٣- الخلية العصبية *Nerve Cell* :

يتكّون الجهاز العصبي فى جسم الإنسان من مجموعة من الأجهزة التي تعمل بشكل متكامل مع بعضها البعض لتقوم بوظائف الجسم الحيويّة وأنشطته المختلفة حتّى يستطيع الإنسان أن يكمل حياته بشكل طبيعي، وإحدى هذه الأجهزة هو الجهاز العصبي الذي يقوم بإرسال واستقبال المعلومات التي يستقبلها الإنسان سواء من البيئة الداخلية أو الخارجية ليفك شفرة هذه المعلومات ويحلّلها، ويتكون هذا الجهاز من مجموعة من الأعضاء والتي تضم المخ والحبل الشوكي إضافةً إلى مجموعة الأعصاب التي تربط بينهما وتمتّد للعضلات والغدد وأعضاء الجسم المسؤولة عن الحركة.

فالخلّية العصبية تُعرف على أنّها الوحدة المسؤولة عن بناء الجهاز العصبي في الجسم، ويطلق عليها الَعصَبُون باللاتينية *Neurone* أو *Neuron* وهى خلية قابلة للإستثارة كهربائياًويُمكنها معالجة ونقل المعلومات عبر إشارات كهربائية وكيميائية وتنتقل تلك الإشارات بين الاعصاب عبر المشبك العصبي *Synapse*وهو **(عبارة عن روابط متخصصة تربط الاعصاب مع الخلايا العضلية والعظمية وباقى خلايا انسجة الجسم)**.

تتصل الأعصاب مع بعضها البعض لتشكّل شبكات عصبية *neural networks* ، وتعتبر الأعصاب هي المكونات الأساسية للمخ والنخاع الشوكي *Spinal cord* للجهاز العصبي المركزي وهى أيضاً المكونات الأساسية للُعَد العصبية *ganglia* للجهاز العصبي الطرفي.

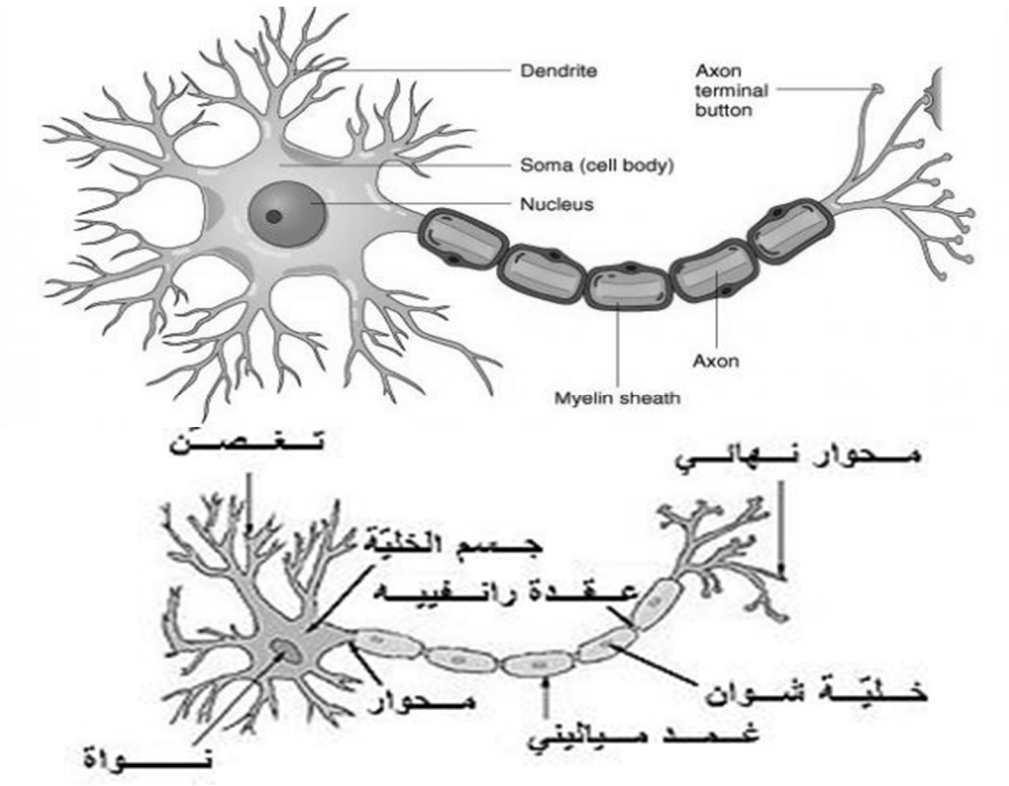
أ- أنـواع الاعصــاب :

أ- **حسب الوظيفة** : فتقسم الخلايا العصبية إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

١- الأعصاب الحسية *sensory neurons* : وهى التي تستجيب للملمس والصوت والضوء وكل المستحثات الأخرى التي تؤثّر في خلايا الأعضاء الحسّية والتي ترسل تلك الإشارات بدورها إلى الجهاز العصبي المركزي النخاع الشوكي والمخ.

٢- الأعصاب الحركية *motor neurons*: وهى التي تستقبل الإشارات من المخ والنخاع الشوكي فتسبّب انقباض العضلات وتؤثر في انتاج الغُدِّد.

٣- الأعصاب المتوسطة*interneurons*: وهى تشمل الاعصاب الحسية والحركية التي تربط الأعصاب ببعضها البعض في نفس المنطقة من المخ أو النخاع الشوكي.



شكل (٦)
الخلية العصبية

ب- مكونات الخلية العصبية:

١ – الزوائد الشجيرية *dendrites*:

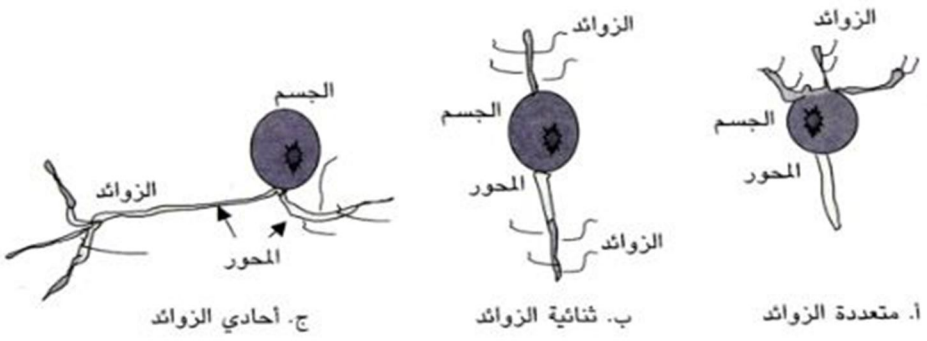
عبارة عن زوائد تظهر من جسم الخلية يتراوح عددها من ١٠٠– ١٠٠٠ زائدة، كل منها قادر على استلام السيال العصبي من نفس العدد من الأعصاب المتصلة بها، ولا تستطيع الزوائد الشجيرية إحداث تغير في فرق الجهد ولكنها تستلم السيال العصبي من نهايات الأعصاب الأخرى أو مباشرة من موقع التنبيه (العضو المستقبل)، تتجمع الزوائد الشجيرية وتنتهي على جسم الخلية حيث يتم تفريغ السيال العصبي لذلك فإن إجمالي ما يرد من نشاط عصبي إلى جسم الخلية يتناسب وعدد الزوائد المتصلة به.

تقسم الخلايا العصبية من حيث عدد الزوائد الشجيرية إلى:

أ. متعددة الزوائد *multipolar*: عبارة عن مجموعة زوائد لها محور واحد، كما في الخلايا العصبية الجسدية العادية.

ب. ثنائية الزوائد*bipolar*: عبارة عن زوائد شجيرية واحدة ومحور واحد، كما في عصب الشم وعصب الشبكية.

ج. أحادية الزوائد *unipolar*: أعصاب حسية قادمة من العضلات والجلد إلى النخاع الشوكي، كأعصاب اللمس والضغط وغيرها.



شكل (٧)
أنواع الخلايا العصبية من حيث الزوائد الشجيرية

٢- جسم الخلية *cell body* :

وهو أكبر أجزاء الخلية العصبية حجماً ويحتوي تقريباً على نفس العضيات اى المكونات الموجودة في الخلية الجسدية، كغشاء الخلية والسيتوبلازم ويسمى (النيروبلازم) والنواة والميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية والليزوزومات ، الخلية العصبية لا تحتوي على الأجسام المركزية وبذلك فإنها لا تنقسم ولا تتجدد ، يستطيع جسم الخلية العصبية تصنيع البروتين والأنزيمات وكذلك الطاقة اللازمة لأداء وظيفتها.

٣- محور الخلية *axon*:

عبارة عن ليفة عصبية طويلة تظهر من جسم الخلية، ويعتبر الممر الرئيسي للسيال العصبي من جسم الخلية إلى النهايات العصبية، عادة ما يكون هناك محور واحد للخلية بالرغم من احتوائها المئات من الزوائد الشجيرية كما في الأعصاب الطرفية، واحيانا لا يوجد محور للخلية كما في الأعصاب المغذية لشبكة العين والدماغ ، يسمى الوسط الداخلي للمحور *axoplasm* ، بينما الغشاء الذي يحيط به يسمى *axolemma*.

تنقسم محاور الخلية إلى نوعين:

أ- محاور غير ميلنية *non-myelinated*: محاور ليست مغلفة بالميلين وبالتالي يسير من خلالها السيال العصبي ببطء.

ب- محاور ميلنية *myelinated* : محاور مغلفة بالميلين.

٦- النهايات العصبية *telodendria* :

النهايات العصبية هي نهاية مسار مرور السيال العصبي داخل الخلية ، حيث تستلم النهايات العصبية السيال القادم عبر المحور ليتم نقلها وتوزيعها عبر المشبك أو المشتبك العصبي *synapse* إلى بداية خلية عصبية ثانية او غدة او عضلة وذلك بفعل النواقل الكيميائية الموجودة بها ، يحتوي العصب

الواحد على حوالي ١٠٠– ١٠٠٠ نهاية عصبية تقوم جميعها بتوصيل السيال إلى نفس العدد من خلاليا العصبية الأخرى ، تنتهي النهاية العصبية لكل عصب بانتفاخ يسمى بالغشاء ما قبل المشتبك *presynaptic membrane* .

كما أن الجهاز العصبي لا يتكون كلًيا من الخلايا العصبية فقط، بل هناك بين العصبونات خلايا بنائية مختلفة الأشكال والوظائف تدعى الدبق العصبي *Glia* وظيفتها نقل الأغذية والأكسجين إلى العصبونات ونقل الفضلات من العصبونات إلى الدم.

ج- طـرق نقـل الاشـارات العـصبيـة :

١ – الطرق البسيطة :

يعمل الجهاز العصبي عبر طرق محددة وثابتة بين الاعصاب تسمى الدارات العصبية ومن أبسطها ما يسمى بالُمنَعكس، وهي استجابة تلقائية لا إرادية لأحد المنبهات لايتدخل فيها الدماغ ويربط المنعكس بين اعصاب حسية وحركية ويمر عبر الثُّخاع الشوكي.

ومن أبسط هذه المنعكسات ُمنْعكَس الركبة الذي يمكن مشاهدته بعد طرق خفيف على الوتر تحت الرضَفة، فالطرق يؤدي إلى تقلص العضلة وتنبيه بعض المستقبلات وانبثاق دفعة عصبية، تنتقل عبر الاعصاب الحسية من خلال المحور إلى الذ ُخاع الشوكي ، ومن ثّم عبر مشبك إلى الاعصاب الحركية، حيث يتم تكوين ُدفعة عصبية أخرى تنتقل عبر المحور لأحد الاعصاب الحركية ليتم إرجاعها للعضلة التي تنقبض خلاياها ُمحدثة انتفاضة فى الساق.

٢ – الطرق المعقّدة :

هنالك العديد من المنعكسات المعقدة ، حيث تدخل إحدى اعصاب الترابط بين الاعصاب الحسية والحركية ، وقد يتصل عصب الترابط بمجموعة من الطرق العصبية المعقدة التي قد تصل إلى الدماغ ، ومن هذه المنعكسات الانسحاب من أحد المنبهات المؤلمة مثل ما يحدث عندما يضغط شخص ما بقدمه الحافية على جسم حادّ ففي هذه الحالة نشاهد استجابة فورية برفع القدم، وفي نفس الوقت ينبِّه بعض اعصاب الترابط عضلات الرِّجل الأخرى لتحافظ على توازن الجسم، وإضافة لهذا يتم تنبيه بعض الطرق العصبية الواصلة للدماغ ليدرك الإنسان ما حدث له.

ولا تستطيع المنعكسات بمفردها احتواء كل أفعال الإنسان وتفسيرها، ويمكن للإنسان وبعض الحيوانات تعلّم أنماط جديدة من السلوك، فمثلاً تنتقل حركات العضلات الإرادية المطلوبة لاكتساب خبرات جديدة عبر مجموعة من السبل العصبية المعقدة التي تمتد من الدماغ إلى جميع أعضاء الجسم، فبعض الأفعال المعقدة مثل قيادة الدراجة أو المشي يمكن التدرُّب عليها وتعلمها ومن ثم أداؤها دون أي تحكم واعٍ مستديم.

د- كيفية نقل الاعصاب للدُفعـات العصبية :

في خلال القرن التاسع عشر الميلادي اكتشف العلماء علاقة الشحنات الكهربائية بالدفعات العصبية وكان الاعتقاد أن الدفعة العصبية ماهي إلا تيار كهربائي يسري عبر الأعصاب ، وفي بداية القرن العشرين عرف الباحثون قدرة بعض الأيونات داخل الاعصاب وخارجها على إحداث شحنات كهربائية كامنة، وكذلك اكتشف وجود بعض المسام في أغشية الخلايا العصبية تسمح بمرور بعض المواد المعينة من خلالها ولذلك اعتقد العلماء بأن الدفعات العصبية عمليات كهروكيميائية تتحكم فيها أغشية الخلايا العصبية ولذلك من هذه التجارب انبثق مجال الفيزيولوجيا الكهربية.

وفي خلال الثلاثينيات من القرن العشرين طور العلماء بعض الطرق لاختبار (نظرية الغشاء) في التوصيل العصبي وهي نظرية مقبولة لتفسير كيفية نقل الاعصاب للدفعات العصبية.

١- بدء الُدفعة العصبية :

يحتوي غشاء الخلية العصبية على جُزيئات بروتينية خاصة تتحكم في فتح مسامه واغلاقها، وخلال فترة سكونه يتم تخفيض مستوى أيونات الصوديوم وزيادة مستوى أيونات البوتاسيوم وبعض الأيونات العضوية السالبة داخل الخلية مقارنة بما يحيط بها من سوائل، ومن ثم تزداد الايونات السالبة داخل الخلية العصبية ويطلق على الغشاء العصبى في هذه الحالة اسم الغشاء الُمستَقطب ، ويسمى فرق الجهد عبر الغشاء اسم الكَامن او الساكن.

وعند تنبيه الخلية العصبية بأحد المنبهات الكيميائية أو الكهربائية أو الآلية تتأثر مسامية الغشاء ويتغير الجهد الساكن، فهذه المنبهات تفتح مسامات الغشاء وتزيد من دخول أيونات الصوديوم لداخل الخلية حيث يزداد عدد الشحنات الموجبة ويحدث ما يسمى بزوال الاستقطاب.

وعند إزالة استقطاب الخلية العصبية بأحد المنبهات يبدأ بالنبض ويزداد نشاطه ومن ثم تبدأ الدفعة العصبية ويجب أن تكون للمنبه شدة معينة ، ونلاحظ أن لكل الدفعات العصبية نفس الحجم والزمن بغض النظر عن قوة المنبه للخلية العصبية ، وتسمى هذه الظاهرة باسم ظاهرة الكل أو العدم، ويحتمل أن ترجع قدرة إحساس الدماغ بقوة المنبه إلى عدد الألياف العصبية المنبهة وتردُّد الدفعات الناتجة عن المنبه.

٢- التوصيل عبر المحور:

يوجد بداخل المحور العصبي سائل ذو قدرة على توصيل الشحنات الكهربائية ونقلها في شكل تيار، فعند إزالة الاستقطاب من إحدى مناطق المحور تنتشر هذه الإزالة عبر هذا السائل إلى كل المناطق المجاورة في المحور وتسمى موجة إزالة الاستقطاب هذه باسم (الفعل الكامن) ، وتجب ملاحظة أنه لو كان ا لَعصب غير ُمغطى بمادة المَيلين لأمكن للدفعات العصبية اكتساح المحوار كله مرة واحدة ، ولكن لوجود

غطاء الميلين وتقطعه عبر المحوار في مناطق (عُقد رانفير) فلا تحدث هذه الدُفعات العصبية إلا في هذه العقد حيث تقفز من عقدة إلى أخرى عبر المحور.

٣- الانتقال عبر المَشابك:

يتم انتقال الدفعات العصبية عبر المشابك بواسطة مواد كيميائية خاصة تسمى الناقلات العصبية، فعند وصول الدفعة للنهاية الطرفية للمحور تقوم بحفز إفراز إحدى الناقلات العصبية ومن ثم تتحرك الناقلة العصبية نحو تغصنات الخلية العصبية المجاورة، وتفتح مسامات غشائها لتتدفق بعض الأيونات إلى داخل الخلية لتحدث تغيراً في جهدها.

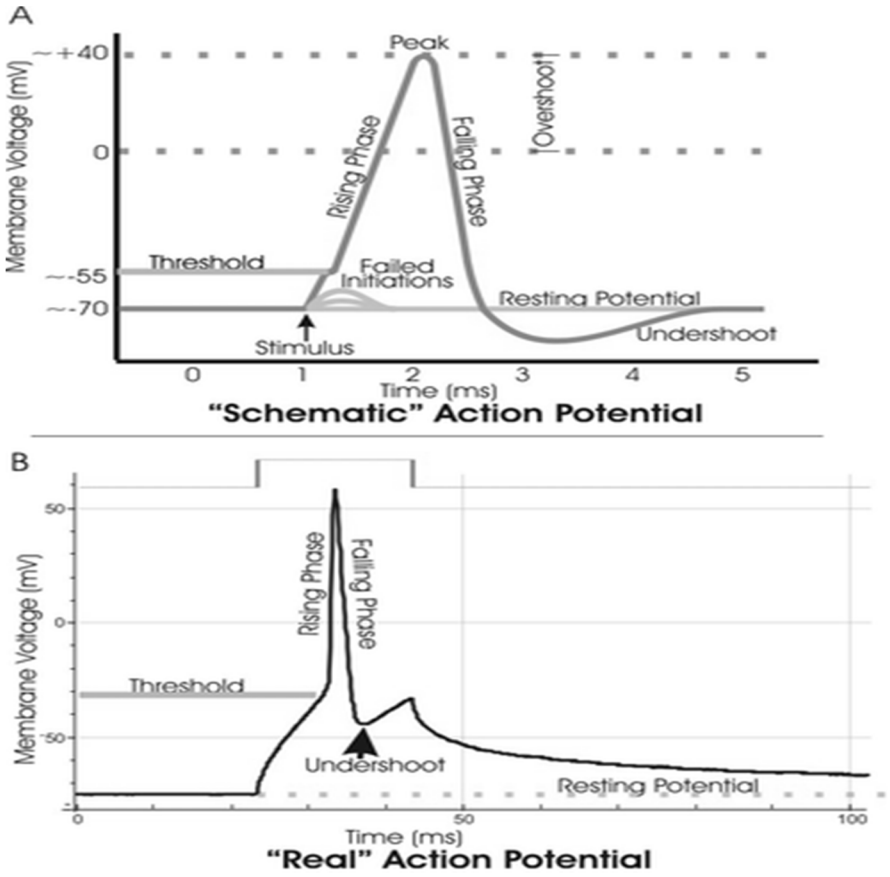
هـ- سـرعة جهد الفعل *action potential* :

جهد الفعل هو **(الموجة المتشكلة من التفريغ الكهربائي لتوتر الغشاء الخلوي، والتي تنتقل من منطقة إلى مجاورتها على طول الغشاء الخلوي لأي خلية حية وبشكل خاص على محور الخلية العصبية أو الخلايا العضلية)** .

وجهد الفعل هو مسمى آخر للسيال العصبي ، والسيال العصبي هو **(شحنه كهربائية تنتقل على طول الخلية العصبية وينتج السيال عن مؤثر كاللمس أو عن صوت)** ، فالعصب يقوم بنقل المعلومات على مستوى الخلايا والأعصاب شكل نبضات كهروكيميائية (سيال عصبي، جهد الفعل) هذه النبضات سريعة جداً تصل سرعتها إلى ١٢٠ م/ث ، وتنتقل النبضات من خلية عصبية إلى آخر عن طريق المشابك العصبية، ويقاس كمون الفعل بوحدة فولت لأنه تأثير كهربي .

سرعة جهد الفعل في انتقاله من خلية عصبية إلى آخرى تختلف فالعديد من محاور الخلايا العصبية مغلفة بمواد دهنية تسمى الميلين، وهي تشكل طبقة عازلة حول المحور تسمى الغمد الميليني (النخاعي) ، وهنالك العديد من الاختناقات على طول المحور تسمى العقد، لا تستطيع ايونات الصوديوم والبوتاسيوم (السيال العصبي) الانتشار عبر الغمد الميليني، ولكنها تستطيع ان تصل إلى الغشاء البلازمي عند هذه العقد، ويسمح هذا الأمر لجهد الفعل بالانتقال الوثبي من عقدة لأخرى مما يساعد على زياده سرعة نقل السيال العصبي على طول المحور.

يحتوي جسم الإنسان على خلايا عصبية ميلنيه وأخرى غير ميلنيه، فالخلايا العصبية الميلنيه تنقل السيال العصبي المتعلق بالألم الحاد، أما الخلية العصبية غير الميلنيه فتنقل السيال العصبي المتعلق بالألم الخفيف النابض .



شكل (٨)
سرعة جهد الفعل فى حالة المجهود وحالة الراحة

و- مراحل النقل النشط العصبي :

يمر الغشاء الخلوي في الخلية العصبية بعدة أدوار هي:

١- مرحلة الاستعداد أو الراحة وتمتاز بوجود جهد غشائي سالب يقارب -٧٠ مللي فولت ، بمعنى أن الغشاء الخلوي سالب الشحنة مقارنة بداخل الخلية، وينشأ هذا الاستقطاب بآلية متعمدة من الخلية عن طريق تحريك الأيونات عبر الغشاء الخلوي بإخراج أيونات الصوديوم وإدخال أيونات البوتاسيوم إلى داخل الخلية، يمثل هذا الوضع الراحة في الخلية وتكون مستعدة لاستقبال موجات التفريغ بشرط أن تجتاز هذه الموجات عتبة ما تُدعى (عَتَبة التحفيز).

٢- عند وصول موجة تفريغ أكبر من عتبة التحفيز فإن قنوات الصوديوم تفتح المجال لحدوث إزالة الاستقطاب *Depolarization* والتي تتمثل في تحول شحنة الغشاء الخلوي إلى ما يقرب +٤٠ مللي فولت.

٣- إعادة الاستقطاب *Repolarization* وفيها تُغلق قنوات الصوديوم وتفتح قنوات البوتاسيوم لتعملان معاً على توليد استقطاب من جديد، متجاوزة استقطاب وضع الراحة لتُحدث ما يُسمى بفرط الاستقطاب *Hyperpolarization* الذي سرعان ما يقل ليعود الغشاء الخلوي إلى حالة الراحة والاستعداد.