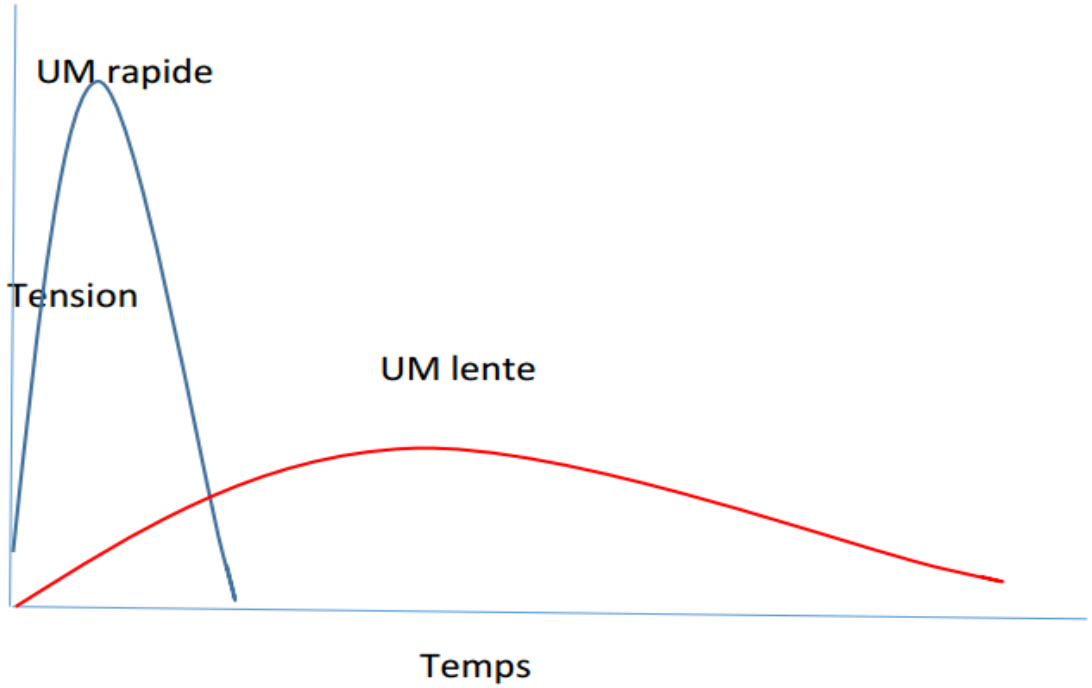
التحكم العصبي في الحركة

- تنقبض العضلة عندما تتقلص أو تقصر الألياف العضلية المكوِّنة لها.
- يتقلص كل ليف عضلي تحت تأثير عصبون حركي.
- تُعرَّف الوحدة الحركية بأنها مجموعة تتكوّن من عصبون حركي ألفا (α) وجميع الألياف العضلية التي يقوم بتعصيبها.
- يتحكم عصبون حركي واحد في مجموعة من الألياف العضلية التي يقوم بإثارتها.
- يمكن للعصبون الحركي الواحد أن يعصب عددًا قليلاً من الألياف العضلية (قد يصل إلى 3 ألياف فقط)، أو عددًا كبيرًا قد يبلغ حوالي 2000 ليفة عضلية.
- يختلف عدد الألياف العضلية التي يعصبها العصبون الحركي تبعًا للمتطلبات الوظيفية، وحجم العضلة، ودرجة الدقة الحركية المطلوبة.
- عند تنشيط الوحدة الحركية، تتقلص جميع الألياف العضلية المكونة لها.
- عند تسجيل منحنى القوة الناتج عن هذا التقلص، يتم الحصول على منحنى على شكل جرس يعرف بـ (Muscle Twitch)



- عندما يتم تحفيز الوحدة الحركية مرتين بفاصل زمني أقل من مدة التقلص (قبل انتهاء التقلص الأول)، نلاحظ أن التأثيرات الميكانيكية للتقلصين تتجمع.
- نتيجة لذلك، تصبح القوة الناتجة عن التحفيز الثاني أكبر من الأولى.
- إذا تم تكرار هذا الإجراء مع تقليل الفاصل الزمني وزيادة عدد التحفيزات، يحدث جمع تدريجي للتقلصات.
- إذا أصبح الفاصل الزمني قصيرًا جدًا، يحدث تشبع، حيث تصل الوحدة الحركية إلى قوتها القصوى، وهذا ما يسمىTétanos musculaire

- يؤدي كمون عمل واحد (PA) إلى حدوث تقلص أو إرتعاشة عضلية واحدة *"أي تقلص عضلي فجائي ومعزول"*.

- في الظروف الفيزيولوجية الطبيعية، تؤدي عدة كمونات عمل متتالية إلى تجمع التقلصات العضلية، مما ينتج عنه تقلص عضلي منتظم ومستمر.

- تكرار كمونات العمل يؤدي إلى إستمرار التأثيرات التقلصية دون حدوث إسترخاء، وهو ما يُعرف بـ (Tetanus)، والذي قد يكون:

- غير كامل
- أو كامل

- مبادئ تجنيد أو تعبئة الوحدات الحركية Principes de recrutement des unités motrices

* عند تحفيز وحدة حركية، تحدث إحدى حالتين: إما أن تتقلص أو لا تتقلص، دون وجود حالة وسطى.

* إن الوحدة الحركية تتبع قانون "الكل أو لا شيء"

سؤال: كيف يتحكم الجهاز العصبي في تغيير قوة العضلات بشكل مستمر؟

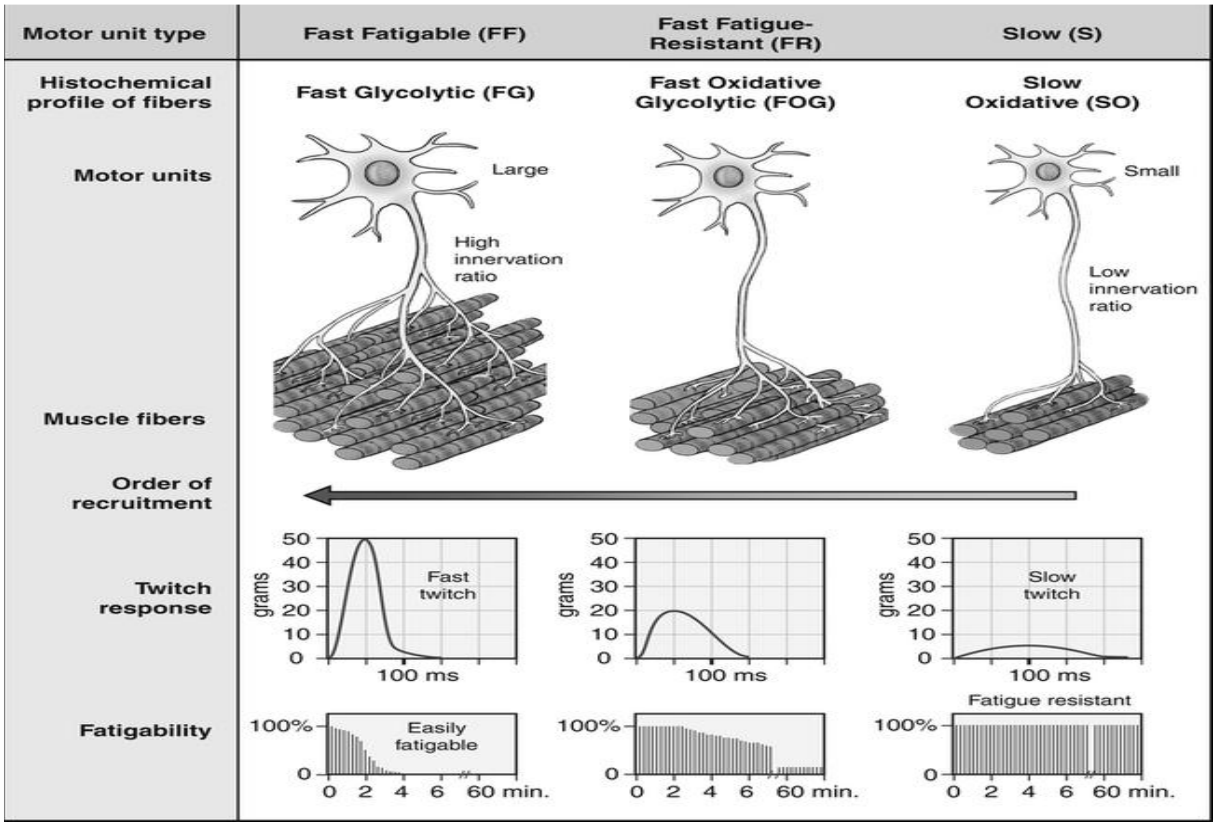
●هناك استراتيجيتان رئيسيتان:

1.**التعبئة المكانية:**

♣زيادة عدد الوحدات الحركية المجندة أو المعبئة يؤدي إلى زيادة القوة.

♣هناك وحدات حركية سريعة وبطيئة، بالإضافة إلى وحدات كبيرة (قوة عالية) وصغيرة (قوة منخفضة).

♣وفقًا لقانون هينمان ، (1957)يبدأ الجهاز العصبي بتجنيد العصبونات الحركية الصغيرة (التي تتحكم في وحدات صغيرة وبطيئة)، ثم الكبيرة التي تتحكم الوحدات السريعة



2.التعبئة الزمنية:

♣يتم تعديل قوة العضلة عن طريق تغيير تردد التحفيز.

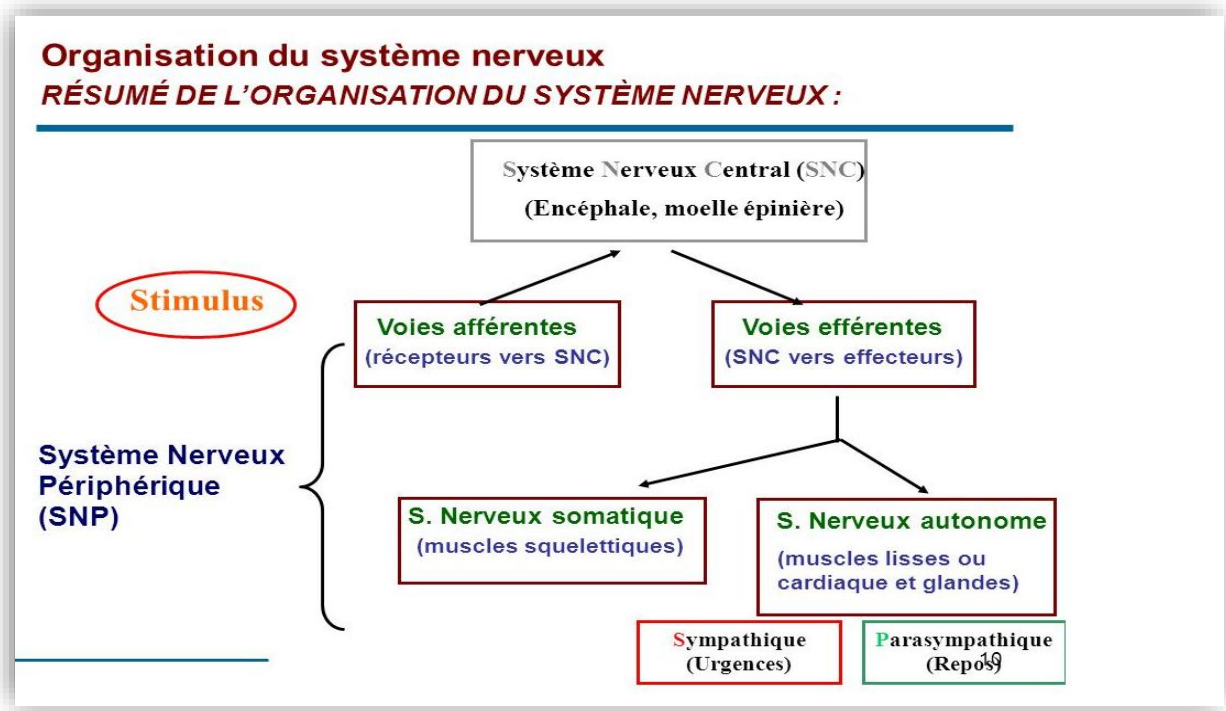
لقد رأينا أن الوحدة الحركية (، UM)إذا تم تحفيزها بتردد عالٍ، يمكنها (بفضل ظاهرة التجميع) أن تولد قوة انقباض أعلى .لذلك، يمكن للجهاز العصبي (،SN)من خلال تعديل تردد التحفيز، أن يُحدث تغييرات كبيرة في قوة العضلة.

ملخص:

للوصول إلى قوة معينة، يمكن للجهاز العصبي إما تجنيد عدد كبير من الوحدات الحركية مع ترددات منخفضة أو تجنيد عدد أقل من الوحدات الحركية بترددات عالية.

تنظيم الجهاز العصبي

- ينسق الجهاز العصبي مع الجهاز الغدد الصماء وظائف جميع الأجهزة للحفاظ على التوازن الداخلي
- وظائف الجهاز العصبي:
  - **الحسية :**الكشف عن التغيرات داخل وخارج الجسم.
  - **التكاملية :**معالجة المعلومات واتخاذ القرار.
  - **الحركية :**تقديم استجابة حركية عبر العضلات أو الغدد.



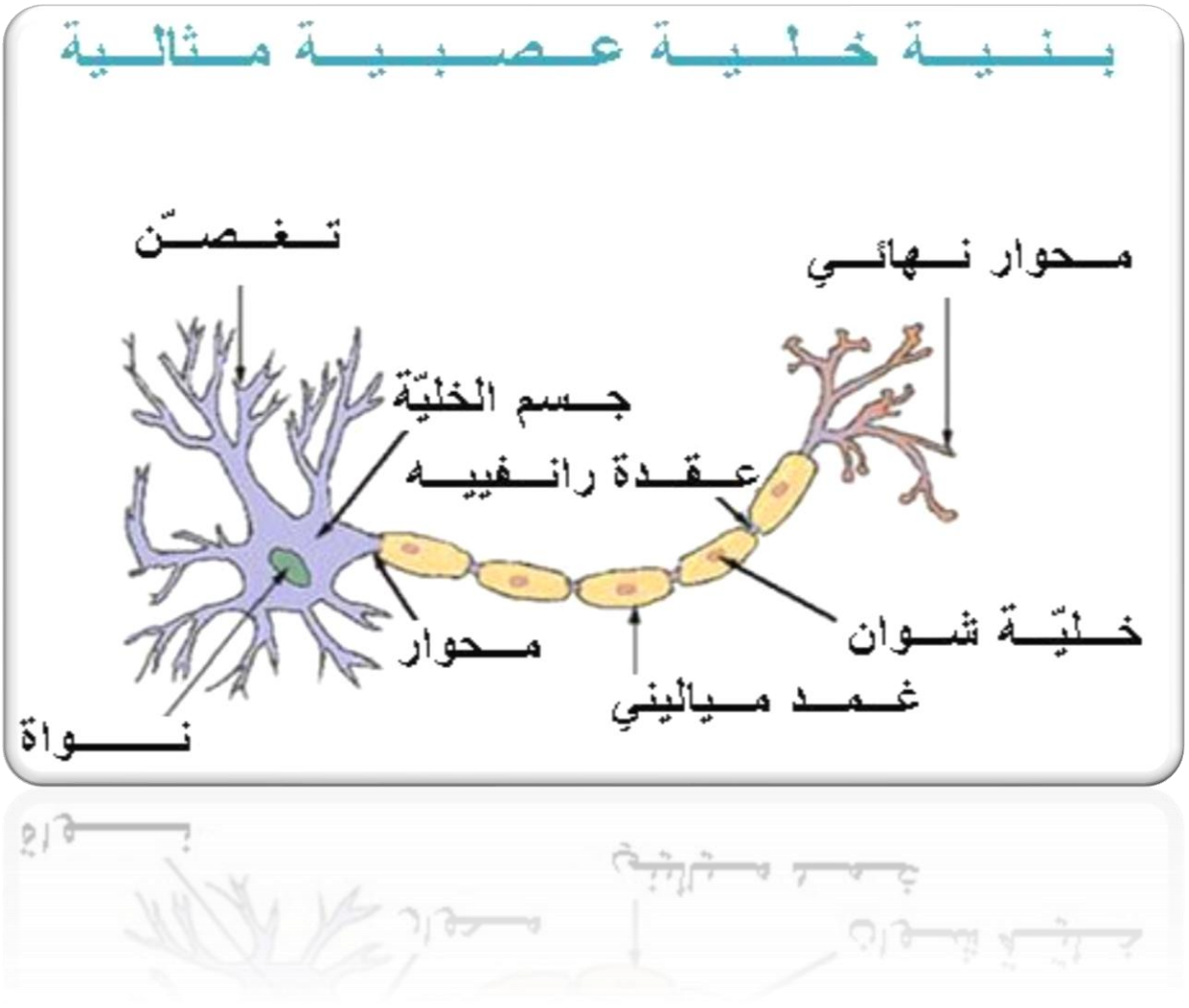
الخلايا العصبية:

- الخلايا العصبية هي الوحدات الوظيفية للجهاز العصبي المركزي.
- تمتلك خاصيتين:

1. **الاستثارة :** القدرة على الاستجابة للمنبهات وتحويلها إلى إشارات عصبية.
2. **التوصيل :** نقل الإشارات العصبية

تركيب الخلية العصبية: تتكون من

* **السوما أو** الجسم الخلوي
* **التغصنات.**
* **المحور العصبي**



- أنواع الخلايا العصبية :

1- حسب عدد النتوءات:

* وحيدة القطب (أساس و بصورة عامة تكون حسية).

* ثنائية القطب (حسية).

* متعددة الأقطاب (حركية وحسية)

2- حسب الشكل:

* خلايا هرمية (في المادة الرمادية).

* خلايا نجمية (في القشرة المخية).

* خلايا بوركينجيcellules de Purkinje) في المخيخ

3- حسب الوظيفة:

* **العصبونات الحسية** ترتبط مباشرة بأعضاء الحواس وهي مسؤولة عن نقل المعلومات الحسية (وتسمى أيضا المعلومات الصاعدة) إلى الدماغ

* **الخلايا العصبية الحركية** أو العصبونات المحركة تتولى نقل الأوامر القادمة من الدماغ (وتسمى أيضا المعلومات النازلة) باتجاه العضلات

* **العصبونات البينية** تمثل جميع العصبونات التي لا تكون حسية ولا حركية ولكنها تربط بين هذين النوعين من العصبونات

4- حسب الناقل العصبي الذي تفرزه

- النسيج العصبي :

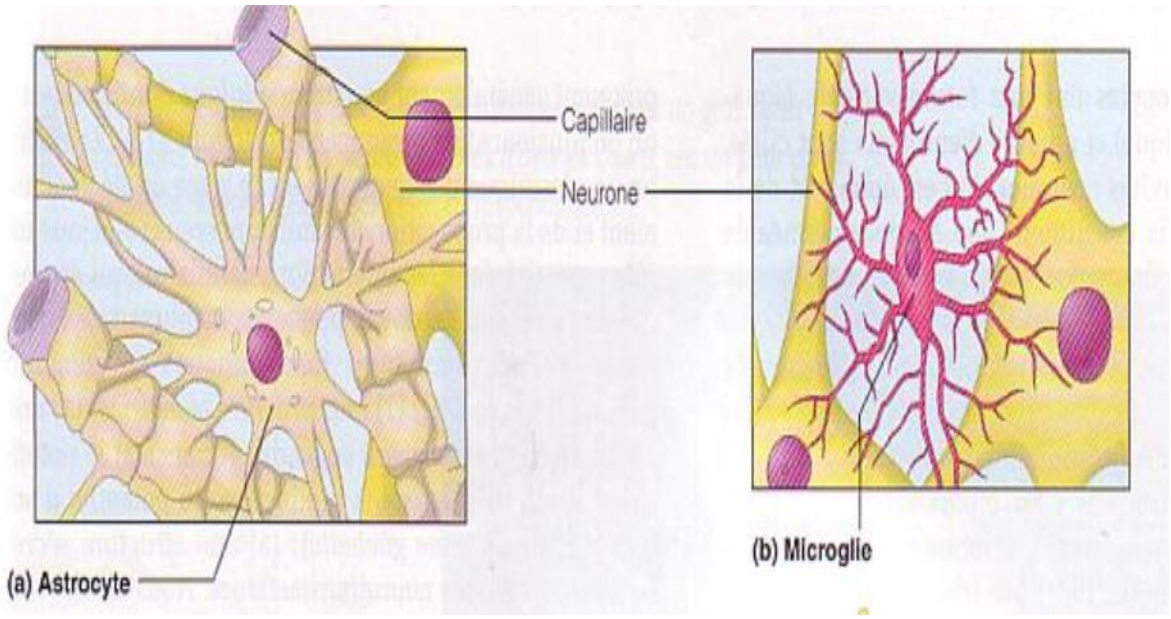
النّيفرُوغْلِيَا La névroglie

في الجهاز العصبي، تُعرف الخلايا الغِلِيالية (وأحيانًا تُسمى النيفرُوغليا أو ببساطة الغِليا، وتعني "الغراء") بأنها الخلايا التي تشكل بيئة العصبونات. تؤدي هذه الخلايا دورًا مهمًا في الحفاظ على التوازن الداخلي (الاستتباب)، وإنتاج الميالين، وتقديم الدعم والحماية للنسيج العصبي من خلال توفير العناصر الغذائية والأكسجين، والتخلص من الخلايا الميتة، ومحاربة مسببات الأمراض.

يوجد نوعان من الخلايا الغرائية:

1-la macroglie(الماكروغليا) :تشمل خلايا مثل الخلايا النجمية astrocytes والخلايا قليلة التغصن oligodendrocytes. تنشأ **خلايا** البطانة العصبية (الإبنديموسيتات) Les épendymocytes من الإبنديموبلاست épendymoblastes. تشكل هذه الخلايا جدارًا يحدد تجاويف الجهاز العصبي المركزي، كما أنها مسؤولة عن إنتاج السائل الدماغي الشوكي.(LCR)

2-la microglie (الميكروغليا) :تتكون من الخلايا البلعمية .

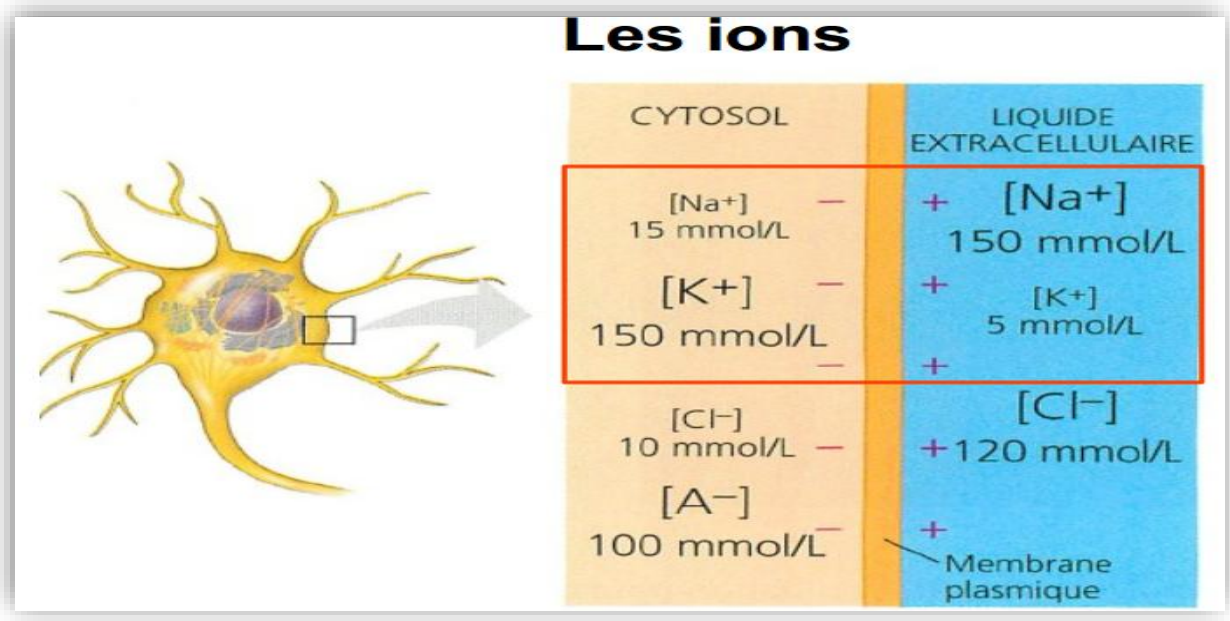


وظيفة العصبون

- للتواصل فيما بينها، تستخدم العصبونات نبضات كهربائية تُعرف باسم جهد العمل.

جهد الغشاء

- هناك فرق في الجهد عبر غشاء الخلية.
- جهد الراحة 70- :ملّي فولت.
- هذا الفرق في الجهد ناتج عن توزيع غير متساوٍ للشحنات بين داخل الغشاء وخارجه.



المحفزات الخارجية

- يمكن للعصبونات أن تتفاعل مع محفزات مختلفة:
  - حسية (فيزيائية) :مثل الضوء، الصوت، الضغط...
  - كيميائية :مثل النواقل العصبية (في المشابك العصبية).
- الأيونات هي جزيئات صغيرة مشحونة.
- الكهرباء في الوسط المائي ناتجة عن حركة الأيونات (وليس الإلكترونات).

السيالة العصبية

- تمتلك جميع الخلايا جهد غشاء، لكن العصبونات والخلايا العضلية فقط تستطيع تعديل هذا الجهد والتحكم به لنقل الرسائل العصبية.
- تنتقل السيالة العصبية على طول العصبون، من الزوائد الشجرية أو جسم الخلية إلى نهاية المحور العصبي.
- هي عبارة عن رسالة كهربائية تنتج عن تدفق الأيونات عبر غشاء الخلية.

- تدفق هذه الأيونات يغير استقطاب الغشاء.

جهد العمل

- للتواصل فيما بينها، تستخدم العصبونات نبضات كهربائية تُسمى جهد العمل.
- جهد العمل يعبر عن إزالة مؤقتة للاستقطاب في غشاء العصبون.
- عندما يرسل العصبون جهد عمل، ينقلب جهد الغشاء ليصبح إيجابيًا.

انتقال جهد العمل

- في كل مرة يحدث انقلاب محلي للاستقطاب، فإنه يُفعّل القنوات والمضخات القريبة.
- ينتقل جهد العمل تدريجيًا من مكان إلى آخر.
- تعتمد سرعة انتقال جهد العمل على:
  1. وجود طبقة الميالين.
  2. قطر المحور العصبي.
- طبقة الميالين ليست متصلة بالكامل، بل تحتوي على اختناقات بين خلايا شوان.
- في العصبونات المغطاة بالميالين، ينتقل النبض العصبي بطريقة قفزية.

المشبك العصبي

- يتم التواصل بين عصبونين عبر المشابك العصبية.
- تتكون المشبك العصبي من:
  - الطرف النهائي للمحور العصبي للعصبون الناقل للنبض العصبي.
  - مستقبلات غشائية للعصبون الثاني.
  - الفجوة المشبكية.
- عندما يصل جهد العمل إلى نهاية المحور العصبي، تهاجر الحويصلات المشبكية نحو الغشاء.
- تحتوي الحويصلات على نواقل عصبية.
- إذا تم تفعيل عدد كافٍ من المستقبلات، فإن الزائدة الشجرية تنتج جهد عمل (أو جهد مشبكي).
- PPSIوPPSE :
  - يعتمد نوع الجهد الناتج (مثير أو مثبط) على طبيعة الناقل العصبي.

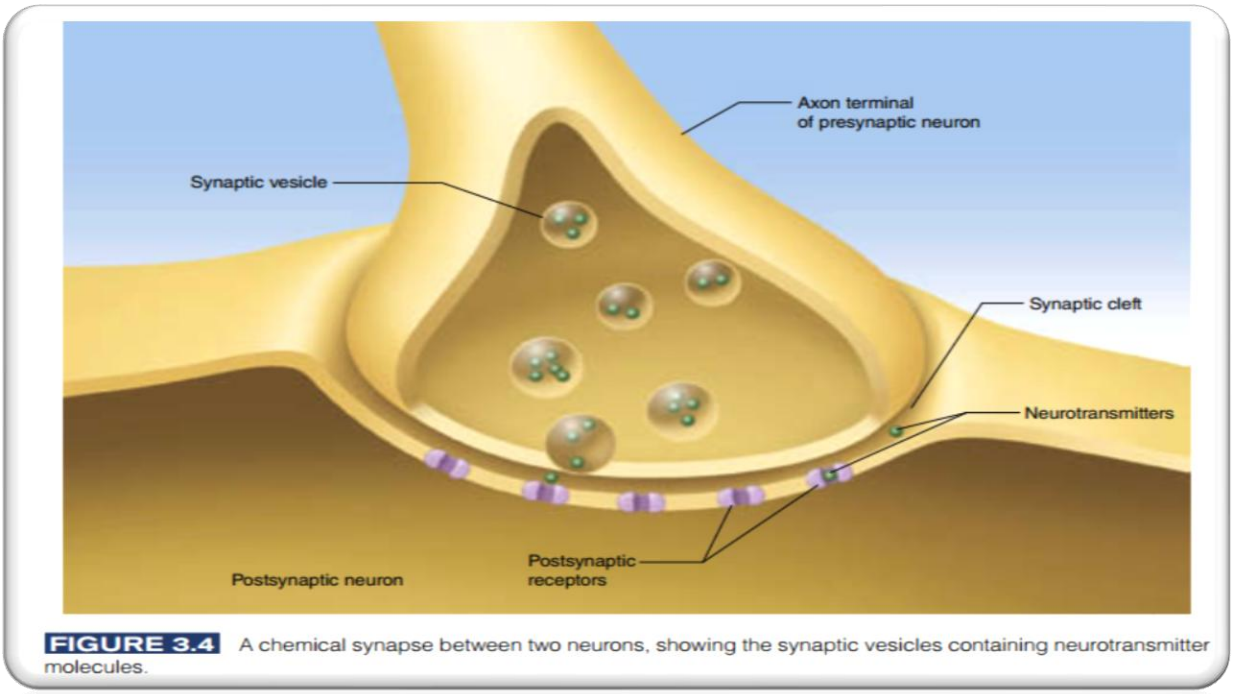
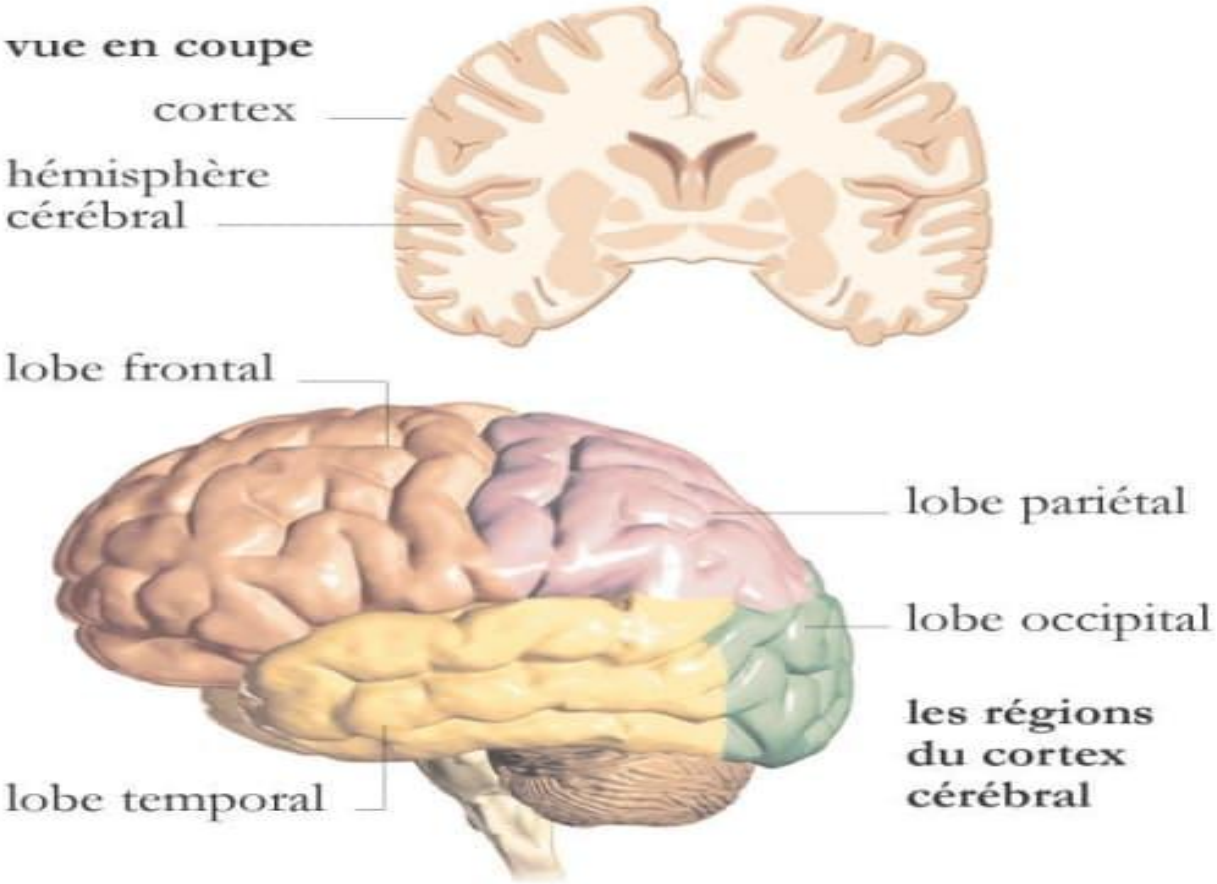
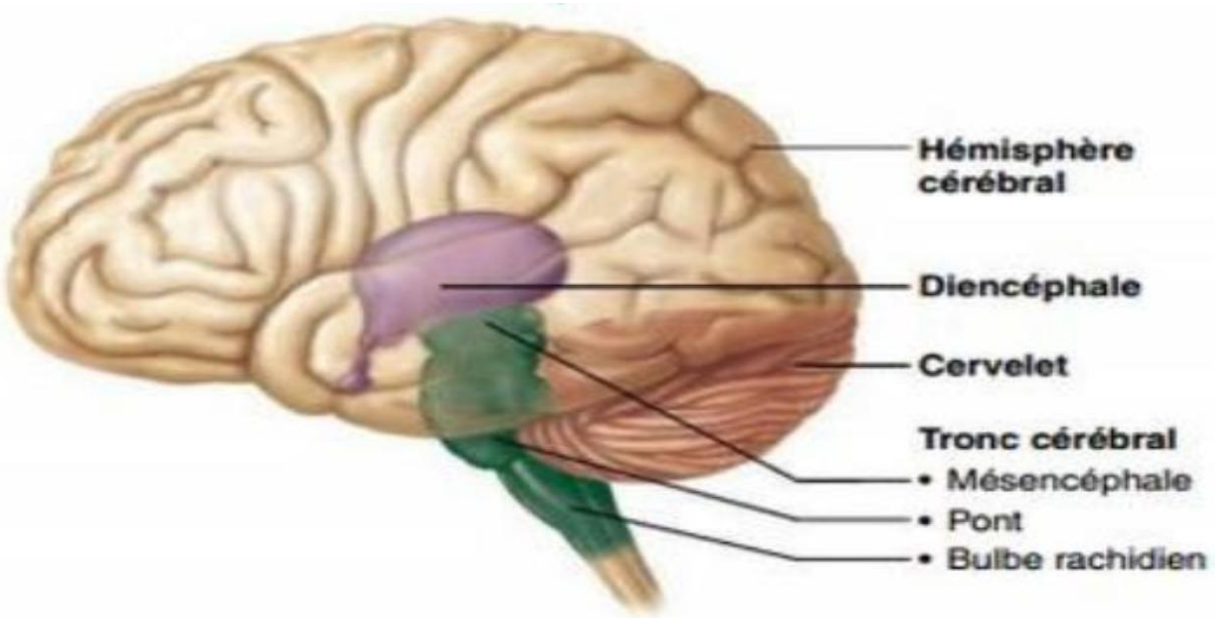


FIGURE 3.4 A chemical synapse between two neurons, showing the synaptic vesicles containing neurotransmitter molecules.

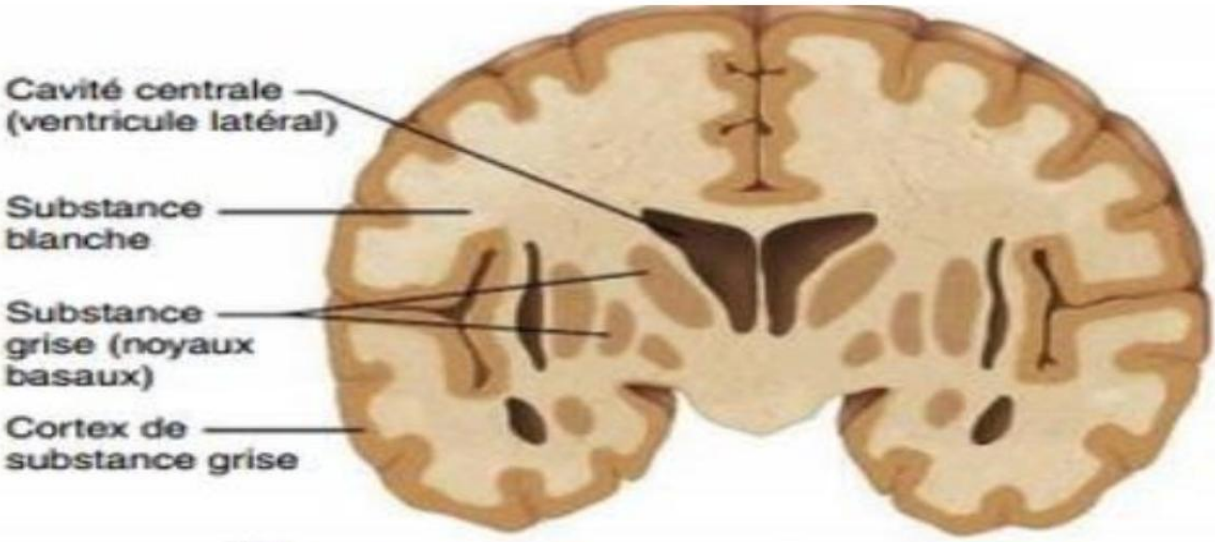
الجهاز العصبي المركزي:(CNS)

- يتكون من الدماغ (المخ، المخيخ، جذع الدماغ) والحبل الشوكي.
- **المخ:**
  - يحتوي على نصفين كرويين متصلين بالألياف العصبية.
  - القشرة (المادة الرمادية) مسؤولة عن التفكير والتحكم في الحركة.
  - يتكون من أربعة فصوص خارجية وفص داخلي:
    1. الفص الأمامي (الحركة والفكر).
    2. الفص الصدغي (السمع).
    3. الفص الجداري (الإحساس).
    4. الفص القذالي (البصر).





(c) Naissance : Structures et gyrus de l'encéphale chez l'adulte.



③ Le **cerveau** (que montre l'illustration) et le **cervelet** contiennent des îlots (noyaux) de substance grise enfouis dans la substance blanche ainsi qu'un cortex de substance grise qui enveloppe la substance blanche.

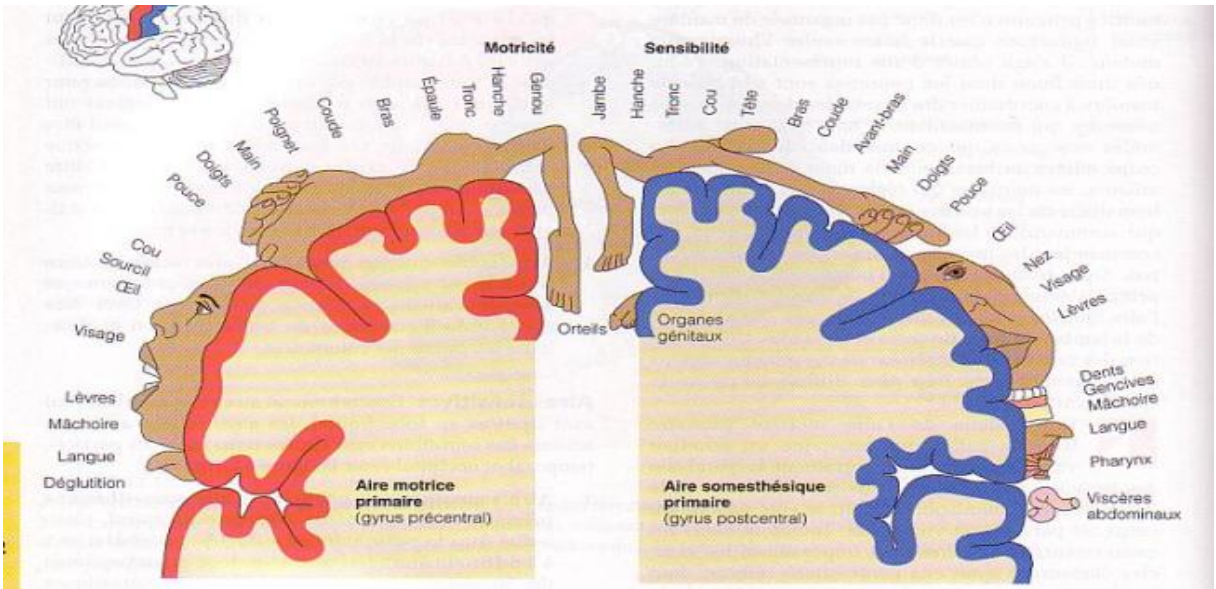
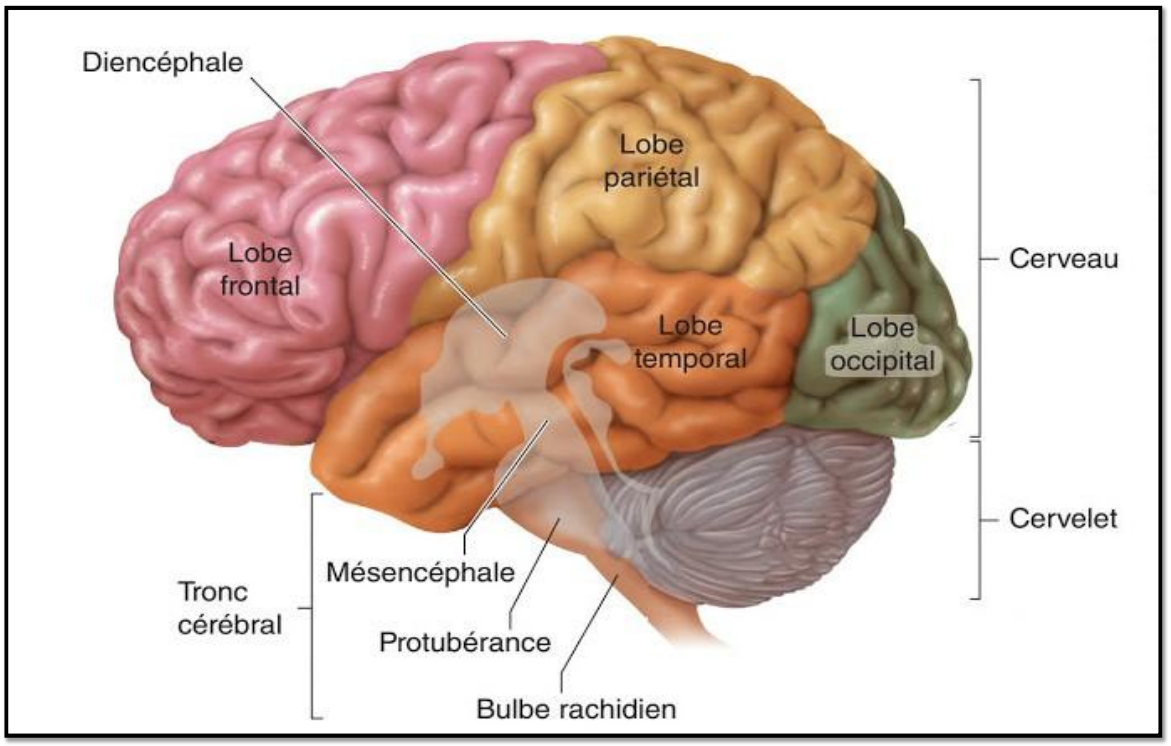


FIGURE 12.11
Aires sensitives et motrices du cortex cérébral. La quantité de tissu cortical réservée à la motricité ou à la sensibilité de chaque partie du corps correspond à la surface du gyrus occupée par le schéma de cette partie du corps. L'aire motrice primaire, dans le gyrus précentral, est représentée à gauche, tandis que l'aire somesthésique primaire, dans le gyrus postcentral, est représentée à droite.



أ- الدماغ البيني(Diencéphale)

الدماغ البيني هو جزء من الدماغ الأمامي، يقع بين نصفي الكرة المخية وجذع الدماغ، ويؤدي دورًا محوريًا في نقل المعلومات الحسية وتنظيم الوظائف الحيوية.

يحتوي هذا الجزء أساسًا على المهاد وتحت المهاد.

-1المهاد(Thalamus)

يُعدّ **مركزًا مهمًا لدمج وتنظيم المعلومات الحسية** قبل توجيهها إلى القشرة المخية.

-2تحت المهاد(Hypothalamus)

يُعدّ مسؤولًا عن **الحفاظ على الاتزان الداخلي) الاستتباب(Homeostasis –** ، وذلك من خلال تنظيم:

- درجة حرارة الجسم
- التوازن المائي والشواردي (الكهرو-إلكتروليتي)
- السلوك الغذائي وتناول الطعام
- دورات اليقظة والنوم
- ضغط الدم، معدل ضربات القلب، قابلية انقباض العضلة القلبية، والتنفس
- السلوك الجنسي

ب- المخيخ

- يعالج المعلومات الحسية الواردة من القشرة الحركية، ومن مختلف نوى جذع الدماغ، وكذلك من عدة مستقبلات حسية.
- يقوم بتنسيق وتزامن تقلصات العضلات الهيكلية بما يضمن إنتاج حركات دقيقة ومنسقة.
- يتم نشاط المخيخ بصورة لا واعية (لا شعورية).

ج- **الجذع الدماغي**

يتكون من :الدماغ المتوسط ،الجسر ،والنخاع المستطيل

- **الوظائف**:
  - يربط بين المخ والنخاع الشوكي.
  - تمر جميع الأعصاب الحركية والحسية عبره، مما يتيح مرور المعلومات العصبية بين المخ والنخاع الشوكي.

تسمح هذه البنية بـ:

- تنسيق وظيفة العضلات الهيكلية.
- الحفاظ على النغمة العضلية.
- التحكم في الوظائف القلبية والتنفسية.
- تحديد مستوى الوعي.

النخاع الشوكي يتكون من 43 زوج من الأعصاب ....12 زوج من الأعصاب القحفية و31 زوج من الأعصاب الشوكية

* **الألياف الواردة :(Afférentes)** تنقل المعلومات الحسية من الجسم إلى المخ.
* **الألياف الصادرة :(Efférentes)** تنقل الأوامر الحركية من المخ إلى العضلات والغدد

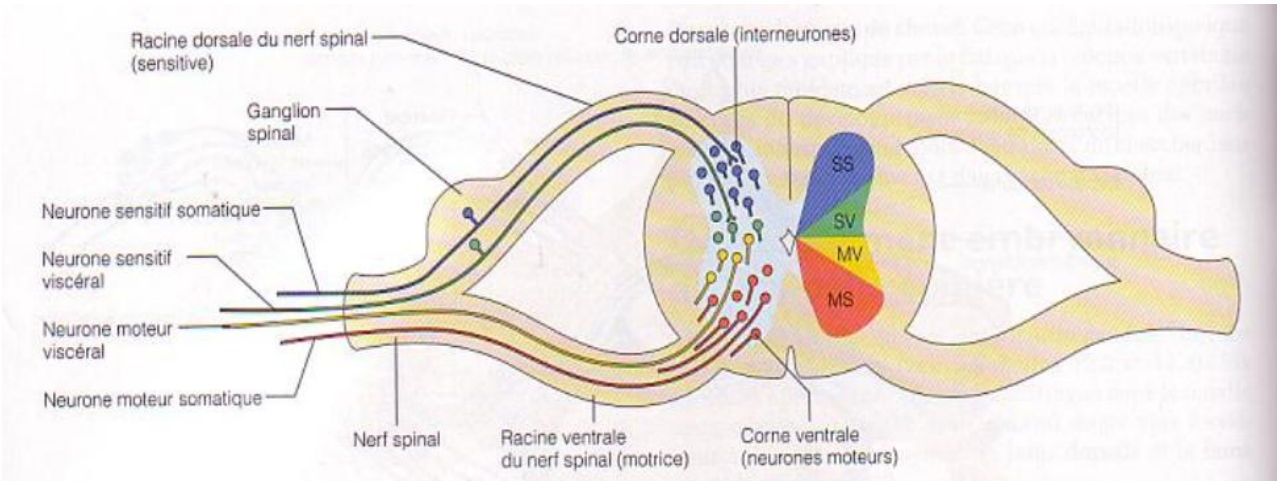
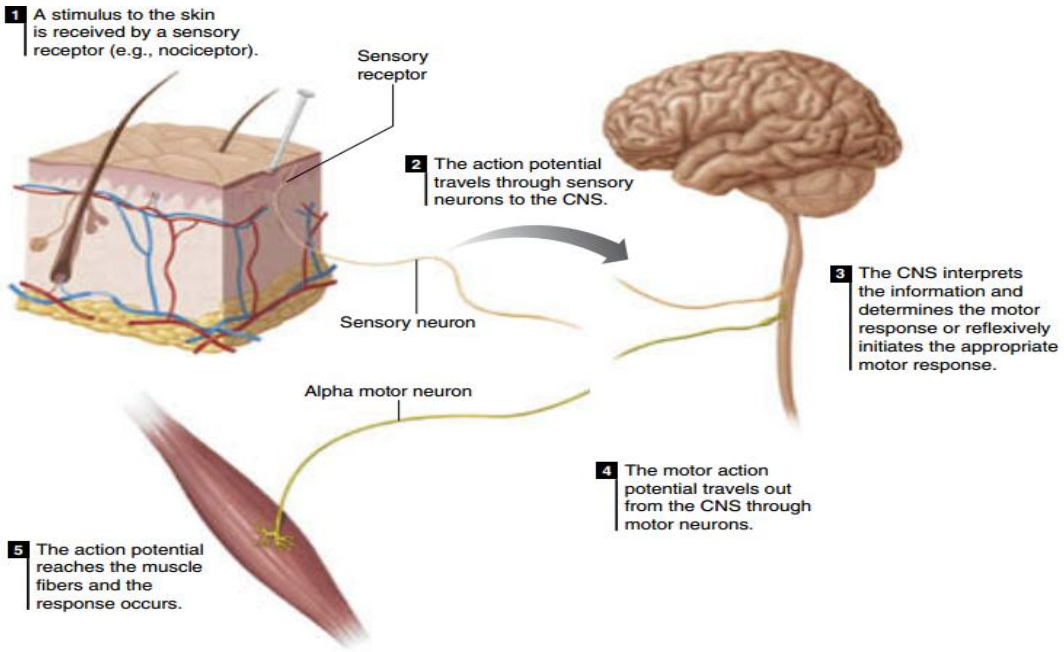


FIGURE 12.29
Organisation de la substance grise de la moelle épinière. On peut diviser la substance grise de la moelle épinière en une partie sensitive (dorsale) et une partie motrice (ventrale) selon que ses neurones interviennent dans l'activité sensorielle ou dans l'activité motrice. SS: interneurones recevant des informations sensorielles des neurones sensitifs somatiques. SV: interneurones recevant des informations sensorielles des neurones sensitifs viscéraux. MV: neurones moteurs viscéraux (autonomes). MS: neurones moteurs somatiques. Notez que la racine dorsale et la racine ventrale du nerf spinal font partie du SNP et non de la moelle épinière.



يتم **نقل الإشارة الناتجة عن التحفيز الحسي إلى النخاع الشوكي**، حيث يمكن أن تُحدث **انعكاسًا مباشرًا**، أو تستمر في **المرور نحو المخ**.
في هذه المرحلة، يمكن أن **تنتهي المسارات الحسية** في:

- المناطق الحسية في **جذع الدماغ**،
- **المخيخ**،
- **المِهاد (الثلاموس)**،
- أو **القشرة المخية**.

يُعتبر هذا الموقع **المكان الذي تُفسر فيه الإشارات الحسية**، ليتم بعد ذلك **نقل المعلومات إلى النظام الحركي** لتنفيذ الاستجابة المناسبة.

*** الرد الفعل الانعكاسي(Réflexe) :**

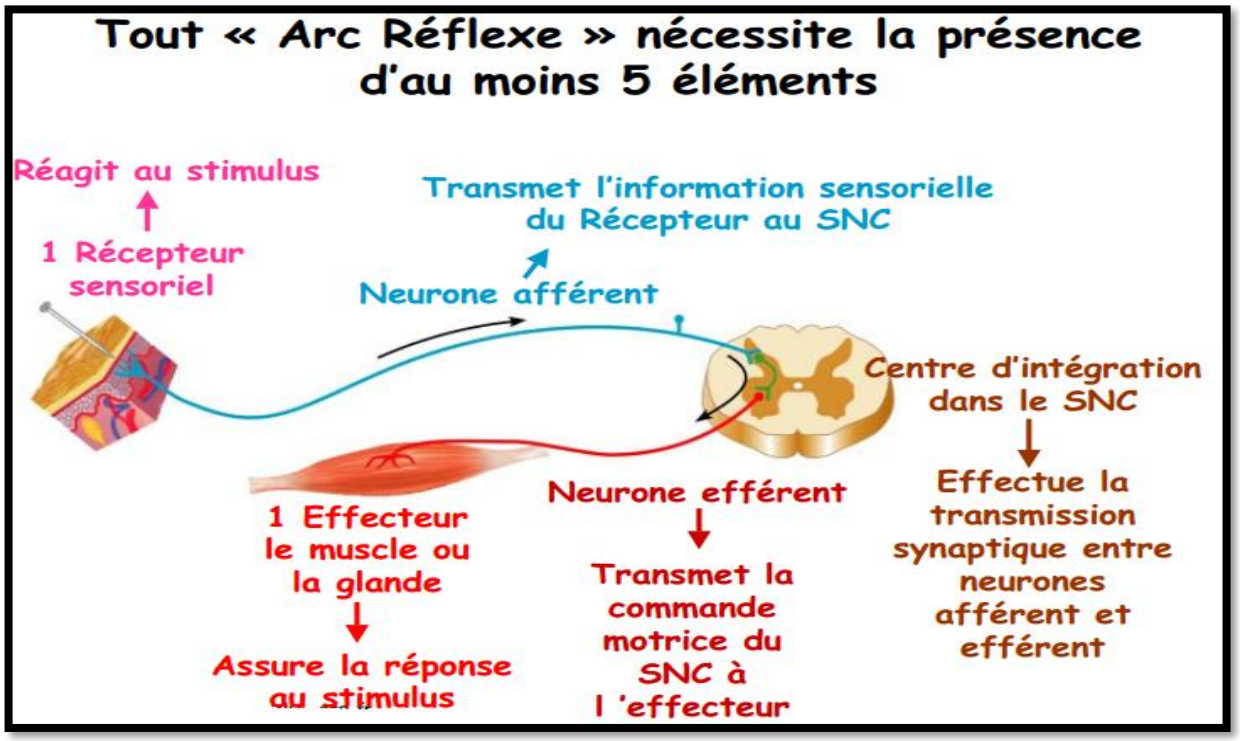
- **التعريف** :هو **استجابة حركية سريعة وغير إرادية** تحدث نتيجة **تحفيز حسي معين**، ولا تحتاج إلى مشاركة الوعي أو التفكير.
- **آلية العمل**:

1. **استقبال المثير الحسي** بواسطة المستقبلات الحسية.
2. **نقل الإشارة الحسية إلى النخاع الشوكي** عبر الأعصاب الحسية (الألياف الواردة).
3. **معالجة الإشارة في النخاع الشوكي** مباشرة (من دون المرور بالمخ).
4. **إرسال الإشارة الحركية** عبر الأعصاب الحركية (الموتونيرونات) إلى العضلات.
5. **حدوث الاستجابة**)انقباض العضلة أو حركة الجسم.(

- **أمثلة على الانعكاسات**:
  - الانعكاس الركبي (ركلة الركبة عند ضرب الوتر الرضفي).
  - انعكاس سحب اليد عند لمس جسم ساخن.
- **ملاحظة** :بعض الانعكاسات يمكن أن تكون **أكثر تعقيدًا** إذا شارك **جذع الدماغ أو المخيخ**، مثل **التحكم في التوازن أو الوضعية أثناء الحركة**.

اهميتها

- هذه الانعكاسات **مهمة للحفاظ على الوضعية**
- تساهم في **ضمان توتر العضلات المناسب**.
- تساعد على **حماية الجسم من الإصابات**.



أنواع الأقواس الانعكاسية(Arc Réflexe)

هناك نوعان رئيسيان من الأقواس الانعكاسية:

1. **القوس الانعكاسي العادي(Arc Réflexe Simple / Direct)**

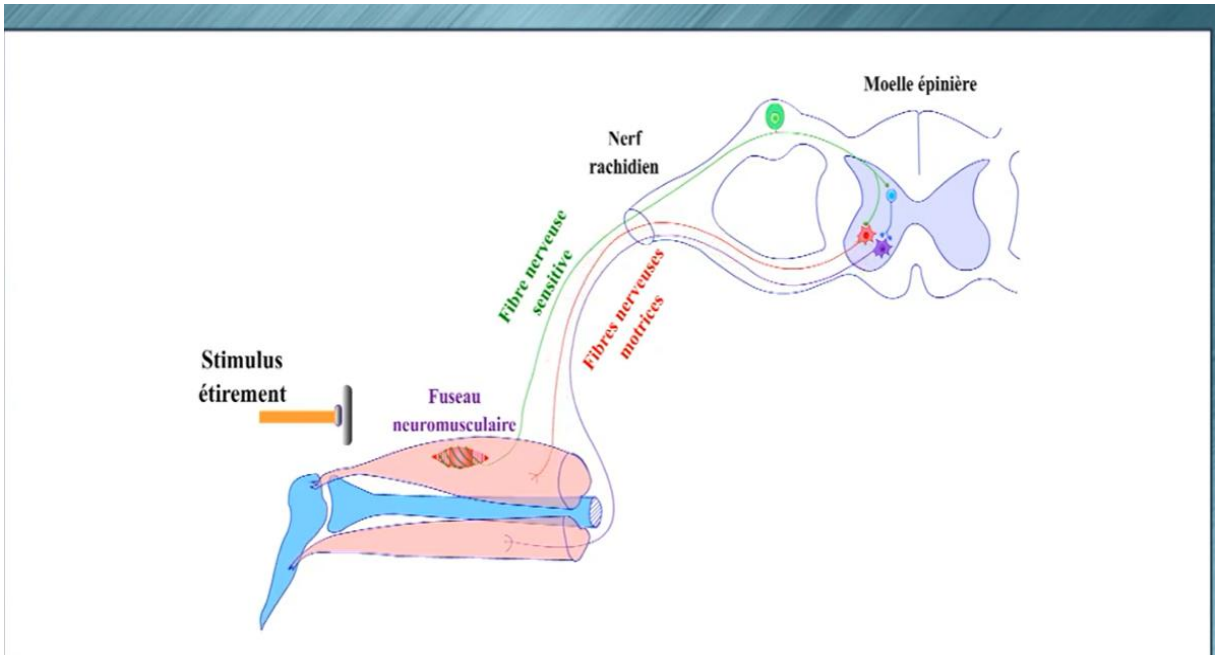
-التعريف :هو القوس الذي تبدأ فيه الإشارة الحسية من مستقبل حسي، تمر عبر العصب الحسي إلى النخاع الشوكي، ثم تنتقل مباشرة عبر العصب الحركي إلى العضلة المنفذة.

-الوظائف :يسمح بردود فعل سريعة وغير إرادية، مثل **الانعكاس الركبي** أو **سحب اليد عند لمس جسم ساخن**.

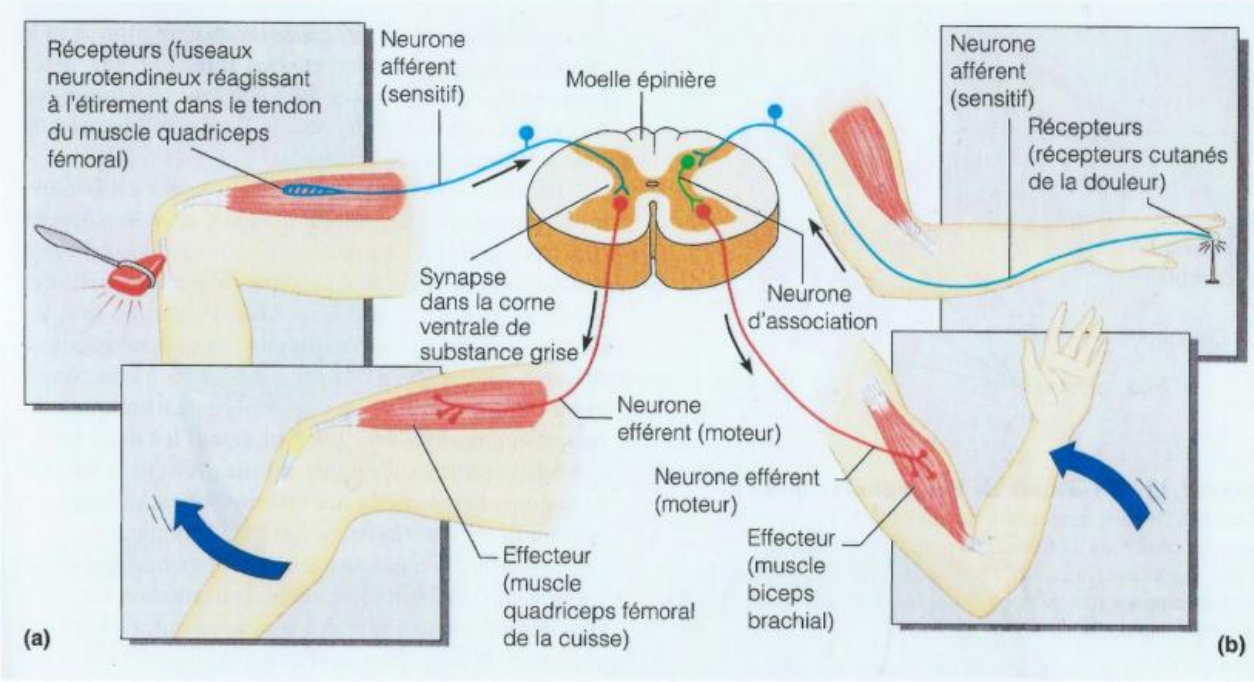
2. **القوس الانعكاسي العكسي(Arc Réflexe Inversé / Inverse Reflex)**

-التعريف :هو القوس الذي **يقلل فيه توتر العضلة المستهدفة** بدلاً من انقباضها، عادة للحماية من التوتر العضلي الزائد.

-مثال :انعكاس شد وتر العضلة(Golgi tendon reflex) ، حيث يؤدي التحفيز القوي للوتر إلى **ارتخاء العضلة** لتجنب تمزقها.



Les réflexes : réponses *rapides*, *prévisibles* et *involontaires* aux stimuli.
Les réflexes se produisent dans des voies nerveuses appelées **arcs réflexes.**



(a) Arc réflexe monosynaptique **(b) Arc réflexe polysynaptique**

Traitement de l'information

معالجة المعلومات

لماذا يختار لاعب كرة السلة تمرير الكرة بدلاً من المراوغة؟

- في كل لحظة يجب **اتخاذ قرار!**
- لكن **كيف يتخذ اللاعب القرار؟ وعلى أي أساس؟**
- الجواب :**يعتمد على معالجة المعلومات**، سواء المعلومات القادمة من **البيئة المحيطة** (حركة اللاعبين، موقع الخصم، المسافة إلى السلة) أو تلك المستمدة من **الذاكرة والخبرة السابقة**.
- **مثال على لاعب كرة السلة** :عندما يرى زميله في موقف أفضل للتسجيل، قد يختار التمرير بدلاً من المراوغة الفردية، بناءً على تقييمه السريع للموقف ومعالجته للمعلومات الحسية والذاكرة الحركية.

قياس زمن الأحداث العقلية أوالذهنية(Chronométrie Mentale)

- تتيح هذه الطريقة **معرفة طبيعة العمليات الداخلية وكيفية تحويل المعلومات إلى فعل حركي**، أي فهم العلاقة بين **المثير الحسي (S) والاستجابة الحركية.(R)**
- تعتمد هذه الطريقة على قياس **متغير مهم جدًا** :**زمن الاستجابة.(Temps de Réaction – TR)**

تعريف المتغيرات:

- **TRزمن رد الفعل** :(الفترة الزمنية بين **ظهور المثير الحسي** وبدء **السلوك القابل للرصد**.
- **TMمدة الاستجابة الحركية** :(الفترة الزمنية التي تستغرقها **الاستجابة الحركية نفسها**.

أهميته

- **زمن الاستجابة (TR) موجود في جميع الأفعال الإرادية.**
- **يعكس TRسرعة اتخاذ القرار وبدء تنفيذ الأفعال.**
- **يمكن استخدامه كمؤشر للتقييم في دراسة الأداء الحركي واتخاذ القرار.**