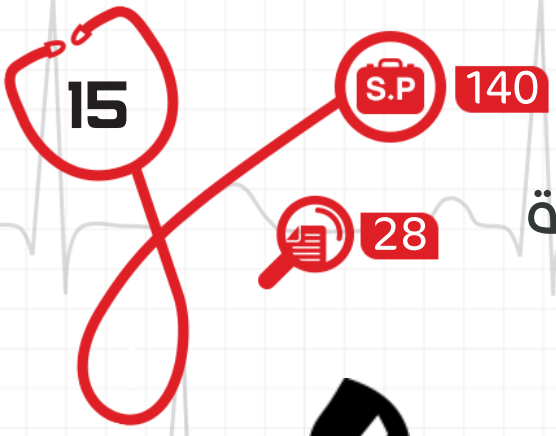
المستقبلات الحسية والحس

د. عبد الناصر صليعي

فيزيولوجيا 2 | Physiology 2



فريق الكريات الحمراء التطوعي
11/11/2018
مدققة
RB Medicine

السلام عليكم ورحمة الله تعالى وبركاته

تطرقنا في المحاضرة الماضية التي كانت مقدمة في فيزيولوجيا العصبية للحديث عن البناء العام للجهاز العصبي والمبادئ العامة لفيزيولوجيته، إضافة للمشابك ووظيفتها في نقل السيالة العصبية.

الفهرس

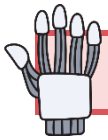
عنوان الفقرة	رقم الصفحة
أنماط المستقبلات الحسية والمنبهات الحسية التي تتلقاها	2
الخواص العامة لعمل المستقبلات	3
الألياف العصبية التي تنقل التنبيهات وتصنيفاتها الفيزيولوجية	7
الأحاسيس الجسدية	9
السبيلان الحسيان لنقل الإشارات الحسية الجسدية إلى الجهاز العصبي المركزي	13
القشرة الحسية الجسدية	18
باحات الترابط الحسية الجسدية	21
إحساسات الوضع	24
الحقول الشدفية للإحساس – القطاعات الجلدية	25

To Remember before Start

- تأتي المعلومات الواردة إلى الجهاز العصبي عبر المستقبلات الحسية التي تلتقط أحاسيس عدة كاللمس، والصوت، والضوء، والألم، والبرودة، والحرارة، وأحاسيس أخرى.
- المستقبلات Receptors: أعضاء متخصصة تستطيع أن تستشعر مختلف التغيّرات الفيزيائية أو الكيميائية المحيطة بها وتحوّلها إلى إشارات كهربائية عصبية تنتقل عبر الألياف العصبية إلى العصبونات الخاصة، حيث يتم معالجة هذه الإشارات وإحداث الرد المناسب لها.

أنماط المستقبلات الحسية والمنبهات الحسية التي تتلقاها

يوجد خمسة أنواع من المستقبلات الحسية:



1- المستقبلات الآلية Mechanoreceptors:

تكشف التغيرات الآلية (الضغط والشّدّ) التي تصيب المستقبل أو الأنسجة المجاورة للمستقبل.

2- المستقبلات الحرارية Thermoreceptor:

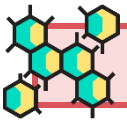
تكشف تغيرات درجة الحرارة، إذ يكشف بعضها البرودة ويكشف بعضها الآخر الدفء.

3- مستقبلات الأذية Nociceptors[1] (مستقبلات الألم):

تكشف أذية النسج سواء كانت كيميائية أو فيزيائية.

4- المستقبلات الكهربائية المغناطيسية (العصي والمخاريط) Electromagnetic receptors:

تكشف الضوء الساقط على الشبكية في العين.



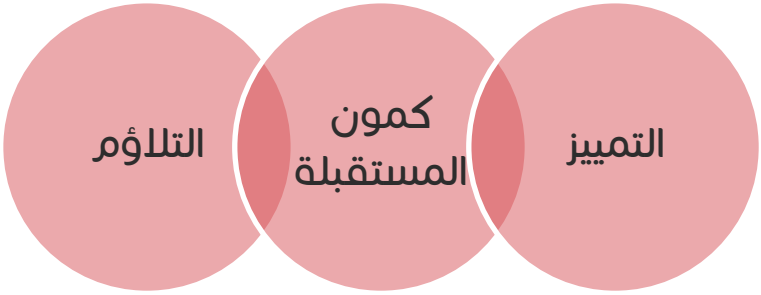
5- المستقبلات الكيميائية Chemoreceptors:

تكشف حس الذوق في الفم، والشم في الأنف، ومستوى الأكسجين في الدم الشرياني، والأوسمولية في سوائل الجسم، وتركيز CO_2.

توجد معظم هذه المسقبلات في الجلد أو تحت الجلد أو في الطبقات العميقة.

[1] Noci = Harm

الخواص العامة لعمل المستقبلات



1- التمييز Discrimination:

- توجد مستقبلات خاصة لكل نوع من المنبهات (أي تتصف المستقبلات بالنوّعية تجاه المنبّهات).
- والتمييز يمكن أن يكون **لنوع المنبه**، مثلاً: مستقبلات خاصة **بالضغط**، أو خاصة **بالحرارة**، أو خاصة **بالألم**.
- ويمكن أن يكون **لشدة المنبه**، مثلاً: **الحرارة** منخفضة أو مرتفعة.

كيف يتم تمييز شدة المنبه (نقل درجات الشدة المختلفة)؟

- إما **بزيادة عدد المستقبلات** التي تم تنبيهها، ويطلق على ذلك **التراكم المكاني** Spatial Summation.
- أو **زيادة عدد الدفعات** الخارجة من المستقبل الواحد عند زيادة شدة التنبيه، ويُطلق على ذلك **التراكم الزماني** Temporal Summation.
- بمعنى آخر؛ لا تتبع المستقبلات قانون الكل أو اللا شيء، بل لها **خاصية التدرج الكموني** Graded Potential.

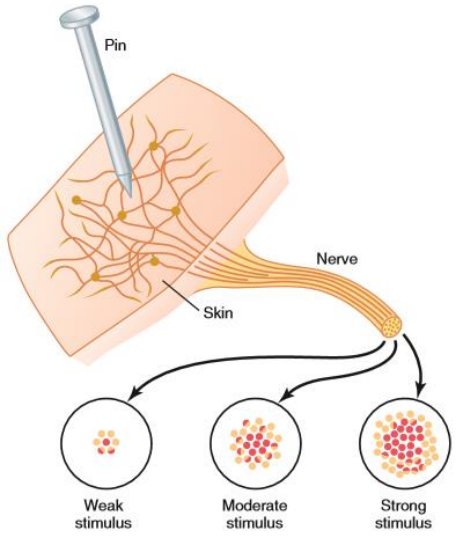


Figure 47-7. Pattern of stimulation of pain fibers in a nerve leading from an area of skin pricked by a pin. This pattern of stimulation is an example of *spatial summation*.

التراكم المكاني

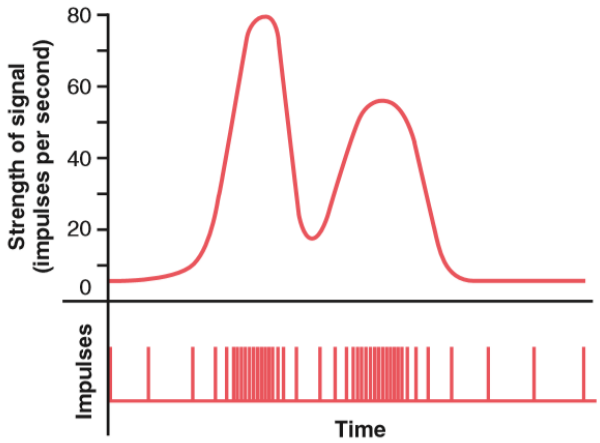
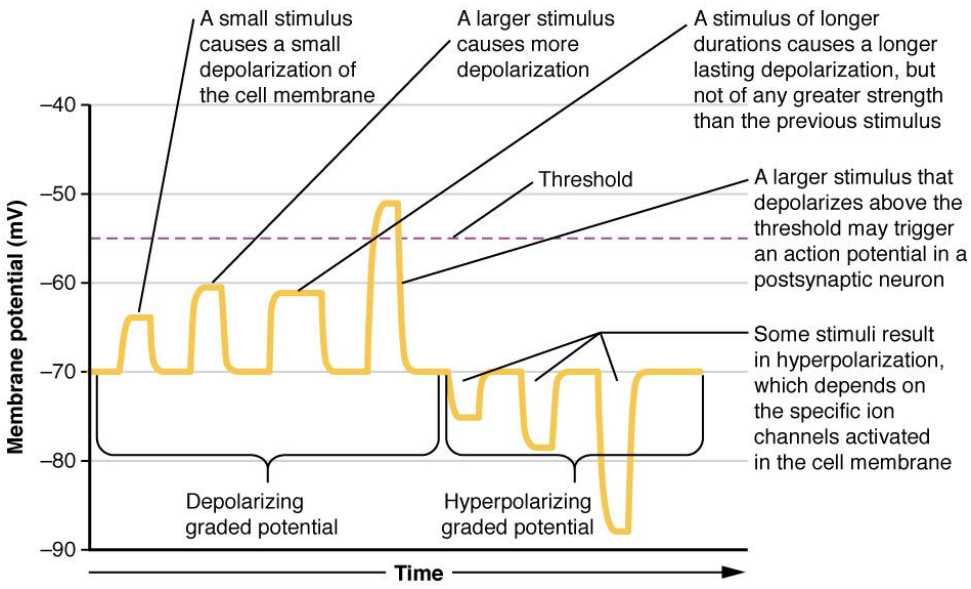


Figure 47-8. Translation of signal strength into a frequency-modulated series of nerve impulses, showing the strength of signal (*above*) and the separate nerve impulses (*below*). This illustration is an example of *temporal summation*.

التراكم الزماني

التدرّج الكموني



2- كمون المستقبلة Receptor Potential:

- حينما تتعرض أي مستقبلة للمنبه الخاص بها، **تزداد نفوذية الغشاء للصوديوم والبوتاسيوم**، مما يؤدي إلى إزالة الاستقطاب وخلق كمون كهربائي يدعى **كمون المستقبلة**، ويدعى أيضاً **كمون التكوين** *Generator Potential*.
- من أهم مميزات كمون المستقبلة أنه **متدرج graded**، بمعنى أن زيادة شدة التنبيه تزيد من شدة كمون المستقبلة (كما ذكرنا قبل قليل).
- عندما يصل كمون التكوين **Generator Potential** إلى عتبة معينة يطلق عليها **عتبة الإطلاق** *threshold firing* يحدث **كمون فعل** *Action Potential* ينتقل عبر محوار العصبون على شكل دفعة عصبية، فينتقل الكمون من المستقبلة على شكل تيار كهربائي **متتابع** على طول محوار العصبون.

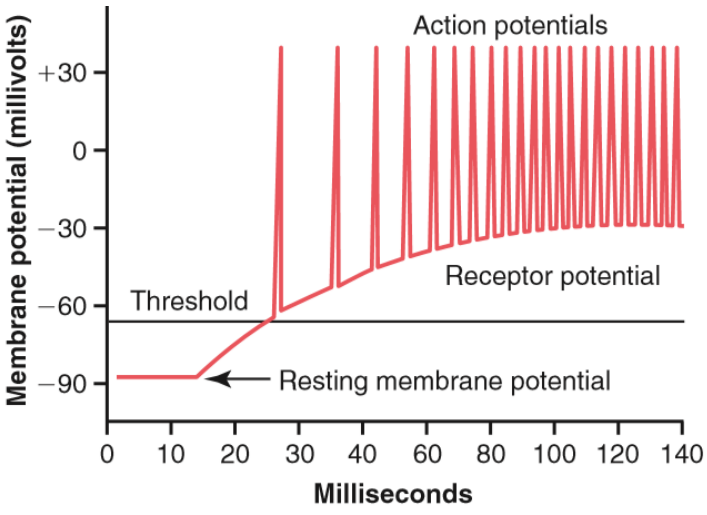


Figure 47-2. Typical relation between receptor potential and action potentials when the receptor potential rises above threshold level.

يُلاحظ في الشكل المجاور أنه كلما ارتفع كمون المستقبل إلى أعلى من مستوى العتبة، زاد تواتر كمونات الفعل.

ميزات كمون المستقبلة

- يستمر لمدة 1-2 ميلي ثانية
- لا يتبعه فترة حران (عصيان) مطلقة
- له خاصية التراكم Summation
- حينما يصل الكمون إلى عتبة الإطلاق threshold firing تحدث الدفعة العصبية في محور العصب

يمكن إثارة المستقبلات المختلفة بطرق متعددة لإحداث كمونات المستقبلة:

- بوساطة **التعديل الآلي** (التشويه المكانيكي Mechanical Deformation) **للمستقبلة** الذي يمطط غشائها ويفتح القنوات الشاردية.
- **بتطبيق مادة كيميائية على الغشاء** مما يؤدي أيضاً إلى فتح القنوات الشاردية.
- **تغيير درجة حرارة الغشاء** وهذا بدوره يغير نفوذية الغشاء.
- بواسطة **تأثيرات الإشعاع الكهرطيسي** (كالضوء) على المستقبلة.

أمثلة ^_^

- ✓ تُثار مستقبلات الحرارة بمنبه حراري.
- ✓ تُثار المستقبلات الكيميائية بمنبه كيميائي كارتفاع سكر الدم أو انخفاضه أو زيادة CO_2 أو ارتفاع PH.
- ✓ يُنبِّه ارتفاع الضغط مستقبلات الضغط Baroreceptors الموجودة في الجيب السباتي.

أي أن كل منبه له مستقبل خاص يتنبه عند زيادة شدة المنبه سواء كان كيميائي أو فيزيائي أو إشعاع كهرطيسي أو حراري.

3- التلاؤم Adaptation:

- إذا استمر تعريض مستقبلة إلى تنبيه معين لمدة طويلة؛ فإن الدفعات التي تخرج من هذا المستقبل **تقل تدريجياً** **بالرغم من ثبات شدة التنبيه**، وتسمى هذه الظاهرة **بالتلاؤم** التي يمكن تعليلها بـ:

١. نقص تدريجي لمقدرة غشاء المستقبلة على الاستثارة.
٢. ضياع متدرج لطاقة التنبيه في الأنسجة المحيطة.
٣. نقص في شدة استثارة عقدة رانفييه Node of Ranvier.

تختلف المستقبلات من حيث قدرتها على التلاؤم، إذ يوجد:

1. مستقبلات بطيئة التلاؤم: مثل مستقبلات الألم Pain Receptors، والمغزل العضلي Muscle Spindles، ومستقبلات الضغط الأبهرية والسباتية Baroreceptors
2. مستقبلات متوسطة التلاؤم: مستقبلات الحرارة والشم
3. مستقبلات سريعة التلاؤم: مستقبلات اللمس

ويجب التنبيه بوجود فروق كبيرة بين ظاهرة التلاؤم وظاهرة التعب fatigue (راجع المحاضرة 12).

أمثلة توضيحية ^_^

- صدر بعض الضجيج أثناء نوم الشخص (صوت سيارة مثلاً) فتتنبه المستقبلات للصوت (انزعاج من الصوت)، وعند زيادة هذا الصوت (عدة سيارات) تتلاءم مستقبلات الجسم مع هذا الضجيج.
- مستقبلات الشم من المستقبلات متوسطة التلاؤم، مثلاً: عندما تدخل غرفة ما وتشم رائحة مميزة فيها فإنك بعد مدة قصيرة ستألفها وتتأقلم معها.
- في حالات الحروق يتأقلم المريض بعد عدة أيام أو أسابيع، لأن مستقبلات الألم بطيئة التلاؤم.

	التلاؤم	التعب
مكان الحدوث	جميع الأنسجة وكذلك المستقبلات	لا يحدث في المستقبلات
سبب الحدوث	التنبيه المستمر	مقدار النشاط السابق سواء كان مستمراً أو منقطعاً
تأثير نقص الأوكسجين	لا تتأثر	يزيد من حدوث التعب
العودة إلى الحالة السوية	بسرعة	ببطء

الألياف العصبية التي تنقل التنبيهات وتصنيفاتها الفيزيولوجية

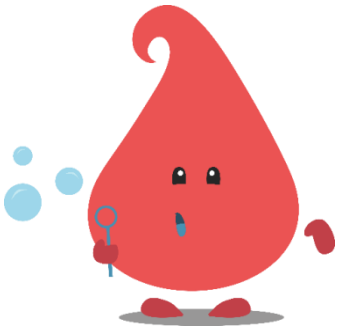
- لابد لبعض التنبيهات أن تنقل إلى الجملة العصبية المركزية **بسرعة كبيرة**، وإلا فقدت المعلومات التي تنقلها أهميتها، **ومثال** ذلك التنبيهات الحسية التي تعلّم الدماغ بالوضع الآني للأطراف في كل جزء من الثانية أثناء الركض، **والمثال الآخر** هو التنبيهات الحركية التي ترسل من الدماغ إلى العضلات.

Remember
تزداد سرعة النقل ضمن الألياف العصبية كلما كانت عريضة ومغمدة بالنخاعين.

- من جهة أخرى فإن بعض المعلومات الحسية كالتي تنقل حس الألم الموجع طويل الأمد (الألم المستمر والثابت) لا تحتاج إلى نقل سريع على الإطلاق، فلذلك تتولى مهمة نقلها **ألياف توصيل بطيئة جداً**.
- تتراوح **أقطار الألياف العصبية** بين **0.2 - 20 ميكرون**.[2]
- كلما **ازداد قطر الليف ازدادت سرعة التوصيل**، حيث تتراوح سرعات النقل بين **5 – 120 م\ثا**. (هام)
- يوجد تصنيفان مختلفان للألياف العصبية هما:

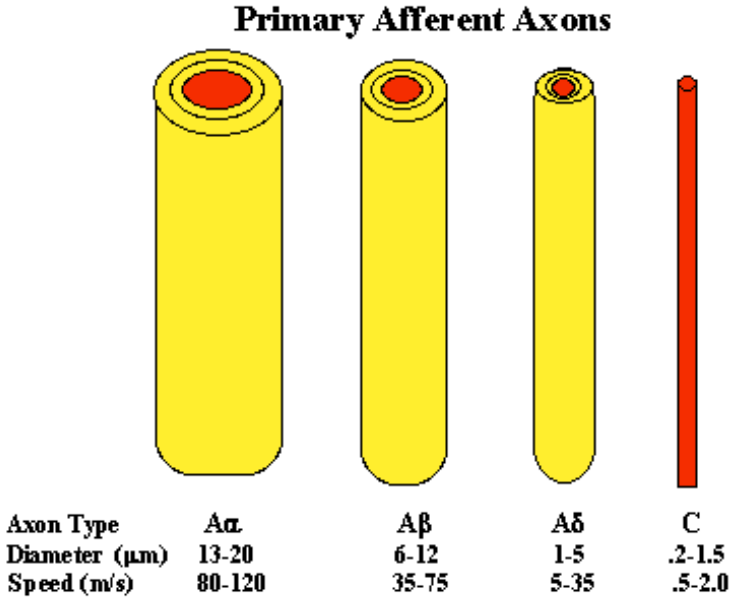
التصنيف العام General Classification	• الذي يتضمن الألياف الحسية و الحركية بما فيها الألياف العصبية المستقلة.
تصنيف الألياف العصبية الحسية Sensory Nerve Classification	• المستعمل بشكل أساسي من قبل اختصاصيي الفيزيولوجيا العصبية الحسية.

- التصنيف العام:



- تقسم الألياف إلى نمطين
  - النمط A تُقسم إلى
    - ألفا α
    - بيتا β
    - غاما γ
    - دلتا δ
  - النمط C

[2] حسب Guyton 13th edition فإن أقطار الألياف بين 0.5 - 20 مكرون.



- تمثل **الألياف (A)** الألياف النخاعينية النموذجية الكبيرة (Myelinated fibers) والمتوسطة في الأعصاب الشوكية.
- تمثل **الألياف (C)** الألياف العصبية غير النخاعينية الصغيرة جداً والتي تنقل الدفعات بسرعة منخفضة، وتشكل هذه الألياف أكثر من نصف الألياف الحسية في معظم الأعصاب المحيطية، **وجميع** الألياف الذاتية (المستقلة) **بعد العقدية** أيضاً.

- التصنيف البديل المستعمل من قبل اختصاصيي الفيزيولوجيا العصبية:

المجموعة (Ia)
- هي الألياف التي تأتي من النهايات الحلقية الحلزونية **للمغازل العضلية.**
- يبلغ معدل قطرها 17 ميكرون، وتمثل **الألياف** Aα في التصنيف العام.

المجموعة (Ib)
- هي الألياف التي تأتي من **أعضاء غولجي الوترية**[3] Golgi Tendon Organs.
- يبلغ معدل قطرها 16 ميكرون، وتمثل **أيضاً الألياف** Aα نفسها.

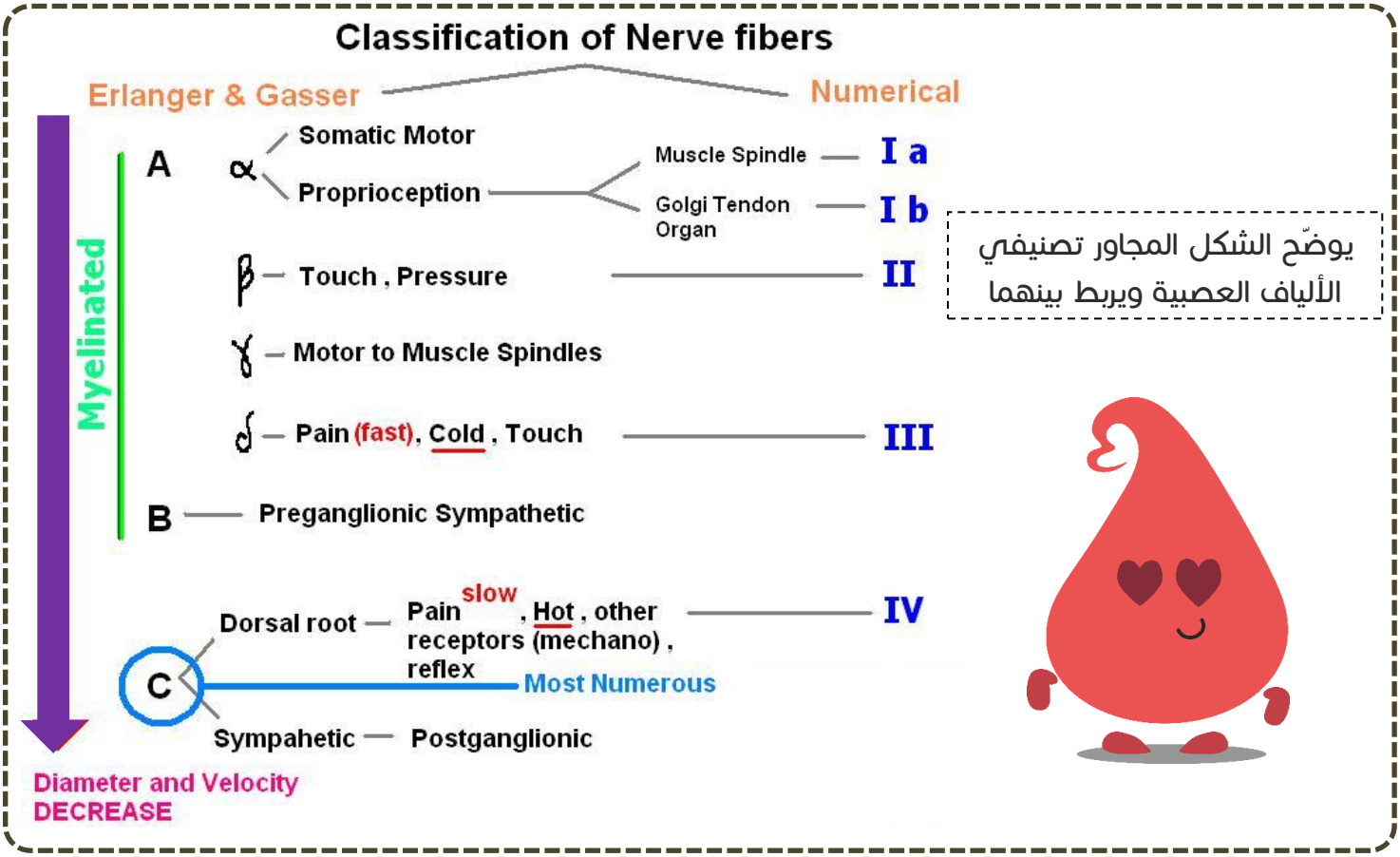
المجموعة (II)
- هي الألياف التي تأتي من **مستقبلات اللمس الجلدية** وكذلك من **نهايات رذاذ الزهر**[4] Flower-Spray في **المغازل العضلية.**
- يبلغ معدل قطرها 8 ميكرون، وتمثل **الألياف بيتا β وغاما γ من النمط** A.

المجموعة (III)
- هي الألياف التي تحمل **أحاسيس الحرارة واللمس البسيط والألم الواخز.**
- يبلغ معدل قطرها 3 ميكرون وتمثل **الألياف دلتا δ من النمط** A في التصنيف العام.

المجموعة (IV)
- هي ألياف **غير نخاعينية** تحمل **أحاسيس الألم، والحك، والحرارة، واللمس البسيط.**
- يبلغ معدل قطرها 0.5 - 2 ميكرون، وتمثل **الألياف من النمط** C في التصنيف العام.

[3] أعضاء غولجي الوترية هي مستقبلات حسية توجد في أوتار العضلات وتكشف تغيرات الشد فيها الناتجة عن التقلص العضلي. (@جانكويرا)
[4] نهايات رذاذ الزهر هي فروع من الألياف العصبية تنتشر على سطح الألياف داخل المغزلية Intrafusal Fibers في المغزل العضلي.

لاحظ أن قطر ألياف المجموعة II (8 ميكرون) أقل من قطر ألياف المجموعة I (16-17 ميكرون)، لذلك تكون سرعة النقل ضمنها (أي الألياف II) أقل من سرعة النقل ضمن ألياف المجموعة I.



يوضّح الشكل المجاور تصنيفي الألياف العصبية ويربط بينهما

الأحاسيس الجسدية Somatic Senses

- يمكن تصنيف الحواس الجسدية إلى 3 أنماط فيزيولوجية مختلفة:

١) **الحواس الجسمية الآلية (الميكانيكية):** والتي تتضمن حاستي اللمس Tactile والوضع (الوضعة) Position اللتين تتحرضا بتغير آلي لنسيج ما في الجسم.

٢) **الحواس الحرارية:** المسؤولة عن البرودة والحرارة.

٣) **حاسة الألم:** والتي تتفعل بأي عامل يؤذي النسج.

- تتضمن الحواس اللمسية tactile senses كلاً من حس المسّ Touch والضغط Pressure والاهتزاز Vibration والدغدغة Tickle، (أي أن اللمس Tactile هو لفظ عام يضم كل من المس والضغط والاهتزاز).
- تتضمن حواس الوضع كلاً من حس الوضع السكوني Static Position وحس سرعة الحركة Rate of Movement.

كشف ونقل الإحساسات اللمسية

- رغم أن المس والضغط والاهتزاز تُصنّف عادة كأحاسيس منفصلة، إلا أنها جميعها تحدث عبر **تفعيل النمط نفسه من المستقبلات**.
- يوجد **ثلاث اختلافات رئيسية** بين الإحساسات الثلاثة السابقة وهي:

إحساس المس	ينجم عموماً عن تنبيه مستقبلات اللمس الموجودة في الجلد أو في النسج الواقعة تحت الجلد مباشرة.
إحساس الضغط	ينجم عموماً عن تشويه النسج العميقة.
إحساس الاهتزاز	ينجم من إشارات حسية متكررة بسرعة عبر بعض المستقبلات نفسها التي تستخدم للمس والضغط وبشكل خاص الأنماط سريعة التلاؤم من المستقبلات.

Note 1

يمكن أن توجد المستقبلات اللمسية في الجلد أو تحت الجلد أو في الأنسجة العميقة.

Note 2

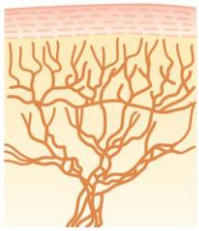
المستقبلات اللمسية سريعة التلاؤم وبشكل أخص مستقبلات حس المس والضغط[5].

مستقبلات اللمس Tactile Receptors

يوجد على الأقل ستة أنماط معروفة مختلفة تماماً من مستقبلات اللمس، أهم ميّزاتها النوعية هي:

1- النهايات العصبية الحرة:

- توجد في كل مكان من الجلد وفي العديد من النسج الأخرى.
- يمكنها أن تكشف **المس والضغط**.



Free nerve endings

[5] فرّق بين مستقبلات الضغط الشرياني Baroreceptors بطينة التلاؤم وبين مستقبلات الضغط التابعة لمستقبلات اللمس سريعة التلاؤم، وكلا النوعين من المستقبلات الآلية (الميكانيكية).

2- جسيم مايسنر Meissner's corpuscle:

Meissner's corpuscle

- مستقبل **مسّي** ذو حساسية خاصة، وهو نهاية عصبية متطاولة مغطاة بمحفظة، تثير (تحرّض) ألياف عصبية حسية نخاعينية كبيرة.
- توجد هذه المستقبلات في الأجزاء غير المشعرة من الجلد (الجلد الأجرد) وهي وفيرة بشكل خاص في رؤوس الأصابع والشفتين (لأن بدها حساسية كبيرة).
- تتلاءم جسيمات مايسنر خلال جزء من الثانية بعد تنبهها.

3- أقراص ميركل Merkel's discs:

- مستقبلات **لمسية** ذات رأس متسع **expanded tip tactile receptors**.
- توجد في رؤوس الأصابع وعدد من المناطق التي تحوي جسيمات مايسنر، كما تحوي الأجزاء المشعرة من الجلد عدداً متوسطاً منها.
- تجتمع أقراص ميركل مع بعضها عادة في عضو مستقل يدعى مستقبلة **قبة إيغو Iggo dome receptor** التي تتبارز نحو الأعلى بحيث تقابل الجزء الداخلي للبشرة، مما يجعل البشرة تتبارز في نفس المنطقة لتشبه القبّة مشكّلة مستقبلة عظيمة الحساسية.
- تلعب هذه المستقبلات بالاشتراك مع جسيمات مايسنر في **تحديد موضع إحساسات المس بدقة** على سطح الجلد وفي تحديد طبيعة الجسم الملموس.

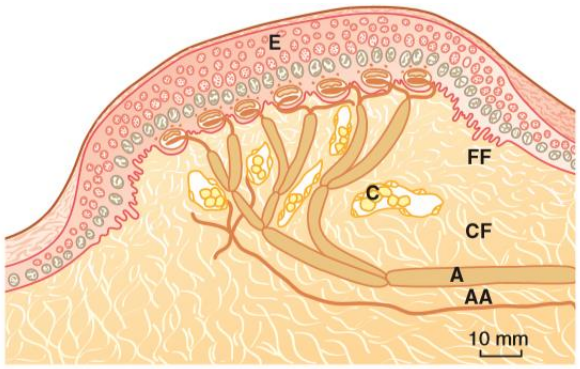
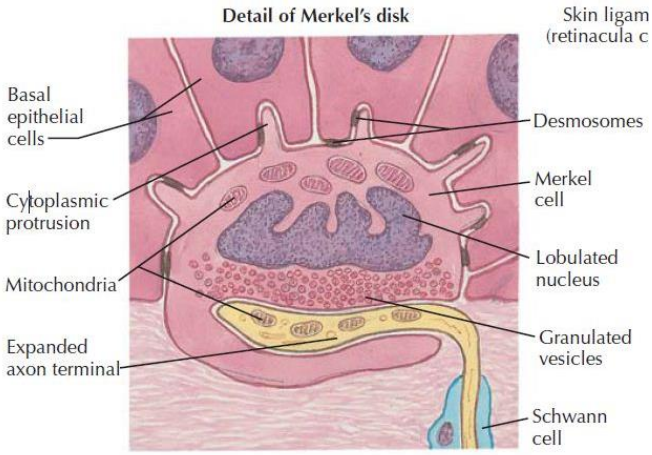


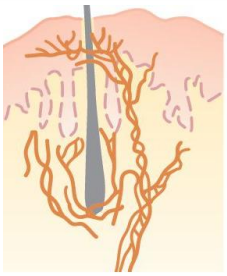
Figure 48-1. An Iggo dome receptor. Note the multiple numbers of Merkel discs connecting to a single large myelinated fiber *(A)* and abutting tightly the undersurface of the epithelium. AA, nonmyelinated axon; C, capillary; CF, course bundles of collagen fibers; E, thickened epidermis of the touch corpuscle; FF, fine bundles of collagen fibers. *(From Iggo A, Muir AR: The structure and function of a slowly adapting touch corpuscle in hairy skin. J Physiol 200:763, 1969.)*



Detail of Merkel's disk

هل تعلم!

أن سيغموند فرويد قد قسّم النفس البشرية إلى الأنا Ego والأنا الأعلى Super-Ego.


Tactile hair

4- عضو نهاية الشعرة hair end-organ:

- تنبه الحركة الخفيفة لأي شعرة في الجسم الليف العصبي الملتف حول قاعدتها، وهكذا تشكل كل شعرة مع ليفها العصبي القاعدي **عضو نهاية الشعرة hair end-organ** والذي يعد مستقبل مس أيضاً.

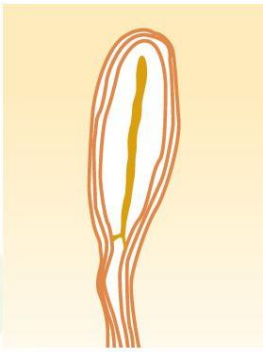
5- جسيمات رافيني Ruffini's endings:

Ruffini's endings

- تدعى أيضاً: الأعضاء الانتهائية لرافيني.
- توجد في الطبقات العميقة للجلد والنسج العميقة، وتوجد في محافظ المفاصل لتساعد على إرسال إشارات حول درجة دوران المفصل، كما أنها مسؤولة عن حس الدفء.
- عبارة عن نهايات كثيرة التفرع مغطاة بمحفظة، ويكون تلاؤم هذه النهايات بطيئاً جداً.

6- جسيمات كراوس Krause corpuscles:

- المسؤولة عن حس البرودة.

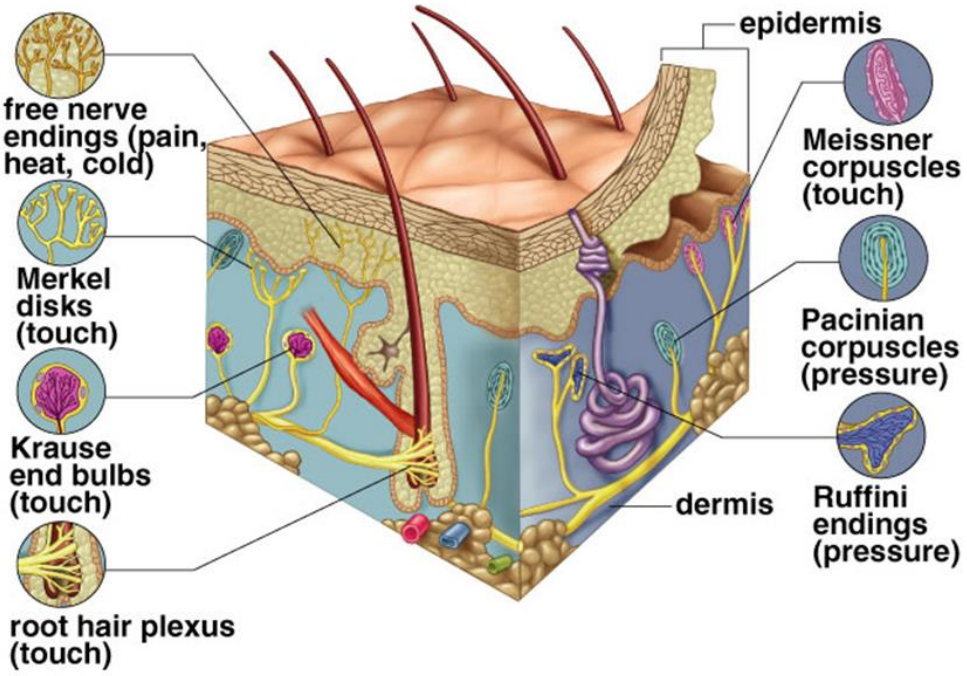

Krause's corpuscle

Pacinian corpuscle

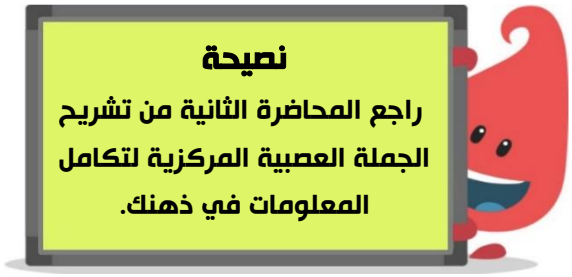
7- جسيمات باشيني Pacinian corpuscles:

- تتوضع مباشرة تحت الجلد، وتتواجد عميقاً أيضاً في النسج اللفافية للجسم.
- تأتي أهمية جسيمات باشيني في تحرّيها اهتزاز النسيج أو التغيرات السريعة جداً في الحالة الميكانيكية للنسيج.

نظرة عامّة للمستقبلات



السبيلان الحسيان لنقل الإشارات الحسية الجسدية إلى الجهاز العصبي المركزي



- تدخل جميع المعلومات الحسية من مختلف أقسام الجسم إلى النخاع الشوكي عبر الجذور الظهرية للأعصاب الشوكية، فتحمل الإشارات الحسية من نقطة الدخول عند النخاع إلى الدماغ عبر أحد الطريقين الحسيين التاليين:

جملة العمود الظهري[6] - الفتيل الأنسي The Dorsal Column–Medial Lemniscal System	الجملة الأمامية الجانبية The Anterolateral System (السبيل الشوكي المهادي)

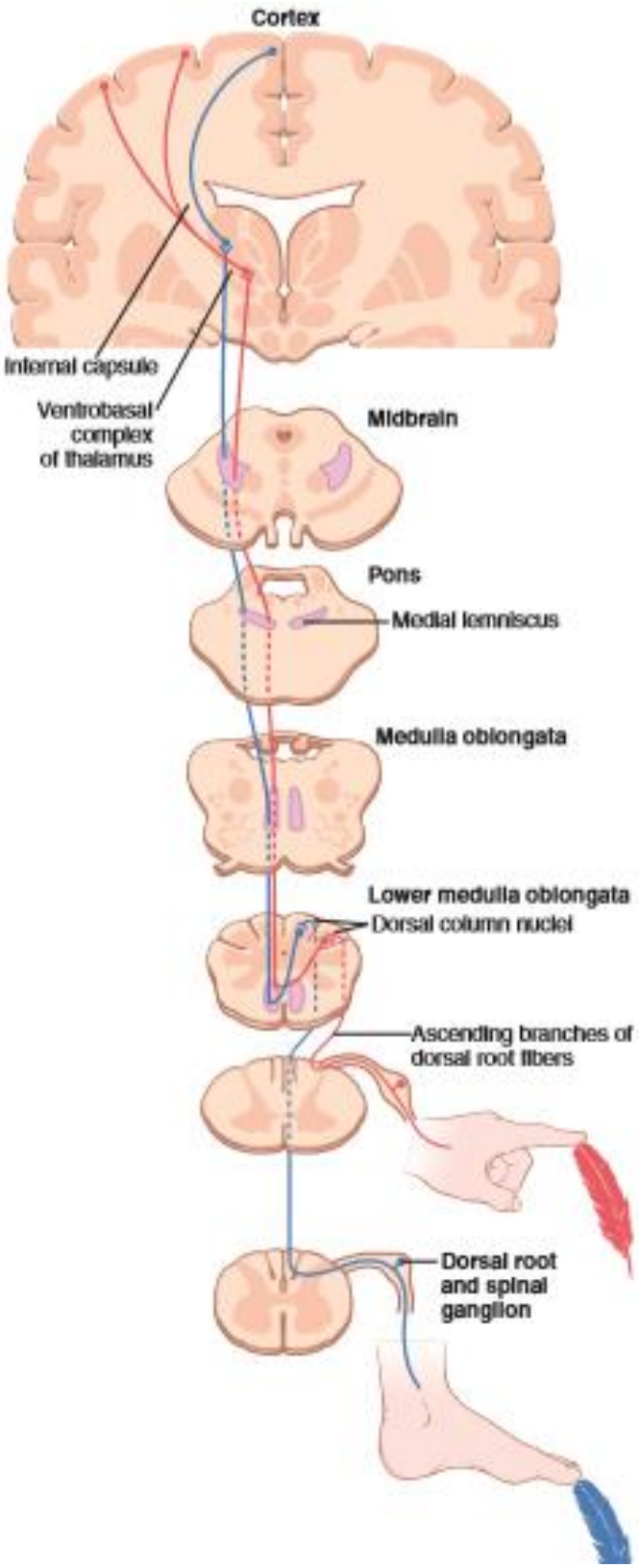
- تسير هاتان الجملتان معاً **بشكل جزئي في مستوى المهاد**.

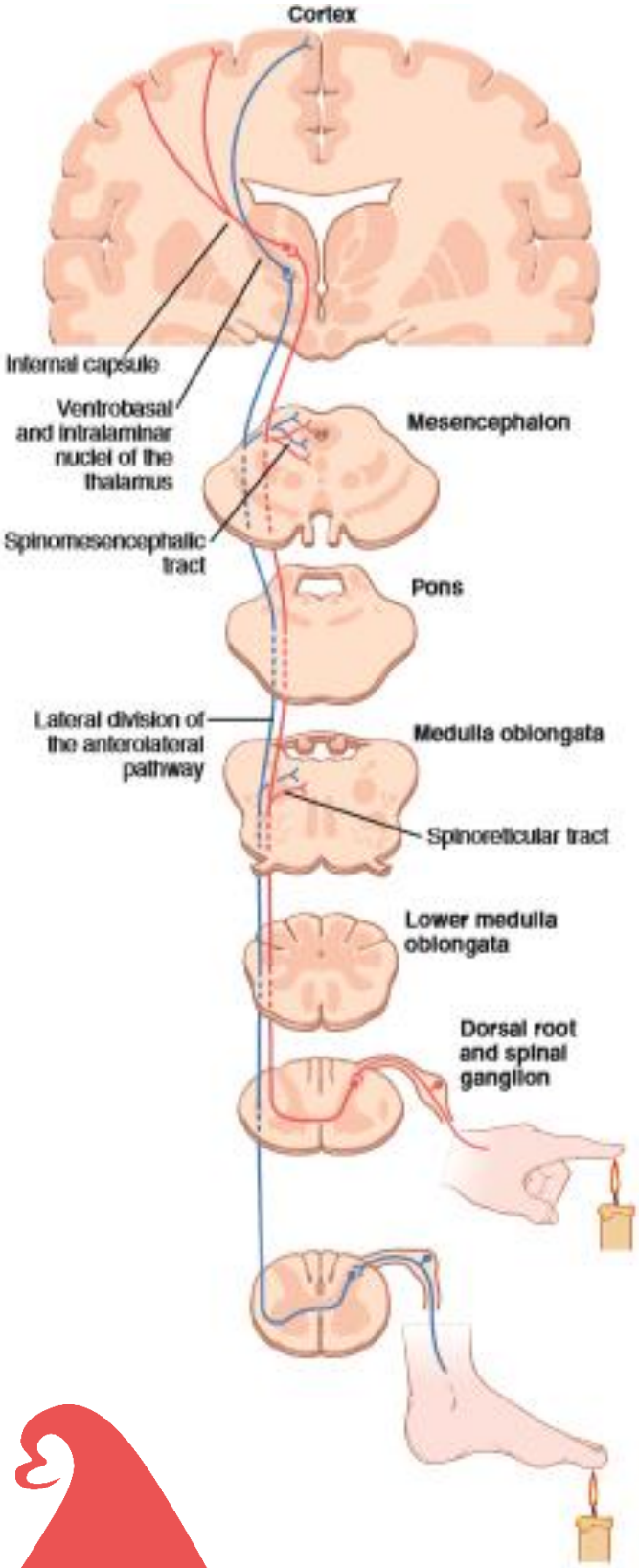
- تحمل جملة العمود الظهري - الفتيل الأنسي الإشارات في العمود الظهري (الحبل الخلفي) للنخاع The Dorsal Columns of The Cord، ثم تتشابك الإشارات وتعبر للجانب المقابل من البصلة، فتصعد في جذع الدماغ حتى تصل المهاد عبر الفتيل الأنسي The Medial Lemniscus.

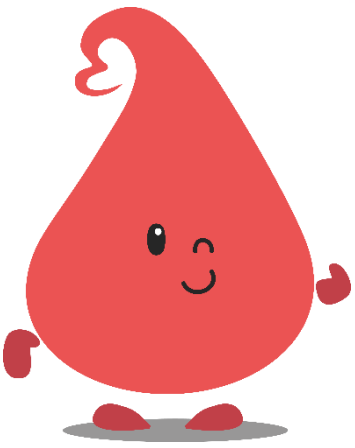
- وعلى العكس يتم نقل الإشارات في الجملة الأمامية الجانبية كالتالي:

بعد دخول الإشارات للنخاع عبر الجذور الظهرية؛ تتشابك الإشارات في القرون الظهرية للمادة الرمادية للنخاع ثم تعبر للجانب المقابل من النخاع، ثم تصعد عبر العمودين الأبيضين الأمامي والجانبي في النخاع، وتنتهي هذه الإشارات في كل مستويات جذع الدماغ وفي المهاد.

[6] العمود الظهري = الحبل الخلفي، فهي مصطلحات تدل على السبيل نفسه.


Cortex
Internal capsule
Ventrobasal complex of thalamus
Midbrain
Pons
Medial lemniscus
Medulla oblongata
Lower medulla oblongata
Dorsal column nuclei
Ascending branches of dorsal root fibers
Dorsal root and spinal ganglion


Cortex
Internal capsule
Ventrobasal and intralaminar nuclei of the thalamus
Mesencephalon
Spinomesencephalic tract
Pons
Lateral division of the anterolateral pathway
Medulla oblongata
Spinoreticular tract
Lower medulla oblongata
Dorsal root and spinal ganglion



- تنتقل المعلومات الحسية التي **يجب نقلها بسرعة** وبأمانة زمنية ودقة مكانية عبر جملة العمود الظهري - الفتيل الإنسي.
- بينما تنتقل المعلومات التي **لا تحتاج إلى سرعة** عالية في نقلها ولا إلى دقة مكانية (لا تحتاج إلى تحديد دقيق لموضع مصدر الإشارات)، والإشارات التي لا تحتاج إلى تمييز التدرجات الطفيفة في الشدة عبر الجملة الأمامية الجانبية بشكل رئيسي، وتتضمن هذه الإشارات أحاسيس **الألم والحرارة والبرودة واللمس الخام[7] والدغدغة والحك والأحاسيس الجنسية**.

تتميز الجملة الأمامية الجانبية بقدرة خاصة غير موجودة في جملة العمود الظهري، وهي قدرتها على نقل طيف واسع من الأنماط الحسية (الألم – الدفء – البرودة – الإحساسات اللمسية البسيطة)، بينما تقتصر قدرة جملة العمود الظهري على نقل الانماط الأكثر تمييزاً من أحاسيس المستقبلات الآلية (الميكانيكية) فقط.

Note

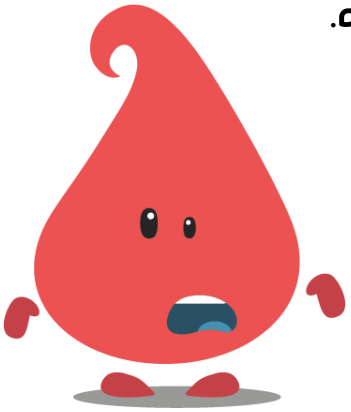
خلاصة الجملتين

الحبل الظهري -الفتيل الأنسي Dorsal Column - Medial Lemniscus	الجملة الأمامية الجانبية = السبيل الشوكي المهادي Spinothalmic Tract
يصعد في الحبل الظهري	يصعد في الحبلين الأمامي والجانبي
يحدث التصالب في البصلة	يحدث التصالب في النخاع
ينقل باقي الإحساسات	ينقل حس الألم والحرارة واللمس الخشن
أسرع في النقل	أبطأ في النقل
ينقل المعلومات التي تحتاج إلى دقة مكانية عالية	ينقل المعلومات التي لا تحتاج إلى دقة مكانية عالية

[7] الخام = المبهم = البسيط.

بناء على هذه الاختلافات، يمكننا تصنيف أنماط الأحاسيس المنقولة في كلا الجملتين إلى:

A. الإحساسات المنقولة في جملة العمود الظهري - الفتيل الأنسي:



١) إحساسات اللمس التي تحتاج إلى **دقة عالية في تحديد موضع المنبه**.

٢) إحساسات المس التي تحتاج إلى **نقل التدرجات الخفيفة** في الشدة.

٣) الإحساسات الطورية (الدورية) كأحاسيس **الاهتزاز**.

٤) الأحساسات التي تنقل **الحركة المطبقة على سطح الجلد**.

٥) إحساسات الوضعة الآتية **من المفاصل**.

٦) إحساسات الضغط التي تحتاج إلى **درجة رفيعة من القدرة على تقدير شدة الضغط**.

B. الإحساسات المنقولة في الجملة الأمامية الجانبية:

١) الألم.

٢) الإحساسات الحرارية التي تشمل **الدفء والبرودة**.

٣) إحساسات المس والضغط غير الناضجة والتي تستطيع تحديد الموضع من سطح الجسم بشكل غير دقيق.

٤) إحساسات **الدغدغة والحك**.

٥) الإحساسات **الجنسية**.

مسلك العمود الظهري -الفتيل الأنسي [انظر الصورة ص14]

تدخل الألياف العصبية إلى الأعمدة الظهرية

تسير مباشرة دون انقطاع للأعلى إلى الجزء الظهري من البصلة

حيث تتشابك في نوى العمود الظهري (النواة الإسفينية Cuneate والنواة الرشيقة Gracile)

ومن هناك تنشأ عصبونات ثانية تتصالب decussate مباشرة وتذهب إلى الجانب المقابل من جذع الدماغ

وتكمل مسيرها للأعلى حتى المهاد عبر الفتيل الأنسي Medial lemniscus

تنضم إلى الفتيل الأنسي أثناء مسيره عبر جذع الدماغ ألياف إضافية من النواة الحسية الرئيسية للعصب مثلث التوائم، ومن القسم العلوي للنوى الهابطة الخاصة به.
تقوم هذه الألياف بوظائف حسية في الرأس، وهي نفس الوظائف التي تقوم بها ألياف العمود الظهري تجاه الجسد.

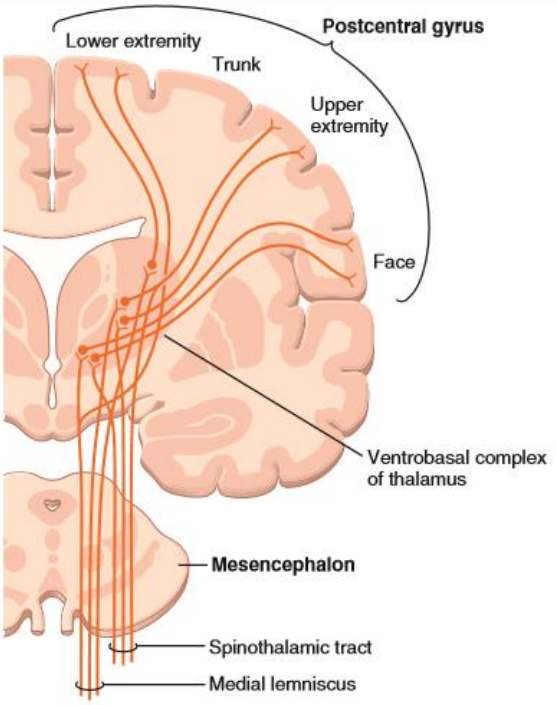
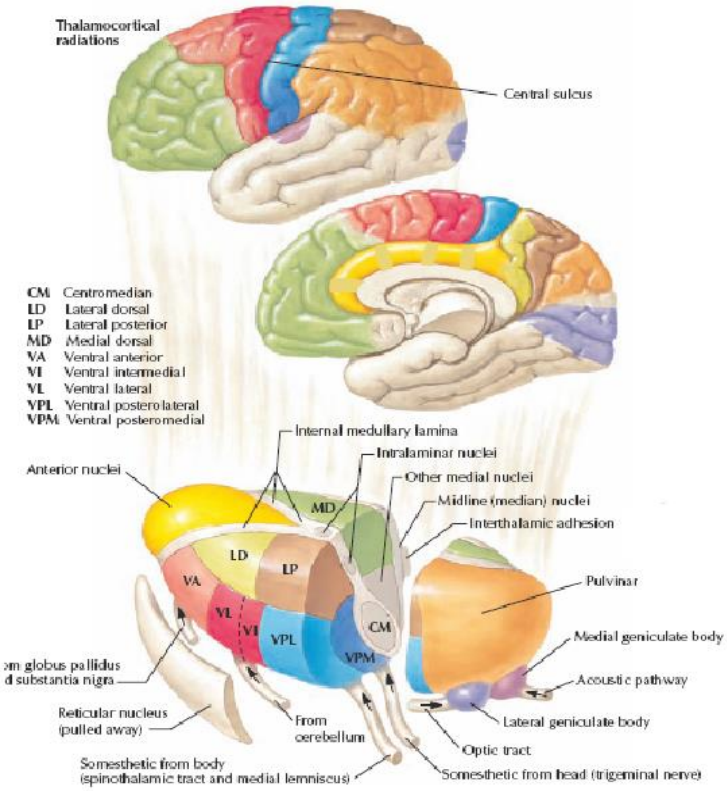


Figure 48-4. Projection of the dorsal column–medial lemniscal system through the thalamus to the somatosensory cortex. *(Modified from Brodal A: Neurological Anatomy in Relation to Clinical Medicine. New York: Oxford University Press, 1969.)*

- **في المهاد:** تنتهي ألياف الفتيل الأنسي القادمة من الأعمدة الظهرية في النواة البطنية الخلفية الوحشية **Ventral Posterolateral Nucleus (VPL)**، بينما تنتهي الألياف القادمة من نوى مثلث التوائم في النواة البطنية الخلفية الإنسية **Ventral Posteromedial Nucleus (VPM)**.
- وتدعى هاتان النواتان بالإضافة إلى نواة المهاد الخلفية التي تنتهي فيها بعض ألياف الجملة الأمامية الجانبية مجتمعة المركب البطني القاعدي Ventrobasal complex.
- تخرج الألياف الثالثة في الترتيب من المركب البطني القاعدي، لتذهب بشكل رئيسي إلى التلفيف خلف المركزي **Postcentral Gyrus** من القشرة المخية، والذي يدعى بالباحة الحسية الجسدية I، كما تذهب بعض الألياف إلى الجزء الجانبي السفلي من الفص الجداري والذي يدعى بالباحة الحسية الجسدية II.



ومضة تشريحية

هل تعلم أن النواة البطنية الخلفية الوحشية VPL في المهاد تتلقى أليافاً عصبية من الفتيل الأنسي + الفتيل الشوكي (الذي يتشكل من الجملة الأمامية الجانبية + السبيل الشوكي السقفي) ولذلك قلنا قبل قليل أن الجملتان الحسيّتان تسيران معاً بشكل جزئي في المهاد.

القشرة الحسية الجسدية Somatosensory Cortex

- تم تقسيم القشرة المخية إلى ما يُقارب 50 باحة متميزة تدعى باحات برودمان Brodmann's areas وذلك بناءً على فوارق بنيوية نسيجية.
- لهذه الخريطة أهمية خاصة تكمن في أنها تستعمل من قبل اختصاصيي الفيزيولوجيا العصبية وأطباء الأعصاب عند البحث والإشارة بالأرقام إلى الباحات الوظيفية المختلفة للقشرة المخية.

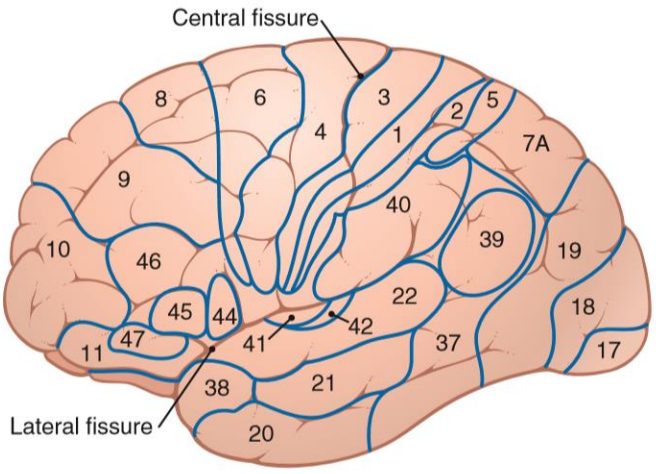


Figure 48-5. Structurally distinct areas, called *Brodmann's areas*, of the human cerebral cortex. Note specifically areas *1*, *2*, and *3*, which constitute *primary somatosensory area I*, and areas *5* and *7A*, which constitute the *somatosensory association area*.

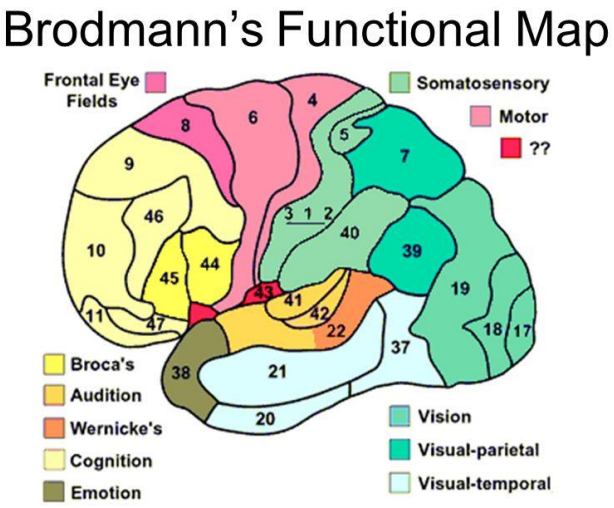
لاحظ في الشكل التالي؛ الشق المركزي الكبير Large Central Fissure (يدعى أيضاً الثلم المركزي Central Sulcus) الذي يمتد بشكل أفقي عبر الدماغ.

- بشكل عام، تنتهي الإشارات الحسية بجميع أنماطها في القشرة المخية خلف الشق المركزي، حيث تتوضع القشرة الحسية الجسدية خلف الشق المركزي مباشرة، وبشكل رئيسي في باحات برودمان (1 - 2 - 3 - 5 - 7 - 40)، وتؤلف هذه الباحات الفص الجداري من القشرة.
- بالإضافة إلى ذلك، تنتهي الإشارات البصرية في الفص القفوي والإشارات السمعية في الفص الصدغي، ويتخصص جزء القشرة الواقع أمام الشق المركزي بالتحكم الحركي بالجسم وبعض وجوه التفكير التحليلي.
- من المعلوم وجود باحتين متميزتين منفصلتين تتلقيان أليافاً عصبية واردة مباشرة من النوى الناقلة للإشارات الحسية الجسدية Somasthetic Relay Nuclei الموجودة في المركب البطني القاعدي المهادي، وتدعى هاتان الباحتان:

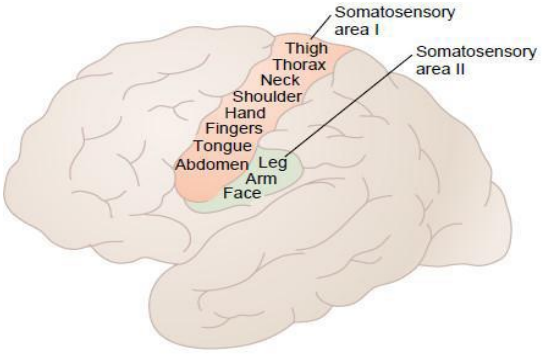
الباحة الحسية الجسدية I (باحة S - I) والباحة الحسية الجسدية II (باحة S - II)

- تفوق أهمية الباحة الحسية الجسدية I بالنسبة للوظائف الحسية للجسم بكثير أهمية الباحة الحسية الجسدية II، إلى درجة أن عبارة "القشرة الحسية الجسدية" تشير بمفهومها العام إلى الباحة I في أغلب الأحيان.

الإشارات الحسية	تنتهي في الشق خلف المركزي
الإشارات البصرية	تنتهي في الفص القفوي
الإشارات السمعية	تنتهي في الفص الصدغي



باحات الحس الجسدي في القشرة المخية Somatic Sensory Areas of Cerebral Cortex



تتكون باحات الحس الجسدي في القشرة المخية من:

١) **الباحة الحسية الجسدية I**: تقع مباشرة خلف الشق المركزي.

٢) **الباحة الحسية الجسدية II**: تقع خلف وأسفل الباحة I.

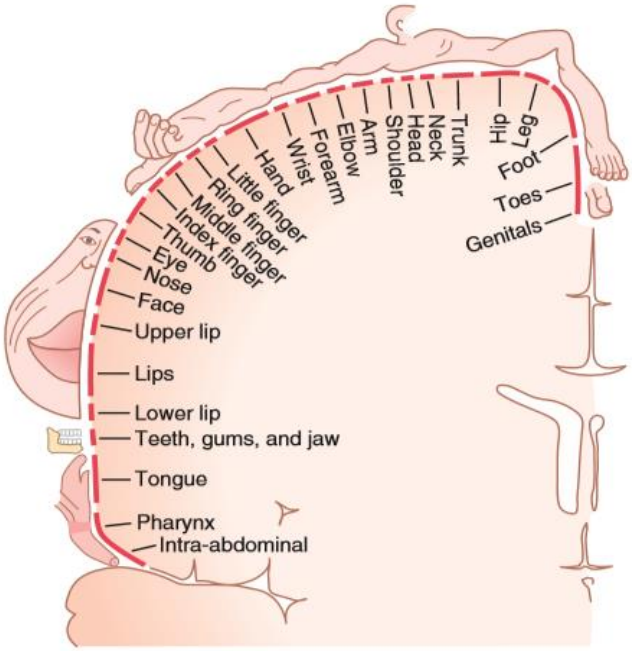
باحة أو باحات الترابط الحسي الجسدي Sensory association areas:

تقع خلف وأعلى الباحة I.

الباحة الحسية الجسدية I

- إسقاط الجسم على الباحة الحسية الجسدية I:

- تتوضع الباحة I في **التلفيف خلف المركزي** من القشرة المخية **في باحات برودمان 1 و2 و3.**
- تملك هذه الباحات في داخلها ترتيباً مكانياً مميزاً لاستقبال الإشارات العصبية من المناطق المختلفة للجسم.



لاحظ أن تمثيل الرأس يقع في القسم الأكثر وحشية من الباحة الحسية الجسدية ا بينما يقع تمثيل الجزء السفلي من الجسم في القسم الأنسي.

- يُلاحظ أن كل جانب من القشرة يتلقى معلومات حسية من الجانب المقابل للجسم حصراً (باستثناء مجموعة صغيرة من المعلومات الحسية القادمة من نفس الجانب من الوجه).
- تتمثل بعض مناطق الجسم بمساحات كبيرة من القشرة الجسدية (أعظمها الشفتان يليها الوجه والإبهام) بينما يُمثل كامل الجذع والأقسام السفلية من الجسم بباحات صغيرة نسبياً.
- تتناسب أحجام هذه الباحات طرداً مع عدد المستقبلات الحسية المتخصصة الموجودة في كل منطقة محيطية من الجسم، فعلى سبيل المثال يوجد عدد كبير من النهايات العصبية المتخصصة في الشفتين والإبهام بينما يكون عددها قليلاً في جلد الجذع.

- يمكن جمع خصائص الباحة الحسية الجسدية ا بما يلي:

- تستقبل الحواس من الجزء المقابل من الجسم.
- تعتمد مساحة الباحة الحسية في القشرة على مقدار عمل العضو الممثلة له، فإحساس الأصابع واللسان يمثل بباحة كبيرة، في حين أن الجذع يمثل بباحة صغيرة.
- يمثل الجسم بشكل مقلوب؛ فيُمثّل الرأس في الجزء السفلي من التلفيف في حين تُمثّل القدم في الجزء العلوي.

تستقبل هذه الباحة الحواس التالية

- اللمس الدقيق (التوضع Localization، التمييز Discrimination، والتوجه Stereognosis)
- حس توضع وحركات المفاصل
- تقدير الثقل والأوزان
- حس الاهتزاز Vibration Sense
- تمييز التدرج الحراري

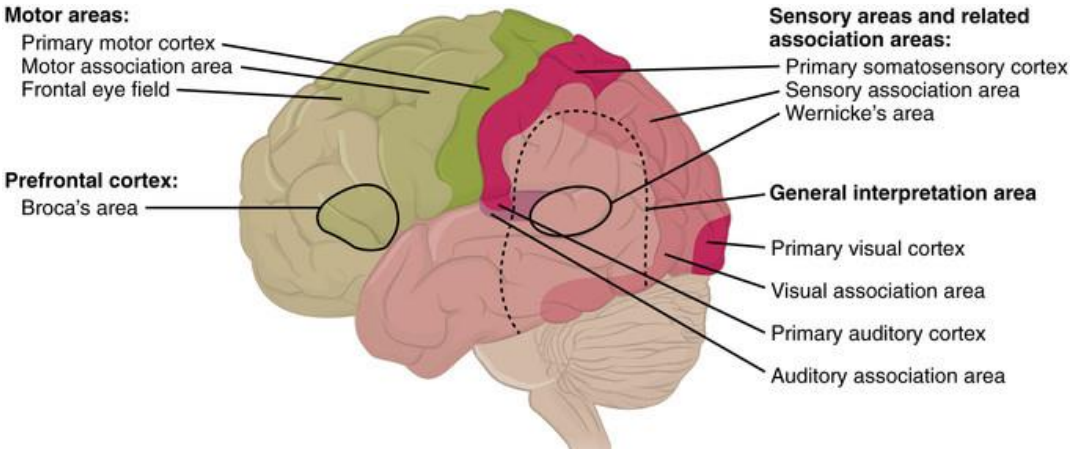
الباحة الحسية الجسدية II

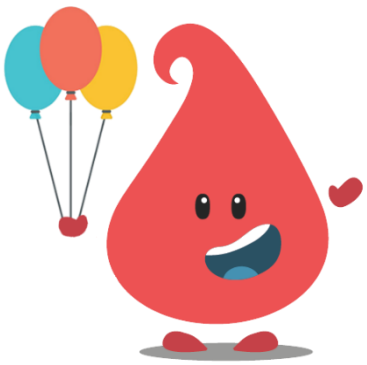
- يستقبل الجزء الأمامي من هذه الباحة الحواس من الوجه، أما الذراعان فيمثلان في الوسط، والطرفان السفليان في الخلف.
- تكون مقدرة هذه الباحة على تمييز مكان الألم أو الحواس أقل من الباحة I (لأن تمييز موضع الحس على الجسم يُعد من وظائف الباحة الحسية I أكثر من الباحة الحسية II).
- وظيفة هذا الجزء من القشرة المخية هو التحكم الحسي في الوظائف الحركية، كما يوجد فيها المراكز القشرية لإحساس الألم.

باحات الترابط الحسية الجسدية Somatosensory Association Areas

- توجد هذه الباحة في الجزء العلوي من القشر الجداري خلف باحة الحس الجسدية I وفوق باحة الحس الجسدية II.

تلعب باحتا برودمان 5 و7 أدواراً هامة في سبر غموض المعلومات الحسية التي تدخل الباحات الحسية الجسدية، ولذلك تدعى هاتان الباحتان **باحتا الترابط الحسية الجسدية**.



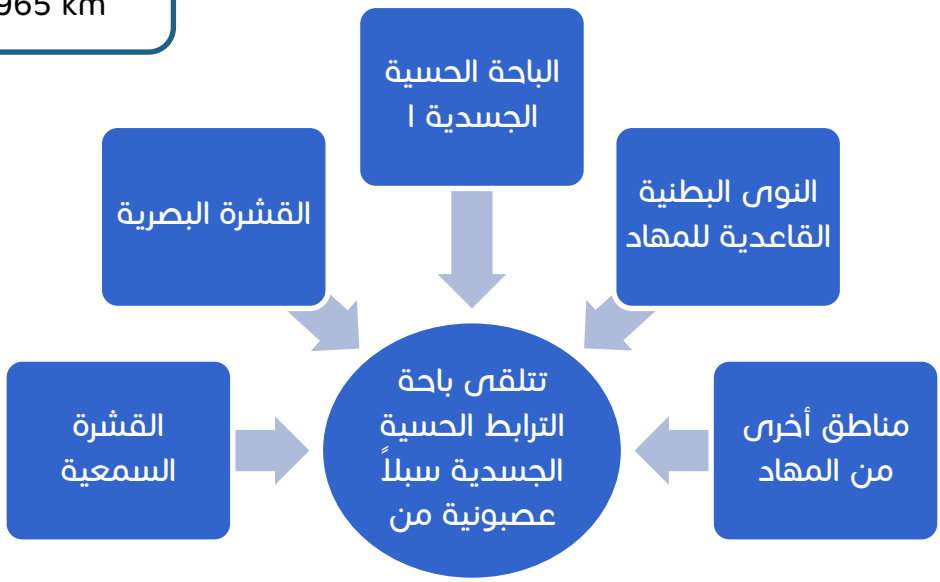


- يمكن أن يؤدي التنبيه الكهربائي لباحة الترابط الجسدي إلى شعور الشخص أحياناً بأحاسيس جسدية معقدة قد تصل إلى الشعور بشيء مثل السكين .
- وظيفة هذه الباحة من القشرة المخية هي ربط جميع المعلومات الحسية التي تصل إلى الدماغ إما من الباحات الحسية I و II، أو من المهاد، أو من أنوية متفرقة أخرى، فيحوّل الترابط هذه الإشارات إلى أحاسيس ذات معنى.

بإصابتها يفقد الإنسان المقدرة على ترجمة الأحاسيس المركبة أو استنتاج الدلالات للأشياء الملموسة.

تشريحياً

If we lined up all the neurons in our body, it would be around 965 km



إزالة باحة الترابط الجسدي-اللاتشكيل (عمه التشكيل) Amorphosynthesis

عند إزالة باحة الترابط الجسدي من إحدى جانبي الدماغ؛ يفقد الشخص قدرته على تمييز الأشياء والأشكال **المركبة** عند الإحساس بهم من قبل الجانب المقابل من الجسم، كما **يفقد معظم إحساسه بشكل جسمه أو أجزاء جسمه**، أي ينسى أنه موجود وبالتالي ينسى الشخص أن يستخدم الجزء المقابل من جسمه في نشاطاته الحركية (عمه التشكيل Amorphosynthesis)، كما أنه عندما يتحسس الأشياء فإنه يميّز أحد شُقّي الشيء وينسى وجود شقه المقابل.

EXTRA

- أمثلة في إصابات باحات الترابط الحسية الجسدية:

- إذا أصاب مريض اللاتشكيل احتشاء أو ورم أو نزف في القسم الأيمن من الكرة المخية، قد يبقى قادر على تحريك طرفه الأيمن، لكنه **يشكو من وجود شيء ما أو شخص ما على طرفه الأيسر**، وهذا ما يسمى **بإهمال الطرف الأيسر**، وتُلاحظ في آفات نصف الكرة المخية اليمنى.
- يكون مريض الفالج الأيسر قادراً على تحريك طرفه الأيمن، لكنه يشكو من وجود شيء أو شخص ما على طرفه الأيسر، وذلك **بسبب أذية الباحات الترابطية**.
- نلاحظ **إهمال الأشياء** مثلاً عند إمساك المريض شيئا ما (قلم مثلاً)، فيشعر المريض بقسم منه ويهمل القسم الآخر، أو يكون غير قادر على تمييز شكله أو حرارته أو نوعيته.

♥ **حبسة فيرنكا Wernicke Aphasia**: حالة مرضية تصاب فيها باحات الترابط الحسية الجسدية، إذ يعاني مريض حبسة فيرنكا من **إصابة وعائية سببت الحبسة**، فيستطيع سماع الكلام الموجه له مع **عدم المقدرة على تمييز وتحديد ماهية الكلام** ولذلك تسمى حبسة فيرنكا حبسة استقبالية، **فلا** يعاني المريض في هذه الحالة من ذهان أو تخليط ذهني.

Persons diagnosed with **Wernicke's aphasia** are unaware that the words they are producing are incorrect and nonsensical. He or she may have severe comprehension difficulties and be unable to grasp the meaning of spoken words, yet may be able to produce fluent and connected speech. Reading and writing are often severely impaired as well.

♥ من إصابات باحات الترابط أيضاً ما يسمى **حبسة التسمية Anomia** والتي يكون فيها المريض قادر على فهم الكلام لكن مع عدم القدرة على تسمية الأشياء (فإذا وُضع أمامه قلم لا يستطيع معرفة أن ما يراه هو قلم لكن إذا سألته أين القلم؟ {يعني عطيناه الاسم نحن} سيعرفه).

Anomic aphasia is the least severe form. Individuals with anomic aphasia are often unable to supply the correct words for the things they want to talk about—objects, people, places, or events. It's sometimes described as having a word on the tip of one's tongue. He or she usually understands speech well and is able to read adequately, but writing ability may be poor.

فيديو جميل عن أنواع الحبسة Aphasia من TED-Ed

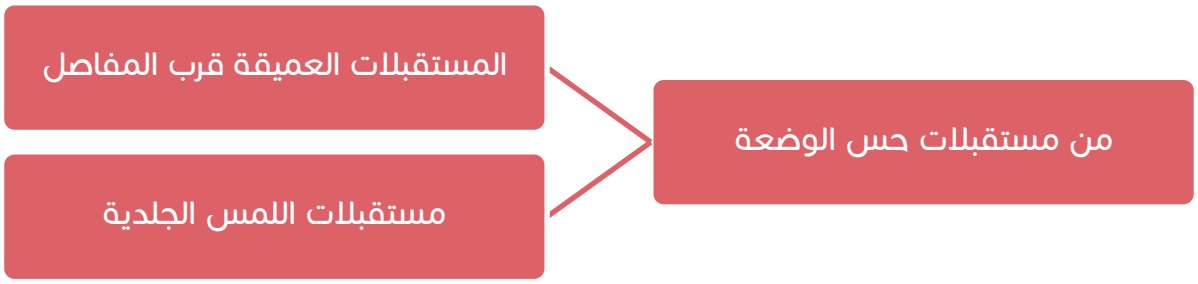
إحساسات الوضع Position Senses

تدعى حواس الوضع في كثير من الأحيان **حواس المستقبل الحسي العميق Proprioceptive senses** ويمكن تقسيمها إلى قسمين:

- **حس الوضعة السكوني Static Position Sense**: يعني الإدراك (الاهتداء) الواعي لتوضع مختلف أجزاء الجسم بالنسبة لبعضها البعض.
- **حس سرعة الحركة Rate of Movement**: والذي يدعى أيضاً **إدراك الحركة Kinesthesia** أو **الاستقبال الحسي العميق الديناميكي Dynamic Proprioception**.

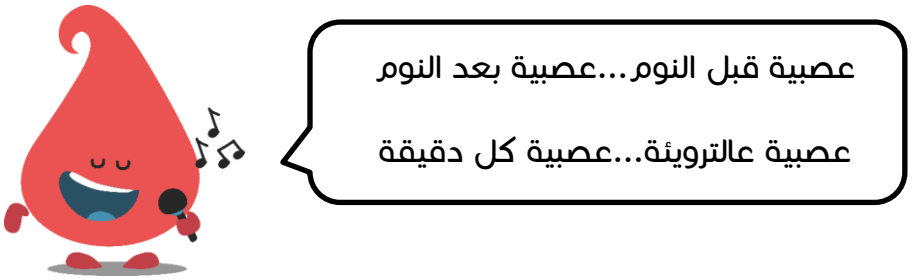
المستقبلات الحسية للوضعة

- يعتمد إدراك حس الوضعة بنوعيه السكوني والديناميكي على **معرفة درجات تزوّي كل المفاصل في جميع المستويات ودرجة تغيرها**.
- تتساعد أنماط مختلفة من المستقبلات في تحديد درجة تزوّي المفصل فتعمل مع بعضها لإعطاء حس الوضع.



- ففي حالة الأصابع حيث تكون المستقبلات الجلدية وفيرة جداً، تقوم المستقبلات الجلدية هذه بتمييز نصف حس الوضعة تقريباً، بينما **تكون المستقبلات العميقة أكثر أهمية في معظم المفاصل الكبيرة**.

من أهم المستقبلات المستخدمة في تحديد درجة تزوّي المفصل في منتصف مجال الحركة هي **المغازل العضلية Muscle Spindles**، إذ تكون هذه المستقبلات **ضرورية في التحكم بحركة العضلات**، فعندما تتغير زاوية المفصل تتمطط بعض العضلات بينما ترتخي أخرى، فتذهب معلومات التمطط من المغازل إلى الجهاز المنظم في النخاع الشوكي والمناطق العليا لجملة العمود الظهري لتفسير العلاقات المعقدة فيما يخص تزوي المفصل.

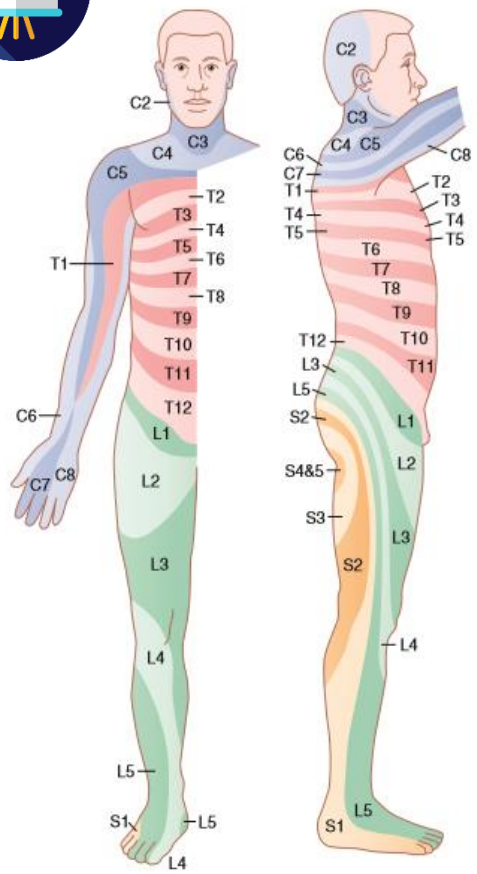


- يؤمّن **تمطط الأربطة والنسج العميقة حول المفاصل** عند الدرجات النهائية (القصوى) لتزوّي المفصل عاملاً إضافياً هاماً في تحديد الوضعة، ويستعمل لذلك بعض أنماط النهايات العصبية وهي: **جسيمات باشيني ونهايات روفيني ومستقبلات شبيهة بمستقبلات غولجي الوترية** الموجودة في أوتار العضلات.
- تتلاءم جسيمات باشيني والمغازل العضلية بشكل خاص لاكتشاف درجات التغير السريعة، لذا من المحتمل أن هذه المستقبلات هي المسؤولة عن اكتشاف سرعة الحركة.

إذاً: حتى يتحقق حس الوضعة في حالة السكون أو الحركة؛ يتطلب ذلك استخدام المستقبلات اللمسية السطحية والمستقبلات العميقة الموجودة في المفاصل واللفافات لتعطي درجة تقلص أو انبساط كل عضلة لحظة بلحظة.

الحقول الشدفية للإحساس – القطاعات الجلدية Dermatome

- يعصب كل عصب شوكي "حقلاً شدفياً " من الجلد يدعى **قطاعاً جلدياً** Dermatome.
- لاحظ في الشكل التالي القطاعات الجلدية وتبدو كأن بينها حواف متميزة أو حدود واضحة، لكن الحقيقة غير ذلك؛ إذ يوجد تداخل كبير بين الشدف.



- يظهر في الشكل أن المنطقة الشرجية من الجسم تقع في القطاع الجلدي الخاص بالشدفة الأكثر بعداً (انخفاضاً) من النخاع الشوكي (القطعة S5)، وذلك لأن هذه المنطقة تقابل عند الجنين منطقة الذيل وهي المنطقة الأكثر بعداً من الجسم، وتتطور الساقان (الطرفان السفليان) من الشدف القطنية والعجزية العلوية في المرحلة الجنينية وليس من العجزية السفلية.
- تفيد هذه القطاعات لتعيين مستويات أذية النخاع الشوكي عند حدوث اضطراب في الأحاسيس المحيطة (أي بتحديد مستوى الحس الجلدي المضطرب نتيجة الأذية).

ملاحظات ختامية (للاطلاع☺)

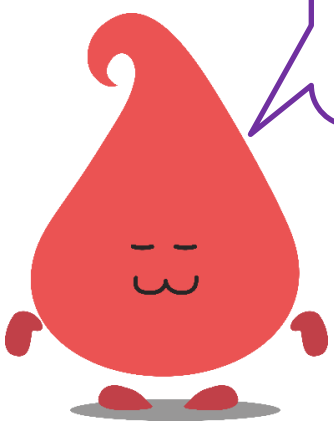
- ✓ في الحياة الجنينية يكون النخاع الشوكي موجود عند آخر فقرة عجزية، ومع تطور الجنين يبقى العجز مكانه لكن النخاع الشوكي يتمدد للأعلى، وبالتالي عند الولادة تكون نهاية النخاع الشوكي عند الفقرة القطنية الثالثة.
- ✓ عند البالغ تكون نهاية النخاع الشوكي **عند الفقرة القطنية الأولى**، وهذا الأمر سبب الاختلاف بين الفقرة والشدفة (راجع المحاضرة الثالثة في مقرر تشريح الجملة العصبية المركزية).

مثال: تمثيل الناحية الشرجية عند الجنين اختلف عند الولادة إذ أصبحت الناحية الشرجية أسفل النخاع الشوكي في آخر الشدف العجزية.

- ✓ من النقاط المهمة أيضاً كطبيب، عند قدوم مريض إليك مصاب بالشلل في أطرافه العلوية أو السفلية، فمن الضروري تحديد المستوى الذي يجب تصويره، ثم تحديد المنطقة المصابة.
- ✓ مثلاً إذا كان **المريض مصاب بالمنطقة القطنية** وأجرينا التصوير على الناحية الظهرية السليمة هذا لا يعني أن المريض سليم.
- ✓ مريض **مصاب بأطرافه العلوية والسفلية**، سيكون تصويره الظهري سليم لأن المشكلة في المستوى الرقبي وليس الظهري لأن أذية الأطراف العلوية والسفلية تدل على أذية المستوى الرقبي من النخاع الشوكي.
- ✓ **إصابة الأعصاب القحفية وأيضاً إصابة الكلام** تدل على مشكلة في الدماغ.
- ✓ **الإصابة الحركية للمصرات والطرف السفلي** تدل على أذية النخاع الظهري، لكن إذا كانت الحركية جيدة والإصابة حسية نحاول تحديد المستوى الحسي وتفيد في ذلك الشدف النخاعية.

نقاط علّام مهمة:

- مستوى **حلمة الثدي** عند الرجل يدل على الشدفة النخاعية الظهرية **الرابعة**.
- مستوى **السرة** يدل على الشدفة النخاعية الظهرية **العاشرة**.



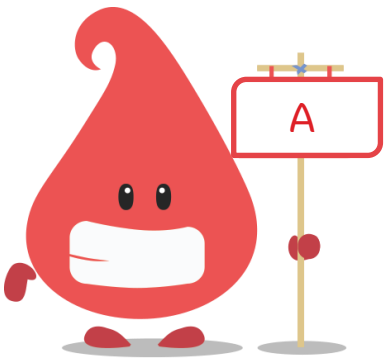
Summary

- يوجد خمسة أنواع من المستقبلات الحسية الجسدية: **آلية – ميكانيكية – حرارية – كيميائية – كهرمغناطيسية.**
- **أنماط مستقبلات اللمس:** النهايات القصيرة الحرة – جسيمات مايسنر للشعرة مع نهاياتها العصبية – جسيمات كراوس – جسيمات باشيني - أقراص ميركل وقبة إيغو – جسيمات روفيني.
- تُنقَل الإحساسات عبر النخاع الشوكي بواسطة سبيلين هما: **العمود الظهري** الذي ينقل الأحاسيس المهمة والدقيقة بينما تنقل **الجملة الأمامية الجانبية** الدفء والألم والحرارة.
- يتقارب هذان السبيلان في المهاد في المركب البطني القاعدي ثم ينتشران عبر العصبون الثالث إلى القشرة الحسية وهي الباحات S1 وS2 والباحات الترابطية.
- الباحة الحسية الرئيسية هي S1 والتي يتمثل فيها معظم الاستجابات الحسية الجسدية.
- يكون إسقاط الجسم **مقلوباً** على الباحة S1.
- المناطق التي تملك مستقبلات حسية أكثر يكون تمثيلها القشري أكبر، من أهم هذه المناطق: الشفتين، واللسان، والأصابع، بينما الأعضاء مثل الجذع، والساق، والفخذ تملك مستقبلات حسية قليلة فبالتالي تمثيلها القشري أقل.
- يكون تمثيل الوجه في الجانب الوحشي من الباحة الحسية الجسدية ا، بينما يكون تمثيل الجذع والأطراف وخصوصاً الأطراف السفلية في الجانب الأنسي.
- تتلقى باحات الترابط الأوامر من الباحات الحسية الجسدية ومن نويات المهاد والقشرة السمعية والقشرة البصرية القفوية.

Test yourself

Which of the following is a property of C fibers?

A. Have the slowest conduction velocity of any nerve fiber type
B. Have the largest diameter of any nerve fiber type
C. Are afferent nerves from muscle spindles
D. Are afferent nerves from Golgi tendon organs
E. Are preganglionic autonomic fibers



ملاحظاتك زميل ♥