فسلجة الأعصاب

يلعب الجهاز العصبي دورا مهما في تنسيق استجابة الحيوان للبيئة الداخلية والخارجية . ويقسم هذا الجهاز من الناحية التشريحية الى :

1- الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System الذي يتألف من الدماغ والحبل الشوكي .
2- الجهاز العصبي المحيطي Peripheral Nervous System الذي يشمل الأعصاب المحيطية (القحفية Cranial و الشوكية Spinal) والعقد العصبية Ganglia وجذور ساق الدماغ وجذور الحبل الشوكي .
3- الجهاز العصبي الذاتي Autonomic System الذي يتألف بدوره من :
   a- الجهاز العصبي الودي Sympathetic Nervous System .
   b- الجهاز العصبي نظير الودي Parasympathetic Nervous System .

يتألف الجهاز العصبي من نوعين من الخلايا هما :

1- الخلايا العصبية Nerve Cells (Neurons) : التي تمتاز بقدرتها على التهيج Excitation (انعكاس لجهد الغشاء). والنقل (اي ايصال الأيعاز العصبي) Conduction بالأضافة الى فترة حياتها الطويلة ومعدل أيضها العالي .
2- الخلايا الدبقية Glia Cells : وهي خلايا ساندة غير متهيجة تعمل كنسيج رابط ساند كما انها تعمل على تغذية الخلايا العصبية وحمايتها من المواد السامة .

تكون الخلايا الدبقية على نوعين رئيسيين: الخلاي الدبقية الصغيرة Microglia والخلايا الدبقية الكبيرة Macroglia

1-الخلايا الدبقية الصغيرة Microglia : هي خلايا مناعية في الجهاز العصبي المركزي وهي خلايا متطاولة بروزاتها الشجيرية قصيرة تقوم بالبلعمة لكل مسببات المرض وحطام الخلايا الناجم عن ضرر الجهاز العصبي المركزي كما تقوم بافراز السايتوكينات .

2- الخلايا الدبقية الكبيرة Macroglia : وتكون على انواع

أ-الخلايا النجمية Astrocytes :تقوم بربط الخلايا العصبية مع الاوعية الشعرية الدموية الموجودة بطبقة الام العطوف المحيطة بالدماغ لنقل الغذاء الى الخلايا العصبية .

ب- الخلايا قليلة التشجر Oligodendrocytes : تعملهذه الخلايا على تكوين الطبقة العازلة بوساطة غلافها النخاعيني Myelin sheath فتعمل على تغليف محاور العصبونات في ال CNS فتحقق بذلك عزلا كهربائيا للمحاور .

ج- خلايا شوان Schwann cells : تعمل بوساطة غلافها النخاعيني على تغليف محاورالخلايا العصبية في الجهازالعصبي المحيطي محققة العزل الكهربائي للمحاور .

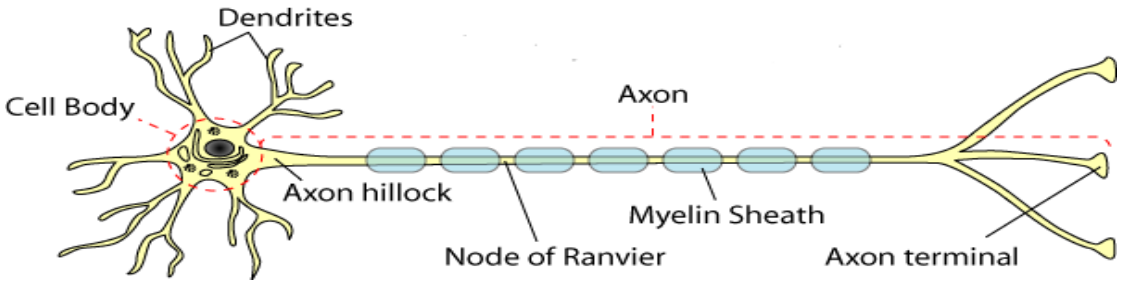
تتألف الخلية العصبية من جسم الخلية Cell Body (Perikaryon) والزوائد Processes

- يحتوي جسم الخلية على النواة والعديد من المايتوكوندريا وجهاز كولجي والجسيمات الحالة والخيوط والنبيبات الدقيقة .
- أما الزوائد فهي نوعان هما:

1- البروزات الشجيرية Dendrites: وهي استطالات قصيرة تنقل الأيعاز العصبي Nerve Impulse الى جسم الخلية العصبية.

2- المحور Axon: وهو عبارة عن استطالة طويلة تنشأ من منطقة في جسم الخلية تدعى بروز المحورAxon Hillock, و يعمل المحور على نقل الأيعاز العصبي من خلية عصبية الى اخرى ويتفرع في نهايته الى عدد من الأفرع التي تنتهي بما يدعى الأزرار النهائية Terminal Buttons أو نهايات المحور Axon Terminals و تحتوي هذه الأزرارعلى حويصلات Vesicles تعمل على خزن الناقل الأشتباكي Synaptic Transmitter

ملاحظة: يطلق على مصطلح الأيعاز العصبي في بعض المصادر مصطلح السيالة العصبية.



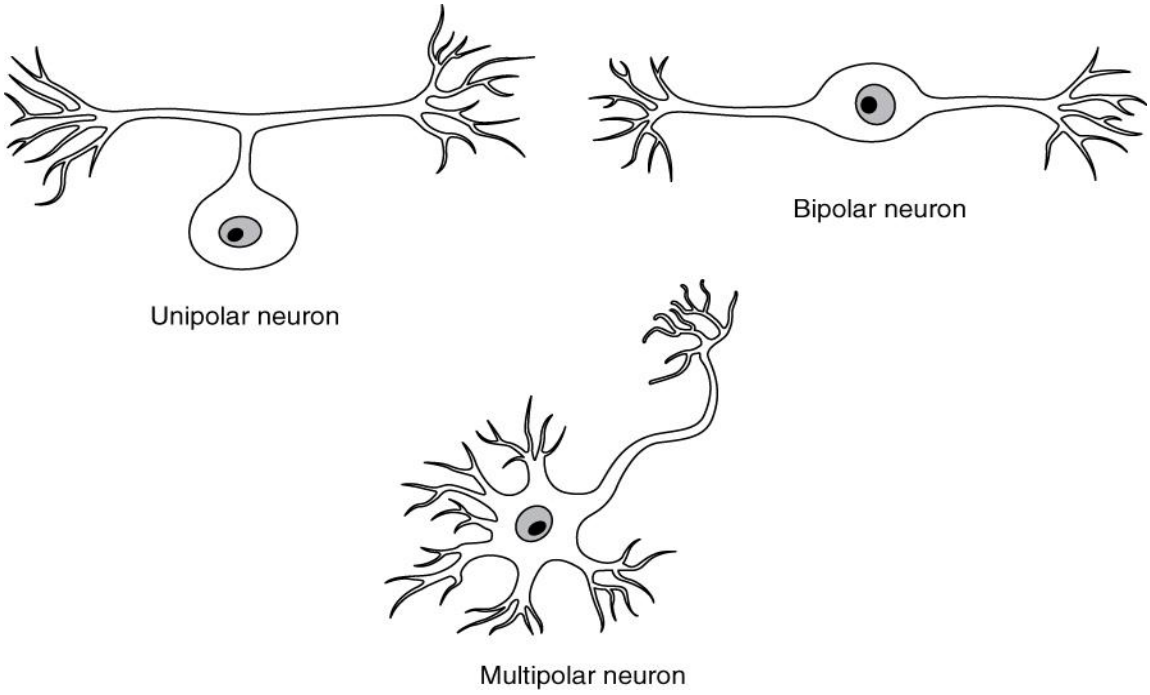
اجزاء الخلية العصبية Neuron

أنواع الخلايا العصبية تبعا للزوائد المتصلة بها

1- الخلايا العصبية احادية القطب Unipolar Neurons

2- الخلايا العصبية ثنائية الأقطاب Bipolar Neurons

3- الخلايا العصبية متعددة الأقطاب Multipolar Neurons



للكائن الحي القدرةعلى التنبه أو التأثر بالمنبهات الخارجية والداخلية وتدعى هذه القدرة بالتأثرية Irritability وهذا يؤدي الى استجابة الكائن (Response) اما بشكل تهيج Excitation او تثبيط Inhibition.

العصب The nerve : ترتبط محاور الخلايا العصبية (الالياف العصبية) بعضها ببعض بوساطة نسيج ضام فتتكون حزمة محاطة بنسيج ضام ليفي كما ترتبط العديد من هذه الحزم بوساطة نسيج ضام غني بالاوعية الدموية فيتكون العصب الذي يحاط بغلاف من نسيج ضام سميك نسبيا.

العقد العصبية Ganglion: وهو مصطلح يدل على تجمع اجسام الخلايا العصبية الموجودة في الجعاز العصبي الذاتي .

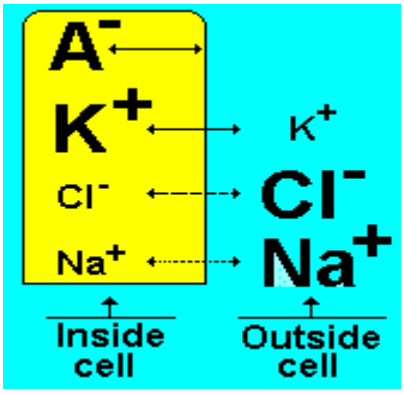
الظواهر الكهربائية للتنبه: للتنبه ثلاث مظاهر كهربائية هي:

1- جهد الراحة Resting Potential:

يكون الغشاء البلازمي في الاحوال الاعتيادية (وضع الراحة دون تاثرها باي مؤثر) لجميع الخلايا ومنها الخلايا العصبية والخلايا العضلية مستقطبا Polarized ، اي هناك فرق في الشحنة على جهتي الغشاء بمعنى وجود فرق في الجهد بحيث يكون السطح الخارجي موجب قياسا بالسطح الداخلي ولو تم قياس الفرق بوضع اقطاب على

جهتي الغشاء لسجل رقم يتراوح من –mv9 الى– mv100 اعتمادا على نوع الخلايا يطلق على الفرق في الشحنة بين جهتي الغشاء اسم جهد الراحة Resting potential ويعطى الاشارة السالبة بمعنى ان السطح الداخلي يكون سالب قياسا بالخارجي ويعود ذلك الى عوامل يمكن ايجازها بما يأتي:

1- الأختلاف في درجة نفاذية غشاء الخلية لبعض الأيونات المهمة فهو شديد النفاذية لآيونات البوتاسيوم (K^+) وقليل النفاذية لآيونات الصوديوم (Na^+) والكلور (Cl^-).
2- الفرق في تركيز آيونات البوتاسيوم بين داخل الخلية وخارجها حيث ان التركيز في الداخل اعلى من التركيز في الخارج بينما يكون تركيز كل من ايونات الصوديوم والكلور في الخارج أعلى من تركيزهما في الداخل .



تراكيز الآيونات على جانبي الغشاء

3- وجود آيونات عضوية سالبة (Anions =A) داخل الخلية العصبية ذات حجم كبير لا تستطيع المرور خلال غشاء الخلية وهذه تشمل البروتينات المتأينة والأحماض العضوية.

تحت تأثير هذه العوامل تخرج كميات قليلة جدا من ايونات البوتاسيوم من داخل الخلية وتتراكم على السطح الخارجي للغشاء بأستمرار فيكتسب شحنة كهربائية موجبة بينما يصبح السطح الداخلي ذو شحنة سالبة وهنا يدعى الغشاء مستقطبا (Polarized).

دور قوتا التركيز والكهربائية في نشوء فرق الجهد:

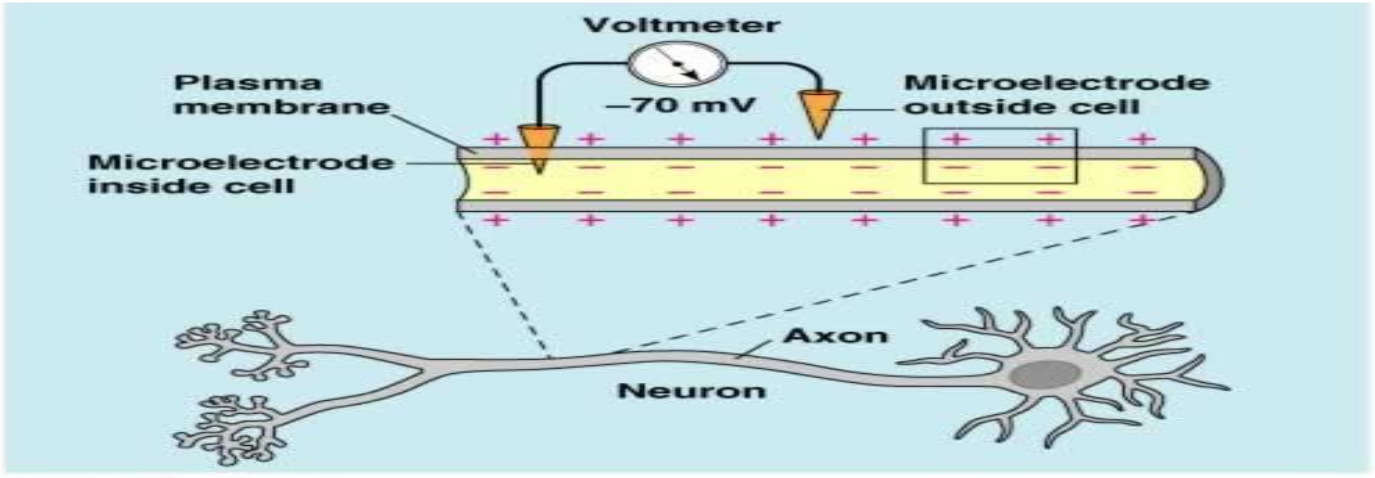
استنادا لما تم ذكره تميل ايونات البوتاسيوم للمغادرة من داخل العصبونة عبرقنوات بروتينية منتشرة في الغشاء البلازمي للعصبونة متخصصة لمرورايونات البوتاسيوم + K دون غيرها من الايونات تدعى قنوات ايونات البوتاسيوم المبوبة فولتيا channels K + Voltage- gatedبالية الانتشار فيصبح داخل الخلية سالبا بالنسبة لخارجها ويكتسب السطح الداخلي لغشائها الشحنة السالبة بينما يكون خارج الخلية موجبا ويكتسب السطح

الخارجي لغشاء الخلية الشحنة الموجبة. وعليه تتولد قوتان تحكم حركة ايونات البوتاسيوم وتعملان باتجاهين متضادين هما :

أ- قوة التركيز التي تميل لدفع ايونات البوتاسيوم خارج الخلية .

ب- القوة الكهربائية الناتجة عن سببين هما 1 : - خروج ايونات البوتاسيوم فتقل الموجبية في داخل الخلية .

2- وجود البروتينات المتاينة ذات الشحنة السالبة العالية في داخل الخلية فقط ، مما يؤدي الى اكتساب الوسط الداخلي للخلية والسطح الداخلي لغشاء الخلية الشحنة السالبة قياسا بماهو عليه خارج الخلية ، اذ تميل القوة الكهربائية الناتجة لسحب ايونات البوتاسيوم ثانية الى داخل الخلية . ويبقى التنافس قائما بين القوتان حتى تتساويان اي ان محصلة انتقال ايونات البوتاسيوم + K يعادل صفر (يتحقق توازن بحيث مقابل كل ايون بوتاسيوم يقذف الى الخارج يدخل ايون بوتاسيوم الى الخلية مرة ثانية بفعل القوة الكهربائية المضادة فلا توجد محصلة حركة) ، ويكون سطح الغشاء عندئذ موجب الشحنة من الخارج ومشحون بالشحنة السالبة من الداخل قياسا بالسطح الخارجي مع بقاء تركيز ايونات البوتاسيوم في داخل الخلية اعلى مما في خارجها لذا يكون جهد الراحة هو جهد التوازن لايونات البوتاسيوم.



جهد الراحة في الليف العصبي

2- جهد الفعل Action Potential:

عند تحفيز الليف العصبي تتغير نضوحية غشاءه فيصبح شديد النضوحية لآيونات الصوديوم بينما تقل نضوحيته لآيونات البوتاسيوم ونظرا لوجود آيونات الصوديوم بتركيز اعلى خارج الليف العصبي فأن جزءا من هذه الآيونات يدخل الليف العصبي مما يؤدي الى انخفاض في فرق الجهد على جانبي الغشاء وتدعى هذه العملية زوال استقطاب (Depolarization) وبأستمرار هذه العملية يتساوى الجهد الكهربائي على جانبي

الغشاء أي يصبح فرق الجهد الكهربائي صفرا ولكن العملية لا تتوقف عند هذا الحد وانما تستمر الى ان يصبح السطح الخارجي سالبا بالنسبة للسطح الداخلي وهذا يدعى بأنقلاب الأستقطاب .

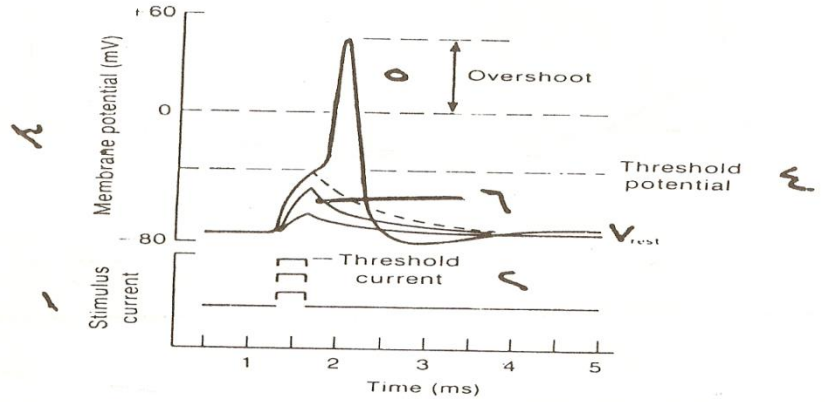
- لا يقتصر هذا التغير الكهربائي على منطقة التحفيز بل يسري من نقطة الى اخرى من غشاء الليف العصبي وهذا السريان في جهد الفعل هو الأيعاز العصبي Nerve Impulse.

- ان هذا التغير في نضوحية غشاء الليف العصبي للآيونات والذي يسبق تولد الأيعاز العصبي يكون قصير العمر لا يتجاوز اكثر من بضع مليثواني في اية منطقة محدودة من الغشاء وبعدها يعود الغشاء الى خواصه النضوحية السابقة أي يصبح مرة اخرى اكثر نضوحية لآيونات البوتاسيوم مما هو لأيونات الصوديوم حيث يؤدي ذلك الى خروج كمية من آيونات البوتاسيوم وتراكمها على السطح الخارجي لغشاء الليف العصبي وبذلك يعود الغشاء الى وضعه السابق من الأستقطاب أي يصبح السطح الخارجي موجبا بالنسبة الى السطح الداخلي من جديد وتدعى هذه العملية عودة الأستقطاب (Repolarization).

أما ايونات الصوديوم التي دخلت فيتم التخلص منها بآلية النقل الفعال أو مضخة الصوديوم- البوتاسيوم Sodium-Potassium Pump التي تتطلب صرف طاقة لذلك تتوقف هذه الآلية عند تعرض الليف الى مثبطات ايضية كالسيانيد .

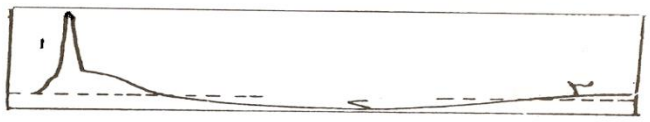
- ان مجمل العمليات التي تشمل زوال استقطاب وانقلابه ومن ثم عودته مرة اخرى الى جهد الراحة يشكل مايدعى بجهد الفعل.

- يظهر جهد الفعل على شاشة المخطاط الذبذبي (Oscilloscope) بشكل موجة حادة يشار لها بالشوكة (Spike) لذلك يطلق عليه بجهد الشوكة Spike Potential حيث تنطلق الموجة من مستوى جهد الراحة (70 -) ملي فولت لتبلغ مستوى الصفر ثم تتجاوزه لتبلغ الذروة (40 +) ملي فولت التي تمثل اقصى درجة لأنقلاب الأستقطاب ثم تنخفض لتعود الى فرق جهد يساوي صفرا ثم تنحدر دون الصفر الى ان تصل الى مستوى جهد الراحة يتبع ذلك جهد تلوي يدعى الجهد التلوي السالب (negative after-potential) ثم جهد تلوي يدعى الجهد التلوي الموجب (positive after-potential) قبل ان يستقر النشاط الكهربائي في المنطقة المنبهة عند جهد الراحة .



خاصية العتبة

١ . تيارات المنبه
٢ . تيارات العتبة
٣ . جهد الغشاء
٤ . جهد العتبة
٥ . جهد الفعل (ظهور السيالة)
٦ . جهد موضعي
٧ . جهد تلوي



شكل يوضح جهد الفعل و الجهود التلوية

١- جهد الفعل ٢- الجهد التلوي السالب ٣- الجهد التلوي الموجب

يمكن قياس فرق الجهد آليا بأستخدام جهاز المخطاط الذبذبي أو حسابيا (نظريا) بأستخدام معادلة نيرنست (Nernst equation): وحسب الصيغ الآتية:

1- قياس جهد الراحة

$$E_k = -58 \text{ Log } \frac{[K^+]\ i}{[K^+]o}$$

حيث ان E_k تمثل جهد التوازن للبوتاسيوم وتمثل جهد الراحة

$[K^+]i$ تمثل تركيز البوتاسيوم داخل الخلايا مقسوماً على $[K^+]o$ التي تمثل تركيز البوتاسيوم خارج الخلايا . (o = out) (i= in)

أي أن قيمة جهد الراحة الناتج عن فرق التركيز في ايونات البوتاسيوم بين داخل الخلية وخارجها يعادل 58 مضروبا x لوغاريتم التركيز الداخلي / التركيزالخارجي لأيونات البوتاسيوم , والقيمة سالبة لكون السطح الداخلي للغشاء في حالة الراحة يكون سالبا .

2- قياس جهد الفعل

$$E_{Na} = 58 \text{ Log } \frac{[Na^+]o}{[Na^+]i}$$

حيث E_{Na} تمثل جهد التوازن للصوديوم وتمثل جهد الفعل ويلاحظ في المعادلة تقسيم تركيز الصوديوم في الخارج على تركيزه في الداخل وذلك لأن تدفق الأيون بعد التحفيز يكون من الخارج الى الداخل , والقيمة هنا موجبة لكون السطح الداخلي في هذه الحالة يصبح موجبا .

3- التوتر الكهربائي (الجهد الموضعي) Electrotonus

عندما يحفز الليف العصبي بمنبه دون حد العتبة الخاصة به فأنه يفشل في توليد جهد فعل منتشر على هيئة ايعاز عصبي أي بعبارة اخرى يحدث زوال استقطاب جزئي للغشاء يتلاشى بسرعة ويعود الغشاء الى وضع الراحة دون قيام جهد فعل و توليد سيالة عصبية.

- العتبة Threshold: هي ادنى قوة حافز تحدث استجابة في الليف العصبي.
- عند استخدام رجات كهربائية متتالية ذات شدة دون العتبة قد تتآزر الجهود الموضعية وتولد جهد فعل سارٍ .
- لكي يتولد جهد الفعل ويسري في الليف العصبي يجب ان ينخفض جهد الراحة في منطقة التحفيز بمقدار الثلث على الأقل اما اذا كان زوال الأستقطاب اقل من ذلك فأن التبدل الكهربائي يكون موضعيا وسرعان ما يضمحل في مكانه دون ان يتحول الى جهد فعل سارٍ في الليف العصبي.

الخصائص التجريبية للتنبه :

1- العتبة Threshold:

ان الحوافز الضعيفة لاتحدث استجابة في الليف العصبي أي لا تولد ايعازا عصبيا ولكن عند وصول الحافز الى شدة معينة كافية لتوليد ايعاز عصبي يقال بأن هذا الحافز او المنبه قد وصل الى حد العتبة وهنا تبلغ الأستجابة اقصى حد لها ولا تزداد بزيادة شدة الحافز ويطلق على هذه الخاصية قانون الكل أو اللا شيء (All or none law) علما بأن الألياف العضلية تخضع لهذا القانون ايضا.

2- التلاؤم Accomodation:

عند تعرض الليف العصبي الى حافز يعاني غشاء الليف من عمليتين متضادتين اولاهما عملية التنبه والأخرى عملية مقاومة المنبه حيث تعمد الثانية الى تقليل تأثير المنبه او تأخير الأستجابة وهذا يعرف بالتلاؤم ويحدث عندما يكون المنبه دون حد العتبة.

3- زمن العصيان Refractory Period:

ليتم تحفيز الليف العصبي يجب ان يكون في حالة الراحة أي يكون غشاءه مستقطبا ولا يمكن تنبيهه عندما يكون في حالة زوال استقطاب او انقلاب استقطاب وعليه يمتنع الليف العصبي عن الأستجابة ثانية اذا كان الفاصل الزمني بين الحافزين قصير جدا (2 ملي ثانية أو اقل) وتسمى هذه الفترة الزمنية بزمن العصيان المطلق (Absolute Refractory Period) .

- عندما تكون الفترة الزمنية بين الحافزين اكثر من ذلك فأن الليف العصبي يستجيب بشرط زيادة شدة الحافز عن حد العتبة و عندها يطلق على الفترة الزمنية بين الحافزين بزمن العصيان النسبي (Relative Refractory Period).

- عندما تكون الفترة الزمنية بين الحافزين (20-15) ملي ثانية او اكثر تتولد استجابة خاصة بكل حافز أي ان قوة الحافز المطلوبة تكون قريبة من حد العتبة كلما ازداد الزمن بين الحافزين المتتاليين.