كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : فزيولوجيا الحواس والفاعلات

المحاضرة : الاولى/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

علم فيزيولوجيا الحواس: Physiology of senses

كيف نستشعر ما حولنا في البيئة؟

يعد هذا أحد أكبر الألغاز التي تواجه البشرية. لقد حيرتنا الآليات التي تتبعها حواسنا لآلاف السنين، مثلًا، كيف تتعرف أعيننا إلى الضوء؟ وكيف تؤثر الموجات الصوتية في أذننا الداخلية؟ وكيف تتفاعل المركبات المختلفة مع المستقبلات في أنوفنا وأفواهنا فنشتم الروائح ونتذوق الأطعمة؟

يمكن لجسم الكائن الحي أن يحقق فهمًا للعالم من خلال أجهزته الحسية. تنتشر الأنظمة الحسية في جميع أنحاء الجسم بما في ذلك تلك التي تكتشف العالم مباشرة من الخارج **exteroreceptors** (المستقبلات الخارجية)، وتلك التي تكتشف المعلومات من الأعضاء والعمليات الداخلية**interorceptors** (المستقبلات الداخلية).

تتواجد المستقبلات الحسية في الأعضاء المتخصصة مثل العينين والأذنين والأنف والفم، وكذلك الأعضاء الداخلية. ينقل كل نوع من المستقبلات طريقة حسية مميزة للاندماج في إطار إدراكي واحد في النهاية. يتم تحقيق هذه المعلومات من خلال تحويل الطاقة إلى إشارة كهربائية بواسطة آليات تخصصية.

الأعضاء الحسية:Sense organs :هي أعضاء عالية التخصص لاستقبال المثيرات والمنبهات المختلفة من الوسط الخارجي والوسط الداخلي (العين. الأذن. العضو الشمي. الحليمات الذوقية. الجلد). تشكّل أعضاء الحسّ جهازاً محيطياً يعرف بالجهاز أو الجملة الحسية، وكان بافلوف أول من أطلق هذا التعبير عام 1903.

المستقبلات الحسية وآلية عملها:

تعتبر المستقبلات Receptors الحلقة الابتدائية في الجملة الحسية وهي عبارة عن ناقلات للتنبيهات تقوم بتحويل الأشكال المختلفة من الطاقة في الوسط إلى جهود فعل أو تأثير كيميائي أو كهربائي **Action potential** في الخلايا العصبية.

والمستقبلات هي محولات طاقة تقوم بتحويل أشكال مختلفة من الطاقة إلى جهود فعل تنتقل على طول الألياف العصبية المرتبطة بها، وهذه تنقل التنبيهات إلى المناطق الحسية الموافقة في قشرة المخ. وتسمى عملية التحويل **Transduction**

بعض أشكال الطاقة المختلفة التي تتعامل معها المستقبلات لتوليد جهود الفعل هي ميكانيكية (اللمس، تأكد مسبقًا)، أو حرارية (درجات الدفء والبرودة)، أو كهرومغناطيسية (الضوء)، أو كيميائية (الذوق، والرائحة، ومحتوى الأكسجين في الدم ومحتوى ثاني أكسيد الكربون).

تؤثر المنبهات المختلفة على المستقبلات الحسية فتستجيب لها بأحداث تغير في فرق جهد هذه المستقبلات يدعى فرق جهد المستقبل أو جهد المستقبل **receptor potential** الذي يتغير مقداره بشكل يتناسب مع شدة المنبه. يؤدي جهد المستقبل إلى إعطاء جهد فعل في العصبون الحسي (الوارد) الذي يشكل أحيانا جزءا من المستقبل الحسي نفسه وأحيانا أخرى يكون متشابكة مع المستقبل الحسي. ويتناسب تكرار جهد الفعل الذي يعطيه العصبون الحسي مع شده المنبه. تنقل جهود الفعل الناتجة عبر ممرات عصبية محددة تختلف باختلاف المستقبل الحسي وموقعه إلى الحبل الشوكي فجذع الدماغ فالمهاد فالقشرة المخية الحسية.

يستجيب كل مستقبل إلى أقصى حد ويكون حساسًا لنوع واحد من الطاقة. الشكل المعين للطاقة الذي يستجيب له المستقبل هو محفزه المناسب. على سبيل المثال، يكون المنبه المناسب للمستقبلات في العين هو الضوء. بينما لا يكون للصوت أي تأثير عليها، مع ذلك، إذا تم الضغط على العين، يمكن رؤية ومضات من الضوء، نظراً لأن المستقبلات الحسية مخصصة للاستجابة لنوع واحد من الطاقة (أي تخصصية).

ومن المثير للاهتمام أنه مع المستقبلات الحسية، كلما تم تجاوز عتبة التنبيه، زاد تواتر جهد الفعل. تشترك جميع المستقبلات في خاصية اكتشاف الإشارات الضعيفة والمكثفة. ومع ذلك، هناك انخفاض أو استقرار عندما يصل الحافز إلى أعلى مستوى من التحفيز. عند هذه النقطة، يصبح المستقبل غير قادر على زيادة قدرته على إطلاق جهد الفعل.

تصنيف الحواسّ:

تمتلك الحيوانات العليا حاسة الشم والبصر والذوق والسمع واللمس (الجلد) تبعاً للمستقبلات الناقلة للمنبهات المختلفة من الوسط الداخلي والخارجي.

تصنيف المستقبلات وفقاً لتوضّعها:

1- المستقبلات الخارجية : أي التي تقع على السطح الخارجي وهي تضمُّ كلاًّ

آ- المستقبلات الخارجية عن مسافات بعيدة:Teleceptors:

تتنبه بمنبهات آتية من مصادر بعيدة عن مكان المستقبل كما هو الحال في مستقبلات السمع والبصر والشمّ المتواجدة في العينين والأذنين والأنف، والتي تستجيب للمنبهات الخارجية البعيدة.

ب -**مستقبلات خارجية Exteroceptors: بالتماس:** وتتوضع قريباً من سطح الجسم ، وتستقبل المنبهات الخارجية ومنها المستقبلات لحس اللمس ،والمطّ والشدّ، والمستقبلات الصوتية (المستقبلة للاهتزازات الصوتية)، ومستقبلات الضوء المستقبلة للمنبهات الضوئية . والمستقبلات الحرارية.

2 – **المستقبلات الداخلية Interoceptors:** والتي تستقبل المنبهات الداخلية، وينسب إليها التشكيلات العصبية المتوضّعة في العضلات والأوتار والروابط ومنها المستقبلات الحسية العميقة Proprioceptors أو المستقبلات الحركية والتي تزود بالمعلومات عن حالة الجسم في المكان. وينتمي إليها ايضاً المستقبلات الإعاشية التي تساهم في تنظيم الوظائف الإعاشية للكائن ورصد تقلّبات الوسط الداخلي وتتوزع في جدران الأحشاء والأوعية الدموية، وهناك مستقبلات لا إعاشية تهتم بتبدلات حالة العضو.

تصنيف المستقبلات وفقاً لنمط الطاقة الذي يؤثر فيها:

1 –**المستقبلات الكهرطيسية:Electromagnetic Receptors** وينتمي إليها مستقبلات الرؤيةReceptors of vision ، التي تستشعر الضوء الذي يسقط على شبكية العين ومنها المخاريط والعصي ويمكنها أن تمتص ترددات مختلفة من الضوء.

2 -**المستقبلات الكيميائية Chemoreceptors:** ومن أهمها:

آ -**مستقبلات الشم Receptors of smell:**

مستقبلات الشم، وهي بروتين قادر على ربط جزيئات الرائحة التي تلعب دورًا مركزيًا في حاسة الشم. هذه المستقبلات شائعة لدى الحيوانات المختلفة. في الفقاريات الأرضية، بما في ذلك البشر، توجد المستقبلات في خلايا مستقبلات حاسة الشم، والتي توجد بأعداد كبيرة جدًا (بالملايين) وتتجمع داخل منطقة صغيرة في الجزء الخلفي من تجويف الأنف، وتشكل ظهارة شمية.

ب -**مستقبلات الذوق Receptors of taste:**

تساعدنا براعم التذوق الموجودة على اللسان والبلعوم على الاستمتاع والتمييز بين ما نتناوله. تشمل الأذواق المختلفة الحلو والمالح والمر والأومامي والحامض. برغم

التذوق عبارة عن مجموعة من خلايا التذوق التي تتمدد عند طرفها لتكوين مسام حيث قد تدخل المنبهات على طول هذه الاستطالات توجد الزغابات الصغيرة التي تبرز في تجويف الفم. على الجانب الآخر من خلايا التذوق، هناك ألياف عصبية ستنقل في النهاية رسالة الذوق الكيميائية إلى الدماغ.

3-المستقبلات الآلية Mechanoreceptors: ومنها:

أولاً: **مستقبلات اللمس والضغط والاهتزاز:**

إذ ينشأ حس اللمس عن تنبّه مستقبلات سطح الجلد بمنبهات آلية تغير مستوى انحنائه تغييراً طفيفاً، بينما يتولّد حس الضغط من استخدام منبهات آلية تفوق الأولى شدّة وزمناً، أما حس الاهتزاز فتثيره المنبهات الآلية المتقطّعة والمتكرّرة ذات الشدّات العالية أيضاً.

هناك خمسة أنواع مختلفة من المستقبلات الميكانيكية أو اللمسية **Tactile Receptors** التي تكشف عن المحفزات غير الضارة في الجلد: تلك الموجودة حول بصيلات الشعر، وجسيم باتشيني، وجسيم ميسنر، وأقراص ميركل، وجسيم روفيني ، تستجيب المستقبلات الميكانيكية للتغيرات الجسدية بما في ذلك اللمس والضغط والاهتزاز والتمدد. يمكن لبصيلات الشعر اكتشاف اللمسة الخفيفة. تكتشف جسيمات مايسنر في الحليمات الجلدية المسافة البادئة وانزلاق الأجسام؛ تكتشف الكريات الباتشينية في الأدمة العميقة الاهتزازات؛ تخلق أقراص ميركل في البشرة القاعدية فهماً للبنية والملمس؛ تكشف كريات روفيني عن التمدد.

أ-جسيمات مايسنر: (سريعة)

وتعرف بمستقبلات اللمس الدقيق، وهي *سريعة التكيّف* (كأن يضع المرء في عنقه قلادة، أو في يده ساعة) فيحس بادئ ذي بدء بذلك نتيجة نشاط هذه المستقبلات التي تتكيف فيما بعد ويتوقف هذا الإحساس. تتواجد هذه المستقبلات تحت الغشاء القاعدي للجلد (تحت البشرة) وهي عبارة عن كتلة من الزوائد الشجيرية لعصبون حسي-ميليني وتكون محاطة بنسيج ضام، وهي تتواجد في رؤوس الأصابع وراحة اليد وباطن القدم وفي الجفون وقمة اللسان والشفاه وحلمات الثدي والبظر وقمة القضيب. تمتاز حويصلات ميسنر بأن حقول استقبالها ضيقة وهي تستجيب بشكل ممتاز لمنبهات ذات تكرار يقع بين 30 -40 مرة /ث وهي سريعة التكيف. وهي تتحسس انزلاق الأجسام.

ب- أقراص ميركل: (بطيئة)

وهي مستقبلات لمسية *بطيئة التكيّف*، وهي عبارة عن خلايا بشرة متحوّرة في الطبقة القاعدية للجلد الجاف، وهي تستجيب بشكل خاص للمنبهات العمودية على الجلد وهي ذات حقول استقبال ضيقة.

ج- جسيمات روفيني: (بطيئة)

وهي تتواجد في منطقة الأدمة ما تحت البشرة، وتكون محاطة بمحفظة إذ توجد نهايات عصبية مجرّدة من الغمد ، وهي شديدة التفرّع تعود لليف عصبي ثخين ومغمد خارج المحفظة، وتلعب بنية هذا المستقبل دوراً هاماً في إضفاء **الحساسية الاتجاهية** على عمل هذا المستقبل، فهو يحدد جهة المنبه لأن تنبيهه يكون أعظمياً في حال تنبيهه من جهة واحدة فقط. تستجيب لعملية شدّ الجلد الناتج عن المسّاج، وهي غير متكيفة أو بطيئة التكيف.

د-جسيم باشيني: (سريعة)

أو حويصلات باشيني Pacinian corpuscles. تتألف حويصلة باشيني من زائدة شجرية تعود لعصبون حسي ميليني محاطة بعدة طبقات من نسيج ضام، وهي تتواجد عميقا في الجلد، وتحديدا في الطبقة تحت الجلدية وفي الأنسجة تحت المخاطية العميقة وفي الأغشية المصلية serous وحول المفاصل والأوتار وفي الأغشية الضامة المحيطة بالحزم العضلية وفي الغدد اللبنية والأعضاء الجنسية الخارجية لكلا الجنسين وفي الأحشاء. تمتاز هذه الحويصلات بأنها ذات حقول استقبال واسعة كما أنها *سريعة التكيف*، وتفسرقدرتها على التكيف السريع قابليتها للاستجابة للاهتزازات. فقد بينا سابقا أن هذه المستقبلات تعطي جهد مستقبل وجهد فعل عند بداية وقوع المنبه وعند زواله وتتوقف عن إعطاء هذه الاستجابة فيما بين ذلك. لذلك فإنه عند حدوث الاهتزازات تعتبر كل موجة اهتزازية مؤثرا تستجيب الحويصلة عند بدايته وعند نهايته وهكذا ترصد الاهتزازات حيث تستجيب هذه الحويصلات عادة المنبهات ذات تردد مقداره حوالي 250 هيرتز.

هـ-مستقبلات جذور الأشعار أو مستقبلات الشعر Hair receptors :

يتألف المستقبل هنا من زائدة شجرية تعود لعصبون حسي ميليني، تلتف بشكل شبكة حول حويصلة الشعر في مناطق الجلد ذات الشعر. يؤدي انحناء ساق الشعرة بفعل مؤثر خفيف كنسمة هواء أو كلمس خفيف إلى إزاحة آلية للزائدة الشجرية، الأمر الذي يولد جهد فعل في العصبون الحسي، وتعد هذه المستقبلات سريعة التكيف.

و-النهايات العصبية الحرّة:

وهي مستقبلات لمسية تستجيب للمنبهات اللمسية (كالمستقبلات الموجودة في قرنية العين)، وهي تتألف من تفرعات لألياف عصبية مغمدة وغير مغمدة بالنخاعين ويحمل كل منها برعماً انتهائياً، وتنتشر هذه النهايات العصبية الحرّة في كل من أدمة الجلد وبشرته، كما انها تحمل إضافة للإحساسات اللمسية كلاً من حسّ الألم والحسّ بالحرارة.

المستقبلات الحركية Proprioceptors؛ وتعرف أيضاً بالمستقبلات الخاصة (الذاتية) أو مستقبلات الحس العميق وهي تعرف أحيانًا بالـ "الحاسة السادسة"، وهو المصطلح الذي يصف القدرة على الإحساس بتوجه أجسادنا في البيئة.

تنقل هذه المستقبلات معلومات عن نشاط العضلات والأوتار والمفاصل، وهي تتواجد في كل من التراكيب الثلاث المشار لها وتستجيب للمنبهات الآلية ولمنبهات الألم بشكل رئيسي:

1) مغزل العضلة Muscle spindle:

يتألف مغزل العضلة من 3 -10 ألياف عضلية محاطة بمحفظة من نسيج ضام وتدعى الألياف داخل المغزل intrafusal. يلتف حول منتصف هذه الألياف نهايات عصبية حسية كبيرة القطر تدعى ألياف النوع الأول type Ia fibers تعود لعصبونات حسية ميلينية. عندما يجرى شد العضلة فإن الألياف داخل المغزل تشد بدورها مما ينبه النهايات العصبية التعطي جهود فعل تصل إلى الحبل الشوكي فتعلمه بزيادة طول العضلة. وحيث أن زيادة طول العضلة يكون مصحوبا بتغير في الزاوية التي تصنعها العظام مع بعضها عند المفصل لذا فإن مغزل العضلة يرصد باستمرار التغيرات التي تحدث في مقدار الزوايا بين المفاصل. فإذا بقيت الزاوية ثابتة (عند عدم تحريك المفصل) فإن مغزل العضلة يستمر بإعطاء جهد فعل بمعدل ثابت أما إذا زادت الزاوية أو نقصت فإنه يزيد أو ينقص من معدل جهد الفعل المعطى في وحدة الزمن. كذلك فإن مغزل العضلة يقوم بالاستجابة ليس لدرجة شد العضلة فحسب بل للمعدل rate الذي تجري به عملية الشد هذه.

إن الأهمية البيولوجية لمغزل العضلة تكمن في أنه يعلم الجهاز المركزي عن حركة الأطراف بالنسبة لبعضها الأمر الذي يمكن الدماغ من حساب مقدار القوة التي يجب أن تنقبض بها عضلات طرف معين من أجل إتمام حركة معينة بشكل متقن. ثمة فائدة إضافية لمغزل العضلة، فهو يعلم الجهاز المركزي عن طول عضلة معينة بسبب شدها بثقل معين أو بحركة معينة، الأمر الذي يتيح للدماغ إصدار أوامر بالتخلص من الثقل أو إيقاف الحركة إذا كان ذلك سيؤدي إلى تمزق العضلة نتيجة شدها الزائد.

2) عضو جولجي في الوتر Golgi Tendon Organ:

يتألف هذا التركيب من محفظة من نسيج ضام تحتوي بعض ألياف كولاجين البيضاء ويخترقها واحدة أو أكثر من النهايات العصبية الحسية التي تتفرع حول وبين ألياف كولاجين. فإذا ما جرى شد الوتر تتنبه النهايات العصبية ناقلة سيالات عصبية إلى الجهاز المركزي. تتمثل وظيفة هذا التركيب في أنه يحمي الأوتار من التلف الذي قد يصيبها نتيجة للتوتر الزائد، كما أنه يرصد قوة انقباض العضلة التي يتصل بها ذلك الوتر.

3) محفظة المفصل Joint capsule

تتواجد هذه التراكيب في المحافظ المحيطة بالمفاصل ويشبه بعضها في تركيبها نهايات روفيني حيث تستجيب للضغط في المفصل المحدد بينما يشبه بعضها الآخر حويصلات باشيني وهذه تستجيب للتسارع أو التباطؤ الذي يتحرك فيه المفصل. كما توجد تراكيب شبيهة بعضو جولجي في الأربطة المحيطة بالمفصل وهذه تحدث تثبيطا انعكاسية في العضلات المجاورة للمفصل إذا ما كان الشد على ذلك المفصل مبالغا فيه.

تقوم التراكيب الثلاثة السابقة بنقل معلومات إلى الجهاز المركزي عن وضع الجسم ووضع أطرافه بالنسبة لبعضها البعض والحفاظ على ذلك الوضع إن اقتضى الأمر ونقل الإحساسات بالحركة عن المفاصل وهو ما يدعى الإحساس بالحركة kinesthesia.

يجدر بالذكر أن تراكيب أخرى تساهم في الإحساس بالوضع وبالحركة مثل العيون والجهاز الدهليزي والمستقبلات الآلية في الجلد، ويتم التحكم بالمعلومات الواردة بواسطة المخ والحبل الشوكي. والمخيخ والمهاد

ثانياً-مستقبلات السمع Receptors of hearing

تقوم مستقبلات الصوت، بنقل الموجات الصوتية إلى الأذن محدثة اهتزازًا في الغشاء الطبلي. تتحول هذه الطاقة إلى طاقة ميكانيكية للمطرقة والسندان والركاب. وتضخم الطاقة الميكانيكية إلى القوقعة، وهي بنية مملوءة بسائل مع سائل يسمى **perilymph**، عن طريق الضغط عليها مباشرة. تتكون القوقعة من ثلاث طبقات تسمى **scala vestibuli** (الجزء الصاعد)، ووسط **scala** ، و **scala tympani** (الجزء الهابط). يوجد عضو كورتي على سطح الغشاء القاعدي، ويحتوي على الخلايا الشعرية التي تعد المستقبلات الأساسية في تكوين الإشارات الصوتية.

هناك نوعان من الخلايا الشعرية: داخلية وخارجية. تنقل الخلايا الداخلية المعلومات إلى العصب السمعي، وتقوم الخلايا الخارجية تلقائيًا بتضخيم الصوت منخفض المستوى الذي يدخل القوقعة.

ثالثاً-مستقبلات التوازن Receptors of balance

إن الإحساس بالتوازن أو إدراك التوازن هو إدراك التوازن والتوجه المكاني. [1] يساعد على منع البشر والحيوانات غير البشرية من السقوط عند الوقوف أو الحركة. إن الإحساس بالتوازن هو نتيجة لعدد من الأنظمة الحسية التي تعمل معًا: العيون (النظام البصري) ، والأذن الداخلية (الجهاز الدهليزي) ، وإحساس الجسم بمكان وجوده في الفضاء (الحس العميق) يجب أن يكون سليمًا بشكل مثالي .

يعمل الجهاز الدهليزي في منطقة الأذن الداخلية حيث تلتقي ثلاث قنوات نصف دائرية، مع النظام البصري لإبقاء الأشياء في بؤرة التركيز عندما يتحرك الرأس. وهذا ما يسمى الانعكاس الدهليزي العيني (VOR). يعمل نظام التوازن مع الأنظمة البصرية ونظام العضلات الهيكلية (العضلات والمفاصل وأجهزة الاستشعار الخاصة بهم) للحفاظ على الاتجاه أو التوازن. تتم معالجة الإشارات المرئية المرسلة إلى الدماغ حول موضع الجسم بالنسبة لمحيطه بواسطة الدماغ ومقارنتها بالمعلومات الواردة من الجهاز الدهليزي والجهاز العضلي الهيكلي.

4-المستقبلات الحرارية Thermoreceptors:

يحتوي الجسم على مستقبلات حرارية دافئة وباردة. تتميز هذه المستقبلات بقدرتها على تمييز تدرجات الحرارة بثلاثة أنماط مختلفة من من المستقبلات الحسية هي: مستقبلات البرودة والدفء والحرارة المتطرفة (الألم الحراري).

تتوزع مستقبلات البرودة والدفء في نقاط منفصلة، وهي تختلف بين منطقة وأخرى، حيث تكون وفيرة في الشفتين وذروة اللسان وضئيلة العدد في الجذع.

تشعر مستقبلات البرودة درجات حرارة تتراوح بين 10 إلى 40 درجة مئوية.

وترسل دفعاتها عبر ألياف من النموذج A، أما مستقبلات الدفء، فتستجيب لنطاق درجة الحرارة التقريبي من 30 إلى 46 درجة مئوية. وهي ترسل دفعاتها عبر ألياف عصبية من النموذج C. قد تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى انخفاض إطلاق هذه المستقبلات. أما انخفاض الحرارة دون الـ 10 درجات أو ارتفاعها فوق الـ 45 فيسبب النموذج الألمى وهو يُعزى إلى تنبيه نموذجين من مستقبلات الألم، أي مستقبلات ألم البرودة ومستقبلات الم الحرارة. وينتج تنبيه مستقبلات الدفء والبرودة عن تغير في معدل الاستقلاب فيها، لأن تغير درجة الحرارة يبدل معدل الاستقلاب الذي يؤثر في نفوذية الشوارد عبر الأغشية.

يحدث تلاؤم مستقبلات الدفء والبرودة باتجاهين متعاكسين. فإذا تعرّض الكائن لانخفاض مفاجئ في درجات الحرارة، تتلاءم لديه مستقبلات البرودة تدريجياً مع مرور الوقت فترتفع عتبة تنبيهها، بينما تهبط عتبة مستقبلات الدفء وتزداد حساسيتها للمنبه الحراري، ولهذا يشعر المرء بسخونة هواء الزفير في الجو البارد، والبرد الشديد عند الخروج من مكان دافئ إلى مكان بارد.

يمكن اكتشاف الحرارة الضارة بواسطة بروتينات TRPV1 أو TRPM3 أو ANO1 بالإضافة إلى الكابسيسين. ومع ذلك، قد يكون TRPV3 أكثر مسؤولية في الكشف عن درجات الحرارة الدافئة. هناك فائض في المستقبلات؛ إلاّ أن آليات عملها الدقيقة غير معروفة.

في المقابل، بالنسبة لدرجات الحرارة الباردة، يُعتقد أن قنوات TRPM8 الأيونية هي واحدة من العديد من المستقبلات المسؤولة. هذه المستقبلات قادرة على اكتشاف درجات حرارة أقل من 16 درجة مئوية إلى 26 درجة مئوية. ويعتقد أن المستقبلات الأخرى غير المكتشفة لها دور أيضًا في الكشف عن البرد.

5-مستقبلات الألم؛ Nociceptors:

تساعد مستقبلات الألم في الإشارة إلى الألم المرتبط بدرجة الحرارة والضغط والمواد الكيميائية. فإن معظم المستقبلات الحسية لديها حساسية منخفضة لإملاء جميع الأحاسيس على الدماغ. ومع ذلك، عندما يتعلق الأمر بالألم، فإن مستقبلات الألم تشير فقط عندما يصل الجسم إلى نقطة تلف الأنسجة.

وهذه تستجيب للمنبهات الآلية والحرارية والكيميائية المؤلمة، وتتمثل بنهايات عصبية حرة تنتشر في الأدمة وفي الطبقة القاعدية من البشرة وتعود لعصبونات حسية لاميلينية أو ذات غمد ميليني رقيق.

يمكن تمييز نوعين من مستقبلات الألم:

أ) مستقبلات ألم آلية nociceptors A – mechanical وأليافها ميلينية خفيفة وتستجيب لمنبهات آلية قوية كوخز الجلد بإبرة أو قطع بسكين أو صفعة على الوجه أو قرص للجلد.

ب) مستقبلات ألم متعددة الأنماط C - polymodal nociceptors وهذه تستجيب لمنبهات حرارية وكيميائية مؤلمة كتلك الناتجة عن المس أجسام ساخنة أو التعرض لحوامض أو قواعد، وأليافها لاميلينية.

كلا النوعين من المستقبلات ذو عتبة مرتفعة ولا يستجيب إلا لمنبهات قوية. يعتقد بأن المنبهات المؤلمة تؤدي إلى استثارة الأنسجة التي تقع عليها لتفرز مواد كيميائية مؤذية أقواها على الإطلاق هو براديكاينين bradykinin ولكنها تشمل مواد أخرى

كالهستامين، والبروستاغلاندينات وهذه تؤدي إلى إحداث إزالة استقطاب في مستقبل الألم يصاحبه إنشاء جهود فعل في العصبون الحسي الذي يفرز من نهايته الناقل مادة Substance P. كما يؤدي إفراز المواد الكيميائية المؤدية إلى استجابة مناعية .
يجدر بالذكر أن المنبهات المؤلمة تؤدي بالإضافة إلى الاستجابة الحسية السابق وصفها إلى حدوث استجابة في الجهاز العصبي الودي الذي يحفز الجسم لحالة تعتبر طارئة ومهددة للبقاء. كما أن المواد الكيميائية المؤذية المفرزة في الأنسجة المدمرة تسبب إنقاص العتبة المستقبلات الألم بحيث تزداد استجابتها اللاحقة للمنبهات المؤذية وتدعى الزيادة في حساسية مستقبلات الألم هذه فرط الإحساس بالألم hyperalgesia.
ينتمي براديكاينين، وهو عديد ببتيد مؤلف من تسعة أحماض أمينية، إلى مجموعة كاينينات التي تنتج بفعل أنزيمات تدعى كاليكرينات kallikreins موجودة في البلازما أو في الأنسجة تعمل على مركبات حليلة تدعى مولدات كاينين kininogens كما وفي التفاعلات الآتية :
بالإضافة إلى أن كاينينات تسبب الألم فإن لها آثارا كثيرة أخرى تشبه في معظمها آثار هستامين إذ تسبب انقباضا في العضلات الملساء الحشوية وارتخاء في العضلات الملساء للأوعية الدموية عن طريق إفرازها أكسيد نيتريك NO، فتخفض بذلك ضغط الدم، كما تزيد نفاذية الشعيرات الدموية وتجذب الخلايا الدموية البيضاء مبتدئة بذلك الاستجابة المناعية.
تزداد الواسمات الالتهابية أثناء تلف الأنسجة، وترتبط بالمستقبلات ، وتبدأ إشارات الألم إما خارجيًا أو في الأحشاء. تسمى إحدى عائلات القنوات الأيونية الموجودة على الخلايا العصبية المسببة للألم قنوات أيون TRP (كمونات مستقبلات عابرة). تلك الإشارات التي تنشط مستقبلات الألم تشمل درجات الحرارة القصوى، والضغوط العالية ، والمواد الكيميائية التي تسبب تلف الأنسجة [12]. ألياف مختلفة تنقل معلومات الألم ؛ هذه هي ألياف A-delta و .C تختلف هذه الألياف في الميالين وقطر الأعصاب وبالتالي سرعة الانتقال. غالبًا ما تستخدم درجات الحرارة المؤلمة والضغوط غير المريحة والمواد الكيميائية ألياف سي. تختلف الألياف C لتكون قادرة على استشعار جميع الأنواع الثلاثة من المحفزات. ألياف A-delta صغيرة وغير مائلة وتشارك بشكل أساسي في الألم الحراري والميكانيكي. تستخدم مستقبلات الألم في الغالب الغلوتامات ولكن أيضًا مادة P والببتيد المرتبط بجين الكالسيتونين والسوماتوستاتين للإشارة إلى الألم. بالإضافة إلى ذلك، تقترح نظرية بوابة الألم أن المنبهات غير الضارة قد تتفوق على المنبهات المؤلمة إذا كان كلاهما موجودًا في وقت واحد.

الخواص العامة للحواس (المستقبلات):

1 -الاستثارة **العالية للتنبيهات Excitability:** وتعني تحويل طاقة المنبهات إلى دفعات عصبيه فعندما يتم تنبيه المستقبل بمنبه ملائم يتولد جهد نزع الاستقطاب بشكل موضعي (لا ينتشر) ويعرف بجهد المستقبل، وكلما كان هذا الجهد كبيراً ساعد في توليد جهد الفعل (أي تدفق أيونات الصوديوم نحو الوسط داخل الخلوي) على طول الليف العصبي المرتبط بالمستقبل. وقد يترافق التنبيه بزيادة أو بفرط الاستقطاب نتيجة توقف دخول ايونات الصوديوم إلى داخل الوسط الخلوي كما في مستقبلات الضوء.

وتتميز المستقبلات بعتبة منخفضة للتنبيه، وهذا يعود لوضع النهايات العصبية الحسية، وكذلك للوضع الوظيفي لقشرة المخ، وكل ما يرفع من تنبّه الجملة العصبية المركزية، يرفع ويزيد من حساسية الحواس.

2 – التخصصية أو النوعية Specificity: وتتميز وفق هذه الخاصية بإعطاء الردّ الملائم على المنبّه المطابق.

3 – التحسسّية Sensibility: وهي ارتفاع حساسية المستقبلات تحت تأثير التنبيهات المتكررة.

4 – إعادة الصور المتعاقبة (Imagination): أي استمرار الإحساسات بعد انقطاع فعل المنبه. مثلاً استمرار سماع الصوت بعد توقف قرع الجرس، أو استمرار استقبال النور الساطع بعد انطفاء مصدر الضوء.

5 – التباين Contrast:

أي أن نفس الحس يكون مختلف الشدة عند تغيير الشروط المطابقة، مثلاً الإحساس بالأصوات الضعيفة يكون أعلى في حالة الهدوء التام.

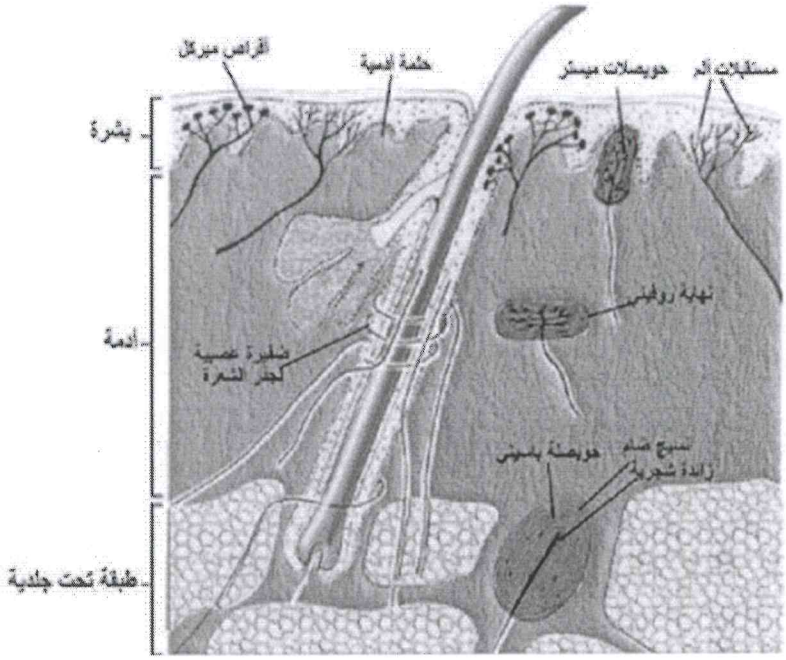
6 -ظاهرة التكيّف Adaptation: أي التعود على منبهات محددة، والتكيف يكون ايجابياً، عندما يخفّض التعود من عتبة التنبيه لهذا المنبه أو ذاك، مثلاً عند التحول من الإضاءة إلى الظلمة تزداد الحساسية للضوء، أي تنخفض عتبة التنبيه.

أما في حال التكيف السلبي، فتزاد عتبة تنبيه المستقبل وتنخفض حساسيته. كشعورنا بشدة الرائحة الكريهة عند زيارة حديقة الحيوان في الفترة الأولى، ثم التعود على هذه الرائحة وتحملها. التكيف هو خاصية مشتركة لجميع المستقبلات الحسية. نظرًا لأن المنبه يثير المستقبل باستمرار، أي سيكون هناك انخفاض تدريجي في معدل جهد

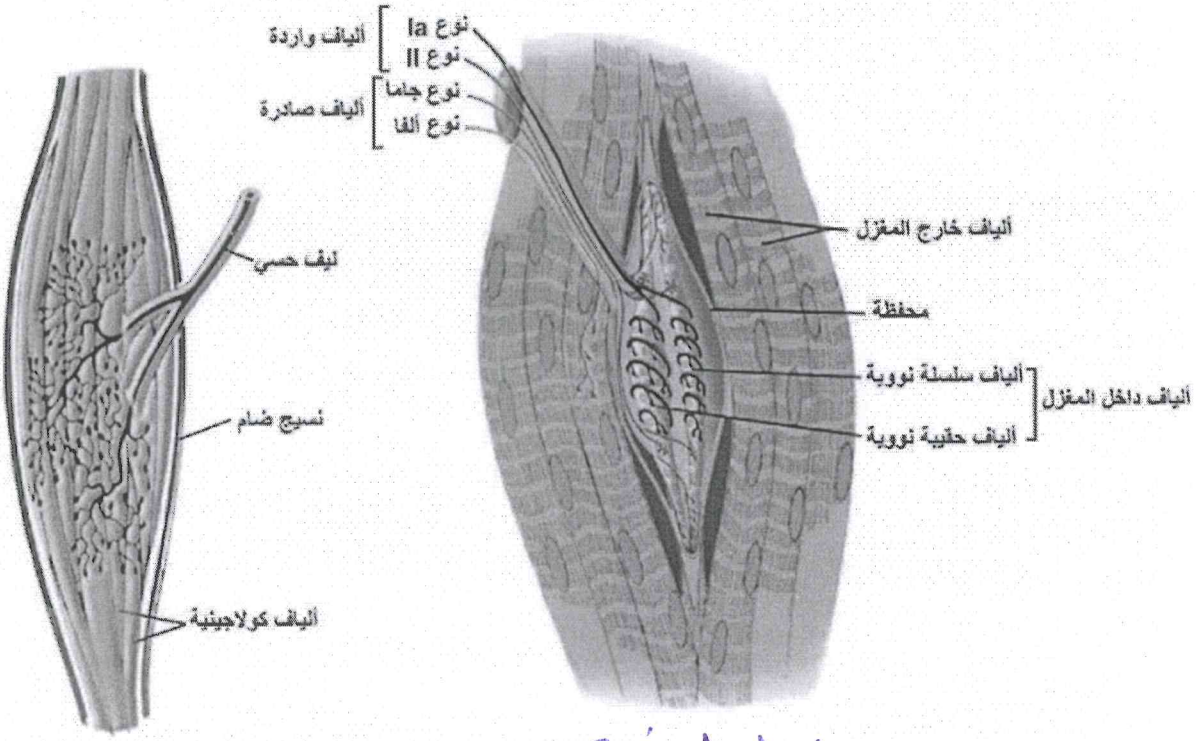
الفعل المتولد في الألياف العصبية المتصلة بالمستقبل. على الرغم من أن المستقبلات يمكن أن تتكيف مع منبه ثابت غير متغير، وإذا كان هناك تغيير، سواء كان فقدان المنبه أو تغير شدته، فإن المستقبل قادر على الاستجابة. تختلف المستقبلات في مقدرتها على التلاؤم فبعضها بطيء التلاؤم ويعرف بالمستقبلات المقوية لكونها ترسل دفعات عصبية بشكل متواصل إلى الدماغ دون تلاش في التواتر مادام المنبه مستمراً، وهذا يفيد في حالة رصد أوضاع الجسم ومثال عنها مستقبلات المفاصل ومستقبلات الضغط الدموي، أما مستقبلات الألم، فإنها لا تتلاءم إطلاقاً، ولهذا الأمر أهمية وفائدة كبيرة، لأن الألم يشغل آليات تعمل على وقاية الجسم من الأذى.

الأنماط الحسية الأساسية:

نمط الحاسة	المستقبل	عضو الحس
الرؤيا	Reds& Cones	العين
السمع	الخلايا الشعرية	الأذن (عضو كورتي)
الذوق	الخلايا المستقبلة الذوقية	الحليمات الذوقية
الرائحة	الأعصاب الشمية	الغشاء الشمّي المخاطي
الضغط باللمس	النهايات العصبية	متنوع
الدفء والبرد	النهايات العصبية	متنوع
الألم	نهايات الأعصاب العارية	متنوع.



١- مقطع في الجلد يبين الأنواع المختلفة للمستقبلات اللمسية



2-ب- عضو جولجي في الوتر

2-آ- مغزل العضلة