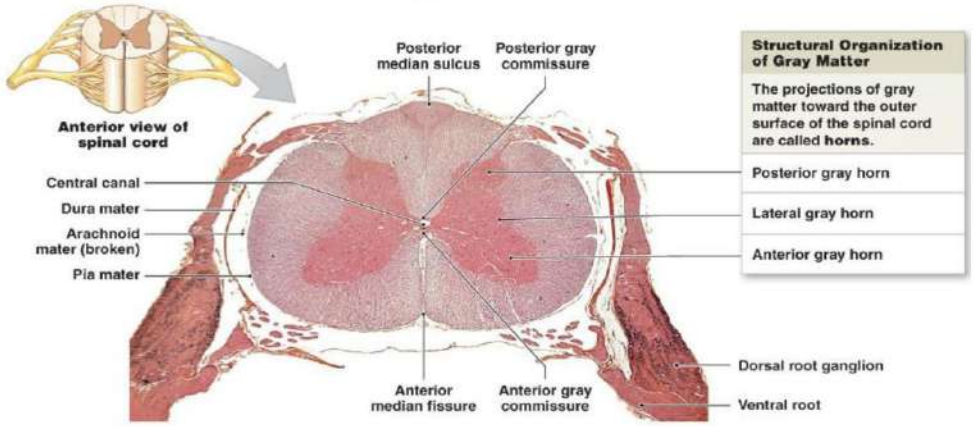
✓ القرن الأمامي: يتميز بوجود العصبونات النجمية المحركة الضخمة.

✓ القسم المستعرض من المادة الرمادية transverse، وهو يصل بين قسمي المادة الرمادية في النخاع الشوكي، ويسمى **بالملتقى أو الواصل الرمادي Gray Commissure**.

المادة البيضاء في النخاع الشوكي:

- ✓ توضعها محيطي، تتألف من ألياف تشكل أعمدة columns أو مسارات tracks، منها صاعدة حسية إلى المراكز العليا، أو نازلة (من الخلايا الهرمية في المخ أو من خلايا أخرى).
- ✓ المحاور العصبية المشكلة للمادة البيضاء تكون إما مغمدة بالنخاعين أو غير مغمدة، كما تحوي المادة البيضاء على الخلايا الدبقية قليلة التغصنات oligodendrocytes، وبعض الخلايا الكوكبية والخلايا الصغيرة.



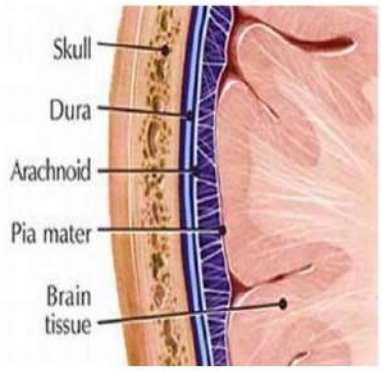


مقطع نسيجي عرضي في النخاع الشوكي، نجد فيه:

1. الثلم الأمامي والخلفي.
2. المادة الرمادية المكونة من قرنين أماميين وقرنين خلفيين وقرنين جانبيين.
3. تظهر القناة المركزية (قناة السيسماء) في المركز.
4. كما نجد المادة البيضاء تتألف من محاور إسطوانية على طول النخاع.
5. عصب شوكي مؤلف من جذر خلفي عليه عقدة شوكية حسي وجذر أمامي حركي (فالعصب الشوكي خليط من ألياف عصبية حركية وحسية).
6. الواصل أو الملتقى الرمادي Gray commissure ويتألف من محاور عصبية تدخل ضمن النخاع.

السحايا Meninges

تشكل السحايا ثلاث طبقات من نسيج ضام Connective Tissue، تحيط بالجهاز العصبي المركزي، وتتباين طبقات السحايا من حيث البنية، وهذه الطبقات هي:

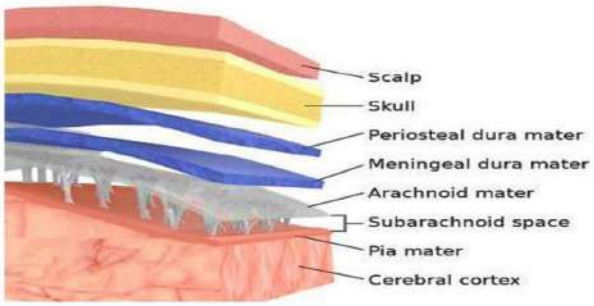


- الام الجافية (Dura Mater)
- العنكبوت (Arachnoid)
- الام الحنون (Pia Mater)

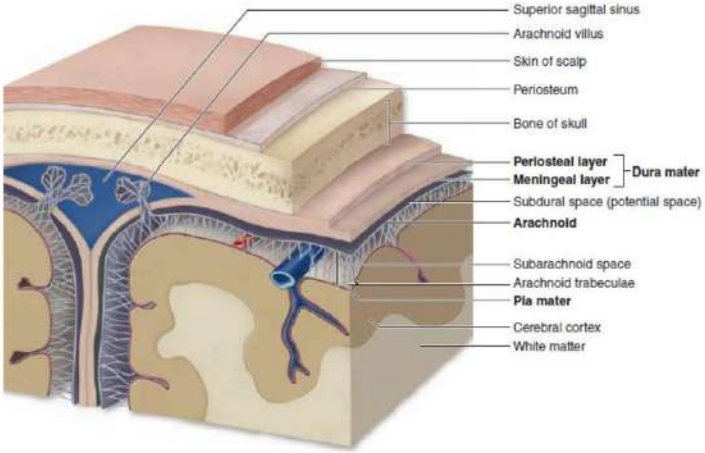
كما نميز:

مسافة تحت الأم الجافية Subdural Space

مسافة تحت الغشاء العنكبوتي Subarachnoid Space **و التي تمتلئ بالسائل الدماغي الشوكي CSF**



الأم الجافية Dura Mater



- تتكون من **نسيج ضام كثيف** تحتوي على طبقتين :

- **طبقة سمحاقية Periosteum Layer** (مولدة للعظم Oesteogenic) تستمر مع سمحاق العظم للجمجمة.

- **طبقة سحائية داخلية Inner Meningeal layer:** تحيط بالدماغ والنخاع الشوكي.

- **تستمر** الأم الجافية مع **سمحاق العظم للقحف**، ولكنها **تنفصل عن سمحاق عظم الفقرات**، تساعد هذه المسافة على حماية النخاع الشوكي عند حركة العمود الفقري.

- **تنفصل** الأم الجافية عن العنكبوت بمسافة ضيقة يملؤها السائل الدماغي الشوكي وتعرف **بالمسافة تحت الأم الجافية** Subdural space.
- يتم **ثقب** الطبقة السحائية بواسطة الأوردة القادمة من الدماغ وبواسطة **الزغابات العنكبوتية**.

الأم العنكبوتية Arachnoid Mater:

- الطبقة المتوسطة بين طبقات السحايا.
- يتكون معظم الغشاء العنبكوتي من خلايا تدعى بالخلايا العنكبوتية، وتشكل بعض الخلايا العنكبوتية عوارض (Arachnoid trabeculae)، وهي عبارة عن خيوط دقيقة يتصل العنكبوت بواسطتها مع طبقة الأم الحنون، تترك فيما بينها فراغات spaces تحتوي على **السائل الدماغي الشوكي CSF**، كما نجد العديد من الأوعية الدموية.
- يندفع من الغشاء العنكبوتي عدد كبير من الزغابات باتجاه جيب الجافية Dura sinus، تدعى بالزغابات العنكبوتية Arachnoid Villous تؤمن التماس بين السائل الدماغي الشوكي CSF والدم لتحصل عملية التبادل Exchange.

الأم الحنون Pia mater:

- هي الطبقة الأعمق والأكثر حساسية.
- تتكون من نسيج ضام رخو، غني بالشعيرات الدموية، تلتصق بشدة بالدماغ والنخاع الشوكي.
- تتوضع تحتها ظهارة، وعلى الغشاء القاعدي لهذه الظهارة تستند أقدام الخلايا النجمية Astrocytes (التي تشكل مايسمى بالتخوم الدماغية "أو الحاجز الدماغي الدموي").
- تغلف الأم الحنون كامل سطح الدماغ فهي تمتد إلى داخل الأثلام في القشرة المخية وتنضم مع البطانة ependyma التي تبطن بطينات الدماغ، فتشكل ما يسمى بالضفائر المشيمية (Choroid plexuses) التي تقوم بدورها بإنتاج **CSF** (Cerebrospinal fluid).

الحاجز الدماغي الدموي Blood Brain Barrier (BBB)

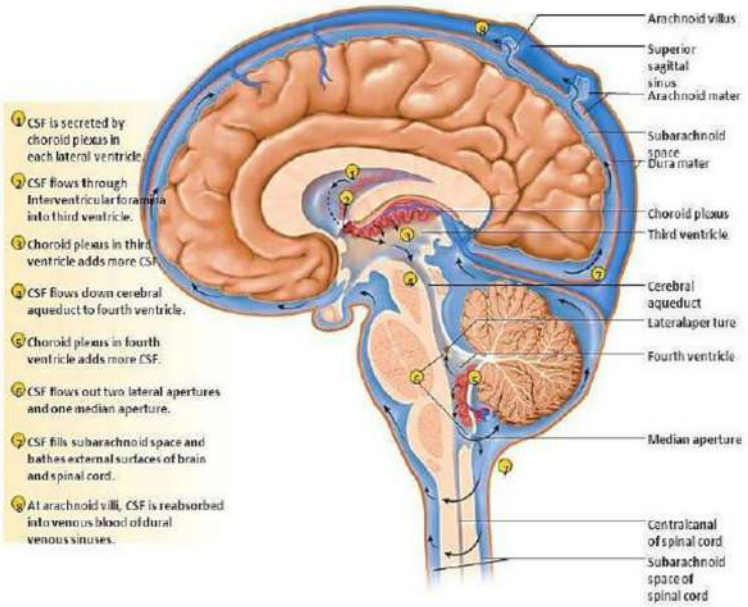
- إن الحاجز الدماغي الدموي يقي الجهاز العصبي المركزي من تقلب fluctuating مستويات الكهارل، والهرمونات، ونواتج الاستقلاب في الدوران.
- يتطور الحاجز الدماغي الدموي (BBB) مبكراً في المرحلة الجنينية، عبر تفاعل بين الخلايا النجمية الدبقية astrocytes والخلايا البطانية للشعيرات الدموية.
- يتشكل هذا الحاجز عن طريق حدوث Tight junction بين الخلايا البطانية للشعيرات الدموية،
- أظهرت الدراسات بالمجهر الالكتروني النافذ (TEM) أن هناك ارتباط قوي بين أقدام الخلايا الدبقية النجمية Astrocytes (نهايات الاستطالات)، والصفيحة القاعدية لبطانة الشعيرات الدموية، وهذا الارتباط يسهم في تشكيل BBB.

يمنع نقل بعض المواد من الدم للنسيج العصبي كالمضادات الحيوية، والمواد السامة الكيميائية والعائدة للبكتريات نتيجة وجود الأقدام الوعائية حول الأوعية الشعرية.

السائل الدماغي الشوكي (CSF) Cerebral Spinal Fluid

تفرزه **الخلايا الدبقية البطانية المعدلة** في الضفيرات المشيمية و **يحيط ب** CNS.

صفاته	محتوياته:	وظيفته:	الحجم:
رائق لا يتخثر	بعض الشوارد: الصوديوم والكلور والبوتاسيوم	يشكل وسادة مائية تحمي ال CNS من الرض أثناء الصدمات (عمليا تطفو فيه المراكز العصبية)	حجمه الكلي(1500-1700) مل
pH= 7.3 قريبة من pH الدم تناضحيته قريبة من تناضحية الدم	العناصر الغذائية كالغلوكوز	ضروري للاستقلاب في الجهاز العصبي فهو صلة وصل بين الدم والنسيج العصبي (ويؤمن له التغذية)	يتشكل 500 مل منه **يومياً**
	فقير بالبروتينات		



يجول **حوالي 3 مرات** في اليوم (إذ يتميز بحركته المستمرة والدائمة) و تكون على الشكل الآتي،

البطينان الجانبيان ← البطين الثالث ← البطين الرابع ← حيز تحت عنكبوتي

الألياف العصبية Nerve Fibers

- تتكون الألياف العصبية من محاور أسطوانية، قد تحاط بأغماد معينة.
- تشكل في الجهاز العصبي المركزي المادة البيضاء، وفي الجهاز العصبي المحيطي الأعصاب.
- نميز في الأغماد:
  - غمد شوان Neurilemma.
  - غمد النخاعين Myelin Sheath يتم تشكله خلال السنوات العشر الأولى من الحياة.
- لذا تصنف الألياف بحسب وجود أو عدم وجود غمد وطبيعته إلى :
  - 1- ألياف عصبية نخاعينية تتضمن :
    - ألياف عصبية نخاعينية مغمدة بغمد شوان وتشكل الألياف العصبية المحيطية
    - ألياف عصبية نخاعينية بدون غمد شوان وتشكل ألياف المادة البيضاء
  - 2- ألياف عصبية لانخاعينية تتضمن :
    - ألياف عصبية لانخاعينية مغمدة بغمد شوان
    - ألياف عصبية لانخاعينية غير مغمدة بغمد شوان

ألياف عصبية نخاعينية مغمدة بغمد شوان :

هي ألياف اسطوانية يحتوي مركزها على المحور الاسطواني الذي يحاط بغمد النخاعين المغلف بغمد شوان ويحيط بالمجموع من السطح غمد ضام هو غمد الليف.

غمد النخاعين Myelin Sheath: غمد أبيض صدفي اللون، ينحل بالمحلات العادية وبالتلوين بالهيماتوكسيلين إيوزين، يبدو أسود اللون باستخدام رباعي أكسيد الأوسميوم.

عقد (تضيقات) رانفيه :

- يضيق الليف كل 300 ميكرون في الألياف الصغيرة القطر، وكل 1500 ميكرون في الألياف كبيرة القطر، يمثل هذا التضيق انقطاع غمد النخاعين ويسمى تضيقات أو عقد رانفيه، وتسمى المسافات بين التضيقات قطع رانفيه.
- لكل قطعة شكل اسطواني بقطر ثابت ماعدا الجزء المجاور للعقد حيث يزداد قطر الليف العصبي وتشكل البصلات المجاورة للعقد Paranodal Bulbe.
- يلاحظ على طول قطع رانفيه شقوق تمثل تقطع في غمد النخاعين وتسمى شقوق شميت لانترمان
- تتجرد عقد رانفيه من غمد النخاعين وتنتهي فيها أطراف الخلايا الشوانية، وتتقابل وتتصل مع المحور الاسطواني بواسطة امتدادات اصبعية الشكل.

غمد شوان:

- يظهر بالمجهر الضوئي كغطاء رقيق هيولي يمتد على سطح غمد النخاعين ويصل إلى تماس مع المحور في منطقة عقد رانفيه.

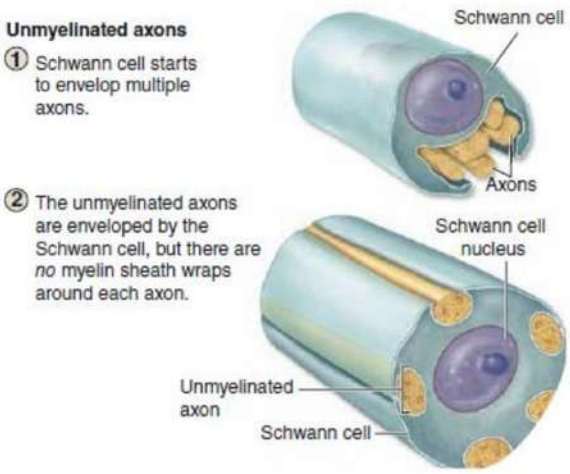
- تبدو كل قطعة رانفييه محاطة **بخلية واحدة** من شوان.

شقوق شميت لانترمان :

- هي **شقوق مائلة** في غمد النخاعين لاتتلون بالأسود برابع أكسيد الأوسميوم في المجهر الالكتروني وتحتوي على **هيولى خلايا شوان**.

الألياف العصبية النخاعينية بدون غمد شوان :

- توجد في **المادة البيضاء** للجهاز العصبي المركزي، وكذلك في العصب البصري.
- يتم شكيل غمد النخاعين نتيجة التفاف **امتدادات وريقية** من خلايا دبقية هي الخلايا **الدبقية قليلة التغصنات** التي توجد في المادة البيضاء بين الألياف العصبية وتشكل غمد النخاعين لـ (3- 50) ليف عصبي.
- يصدر عن جسم الخلية امتدادات رفيعة متفرعة تحيط بالمحاور الاسطوانية وتلتف حولها التفافات متكررة مؤدية لتشكل غمد النخاعين.



الألياف العصبية اللانخاعينية والمغمدة بغمد شوان :

- هي محاور اسطوانية يحد بها غمد مستمر من تتالي خلايا شوان تدخل بأطرافها بتماس مع بعضها بامتدادات متداخلة.
- يتوضع المحور الاسطواني هنا ضمن **انخماص اسطواني** من خلية شوان.

الألياف العصبية العارية: مجردة من غمد النخاعين وغمد شوان:

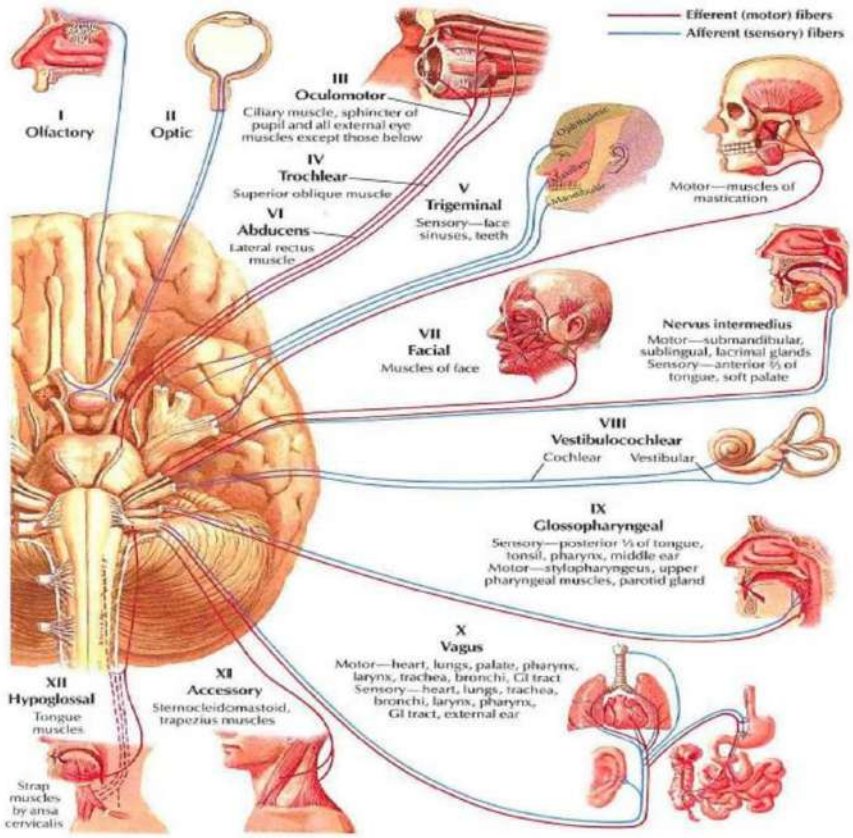
- تمثل **التفرعات النهائية لمحور اسطواني** أو تغصن هيولي ضمن المادة الرمادية للدماغ والنخاع الشوكي وتشكل **تشابكات** مع عصبونات أخرى (تشابكات عصبية) أو خارج الجملة العصبية مع ألياف عضلية مخططة (نهايات محركة) أو مع خلايا غدية (نهايات إفرازية) أو مع خلايا ظهارية أو مستقبلات متخصصة.

الجهاز العصبي المحيطي
peripheral nervous system

الجهاز العصبي المحيطي يتألف من الأعصاب المحيطية والعقد التي تحوي أجسام الخلايا العصبية التي تسكن خارج الجهاز العصبي المركزي.

الأعصاب المحيطية Peripheral Nerves:

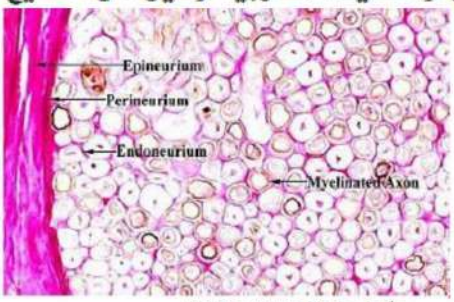
- يوجد نوعان من الأعصاب: أعصاب قحفية تخرج من القحف وعددها 12، وأعصاب شوكية عددها 31 شفع تمتد من الرقبة إلى العصعص.
- يحتوي العصب على حزم حسية وأخرى حركية ولابد من الإشارة إلى أن هناك أعصاب حسية بالكامل أو حركية بالكامل.
- كما أن هذه الاعصاب تشكل جزء من الجملة الودية والجملة نظيرة الودية التي تعتبر جزء أساسي من الجهاز العصبي المحيطي.



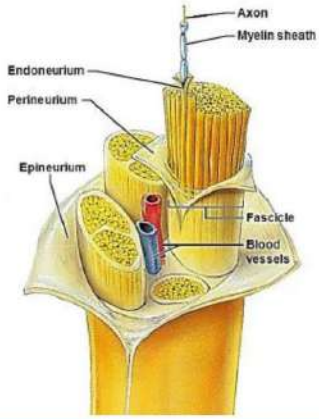
بنية العصب

مكونات النسيج العصبي للعصب المحيطي		
Epineurium غمد العصب	Perineurium غمد الحزمة	Endoneurium غمد الليف
نسيج ضام كثيف غير مرتب يحيط بالعصب كاملا وينتشر إلى الداخل.	نسيج ضام متخصص غمد الحزمة العصبية.	نسيج ضام رخو يحيط بالليف العصبي مع شعيرات دموية قليلة.
تحتوي على أوعية دموية.	لا تحتوي على أوعية دموية.	تحتوي على أوعية دموية.

- إذا كان المحوار مُغمّد: النسيج المحيط به يتمثل بـ neurolemma ويحوي على نسيج ضام رخو وأيضاً شعيرات دموية.
- أما إذا كان المحوار عاري: خلية شوان والصفيحة الخارجية وقليل من النسيج الضام رخو وشعيرات دموية قليلة.

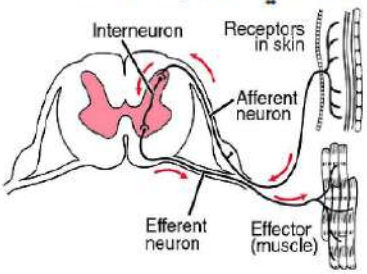


نشاهد طبقة Perineurium التي تخلو تماماً من الشعيرات الدموية، وطبقة epineurium التي نلاحظ إحتوائها على الشعيرات الدموية.
كما نلاحظ وجود محاور اسطوانية مغمدة بالنخاعين وخلية شوان الممثلة



القوس الانعكاسيّة Reflex arc

يُعتبر القوس الانعكاسي أبسط دارات الجهاز العصبي إذ يُعد أبسط عمل وظيفي تقوم به الجملة العصبيّة المركزية.



عناصر القوس الانعكاسي

1. مستقبل Receptors.
2. عصبونات حسية واردة Afferent Neurons (sensory neurons).
3. عصبونات بينية Intermediate Neurons (Interneurons).
4. عصبونات محركة صادرة Efferent Neurons (Motor neurons).
5. الخلايا الهدف Effector cells.

- يتلقى المستقبل التنبيه الذي ينتقل عبر العصبونات الحسيّة الواردة مباشرةً إلى النخاع الشوكي عبر العقدة الشوكية المتوضعة على الجذر الخلفي للنخاع الشوكي.
- تنتهي العصبونات الواردة في مستوى الجذر الخلفي للنخاع الشوكي وتنقل المعلومات إلى عصبون بيني.
- تنتقل المعلومات بعدها من العصبون البيني إلى العصبون المحرك الصادر Motor neuron الذي يتوضع جسمه في القرن الامامي.
- يقوم العصبون الصادر بنقل المعلومات مباشرة إلى الخلايا المستهدفة (كالخلايا العضليّة).
  - ✓ قد تصل الألياف العصبية للعصبونات الصادرة مباشرة إلى العضو المستهدف وتتشكل عندها اللوحة المحركة motor endplate (عندما يكون العضو المستهدف عضلات هيكلية).
  - ✓ أو هناك حالة أخرى لا تتشكل فيها لوحة محركة وإنما تصل الألياف العصبية المحركة قريبا من العضو الهدف وتلقي بالنواقل العصبية التي تنتقل بالانتشار إلى مستقبلاتها في العضو الهدف (عندما يكون العضو الهدف غدد أو عضلات ملساء).
- تقوم الخلايا المستهدفة برد الفعل المناسب على التنبيه.

العقد المحيطية Peripheral ganglia:

تعريفها:

- ✓ بنى بيضويّة الشكل، مكوّنة من **أجسام الخلايا العصبيّة** (إمّا أن تكون عصبونات حسيّة وإما أن تكون عصبونات حركية متعددة الأقطاب)، **وخلايا دبق عصبي** Glial cells تحيط بالعصبونات وتسمى: خلايا تابعيّة.
- ✓ وتدعّم هذه العقد **بنسيج ضام** Connective tissue يحيط بها على شكل محفظة تتمادى أجزاء منها ضمن هذه العقد لتشكل مسارات للأوعية الدمويّة التي تقوم بدور مغذي للعقد، ومن الممكن أن نشاهد فيها حزم من ألياف عصبية مغمدة أو غير مغمدة بالنخاعين.

وظيفتها Function:

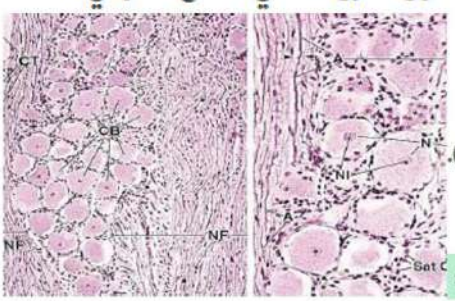
تعتبر محطات انتقالية لنقل الدفعات العصبيّة Impulses.

أنواعها:

- عقد حسية Sensory Ganglia
- عقد ذاتية Autonomic Ganglia

1. عقد حسيّة (شوكية) Sensory ganglia:

- ✓ توجد على الجذر الخلفي (الظهري) للنخاع الشوكي.
- ✓ يصلها ألياف حسيّة (Afferent fibers (sensory fibers، ولا تشكل محطات كما هو الحال في العقد اللا إراديّة (أي لا يصلها ألياف قبل عقدية وألياف بعد عقديّة).
- ✓ تقوم النهايات العصبية الحسية بنقل التنبيهات من المستقبلات إلى هذه العقد ومنها تنتقل إلى عصبونات بينية أحادية القطب الكاذب (تنتهي في مستوى القرن الخلفي للنخاع الشوكي) ومنها إلى العصبونات الأخرى.



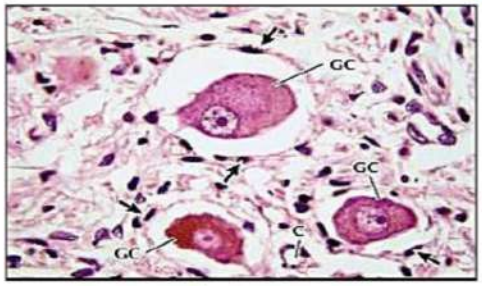
مقطع في مستوى **عقدة شوكية**

1. محفظة من نسيج ضام كثيف غير مرتب (CT).
2. نسيج ضام سدوي Stromal connective tissue (وهو عبارة عن تمادي للمحفظة).
3. العصبونات وحيدة القطب الكاذب (N) ويحيط بها الخلايا التابعيّة (SAT C).
4. حزم من ألياف عصبيّة (NF) منها ما هو مغمد ومنها غير مغمدة بالنخاعين.

2. عقد لا إراديّة (وديّة وشبه وديّة) Autonomic ganglia:

العقدة الودية:

- يحيط بها محفظة ضامة من نسيج ضام كثيف غير مرتب يدخل قسم منه للداخل مشكلاً مسارات للأوعية الدموية التي تغذي العقدة.
- تحتوي على وحدات وظيفية و هي عصبونات حركية متعددة الأقطاب Multipolar.
- يحيط بهذه العصبونات خلايا تابعية Satellite cells (و هي خلايا دبقية داعمة) و تشكل سواراً دبقياً مكتملاً حولها.
- بالإضافة لوجود حزم من الألياف العصبية (معظمها لا نخاعينية).



مقطع في عقدة وديّة تظهر فيه:
العصبونات متعددة الأقطاب نواها مكوّرة غير مركزيّة-
خلايا تابعيّة.

العقدة شبه الودية:

- يكون لها شكل غير منتظم.
- توجد في جدر الأعضاء أو بالقرب منها.
- تحوي على عصبونات جميعها من النمط المحرك و تكون متعددة الأقطاب Multipolar تحيط بها خلايا تابعية Satellite cells.

تنظيم الجهاز العصبي اللاإرادي
Organization of Autonomic Nervous System (ANS)

1. الجملة الودّية Sympathetic division.
2. الجملة شبه الودّية Parasympathetic division.
3. الجزء المعوي Enteric division.

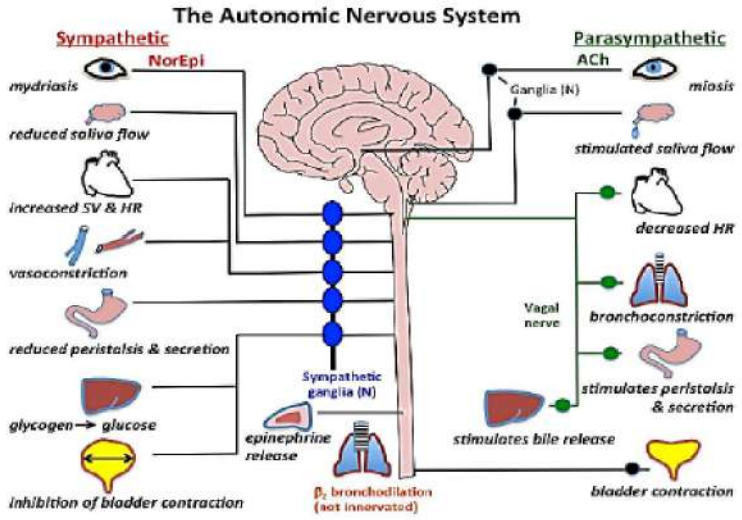
- تعتبر الجملتان الودية وشبه الودية مسؤولتان عن تأمين تعصيب الأعضاء الحشوية visceral organs (عضلات ملساء – قلب – الغدد الموجودة في اللسان....).
- يقوم كل من الجهازين الودّي وشبه الودّي **في الغالب** بالعمل على نفس الأعضاء، وعندها نقول أن عمل هاتين الجملتين متضاد antagonistic.
- في **كلا الجملتين** لدينا:

✓ عصبونات قبل عقديّة – عقدة – عصبونات بعد عقديّة.

✓ تكون أجسام العصبونات قبل العقدية موجودة ضمن المراكز العصبيّة، ضمن **القرون الجانبية للنخاع الشوكي** (حيث توجد أجسام العصبونات العصبية قبل العقدية الودية وشبه الودية).

✓ تتوضّع أجسام العصبونات بعد العقديّة ضمن العقد وتشكّل محاوير هذه العصبونات ألياف بعد عقديّة، وهذه العصبونات تكون من نمط **متعددة الأقطاب**.

من حيث	الودّي	شبه الودّي
موقع أجسام العصبونات قبل العقدية ومنشأ الألياف قبل العقدي	الأجزاء الصدرية والقطنية العلوية من النخاع الشوكي	جذع الدماغ brain stem والنخاع الشوكي العجزي sacral spinal cord (من S2 إلى S4)
مكان توضّع العقد	على شكل حبلين في جوار النخاع الشوكي	في جدار أو قرب الأعضاء المستهدفة
خروج الألياف قبل العقدية من الجهاز العصبي المركزي	- تُغادر الألياف قبل العقديّة الجهاز العصبي المركزي CNS عن طريق الجذور الأمامية للأعصاب الشوكية الصدرية والقطنية T1 إلى L2	تغادر الألياف قبل العقديّة الجهاز العصبي المركزي CNS عن طريق: - الأعصاب القحفيّة:الثالث III والسابع VII والتاسع IX والعاشر X. -الأعصاب العجزيّة: الثاني II والثالث III والرابع IV.
طول الألياف	قبل العقدية: قصيرة. بعد العقدية: طويلة.	قبل العقدية: طويلة. بعد العقدية: قصيرة.
الناقل العصبي المستخدم في الألياف قبل العقديّة	أستيل كولين	أستيل كولين
الناقل العصبي المستخدم في الألياف بعد العقديّة	نورابنيفرين	أستيل كولين



شكل ترسيمي يوضّح الجهاز العصبي اللاإرادي بقسميه الودّي وشبه الودّي والأعمال المختلفة التي يقومان بها.

الجزء المعوي Enteric division

- يتألف الجزء المعوي من الجهاز العصبي اللاإرادي ANS من عُقَد Ganglia وتفرعاتها (استطالاتها Processes)، التي تقوم بتعصيب القناة الهضمية Alimentary canal.
- إذ يتمثل الجزء المعوي بمجموعة من العصبونات متعددة الأقطاب مع استطالاتها موجودة داخل أقمصة القناة الهضميّة walls of alimentary canal (من المريء وصولاً للقناة الشرجيّة) تحيط بها خلايا دبقيّة معويّة Enteric neuroglial cells شبيهة بالخلايا النجميّة Astrocytes.
- وهو عبارة عن بقايا عصبية متمثلة بضفيرتي: مايسنر (الموجودة في القميص تحت المخاطي للسبيل الهضمي)، وضفيرة أورباخ (الموجودة بين طبقتي العضلات الدائريّة والعضلات الطوليّة).
- عملية الهضم Digestion تتطلب التواصل بين العصبونات المعويّة والجهاز العصبي المركزي، وذلك عن طريق ألياف وديّة وشبه وديّة.
- تتوضّع العقد والألياف بعد العقديّة للجزء المعوي في الصفيحة المخصوصة Lamina propria، الطبقة تحت المخاطية Submucosa، الطبقة العضلية الخارجية Muscularis externa، والطبقة تحت المصليّة subserous للقناة الهضميّة Alimentary canal.
- **<u>المستقبلات المعوية Enteroceptors</u>**: تتوضع المستقبلات المعويّة في السبيل الهضمي، وتقوم بإيصال المعلومات الحسية المتعلّقة بوضع الوظائف الهضميّة إلى الجهاز العصبي المركزي.
- تقوم عصبونات بينية بمكاملة المعلومات القادمة من العصبونات الحسيّة، ومن ثمّ تنقل المعلومات إلى عصبونات محرّكة معويّة ليحدث في النهاية رد الفعل المناسب.

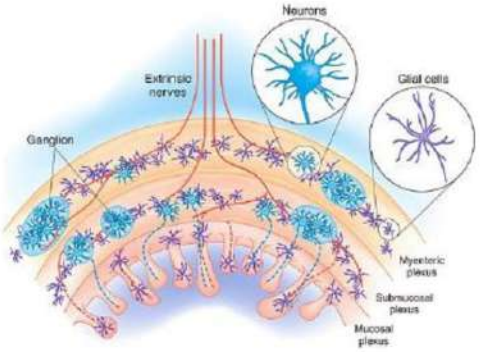
يشكل القسم المعوي من ANS ضفيرتين هما:

ضفيرة مايسنر Meissner's Plexus:

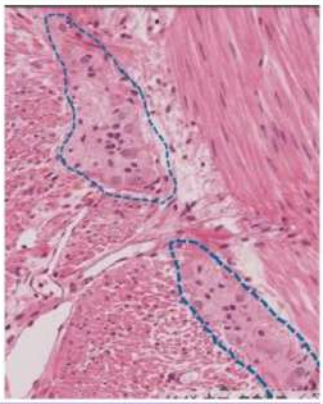
- تدعى أيضاً بالضفيرة تحت المخاطية Submucosal plexus.
- تتوضع في القميص تحت المخاطي.

ضفيرة أورباخ Auerbach's Plexus:

- تدعى أيضاً بالضفيرة العضلية المعوية Myenteric plexus.
- تتوضع بين طبقتي العضلات الدائرية و الطولية.



تحتوي هذه الضفائر على عصبونات متعددة الأقطاب محاطة بخلايا دبقية معوية Enteric Neuroglial cells.



مقطع نسيجي تظهر فيه ضفيرة أورباخ بين الألياف العضلية الطولية والعرضية

تجديد العصبونات Regeneration Neurons

في الجملة العصبية المحيطية PNS

بشكلٍ عام: عندما تحدث أذية في أي عصبون، فهذا سيؤدي إلى حدوث سلسلة متعددة من الأحداث، تبدأ أولاً بتنكس المحوار ثم تأتي عملية تجديد العصبون.

1) عندما تكون الإصابة شديدة Serve، ويحدث انقطاع في العصبون:

التهاب ⇦ انقسام المحوار لقطعتين ⇦ تفكك القطعة البعيدة وابتلاع البقايا من قبل البالعات ⇦ حدوث انحلال تصبغي في جسم الخلية وإعادة توزع للعضيات ⇦ تورم العصبون وموته

2) عندما تكون الأذية ليست شديدة، وهذه الأذية تناولت المحوار Axon، ولكن غمد الليف العصبي neurolemma سليم:

في هذه الحالة لن يموت العصبون بعد أن يتورم، وسيحدث لدينا تجدد للمحوار وبالتالي للعصبون، وتكون هذه العملية سريعة نسبياً.

في الجملة العصبية المركزية CNS

لا تحدث عملية التجدد regeneration في الجملة العصبية المركزية، للأسباب التالية:

- عدم وجود غمد الليف العصبي Endoneurium أو Neurolemma.
- الخلايا الدبقية قليلة التغصنات oligodendrocyt لا تتكاثر (not proliferate) فهي ليست مثل خلايا شوان.
- أحد أهم الأسباب هو أن الخلايا النجمية الدبقية astrocytes تهاجر إلى مكان الإصابة، وتتكاثر مشكلة ندبة عصبية Scar (أو صفيحة plaque) وهذا يسبب عائقاً كبيراً لحدوث التجدد regeneration .
- ان غمد النخاعين يحوي مادة مثبطة للتجدد، وان عملية إزالة غمد النخاعين من الجملة المحيطية سريعة خلال ساعات تنجز بفضل شوان والبالعات macrophage، بينما في الجملة العصبية المركزية فتكون بطيئة جداً جداً، قد تأخذ أشهر أو سنة كاملة، وبالتالى يكون العصبون قد مات، ولم يعد قابلاً للتجدد.

الأساليب المتبعة في محاولات تجديد الجملة العصبية المركزية

- أول ما يقوم به الباحثون عندما تحدث الأذية في مكان ما بالجملة العصبية المركزية هو تثبيط خلايا astrocytes كي لا تهاجر وتشكل ندبات.
- وقد يتم العمل على تنشيط خلايا microglia لتقوم ببلعمة الميالين.
- كما من الممكن إضافة مواد مثبطة لتأثير بروتينات غمد الميالين (النخاعين) myelin specific protein.
- ومع كل هذه الشروط والإجراءات ولكن العمل على تجدد CNS يبقى شبه مستحيل.
- إن مجال التجديد regeneration واسع، ونتائجه مشجعة على الحيوانات، أما على الإنسان فنتائجه متواضعة.
- حتى عند استخدام الخلايا الجذعية، فنواجه مشكلة الخلايا السيئة bad cell التي تعطي أورام teratoma.