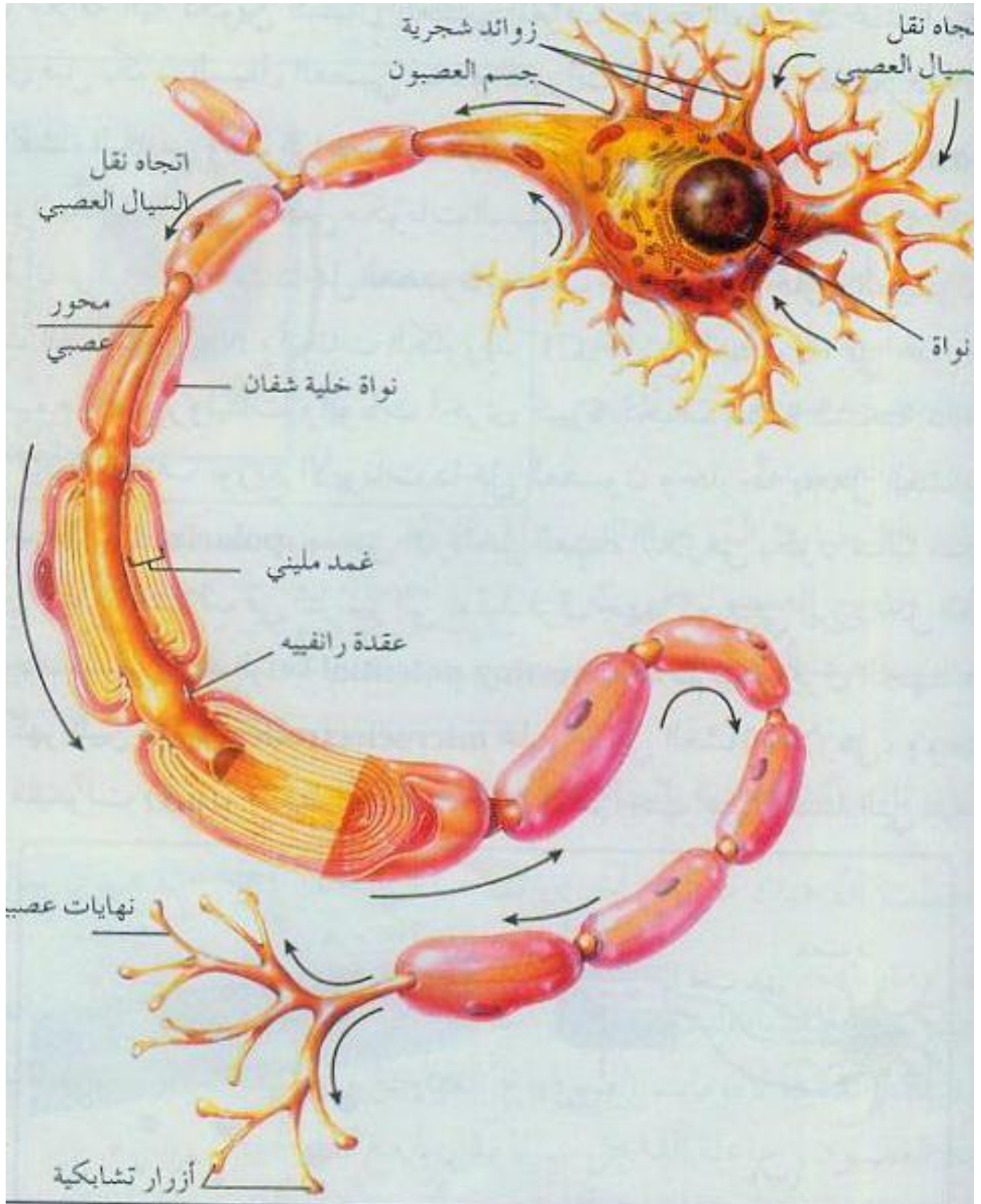


بسم الله الرحمن الرحيم

الإحساس والاستجابة والتنظيم في جسم الإنسان



** يتفاعل جسم الإنسان مع بيئته الداخلية والخارجية المحيطة به عن طريق عمليات حيوية متخصصة منها :

- 1- وصول المعلومات للجهاز العصبي المركزي على شكل سيالات عصبية يتم تفسيرها والرد عليها
- 2- انقباض العضلات
- 3- إفراز الهرمونات من الغدد الصماء

السيال العصبي :

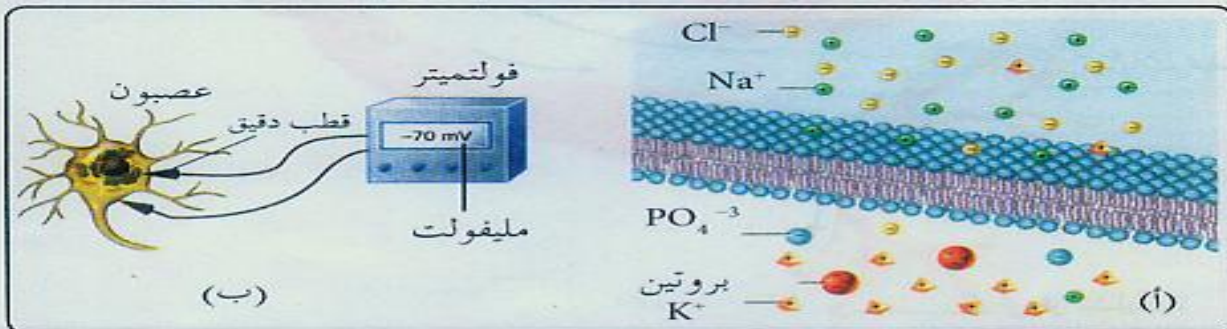
- الأجزاء المشتركة بين العصبونات : 1- جسم عصبون 2- الزوائد الشجرية 3- النهايات العصبية 4- المحور العصبي
- السيل العصبي : عبارة عن رسالة ذات طبيعة كهر وكيميائية , تترجم الية المؤثرات المختلفة في الجسم لإحداث استجابة معينة .
- يتكون السيل العصبي عند وصول مؤثر يغير الجهد على جانبي غشاء العصبون .
- يتطلب معرفة الية تكوين السيل العصبي معرفة طبيعة العصبون عندما يكون في حالة الراحة (أي قبل تكون السيل العصبي)

آلية تكوين السيل العصبي:

يتكون السيل العصبي عند وصول مؤثر يغير الجهد الكهربائي على جانبي غشاء العصبون .
للتعرف على آلية تكوين السيل العصبي يجب معرفة طبيعة العصبون عندما يكون في وضع الراحة (أي قبل تكون السيل العصبي فيه) , والتغيرات التي تحدث عند تعرضه لمؤثر معين .

1- جهد فعل الغشاء البلازمي وقت الراحة (جهد الراحة) :

- يحاط غشاء العصبون بغشاء بلازمي يفصل مكونات السيتوبلازم عن السائل بين خلوي المحيط .
- خارج العصبون : تتركز أيونات الصوديوم Na^+ , وإيونات الكلوريد Cl^-
- داخل العصبون : تتركز أيونات البوتاسيوم K^+ , وإيونات وبروتينات كبيرة الحجم سالبة الشحنة .
- اختلاف توزيع الأيونات بين داخل وخارج العصبون يجعل الغشاء البلازمي في حالة استقطاب
- مامعنى الاستقطاب ؟
- يعني الاستقطاب إختلاف توزيع الأيونات داخل العصبون و خارجه (أن داخل الغشاء البلازمي سالبا مقارنة مع خارجه)
- ماذا ينتج عن حالة الاستقطاب ؟
- يؤدي الاستقطاب (اختلاف تركيز الأيونات) إلى توليد فرق جهد كهربائي بين داخل الغشاء البلازمي للعصبون و خارجه ، يسمى جهد الراحة .
- تم قياس فرق الجهد الكهربائي خلال حالة الاستقطاب (جهد الراحة) باستخدام قطبين كهربائيين دقيقين على جانبي الغشاء البلازمي للعصبون وجهاز فولتمتر .
- كم يبلغ مقدار الجهد الكهربائي المسجل خلال حالة الاستقطاب (جهد الراحة) ؟
- يساوي - 70 مليفولت (mv) .



الشكل (٢-٢): (أ) توزيع الأيونات داخل محور العصبون وخارجه وقت الراحة. وينتج من هذا التوزيع فرق جهد كهربائي بين داخل الغشاء البلازمي وخارجه يصل إلى -70 مليفولت. (ب) قياس فرق الجهد الكهربائي داخل العصبون وخارجه باستخدام جهاز الفولتمتر وقطبين كهربائيين دقيقين

• ما العوامل التي تكون جهد الراحة أو حالة الاستقطاب؟

1- البروتينات والايونات كبيرة الحجم سالبة الشحنة الموجودة داخل غشاء العصبون (غير القادرة على النفاذ خارج العصبون بسبب حجمها).

2- النفاذية العالية للغشاء البلازمي للعصبون لايونات البوتاسيوم الموجبة نحو خارج العصبون ، وقلة نفاذية هذا الغشاء للايونات الصوديوم الموجبة وايونات الكلوريد السالبة التي توجد خارج العصبون ، جاعلة الداخل سالبة مقارنة بالخارج.

3- مضخة صوديوم - بوتاسيوم التي توجد في غشاء العصبون التي تضخ ثلاثة ايونات صوديوم نحو الخارج مقارنة بأيونين بوتاسيوم للداخل.



التغيرات التي تحدث عند وصول منبه معين :

عند وصول منبه معين لعصبون وهو في وضع الاستقطاب (الراحة) فإن مجموعة تغيرات للعصبون وهي :

1- إزالة الاستقطاب:

يستجيب العصبون للعديد من المنبهات منها:

أ- الضوء ب- المواد الكيميائية ج- الحرارة

* لا يعني وصول منبه معين للعصبون أنه يستجيب له , إذ يجب أن تكون شدة المنبه كافية لتغيير حالة الاستقطاب في العصبون .

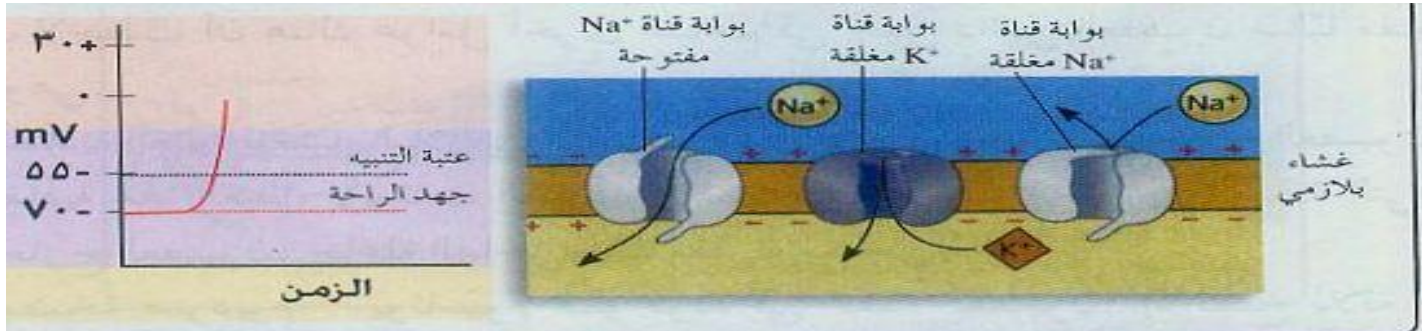
• ما هو المقصود بعتبة التنبيه ؟

هي اقل شدة للمنبه تلزم لفتح بوابات قنوات الصوديوم في الغشاء البلازمي للعصبون لتمرير ايونات الصوديوم إلى داخل العصبون .

ماذا يحدث عند وصول منبه قوي لنقطة على غشاء العصبون ؟

* عند وصول منبه تأثيره يساوي مستوى عتبة التنبيه أو أكثر تزداد نفاذية غشاء العصبون لايونات الصوديوم في منطقة التنبيه دون حدوث تغير لنفاذية ايونات البوتاسيوم .

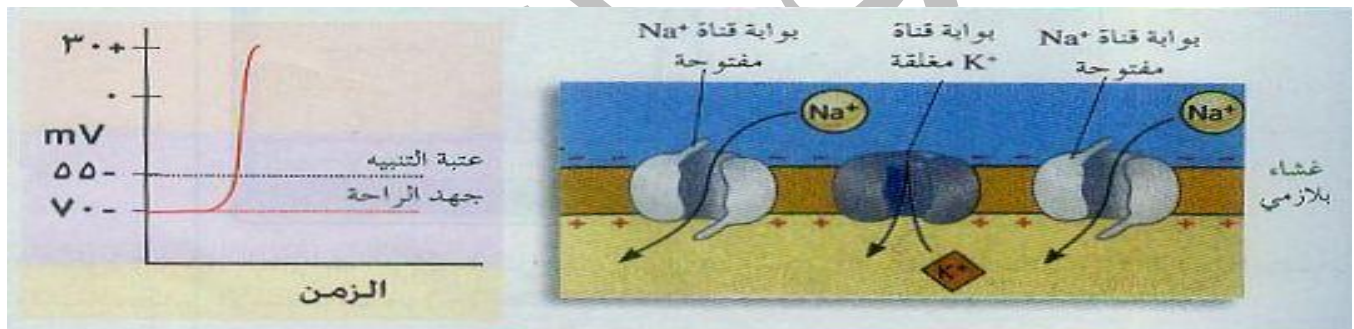
- دخول كميات كبيرة من الأيونات الموجبة لداخل العصبون تعمل على معادلة الشحنات السالبة داخل العصبون , حتى يصل فرق الجهد الكهربائي على جانبي غشاء العصبون إلى صفر, مما يؤدي إلى إزالة الاستقطاب .



الشكل (٢-٤): إزالة الاستقطاب؛ يبين الشكل مقدار فرق الجهد الكهربائي الذي يصل إليه العصبون في حالة إزالة الاستقطاب، نتيجة فتح قنوات أيونات الصوديوم ودخول هذه الأيونات إلى الداخل.

2- انعكاس الاستقطاب:

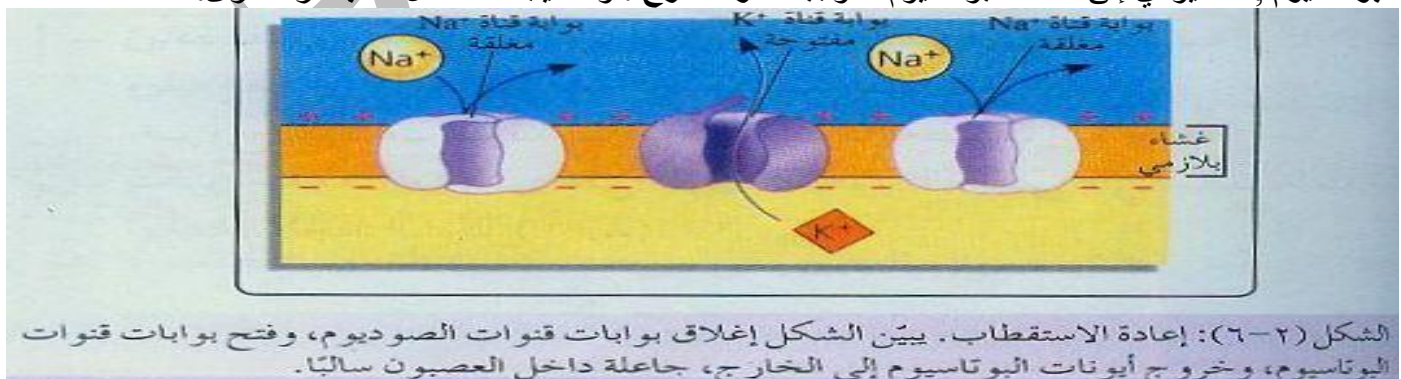
- استمرار دخول أيونات الصوديوم لداخل العصبون بكميات تجعل داخل العصبون موجباً مقارنة مع الخارج الذي يصبح سالباً. مما يؤدي إلى حالة انعكاس الاستقطاب , مقارنة بما كان عليه في حالة الراحة
- قد يصل فرق الجهد إلى + 30 مليفولت



الشكل (٢-٥): انعكاس الاستقطاب. يؤدي فتح قنوات أخرى لأيونات الصوديوم إلى دخول المزيد من هذه الأيونات إلى داخل العصبون، جاعلة الداخل موجباً مقارنة مع خارجه.

3- إعادة الاستقطاب:

- لا يستمر دخول أيونات الصوديوم لداخل العصبون حيث تغلق بوابات الصوديوم تلقائياً وتفتح بوابات قنوات البوتاسيوم , مما يؤدي إلى انتقال البوتاسيوم الموجبة نحو الخارج . وهذا يجعل الداخل سالباً مرة أخرى.

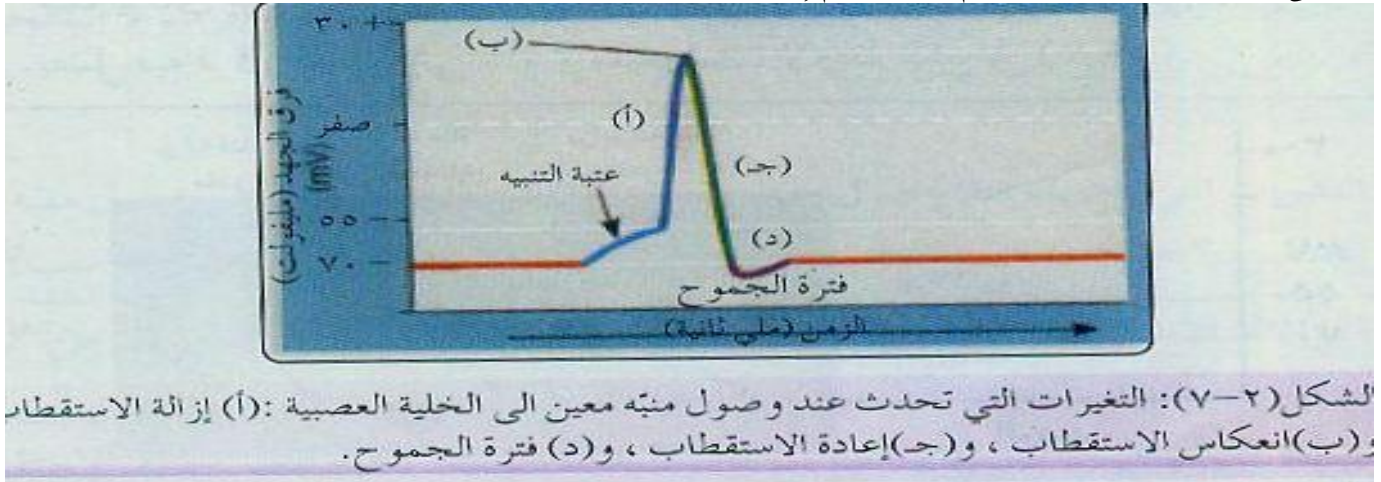


الشكل (٢-٦): إعادة الاستقطاب. يبين الشكل إغلاق بوابات قنوات الصوديوم، وفتح بوابات قنوات البوتاسيوم، وخروج أيونات البوتاسيوم إلى الخارج، جاعلة داخل العصبون سالباً.

- تسمى مراحل إزالة الاستقطاب , وانعكاس الاستقطاب , وإعادة الاستقطاب **جهد الفعل**.
- ينشأ السيل العصبي عندما ينتقل جهد الفعل بعيدا عن منطقة التنبيه .تحتاج المنطقة من غشاء العصبون إلى فترة تتراوح بين 1-3 ملي ثانية , لاستجيب خلالها لأي مؤثر . وتسمى هذه الفترة **فترة الجموح** .

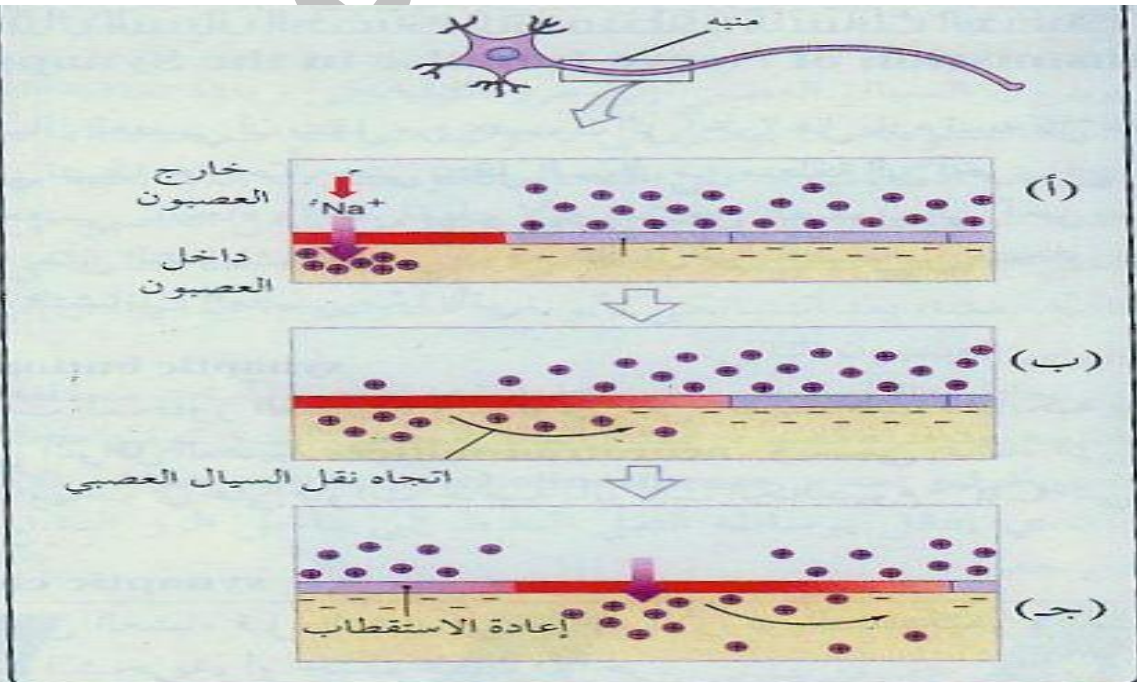
ما الأحداث الحاصلة للعصبون خلال فترة الجموح؟

خلال فترة الجموح يقوم العصبون بعملية نقل نشط لأيونات الصوديوم إلى خارج العصبون , وإيونات البوتاسيوم إلى داخله عبر مضخة صوديوم - بوتاسيوم , لاستعادة حالة الاستقطاب .



انتقال السيل العصبي في العصبون :

- بعد حدوث جهد فعل نتيجة لمنبه في منطقة ما على غشاء العصبون منبها جديدا لمنطقة المجاورة , فيؤدي إلى ما يأتي :
- زيادة نفاذية غشاء العصبون لأيونات الصوديوم محدثة إزالة الاستقطاب , ويليه انعكاس الاستقطاب أي حدوث جهد فعل جديد .
 - خروج أيونات البوتاسيوم حتى يعود العصبون إلى وضع الراحة
 - يتكرر حدوث ما سبق على طول المحور العصبي في سلسلة متعاقبة حتى نهايته .



الشكل (٨-٢): انتقال السيل العصبي في العصبون: (أ) يبدأ تأثير المنبه بزيادة نفاذية غشاء العصبون لأيونات الصوديوم ودخولها إلى الداخل، وبهذا يحدث جهد فعل. (ب) يؤثر هذا الجهد في المنطقة المجاورة مسبباً حدوث جهد فعل فيها. (ج) عودة المنطقة الأولى إلى جهد الراحة وهكذا على طول محور العصبون.

انتقال السائل العصبي في منطقة التشابك العصبي :

- * ينتقل السائل العصبي باتجاه واحد (من جسم الخلية إلى النهايات العصبية) فقط .
- ينتقل السائل العصبي من عصبون لآخر عبر مناطق التشابك العصبي .
- يمثل التشابك العصبي مواقع اتصال بين عصبونين متجاورين .

**مكونات التشابك العصبي:

أ- أزرار تشابكية:

- الموقع: في نهايات المحاور العصبية.
- محتوياتها: تحتوي على حويصلات تشابكية بداخلها نواقل عصبية (مواد كيميائية مثل الأسيتيل كولين)
- يسمى غشاء الزر التشابكي الغشاء قبل التشابكي , يحتوي على قنوات خاصة لأيونات الكالسيوم Ca^{+2} التي توجد بتركيز عالي خارج العصبون .

ب- شق تشابكي :

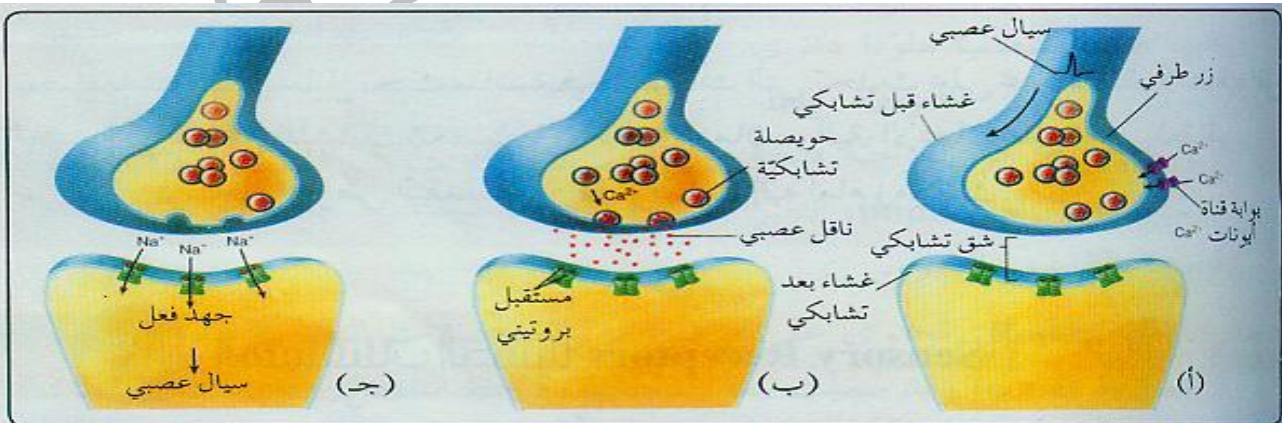
- منطقة تفصل بين الغشاء التشابكي لأحد الأزرار التشابكية والغشاء بعد التشابكي لإحدى مناطق الزوائد الشجرية . أو جسم عصبون آخر.

ج- عصبون بعد التشابكي :

- يحتوي غشاؤه البلازمي على مستقبلات بروتينية خاصة بالنواقل العصبية .

التغيرات التي تعقب وصول سائل عصبي إلى الزر التشابكي :

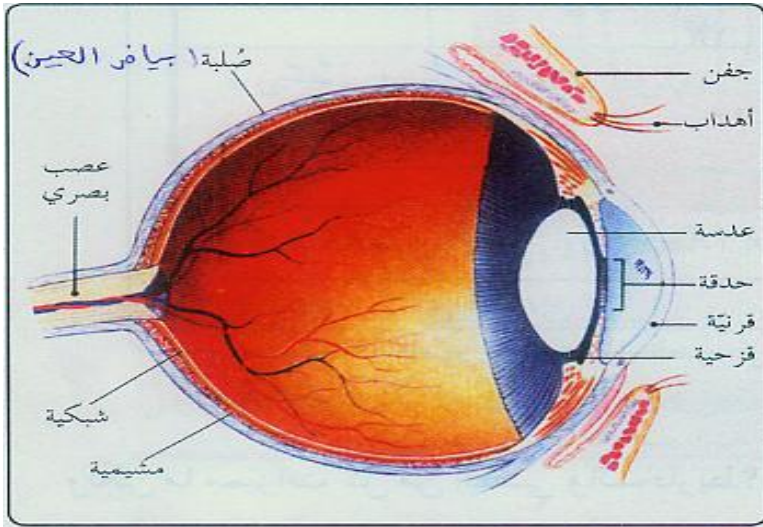
- يسبب وصول السائل العصبي إلى الزر التشابكي زيادة نفاذية الغشاء قبل التشابكي لأيونات الكالسيوم , مما يؤدي إلى دخولها عبر قنوات خاصة .
- تساعد أيونات الكالسيوم على 1- التحام الحويصلات التشابكية بغشاء الزر التشابكي (الحويصلات تفتجر) .
2 - تحرر محتويات الحويصلات من نواقل عصبية في الشق التشابكي.
- يرتبط الناقل العصبي بمستقبلات خاصة على الغشاء بعد التشابكي .
- تزداد نفاذية الغشاء بعد التشابكي لأيونات الصوديوم , مما يؤدي إلى دخولها , وتكوين جهد فعل في العصبون التالي .
- لا يدوم ارتباط الناقل العصبي بمستقبلاته , إذ تعمل آليات مختلفة في منطقة التشابك على تحطيمه بعد فترة قصيرة . فمثلا الناقل العصبي استيل كولين يحطمه إنزيم استيل كولين استريز إلى حمض الايثانويك (الخليك) و كولين , الذي ينتقل بواسطة النقل النشط إلى الزر التشابكي لتكوين استيل كولين من جديد .



الشكل (٢-٩): منطقة التشابك العصبي؛ ينتقل عبرها السائل العصبي من عصبون إلى آخر عبر الشق التشابكي: (أ) يصل السائل العصبي إلى الزر الطرفي للعصبون وتدخل أيونات الكالسيوم داخله. (ب) تلتحم الحويصلات التشابكية مع الغشاء قبل تشابكي بمساعدة أيونات الكالسيوم، وتفتجر لتحرر الناقل العصبي في الشق التشابكي، ويرتبط بمستقبلات خاصة على الغشاء بعد التشابكي. (ج) تفتح قنوات أيونات الصوديوم في الغشاء بعد التشابكي لتدخل أيونات الصوديوم إلى العصبون التالي، ويتكوّن جهد فعل فيه.

المستقبلات الحسية:

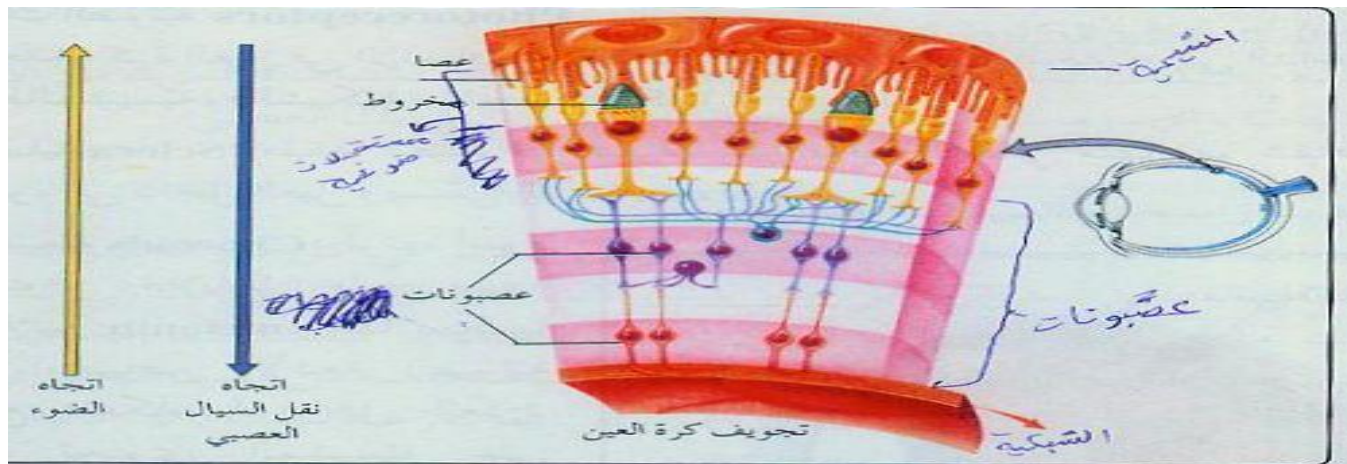
- يستقبل جسم الإنسان الكثير من المؤثرات البيئية الخارجية عن طريق أعضاء حسية وهي:
 - أ- العين: المستقبل الضوئي.
 - ب- الأذن: المستقبل الصوتي
 - ج- اللسان والأنف: مستقبلان كيميائيان.
 - د- الجلد
 - هـ - الأذن الداخلية: مستقبلات التوازن
- تحتوي هذه الأعضاء على تراكيب تسمى مستقبلات حسية .
- تحول طاقة المؤثرات إلى طاقة كهربائية وكيميائية .
- تنتقل هذه الطاقة في الأعصاب على شكل سيالات عصبية إلى الجهاز العصبي المركزي
- يقوم الجهاز العصبي بما يلي :
 - 1- تفسير السيالات العصبية
 - 2- إدراك طبيعة المؤثر
 - 3- ثم يستجيب (استجابة) الجسم تبعا لنوع المؤثر



الشكل (٢-١٠): مقطع طولي في عين الإنسان يظهر أنها مكونة من طبقات ثلاث، وهي الصلبة، والمشيمية، والشبكية.

للمستقبلات العصبية عدة أشكال منها :**1- المستقبلات الضوئية:****- عضو الاستقبال العين**

- تتكون العين من **ثلاثة طبقات** مرتبة من الخارج إلى الداخل:
 - أ- **الصلبة** : طبقة بيضاء غير شفافة عدا الجزء الأمامي منه فهو شفاف , ويمرر الضوء إلى داخل العين ويسمى القرنية .
 - ب- **المشيمية** : لونها اسود... لماذا ؟ لاحتواء خلاياها على صبغة الميلانين - لها القدرة على امتصاص الأشعة الضوئية ومنع انعكاسها داخل العين - تحتوي المشيمية على أوعية دموية علل.
 - وذلك لنقل الغذاء والأكسجين إلى شبكية العين
 - تشكل المشيمية في مقدمة العين قرصا عضليا ملونا دائري الشكل يسمى القزحية
 - يوجد في مركز القزحية فتحة تسمى حدقة العين يتغير قطرها تبعا لشدة الضوء .
- ج- **الشبكية** : تحتوي على نوعين من المستقبلات الضوئية (سميت تبعا لشكلها) هما
 - 1- العصي: أكثر حساسية للضوء - تستجيب للضوء الخافت (تساعد على الرؤيا ليلا) لكن باللونين الأسود والأبيض- تحتوي على صبغة الرودوبسين .
 - 2- المخاريط : أقل حساسية للضوء - تستجيب للإضاءة العالية (تساعد على الرؤيا نهارا) قادرة على تمييز الألوان - تحتوي على صبغة الفوتوبسين



الشكل (٢-١١): المستقبلات الضوئية في شبكية العين، وهي تتكوّن من العصي والمخاريط، كما يظهر اتجاه دخول الضوء إلى العين، واتجاه نقل السائل العصبي عبر عصبونات الشبكية.

اليه الإبصار:

- 1- الطاقة الضوئية على شكل أشعة منعكسة عن الأشياء التي نراها .
- 2- تمتص الأشعة الضوئية من قبل جزيئات الصبغات الضوئية (رودبسين - فوتوبسين) في العصي والمخاريط في الشبكية , فيغير شكل هذه الجزيئات .
- 3- يحدث جهد فعل في العصي والمخاريط ينبه عصبونات أخرى في الشبكية.
- 4- ينتقل جهد الفعل بواسطة العصب البصري إلى مراكز متخصصة في الدماغ لإدراك الصورة.

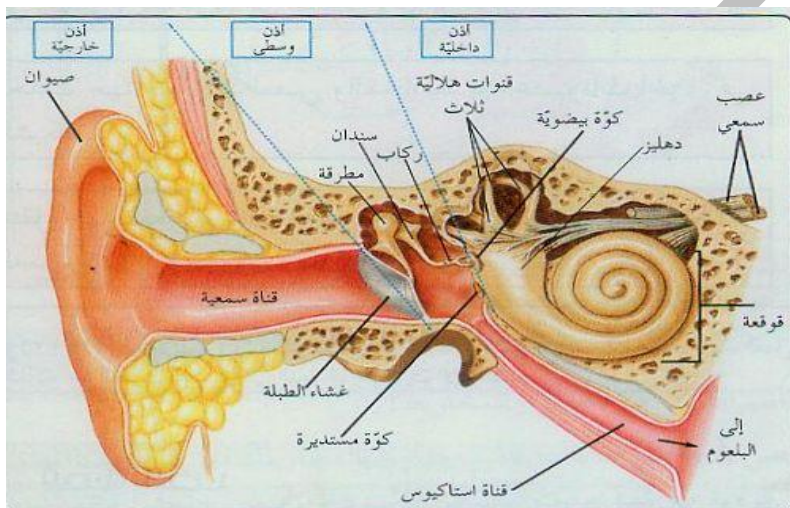
2- المستقبل الصوتي:

عضو الاستقبال: الأذن

* تتكون الأذن في الإنسان من ثلاثة أجزاء رئيسية :

أ - الأذن الخارجية: وتتكون من

- صيوان : يجمع الموجات الصوتية
- قناة سمعية : تنقل الصوت لغشاء الطبلة
- غشاء الطبلة : يضخم الصوت وينقله للأذن الوسطى



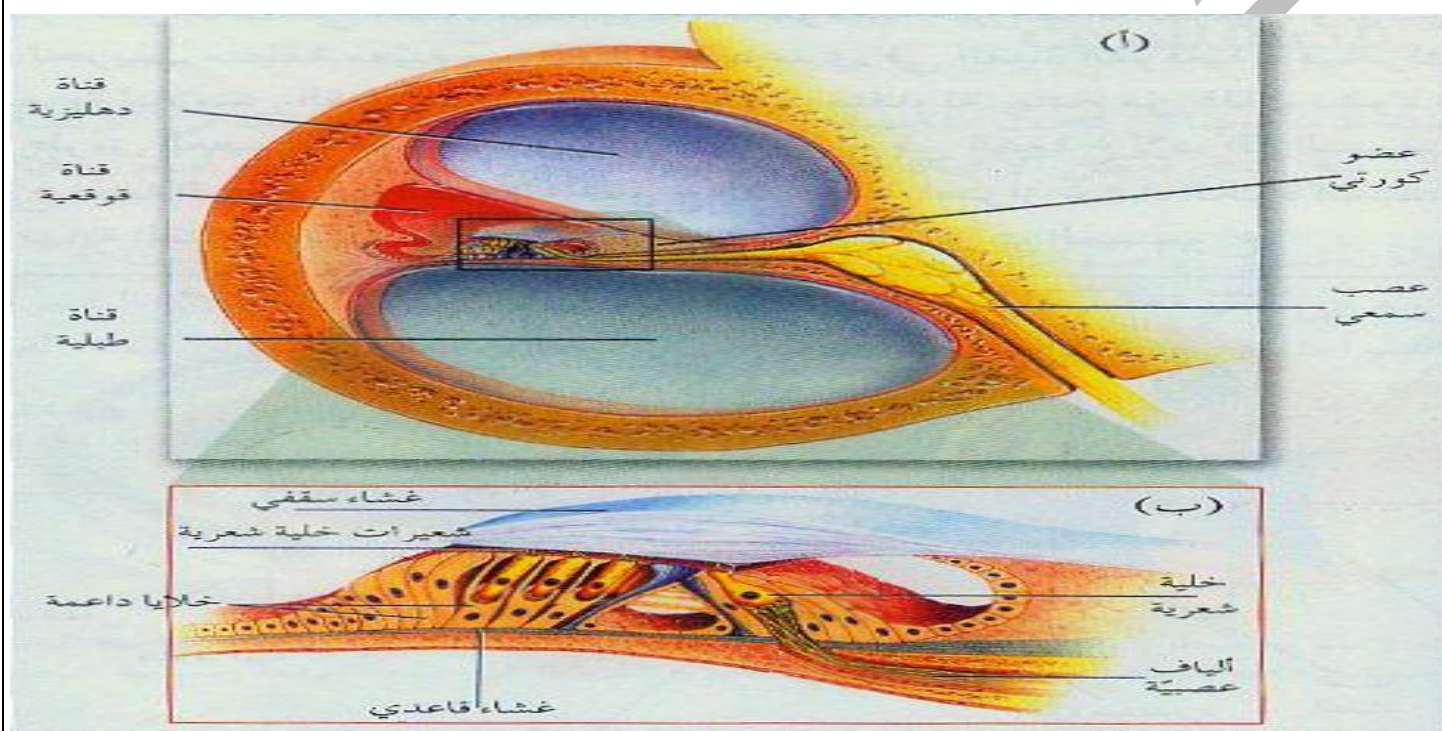
الشكل (٢-١٣): الأذن في الإنسان؛ الأذن الخارجية، وتتكوّن من الصيوان، والقناة السمعية، وغشاء الطبلة. الأذن الوسطى داخلها عظيمات السمع الثلاث، وتصل بالأذن الداخلية عن طريق الكوة البيضوية. وتحتوي الأذن الداخلية على الدهليز، والقنوات الهلالية الثلاث، والقوقعة.

ب- الأذن الوسطى : وتتكون من :

- تجويف صغير مملوء بالهواء , يتصل بتجويف البلعوم بواسطة قناة استاكيوس ويسبب هذا الاتصال يكون ضغط الهواء على جانبي غشاء الطبلة متعادلا .
- ثلاث عظيمات وهي مطرقة, سندان, ركاب تعمل على توصيل الاهتزازات الصوتية بعد تضخيمها من غشاء الطبلة إلى الأذن الداخلية عبر غشاء الكوة البيضوية .
- الكوة البيضوية : توصل الاهتزازات الصوتية القادمة من العظيّمات للأذن الداخلية .

ج- الأذن الداخلية: تتكون من

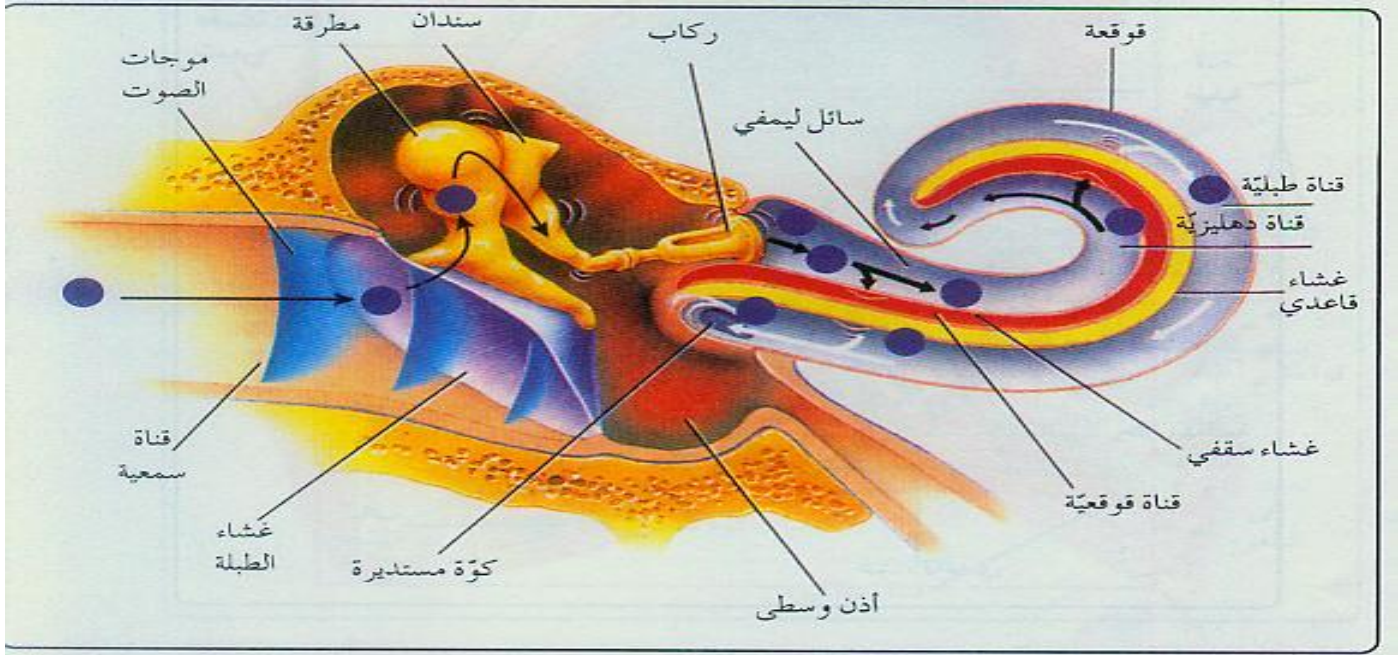
- الدهليز .
- القنوات الهلالية الثلاثة: قنوات ثلاثة متعامدة لها دور في اتزان الجسم والحفاظ على (مستقبل التوازن الحركي)
- القوقعة: تحتوي على المستقبلات الصوتية وتتكون من ثلاثة قنوات على الترتيب :
 - 1- قناة دهليزية
 - 2- قناة طبلية
 - 3- قناة قوقعية (فيها مستقبلات الصوت)
- عضو كورتى : يوجد في القناة القوقعية وهو الجزء المسؤول عن الاستقبال الصوتي ويتكون من :
 - أ- خلايا شعرية (وتعد المستقبل الصوتي)
 - ب- غشاء قاعدي ترتكز عليه الخلايا الشعرية
 - ج- غشاء سقفي تلامسه الخلايا الشعرية
 - د- سائل ليمفي الذي يملأ القوقعة بقنواتها .



الشكل (٢-١٤): (أ) مقطع عرضي في القوقعة وتحتوي على القناة الدهليزية، والقناة الطبلية، والقناة القوقعية التي تحتوي على عضو كورتى. (ب) عضو كورتى الذي يتكون من: خلايا شعرية، وغشاء قاعدي، وغشاء سقفي.

**** كيف نسمع الاصوات؟**

- 1- تصل الموجات الصوتية إلى غشاء الطبلية عن طريق القناة السمعية .
- 2- تنتقل الاهتزازات إلى العضيمات السمعية الثلاثة، المطرقة، السندان، الركاب، لتسبب اهتزاز غشاء الكوة البيضوية وتضخيمها، ونشوء موجات ضغط في السائل الليمفي الذي يملأ قنوات القوقعة .
- 3- تنتشر الموجات في القنوات الدهليزية، فالقوقعية عبر القناة الطبلية (ترتب القنوات دهليزية، طبلية، قوقعية) تؤدي حركة السائل إلى تحريك منطقة معينة من الغشاء القاعدي في القناة القوقعة و فيحرك بدوره الخلايا الشعرية لتلامس الغشاء السقفي بدرجات متفاوتة . ينشأ من ذلك جهد فعل ينتقل عن طريق العصب السمعي إلى مراكز السمع في الدماغ لإدراك الصوت.
- 4- تفرغ طاقة الموجات الصوتية خارج القوقعة، باهتزاز غشاء الكوة المستديرة الموجودة في نهاية القناة الطبلية .



الشكل (٢-١٥): آلية السمع، وتتضمن انتشار الموجات الصوتية في قنوات القوقعة، ونشوء جهد فعل وانتقاله عبر العصب السمعي إلى الدماغ، حيث يتم إدراك الصوت.

** مستقبلات التوازن:

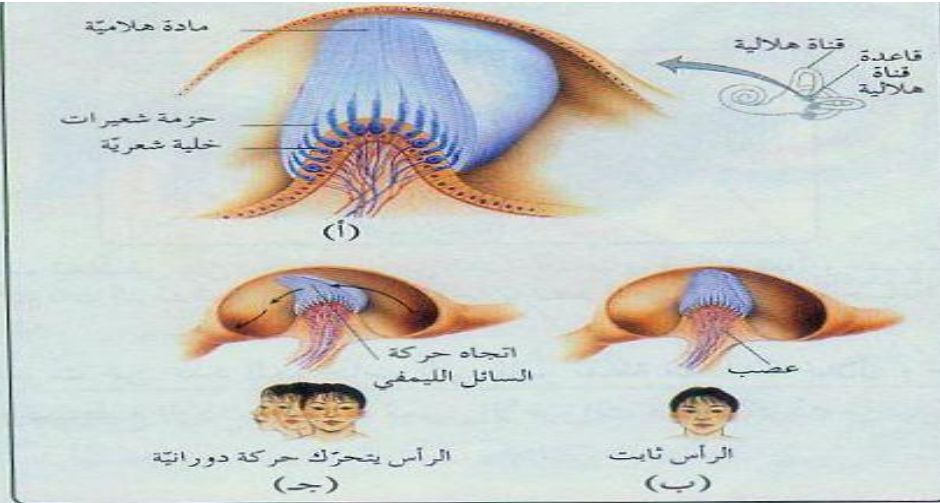
أنواع توازن الجسم :

أ - التوازن الساكن : توجد مستقبلاته في الدهليز - يتمثل بالمحافظة على وضعية الجسم بالنسبة لقوة الجاذبية الأرضية .

ب- التوازن الحركي : توجد مستقبلاته في القنوات الهلالية الثلاث - يتمثل بالمحافظة على توازن الجسم بالنسبة عند الاستجابة للحركات المفاجئة ، مثل حركة دوران الرأس

أ - القنوات الهلالية:

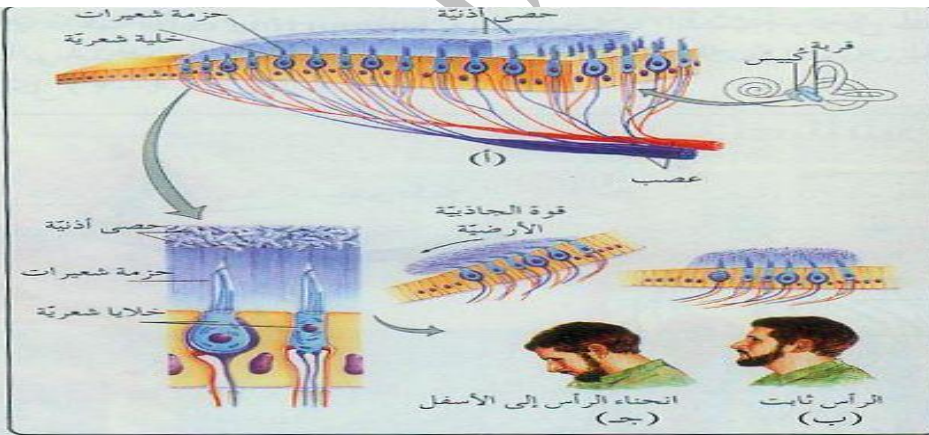
- كم عددها ؟ عددها ثلاثة تترتب بمستويات ثلاثة متعامدة ، تكون مملوءة بسائل ليمفي ، تحتوي القنوات عند قواعدها على حويصلات تحتوي بداخلها على مستقبلات التوازن الحركي.
- مكونات مستقبلات التوازن الحركي : خلايا شعرية تغطي شعيراتها بمادة هلامية.
- عند تحريك الرأس حركة دائرية مثلاً يتحرك السائل الليمفي داخل القنوات محرّكاً المادة الهلامية بالاتجاه نفسه ومنبهها الخلايا الشعرية فينشأ جهد فعل .
- ينتقل جهد الفعل الناشئ عبر الألياف العصبية للخلايا الشعرية إلى الدماغ.
- أهمية انتقال جهد الفعل للدماغ : لإدراك الدماغ للمعلومات القادمة من القنوات الثلاثة وتحديد اتجاه حركة الرأس الدائرية وسرعتها.



الشكل (٢-١٧): (أ) مستقبلات التوازن الحركي في القنوات الهلالية، وهي خلايا شعرية تغطي شعيرات المادة الهلامية (ب) عدم تحرك المستقبلات حين يكون الرأس في وضعية الثبات. (ج) حركة السائل الليمفي عند تحريك الرأس حركة دورانية، مسبباً حركة المادة الهلامية بالاتجاه نفسه.

ب- الدهليز:

- * يضم كيسين صغيرين مملوئين بسائل ليمفي وهما : أ - القربة ب - الكيس.
- * يحتوي كلا الكيسين على خلايا شعرية، تغطي شعيرات المادة الهلامية، تحتوي المادة الهلامية على حبيبات من كربونات الكالسيوم (تسمى حصى أذنية).
- * عند تحريك الرأس إلى الأسفل مثلاً تسحب الحصى الأذنية إلى الأسفل بفعل الجاذبية الأرضية، وتنزل على الخلايا باتجاه حركة الرأس نفسها، مسببة انحناء شعيراتنا محدثة بذلك **جهد فعل** ينتقل للدماغ لإدراك وضع الرأس.



شكل (٢-١٨): (أ) مستقبلات التوازن الساكن في الدهليز، وهي خلايا شعرية تغطي شعيرات المادة الهلامية تحتوي على حصى الأذنية. (ب) عدم تحرك الحصى الأذنية حين يكون الرأس في وضعية الثبات. (ج) انزلاق الحصى الأذنية عند انحناء الرأس إلى الأسفل، قليلاً بفعل الجاذبية الأرضية.

4- المستقبلات الكيميائية

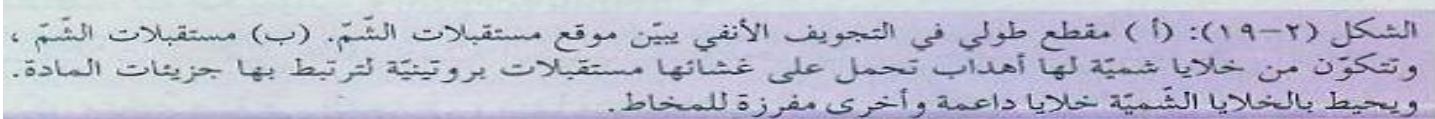
- مستقبلات تستقبل طاقة المنبه الكيميائية، وتحولها إلى جهد فعل ينتقل في الأعصاب إلى مراكز متخصصة في الدماغ
- مثال عليها : أ - مستقبلات الشم ب - مستقبلات الذوق

*** مكان التواجد : 1- الأنف 2- سقف التجويف الأنفي .**

* **توجد بين الخلايا الشمية خلايا داعمة لها وظيفتان :**

- 1- **تغذي الخلايا الشمية**
- 2- **تزيل سمية بعض المواد التي تدخل الأنف.**

* عدد تفرز المخاط، أهمية المخاط يوفر وسطا ملائما لذويان جزيئات المواد المراد شملها، لاحظ الشكل.



حسب النظرية الكيميائية المجسمة يجب تحقق شرطان لنشم الروائح وهما:

- 1- إن تكون جزيئات المواد ذات الرائحة يجب أن تكون متطايرة
2- أن يتناسب شكلها مع شكل المستقبلات البروتينية الموجودة على أهداب الخلايا الشمية.

***الآلية التي تتم خلالها عملية الشم :**

- تذوب جزيئات الروائح المحمولة في تيارات الهواء الداخل إلى الأنف في المخاط، ثم ترتبط بالمستقبلات البروتينية.
- تحدث بعد ذلك سلسلة من التفاعلات الكيميائية، تنتهي بنشوء جهد فعل ينتقل عن طريق العصب الشمي إلى مراكز تمييز الرائحة في الدماغ.

رابعاً: آلية انقباض العضلات.

* أنواع العضلات في جسم الإنسان ثلاثة وهي:

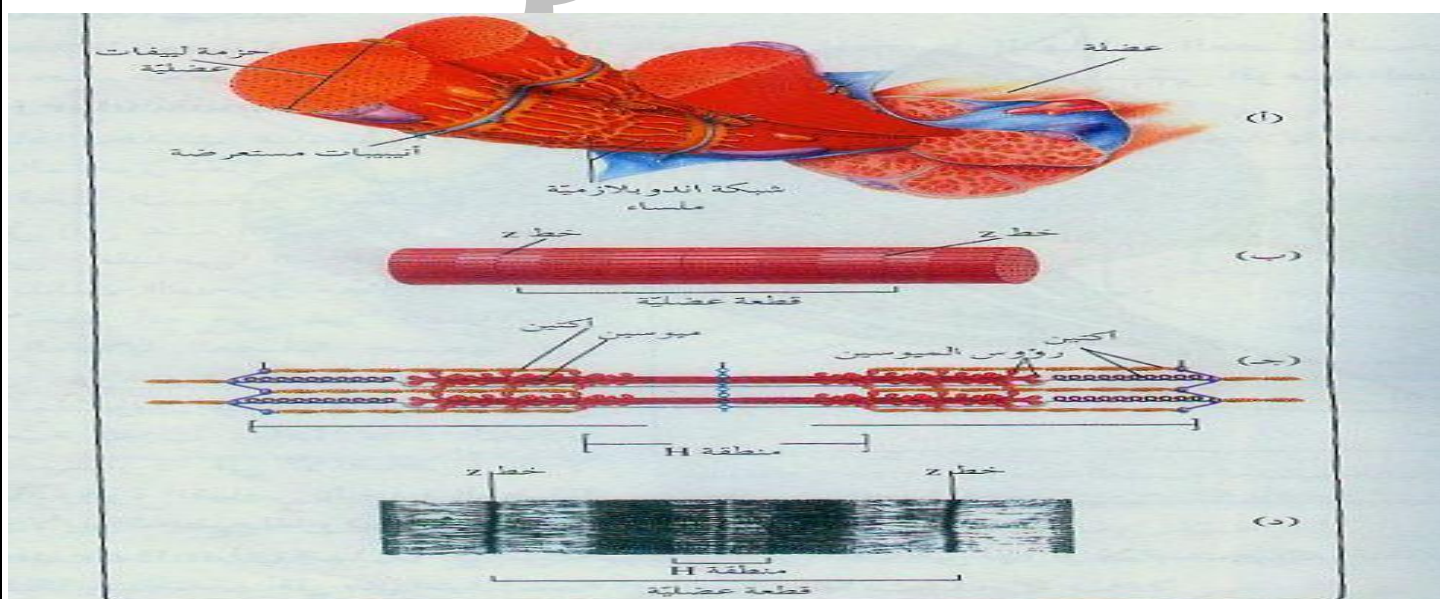
- 1- الهيكلية.
- 2- الملساء (وتتكون منه العضلات الحشوية) .
- 3- القلبية .

* للعضلات عدة صفات أهمها :

- 1 - القابلية للتهيج : أي انه عند وصول ناقل عصبي من النهايات العصبية من المحور اليها يتكون سيال عصبي على طول غشاء الخلية العضلية .
- 2 - المرونة : أي أن الخلايا العضلية قابلة للانقباض والانبساط .

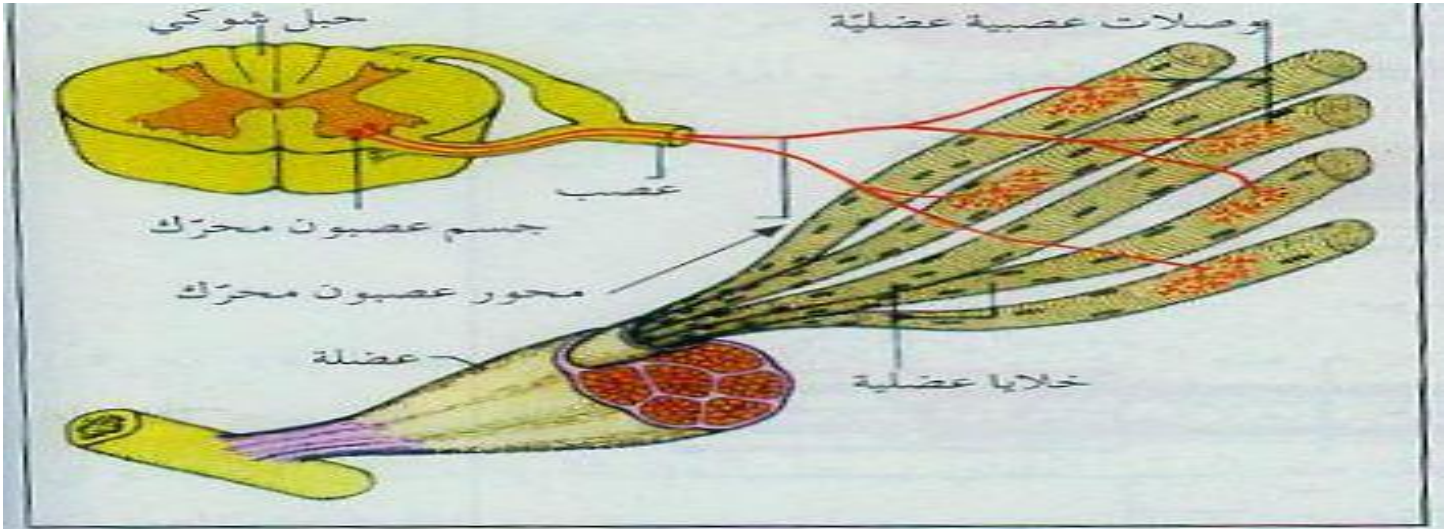
1 - تركيب الخلية العضلية : (العضلة الهيكلية المخططة)

- تتكون الخلية العضلية من نسيج من حزم متوازية من الخلايا العضلية الاسطوانية (تعرف باسم الألياف العضلية) تحاط بغلاف من نسيج ضام , يلتقي النسيج الضام للحزم المختلفة عند طرفي العضلة , ليتحد مع الوتر الذي يربط العضلة بالعظم .
- محتويات الخلية العضلية : العديد من النوى , حزمة من اللييفات العضلية , تحاط جميعها بغشاء بلازمي واحد .
- يتخلل حزمة اللييفات شبكة اندوبلازمية ملساء متسعة , تخزن ايونات الكالسيوم الضرورية لعملية الانقباض .
- التركيب الدقيق لللييفات : يوجد داخلها نوعين أساسيين من الخيوط البروتينية :
أ - خيوط رفيعة من بروتين اكتين ب- خيوط سميكة من بروتين ميوسين .
- سبب ظهورها مخططة وجود نوعين من الخيوط يعطيها المظهر مخططا تخطيطا عرضيا عند مشاهدتها بالمجهر .
- كل وحدة مخططة تسمى قطعة عضلية , ويحدها من كل جانب ما يعرف باسم خط Z .
- يسمى جزء اللييف الواقع بين خطي Z بالقطعة العضلية .
- تشكل خيوط الميوسين البروتينية السميكة رؤوس ممتدة طوليا وسط القطعة العضلية .
- تربط خيوط الاكتين البروتينية الرفيعة بين خطي Z في القطعة العضلية .



الشكل (٢-٢١): (أ) العضلة الهيكلية، وتتكون من حزم من الألياف العضلية ويظهر فيها الشبكة الاندوبلازمية الملساء. (ب) قطعة عضلية بين خطي Z. (ج) التركيب الدقيق للقطعة العضلية ويظهر أنها مكونة من خيوط أكتين الرفيعة وخيوط ميوسين السميكة. (د) القطعة العضلية بين خطي Z.

- تتصل النهايات العصبية لمحور عصبون حركي بمجموعة من الخلايا العظلية في منطقة تشابك محددة تسمى الوصلة العصبية العظلية .



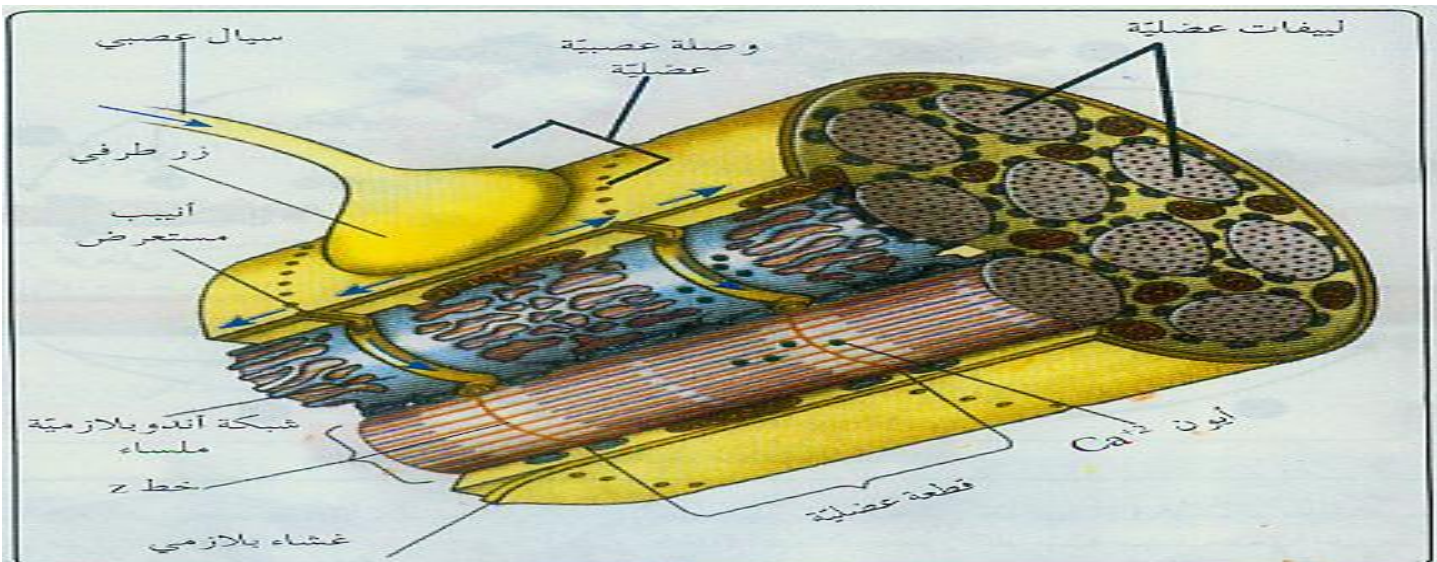
الشكل (٢-٢٢): الوصلة العصبية العظلية حيث تتصل نهايات المحاور العصبية لعصبونات حركية بأغشية الخلايا العظلية.

• ماذا يحدث عند تنبيه احد المحاور العصبية ؟

- تنبيه احد المحاور العصبية بمنبه قوي يصل إلى عتبة التنبيه اللازمة التي تؤدي إلى انقباض الخلايا العظلية المتصلة بذلك المحور مع بأقصى ما لديها .
- ليس من الضروري مشاركة الخلايا العظلية جميعها في الانقباض , والذي يحدد ذلك طبيعة الحركة المطلوبة
- لزيادة قوة انقباض عضلة معينة يجب زيادة عدد الخلايا المشاركة في الانقباض , وذلك لأنه لا يمكن زيادة انقباض الخلية العظلية الواحدة (حيث أنها إذا شاركت بالانقباض تكون قد انقبضت بأقصى ما لديها) لأنها تخضع لقانون الكل أو العدم.
- مضمون قانون الكل أو العدم: " أن الخلية العظلية إما أن تستجيب بأقصى انقباض لها أو لا تستجيب, تبعا لشدة المنبه وفيما إذا كانت شدته أقل من عتبة التنبيه أو أعلى منها " .

• التغيرات التي تلي وصول سيال عصبي إلى الوصلة العصبية العظلية :

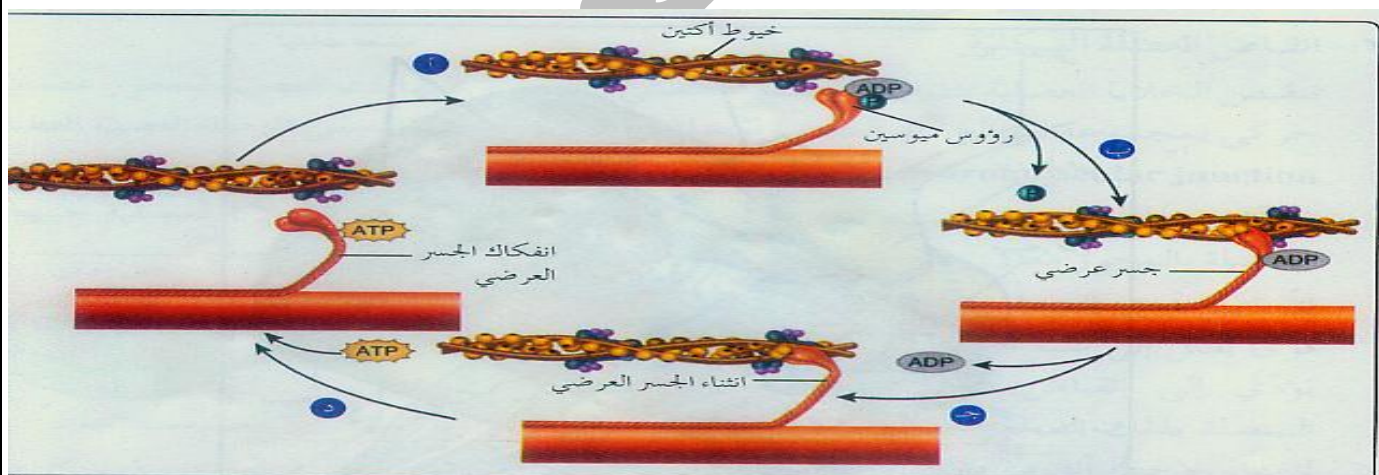
- يتحرر الناقل العصبي استيل كولين من النهايات العصبية , ويرتبط بمستقبلات خاصة على غشاء الخلية العظلية مما يؤدي إلى حدوث جهد فعل .
- ينتشر جهد الفعل على طول الغشاء العضلي , وعبر انغمادات غشائية تسمى انيبيبات مستعرضة تمتد بين الليفيات العظلية , و تصل قرب مخازن ايونات الكالسيوم في الشبكة الاندوبلازمية الملساء .
- يؤدي وصول جهد الفعل إلى هذه المخازن إلى تحرر ايونات الكالسيوم منها , وانتشارها بين الخيوط البروتينية
- تساعد ايونات الكالسيوم على ارتباط رؤوس الميوسين بمواقع خاصة على خيوط اكتين , مكونة جسور عرضية
- بعد ذلك تنتهي الجسور العرضية وتسحب خيوط اكتين لمسافة قصيرة نسبيا نحو وسط القطعة العظلية (منطقة H) مما يؤدي إلى قصر القطعة العظلية .
- ملاحظة : هذا القدر من الانزلاق غير كافي لاحداث انقباض في العضلة .
- يجب تكرار عملية الانزلاق (انزلاق خيوط اكتين على خيوط الميوسين) باستخدام جزيئات ATP التي تستخدم في فك ارتباط الجسور العرضية , لترتبط ثانية بمواقع جديدة على خيوط اكتين وتنتهي نحو وسط القطعة العظلية وهكذا , يتكرر فك الجسور العرضية , وارتباطها حتى يتم الانقباض المطلوب .



الشكل (٢٣-٢): يتسبب وصول سائل عصبي عند الوصلة العصبية العضلية إلى حدوث جهد فعل، ينتشر عبر الأنابيب المستعرضة إلى الشبكة الإندوبلازمية الملساء، وتحرر أيونات الكالسيوم منها.

• ماذا يحدث بعد زوال المنبه؟

- 1- يعاد ضخ أيونات الكالسيوم إلى مخازنها في الشبكة الإندوبلازمية الملساء بعملية نقل نشط تحتاج إلى جزيئات ATP، مما ينهي حالة الانقباض.
 - 2- تعود العضلة إلى وضع الانبساط.
- * نلاحظ مما سبق أن خيوط أكتين تنزلق على خيوط ميوسين مما يؤدي إلى قصر القطعة العضلية وبالتالي انقباض العضلة.



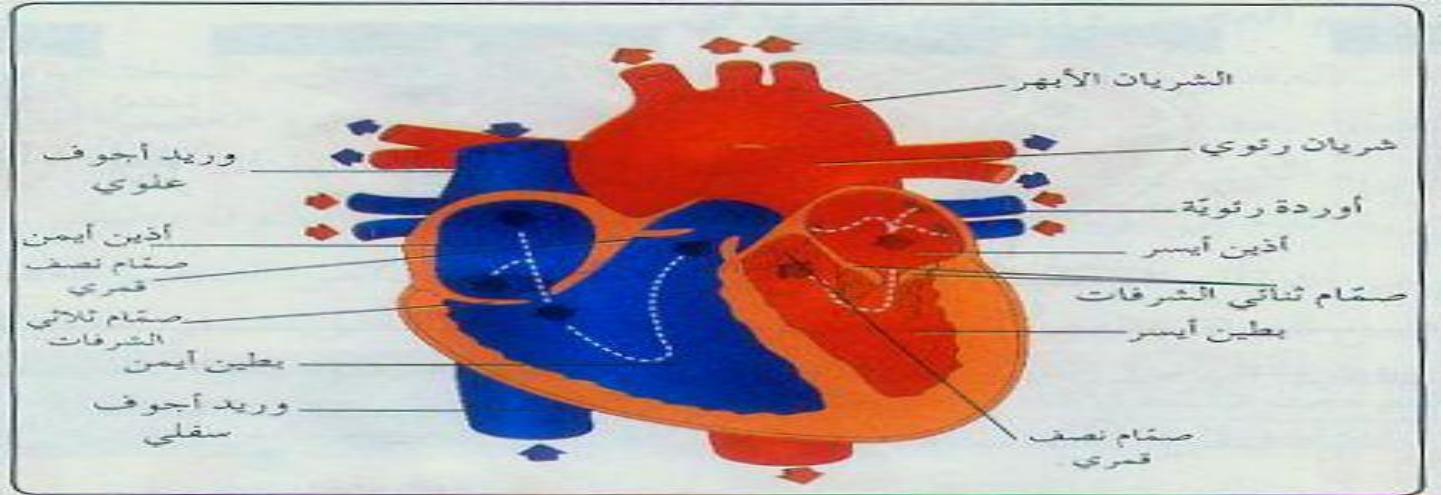
الشكل (٢٤-٢): آلية انقباض العضلة؛ (أ) تنشيط رؤوس الميوسين بعد تحلل جزيء ATP مكونة الجسور العرضية. (ب) ارتباط الجسر العرضي بمواقع خاصة على خيوط أكتين. (ج) انثناء الجسور العرضية ساحة معها خيوط أكتين نحو وسط القطر العضلية نحو منطقة H. (د) تنفك الجسور العرضية من خيوط أكتين للارتباط بمواقع جديدة، وتحتاج هذه العملية إلى طاقة.

جزيئات ATP مهمة في انقباض العضلات لأنها :

- 1- تعمل على فك الجسور العرضية (فك ارتباط رؤوس الميوسين بخيوط الأكتين)
- 2- ضخ أيونات الكالسيوم إلى مخازنها في الشبكة الإندوبلازمية الملساء .

3- تنظيم نبض القلب :

- يتكون القلب عند الإنسان من أربع حجرات: أذنين وبطينين
- ينظم صمام تدفق الدم من الأذين إلى البطين في كل جانب (الصمام ثنائي الشرفات بين الأذين الأيسر و البطين الأيسر و الصمام ثلاثي الشرفات بين الأذين الأيمن و البطين الأيمن)
- يصدر من القلب شريانان (شريان رئوي و البطين الأيمن للرئة – شريان أبهر من البطين الأيسر لجميع أجزاء الجسم).
- يوجد صمام نصف قمري في منطقة اتصال الشريان الأبهر و البطين الأيسر , وصمام نصف قمري آخر في منطقة اتصال الشريان الرئوي بالبطين الأيمن .

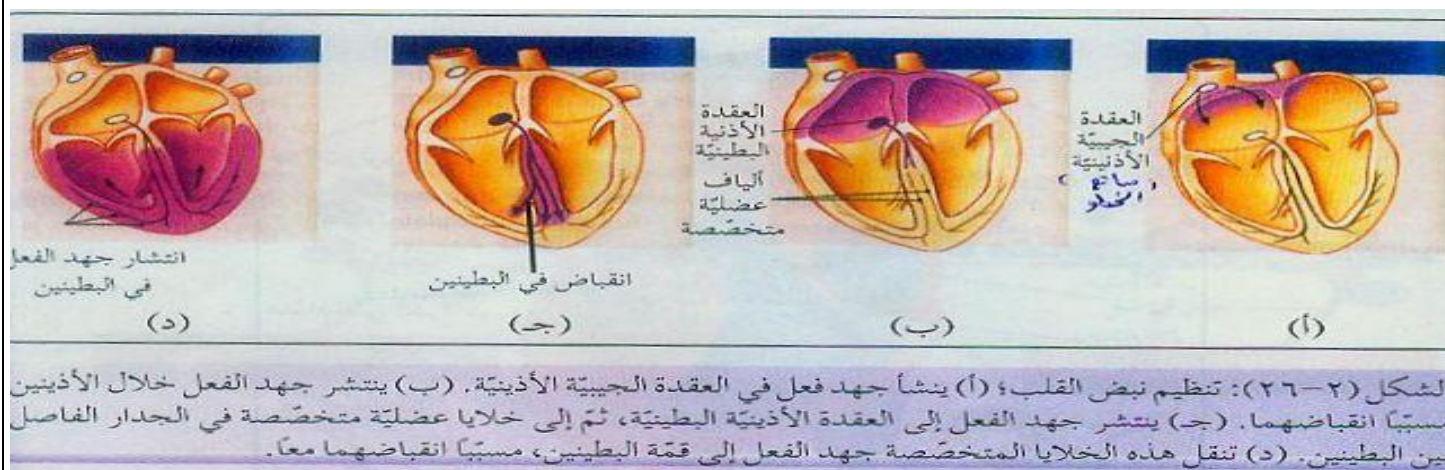


الشكل (٢-٢٥): تركيب القلب وتظهر حجرات القلب الأربع وبعض الأوعية الدموية الرئيسة المتصلة به.

- ينبض القلب قرابة خمس وسبعين نبضة في الدقيقة الواحدة , وذلك بانقباض عضلته وانبساطها.
- تعطي كل نبضة صوتين:
- الصوت الأول:- ينتج عن إغلاق الصمامين (ثنائي وثلاثي الشرفات) الواقعين بين الأذين والبطين في كل جانب.
- الصوت الثاني:- ينتج عن إغلاق الصمامين نصف القمريين الواقعين في قاعدة كل من الشريان الأبهر والشريان الرئوي , يمكن سمع هذين الصوتين بوضوح باستخدام سماعة الطبيب.

كيف يمكن تنظيم نبض القلب ؟

- تنقبض عضلة القلب بشكل مستمر ومنظم , وذلك نتيجة لنشاط عقدة من الخلايا المتخصصة تسمى العقدة الجيبية الأذينية أو صانع الخطو .
- موقع العقدة: توجد في جدار الأذين الأيمن بين مدخل الوريدين الأجوفين (العلوي والسفلي).
- ينشأ من هذه العقدة (الجيبية الأذينية) جهد فعل كل (0,8) من الثانية .
- ينتشر جهد الفعل خلال جدار الأذنين مسببا انقباضهما , كما ينتشر إلى نسيج متخصص يسمى العقدة البطينية وتوجد في الجدار الفاصل بين الأذين الأيمن والبطين الأيمن .
- تحدث إعاقة لجهد الفعل (المنتشر من العقدة الجيبية الأذينية إلى العقدة البطينية) مدتها (0,1) من الثانية.
- أهمية فترة الإعاقة: تضمن فترة إعاقة جهد الفعل هذه انقباض الأذنين تفريغهما تماما من الدم.
- ينتقل جهد الفعل في خلايا عصبية متخصصة إلى قمة البطين مسببا انقباض البطينين معا.



- دور الأعصاب (الجهاز العصبي) في انقباض القلب : **الدور التنظيمي** , حيث لا تحتاج العقدة الجيبية الأذنية إلى تحفيز لكي تعطي جهد فعل فهي تعمل بذاتها .

- الدور التنظيمي للأعصاب يبرز من خلال نشاطها في :

1- تبطئ أو تسرع معدل إصدار جهود الفعل من العقدة (الجيبية الأذنية) .

2- تؤثر في قوة انقباض عضلة القلب .

خامسا : التنظيم الهرموني

- تحاول أجهزة جسم الإنسان بمختلف عملياتها الحيوية الوصول إلى حالة من الاتزان والثبات في بيئتها الداخلية .

- يسيطر الجهاز العصبي على الكثير من الأنشطة الحيوية داخل الجسم , لكنه لا يستطيع القيام بذلك لوحده عل

1- عدد الخلايا التي 'تغذي' عصبيا أقل بكثير من عدد خلايا الجسم 2 - ويدوم التأثير العصبي لمدة قصيرة .

3- كثير من العمليات الحيوية تحتاج لزمان طويل , مثل عملية النمو .

- يؤدي جهاز الغدد الصم المكون من غدد صم - لا قنوية - دورا أساسيا في العمليات الحيوية , بإفراز مواد

كيميائية تسمى هرمونات .

- معظم هرمونات الغدد الصم تنتقل في الدم , لتصل إلى خلايا تسمى **خلايا الهدف** (تحتوي على مستقبلات لتلك

الهرمونات) .

- هناك نوع آخر من الهرمونات تسمى **هرمونات موضعية** :

* تنقل بواسطة السائل بين خلوي .

* تفرزه بعض الخلايا لتؤثر في الخلية نفسها أو في الخلايا المجاورة .

1 - مقارنة بين التنظيم العصبي والتنظيم الهرموني :

- يعمل الجهاز العصبي والهرموني معا لتنظيم وظائف الجسم المختلفة , لكن هناك ثمة فروق بينهما وهي كما يلي في الجدول التالي:

وجه المقارنة	التنظيم العصبي	التنظيم الهرموني
سرعة النقل	ينتقل بسرعة أكبر	ينتقل بسرعة أقل ينتقل بواسطة الدم لمختلف أجهزة الجسم
سرعة التأثير	أسرع تأثيرا	أبطىء تأثيرا
أمد التأثير	أقصر أمد وذلك لوجود آليات تثبط عمل النواقل العصبية	أطول أمد لا يوجد آليات تثبط



الشكل (٢-٢٧): مقارنة بين آليتي التنظيم العصبي والتنظيم الهرموني؛ (أ) ينتشر الناقل العصبي من عصبون إلى العصبون التالي عبر الشق التشابكي. (ب) تفرز الغدة الهرمون في الدم ليصل إلى الخلية الهدف عبر الدورة الدموية.

- تقسم الهرمونات إلى قسمين اعتمادا على التركيب الكيميائي :

- أ - هرمونات ذائبة في الماء مثل الهرمونات الببتيدية
ب - هرمونات ذائبة في الليبيدات مثل الهرمونات الستيرويدية , وهرمون ثايروكسين

أ - الهرمونات ذائبة في الماء :

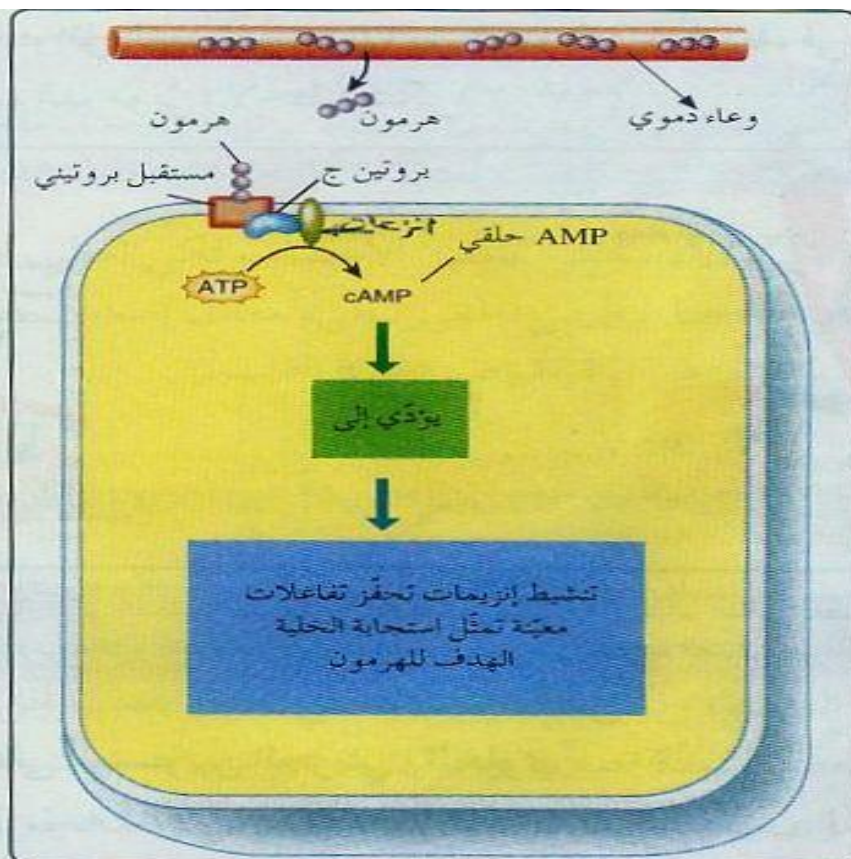
* المميزات:

- أ - تتميز بقدرتها على الحركة في بلازما الدم دون الحاجة إلى بروتين ناقل ,
ب - لا تستطيع عبور الغشاء البلازمي للخلايا الهدف (يوجد مستقبلات بروتينية على سطح الخلية الهدف).

* آلية العمل:

- 1- يرتبط الهرمون بمستقبل بروتيني خاص موجود في الغشاء البلازمي للخلية الهدف .

- 2- يؤدي هذا الارتباط إلى تنشيط بروتين خاص يسمى بروتين (ج)
- 3- يعمل بروتين (ج) على تنشيط إنزيمات داخل الغشاء والتي بدورها تعمل على تحلل ATP وإنتاج جزيئات AMP حلقي (cAMP) .
- 4- ينشط cAMP إنزيمات في الخلية تحفز تفاعلات معينة (بما يمثل استجابة الخلية الهدف للهرمون) .



الشكل (٢-٢٨): آلية عمل الهرمونات الذائبة في الماء؛ يرتبط الهرمون بمستقبل بروتيني خاص على الغشاء البلازمي للخلية الهدف منتجاً cAMP، الذي ينشط إنزيمات في الخلية تحفز تفاعلات معينة تمثل استجابة الخلية الهدف للهرمون.

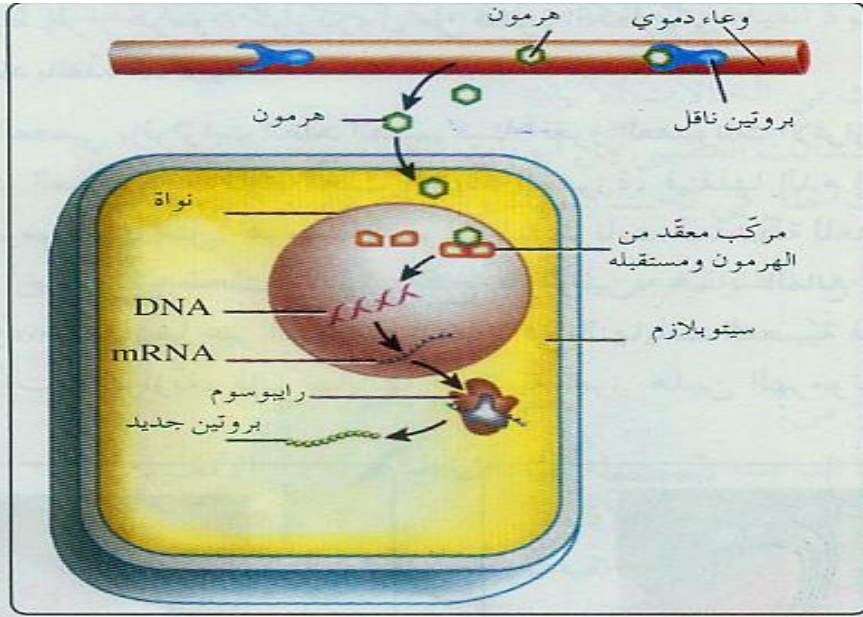
ب - هرمونات ذائبة في الليبيدات :

* المميزات

- أ - تذوب في الليبيدات لديها القدرة على عبور الغشاء البلازمي (لكن لا تستجيب للهرمون سوى الخلية الهدف)
- ب - ترتبط هذه الهرمونات ببروتين ناقل أثناء انتقالها بالدم

• آلية عمل الهرمون:

- 1 - ينتشر الهرمون عبر الغشاء البلازمي إلى داخل الخلية الهدف.
- 2 - يرتبط الهرمون مع مستقبل البروتيني الخاص الذي قد يوجد في السيتوبلازم أو في النواة مكونا مركب معقد.
- 3 - ينبه المركب المعقد جينا معيناً لبناء بروتينات جديدة تغير نشاط الخلية الهدف (استجابة الخلية الهدف للهرمون)



الشكل (٢-٢٩): آلية عمل الهرمونات الذاتية في الليبيدات؛ ينتشر الهرمون عبر الغشاء البلازمي للخلية الهدف ليرتبط بمستقبله البروتيني الخاص داخل الخلية، مكونًا مركبًا معقدًا يؤثر في نواة الخلية، وينتج جينًا معيّنًا لبناء بروتينات جديدة تغير نشاط الخلية الهدف.

3 - تنظيم الإفراز الهرموني :

يتحكم جسم الإنسان بإفراز الهرمونات بطرائق عدة :

أ- الجهاز العصبي , فوصول السيال العصبي إلى نخاع الغدة الكظرية مثلاً ينظم إفرازه هرمون ادرينالين .

ب - التغيرات الكيميائية في الدم, فمثلاً ينظم مستوى تركيز ايونات الكالسيوم في الدم إفراز هرمون الجار الدريقي.

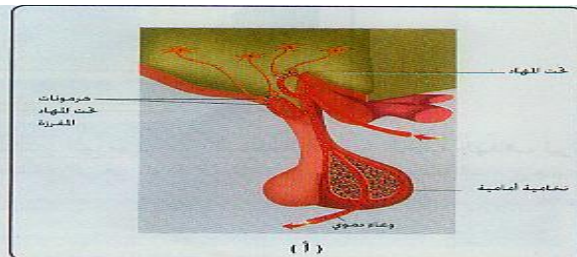
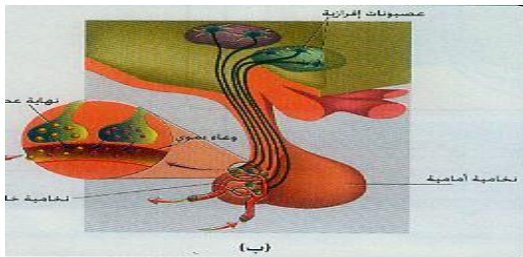
ج - هرمونات أخرى , فمثلاً يعمل الهرمون المنشط للكظرية المفرز من النخامية الأمامية على تنشيط إفراز هرمون كورتيزول من قشرة الكظرية .

• علاقة تحت المهاد بالغدة النخامية:

- يتحكم الجهاز العصبي بإفرازات الغدد الصم , مثال : تفرز العصبونات الإفرازية في غدة تحت المهاد هرمونات تحت المهاد المفرزة التي تنقل إلى :

أ - النخامية الأمامية : من خلال الدم لتحتثا على إفراز هرموناتها (الأمامية) مثل هرمون النمو , الهرمونات المنشطة للغدة التناسلية .

ب- النخامية الخلفية : من خلال عصبونات إفرازية تنقل هرمونين (هما المانع لإدرار البول ADH , اوكسيتوسين) تنقلهما عبر المحاور ليخزنّا في النهايات العصبية في النخامية الخلفية , فإذا نبهت العصبونات الإفرازية , فإن نهاياتها العصبية تفرز هذين الهرمونين إلى الدم



الشكل (٢-٣٠): العلاقة بين تحت المهاد والغدة النخامية كمثال على تحكم الجهاز العصبي بتنظيم إفرازات الصم، (أ) العصبونات الإفرازية في تحت المهاد تفرز هرمونات في الدم تحفز النخامية الأمامية لإفراز هرموناتها (ب) عصبونات إفرازية أخرى في تحت المهاد تنتج هرمونات وتخزنّها في نهاياتها العصبية في النخامية الخلفية عند الحاجة.

حمدي العمري