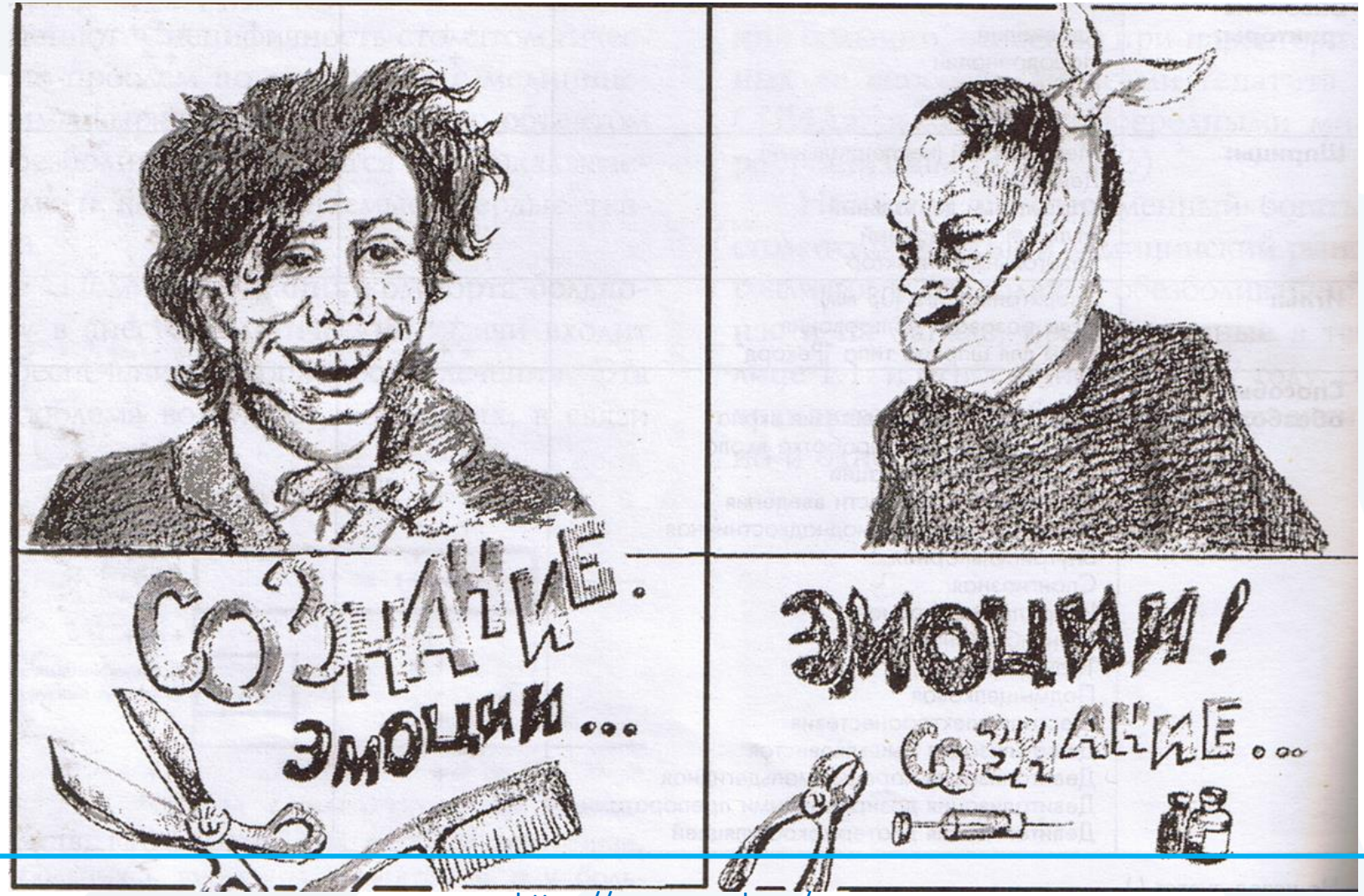
الفيزيولوجيا العصبية

NEUROPHYSIOLOGY

Dr. Ali Khalil
PhD in Oral and Maxillofacial Surgery
Professor Emeritus, and Chairman, Department of Oral and Maxillofacial Surgery
Faculty of Dentistry
Al Manara University

الألم ، العاطفة ، الإدراك ....؟؟؟!!!

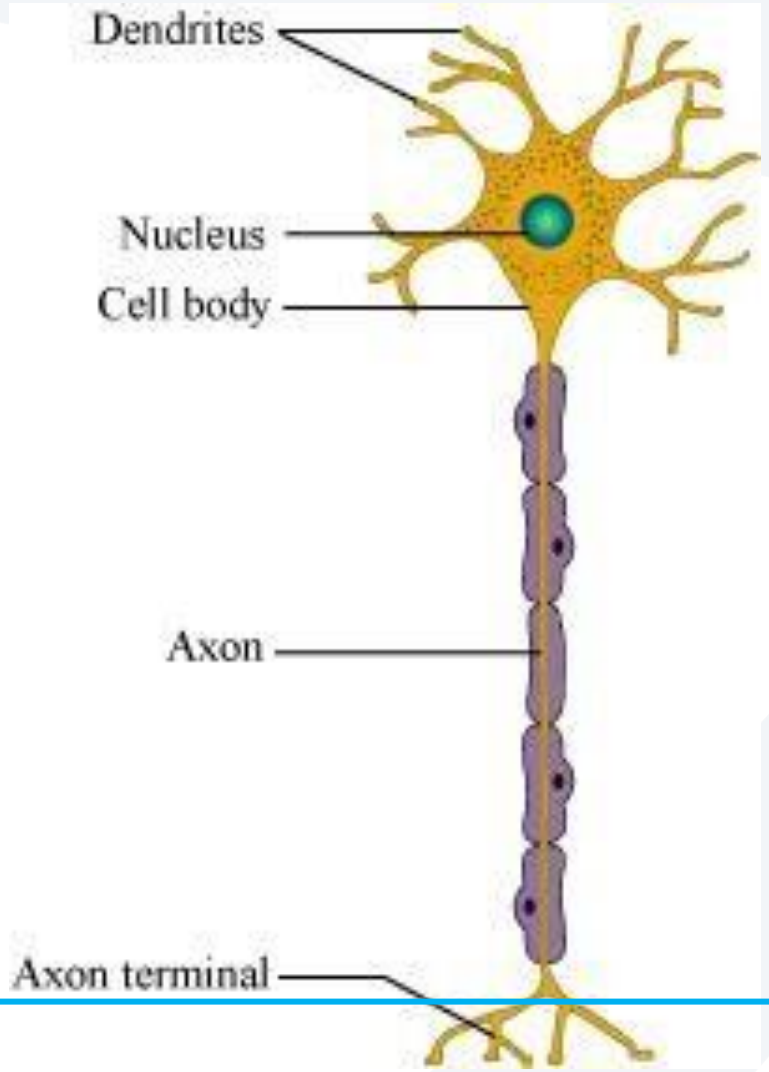


جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

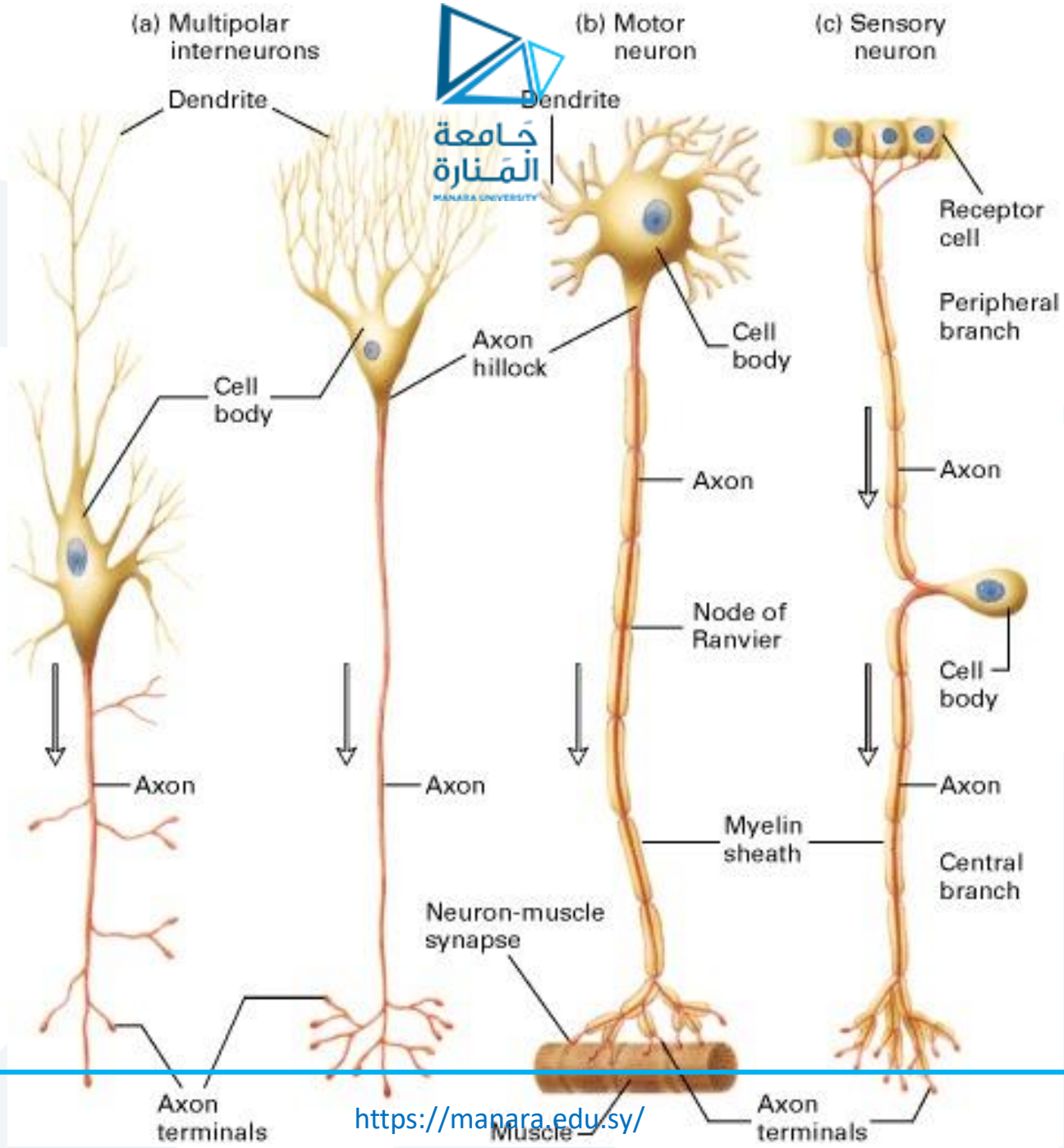
تشريح الأعصاب

Anatomy of Nerves

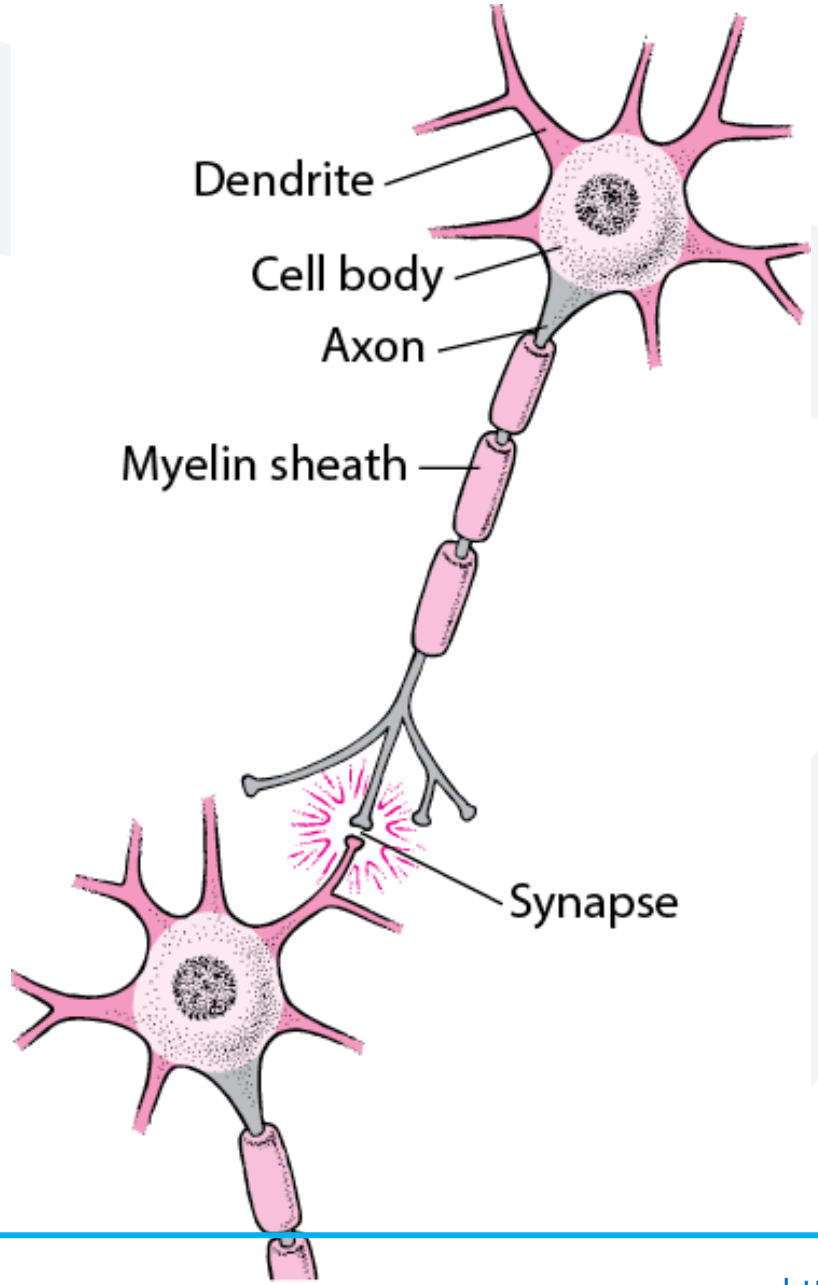
الخلية العصبية Nerve Cell
(العصبون The Neuron)



- كما الخلايا الحية في الجسم؛ تمتلك الخلية العصبية جسم الخلية cell body، ونوية nucleus، لكنها تتميز عنهم بوجود ناتئ محوري طويل axonal process (Axon) وقد يكون جسم الخلية بعيداً عنه.
- هذا المحور هو جسم طويل من هيلولى الخلية العصبية axoplasm، محاط بغشاء الليف العصبي axolemma.
- في معظم الألياف العصبية البشرية يكون الغشاء محاط بطبقة عازلة غنية بالدسم؛ هي مادة النخاعين myelin.
- تلعب التغيرات التي تحدث في غشاء الليف العصبي الدور الأساسي في تشكّل ونقل السيالة العصبية.


(a) Multipolar interneurons
(b) Motor neuron
(c) Sensory neuron
Dendrite
Dendrite
Receptor cell
Peripheral branch
Axon hillock
Cell body
Cell body
Axon
Axon
Node of Ranvier
Cell body
Axon
Axon
Myelin sheath
Central branch
Neuron-muscle synapse
Axon terminals
Muscle
Axon terminals

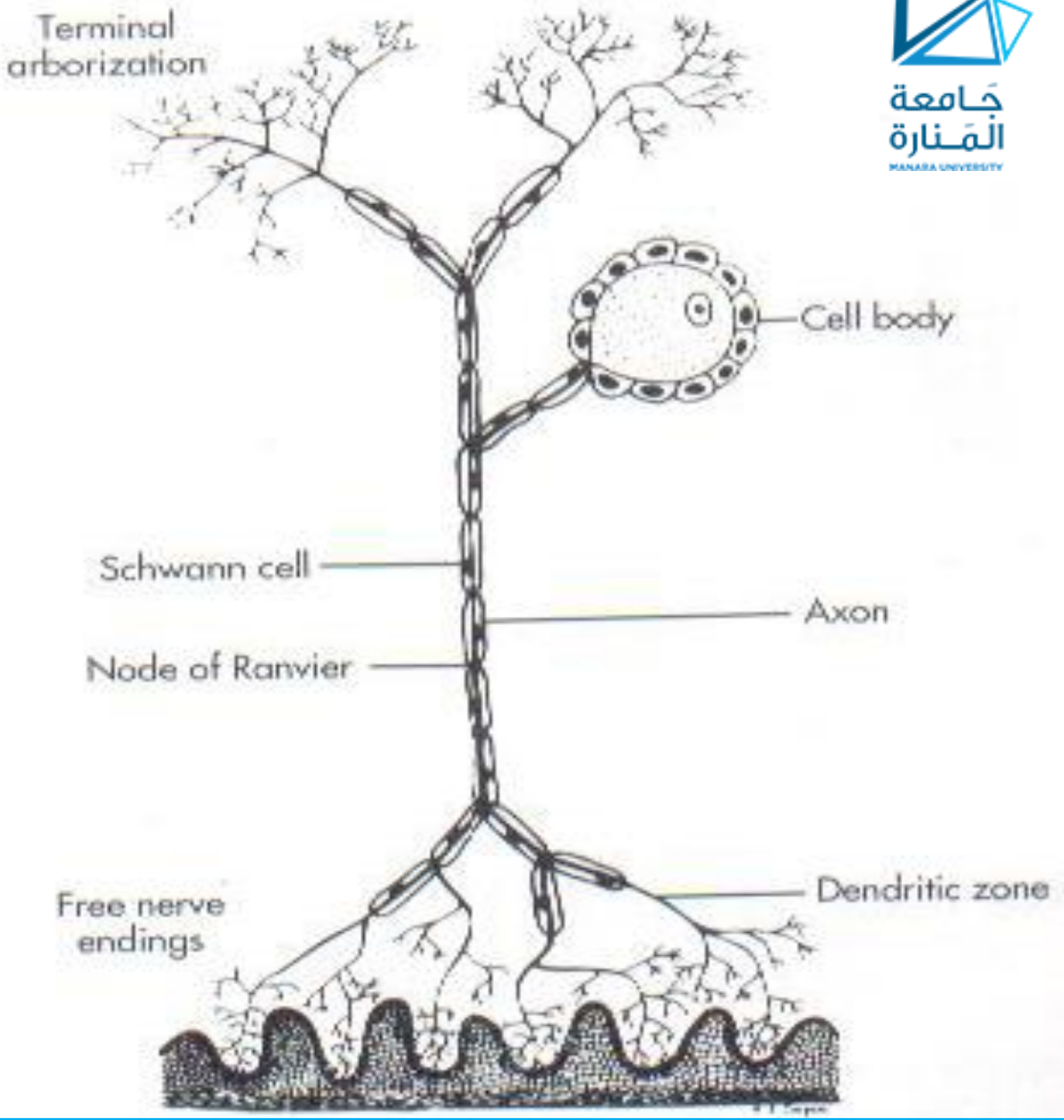
The Neuron العصبون



- العصبون هو الوحدة التركيبية الأساسية في الجملة العصبية، منتشر في جميع أنحاء الجسم ويعمل كوسيلة اتصال بين الجملة العصبية ومختلف أجزاء الجسم.
- هناك نوعان أساسيان من العصبونات:
  - العصبونات الحسية الصادرة Sensory afferent neurons.
  - العصبونات الحركية الواردة Motor efferent neurons.

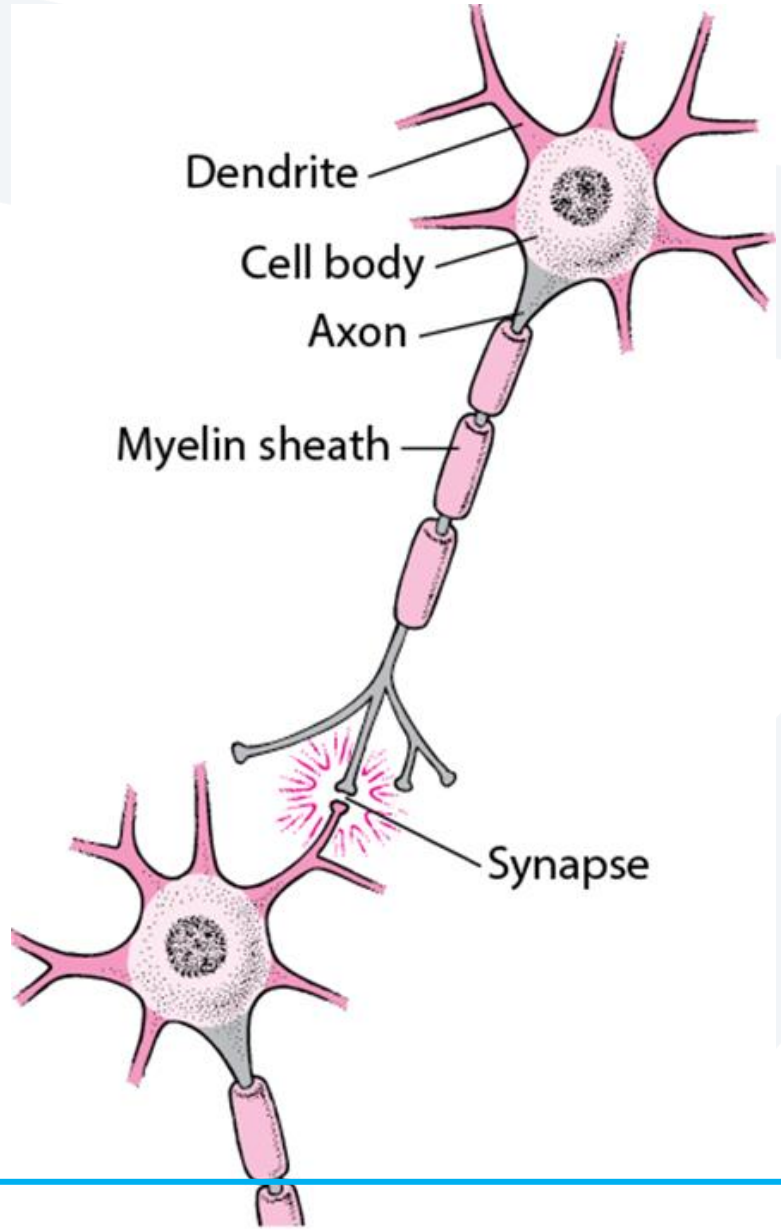
تنقل العصبونات الحسية الإحساس بالألم والعصبونات الحركية الأوامر الحركية وتتألف من 3 أجزاء رئيسية:

منطقة التغصنات
Dendrites zone



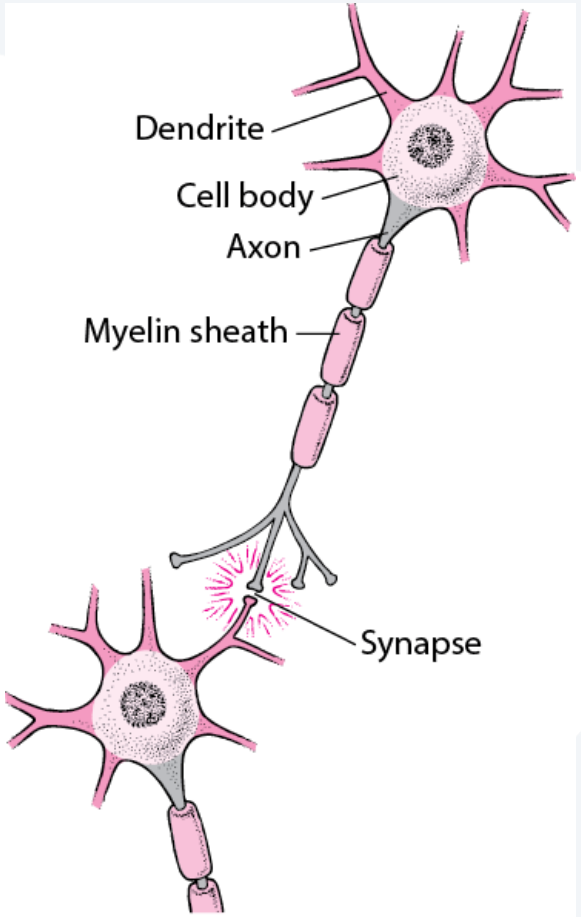
- أو النهايات العصبية الحرة وهي الجزء الأقصى من العصبون والذي ينتشر في النسج.
- هي المستقبلات التي تستجيب للمثيرات مشكلة ما يسمى بالسيالة العصبية والتي تنتقل على طول المحور باتجاه المراكز العصبية.

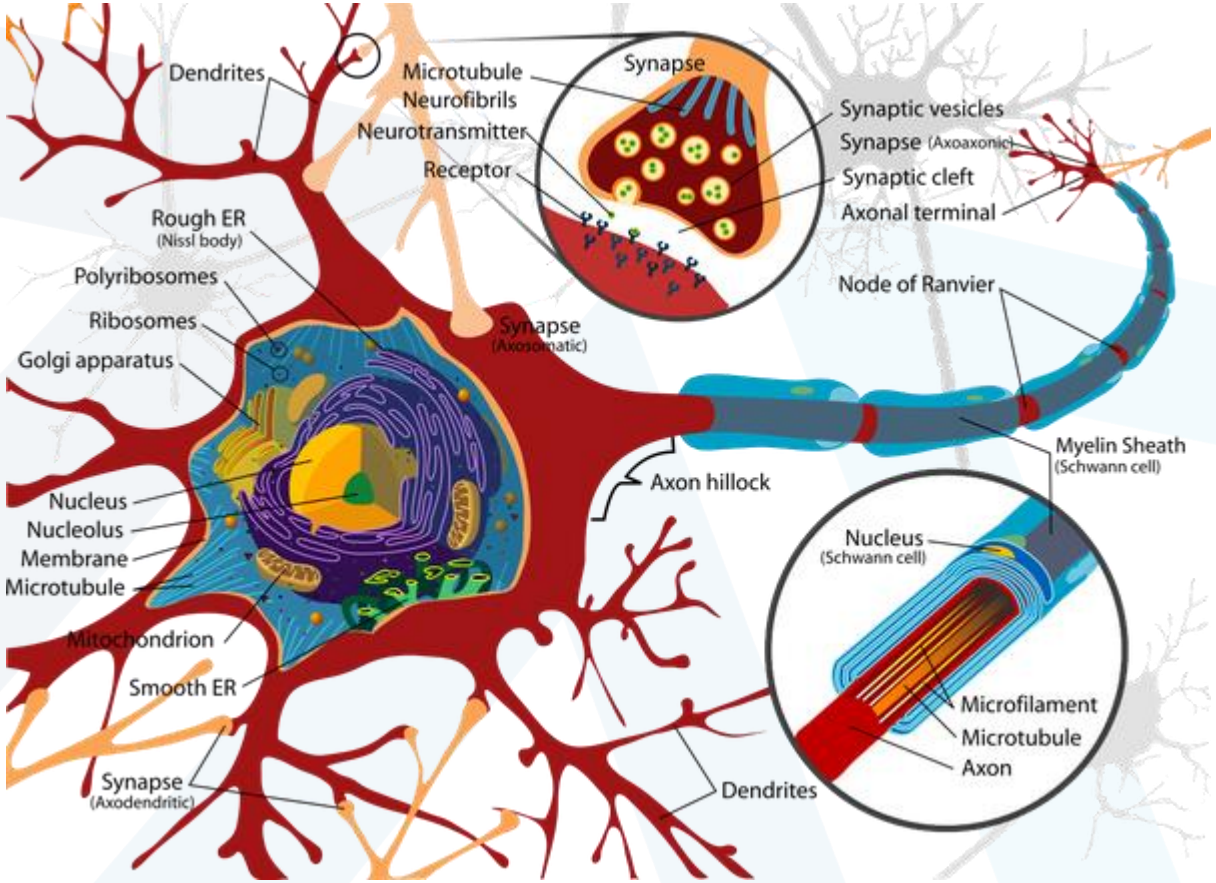
المحور Axon



- هو السلك (الكبل) الرئيسي، الذي يصل بين النهايات العصبية والمراكز حيث يتفرع إلى تشعبات على شكل غصون تتوزع بين مختلف المراكز العصبية.
- كما تتصل هذه التشعبات مع العصبونات الأخرى.
- تتصل هذه التشعبات مع العصبونات الأخرى ومع نويات مختلفة في الجملة العصبية المركزية بواسطة *مشابك* ***synapses*** تنقل من خلالها السيالة العصبية من المحيط إلى المركز الملائم ليتم تفسيرها وكيفية الرد عليها.

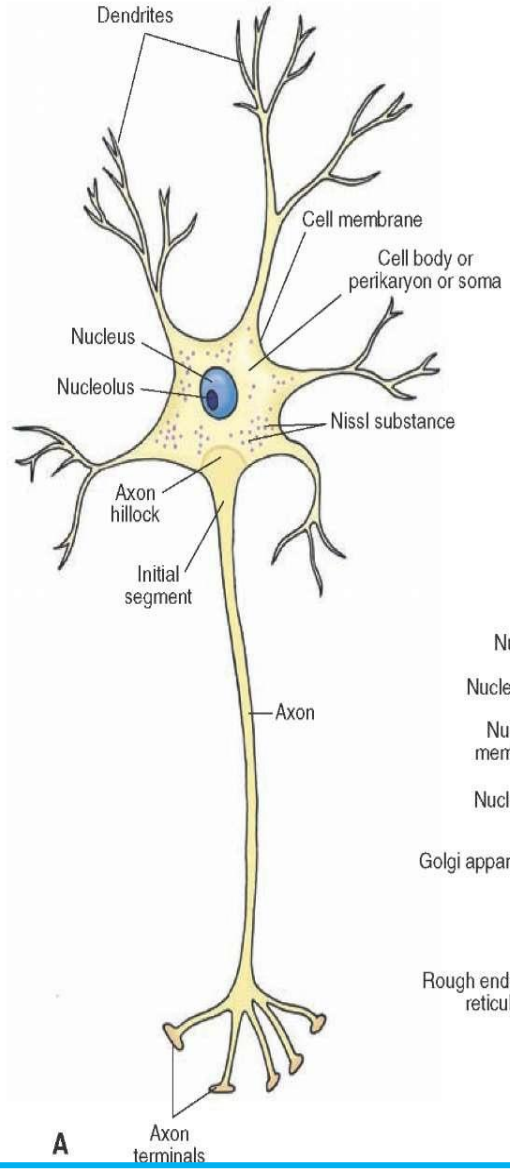
المشابك synapses

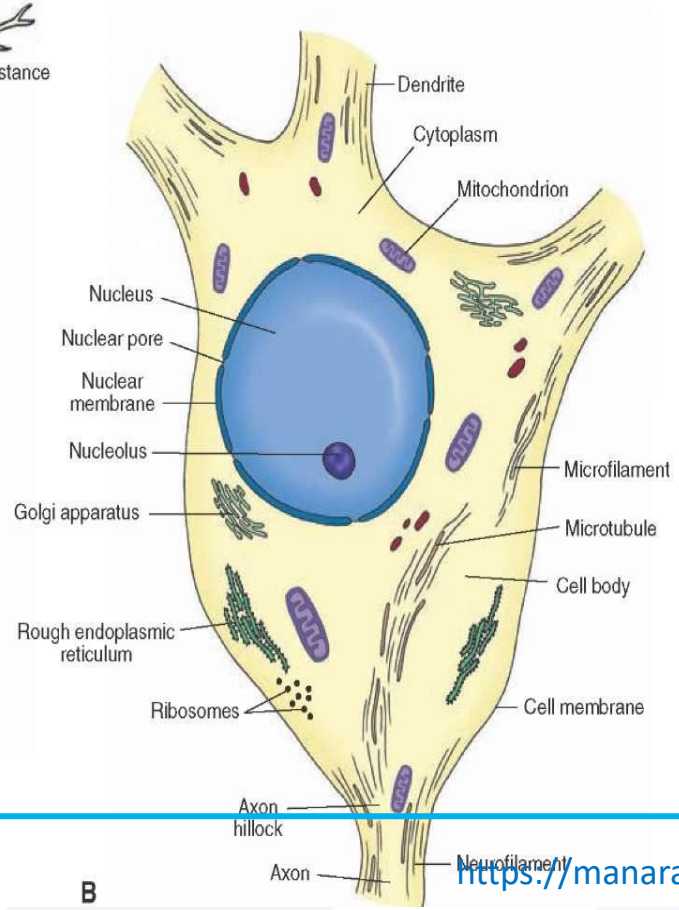




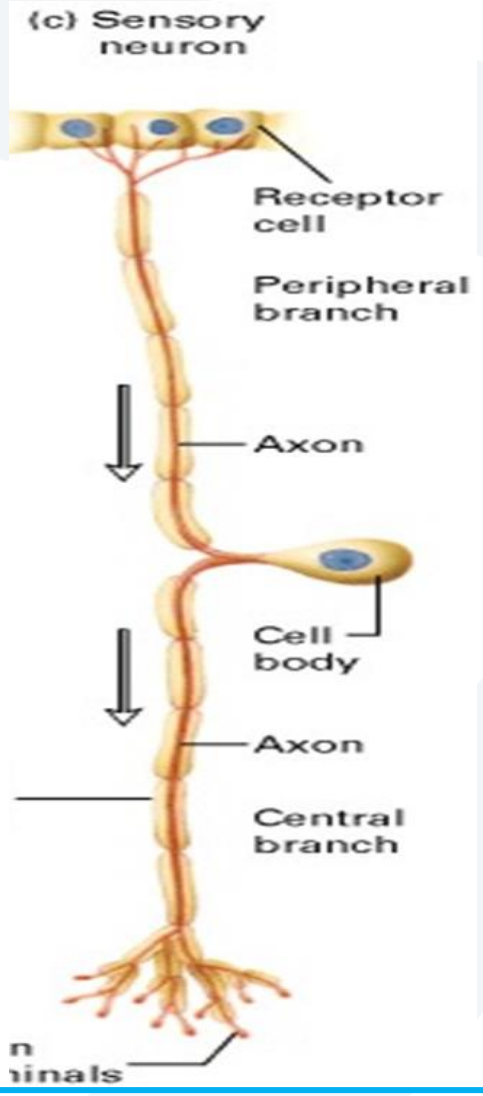
جسم الخلية Cell Body

- يقع جسم الخلية في العصبونات الحسية خارج المحور ولا يتدخل في عملية نقل السيالة العصبية.
- وظيفته الأساسية هي الدعم الاستقلابي (التغذية، النمو، التطور، الصيانة).
- *في العصبونات الحركية يتدخل جسم الخلية في عملية نقل السيالة العصبية الواردة من المراكز إلى المحيط ويقع على المحور قبل منطقة التغضنات.*

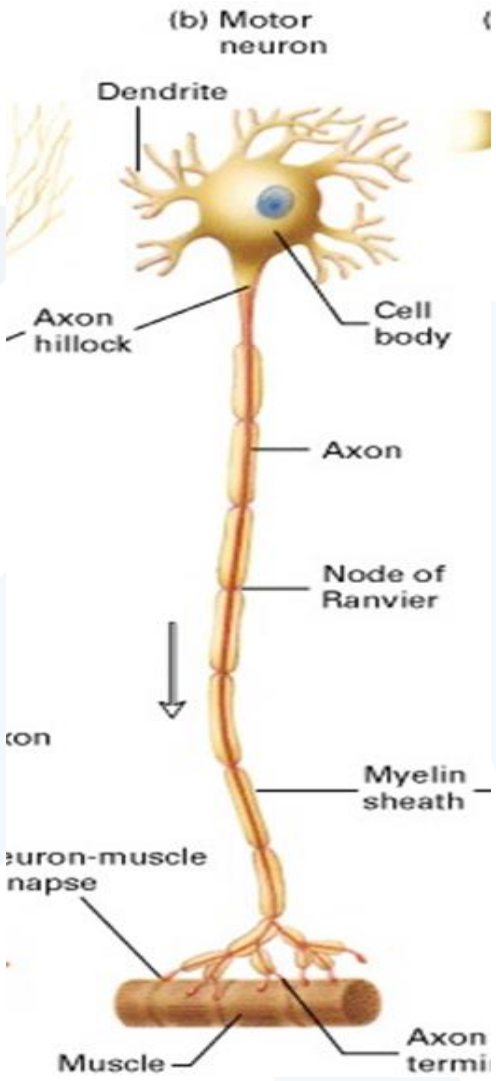




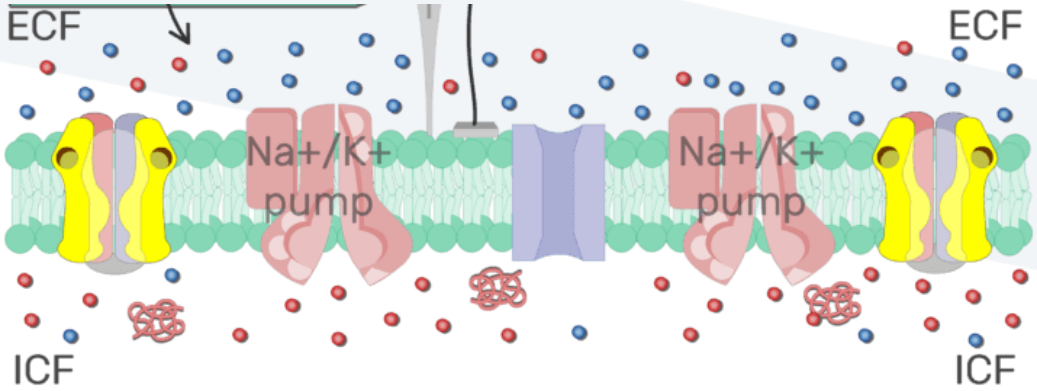
عصبون حسي

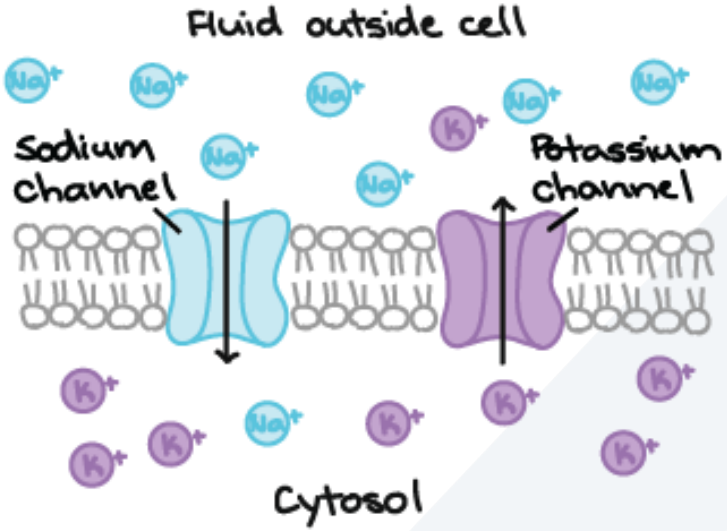


عصبون حركي



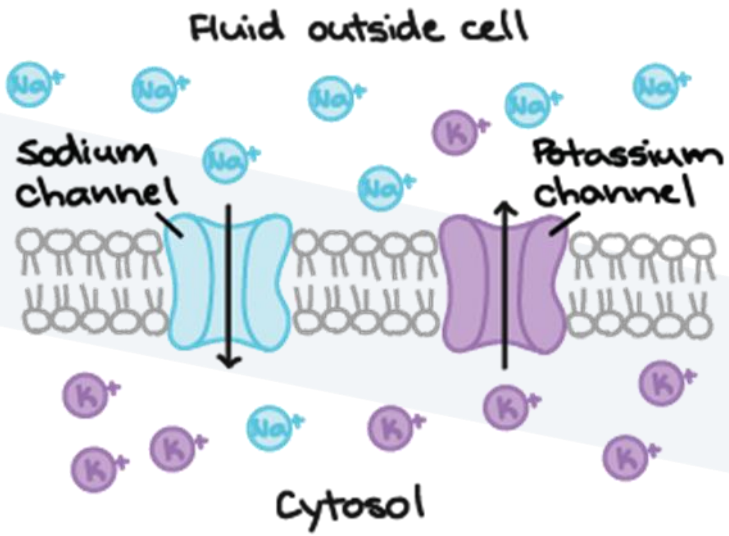
غشاء الليف العصبي Components of the nerve membrane

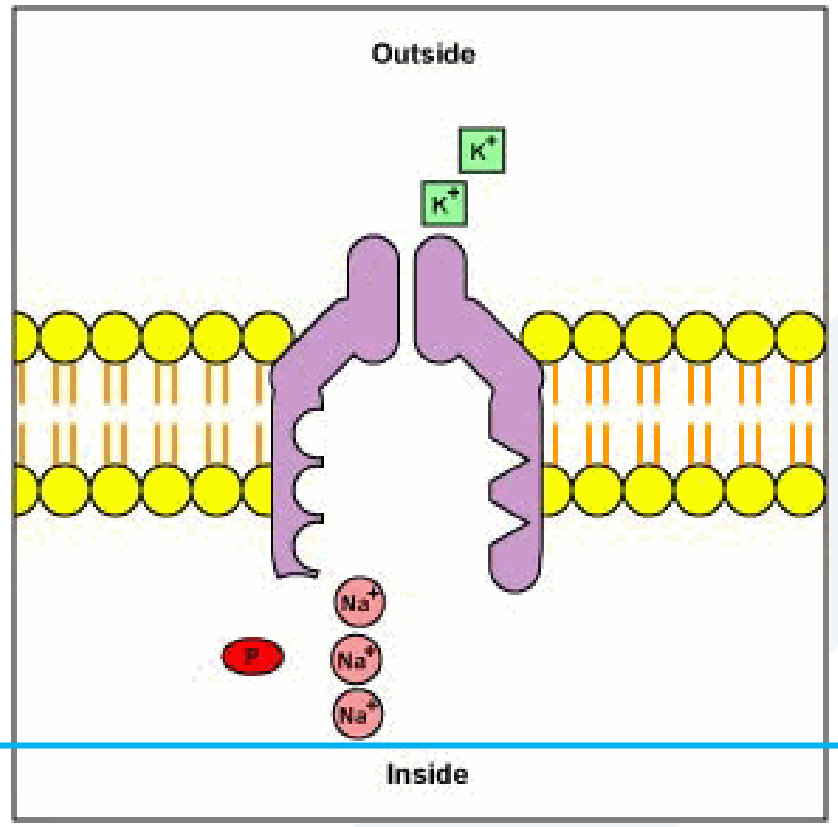




- مؤلف من طبقتين من جزيئات الدسم وطبقة وحيدة من البروتينات.
- تتوضع جزيئات الدسم في الغشاء العصبي بحيث يكون الرأس المستقطب **polar** والمحب للماء متجهاً نحو الخارج، بينما الجزء غير المستقطب **nonpolar** والنافر تجاه الماء متجهاً نحو الداخل

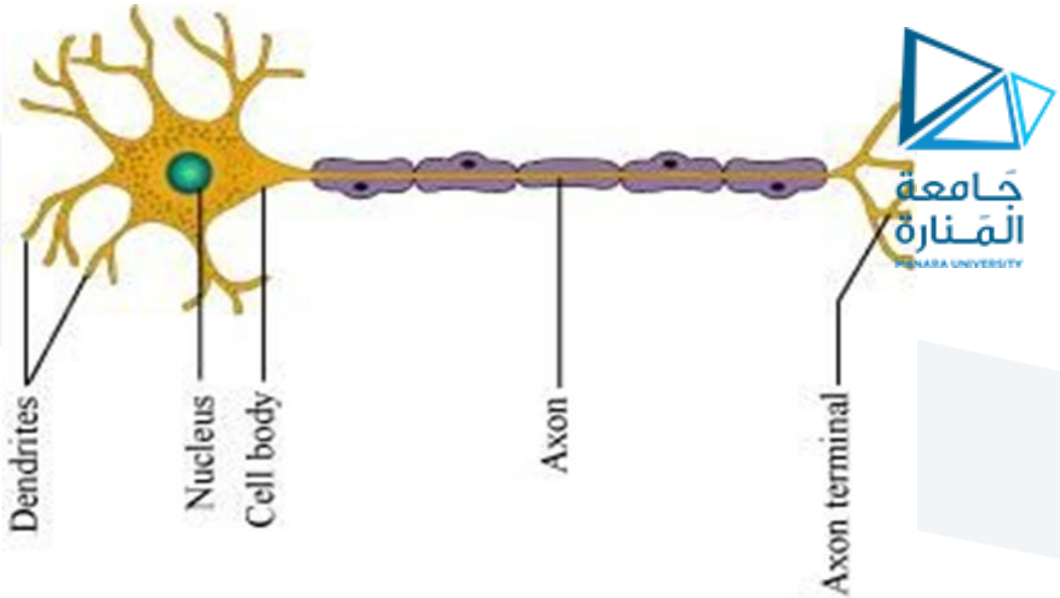
غشاء الليف العصبي
Components of the nerve membrane



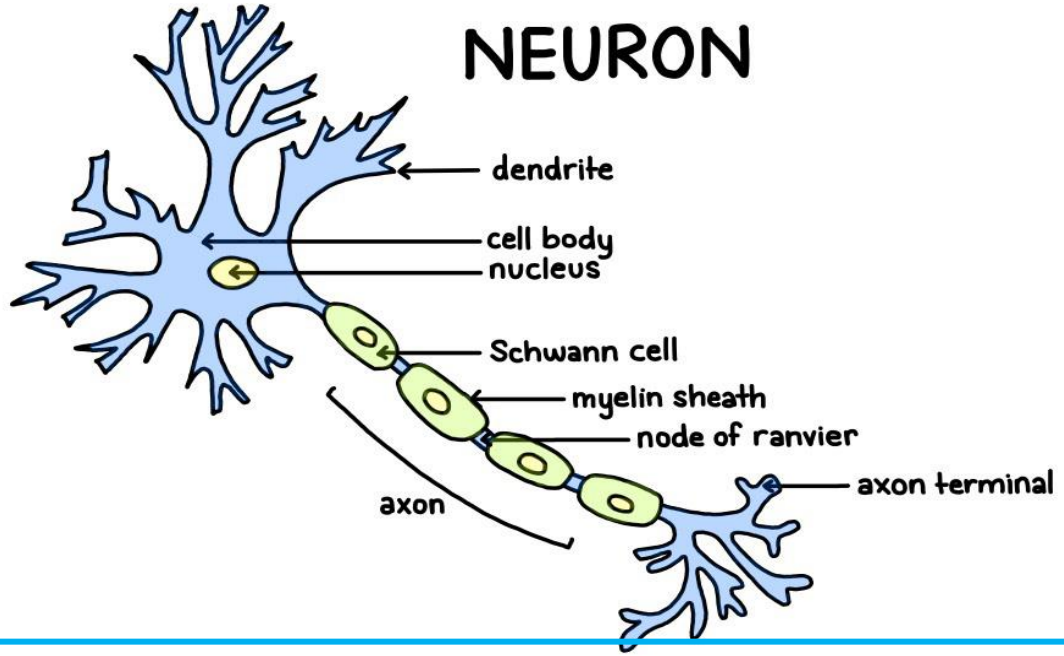


- الطبقة البروتينية الوحيدة تصنف كبروتينات نقل transport proteins وتحتوي على أقنية channels، حوامل carriers، ومضخات pumps، أو تعمل كمواقع لمستقبلات receptors sites.
- الأقنية البروتينية عبارة عن ثقوب في غشاء الليف تسمح لبعض الأيونات (Na+, K+, Ca++) بالمرور بشكل منفعل سلبي.
- بينما تكون بعض القنيات الأخرى عبارة عن بوابات تسمح بمرور الأيونات عندما تفتح فقط وهذا يتطلب استهلاكاً للطاقة (نقل فعال).

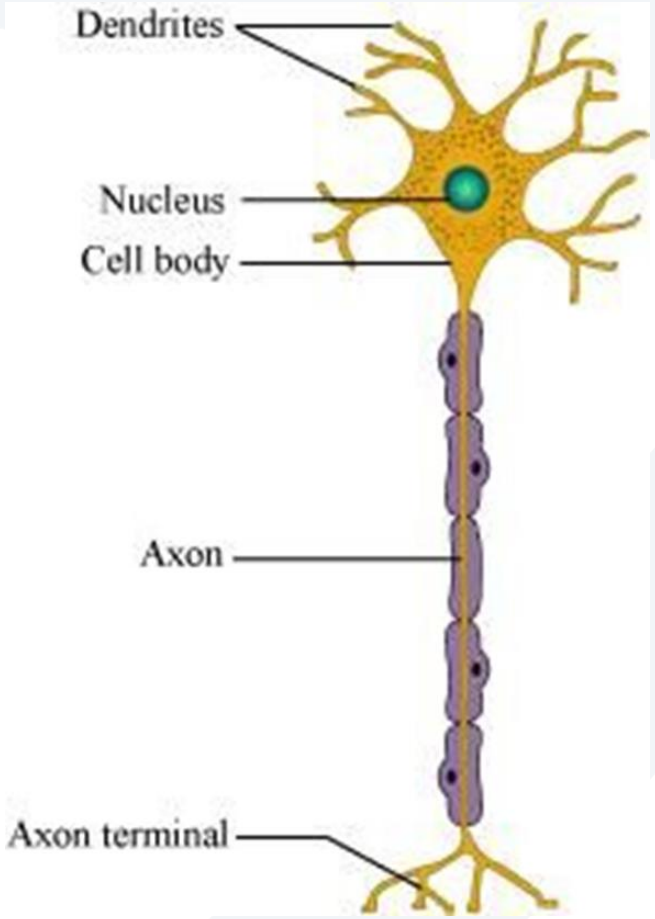
أنواع غشاء الليف العصبي
Types of nerve membrane



- الألياف النخاعينية أو المغمّدة: وهي محاطة بطبقة عازلة من الدسم النخاعين myelin (تشمل معظم الأعصاب).
- الألياف غير النخاعينية أو غير المغمّدة: وهي غير محاطة بطبقة عازلة.
- النخاعين myelin طبقة غنية بالدسم تحيط بالليف العصبي بشكل حلزوني وتتقطع بشكل دوري على طول المحور العصبي مشكلةً اختناقات أو تضيقات يتعرى فيها العصب ويصبح مكشوفاً ومتصلاً بشكل مباشر مع الوسط الخلوي.
- تشكل أقصى طبقة خارجية من الغمد ما يسمى بخلية شوان العصبية schwann cell والتي تحيط بجميع الألياف العصبية على الاطلاق.

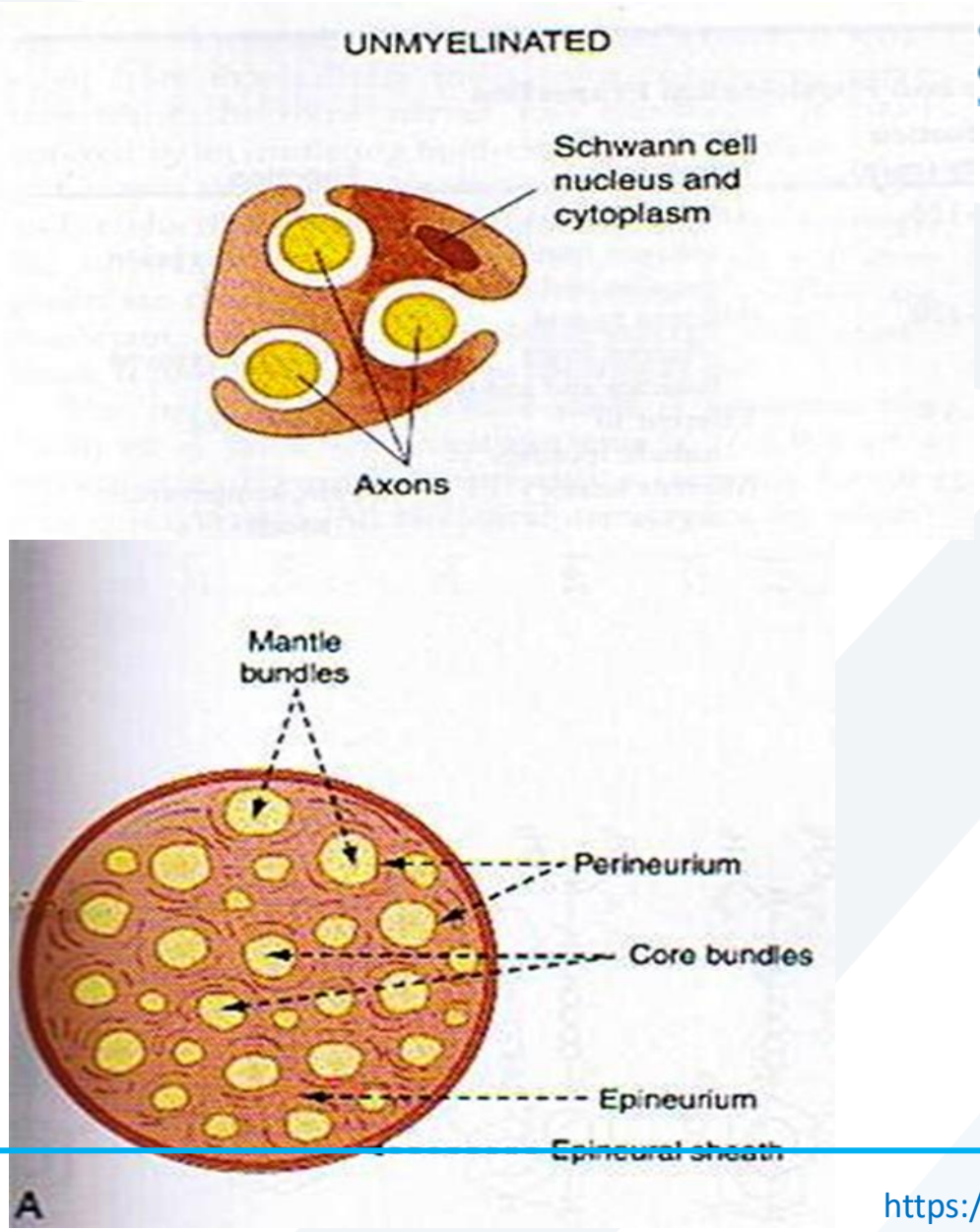


غشاء الليف العصبي
nerve membrane

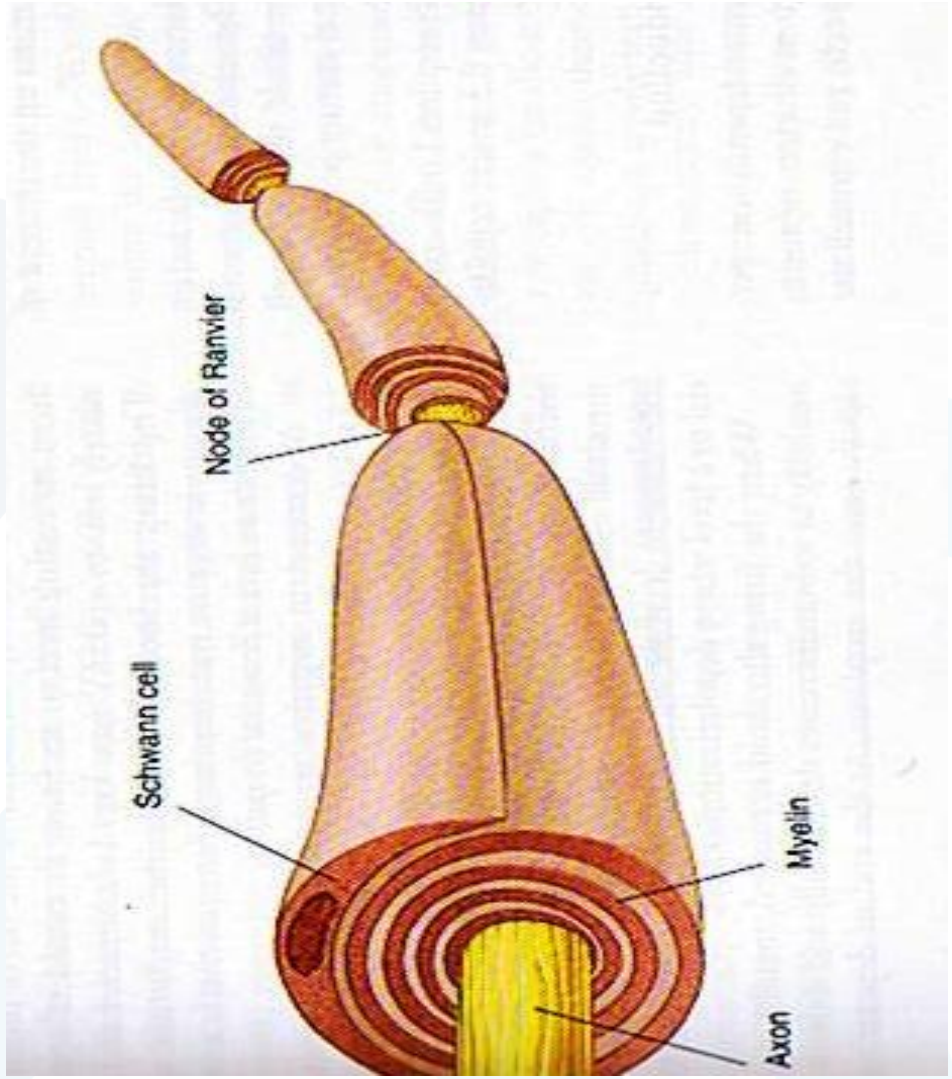


- ***الألياف المحاطة بغمد النخاعين الثخين لها المقدرة على نقل السيالة العصبية بسرعة أكبر من الألياف غير النخاعينية.***
- ***يسهل على محلول المادة المخدرة النفوذ والانتشار في مناطق الاختناق أو الانقطاع في غمد النخاعين وبالتالي تحقيق الاحصار السريع لعملية النقل العصبي.***

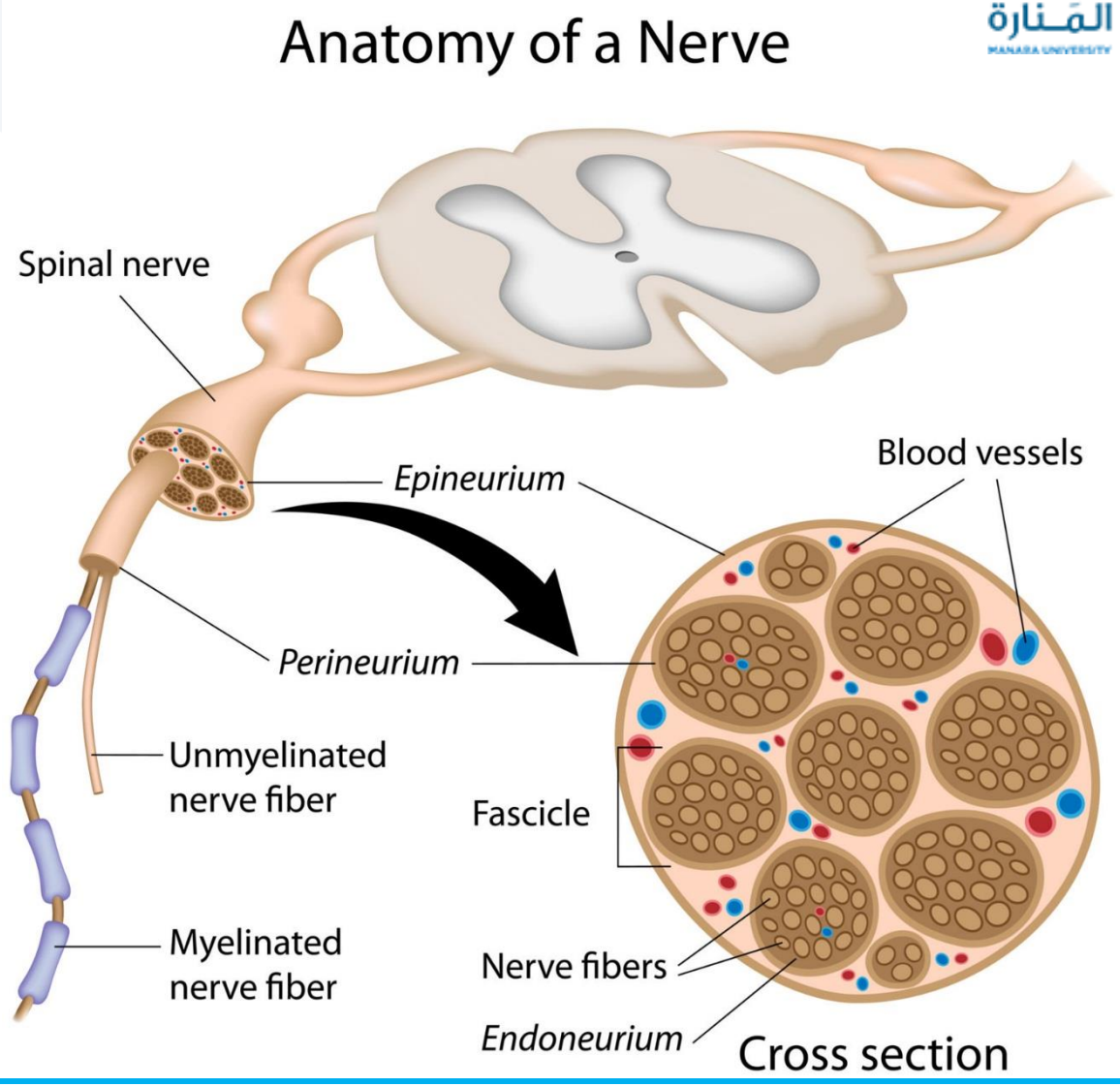
خلية شوان



غمد النخاعين

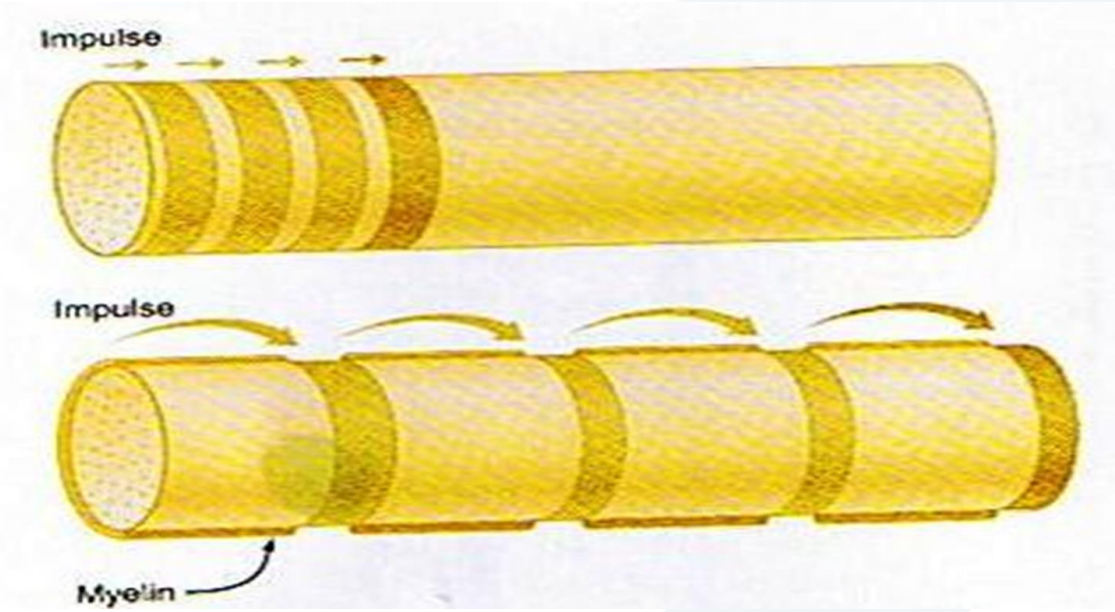


تركيب الأعصاب المحيطية
Organization of the Peripheral Nerves



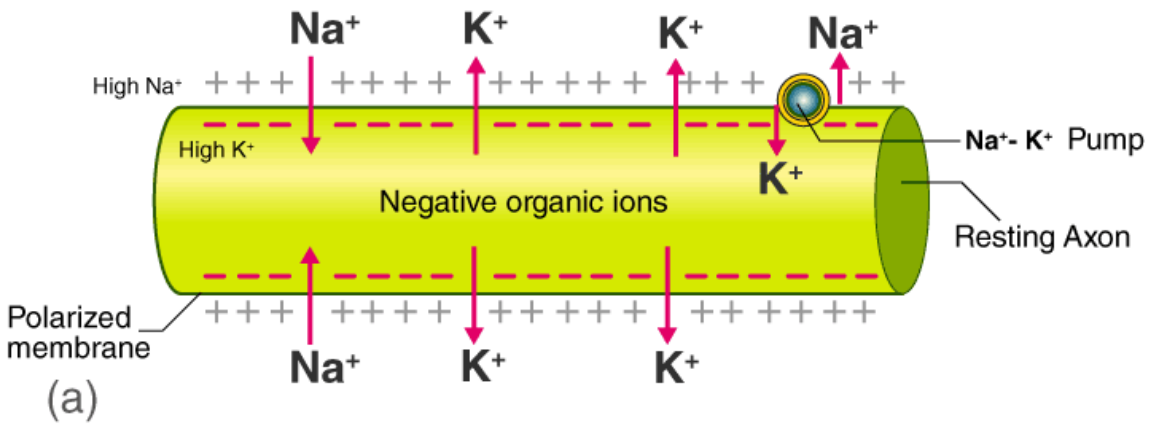
- يتركب العصب المحيطي من مئات إلى آلاف من المحاور المتراصة والمتحزمة بشكل وثيق.
- هذه المحاور محمية ومدعمة ومغذاة بطبقات متعددة من النسج الليفية والضامة العازلة والتي تفصل مجموعات الألياف إلى حزم متعددة تمر عبرها الأوعية الدموية واللمفاوية الخاصة بالعصب.

الإثارة والنقل العصبيين



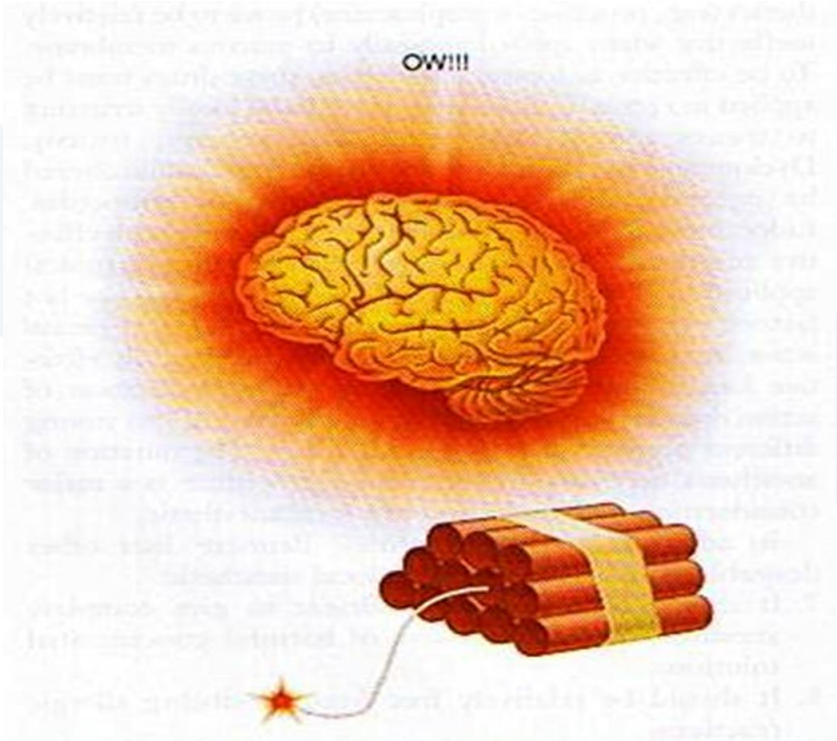
- الوظيفة الأساسية للأعصاب المحيطية هي نقل الرسائل بين الجملة العصبية المركزية CNS وبقية انحاء الجسم وبالعكس وتدعى هذه الرسائل ***بالسيالات العصبية***.
- تنشأ السيالات العصبية بتأثير منبهات (كيميائية، حرارية، ميكانيكية، كهربائية)، والتي يجب أن تكون بدرجة كافية من الشدة لإحداث التنبيه في النهايات العصبية الحرة المتخصصة أو في أي جزء من الليف العصبي، وتسمى الشدة المطلوبة لإثارة التنبه ***بعتبة التنبه***.

الإثارة والنقل العصبيين

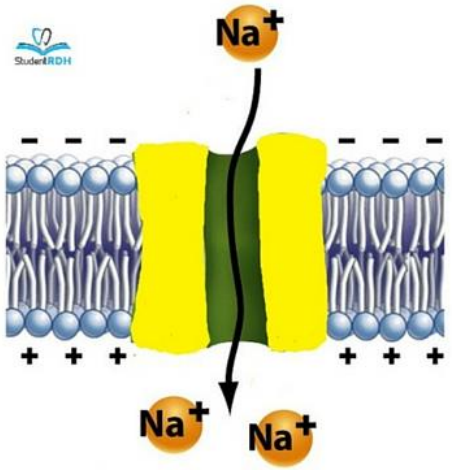


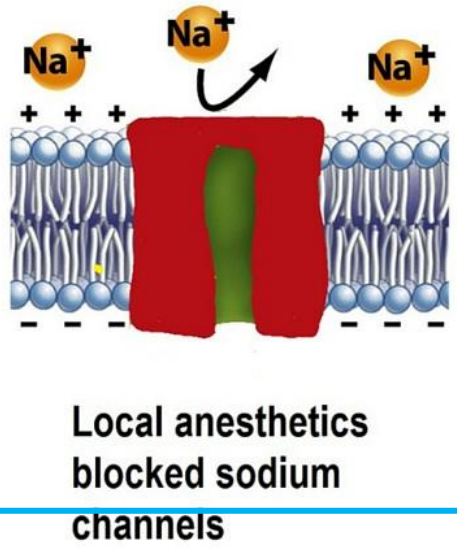
- لغشاء الليف العصبي في حالة الراحة مقاومة كهربائية أكبر ب 50 مرة منها في السوائل داخل وخارج الخلية وهذا يمنع مرور الأيونات حتى من المنطقة الأقل تركيزاً إلى الأعلى تركيزاً، وبالتالي لا يجتاز غشاء الليف العصبي أي تيار كهربائي وهو في حالة كمون الراحة.
- عندما يحدث تنبيه للعصب تنفتح الأقنية البروتينية وتمر من خلالها أيونات الصوديوم والبوتاسيوم على طول ممالات تركيزها مشكلة فرق كمون (فرق في الشحنة الكهربائية) على حافتي الليف وبالتالي تتشكل السيالة العصبية والتي هي عبارة عن تيار كهربائي على طول مسار الليف العصبي.

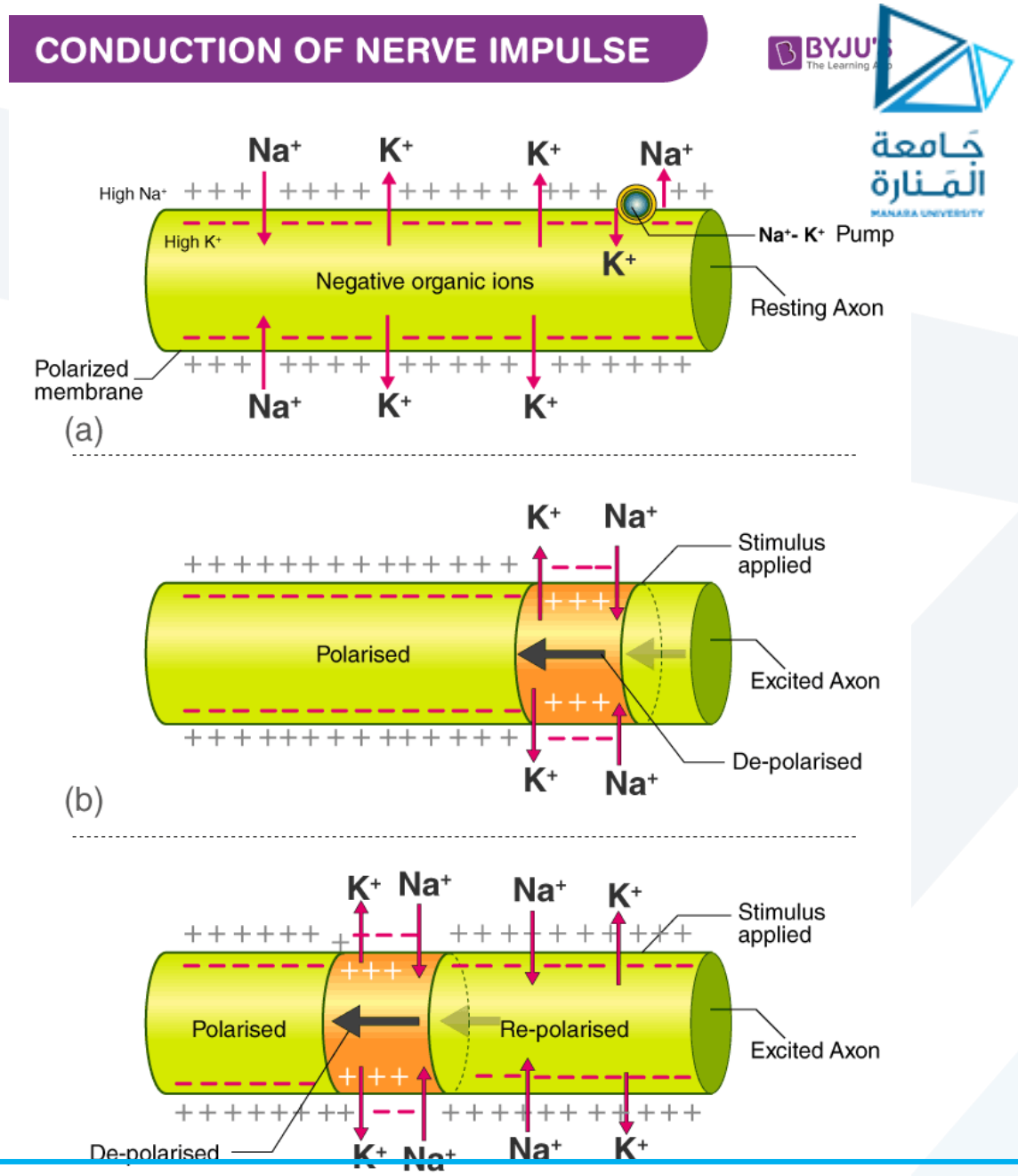
الإثارة والنقل العصبيين



- بعد تشكل السيالة تنتشر على طول الليف العصبي لتصل إلى المراكز العصبية، *ولا حاجة لاستمرارية المنبه لاستمراريتها.*
- تسير السيالة دون نقصان في السرعة أو الشدة أو السعة ما لم يغلق عليها الطريق (التخدير مثلاً).
- تأتي طاقة انتشار السيالة على طول المحور من الخلية العصبية نفسها ويعتمد ذلك على حالة الليف العصبي وليس على حالة المنبه الذي سبب تشكل السيالة.
- يشبّه هذا الفعل باشتعال فتيل البارود وتقدم اللهب على طوله.





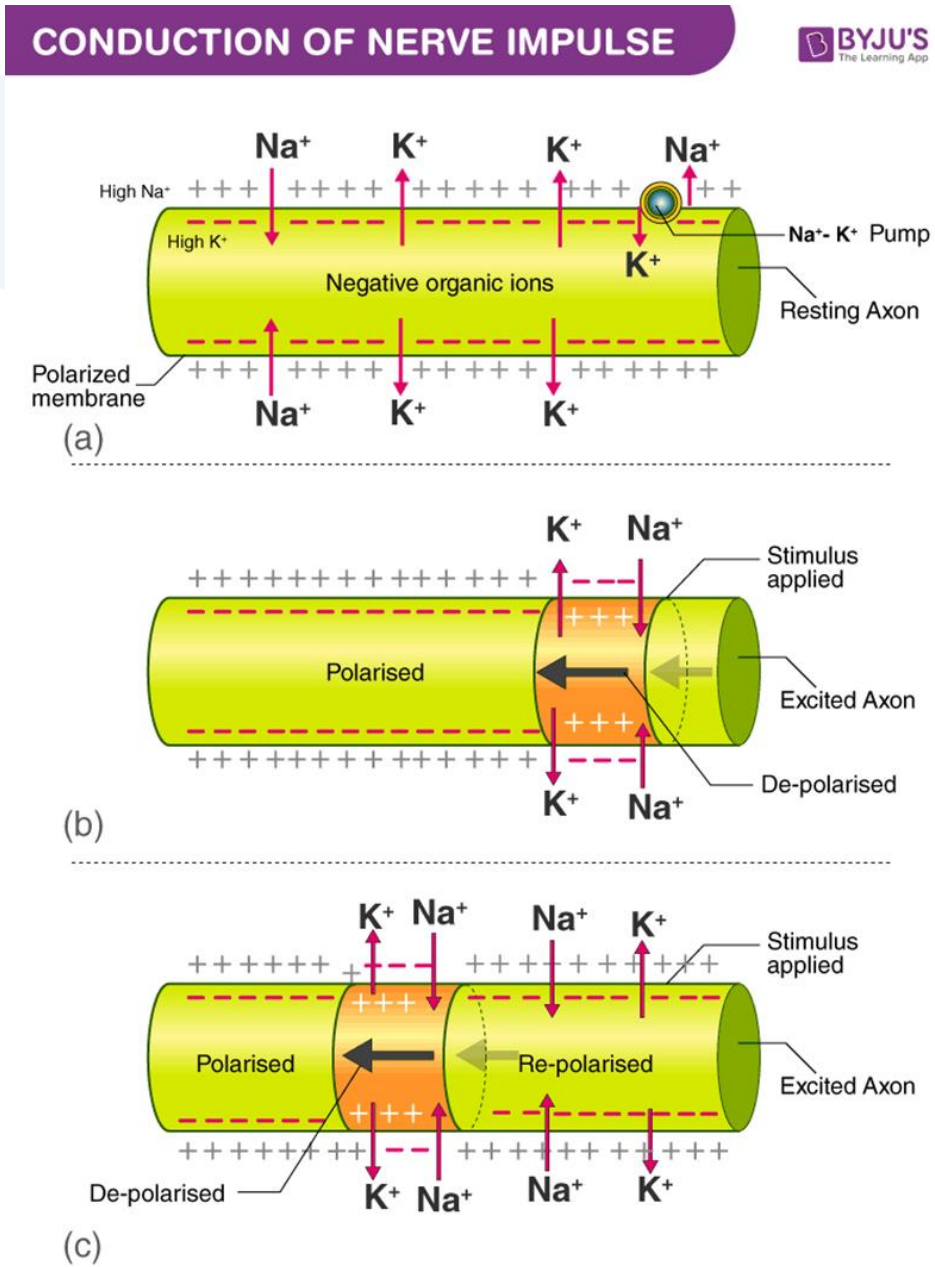


الفيزيولوجية الكهربائية للنقل العصبي

- المرحلة الأولى: *الليف العصبي في حالة كمون الراحة* ***Rest potential***

➢ يكون الليف العصبي في حالة الراحة في وضعية الاستقطاب **polarization** (كمون الراحة **mv -70**) وفيه يكون السطح الخارجي لليف العصبي ايجابي الشحنة بالنسبة لداخله.

الفيزيولوجية الكهربائية للنقل العصبي

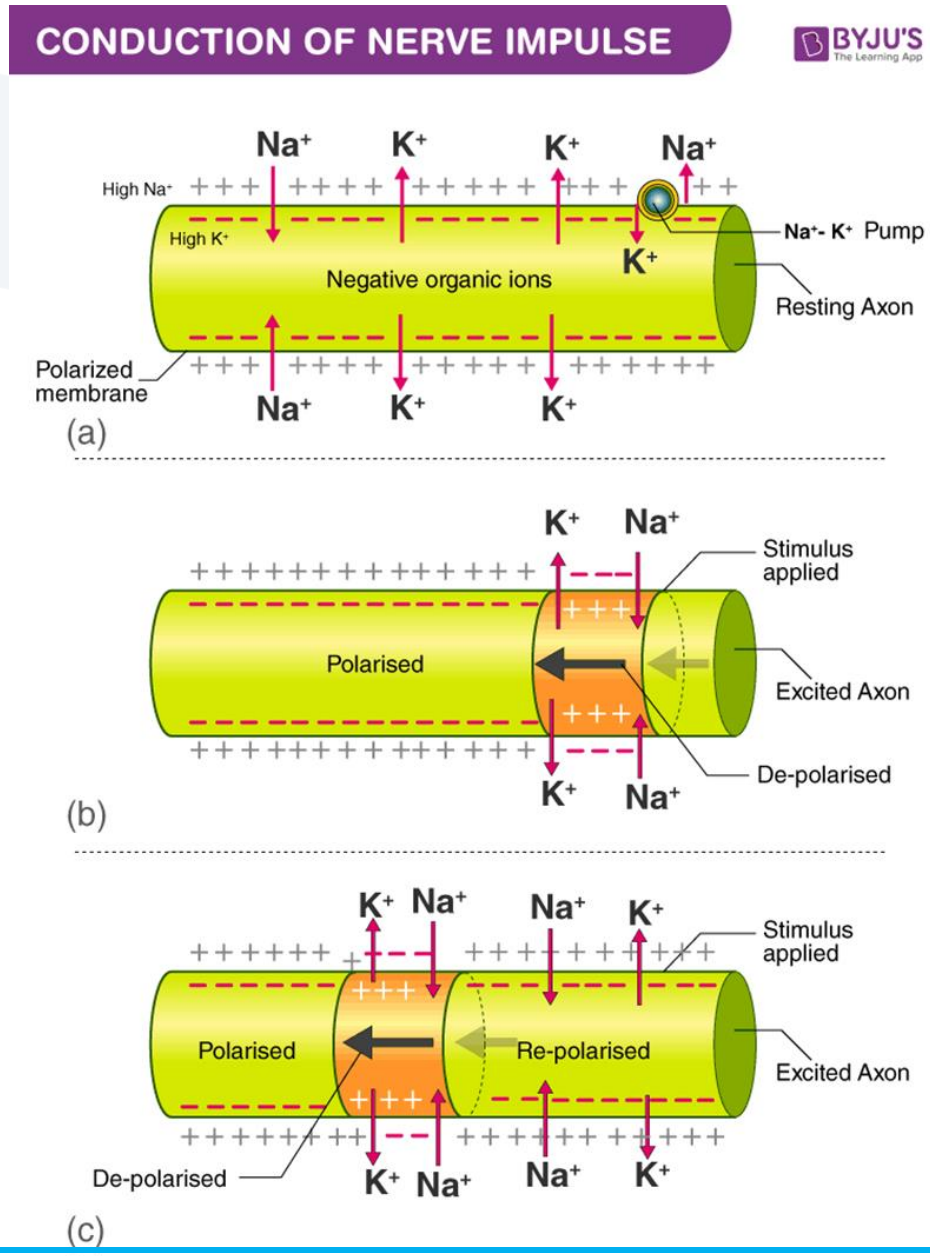


- المرحلة الثانية: الليف العصبي في مرحلة كمون العمل Action potential والذي يحدث عند تنبه العصب بأي مخرش خارجي يبلغ الشدة المطلوبة وهنا نميز فترتين (حسب شدة المنبه):

➢ فترة نزع الاستقطاب البطيئ slow depolarization وفيه يحدث نقص في كمون الراحة داخل الليف العصبي ليصبح أقل سلبية.

✓ عندما يصل الاستقطاب إلى مقدار -15 mv يصبح الفرق في الشحنة بين داخل العصب وخارجه كبيراً ليصل إلى ما يسمى بكمون العتبة اللازم لإثارة كمون الفعل (عتبة القدح).

الفيزيولوجية الكهربائية للنقل العصبي



- فترة نزع الاستقطاب السريع **rapid depolarization** وفيها تتغير الكمونية الكهربائية للعصب بشكل سريع، بحيث يصبح داخل الغشاء مشحوناً إيجابياً مقارنة مع سطحه الخارجي ويصل فرق الكمون الإيجابي إلى **+40mv** وعندها تقدح (تتشكل) السيالة العصبية؛ تنتشر على طول العصب باتجاه المراكز العصبية.
- هذا الإضطراب في الكمون في غشاء الليف العصبي يدعى كمون الفعل أو السيالة العصبية.

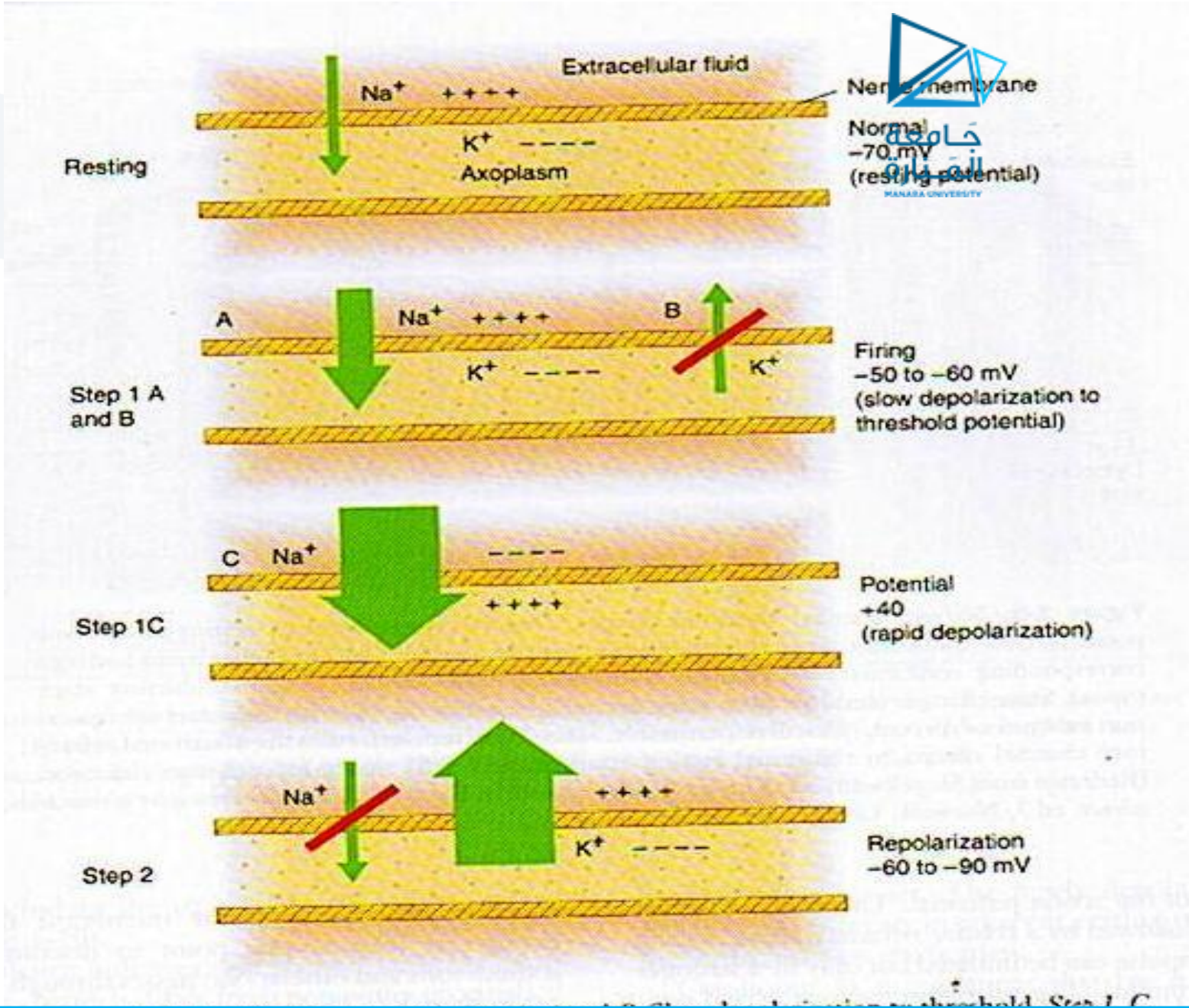


Figure 1-7. *Top*, Resting potential. *Step 1, A* and *B*, Slow depolarization to threshold. *Step 1, C*, Rapid depolarization. *Step 2*, Repolarization.

آلية تشكل السيالة العصبية

الفيزيولوجية الكهربائية للنقل العصبي

➢المرحلة الثالثة: *مرحلة عودة الاستقطاب* ***Repolarization***

في هذه المرحلة تتحول المحصلة الكهربائية داخل الليف العصبي بالتدريج إلى وضع أكثر سلبية مقارنة مع سطحه الخارجي حتى تصل إلى قيمتها في وضع الراحة.

- تستغرق المرحلة 2 و3، /1/ ميلي ثا، حيث تستغرق مرحلة نزع الاستقطاب 0,3m.sec، بينما مرحلة عودته 0,7m.s.
- بعد تشكل السيالة العصبية تدخل تلك المنطقة من العصب مرحلة قصيرة تكون خلالها غير قابلة للتنبه *(زمن الاستعصاء المطلق)*.

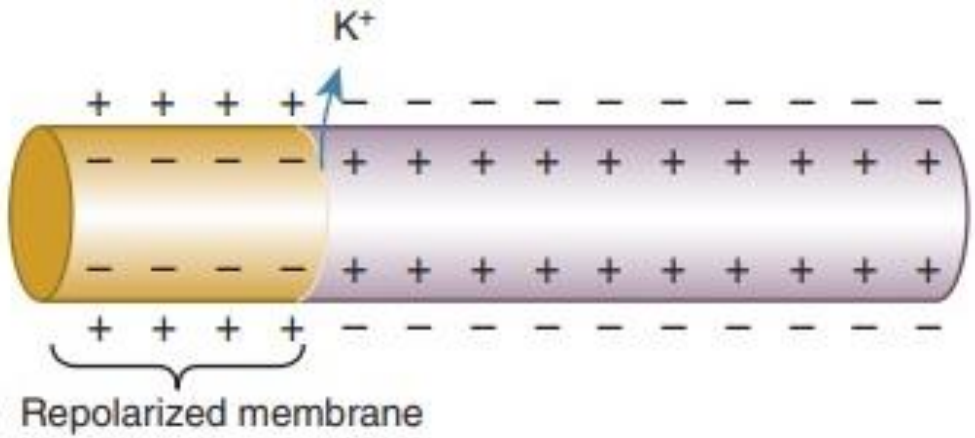
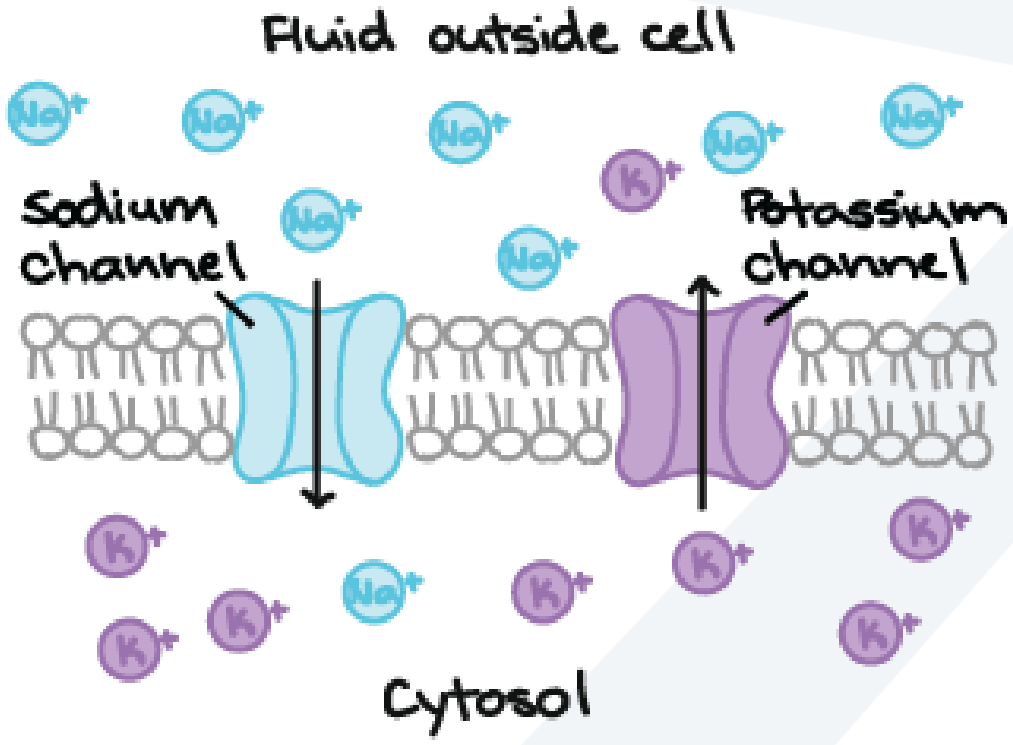


FIGURE 11-9 Nerve impulses.

الكهروكيميائية للنقل العصبي
Electrochemistry of nerve conduction

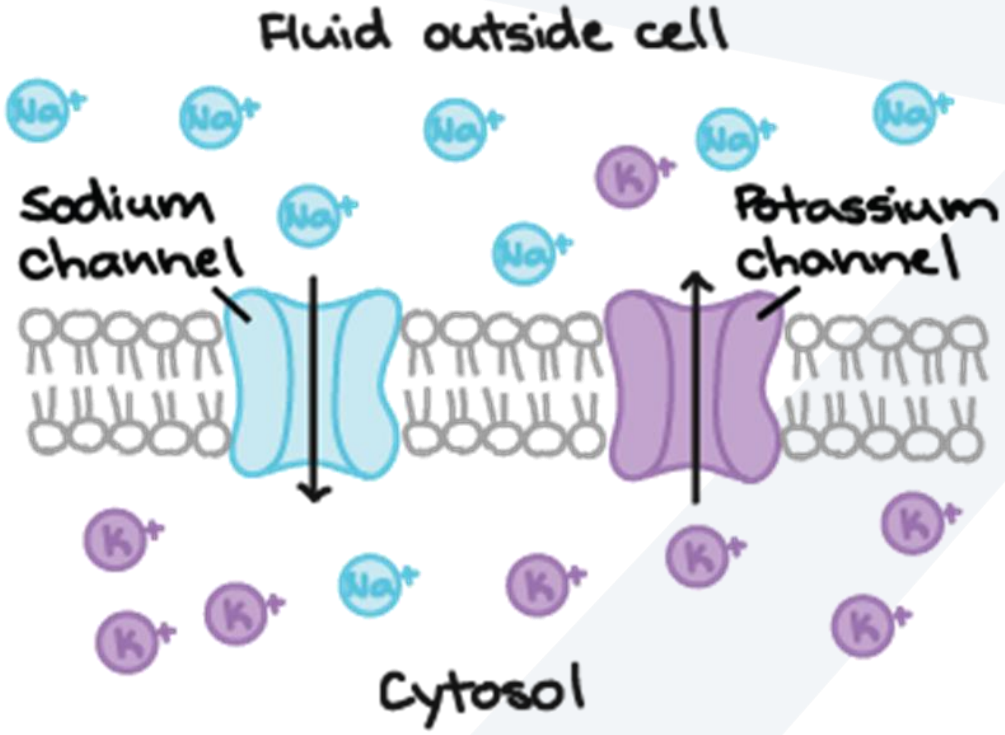


تعتمد الخواص الكهروكيميائية على عاملين هامين:

1. تركيز الشوارد في الهيلولى العصبية والسوائل المحيطة.
2. قابلية نفوذ غشاء الليف تجاه الشوارد وخاصة K+ & Na+

- يختلف تركيز الشوارد على طرفي غشاء الليف العصبي، حيث تركيز Na+ و Cl+ من الخارج عالياً، بينما تركيز K+ والشوارد العضوية عالياً داخل محور الليف العصبي.
- وبالتالي فإن الشوارد، بفعل قوى النفوذ من الوسط العالي التركيز إلى الوسط الأقل تركيز تسعى لتعديل تراكيزها على حافتي غشاء الليف العصبي.

الكهروكيميائية للنقل العصبي
Electrochemistry of nerve conduction



- لكن خاصية الغشاء النفوذ جداً لشوارد K+، وأقل نفوذية ل Cl-، وضعيف النفوذية ل Na+، يولد قوى كهربائية تعاكس قوي النفوذ وبالتالي تحافظ على التوازن الشاردي على حافتي الغشاء العصبي وهو ما يسمى بكمون الراحة.
- يكون غشاء الليف العصبي في حالة الراحة على شكل قطب خاص جاذب ل K+ ويتفاعل مع التبدلات في الوسط الداخلي والخارجي حسب كثافة K+ وليس حسب كثافة Na+ المرتفعة خارج الليف العصبي.
- كما أن خاصية الإماهة لشوارد Na+ في السوائل الخارجية يجعلها كبيرة الحجم وبالتالي غير قادرة على المرور عبر الأقنية.

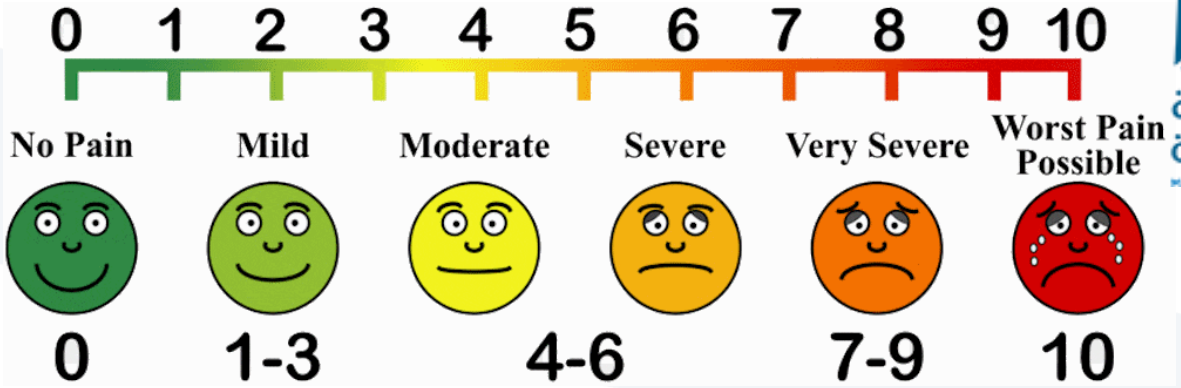
الألم والسيطرة على الألم

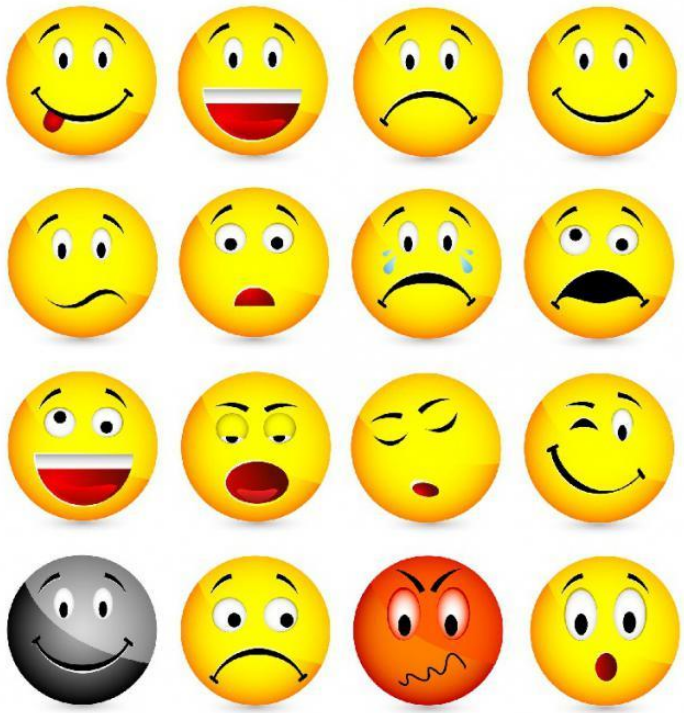
Pain and Control of Pain

Pain الألم

- الألم هو إحساس غير مرغوب فيه، وتعبير عاطفي مترافق مع تآذي فعلي أو كامن للنسج ناتج عن تأثير عامل منبه ومؤذي خارجي أو داخلي.
- ينتقل الأثر المؤذي من منطقة التنبيه عبر الألياف إلى المراكز العصبية ليفسر هناك بهذا الإحساس غير المرغوب فيه أو المزعج والذي يسمى الألم.
- باثوفيزيولوجياً يمثل الألم منعكس حماية يجعل الجسم يتنبه لوجود الضرر أو الأذي لدرء الخطر والمحافظة على الذات.

Pain الألم





- الألم هو تعبير شخصي subjective (يختلف من شخص لآخر)، ومن غير الممكن قياسه بصورة موضوعية objective، ويجب النظر إليه كظاهرة معقدة لها أبعاد جسدية somatic، فيزيولوجية عصبية neurophysiological، ونفسية psychological.
- للألم ثلاثة اطوار:

A. جانب ادراكي أو محسوس perceptive phase.

B. جانب انفعالي emotional phase.

C. جانب رد الفعل reaction phas.

وبالتالي هناك مرحلتين أساسيتين:

❑ إدراك (تفسير) الألم Pain perception

- هي حدثية فيزيولوجية تشريحية تبدأ في النهايات العصبية الحرة أو مستقبلات الألم ثم تنتقل منها إلى المراكز العصبية العليا دون المرور بالمهاد (السرير البصري) thalamus.
- ***إدراك الألم واحد عند جميع الأشخاص تقريباً.***

حس الألم Pain Sensation

تنتقل نبضات الألم إلى CNS بنوعين من الألياف:

- الأولى: الياف مغمدة من نوع A -Δ قطرها حوالي 4- 5 micron، بسرعة نقل 12-30 m/sec.
- الثانية: الياف غير مغمدة من نوع /C/ قطرها 0,5- 1 micron، بسرعة نقل 1,2-2m/sec.

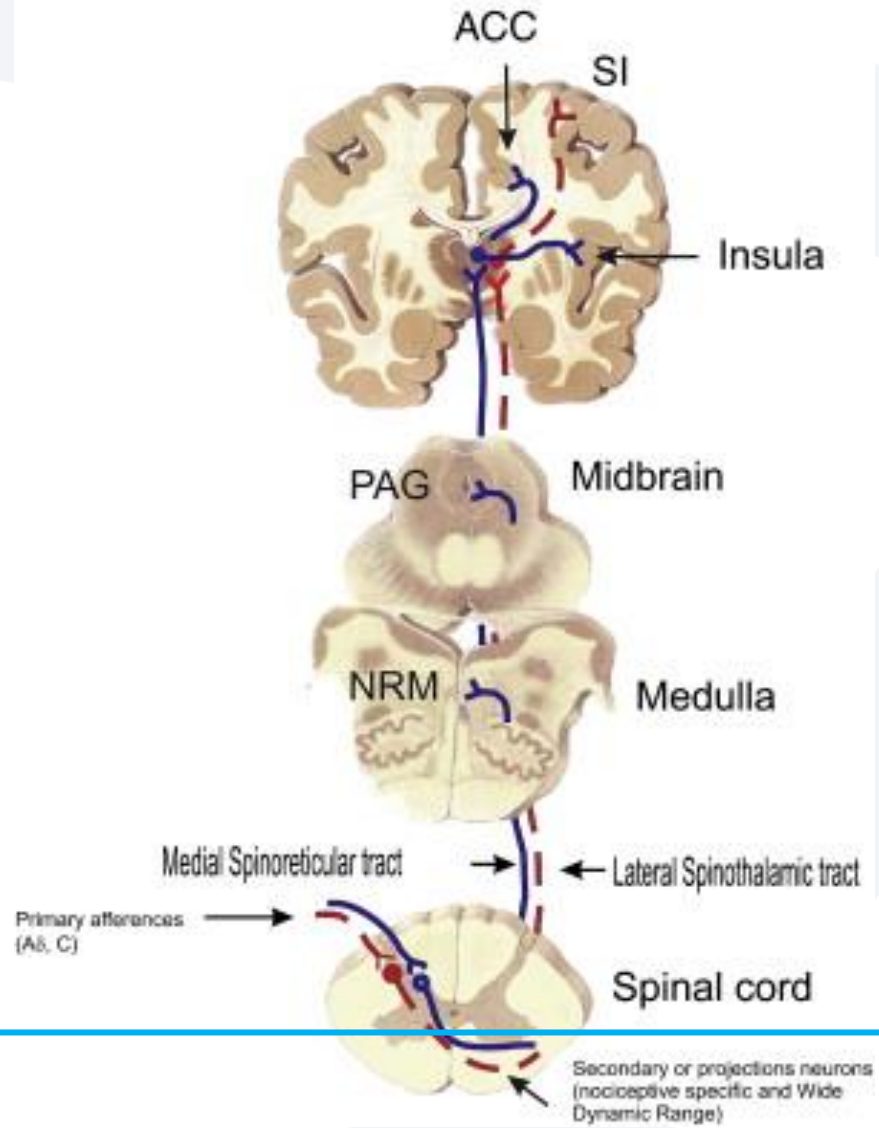
بسبب وجود هذين النوعين من الألياف هناك نوعان من الألم:

- الألم الأول first pain وهو سريع، حاد، محدد وموضع.
- الألم الثاني second pain وهو بطيئ وباهت، ينتشر حول نقطة التنبيه ويدوم طويلاً.

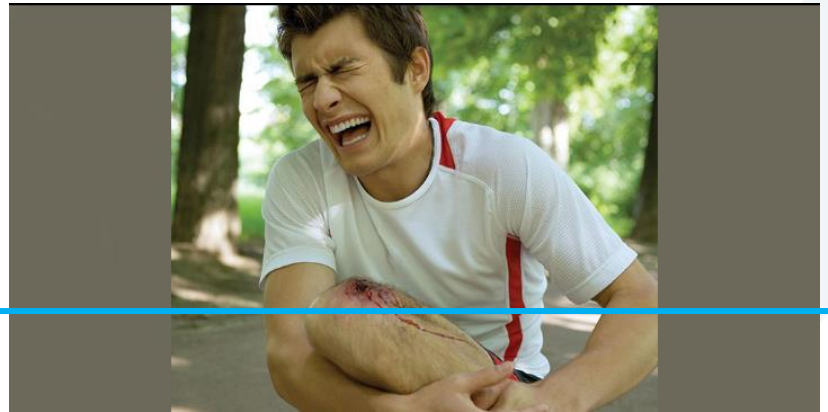
رد فعل الألم Pain reaction

- هي ما يظهره الشخص تجاه هذا التنبيه أو الأذية، ويختلف بشكل كبير من شخص إلى آخر وعند الشخص نفسه من وقت إلي آخر وهذا عائد إلى الحالة الفيزيولوجية للشخص.
- تتظاهر ردود الفعل بأشكال مختلفة: تغيير تعابير الوجه، التعرق، تغير ضربات القلب، تبدل حركات التنفس، تقييد الوظيفة، الاحتراز، سحب العضو المُنبّه، الصراخ، البكاء ..... وذلك بما يتناسب مع عتبة الألم عند الشخص.

Pain Reaction رد فعل الألم



- يتدخل في هذه الحدثية المهاد الخلفي posterior thalamus وقشرة الدماغ الحسية sensory brain cortex.
- تتجمع السيالات العصبية في المراكز في المهاد (وهي المحطة التي تتشابك فيها الألياف الحسية الصاعدة) وهنا يحدث التفسير والتجسيم الأولي للألم.
- من ثم نقله إلى قشرة الدماغ (وهي المركز الأعلى مستوى لتقييم الألم، تمييزه وإعطاءه معنى ومن ثم اصدار الأوامر باتخاذ الإجراءات اللازمة.

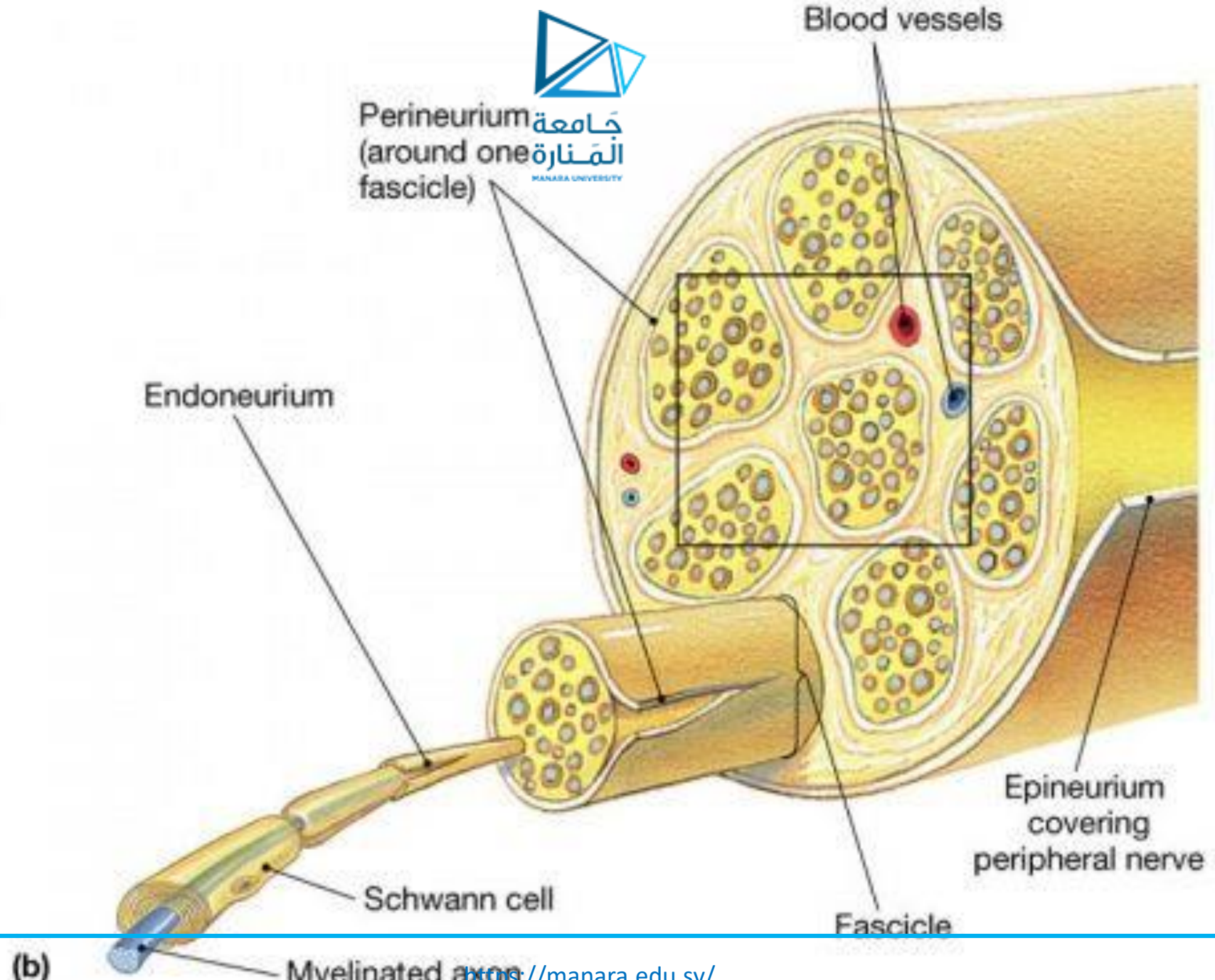


عتبة الألم Pain Perception

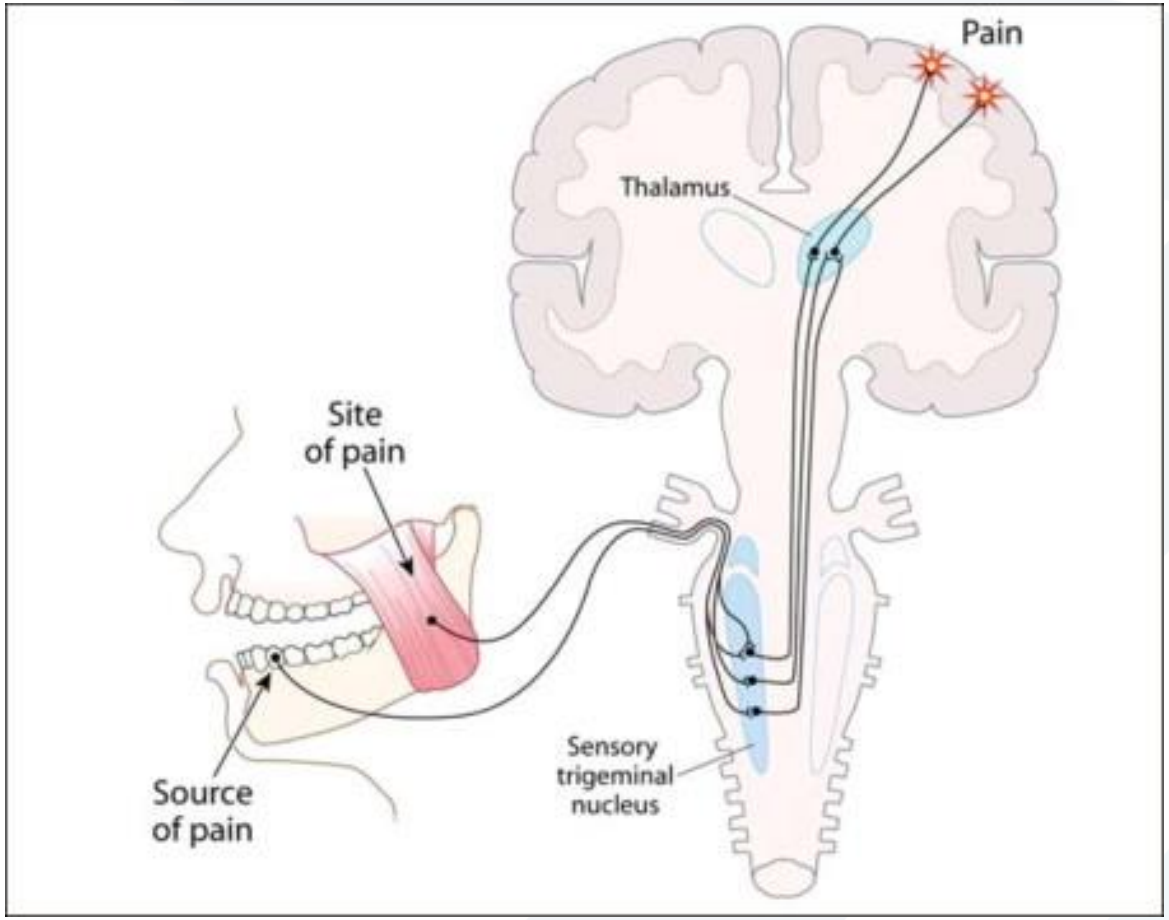
- يتعلق رد فعل الشخص تجاه الألم بمقدار عتبة الألم، فمن تكون عنده عتبة الألم مرتفعة يكون ضعيف التنّبه (مزاجه غير عصبي) والعكس بالعكس.
- كون عتبة الألم مرتفعة أو منخفضة عائد إلى حدة أو قلة رد الفعل المزاجي عند تعرضه لأي تنبيه مزعج، علماً بأن كمية المنبه المحدثة لحس الألم لا تختلف كثيراً بين الحال الأول والثاني.
- العوامل المؤثرة في عتبة الألم: الحالة النفسية، الحالة الجسدية (التعب)، العمر، العرق والطبائع، الجنس.

حقائق

- ***الليف الناقل للسيالة العصبية يعد ممراً منفصلاً عن الألياف المجاورة له في الجذع العصبي، بحيث يمكن أن يتنبه الليف بمفرده أو مجموعة الياف وذلك حسب شدة المنبه.***
- ***لكي يتكون حس الألم لابد أن يطرأ تبدل في النسج المنبهة.***
- ***لكي يثار حس الألم لابد أن يكون المنبه بدرجة من الشدة كافية لإحداث التنبيه (عتبة التنبيه)، وتختلف من عصب لآخر.***
- ***تتناسب عتبة التنبيه لمحور عصبي عكساً مع قطره أي كلما كان الليف أثخن كانت عتبة التنبيه أخفض.***
- ***التنبيه الشديد للنهايات العصبية يؤدي إلى رد فعل شديد وهذا ليس ناتج عن فرق في شدة السيالات العصبية (فهي ثابتة في كل ليف) لكنه ناتج عن تنبيه أكثر من ليف عصبي.***

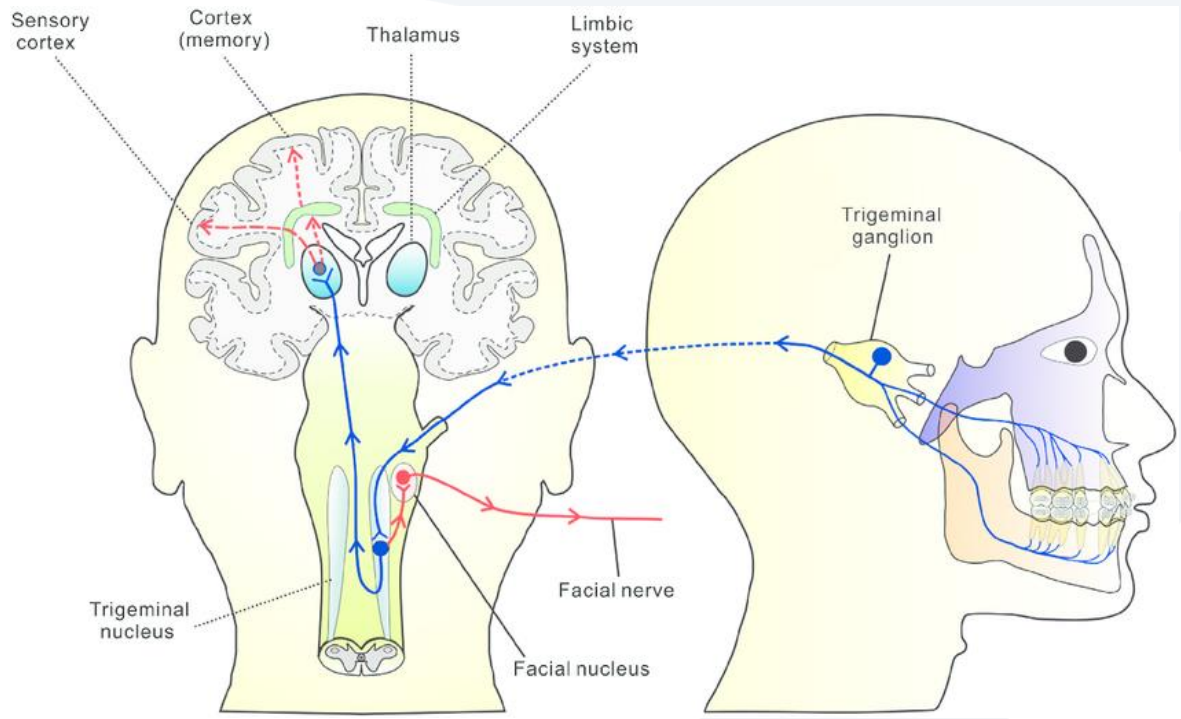

Blood vessels
Perineurium (around one fascicle)
Endoneurium
Epineurium covering peripheral nerve
Schwann cell
Fascicle
(b)
Myelinated axon

النقل العصبي من المنطقة الوجهية الفكية
Nerve Conducting from Maxillofacial regions



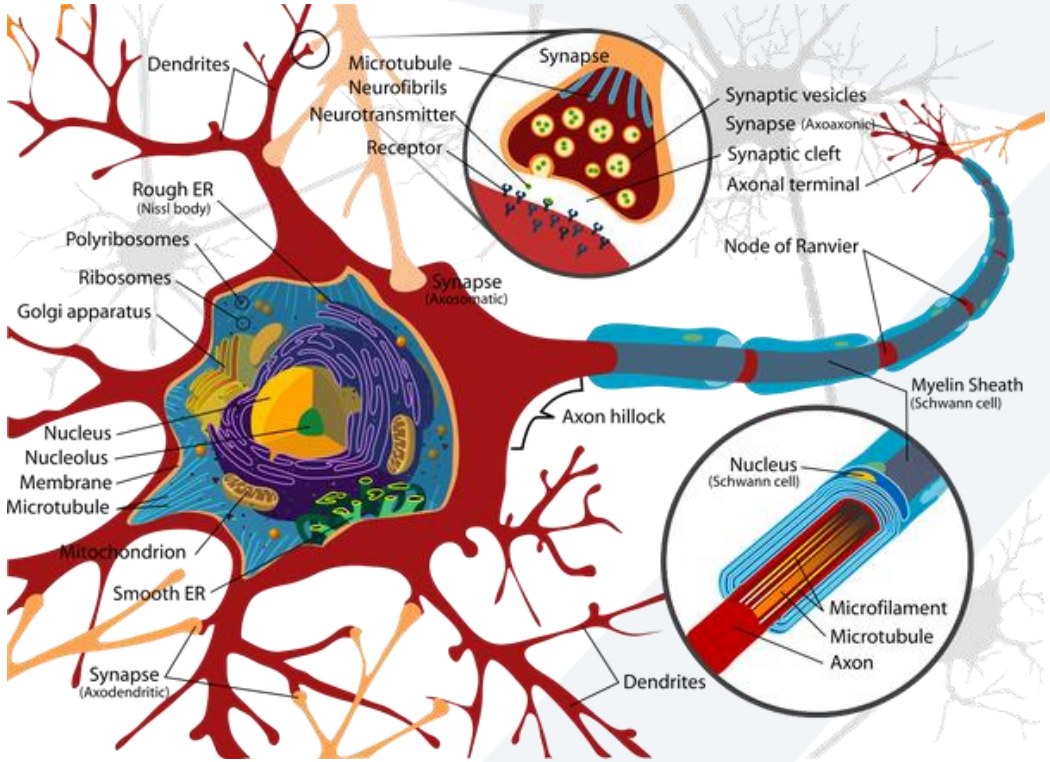
- يُعتبر العصب القحفي الخامس (عصب مثلث التوائم trigeminal nerve)، العصب الحسي الأساسي للحفرة الفموية ونواحي الوجه وجزء كبير من الرأس.
- تتلقى التنبيه النهايات العصبية لفروعه الثلاث (العيني، الفكي، والفكي السفلي) وتنقلها إلى عقدة غاسر gasserian ganglion داخل القحف.
- منها عبر الجسر العصبي pons تتجه نازلة بواسطة جذع مثلث التوائم عبر البصلة السيسائية medulla oblongata لتصل إلى القسم الرقبي من النخاع الشوكي (على مستوى الفقرة الثانية) *وهنا ينتهي العصبون الأول.*

Nerve Conducting from Maxillofacial regions



- في هذا المستوى ومن نواة النخاع الشوكي يخرج المحور العصبي للعصبون الثاني متجهاً نحو الأعلى ليشكل المسلك الشوكي المهادي للعصب مثلث التوائم وينتهي بنواة داخل المهاد؛ *هنا يبدأ العصبون الثالث نحو قشرة الدماغ.*
- الطريق الذي يبدأ من النهايات العصبية حتى المهاد (دون شمول المهاد) *يتعلق بإدراك الألم* ***pain perception.***
- الطريق من المهاد ليشمل قشرة الدماغ *يتعلق برد فعل الألم* ***pain reaction.***

Nerve Conducting from Maxillofacial regions



- النقل العصبي بين عصب وآخر أو المركز ليس بالضرورة تشريحياً (بالاتصال المباشر فيما بينها) وإنما يعتمد على آلية فيزيولوجية كيميائية أو كهربائية.
- النظرية الكيميائية تقول بتحرر وسائل النقل الكيميائية والتي تدعى بالنواقل العصبية neurotransmitter مثل dopamine, norepinephrine، acetylcholine والتي تفرز في منطقة تجاور الألياف العصبية (المشابك synapses)، مسببة تنبيه عصبياً من العصب قبل المشبك إلى العصب بعد التجاور وبالتالي استمرار السيالة.

السيطرة على الألم
Control of Pain

هناك حقلان رئيسيان للسيطرة على الألم

- التسكين Analgesia وفيه تحدث السيطرة على حس الألم وذلك بالتأثير على مراكز الألم في الجملة العصبية المركزية.
- التخدير Anesthesia وفيها يحدث إيقاف مؤقت وردود لكل الاحساسات المتواجدة في المنطقة المُخدّرة، بما فيها حس الألم، كما ويتأثر التعصيب الحركي للمنطقة مما يقود إلى تعطيل الوظيفة طوال فترة التخدير، هناك نوعين من التخدير:
  - التخدير الموضعي.
  - التخدير العام.

ملاحظة: بالتخدير العام يتم السيطرة الكاملة على الجهاز العصبي المركزي مما يمنعه من تفسير الاحساسات الواردة إليه من الأعضاء.

التخدير العام

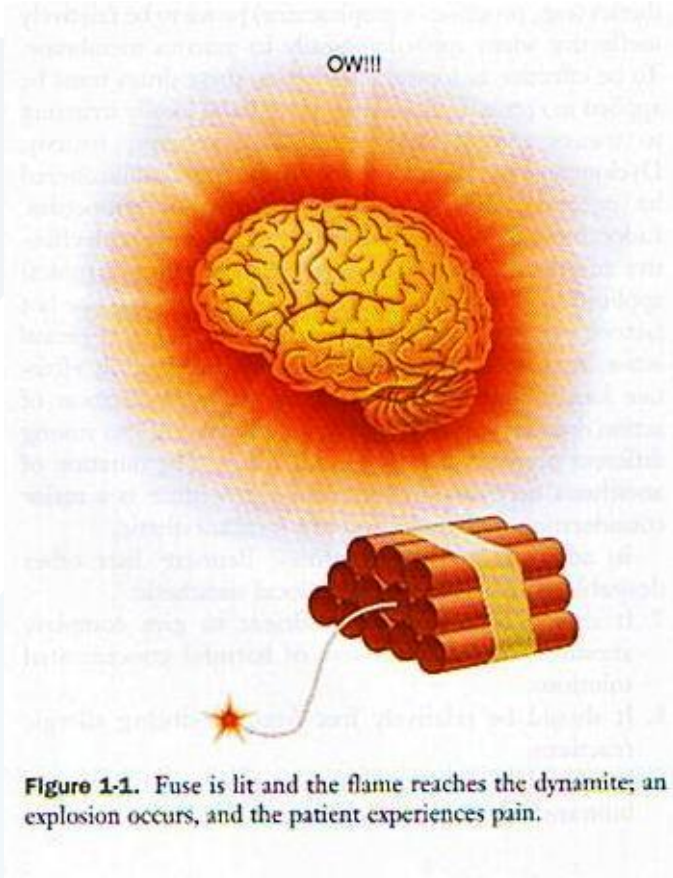
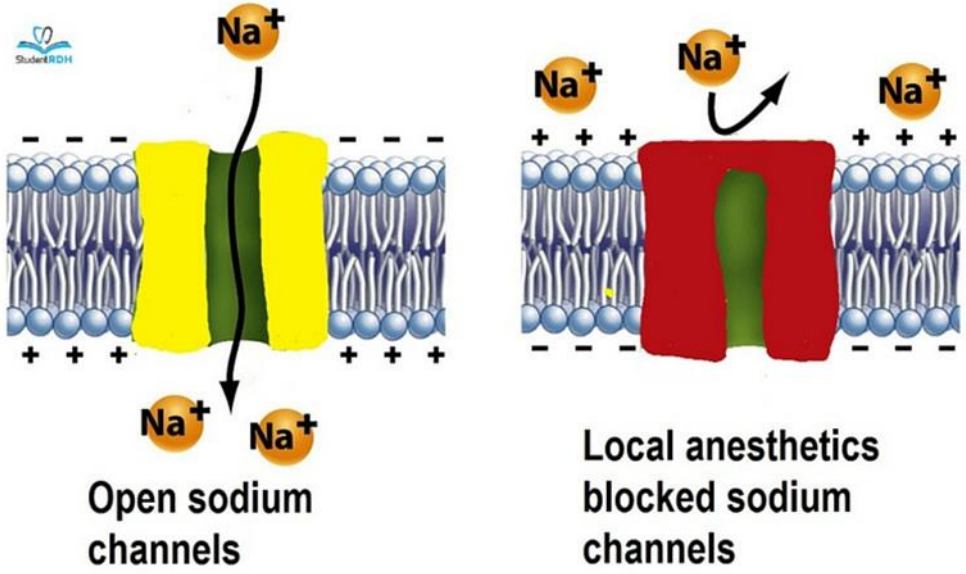


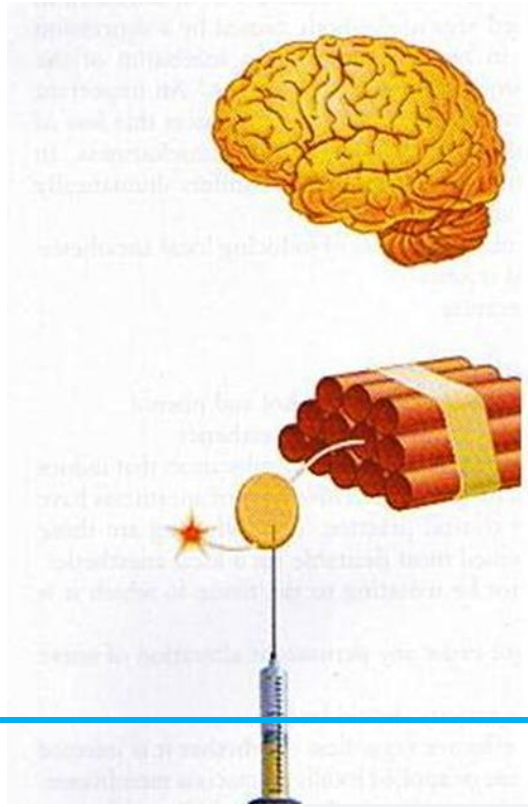
Figure 1-1. Fuse is lit and the flame reaches the dynamite; an explosion occurs, and the patient experiences pain.

الموضعي الموضعي

Figure 1-2. Local anesthetic is placed at some
the pain stimulus and the brain (dynamite). The
travels up to the point of the local anesthetic a
then "dies," never reaching the brain, and pain

طُرق السيطرة على الألم
Control of Pain





- *إزالة السبب:* إزالة السبب سيمنع حدوث الألم ولكن ذلك غير ممكن من الناحية العملية لأن الاجراء الجراحي هو السبب.
- *إغلاق الطريق تجاه السيالات العصبية:* وهو أكثر الطرق المستخدمة في مجال طب الأسنان، وتستخدم فيها المخدرات الموضعية والتي يؤدي وضعها بجوار النهايات العصبية الحرة أو العصب إلى إما منع تشكل السيالة في هذه النهايات أو قطع الطريق على السيالة العصبية القادمة من منطقة تشكلها إلى المراكز العصبية بسبب الاحصار في منطقة وضع المخدر.

رفع عتبة الألم

- تستخدم لهذا الغرض أدوية ذات خواص مسكنة للألم والتي تؤثر على المراكز العصبية الرئيسية دون التدخل في منطقة العمل أو في السبب المُنبه وبالتالي تسير السيالة العصبية وتصل إلى المراكز ولكن بسبب التثبيط الجزئي لهذه المراكز تكون ردة الفعل أقل شدة وتستخدم لهذا الغرض:

- أدوية غير منومة nonnarcotic analgesics (الأسبيرين، السيتامول .....) والتي تؤثر على الآلام الخفيفة والمتوسطة.
- أدوية مخدرة (منومة) narcotic analgesics (morphin)والتي تثبط المراكز العصبية بشكل كامل.

إنقاص رد فعل الألم بتثبيط قشرة الدماغ

- من أجل السيطرة على رد فعل الألم أو إزالته بشكل كامل يستخدم التخدير بشكل عميق وفعال (التخدير العام) وذلك بتثبيط قشرة الدماغ؛ وهذا ما يمنع من تشكل رد فعل على الألم (بالرغم من أن السيالة العصبية تصل إلى الدماغ).

➢ ***استخدام المخدرات العامة بجرعة أقل من اللازمة لإحداث تخدير عميق وفعال قد يزيد من رد فعل المريض تجاه المُنبه وذلك بسبب الاضطراب وضعف السيطرة على ردود الفعل.***

الطرق العلاجية النفسية البدنية Psychosomatic Methods

- هذه من الطرق السليمة - والتي لا تعتمد على الأدوية- ودون أية تأثيرات جانبية وقد تكون فعالة جداً في بعض الأحيان.
- تعتمد على التأثير على البعد العاطفي للألم ورد الفعل عليه وذلك من خلال زيادة ثقة المريض بنفسه واقناعه بأن الألم أو الإزعاج الذي سيتعرض له المريض ليس مرعباً ويمكن تحمله. كما يجب الشرح المفصّل للمريض عن كل الاجراءات.
- في هذا الاطار يستخدم التنويم المغناطيسي (التنويم الإيحائي)، المعالجة الإرضائية (الاقتناع بفعالية الدواء أو الاجراء)، الدعاء، الكتايب .....

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY
https://manara.edu.sy/