

الأنظمة الحسية

1.1 أحاسيس وحركة الإنسان

تهدف هذه الدورة إلى تقريب علم الأعصاب من الممارسات الرياضية وأيضًا إلى الممارسات الحركية المتعلقة بالصحة. سنقوم بتطوير إطار عمل تمهيدي عام وعالمي فيما يتعلق بعلوم الأعصاب من حيث صلتها بالمهارات الحركية البشرية. الغرض من ذلك هو البحث عن نهج للمتخصصين في ممارسة الرياضة البدنية حول موضوع يميل إلى تركه جانبًا نظرًا لتعقيده. ومع ذلك، يمكن أن يساهم تطبيقه في التدريب على التقنية والتعلم الحركي والأداء الرياضي، فضلًا عن التدخلات الصحية من خلال التمرينات المعدلة. يحاول هذا الفصل التمهيدي تسهيل الفهم العالمي للمفاهيم، وإغراء المهتمين بمواصلة التعمق في هذه الدراسات والتجرب على تنفيذ تطبيقات محددة.

سنذكر ما هو علم الأعصاب. نتحدث اليوم عن علوم الأعصاب كمجموعة من التخصصات التي هدفها دراسة الدماغ البشري وتطبيقاته على أبعاد وتخصصات مختلفة (مثل التسويق واتخاذ القرار في إطار العمل، من بين أمور أخرى). ما هو موجود بالفعل، إذن، هو علم الأحياء العصبية. سنأخذ منه بعض العناصر التي لا تسمح لنا فقط بفهم سبب بعض العروض الرياضية الاستثنائية، ولكن أيضًا سبب الفشل والأخطاء والفشل في تحقيق بعض الأهداف. سيتم تقديم المنهجيات الحالية وسيتم اقتراح إمكانيات جديدة.

1.1.1 تعريفات وعناصر الأنظمة الحسية

تعتمد طبيعة جميع عمليات معالجة المعلومات اللاحقة على كمية ونوعية المعلومات التي يمكن لمتلقي المختلفين جمعها. الإدراك بالكاد أدق من المعلومات الحسية؛ وبالمثل، من غير المحتمل أن يكون التمثيل الأيديولوجي أفضل من الإدراك نفسه. باتباع نفس المنطق، لن يكون المنطق التحرك واتخاذ القرار والبرمجة الحركية أفضل من الخطوات السابقة. سيكون التحكم في الحركة أقل بكثير بمجرد خروج التفريغ الفعال أو الحركي نفسه من القشرة الدماغية. هذا هو السبب في عملية اكتساب وتحسين وتثبيت وتوافر الممارسة الطوعية؛ نحن نعلم بشكل كبير على كمية ونوعية المعلومات التي يمكن أن توفرها أنظمتنا الحسية. بعد ذلك، من الملائم أن نبدأ درسنا بهذا الموضوع.

الحصول على معلومات حول الظروف الفيزيائية والكيميائية للبيئة الداخلية والخارجية للجسم والتغيرات التي يقدمها ذلك. هذه المعلومات ضرورية للحفاظ على التوازن، ومواجهة التغيرات، والتكيف مع الظروف البيئية. في جميع الأنظمة الحسية نجد خصائص مشتركة، سواء في علم التشريح أو في الوظيفة الأساسية لعناصرها.

تتمثل إحدى الوظائف العظيمة لجهازنا العصبي في جمع المعلومات من البيئة (الخارجية والداخلية). تعتمد جودة هذه المعلومات وأهميتها وتفسيرها اللاحق على توليد السلوكيات التي تسمح لنا بالتكيف مع البيئة (التي، بالإضافة إلى ذلك،

تتفادى المشكلات التي قد تتركنا بدون فرصة للبقاء على قيد الحياة) وأيضًا تحويل السياق وتحسين ظروف الوجود الحالي.

سنبدأ بتعريف النظام الحسي على أنه مجموعة من الأعضاء، والمسارات، ومراكز المعالجة العصبية المتخصصة في جمع المعلومات من البيئة (الخارجية والداخلية على حد سواء)، والتي يتيح تكاملها إطلاق الخطوات اللاحقة المتعلقة بالبرمجة الحركية والتنفيذ نفسه. في الواقع، تعتبر المدخلات من الأنظمة الحسية حاسمة في التعديلات الحركية بمجرد بدء الحركة من القشرة الدماغية. إنها مجموعة من الهياكل التي تم تحديدها عبر التاريخ التطوري لجمع المعلومات ذات الصلة التي نحتاجها للتطوير اللاحق للسلوكيات التكيفية.

عناصر الجهاز الحسي

لا يتألف النظام الحسي من مستقبلات فحسب، بل يتكون أيضًا من سلسلة كاملة من الهياكل التي تكمل عمل هذه المستقبلات. لدينا أيضًا مسارات واردة أو مسارات انتقال لتلك المعلومات التي تم التقاطها من قبلهم، تسمى مسارات الحساسية. بالإضافة إلى ذلك، هناك مراكز تشابك المسح أو التبديل، سواء قبل النخاع أو ما قبل القشرة. تقوم مراكز معالجة المعلومات هذه بتعديل المعلومات بشكل كبير قبل أن تتمكن من الوصول إلى القشور الأولية.

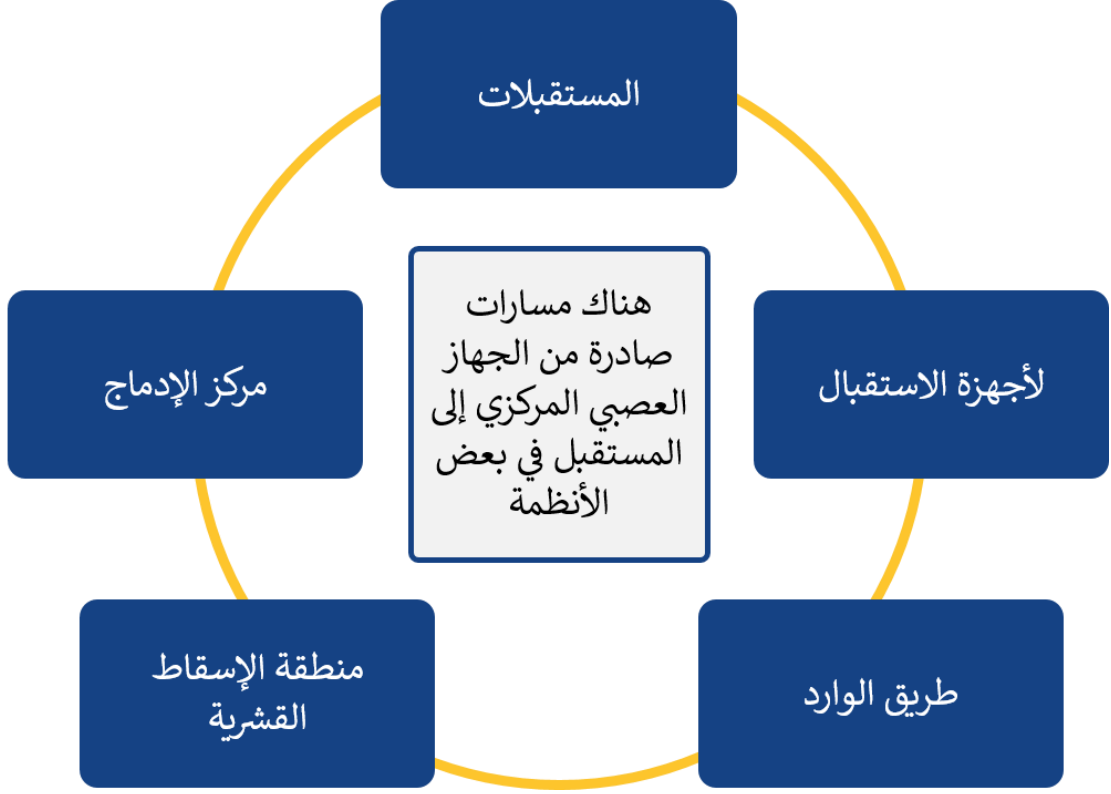
لدينا أيضًا مناطق إسقاط أولية في القشرة الدماغية، حيث يتم تلقي هذه المعلومات في البداية وتستمر في معالجتها الإضافية. نضيف هياكل أخرى، مثل الملحقات أو المستقبلات القاصرة، التي تحمي وتتعاون مع امتصاص وتضخيم الحافز.

سنبدأ بتحليل عناصر النظام الحسي وكيف وبأي طريقة يتم جمع المعلومات المفيدة لتكوين البرامج، بالإضافة إلى ظاهرة التعلم الحركي. يمكننا التمييز بين خمسة وهي:

- المستقبلات: الهياكل التشريحية النسيجية المتخصصة في استقبال وتوصيل منبه حسي معين.
- أجهزة الاستقبال: الهياكل التشريحية النسيجية المرتبطة بالمستقبلات، والتي تحمي وتتعاون وتضخم استيعاب المعلومات.
- المسارات الواردة: تتكون من مجموعة من الخلايا العصبية الحسية التي تنقل المعلومات إلى المراكز العليا.
- مراكز التكامل: وهي مراكز تشريحية داخل الجهاز العصبي المركزي والمحيطي تعمل كمعلومات تتابع وتبديل المعلومات (الحبل الشوكي، العقدة الشوكية، المهاد).

- مناطق الإسقاط القشري: هذه قطاعات محددة من القشرة الدماغية حيث تصل المعلومات الحسية في المقام الأول لتحليلها لاحقًا (17، 42، 3، 1، 5، 7)

الشكل 1: عناصر الجهاز الحسي



المصدر: اجتهاد شخصي .

سنركز على تلك الأنظمة الحسية التي توفر معلومات قيّمة للتعلّم الحركي، مثل معلومات التحسس، والحساسية اللمسية واللمس، والحساسية الدهليزية، والرؤية والسمع. سنتناول أيضًا أولئك الذين يساهمون في حل مشاكل الحركة، سواء في الحياة الرياضية أو في أنشطة الحياة اليومية.

أول العناصر التي تتكون منها الأنظمة الحسية هي المستقبلات وسنبدأ التحليل بها. إنها خلايا غير عصبية، أو أطراف عصبية مكثفة متخصصة لجمع المعلومات الأولية، سواء من البيئة الخارجية والبيئة الداخلية. تنتقل المعلومات من البيئة في شكل رسائل موجهة أو تمثيلية، مثل الموجات الصوتية أو الضوئية، وتتمثل إحدى الوظائف العظيمة لهذه الخلايا المتخصصة في تحويل هذه المعلومات إلى رموز رقمية. والطريقة التي يفك بها نظامنا العصبي هذه المحفزات رقمية على وجه التحديد. ما يدور في نظامنا العصبي ليس معلومات من النوع التناظري، بل من النوع الرقمي. بطريقة مشابهة جدًا لشفرة مورس، تنقل الخلايا العصبية لدينا إمكانيات الفعل بترددات مختلفة، أي الرسائل العصبية التي تتكون من تعديل لمعلومات الطبيعة إلى نوع من المعلومات التي تنتشر على وجه التحديد في نظامنا العصبي على شكل هامشي.

تتنوع معايير اقتراح التصنيف؛ لأنها تعتمد على وجهة النظر التي تم النظر فيها في البداية. أحد هذه المعايير هو بالتحديد مصدر الحافز أو أصل ذلك المصدر. من وجهة النظر هذه، فإن أحد أكثر أشكال التصنيف تقليدية هو ذلك الذي يميز بين المستقبلات الخارجية والمستقبلات الخارجية. عندما نتحدث عن المستقبلات الداخلية فإننا نشير إلى تلك المستقبلات التي تم وصفها لجمع المعلومات من بيئتنا الداخلية. يدرك البعض أن هناك نوعين من المستقبلات اليبينية: المستقبلات الحشوية والمستقبلات الحركية. ولا تشمل هذه الأخيرة تلك التي توفر معلومات عن الأوتار والعضلات والمفاصل فحسب، ولكن أيضًا تلك التي توفر معلومات من الجهاز الدهليزي، الذي يفسر وضعية الرأس، وتسارعه، وتباطؤه ودورانه. حتى أن البعض يختار تضمين اللمس والإيقاع كطريقة للإدراك الداخلي.

داخل المستقبلات الخارجية (مستقبلات المسافة)، لدينا مستقبلات حيث لا تقوم المعلومات بالاتصال المباشر بهياكلنا (مثل البصر والسمع) وغيرها مثل مستقبلات الاتصال (الذوق أو الشم أو اللمس) حيث يكون التأثير ضروريًا. اللمس هو إحساس لا يتفق الجميع على إدراجه، إما كجزء من المستقبلات أو المستقبلات الخارجية. ربما، في نهاية المطاف، كل الحواس هي وسائل اتصال.

• المستقبلات

o المستقبلات الحشوية: تُبلغ عن حالة أعضائنا غير المرتبطة مباشرة بالوضع والحركة (يتم تضمين الأنظمة التي توفر معلومات الأوعية الدموية والقلب والجهاز التنفسي والجهاز الهضمي، وحتى الغدد الصماء والجهاز المناعي هنا، دون إهمال مستقبلات الألم).

o المستقبلات الحسية الخاصة: نحن لا ندرج فقط تلك التي توفر معلومات حول الأوتار والعضلات والمفاصل، ولكن أيضًا المستقبلات التي توفر معلومات حول الجهاز الدهليزي. قبل كل شيء، اللفافات (أي الأنظمة المختلفة المتخصصة في التحكم في الموقف والحركة).

• المستقبلات الخارجية:

- o الرؤية.
- o السمع.
- o اللمس.
- o الذوق.
- o الشم.

طريقة أخرى للتصنيف هي طريقة الحافز. من هذا المنظور يمكننا سرد:

- المستشعرات الضوئية: حساسة لمنبهات الضوء.
- المستقبلات الميكانيكية: حساسة لمحفزات التشوه الميكانيكي.
- المستشعرات الحرارية: وهي حساسة للمنبهات الحرارية (الداخلية والخارجية).
- المستقبلات الكيميائية: تسمح بالتقاط حالة تركيزات العناصر الكيميائية المختلفة في أجسامنا.
- المستشعرات الكهربائية: حساسة للمنبهات الكهربائية الطبيعية.

هناك تصنيفات مختلفة للمستقبلات، ولكن جميعها لها وظيفة جمع المعلومات وتحويلها إلى نوع من البيانات التي يمكن معالجتها بواسطة نظامنا العصبي (المحيطي والمركزي).

1.1.2 علم وظائف الأعضاء الحسي

مبادئ علم وظائف الأعضاء الحسية

نصف بعض الوظائف المتأصلة في الأنظمة الحسية لفهم كيفية تأثيرها على ممارساتنا الجسدية. تتيح لنا معرفة هذه الجوانب فهم بعض الظواهر مثل فرط التوتر العضلي غير الوظيفي، وتقنيات PNF (التيسير العصبي العضلي التحسسي)، والصعوبات في جمع المعلومات والتعلم الحركي، من بين عدة أمور أخرى. يمكننا تطبيق هذه المعرفة على ممارساتنا التدريبية.

تحتوي جميع الأنظمة الحسية على خلية عصبية واردة، ومركز تكامل أو تعديل، بالإضافة إلى منطقة إسقاط أولية ومسار فعال لتعديل النشاط آليًا. الخلايا العصبية الواردة هي التي تنقل المعلومات من المستقبلات إلى مراكز التكامل وإلى SNP (الجهاز العصبي المحيطي). بعض هذه الخلايا العصبية الحسية لها أهمية خاصة، مثل النوع IA و IB و IIA، والتي توفر معلومات تحفيز الجسم للجهاز العصبي المركزي. تعتمد جودة المعلومات التي ينقلونها (دون إهمال مهمة المتلقي نفسه)، إلى حد كبير، على إمكانية التعرف على مواقعنا وتنظيم التحكم في الحركة في النهاية.

مراكز التكامل قبل القشرة هي نقاط تعديل التحفيز، حيث يتم ترشيح أو خلط جزء كبير من المحفز قبل الانتقال إلى القشرة الدماغية. على سبيل المثال، المعلومات التي تم الحصول عليها من أجسامنا عن طريق المستقبلات الأولية (الألياف داخل الجسم، أعضاء جولجي) يتم تعديلها في مراكز التبديل قبل النخاع الموجودة في العقد الشوكية. النخاع الشوكي، من جانبه، هو دماغ صغير يدمج المعلومات مع القدرة على تعديلها قبل أن تواصل رحلتها نحو الهياكل العليا. المهاد هو مركز آخر حيث يتم تبديل المعلومات قبل المتابعة إلى القشرة الدماغية. نلاحظ أن المعلومات التي تصل أخيرًا إلى القشرة الدماغية ومناطق الإسقاط الأولية مختلفة تمامًا عن تلك التي عدلت في البداية إمكانيات الراحة لمستقبلنا.

عناصر الفسيولوجيا الحسية



لفهم أسس علم وظائف الأعضاء الحسية بشكل أفضل قليلاً ، من الضروري مراعاة الجوانب التالية:

• الحافز المناسب: يشير إلى نوع المعلومات التي تسمح بإخراج المتلقي من حالة الراحة أو الركود. على سبيل المثال: الحافز الكافي للمستقبلات العضلية هو التشوه الطولي للألياف داخل الصفائح، وتحديداً في الجزء المركزي منها. هذا لا يعني أنه في مواقف معينة، يمكنهم الاستجابة لنوع آخر من التحفيز. الحافز المناسب لتنشيط مستقبلات المفاصل هو، من بين أمور أخرى، الضغط، والذي يسمح بتعديل الحالة التي توجد فيها هذه المستقبلات. الحافز المناسب لتنشيط الجهاز السمعي هو اهتزازات بيئة الهواء، بتردد معين، تلتقطها طبلة الأذن وتنتقل إلى الأذن الوسطى والداخلية. تستجيب جميع الأنظمة الحسية للمنبهات المناسبة التي تسمح بتعزيز الطريقة الحسية التي يتخصصون فيها.

• الوحدة الحسية والمجال الاستقبالي: يشير إلى جميع المستقبلات التي يغذيها نفس العصبون الحسي. لدينا قطاعات في أجسادنا حيث تستوعب الخلايا العصبية الحسية عدداً صغيراً من المستقبلات، لذلك نحتاج إلى مزيد من الخلايا العصبية الحسية لتغطية هذا القطاع بأكمله. في هذه القطاعات ذات الكثافة الاستقبالية العالية يمكننا التمييز ضد الوصول إلى المعلومات. في حالة اللمس -على سبيل المثال- هناك عدد كبير من المستقبلات في الجلد التي تغذيها عصبون حسي واحد.

يمكننا القيام بتجربة صغيرة مع اثنين من أعواد الأسنان: إذا قمت بوضعهما بعيداً عن بعضهما وضغطت عليهما، فمن المحتمل أن تشعر بمحفزين اثنين. في المقابل، إذا اقتربت منهما ببطء فستبدأ في الشعور بحافز واحد بدلاً من اثنين. يحدث هذا لأن الحافز المذكور يأخذ نفس المجال الحسي ويتم إنشاء إحساس وخز واحد بدلاً من اثنين. تكون الحقول المستقبلية أصغر بكثير في الأماكن في الجسم التي تتطلب معالجة أدق للمعلومات (على سبيل المثال، في اليد والشفاه والأصابع)؛ وهي أكبر بكثير في الأماكن التي تجمع أقل قدر من المعلومات ذات الطبيعة اللمسية (ربلة الساق، أفخاذ، ظهر).

• التحويل والتحويل التناظري الرقمي: هاتان ظاهرتان مثيرتان للاهتمام يجب شرحهما. لدينا مستقبلاتنا في حالة تسمى إمكانيات الراحة (الحالة الكيميائية للمستقبل) والتي تتوافق مع تركيز معين من الأيونات، بعضها بشحنة موجبة (كاتيونات)، والبعض الآخر بشحنة سالبة (الأيونات)؛ كل ذلك داخل جهاز الاستقبال. عندما ينتقل مصدر طاقة (بطبيعته) بطريقة متموجة أو تمثيلية ويتصل بالمستقبل فإن أول شيء يولده هو تغيير في حالته الكيميائية. هذا يعزز ظاهرة تسمى إمكانيات المستقبل، والتي ليست أكثر من تعديل إمكانياتها في الراحة. هذا الحدث البسيط هو التحويل الفعلي.

لكي تتمكن هذه المستقبلات المحتملة من إحداث تغيير في طبيعة الرسالة التي تنقلها الخلايا العصبية الحسي، يجب أن تتجاوز عتبة معينة. عندما يفعل ذلك ويولد تغييراً في نمط التفريغ لكل وحدة زمنية يحدث هذا بالإضافة إلى ظاهرة التحويل التناظري إلى التحويل الرقمي. يمكن ترجمة هذا إلى إنتاج رسالة حسية تنتقل إلى أنظمة الترحيل في الجهاز العصبي المركزي (الجهاز العصبي المركزي). من المثير للاهتمام ملاحظة أن هناك قدرًا كبيرًا من المعلومات التي تصل إلى مستقبلاتنا والتي تنتج تعديلات على إمكانيات الراحة، ولكنها ليست مكثفة بما يكفي لتعديل إمكانيات الراحة للخلايا العصبية الحسية ولا تولد تحويلاً رقمياً تناظرياً. وبالتالي، لا يمكننا الوصول المعرفي إلى هذا النوع من المعلومات (الأشعة فوق البنفسجية، الأشعة تحت الحمراء، الموجات فوق الصوتية، الموجات المغناطيسية). الأنواع الأخرى، من قبل هذه المعلومات هي نفسها التي يمكن للأنواع الأخرى التقاطها والتعرف عليها، والمعرفة أو السلوك يحدث في مواجهة نفس المحفزات.

هناك حالة تستحق الذكر والشرح: تقوم أجهزة الاستقبال الخاصة بنا باستمرار بنقل المعلومات إلى الجهاز العصبي المركزي. عندما يكون هناك تغيير في إمكانيات العمل المحددة للمستقبلات تتغير طبيعة الرسالة ويزداد التردد أو ينقص لكل وحدة زمنية. إن التناقض بين حالة السكون (حيث يصدر المستقبل الأساسي المعلومات) والحركة (حيث يؤدي تعديل المستقبل الأساسي إلى تغيير الرسالة العصبية) يجعل من الممكن تفسير الحركة. حقيقة أن المستقبلات الأولية تولد معلومات تنبعث بشكل دائم إلى الجهاز العصبي المركزي تسمح لنا بتبرير إحساس يسمى الحالة الحسية أو الإحساس بالموقع. هذا يبرر ما يسمى الحس الحركي أو الحركية. يعتمد كل من الحس الحركي والحركي في الأصل على المعلومات التي تم التقاطها بواسطة المستقبلات الحركية؛ لذلك، سواء في حالة السكون أو أثناء الحركة، لدينا تنزيل دائم للمعلومات إلى الجهاز العصبي المركزي. إذا جاز التعبير، فإن مستقبلاتنا الأولية لا تستريح أبدًا، وهذه مزية بيولوجية تطويرية للبقاء. في حالة نظامنا السمعي، إذا لم يكن هناك محفز فلن يتم إنشاء أي جهد فعل تجاه الجهاز العصبي المركزي.

يحدث الشيء نفسه في حالة البصر: إذا لم يكن هناك تحفيز للمستقبلات الضوئية (بالفوتونات) يغير حالة العصي والأقماغ فليس لدينا معلومات بصرية. ولكن في حالة استقبال الحس العميق، سواء أثناء الراحة أو أثناء الحركة، نقوم باستمرار بتنزيل المعلومات إلى الجهاز العصبي المركزي؛ مما يتيح لنا التمييز بين الراحة والحركة والمواقف؛ وكذلك الضغوط والضغط والتوترات التي تتناقض بين إمكانيات العمل التي تنبثق من المستقبلات الحسية وتمر عبر المسارات الحسية.

• بعد التفريغ: ظاهرة أخرى مثيرة للاهتمام في علم وظائف الأعضاء الحسية هي ما نعرفه بعد التفريغ. بعد تعديل المستقبل في إمكانياته في الراحة، يمكنه استعادة نفس الحالة بسرعة أو أقل. عندما يستغرق الأمر وقتًا للعودة إلى إمكانياته في الراحة، على الرغم من عدم وجود المحفز الذي ولد إمكانيات المستقبل، يكون عندما يكون لدينا إحساس بوجود المحفز على الرغم من أنه لم يعد لديه هذا الاتصال مع المستقبل. على سبيل المثال: عندما ترتدي قبعة لفترة طويلة فإنك تخلع قبعتك وتشعر أنك ما زلت ترتديها. هذا لأن المستقبلات تحافظ على تنزيل المعلومات المتعلقة التشوه اللدن للمستقبلات الميكانيكية في الجلد.

• التكيف: هذه خاصية مهمة أخرى لها عواقب مهمة على التدريب. يحدث عندما لا تستمر الرسالة العصبية، الناتجة عن وجود منبه، حتى قبل استمرار نفس المحفز الذي يستمر في تعديل حالة المستقبل. يعد تكيف المستقبلات مع وجود المحفز أحد المخاطر الكبيرة التي يتعين علينا تجنبها في التعلم الحركي والتدريب الفني. يعد تكيف المستقبلات (المستقبلات الأولية بشكل أساسي) خطرًا هائلًا للتقدم في أداء الحركة والتوافر المتغير للإيماءات. نظرًا لعدم وجود تنوع في التحفيز، لم تعد المستقبلات توفر معلومات تفضيلية للجهاز العصبي المركزي، وهذا يمكن أن يعزز ما نعرفه بالقوالب النمطية. تؤدي هذه الظاهرة، التي تسبب تأثيرات غير مرغوب فيها (مثل استحالة كسر حاجز السرعة، وصعوبة تغيير الإيقاعات، والحواجز في التعلم الحركي، والركود في التدريب الفني، وصعوبات في التقاط أنواع جديدة من المعلومات) إلى تعقيد الأداء الرياضي. باختصار، إنه يروج لمشاكل كبيرة لتطور التعلم الحركي. يعد تحفيز المستقبلات بشكل عام (والمستقبلات الأولية على وجه الخصوص) بطريقة متعددة أو متنوعة لمنع تكيفها أحد أهم مهام التدخل التعليمي في جميع الممارسات الجسدية. في حالات أخرى، مثل إعادة التأهيل العصبي، قد يكون تكيف هذه المستقبلات مزية.

• معايير الرسالة العصبية: عنصر آخر مثير للاهتمام يجب دراسته في علم وظائف الأعضاء الحسي هو ما نسميه معلمة أو معايير الرسالة العصبية. تنتشر المعلومات من خلال مساراتنا الواردة والصادرة إمكانيات فعل أو حركة. إنها أسلاك هائلة. وبفضل اتصالها على المستوى المشبكي تقوم بنقل البيانات رقميًا. تحتوي الرسائل العصبية على عناصر مختلفة: شفرة التردد، والشفرة الزمنية، والشفرة المكانية، ورمز المرحلة. مثل شفرة

مورس التي تجعل المعلومات مختلفة عن بعضها مع اختلاف الوقت، والصمت، والانقطاع. هذا يسمح لنا بإدراك العالم الداخلي والخارجي.

تنتشر إمكانيات الفعل، وليس المعاني أو الصور، عبر نظامنا العصبي. يتمثل أحد الألغاز العظيمة لبيولوجيا الأعصاب وفلسفة العقل في فهم كيفية استخلاص المعاني من تداول إمكانيات الفعل هذه وكيف يؤثر ذلك على تطوير سلوكياتنا أو يولد ردود فعل أو استجابات عاطفية لتلك المعاني. إن القول بأن نظامنا العصبي عبارة عن شبكة كبلية ضخمة يتم من خلالها تداول دفعات من إمكانيات العمل أو الرسائل الرقمية ليس اختزالاً بسيطاً. لا نقول أن الإنسان هو مجرد ذلك فقط، لكننا نعترف بهذه الحقيقة.

الشكل رقم 2: العناصر الأساسية لعلم وظائف الأعضاء الحسي



المصدر: اجتهاد شخصي.

الاستنتاجات ووجهات النظر

نجرؤ على التأكيد على أن فهم ظواهر الأنظمة الحسية ودراساتها بعمق له آثار مهمة جدًا على إدارة القرارات المتعلقة بالحركة البشرية. يمكن استخلاص عدد من النتائج المثيرة للاهتمام من هذه الاستفسارات:

• درجة أو مستوى التدريب الأولي الذي لدينا لقنوات الوصول إلى المعلومات هذه سيعتمد على بناء التعلم في المستقبل.

• إن ظاهرة الإحساس قابلة للتدريب مثل ظاهرة الإدراك.

• فإن كل ما يمكننا توفيره فيما يتعلق بتدريب وتفعيل القنوات الحسية الإدراكية من خلال تحفيز مسارات المعلومات الواردة إلى الجهاز العصبي المركزي يحسن جودة التعلم الحركي اللاحق، خاصة في المراحل الأولى من التدريب النفسي الحركي للشخص (وليس الرياضة فقط).

• هذا التدريب التمييزي الحسي-الإدراكي يفضل بعد ذلك جميع العمليات التي لها علاقة بتوحيد الأجزاء الجيدة من الحركة والقضاء التدريجي على الأخطاء بناءً على تفسير مناسب للتصحيحات.

• هناك عدد كبير من النتائج التعليمية التي تنشأ من هذه المعرفة والتي لها علاقة بالحاجة إلى اقتراح إستراتيجيات خاصة لتدريب الوظيفة الحسية والوظيفة الإدراكية.

1.1.3 خط سير معالجة المعلومات في الأنظمة الحسية

عندما يتلامس المنبه مع المستقبل، فإنه يعدّل حالته أو إمكانية الاستراحة المحتملة ويغير الحالة أو إمكانيات الفعل، مما يحفز الخلايا العصبية الحسية. تمر هذه التعديلات بعد ذلك عبر مركز تبديل وتواصل رحلتها إلى القشرة الأولية، حيث يتم توزيع المعلومات في خلايا عصبية مختلفة متخصصة في التفاعل مع مزايا معينة جدًا للكائن. هذا هو مسار التحفيز.

نتذكر أيضًا أنه في كل فعل حسي إدراكي هناك وظائف حركية متضمنة لأن هناك حركة حركية محددة تهدف إلى تحسين جودة جمع المعلومات. تمتلك الأنظمة الحسية (كعناصر أساسية) الخلايا العصبية الحركية التي تعدّل نشاط المستقبلات، مما يسمح بتضخيم إدخال المعلومات، أو تقييدها من أجل تجنب تلف هذه الخلايا المتخصصة في الاستقبال. فيما يتعلق بما سبق، نريد تعزيز هذه الفكرة: كل نظام حسي له وظائف حركية متأصلة، أي أن هناك مهارات حركية محددة تشارك في تعديل الأنظمة الحسية لتحسين جودة التقاط المعلومات، سواء من البيئة الداخلية أو من البيئة الخارجية. على سبيل المثال: لالتقاط معلومات عن حالة طول العضلات من خلال مستقبلات تسمى الألياف داخل المغزلية؛ لدينا أيضًا أنظمة حركية (نظام حركة جاما) تسمح لنا بضبط أو معايرة حالة هذا المستقبل لجمع المعلومات ذات الصلة حول طول العضلات. تتضمن الوظيفة المرئية أيضًا المهام الحركية التي تعدل نشاط القرنية عن طريق فتح أو إغلاق الجفن؛ مما يسمح بدخول ضوء أكثر أو أقل. في المقابل، في نفس الوظيفة البصرية، لدينا الخلايا العصبية الحركية التي تعدل نشاط العضلات الخارجية للعين لتلتقط بشكل دائم، مع قضبان أو أقماع مختلفة، بنفس العضو، وبالتالي، تسمح لأولئك الذين فعلوا ذلك في البداية بإعادة تركيب نقلهم العصبية ويمكن استخدامها لمعالجة المعلومات الجديدة. هذه حركات صغيرة تم إنشاؤها لتحسين جودة جمع المعلومات. إن استقبال المعلومات ليس ظاهرة سلبية، بل هو حدث حركي نشط.

تحتوي معالجة المعلومات هذه أو هذه المفاتيح الأولية وما بعد النخاع اللاحقة على تتابع إلزامي في نوى مختلفة من المهاد، حيث يتم تبديل المعلومات مرة أخرى وتكاملها وأيضًا تغييرها عدة مرات قبل الوصول إلى القشرة الدماغية.

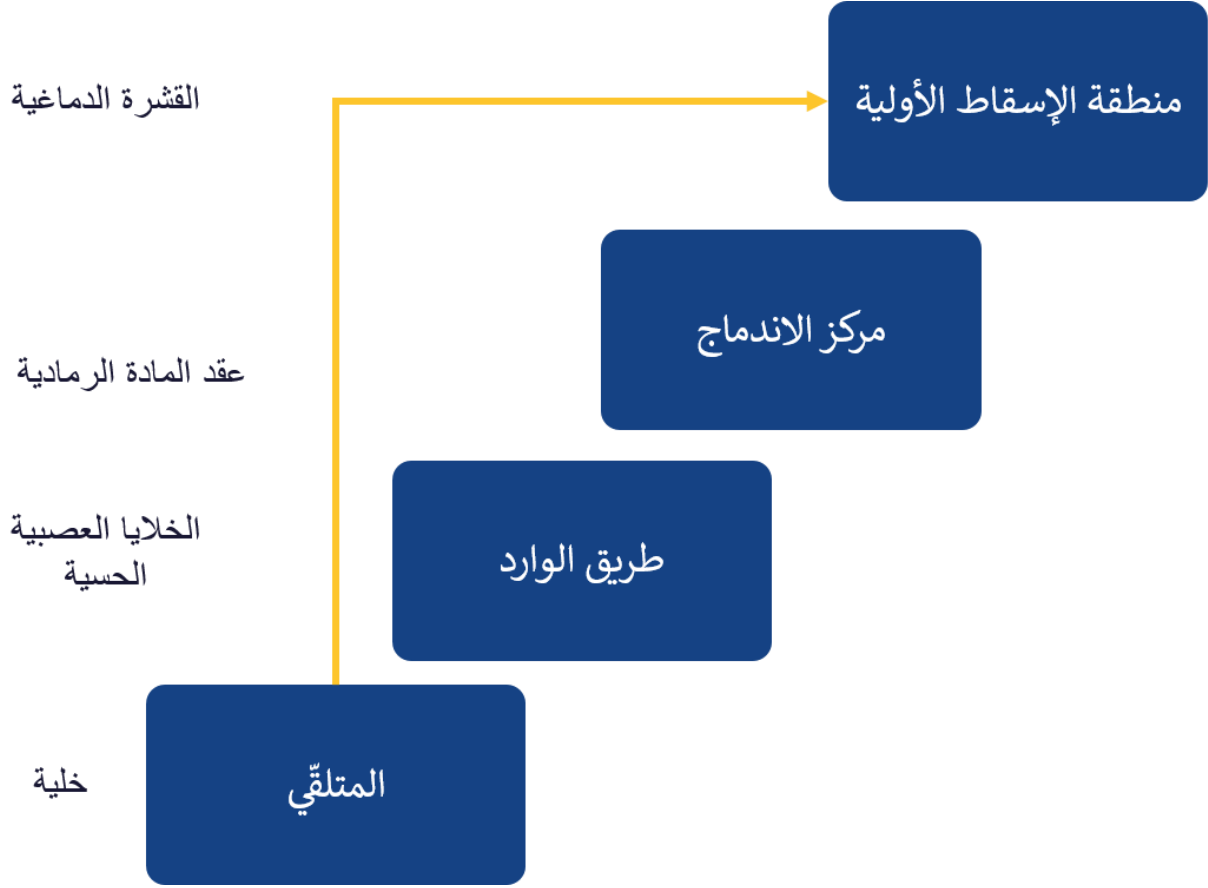
تتم معالجة المعلومات بشكل متقاطع، أي عندما نستخدم مجموعة الأنظمة الحسية لجسم نصفي تتم معالجة جميع هذه البيانات تقريبًا بواسطة نصف الكرة الحسي على الجانب الآخر. على سبيل المثال: توفر أنظمتنا الحسية اليمنى

معلومات إلى نصف الكرة المخية الأيسر، وبنفس الطريقة، توفر جميع الأنظمة الحسية على الجانب الأيسر معلومات إلى النصف الأيمن من المخ. فيما يتعلق بما سبق، تم تصنيفها في السنوات الأخيرة على أنها متجانسة وغير متجانسة: الأولى هي تلك التي تجمع المعلومات في الغالب من جسم نصفي واحد، وغير متجانسة هي تلك التي تقوم بذلك من كلا الجسمين بطريقة متوازنة. هذا التصنيف ليس فقط لالتقاط المعلومات، ولكن أيضًا للإجراءات الحركية. المتجانسة - في هذه الحالة- هي تلك التي تستخدم في الغالب جسمًا نصفيًا واحدًا في إجراءات التنسيق الدقيق والخشن، في حين تستخدم غير المتجانسة الأجسام الدموية بطريقة متناسبة مع هذه الإجراءات.

هناك تقييمات لكشف هذه الهيمنة، سواء كانت موضوعات رياضية أم لا. تتنوع فائدة هذه الاختبارات. ومن خلالها، يمكن بلورة النتائج التعليمية لتحسين الجانب الأقل استخدامًا أو تحسين مهارات الجانب المهيمن. في ممارستنا، عندما نستخدم هذا النوع من التقييم، نحاول بشكل أساسي تحقيق التوازن بين جودة جمع المعلومات بواسطة الأنظمة الحسية الموزعة في أي من هذين الجسمين. يحدث هذا بشكل خاص إذا كان الشخص يميل إلى استخدام واحدة منها، لأننا ندرك أنه كلما زادت المعلومات التي نجمعها من الأنظمة الحسية التي نستخدمها بشكل أقل كان لدينا قدرة أكبر على اتخاذ قرارات جيدة وتحسين البرمجة الحركية. بناءً على هذه الأساسيات ينضج السؤال الرئيسي، أي: هل من الأفضل أن تكون غير متجانسة أكثر من أن تكون متجانسة؟ هذا سؤال لن نتمكن من الإجابة عنه وهو أمر سيكون البحث العلمي في المستقبل مسؤولاً عن الكشف عنه. يمكننا، بدلاً من ذلك، الإشارة إلى حالات العبقرية الرياضية بكلتا الخاصيتين.

تعبر المعلومات قبل معالجتها في المهاد. لتجسيد وظيفة المهاد يمكننا أن نتخيل مطارًا دوليًا تصل إليه الرحلات الجوية من جميع أنحاء العالم وتنتقل منه الرحلات الداخلية إلى داخل البلاد. وبنفس الطريقة، تصل جميع المعلومات الحسية (باستثناء معلومات حاسة الشم) إلى المهاد قبل أن تستمر في طريقها إلى القشرة الأولية لتحليل مفصل لها.

الشكل 3: خط سير المعلومات



المصدر: اجتهاد شخصي.

من خلال كمية ونوعية المعلومات التي يمكن للمتلقين جمعها تحديداً، يعتمد ذلك على جودة معالجة جميع المعلومات.

تعتمد جودة معالجة المعلومات على كمية ونوعية المعلومات التي يمكن لمتلقيها جمعها.

لن يكون الإدراك أبداً -من حيث الجودة- أفضل مما يمكن أن توفره الأنظمة الحسية؛ لذلك لن يكون التمثيل أبداً أفضل من الإدراك والمنطق الحركي، بنفس الطريقة التي لن يكون بها صنع القرار والبرمجة الحركية أفضل من الخطوات السابقة. لهذا السبب، في عملية الحصول على التحسين والاستقرار والتوافر المتغير للتطبيق العملي الطوع، لدينا اعتماد كبير جداً على المعلومات التي قد تدمجها أنظمتنا الحسية أو توفرها. تتمثل إحدى الوظائف العظيمة لجهازنا العصبي في جمع المعلومات من كل من البيئة الخارجية والداخلية؛ لأن جودة هذه المعلومات وتفسيرها يعتمدان على توليد السلوكيات التي تسمح لنا بالتكيف مع البيئة.

هذا يمنحنا إمكانية التطور ككائنات حية والبقاء على قيد الحياة في الوقت المناسب.

الأنظمة الحسية قابلة للتدريب بشكل كبير، وتكمن أهميتها في حقيقة أن العملية الحركية اللاحقة تعتمد على هذه المرحلة من اكتساب المعلومات. مثل هذه الأنظمة هي قنوات الوصول إلى البيانات المهمة. ستعتمد بقية العملية الحركية على القدرة التي تملكها لجمع المعلومات ونقلها.

من المهم أيضًا أن تدرك ماهية هذه الأنظمة الحسية وما هي أهميتها في الرياضات المختلفة، ومعرفة كيفية تقييمها، ومعرفة الأساليب التعليمية الأساسية وتدريبها، وتحفيزها لدى الأطفال في سن مبكرة والتصدي لها في سن أكبر.

تتمثل نتائج تدريبهم في أهمية الوقاية من الإصابات من تأثيرها المثبت للجهاز المفصلي، والتعديل النهائي للمراجع الحسية الحركية التي تعطي الدقة للإيماءة، وجرعة مستويات تطبيق القوة في جميع التعبيرات والمقادير، والكشف الذاتي عن الشذوذ الوظيفي مع ما يترتب على ذلك من تنظيم للجهد.

1.1.4 أهمية العمليات الواردة لتصحيح البرمجة العصبية الحركية والتنفيذ والتحكم في الحركة

المعلومات التي جمعتها المستقبلات والتي عدلت حالة العصبون الحسي تواصل رحلتها نحو مراكز التحكم. هناك، يتم تبديل القشرة الدماغية والوصول إليها أخيرًا (والتي نسميها مناطق الإسقاط الأولية أو المناطق المخططة)، والتي تتخصص في تلقي هذه المعلومات بعد معالجتها بواسطة النوى الركبية الجانبية المختلفة للمهاد وممثلات أخرى سابقة. من بين مجالات الإسقاط الأولية التي نحتاجها للبرمجة العصبية الحركية يمكننا أن نذكر: في الفص القذالي، منطقة برودمان رقم 17؛ في الفص الصدغي، المنطقة 41؛ في الفص الجداري (التلفيف الجداري الصاعد)، المناطق 3 و 1 و 2 لمعالجة المعلومات الميكانيكية والحرارية وأيضًا المؤلمة، والمنطقة 5 لمعلومات التحسس العميق والمنطقة 7 للمعلومات الدهليزية.

ما الميزة الخاصة التي توفرها مناطق الإسقاط الأولية هذه؟ هناك العديد من النقاط المثيرة للاهتمام التي يجب مراعاتها:

- أولاً، أن الحجم المخصص لكل جزء من أجزاء الجسم في كل منطقة إسقاط أولية يعتمد على كثافة المستقبلات الموجودة في هذا القطاع من الجسم. هذا هو السبب في أن فكرة الرجل الصغير أو الحسية الحسية قد تم بناؤها، لحساب الكثافة والحجم في منطقة الإسقاط الأولية التي لها تطابق مع عدد المستقبلات التي يمتلكها ذلك الجزء من الجسم.
- والثاني أن هذه المناطق ترسم خريطة لتوزيع المستقبلات في باقي أجزاء الجسم. وهذا يعني: من أجل أن ندرك العالم الداخلي والخارجي وأن نكون قادرين على بناء كائن مدرك، يجب على دماغنا أن يرسم خريطة وتخطيط توزيع أنظمة جمع المعلومات الموجودة على أطراف أجسامنا. إن دماغنا -بطريقة ما- هو أيضًا خريطة صغيرة تفسر توزيع المستقبلات في المحيط وإعادة تدوير المعلومات التي تم التقاطها من المحيط بواسطة هيكل الجهاز العصبي المركزي هذه وهو ما يسمح لنا بأن نكون على دراية ليس فقط بالعالم الخارجي، ولكن كما تولد ظاهرة الوعي الذاتي. باختصار، لن يسمح لنا باكتشاف ما نتصوره فقط، وإنما أيضًا نكل من العالم الخارجي والعالم الداخلي.

تحتوي القشرة المخية على 6 طبقات عصبية (عقدي، وحببي خارجي، وهرمي خارجي، وحببي داخلي، وهرمي داخلي، ومتعدد الأشكال). في المقابل -في مناطق الإسقاط الحسي الأولية (المذكورة أعلاه)- نجد أن الطبقتين الأوليتين الزوجيتين (2 و4، والتي تسمى حبيبية) لهما سمك أكبر من الطبقات الأخرى؛ لأنها القطاعات التي تتلقى المعلومات.

من التفاصيل التي يجب وضعها في الاعتبار هي أنه عندما تصل المعلومات إلى منطقة الإسقاط الأولي، فإنها لا تفعل ذلك بشكل عشوائي، ولكنها تتبع مسارًا محددًا للغاية في الطبقات الحبيبية.

تفاصيل أخرى مثيرة للاهتمام لمناطق الإسقاط الأولية: هناك تضاريس مسؤولة عن توزيع المستقبلات في المحيط. على سبيل المثال: يتوافق كل قطاع من شبكية العين مع قطاع معين في منطقة الإسقاط البصري الأولية أو منطقة برودمان 17، ومجموعة معينة من الخلايا العصبية (قضبان شبكية العين تتوافق مع قطاع من APP (منطقة الإسقاط الأولية) أكثر خارجية وتتوافق الأقماع مع قطاع أعمق أو مركزي). في مناطق الإسقاط الأولية هذه، يكون الوصول إلى المعلومات منظمًا. هناك نظام هيكلي ووظيفي لتحسين جودة التقاط المعلومات. يتم دمج المنبهات التي تتلقاها الخلايا العصبية في طبقات حبيبية تتبع ترتيبًا معينًا.

1.2 الطرق الحسية

الطريقة الحسية:

الطريقة الحسية خاصة بالنظم الحسية لتلقي المعلومات من نوع وليس آخر، على الرغم من أنها ليست حصرية.

على سبيل المثال: النظام البصري متخصص في التقاط الضوء. يتم تنشيط العصي والمخاريط من خلال عملية كيميائية في الشبكية ناتجة عن وصول معلومات الضوء. ومع ذلك، إذا أغلقنا أعيننا وحققنا الجفون بالسمع، فيمكننا أيضًا تنشيط العصي والمخاريط وتوليد المعلومات المرئية، أي أن نفس المستقبلات المتخصصة في التقاط المعلومات من طريقة معينة يمكنها أيضًا في النهاية التقاط المعلومات من طريقة أخرى. ومع ذلك، فإن الطريقة الحسية تشير إلى ذلك النوع من المعلومات التي تخصصت لها هذه الأنظمة.

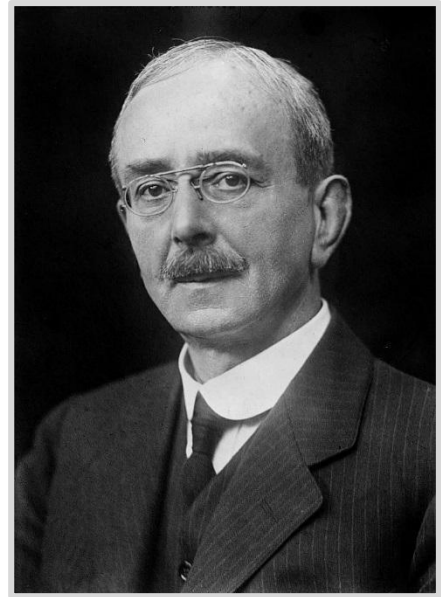
1.2.1 استقبال الحس العميق

تمت صياغة مصطلح الحس العميق في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين بواسطة تشارلز سكوت شيرينجتون (الحائز على جائزة نوبل في الطب عام 1932). تأتي كلمة "تملك" من "الذات"، وتأتي كلمة "ception" من "الاستقبال"، وبالتالي، فإن الحس العميق يعني "تلقي المعلومات من نفسك ذاتيًا".

يشكل استقبال الحس العميق نظامًا حسيًا يوفر المعلومات التي تساهم في الإدراك الكلي لجسمنا في حالة الراحة أو الحركة. ينشأ هذا المكون من الإدراك من إثارة المستقبلات الموجودة في الجلد، وكبسولات المفاصل، والعضلات، والأوتار، ومستقبلات المتاهة.

لكن جانبها الرئيسي هو كيفية تحليل المراكز العصبية العليا لهذه المعلومات. تتمثل مهمة نظام التحفيز الداخلي في التحقق من حالة الأنظمة الطرفية المسؤولة عن الحركة وعدم الحركة أو الموضع. تقدر المستشعرات المؤثرة، وتحسب، وتزن حالة المؤثرات المسؤولة عن الموقع والحركة. الجهاز العضلي هو عبد للجهاز الحركي السلبي، ولكن هذا الأخير ليس عبدًا للقوى الميكانيكية فحسب التي تؤثر على أجسامنا، ولكن أيضًا للأنظمة الوظيفية الأخرى، وخاصة الغدد الصماء العصبية (مثل الببتيدات العصبية وتأثيرها الرئيسي على النسيج الضام).

الشكل 4: تشارلز سكوت شيرينجتون



المصدر: ويكيبيديا، بدون تاريخ، تم استرداده من
https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Scott_Sherrington

سنبدأ من موضوع أن الحس العميق مهم جدًا لتكامل الموقف والحركة. كان لدى والتر هيس فكرة رائعة لشرح ذلك: مثال البهلوانات.

3 يتفاعل 3 بهلوانات؛ اثنان منهم في الأسفل ويدعمان الثالث الذي يقف فوقهما. سنبدأ هذا التحليل المتخيل بأن المهمة التي يجب أن يؤديها الشخص أعلاه هي القفز. ماذا يحدث إذا كنت تنوي بدء قفزتك، وفي اللحظة التي تنوي فيها بدء القفزة يكون الاثنان الآخران (الذان يدعمانك) مشتتين؟ يمكننا التخمين أنه عند القفز سوف يدفع الشخص الثالث (بهلوان القفز) رقيقه للخلف ولن يتم تنفيذ التسلسل بشكل صحيح. الآن، إذا كان -في الوهلة الأولى- البهلوانان اللذان نيعملان على الحفاظ على العلاقة بينهما يعرزان علاقتهما المتبادلة، وانطلاقًا من تلك اللحظة -كونهما داعمين قويين ومرتبطين بشكل صحيح- فإن البهلوان المنفذ لهذه القفزات يقوم بقفزة ذات جودة عالية، وبهذه الطريقة يقل خطر التسبب في إصابات محتملة للشخصين الموجودين أدناه، في مرحلة دعم حركته هذه. إذا كان هذان الشخصان في وضع "ضعيف" في لحظة ما قبل القفزة فقد يؤدي بهما الأمر إلى الانكسار.

الدماغ هو الذي يقود هذه العملية إلى غاية الوصول إلى الإجراء النهائي. عندما يكتشف أن العناصر الداعمة مبعثرة سيتم منع تجنيد ألياف العضلات. بالنظر إلى الإصرار على إنتاج مستويات عالية من القوة وفي سياق البهلوانات المساندة في حالة متفرقة، فإن النتيجة ستؤدي إلى إصابات محتملة فيها.

استخدم والتر هيس هذه القصة لشرح العلاقة بين الموقف والحركة: تخيل خطًا بين أكتاف البهلوانين أدناه وما فوق. تحت خط "الوضعية"، فوق خط "الحركة"؛ تحت خط "نشاط منشط"، فوق "ديناميكي"؛ أسفل "الاستقرار"، فوق "الدفع". في الختام، فإن توقع المثبتات والموقف يوفر جودة للإيماءات الحركية. تشكيل البرمجة التي توفر الجودة للإنسان، يجب أن يتوقع كل من نشاط جاما وحلقة ألفا جاما نشاط ألفا. بعبارة أخرى، لا يمكن أبدًا أن تتجاوز جودة الدفع لنظام الحركة جودة الإجراءات المختلفة المرتبطة بالاستقرار والوضع، وأيضًا توليد أو إنتاج مستويات كبيرة من القوة. (هيس، في دي سانتو 2012)

العلاقة بين هذا واستقبال الحس العميق هي أن إجراءات نظام التثبيت تعتمد على جودة المعلومات التي يمكن أن تولدها أنظمة التحسس العميق وتبلغ الجهاز العصبي المركزي. هذا هو السبب في أن تحسين استقبال الحس العميق يحسّن جودة الحركة، ويحسن نقل القوة وتوليدها، ويقلل من حجم الظواهر المثبطة. هذا الجانب مهم جدًا لمنع الإصابات.

داخل المستقبلات الأولية، نتعرف على عدة أنواع، مع وظائف تفاضلية ومع الخلايا العصبية الواردة التي تتواصل مع الجهاز العصبي المركزي وتنقل البيانات برموز مختلفة ليتم تفسيرها -ومن هناك- لتكون قادرًا على إنشاء لوائح أكثر صلة بالعمل الحركي.

الشكل 5: مستقبلات الحس العميق

مغازل عصبية عضلية.	أعضاء وتر جولجي.	مستقبلات روفيني.	مستقبلات جولجي.
عضلي	أوتار رقيقة	مفصلي	الأربطة
مستقبلات فاتر - بسيني.	جسيمات ميسنر، جولجي - ماتسوني وباشيني.	المستقبلات الثالث والرابع. جهاز جولجي.	المرقطة الكيسانية والقُرْبِيَّة. أمبولات مجاري الهواء
إدخال الرباط - الكبسولة	الجلدية	في اللفافة	الدھليزي

المصدر: اجتهاد شخصي.

توفر المستقبلات الحسية المعلومات اللازمة لتعريف هذه المفاهيم:

- التخدير: هو الشعور بالموقف أو عدم الحركة.
- الحس الحركي: يشير إلى الشعور بتغيير الموقف أو الحركة.
- الحس المواكب: يتعلق بإدراك حالة التوافر العام للأجهزة والأنظمة للقيام بالوظائف الملازمة لها. إنه ينطوي على تسجيل الحالة العامة للكائن الحي لأداء وظائفه الخاصة، ومن جهة النظر العصبية العضلية، ربما يمكن وصفه بالرغبة والاستعداد للتحرك.

يمكننا أن نجد من بين المستقبلات المختلفة: مستقبلات الأوتار العضلية (الاستخدامات والألياف داخل الصفائح)، مستقبلات المفاصل (مستقبلات روفيني) الأربطة (التي وصفها كاميلو جولجي)، مستقبلات إدخال الرباط الكبسولي (فاتر-باتشيني) الرباط الجلدي (مايزر، جولجي وباتشيني) ومستقبلات اللفافة.

تؤثر المستقبلات في اللفافة، على وجه الخصوص، على تنظيم التشغيل الحركي، فضلاً عن تنظيم المستقبلات الدهليزية من خلال ما يسمى المرقطة (كل من الحويصلات الكيسية والوتريكولية، والتي تسمح باكتشاف التسارع للأمام وللأعلى وللأسفل، بالإضافة إلى المنعطفات والكبح في المحور العرضي) وما يسمى الأمبولات (في القنوات نصف الدائرية، والتي تسمح لنا باكتشاف عمليات البدء و / أو تسارع المنعطفات حول المحاور الطولية والوسطى).

يصبح ترتيب هذه المستقبلات واضحًا أثناء معالجتنا لها بشكل تحليلي. في الأساس، توجد الألياف العضلية والاستخدامات العصبية العضلية والألياف الداخلية في الثلث الأوسط من بطن العضلة، في حين توجد أعضاء جولجي في الانتقال العضلي والأوتار، لأن لها وظيفة استشعار درجة التوتر في النسيج الضام.

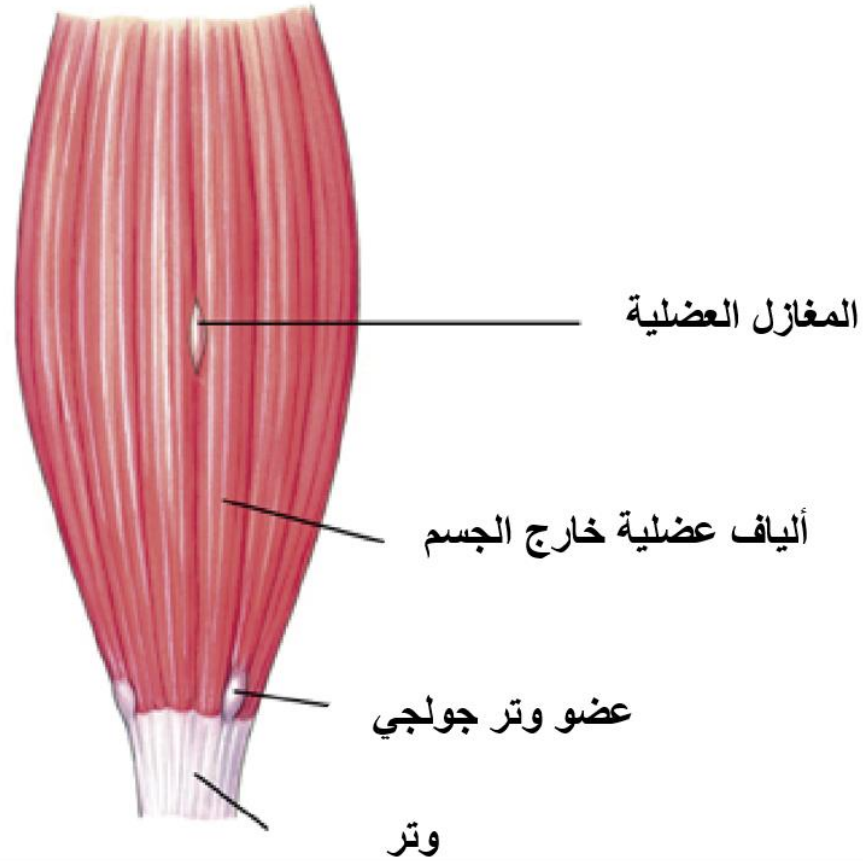
تسمح لنا المستقبلات الحركية بعد ذلك بفهم الفرق بين ما هو الحس الحركي والتخدير الحركي والتجمع الحسي. تتميز هذه المستقبلات بخصوصية نقل المعلومات باستمرار إلى الجهاز العصبي المركزي. في حالة الراحة، لا تقوم جميع المستقبلات الحركية (مستقبلات الأوتار والأربطة وما إلى ذلك) -من ناحية أخرى- بإصدار إمكانات عمل عند تردد معين. في اللحظة التي يحدث فيها تغيير في الوضع من جر أو انضغاط أو التواء يتم من خلاله تحفيز مستقبلات العضلات أو الوتر أو المفاصل. هناك تغيير في التفريغ لكل وحدة زمنية وهذا يسمح لنا بإدراك أننا نحركنا، أي التغيير في الموقف.

يمكننا التعرف على الموقف من خلال وصف شعور يسمى التخدير من الحس العميق. عندما نغير الموضع ونفس المستقبلات تعدل نمط التفريغ لكل وحدة زمنية نلاحظ هذا التغيير في الموضع وندرك أننا نحركنا. هذا المعنى يسمى بدلاً من ذلك: الحس الحركي. الجمود والحركة لا يمثلان نفس الشيء؛ ومع ذلك، فإن المعلومات التي يمكننا من خلالها إدراك الموقف والحركة يتم توفيرها بواسطة نفس المستشعرات.

فإن الحس المواكب هو المعنى الذي يسمح لنا باكتشاف الترتيب العام للأعضاء، والأجهزة، والأنظمة لتطوير الوظائف المتأصلة فيها. على الأرجح أنك استيقظت في الصباح ولديك رغبة كبيرة في الحركة، وتشعر أنك مستعد للحركة، وترغب في التدريب أو الحركة؛ ومع ذلك، في أيام أخرى تشعر بالثقل أو لا ترغب في التحرك، كيف يمكن أن تشعر بهذه المواقف؟ الحس الحركي هو بالضبط ما يزودنا بالمعلومات المتعلقة بالحالة التي يكون فيها أبطال الحركات المستقبلية قادرين على تنفيذها بشكل مناسب أو لا. تعتمد الحركية أيضًا على الحس العميق، على الحس الداخلي بشكل عام، في حين تعتمد الحالة والحركة على الحس العميق بشكل خاص.

هناك عدد كبير من المستقبلات؛ ومع ذلك، سنقوم بوصف اثنين منها (أشهرها) وشرح كيف يعملان في تنظيم الحركة البشرية. هذه هي: المغازل العصبية العضلية (والألياف الداخلية التي تؤويها) وأعضاء وتر جولجي. الاثنان لهما قاسم مشترك: تقيس الألياف داخل الصفائح طول العضلات، وتقيس أعضاء جولجي درجة توتر النسيج الضام. لا يعتبر أي منهما مستشعرًا للقوة، ومن المهم جدًا توضيح التفاصيل نظرًا لأنه يُعتقد في كثير من الأحيان أن أعضاء وتر جولجي تقيم القوة وما يقومون بتقييمه حقًا هو درجة توتر النسيج الضام. من هذا المنطلق، سيتم تشغيل الإجراءات الانعكاسية التي تؤدي إلى حماية الجهاز الحركي السليبي.

الشكل 6: المغازل العصبية العضلية وأعضاء جولجي



المصدر: تم الاسترجاع من <https://jesusjuradocootada.com/2016/03/02/tecnicas-de-correccion-postural-tercera-parte/>

تعتبر المغازل العصبية العضلية وأعضاء أوتار جولجي، على الأقل، تلك التي تتمتع بأكثر تدفق بليوغرافي وصفي وتوضيحي. كلاهما لهما سمة مشتركة: يسجلان مستويات التوتر في النسيج الضام. لا يعتبر أي منهما مستشعرًا للقوة، على الرغم من أنهما يساهمان بشكل قاطع في تعديله ويلعب كلاهما دورًا رئيسيًا في التحكم في الحركات والوقاية من الإصابات.

أولاً، سنركز على الألياف التي توجد داخل الحويصلات والتي تسمى المغازل العصبية العضلية. في الثلث الأوسط أو البطن العضلي للعضلات المخططة الهيكلية، تم العثور على المغازل العصبية العضلية بدقة. إنها أغلفة من النسيج الضام مرتبطة ببقية بطانة الجسم وينتهي بها الأمر بالاتصال مع طرفي العضلات المخططة الهيكلية. تحتوي هذه الأعماد أو الأكياس على عدد محدود (بين 2 و4 وحتى 10 و12) من ألياف العضلات المتخصصة التي تختلف من الناحية الشكلية والوظيفية والهيكلية عن بقية الألياف. على وجه التحديد، نظرًا لوجودها داخل هذه الأكياس التي تسمى مغازل عصبية عضلية تسمى هذه الألياف الألياف داخل المِعْزَلِيَّة، ليتم تمييزها عن الألياف الموجودة في الخارج أو على الجانب الخارجي من الأكياس، والتي تسمى أليافًا خارجية.

داخل المغزل العصبي العضلي، الألياف داخل الصفائح ليست كلها متشابهة. لدينا نسبة مئوية من الألياف التي تسمى ألياف الأكياس النووية الديناميكية، وألياف أخرى من كيس نووي ثابت وألياف أخرى تسمى السلسلة النووية. بشكل

عام، تمامًا كما هو الحال في العضلات المخططة الهيكلية، نجد أليافًا بطيئة وسريعة، وفي الاستخدام العصبي العضلي، نجد أيضًا أليافًا بطيئة وسريعة داخل الجسم. ما هي السمة التفاضلية لهذه الألياف داخل الصفائح فيما يتعلق بالألياف خارج الجسم؟ الألياف داخل المِعْزَلِيَّة لديها نهايات منقبضة مثل ألياف خارجة؛ ومع ذلك، لا يحتوي الثلث الأوسط من الألياف داخل المِعْزَلِيَّة على خيوط منقبضة، فقط امتداد للساكوبلازم الذي يضم عددًا كبيرًا من النوى بالداخل. هذا الثلث الأوسط من الألياف داخل الفاصل على اتصال (عن طريق الاستمرارية، أي عن طريق الارتباط التشريحي) مع الخلايا العصبية الحسية: في حالة الترشيح السريع داخل الجسم، يتم توصيلها بخلايا عصبية حسية من النوع IA، في حين تكون بطيئة داخل الخلايا العصبية، من جهتها، فهي متصلة بخلايا عصبية حسية من النوع IIA بسرعة توصيل أبطأ.

هذا الجزء المركزي من الألياف التي لا تحتوي على خيوط مقلصة متخصص للاستجابة للتشوه الطولي. عندما يتم شد هذا الجزء المركزي فإنه يعدّل حالة الراحة للخلايا العصبية الحسية ويبلغ الجهاز العصبي المركزي بهذا التغيير.

كما ذكرنا من قبل، هناك ثلاثة أنواع من الألياف داخل المِعْزَلِيَّة. ما نسميه كيسيًا نويًا ديناميكيًا (هم بشكل أصغر، وهناك عدد محدود من 2 أو 3 لكل استخدام) متخصصة، -بشكل أساسي- في تسجيل التغييرات في الطول من حيث السرعة. تنبعث من هذه بيانات خاصة جدًا إلى الجهاز العصبي المركزي وتولد انعكاس جر ديناميكي أو منعكس جر عضلي يسمح بتقلص الألياف خارج الجسم. من هذا الانكماش، سيكون للتمدد حد يحمي النسيج الضام من الإصابة.

إذا دخلنا إلى ساحة اللعب مع أنظمة التحفيز التحسسي خارج المعايير بطريقة تجعل جودة المعلومات التي يجمعونها غير جيدة، فإننا نزيد من خطر الإصابة لأننا لا نمتلك الآليات المناسبة لحماية النسيج الضام. لهذا السبب، لن نكون قادرين على تجنيد الوحدات الحركية بطريقة فعالة وسيكون لدينا حد أقل لعملية التمدد. نحن نخاطر بأن هذا، إذا حدث بطريقة مفاجئة ومفاجئة، يسحب النسيج الضام ويحدث إصابة فيه.

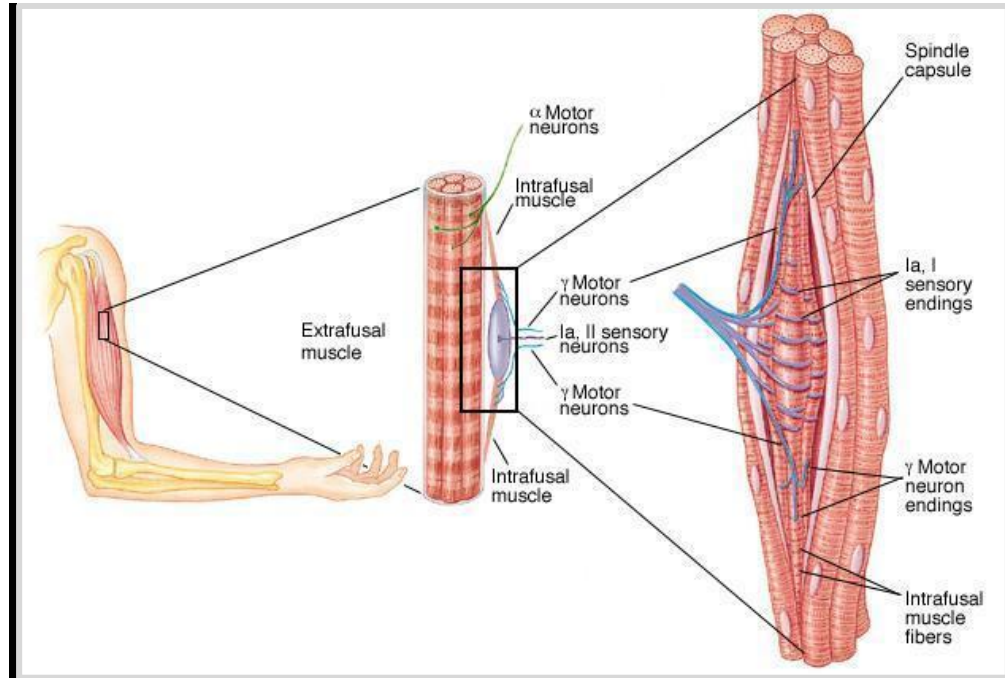
هناك أيضًا الألياف داخل المِعْزَلِيَّة، تسمى ألياف الأكياس النووية البطيئة المادية أو الساكنة (أكبر وأضخم من تلك الموجودة في الكيس النووي الديناميكي)، وما يسمى الألياف داخل المِعْزَلِيَّة ذات السلسلة النووية، حيث تكون النوى في المنتصف (في القطاع غير المتقلص) وليس ضخمًا (ولكن بشكل عمودي في صفوف). يتمثل الاختلاف الكبير بين الكيس النووي الثابت وتلك الموجودة في السلسلة النووية في أن المستقبل من النوع IIA يغلف حلزونيًا هذا الثلث المركزي من الألياف داخل المِعْزَلِيَّة (مثل الألياف داخل كيس النواة الديناميكية، حيث يوجد نوع الخلايا العصبية الحسية IA أيضًا يلتف حلزونيًا بالألياف داخل المِعْزَلِيَّة). وتسمى هذه المستقبلات المستقبلات الحلقية الحلزونية. السلسلة النووية داخل الألياف، بدلاً من وجود الخلايا العصبية الحسية من النوع IIA التي تغلفها في قطاعها المركزي، فإن نهايتها غير الميلينية هي التي تترسب مباشرة في هذا القطاع. عندما يخرج العصبون الحسي من الاستخدام العصبي العضلي فإنه يستعيد محتواه من المايلين (يكون مزروع المايلين داخل الألياف داخل المِعْزَلِيَّة).

ماذا تفعل الألياف داخل المِعْزَلِيَّة ذات الحقيبة النووية الثابتة والألياف النووية؟ لم تعد تشير إلى حالة سرعة التغيير في الطول، ولكن بدلاً من ذلك تحذر الجهاز العصبي المركزي من حجم ومدة التغيير في الطول. من هذا، يتم إنشاء منعكس آخر على مستوى الحبل الشوكي يعرف باسم منعكس عضلي للجر الثابت. هذا، من خلال تجنيد الألياف البطيئة، يسمح بزيادة توتر العضلات من أجل حماية النسيج الضام من إصابات التمدد، التي لم تعد مفاجئة ومتفجرة، ولكن تلك التي قد تتلف الأنسجة بسبب حجمها ومدتها.

تولد الألياف داخل المِغزَلِيَّة -سواء الكيس النووي الثابت والديناميكي والسلسلة النووية - منعكس الجر العضلي، ولكن هناك نسختان مختلفتان من هذا. ديناميكية تجند ألياً سريعاً وثابتة تجند ألياً بطيئة. الأول له تكيف أسرع بكثير ويستمر لأقل بكثير؛ لأنه يحمي النسيج الضام على الفور من التمدد المفاجئ. الآخر لديه تكيف أبطأ بكثير، أي أنه يستمر لفترة أطول ويحمي النسيج الضام من الإصابة طالما استمر التمدد وطالما استمرت عملية التكيف.

تذكر أن لدينا نوعين مختلفين من الألياف داخل المِغزَلِيَّة: أحدهما مُعَصَّب بواسطة عصبون حسي من النوع IA والآخر مُعَصَّب بعصبي حسي من النوع IIA. لذلك، هناك نوعان من المعلومات ينبعثان إلى الجهاز العصبي المركزي فلماذا توجد ثلاثة تمايزات شكلية وظيفية للألياف داخل المِغزَلِيَّة؟ لماذا توجد ثلاثة أنواع مختلفة من الألياف داخل المِغزَلِيَّة في حين هناك نوعان فقط من البيانات التي يتم إرسالها إلى الجهاز العصبي المركزي لتنظيم عمل الحركة؟ هذه أسئلة لا يستطيع العلم الإجابة عنها حتى الآن. يختلف توزيع الألياف داخل الجروح في مجموعات العضلات المختلفة وهذا يؤثر على التعديل الحركي للحركات التي تتطلب تنسيقاً أدق أو أكثر دقة وتلك التي تكون أكثر سمكاً.

الشكل 7: المغزل العصبي العضلي الثاني



المصدر:

http://www.weizmann.ac.il/neurobiology/labs/ulanovsky/sites/neurobiology.labs.ulanovsky/files/uploads/intro_systemsneurosci_lecture7_ahissar_touch_26dec2012.pdf

Extrafusal muscle	عضلة خارج الجسم
x Motor neurons	الخلايا العصبية الحركية ألفا
Intrafusal muscle	عضلة داخل الفص
y Motor neurons	الخلايا العصبية الحركية غاما
la. II sensory neurons	الخلايا العصبية الحسية الثنائية
Intrafusal muscle	عضلة داخل المِعْزَلِيَّة
Sprindile capsule	كبسولة المغزل
la. I sensory endings	النهايات الحسية الأولية
y Motor neuron endings	نهايات الخلايا العصبية الحركية
Intrafusal muscle fibers	ألياف العضلات داخل المِعْزَلِيَّة

الرابط بين العصبون الحسي والغشاء المخاطي للألياف داخل الصفائح الدموية هو ارتباط تشريحي مباشر وبدون شق متشابك. لذلك فالعلاقة تتم عن طريق الاستمرارية وليس بالتواصل. يحدث هذا الارتباط بين القنوات الأيونية الحساسة للتمدد، والتي تنظم تدفق الكالسيوم وتتواصل مع الهيكل الخلوي. هذه العملية عبارة عن تحويل ميكانيكي يغير النمط الرقمي. يمكننا أن نرى كيف أن العصبون الحسي، مع عدم وجود مسافة بينه وبين غمد الليف الداخلي للألياف الداخلية، له اتصال بنيوي تشريحي من خلال ما نسميه القنوات الأيونية التي تسمح بالاتصال المباشر. هذا يسمح لنا بفهم أنه عندما يتشوه الجزء المركزي من الألياف داخل المِعْزَلِيَّة يتغير هيكل الخلايا العصبية الحسية بسهولة أكبر. نتيجة لذلك، يتم تعديل توليد الدافع للجهاز العصبي المركزي.

لذلك، هناك الكثير للإشارة إليه فيما يتعلق بكيفية تأثير هذا النظام العضلي التحسسي (الذي هو أشهر أو أكثر وفرة وأهم تحليل تحسسي) على تنظيم عمل الحركة على هذا النحو.

يخضع نظام المغزل العصبي العضلي، على وجه الخصوص، للتأثيرات الناتجة عن أنظمة وظيفية أخرى. دعنا نستشهد ببعض الأمثلة: تحتوي الألياف داخل المِعْزَلِيَّة على مستقبلات يحفزها النشاط الهرموني؛ لذا فإن تركيز هرمون التستوستيرون وهرمون النمو والإستروجين يعاير المستقبلات الحركية. هذا يؤثر على أدائهم أثناء الأعمال الحركية في الحياة اليومية أو الرياضة. يمكن أن يفسر أيضًا كيف -إذا زاد توتر الألياف داخل المِعْزَلِيَّة بسبب تأثير هذه الهرمونات- يمكننا فهم سهولة التمدد من قبل الرجال مقارنة بالنساء. أحد التأثيرات الأخرى التي تمتلكها الألياف داخل المِعْزَلِيَّة مرتبطة بالحالة الجيلاتينية إلى حد ما للتركيبات داخل الساركوبلازمية التي تشكلها، والتي تسمى الخصائص المتغيرة الانسيابية.

هناك بعد ذلك تأثيرات مختلفة على المغزل العصبي العضلي: حالة الألياف داخل المِعْزَلِيَّة متغيرة وتعتمد على عوامل متعددة. بعضها: عوامل هرمونية، عوامل متغيرة الانسيابية وعوامل مقوية للأعصاب. سيكون هذا حاسمًا عندما يتعلق الأمر بتداعياته التعليمية.

الهرمونات (مثل هرمون التستوستيرون وهرمون النمو والإستروجين) لها تأثير كبير لأنها تحتوي على مستقبلات على هذه الألياف. يمكن فهم الخصائص المتغيرة الانسيابية على أنها الأستر الأكبر أو الأقل للمواد الهلامية، سواء داخل الليف أو تلك التي تتعلق باللفافة واحتكاكها. أخيرًا، نغمة العضلات والتفريغ الأكبر أو الأصغر لنظام جاما الحركي، والذي تعتمد عليه نغمة الألياف داخل الصفائح وتأثيرها على الاستجابات الخاصة.

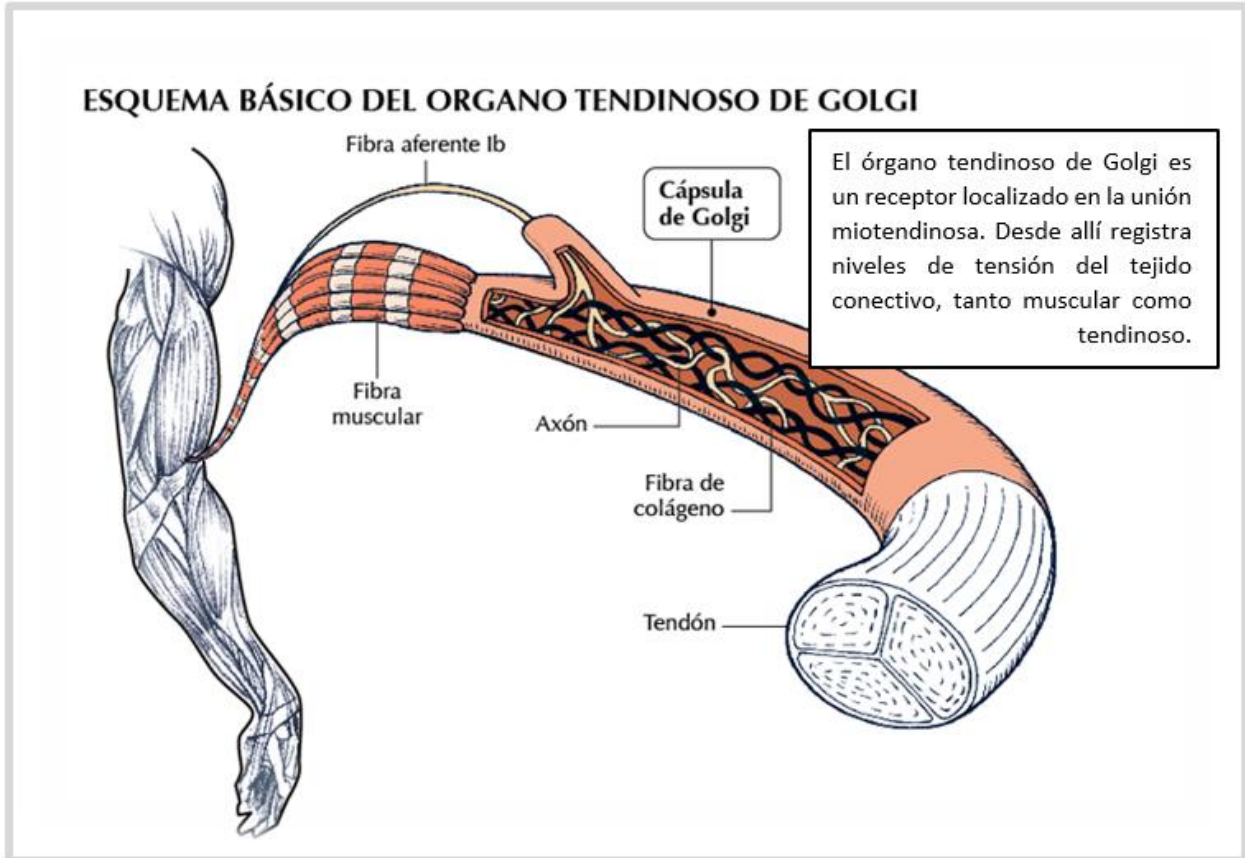
تعزز الألياف اللاإرادية الاستجابات التنظيمية الانعكاسية، بحيث بدلاً من الحديث عن ردود الفعل يجب فهم هذه المظاهر على أنها سلوكيات تنظيمية. لديهم أهداف محددة ويطلقون حركات متكاملة وتأزرية ذات أهداف محددة جيدًا متصلة في الحفاظ على التوازن. سنشرح بإيجاز اثنين من ردود أفعال الجر العضلي: من ناحية، ما نعرفه ديناميكياً أو مرحلياً، والذي ينشأ من تنشيط الكيس النووي الديناميكي (مع تعصيب IA) وينقل المعلومات المتعلقة بسرعة التمدد. هذا المنعكس منخفض العتبة وسريع التكيف، وينشط انعكاسياً الألياف خارج المِعْزَلِيَّة السريعة (FT) ودورها الرئيسي هو حماية الهيكل من التمدد السريع. من ناحية أخرى، لدينا ما يسمى بالبطء أو المنشط الذي يعتمد على تنشيط الألياف داخل المِعْزَلِيَّة للحقبة النووية الساكنة والسلسلة النووية (مع تعصيب IIA)، فهي تنقل المعلومات المتعلقة

بحجم وشدة التمدد. مع عتبة أعلى من العتبة السريعة والتكيف البطيء، فإنها تنشط بشكل انعكاسي للألياف خارج المِغزَلِيَّة البطينية (ST).

عضو وتر جولجي

إنه جهاز استشعار لدرجة توتر النسيج الضام، العضلي والأوتار. ربما تكون أكبر مساهماته تتعلق بالوقاية من الإصابات عن طريق تنشيط منعكس التثبيط الذاتي. عندما تكون مستويات الحمل التي يدعمها النسيج الضام المفرطة فإن عضو جولجي يعزز استجابة تنظيمية مثبطة. في أقصى تعبيراته، يُعرف باسم رد فعل الحلاقة أو السكين. إنها تؤدي وظائف مهمة أخرى في التحكم العام في الحركات، ويبدو أنها توجد أيضًا في اللفافة، على الرغم من أنه لا يُعرف سوى القليل عن هذه المواقع ووظائفها المحددة.

الشكل 8: عضو وتر جولجي، منعكس التثبيط الذاتي



المصدر: دي سانتو، 2011، أرشيف خاص، غير منشور.

ESQUEMA BÁSICO DEL ÓRGANO TENDINOSO DE GOLGI	المخطط الأساسي لأوراغانو جولجي
Fibra aferente Ib	وارد الألياف (رطل)
Fibra muscular	الليف العضلي
Cápsula de Golgi	كبسولة جولجي
Axon	محور عصبي
Fibra de colágeno	ألياف الكولاجين
Tendón	وتر
El órgano tendinoso de Golgi es un receptor localizado en la unión miotendinosa. Desde allí registra niveles de tensión del tejido conectivo, tanto muscular como tendinoso.	عضو وتر جولجي هو مستقبل يقع عند مفترق الوتر العضلي. من هناك، يسجل مستويات التوتر في النسيج الضام، في كل من العضلات والأوتار.

على عكس النموذج التثبيط الذاتي هو ثلاثي الأعصاب وثنائي المشبكي. قبل التمدد، يستغرق الأمر وقتاً أطول لتعزيز تأثيراته المحددة مقارنة بانعكاس الجر العضلي وتظهر معظم السجلات أنه ليس قبل 6 ثوانٍ حتى يسود تأثيرها المثبط على التأثير المثير لـ RMT (انعكاس الجر العضلي). يمكن عكس عواقبه الكابحة بسرعة. خلال الإيماءات الديناميكية، لم تعد مساهمتهم تبدو مثبطة، بل مثيرة؛ لذلك، في اللوائح الوضعية والحركية، تبدو مسؤولياتهم مختلفة، على الرغم من أنه لا يُعرف سوى القليل عن الوظيفة الأخيرة. يتم تعزيز هذا المنعكس (التثبيط الذاتي) من خلال كل تلك المحفزات التي تولد زيادة في توتر النسيج الضام، مثل: التمدد، والتدليك UMT، والتقلصات غير المركزية والمتحدة المركز والاهتزازات.

اللفافة

إن تكوين شبكة تحفيز الجسم التي تحتوي على قيمة عالية، سواء بالنسبة للتحكم الحركي أو لتعزيز الاستجابات الانعكاسية الضرورية، يجعل اللفافة شيئاً أكثر تعقيداً من أغلفة العضلات البسيطة.

تمثل اللفافة النسيج الضام الكثيف (المنتظم وغير المنتظم) الذي يشكل، بطرق مختلفة (السدادات، الأوتار، الأربطة، كبسولات المفصل، الغطاء العصبي، إلخ) شبكة اتصال مستمرة بين عناصر الجهاز الحركي، كذلك كنسيج ضام رخو. يملأ الفراغات الوسيطة للجسم، وبهذه الطريقة، يخلق روابط بين جميع عناصره التشريحية (الأوعية الدموية، العصبية، الحشوية). لا تعمل هذه الروابط كوسيلة للوحدة التشريحية فحسب، بل تؤدي أيضاً المهام الوظيفية.



المصدر: الصحة وجهاز بيلاتس ، 2015 ، مأخوذ من <https://saludypilates.com/terapia-miofascial/>

FASCIA MÚSCULO	إِلفافةُ العَضلة
FIBRA MUSCULAR	الليف العضلي

إحدى الوظائف الأساسية التي تؤديها اللفافة هي الدور الذي تشغله في جوانب مثل الحفاظ على وضعية الجسم والتحكم في الحركة وتكاملها. لا تشارك اللفافة فقط كمغلف يحيط بالألياف العضلية (غمدُ العَصَلَة)، ولكنها تتخلل أيضًا الأنسجة الدهنية مثل كتلة العضلات. يتطور هذا التسلسل بشكل فردي ومستقل في كل إنسان.

إنه يشكل شبكة ثلاثية الأبعاد من الترابط بين المستويات الهيكلية الكلية والميكروية للجسم التي تخترق أعماق مساحات بنائه. يمكن أن تصل هذه الاتصالات إلى المستوى الخلوي وداخل الخلايا.

الاتصال الوباي العضلي ليس ميكانيكيًا فحسب، بل هو تحسس عصبي. هذا هو المفتاح في انتقال القوة وADM (نطاق الحركة).

اقترح شليب (2013)، صقل التحسس العميق لللفافة ، الذي يصوغ مبادئ التدريب لللفافة. باختصار شديد، فإنه يقترح الصرف الصحي المنتظم وصيانة اللفافة كشرط لإمكانية مساهمة أفضل في التحكم في الحركة. هذه من أهم ركائز اللياقة. يقترح المؤلف:

- التمدد البطيء الساكن والديناميكي.
- التمدد الدقيق والتخدير.
- التوترات المنتظمة.
- الدرلة والمصارف.

هذه هي الألياف الدقيقة التي تتكون من النخاع والتي تبدأ في اللفافة. تذكر أن المستقبلات III هي مستقبلات تشويه ميكانيكي (مستقبلات الطاقة) وبعض المستقبلات IV هي مستقبلات للألم والبعض الآخر هي مستقبلات أضيئية. تبدأ المستقبلات III وتحافظ على استجابات منعكس التنفس أثناء التمرين. يتم تنشيط هذه الأخيرة عندما يزيد استهلاك الأكسجين وتدفق الدم وعندما يحفزهما الانقباض المستمر والمتقطع.

كان هناك قدر كبير من الأبحاث التي تعبر عن دور اللفافة كأعضاء تحفيز الجسم. ومع ذلك، هناك الكثير من الشكوك حول دور اللفافة:

- كيف يتم توزيع المستقبلات الحركية في اللفافة؟ هل هذا التوزيع يعتمد على بنية هذه اللفافات؟ كيف يساهمون في التحكم في المحركات؟ ماذا يحدث عندما يصابون؟

مستقبلات المحفظة والرباط

تستجيب هذه بشكل أساسي لقوى الانضغاط والالتواء.

يوفر روفيني في الكبسولة، وجولجي في الأربطة، وفاتر-باتشيني في إدخال الرباط إلى الكبسولة، معلومات مهمة لتنظيم النشاط العضلي الذي يعتمد عليه استقرار المفصل. على وجه التحديد، فإن الرباط "يرتبط" لأنه يخبر بذلك.

نستنتج:

- تعمل مستقبلات الحس الخاصة بالعمل كفريق واحد.
- أن تفككها من أجل التدريب مستحيل عملياً.
- لا يمكننا تدريب نوع واحد من المستقبلات الأولية دون الآخر أو بدون الأنواع الأخرى.
- يفترض مقترح التقييم والتدريب منهجه المتكامل والشامل.
- لا يمكن فصل اللمس عن الحس العميق بسهولة، مما يسمح لنا بمعالجة نوع واحد من الحساسية: اللمس.
- فقط الحس الدهليزي يمكنه -في نهاية المطاف- التعامل معه باستقلالية أكبر، وإن لم يكن كثيرًا.

1.2.2 حساسية اللمس والتلامس

حساسية اللمس هي مفتاح التحكم الحركي في معظم الحركات البشرية، ولكن في الرياضة دورها حاسم. تعد بيانات اللمس مهمة للغاية للتنظيم الدقيق والنهائي، خاصة في الرياضات القتالية ذات عناصر التثبيت.

يعتبر إدخال المعلومات من مستقبلات اللمس أمرًا بالغ الأهمية لمعظم السلوكيات التكيفية. يحدث الشيء نفسه مع كل تلك الأنشطة التي يكون فيها التلاعب بالأشياء هو السمة المميزة لها.

لا يزال نقص الانتباه في البحوث العلمية لهذا النظام الحسي يفاقتنا في معظم منهجيات التدريب. ومع ذلك، فإن مساهمته لا تقل أهمية عن مساهمة المحللين الحسنيين الآخرين أو أكثر، وهي عرضة للتدريب مثل أي شخص آخر. يصبح مهمًا للغاية نظرًا لاستحالة وجود المحلل البصري. لم نعثر على مقترحات منهجية محددة لتدريبهم، ومن هنا الحاجة إلى اقتراح بعض الإحداثيات الأولية. إنهم يعملون بشكل عام في تآزر مع محلات التحفيز الحسي التي تسمح بالمعالجة التفاضلية، وهي مهمة جدًا للسلوكيات الحركية: الحساسية اللمسية.

في جميع الإجراءات اليومية، نستخدم الحساسية اللمسية لأننا عندما نرفع الأثقال، نكتشف وزن الشيء (وحتى وزن الجسم). لا يمكننا تقسيم المعلومات التي توفرها المستقبلات اللمسية ومستقبلات التحسس، أي عندما نربط أربطة أحيديتنا، وعندما نزر ملابسنا، وعندما نطبخ، وما إلى ذلك.

يعمل كل من اللمس والحساسية التحسسية و اللمسية بشكل توفيق في معظم الأفعال البشرية. يمكن تدريبهما بشكل منفصل، دون أدنى شك، على الرغم من أن تشغيلهم متكامل وجزء لا يتجزأ من التحكم في الحركة.

1.2.3 حاسة البصر

ربما يكون الجهاز الحسي هو الأهم في تحليل الأعمال الحركية في الرياضات الجماعية وغيرها الكثير. تعد معالجة الصور وسرعة البناء مفتاحًا للوظائف الحركية التي ينطوي عليها البقاء.

• تتكون عملية الرؤية بشكل عام من المراحل التالية:

1. الضوء القادم من الشمس أو من مصادر أخرى، يسقط على الأشياء وينعكس عليها.
2. يدخل الضوء المرئي إلى العين، ويمر عبر العديد من الأجسام الشفافة، ثم ينكسر، مما يؤدي إلى تكوين صورة مقلوبة للجسم على سطح الشبكية.
3. تقوم شبكية العين بتحويل الإشارات (إمكانات الفعل المتولدة عند ترددات مختلفة) والتي يتم توجيهها من خلال العصب البصري نحو المراكز التكاملية للجهاز العصبي المركزي.

4. تتم معالجة المعلومات الواردة من شبكية العين في مجموعات عصبية معقدة، تقع في المقام الأول في المهاد وجذع الدماغ والقشرة. ينتج الإحساس والإدراك البصري من هذا التكامل.

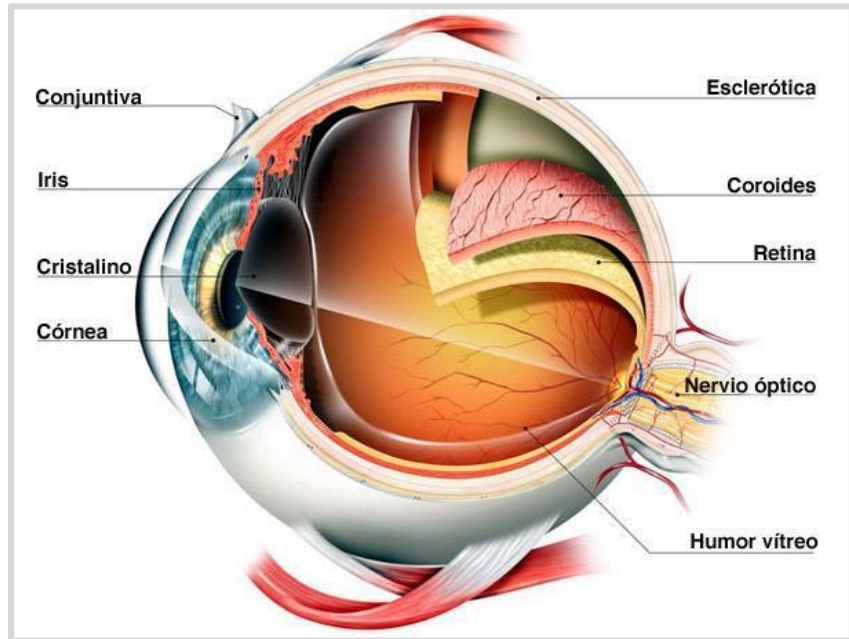
5. كمرحلة أخيرة، هناك قدرة حركية كافية للعين كأداة لجمع المعلومات الخارجية.

لنتذكر أن العين البشرية تلتقط موجات تتراوح بين 400 و700 نانومتر، في حين تكون الأشعة تحت الحمراء أدنى من ذلك، والأشعة فوق البنفسجية فوقها. من بين 300 نانومتر، يتم عرض الطيف البصري الذي يمكن أن تلتقطه العين البشرية. العين البشرية أو مقلة العين هي العضو الذي يستقبل الانطباعات البصرية التي تتكون من تونيكات متحدة المركز تضم وسائط شفافة، والعضلات التي تحركها، والمستقبلات التي تحميها.

يتم ترتيب الستر المركزية في الجزء الخارجي (ليني الصلبة والقرنية)، والوسط (الأوعية الدموية أو المشيمية) والداخلية (العصبية أو الشبكية). تتمثل وظيفة هذه الهياكل في إحاطة واحتواء ما يسمى بالوسائط الشفافة (تؤدي القرنية دورًا مزدوجًا مثل سترة مغلقة ووسط شفاف). تتكون الحجرات الشفافة من حجرة أمامية (خلط مائي) وحجرة خلفية (خلط زجاجي).

تعتبر شبكية العين من أهم الهياكل في المعالجة البصرية. هذه هي الطبقة التي يتم فيها تحويل الطاقة الضوئية إلى إمكانيات فعلية يمكن نقلها عبر المسار العصبي إلى مراكز الترحيل والقشرة الأولية في الفص القذالي. يمتد من فتحة العصب البصري إلى الجانب الخلفي للقزحية ويتكون من جزئين: الجزء الأمامي والخلفي. هذا الأخير هو الذي يحافظ على الخصائص الحسية؛ لأنه يتوافق مع الخلط الزجاجي، ويرتبط به، ويحتوي على قطاعين مهمين للغاية: الحليلة أو قرص العصب البصري، والبقعة الصفراء أو الصفراء.

الشكل 10: تشريح العين البشرية



المصدر: نيوز مستر، بإخلاص وإخوة. تم الاسترجاع من <http://newsmasters.info/anatom> EDa-del-ojo-%
[wiki](#)

Conjuntiva	مشترك
Iris	قزحية
Cristalino	بلوري
Córnea	القرنية
Esclerótica	تصلب
Coroides	المشيمية
Retina	شبكة العين
Nervio óptico	العصب البصري
Humor vitreo	الخلط الزجاجي

طبقات شبكية العين

بعد ذلك، سنشرح بالتفصيل الطبقات العشرة المتوازية التي تتكون منها الشبكية، من السطحي إلى العميق:

1. الظهارة الصباغية: المعروفة بأنها الطبقة الخارجية للشبكية. مكونة من خلايا مكعبة. هذه ليست خلايا عصبية، فهي تحتوي على حبيبات الميلانين التي تمنحها صبغة مميزة.
2. طبقة من الخلايا المستقبلية للضوء: تتكون من الأجزاء الخارجية للقضبان والمخاريط.
3. الطبقة الخارجية المحددة: هذه هي الوصلات بين الخلايا من النوع النطاقي الملتصق (أو الأجسام الرابطة النطاق) بين الخلايا المستقبلية للضوء وخلايا مولر.
4. الطبقة الحبيبية النووية أو الخارجية: تتكون من نوى الخلايا المستقبلية للضوء.
5. طبقة الضفيرة الخارجية: منطقة اتصال متشابك بين الخلايا المستقبلية للضوء والخلايا الثنائية القطب.
6. الطبقة الحبيبية النووية أو الداخلية: تتكون من نوى خلوية من خلايا ثنائية القطب وخلايا أفقية وخلايا عديمة المحور.
7. طبقة الضفيرة الداخلية: المنطقة التي يتم فيها التعبير عن الارتباط المشبكي بين الخلايا الثنائية القطب والخلايا العديمة المحور وخلايا العقدة.
8. طبقة الخلايا العقدية: تتكون من نوى تخرج من الخلايا العقدية.
9. طبقة من ألياف العصب البصري: تتكون من محاور الخلايا العقدية التي تشكل العصب البصري.
10. الطبقة الداخلية المحددة: تفصل الشبكية عن الخلط الزجاجي.

تتم معالجة المعلومات المرئية بواسطة ستة أنواع مختلفة من الخلايا العصبية:

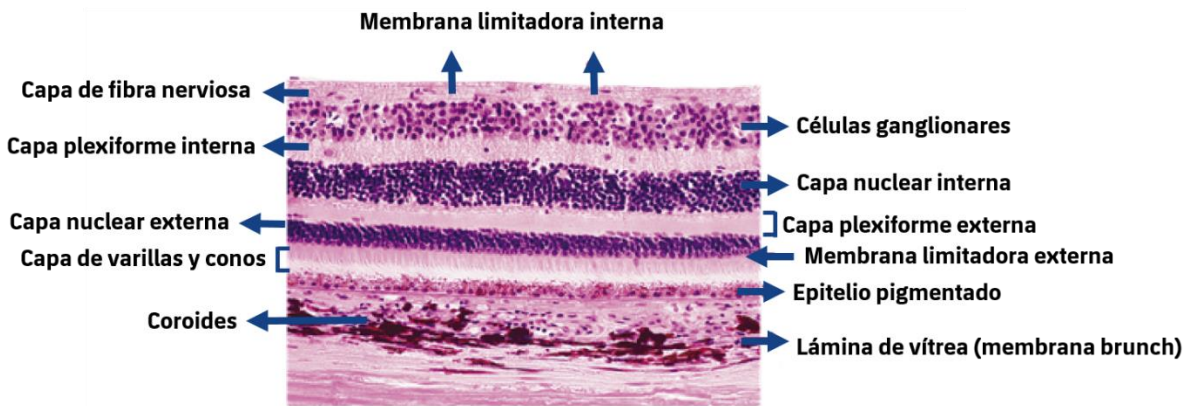
- المستقبلات الضوئية.
- الخلايا الثنائية القطب.
- خلايا العقدة.
- الخلايا الأفقية.
- الخلايا العديمة المَحْوَر.
- الخلايا البينية.

يتراوح النطاق المفيد للرؤية للعين البشرية بين دقيقة واحدة و10 ثوانٍ، أي حوالي 11 وحدة لوغاريتمية تقريبًا (ضعف 5 وحدات لوغاريتمية لمعظم المستقبلات الحسية). سبب هذا النطاق المضاعف من الحساسية هو وجود نظامين مستقبلين في شبكية العين:

- مستقبلات للرؤية الليلية: تسمى قضبان.
- مستقبلات للرؤية النهارية: تسمى المخاريط.

تختلف حاسة البصر عن بعضها البعض فيما يتعلق بخاصيتين أساسيتين للإدراك البصري: أ) اكتشاف السطوع و ب) إدراك اللون. في ضوء القمر، تكون الكائنات عديمة اللون، ولكنها تختلف في السطوع. في ضوء الشمس، تختلف الأشياء في السطوع واللون. ينشأ السطح الحسي للعين (شبكية العين) من الدماغ البيني وبالتالي فهو جزء من الجهاز العصبي المركزي. كما ذكرنا من قبل، وهو يحتوي على عدة طبقات.

الشكل 11: صورة طبقات شبكية العين



المصدر: التفصيل الخاص، تم استرداده من

<http://sosbiologiacyelularytisular.blogspot.com/2011/12/ojo-retina-y-coroides.html>

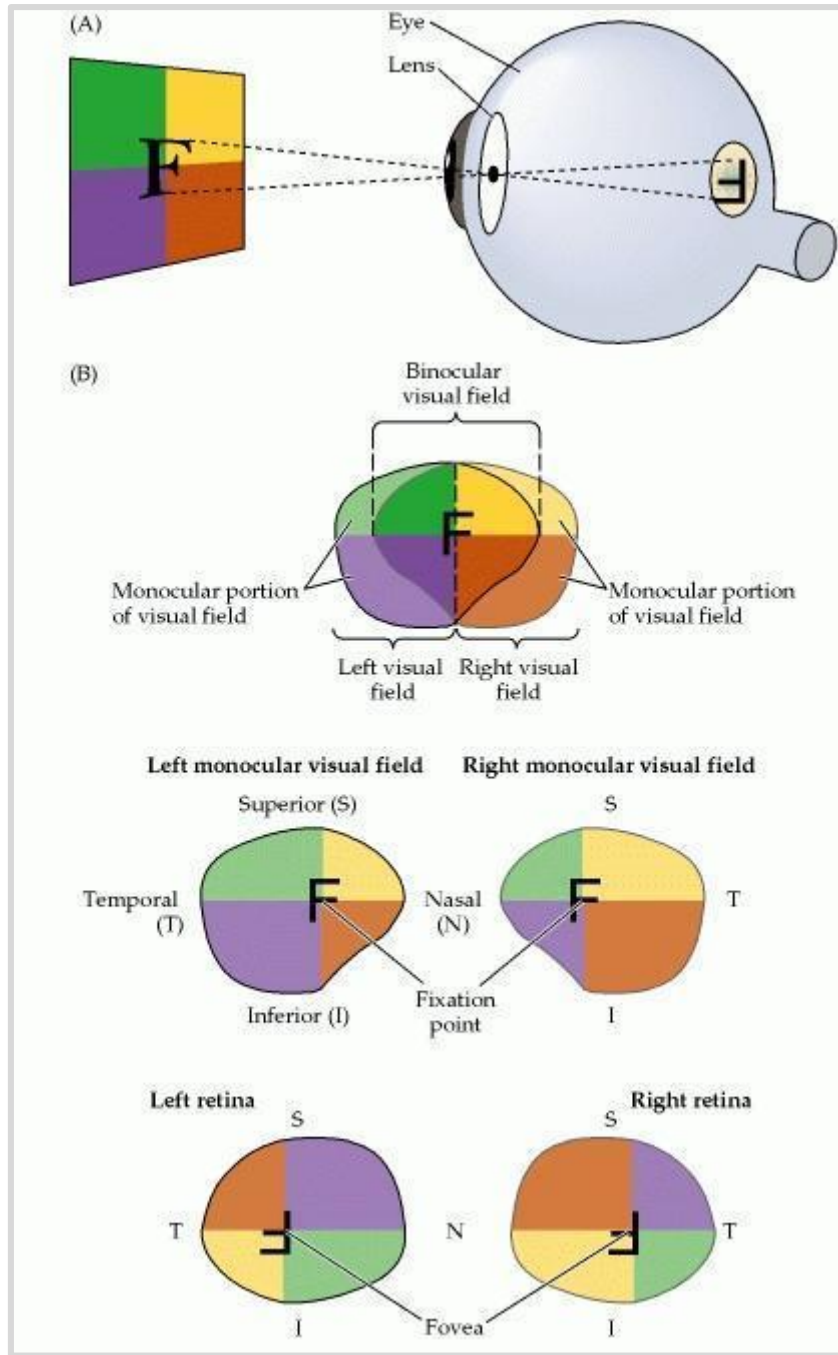
Membrana limitadora interna	الغشاء المقيد الداخلي
Capa de fibra nerviosa	طبقة الألياف العصبية
Capa plexiforme interna	طبقة الضفيرة الداخلية
Capa nuclear externa	الطبقة النووية الخارجية
Capa de varillas y conos	طبقة من القضبان والمخاريط
Coroides	المشيمية
Células ganglionares	خلايا العقدة
Capa nuclear interna	الطبقة النووية الداخلية
Capa plexiforme externa	طبقة ضفيرة خارجية
Membrana limitadora externa	غشاء محدد خارجي
Epitelio pigmentado	ظهارة مصطبغة
Lámina de vítrea (membrana brunch)	الصفحة الزجاجية (غشاء الغداء)

بعض الملامح:

- نلاحظ أن الطبقات المختلفة مفصولة بأغشية.
- توجد في شبكية العين أيضًا أغشية ("الفافة").
- هناك اتصال داخل الشبكية.
- شبكية العين هي مركز معالجة المعلومات المرئية وليس فقط لتلقي المحفزات.
- يمر الضوء عبر عدة طبقات في نفس الشبكية قبل تعديل الأرجوان البصري (بروتين عبر الغشاء موجود في أقرص شبكية العين).

يتم الحفاظ على العلاقات المكانية بين الخلايا العقدية في الشبكية كتمثيلات مرتبة أو خرائط مكانية بصرية. علاوة على ذلك، تتلقى معظم هذه الهياكل مدخلات من كلتا العينين، الأمر الذي يتطلب دمج هذه الوصلات لتشكيل خريطة متماسكة للنقاط الفردية في الفضاء. كقاعدة عامة، يتم تمثيل المعلومات من النصف الأيسر من العالم المرئي في النصف الأيمن من الدماغ والعكس صحيح.

الشكل 12: إدخال المعلومات للعين



المصدر: برفز، 2007، ص. 288.

(A)	(أ)
F	F
Eye	عين
Lens	عدسة
(B)	(ب)
Binocular visual field	مجال الرؤية مجهر

Monocular portion of visual field	جزء أحادي من المجال البصري
Monocular portion of visual field	
Left visual field	جزء أحادي من المجال البصري
Right visual field	ترك المجال البصري المجال البصري الأيمن
Left monocular visual field	المجال البصري الأحادي العين الأيسر
Superior (S)	العلوي (صغير)
Temporal (T)	زمني (T)
Inferior (I)	أدنى (أنا)
Nasal (N)	الأنفي (N)
Fixation point	نقطة التثبيت
Right monocular visual field	المجال البصري الأحادي العين
S	س
T	تي
I	أ
Left retina	الشبكية اليسرى
S	س
T	تي
I	أ
N	ن
Fovea	النقرة
Right retina	الشبكية اليمنى
S	س
T	تي
I	أ

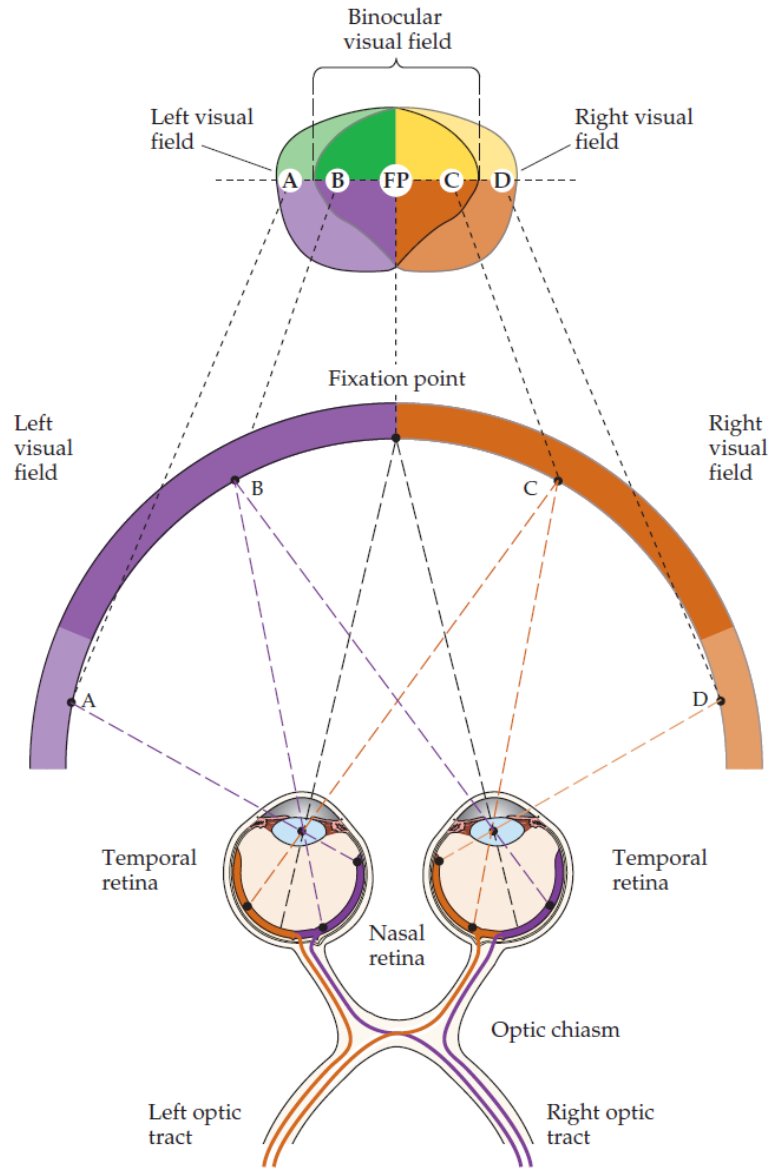
تتطلب معرفة الأساس العصبي -من أجل الترتيب الصحيح للإشارات من كلتا العينين- النظر في كيفية عرض الصور على شبكتي العين والوجهة المركزية للخلايا العقدية الموجودة في أجزاء مختلفة من شبكية العين. كل عين تراقب قطاعًا من الفضاء البصري. لأغراض وصفية، يتم تقسيم شبكية العين والمساحة المرئية المقابلة لها إلى أرباع. ينقسم سطح الشبكية إلى خطوط عمودية وأفقية تتقاطع في مركز النقرة. يقطع الخط العمودي شبكية العين في التقسيمات الأنفية والزمنية، في حين يقوم الخط الأفقي بذلك في القسمين الأعلى والأدنى. تتقاطع الخطوط الرأسية والأفقية المقابلة للمساحة المرئية (وتسمى أيضًا "خطوط الطول") عند نقطة تثبيت (النقطة التي تقع فيها المساحة المرئية على النقرة)

وتحدد أرباع المساحة المرئية. يؤدي تقاطع أشعة الضوء التي تتباعد من نقاط مختلفة على جسم ما في الحدقة إلى انعكاس صور الكائنات في المجال البصري وتبديلها من اليسار إلى اليمين على سطح الشبكية. وبالتالي، فإن الأجسام الموجودة في الجزء الزمني من المجال البصري يتم ملاحظتها بواسطة الجزء الأنفي من شبكية العين؛ في حين أن الأجسام الموجودة في الجزء العلوي يتم ملاحظتها بواسطة الجزء السفلي من الشبكية.

مع فتح كلتا العينين، غالبًا ما يتم محاذاة كلتا النقطتين مع نقطة هدف واحدة في الفضاء المرئي، مما يتسبب في تداخل المجالات المرئية لكلتا العينين على نطاق واسع. يقدم مجال الرؤية الثنائي العينين نصفي بصري متماثل (يسار ويمين). يشتمل نصف الحقل الأيسر على المجال البصري للأنف الأيمن والمجال البصري الزمني للعين اليسرى. يشتمل النصف الأيمن على المجال البصري الزمني للعين اليمنى والمجال البصري للأنف في العين اليسرى. الحقول المرئية المؤقتة أكثر اتساعًا من حقول الأنف، مما يعكس أحجامها. وبالتالي، فإن الرؤية في محيط المجال البصري تكون أحادية العين بشكل دقيق، ويتوسطها الجزء الأكثر وسطية من شبكية العين. يمكن رؤية معظم ما تبقى من مجال الرؤية بكلتا العينين؛ أي النقاط الفردية في الفضاء المرئي، والتي تقع بين المجال البصري للأنف في إحدى العينين والمجال البصري الزمني للأخرى.

تؤدي الخلايا العقدية الموجودة في الانقسام الأنفي لكل شبكية إلى ظهور محاور عصبية تتقاطع عند التصالب البصري، في حين تؤدي الخلايا الموجودة في الشبكية الزمنية إلى ظهور محاور تبقى على نفس الجانب. إن الحد أو خط التقاطع بين الخلايا العقدية التي تسقط على الجانب المقابل وبنفس الجانب، هي خط يمر عبر مركز النقرة ويحدد الحدود بين نصف شبكية العين الأنفية والزمنية. تقع صور أجسام نصفي الحقل الأنفي الأيسر على شبكية أنف العين اليسرى والشبكية الصدغية للعين اليمنى، في حين تظهر محاور الخلايا العقدية (في هاتين المنطقتين من شبكيتين العينين ن) عبر السبيل البصري الأيمن. تقع الأجسام في النصف الأيمن البصري على الشبكية الأنفية للعين اليمنى والشبكية الصدغية للعين اليسرى، في حين تبرز محاور الخلايا العقدية (في هذه المنطقة) عبر السبيل البصري الأيسر. كما ذكرنا سابقًا، لا تُرى الأشياء الموجودة في الأجزاء الأحادية من نصفي الحقل البصري إلا من خلال شبكية الأنف المتطرفة لكل عين: تم العثور على محاور الخلايا العقدية في هذه المناطق (بالإضافة إلى بقية شبكية الأنف) في الجهاز البصري المقابل. لذلك، على عكس العصب البصري، يحتوي الجهاز البصري على محاور عصبية للخلايا التي تنشأ في كلتا العينين وتمثل مجال الرؤية المقابل. يوضح الرسم التالي هذا الوصف.

الشكل 13: المجال البصري الأيسر والأيمن



المصدر: برفز، 2007، ص. 288.

Binocular visual field	مجال الرؤية مجهر
Left visual field	ترك المجال البصري
Right visual field	المجال البصري الصحيح
A	أ
B	ب
FP	FP
C	ج

D	د
Left visual field	ترك المجال البصري
Fixation point	نقطة التثبيت
Right visual field	المجال البصري الصحيح
Temporal retina	شبيكية العين الصدغية
Nasal retina	شبيكية الأنف
Temporal retina	شبيكية العين الصدغية
Left optic tract	المسالك البصرية اليسرى
Optic chiasm	تصالب بصري
Right optic tract	السبيل البصري الأيمن

مجالات رؤية إسقاط الدماغ

تنتشر المعلومات التي تتم معالجتها من شبكية العين إلى الدماغ عبر المحاور العصبية العقدية للأعصاب البصرية، واحدة من كل عين، بطريقتين مختلفتين. ينتقل المسار الأساسي من خلال النظام الجيني المخطط، في حين ينتقل المسار الثانوي من خلال نظام الوسادة السقفية. كلا النظامين متوافق في مواقع محددة في الدماغ. يتقاطع العصبان البصريان مع ما يسمى بالتصالب البصري. خلال هذا التقاطع على شكل X، تتجه بعض الألياف من العين اليسرى نحو نصف الكرة المخية الأيمن، في حين تعبر ألياف أخرى طريقها نحو نصف الكرة الأيسر. وبالمثل، فإن الألياف المقابلة للعين اليمنى تذهب إلى نصف الكرة المخية الأيسر والألياف الأخرى إلى النصف الأيمن.

تظل ألياف شبكية العين الصدغية (الجزء الأقرب إلى الأذن) في نفس نصف الكرة الأرضية، في حين تعبر ألياف شبكية العين (الجزء الأقرب إلى الأنف) النصف الآخر من الكرة الأرضية.

سنقوم بتفصيل المسارات الأولية والثانوية للمسالك البصرية أدناه:

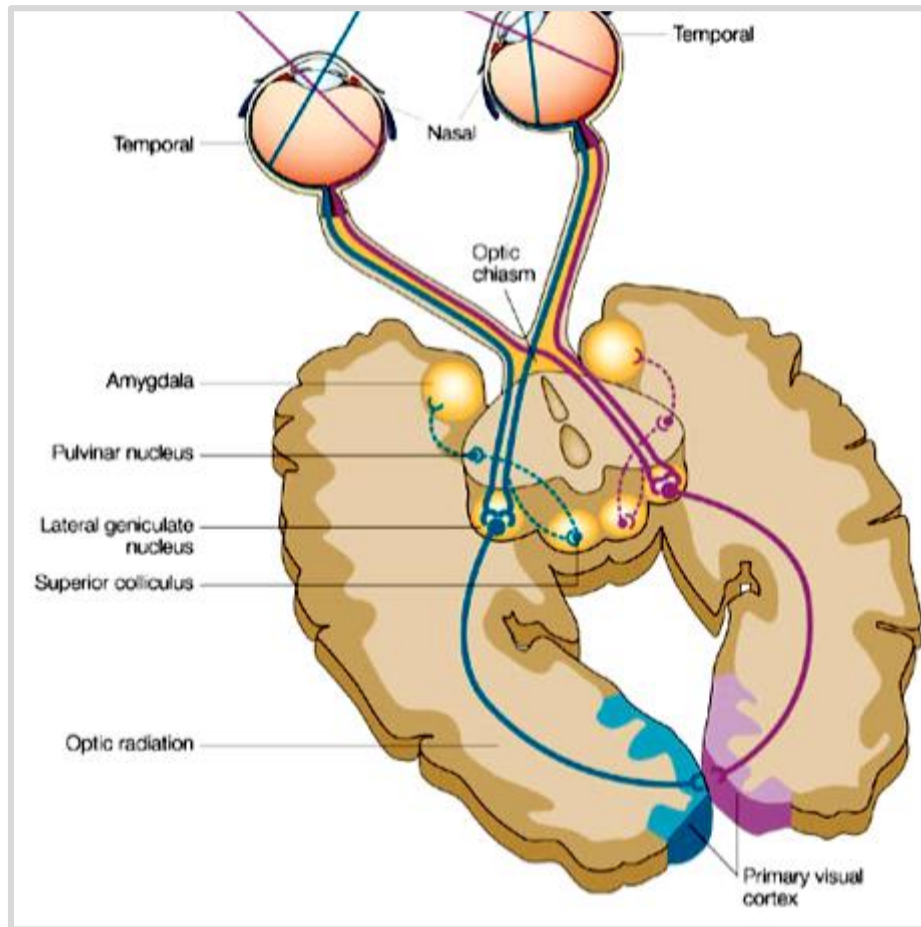
- الجهاز الجيني المشدود: الحزم الليفية التي تترك التصالب البصري لم تعد تسمى العصب البصري، بل السبيل البصري. يصل جزء كبير من هذه الألياف إلى تكوين دماغي يسمى النواة الركبية الجانبية (LGN) الموجودة في المهاد (الدماغ المتوسط)، حيث تتشابك مع الخلايا العصبية المقابلة. تترك الألياف LGN مفتوحة في شكل مروحة وتصل إلى الفص القذالي (المنطقة الخلفية للدماغ)، أي إلى المنطقة 17 (المخطط أو القشرة البصرية الأولية) وإلى المنطقتين 18 و19 (القشرة الخارجية أو القشرة البصرية المدرسة الثانوية). تتخصص الوظائف المرئية للنظام الجيني المخطط في تحديد الصور والتعرف عليها.

- نظام الوسادة السقفية: الجزء الآخر من السبيل البصري يؤدي إلى تكوين في قاعدة الدماغ (الدماغ المتوسط) المعروف باسم السقفية، وهو أقدم بكثير من الناحية التطورية. يتصل الجزء المرئي من السقفية مع الأكمة العلوية، حيث يستمر الإسقاط أعلى نحو المهاد، ملامسًا النواة الجانبية اللبية والخلفية. أخيرًا، يتم توجيه الألياف إلى المناطق المرئية من القشرة.

تتعلق الوظائف المرئية لنظام الوسادة السقفية بموقع الأجسام في الفضاء.

<https://es.scribd.com/presentation/143415734/ORGANIZACION-NERVIOSA-DEL-SISTEMA-VISUAL-ppt>

الشكل 14: مخطط جيني وأنظمة الوسادة السقفية

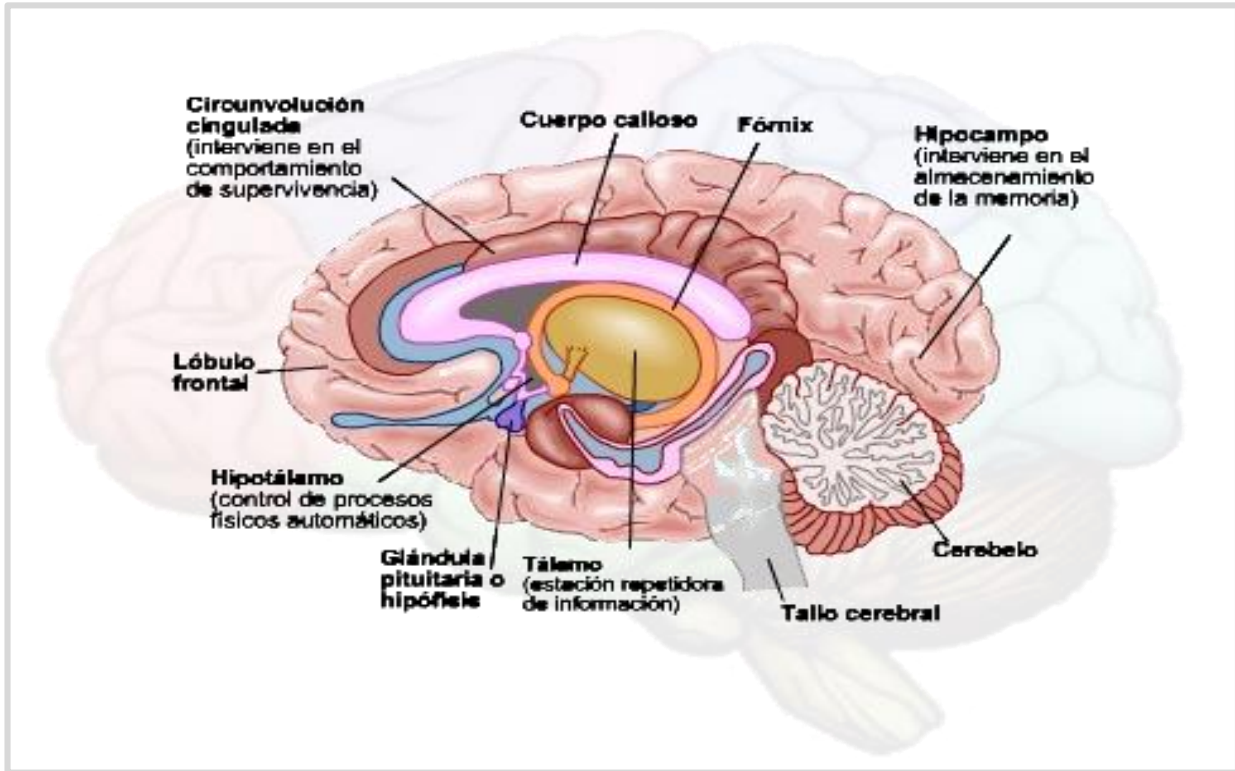


المصدر: إنريكي، 2013، مأخوذ من <https://vidauniversoydemas.wordpress.com/2013/10/24/color-una-invitation>

Temporal	زمني
Temporal	زمني
Nasal	الأنف
Optic chiasm	تصالب بصري
Amygdala	اللوزة
Pulvinar nucleus	وسادة النواة
Lateral geniculate nucleus	نواة الركب الجانبي
Superior colliculus	أكيمة علوية
Optic radiation	الإشعاع البصري
Primary visual cortex	القشرة البصرية الأولية

المهاد البصري

إنه دماغ حسي صغير، حيث تتم معالجة جميع المعلومات الواردة قبل مواصلة رحلتها إلى القشرة الأساسية، باستثناء القشرة الشمية. يرسم المهاد أيضًا معلومات شبكية، مع توزيعات مكانية كما لو كانت الرجل الحسي القزمي. التعديل منظم. إنه مجمع نووي كبير بيضاوي الشكل يقع في جدار الدماغ البيني. يوجد في الخارج طبقة من الألياف الميالينية (النخاعيني) تسمى الصفيحة النخاعية الخارجية تفصل الجسم الرئيسي عن النواة الشبكية. الكتلة الرئيسية تسمى المهاد الخلفي. المهاد الأمامي هو النواة الشبكية بالإضافة إلى الهياكل المجاورة.



المصدر: بارنيز، بإخلاص وإخوة. تم الاسترجاع من <https://supercurioso.com/partes-del-cerebro-las-conoces-todas/>

Circunvolución cingulada (interviene en el comportamiento de supervivencia)	التلفيف الحزامي (يتدخل في سلوك البقاء)
Cuerpo caloso	الجسم الصلب
Fornix	القَبُؤ
Hipocampo (interviene en el almacenamiento de la memoria)	الحصين (يشارك في تخزين الذاكرة)
Cerebelo	المخيخ
Tallo cerebral	جذع الدماغ
Tálamo (estación repetidora de información)	المادة الرمادية (محطة ترحيل المعلومات)
Glándula pituitaria o hipófisis	الغدة النخامية أو نقص التوتر
Hipotálamo (control de procesos físicos automáticos)	الوطاء (ما تحت المهاد) (التحكم في العمليات الفيزيائية التلقائية)
Lóbulo frontal	الفص الجبهي

باختصار

يمكننا مقارنة فسيولوجيا العين بكاميرا الصور: الصور المسجلة على شريط تتم معالجتها في الدماغ. يسمح هذا لهذه الصور بأن تتكامل مع بقية الحواس.

كما رأينا سابقاً، تحدث ظواهر شديدة التعقيد في الجهاز البصري في شبكية العين. يجب أن يمر الضوء عبر طبقات العين حتى يصل إلى الدماغ.

الطبقة الشفافة الأولى هي القرنية التي تغلق الغرفة الأمامية للعين. تعمل القرنية مثل الحجاب الحاجز لكاميرا التصوير وتنظم كمية الضوء التي تمر عبر الحدقة. للقرنية ألوان مختلفة.

العدسة البلورية عبارة عن عدسة متقاربة مكونة من صفائح متصلة بأربطة بالطبقة الثانية من العين أو المشيمية. من خلال عمل العضلات، تقوم العدسة بضبط شكلها للسماح بإسقاط صورة مقلوبة على الشبكية. الاختلافات في حجم العدسة وقطرها الحدقي هي التي تسمح لنا بالتركيز على الأشياء على مسافات مختلفة من المجال البصري.

في شبكية العين وفي طبقاتها، كما ذكرنا سابقاً، تتعايش خلايا تسمى المخاريط يتم تحفيزها بشكل تفضيلي أثناء النهار، مما يسمح بإدراك لون الصور. في الليل يتم تحفيز القضبان وبالتالي نرى الأشياء باللونين الأبيض والأسود.

1.2.4 السمع الدهليزي

الجهاز السمعي

النظام السمعي عبارة عن مجموعة من الهياكل المتخصصة لالتقاط واستقبال وتحليل وترميز الصوت الذي يأتي من البيئة. يرسل المعلومات إلى الدماغ على شكل نبضات عصبية للإدراك والتفسير. يعمل بالتآزر مع الأنظمة الحسية الأخرى، وخاصة البصرية.

يشتمل على:

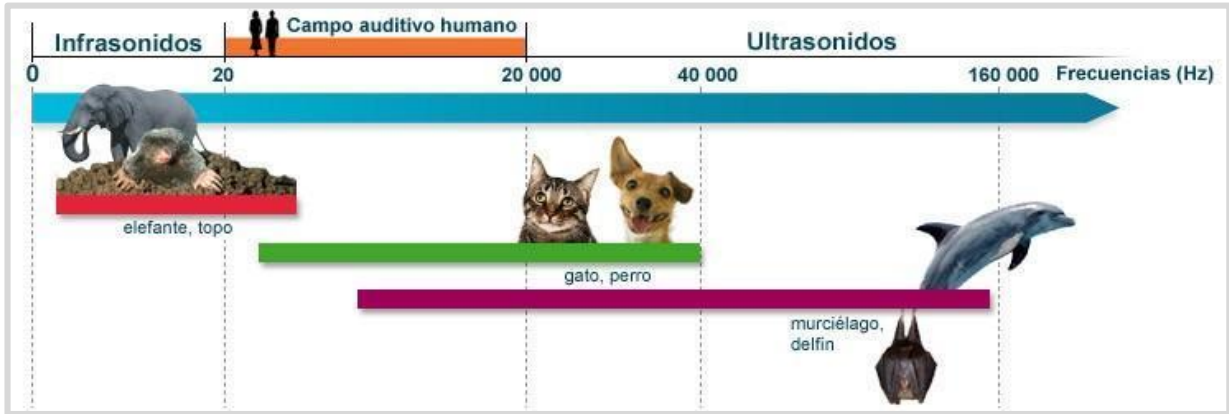
1. الأذن الخارجية: الأذن والقناة السمعية الخارجية.
2. الأذن الوسطى: طبلة الأذن، والعظم، وتجاويف الطبلة والخشاء، وعضلات المطرقة والركاب، وقناة استاكيوس.
3. الأذن الداخلية: الجزء القوقعي، ومسارات الأعصاب، والنوى ومراكز الأعصاب السمعية في الجذع، والمهاد والقشرة.

يعد النظام السمعي ذا أهمية كبيرة في الأنشطة البدنية؛ لأنه مفتاح التحكم في الحركات. إنه يؤثر بشكل أساسي على الرياضة مع حركة التآرجح أو العض، والتي عادة ما نجد فيها اضطرابات سمعية.

سنبدأ بتعريف الصوت. الصوت هو المحفز المناسب للمستقبل السمعي، إنه نوع من الطاقة الميكانيكية تتكون من تغيرات ضغط صغيرة جدًا في البيئة، والتي تنتشر بسرعة عالية (340 م / ث) وفي جميع الاتجاهات من أصلها. هذا المصدر يشكل عادة شيئًا يهت، مثل الحبال الصوتية. تتكرر تغيرات الضغط هذه عدة مرات في الثانية. يُطلق على عدد الاختلافات في الثانية التردد ويُعبّر عنه بالهرتز (ه.ز). يمكن للبشر التقاط ترددات بين 20 و20.000 هرتز، ودون هذه الأرقام، نتحدث عن الموجات فوق الصوتية؛ أعلى منها، الموجات فوق الصوتية. ولا يمكن إدراك أي منهما بالأذن البشرية.

تكون الأصوات نقية عندما تتكون من تردد واحد، أو معقدة عندما تتكون من عدة أصوات (وهي ما نسمعه يوميًا). تردد بضع من الهرتز يكون منخفضًا، وتردد بكثير من الهرتز يكون مرتفعًا. السعة هي بُعد مادي للصوت يشير إلى اختلافات ضغط صغيرة أو كبيرة ويتم قياسها بالديسيبل (ديسيبل). التردد هو بُعد مادي للصوت الذي يسبب الأحاسيس السمعية التي نعرّفها على أنها درجة الصوت.

الشكل 16: ترددات الصوت



المصدر: بلاتريكس، 2018، مأخوذ من <http://www.cochlea.org/es/sonidos/campo-auditivo-humano>

0-20	0-20
Infrasonidos	الموجات تحت الصوتية
elefante topo	الفيل، الخلد
20-20.000	من 20 إلى 20000
Campo auditivo humano	المجال السمعي البشري

20.000-40.000 gato, perro	20.000-40.000 القط، الكلب
40.000-160.000 Ultrasonidos murciélago, delfín	40.000 - 160.000 الموجات فوق الصوتية الخفافيش، الدلفين
160000 Frecuencias (Hz)	ترددات 160.000 (هرتز)

وظائف الأذن الخارجية

تتكون من الأذن والقناة السمعية الخارجية، فهي تسمح للصوت بالوصول إلى الهياكل العميقة للأذن الداخلية، وتحميها من الإصابات من الخارج، وتحدد مصدرها، وهو أمر أساسي للكشف عن مصادر الخطر المحتملة أو الطعام. أخيرًا، هناك خاصية أخرى تتمتع بها الأذن الخارجية وهي الرنين، حيث إنه عندما يصل إلى القناة السمعية الخارجية يخضع الصوت لتعديل في تكوين الترددات؛ مما ينتج عنه زيادة في شدته.

وظائف الأذن الوسطى

تشمل الغشاء الطبلي، والعظام، وعضلات المطرقة والركاب، وقناة استاكيوس، وتجويف الهواء في الخشاء وأغشيته. تتمثل الوظيفة الأكثر أهمية في العمل كمحول صوتي، أي لجعل مرور الطاقة الصوتية من بيئة الهواء الخارجية إلى الوسط السائل الداخلي يتسم بالكفاءة. بدون الأذن الوسطى لن يدخل الصوت إلى سوائل الأذن الداخلية، بل سينعكس مرة أخرى إلى الخارج، دون تحفيز الخلايا المستقبلية. تنتج الأذن الوسطى زيادة في ضغط الصوت الذي يصل إلى النافذة البيضاوية، بسبب الاختلافات في المناطق بين طبلة الأذن وسندان المطرقة والركاب. نظرًا للاختلافات في تأثير السطح والرافعة، فإنه يضخم الصوت 22 مرة من الذي تستقبله النافذة البيضاوية أخيرًا.

تنقل المطرقة اهتزازات الغشاء الطبلي إلى السندان، وهذا إلى الركاب، وأخيرًا إلى النافذة البيضاوية. تفسر الاختلافات السطحية التضخيم.

الأذن الوسطى واعتبارات أخرى

إنه يحمي النافذة المستديرة ويوجه طاقة الصوت بطريقة لا تصل إلا إلى النافذة البيضاوية وتمنعها من الوصول إلى النافذة المستديرة. إذا وصل الصوت في نفس الوقت إلى النافذتين فإنه سيلغي نفسه من خلال العمل على جانبي الغشاء القاعدي للقوقعة (سيكونان موجتين في الاتجاه المعاكس). كما أنه يربط التجاويف الهوائية للأذن الوسطى بالبلعوم الأنفي: فهو يغذي الهواء ويحافظ على توازن الضغط. ينظم الطاقة ويقلل من حركة العظمية لتضخيم الصوت بالكمية المناسبة. بهذه الطريقة يجعل انتقاله إلى الأذن الداخلية قابلاً للحياة ويحميها في نفس الوقت.

الأذن الداخلية

يتكون من جزءين: من ناحية، يمكننا تسمية المتاهة الأمامية أو القوقعة (الجزء السمي)، ومن الجانب الآخر نجد المتاهة الخلفية أو الدهليزية (الجزء الإدراكي من التسارع والدوران). القوقعة لها شكل أنبوب، ملفوفة في حد ذاتها، إذ تشكل أكثر من دورتين على المحور المركزي، مع جدران مصنوعة من العظام الصلبة. يحتوي هذا الهيكل للأذن على سائلين مختلفين، يفصل بينهما أغشية، وهما اللمف المحيطي واللمف الباطني. أخيرًا، يحتوي على الأغشية القاعدية، وأغشية ريزنر، ومنحدرات الطبلية، الإنسي والدهليزي (في الوسط، فوق القاعدي، نجد عضو كورتني).

الشكل 17: تركيب الأذن

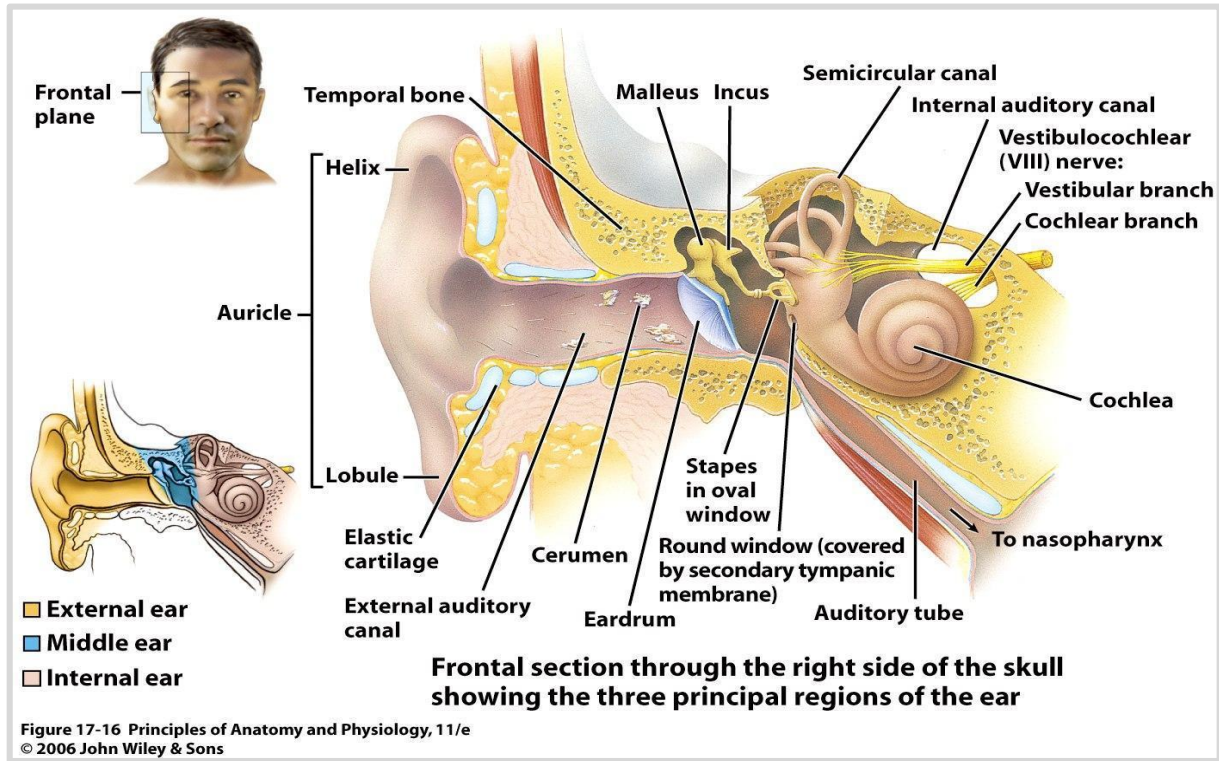


Figure 17-16 Principles of Anatomy and Physiology, 11/e
© 2006 John Wiley & Sons

المصدر: جامعة كانتابريا، بإخلاص وإخوة - <http://fisiologi2014.blogspot.com/2014/09/sentidos-especiales.html>

Frontal plane	المُسْتَوَى الجَبِيّ (الإكثليّ)
External ear	الأذن الخارجية
Middle ear	الأذن الوسطى
internal ear	الأذن الداخلية
Auricle	أذن
Helix	اللولب
Lobule	فصيص
Temporal bone	عظم صدغي
Elastic cartilage	غضروف مرن
External auditory canal	القناة السمعية الخارجية

Malleus Incus	عظيمة المطرقة
Cerumen	الصملاخ (شمع الأذن)
Eardrum	طبلة الأذن
Stapes in oval window	الركاب في نافذة بيضاوية
Round window (covered by secondary tympanic membrane)	نافذة دائرية (مغطاة بغشاء طبلي ثانوي)
Semicircular canal	قناة سفلية
Internal auditory canal	قناة السمع الداخلية
Vestibulocochlear (VII) nerve:	العصب الدهليزي القوقعي (السابع):
Vestibular branch	الفرع الدهليزي
Cochlear branch	فرع العصب القَوَعيّ
Cochlea	قوقعة
To nasopharynx	نحو البلعوم الأنفي
Auditory tube	أنبوب سمعي
Frontal section through the right side of the skull showing the three principal regions of the ear	يظهر القسم الأمامي من خلال الجانب الأيمن من الجمجمة المناطق الرئيسية الثلاثة للأذن
Figure 17-16 Principles of Anatomy and Physiology. 11/e. 2006 John Wiley & Sons	الشكل 16-17 مبادئ علم التشريح وعلم وظائف الأعضاء. 11 / هـ. 2006 جون وايلي وأولاده

ميكانيكا القوقعة

عندما يصل الصوت إلى النافذة البيضاوية عن طريق اهتزازات الركائز فإنه ينتقل عبر اللمف المحيطي لمنحدر الشدق ويجعل غشاء ريزنر يهتز. من خلاله، يهتز أيضًا اللمف الباطن والغشاء القاعدي، الذي يركز عليه عضو كورتي. تصل الاهتزازات إلى اللمف المحيطي من منحدرات الطبلة وأخيرًا النافذة المستديرة. يسمح إغلاق النافذة المستديرة بنقل الاهتزازات عبر القوقعة. عندما يتحرك الغشاء القاعدي، فإنه يشكل "موجات متنقلة" تتكشف حتى الرأس. نظرًا لتشوه الغشاء القاعدي بواسطة هذه الموجات المتنقلة، تحدث تغيرات في عضو كورتي. هذا التشوه الهديبي في عضو كورتي هو آخر حدث ميكانيكي في السمع.

معالجة غير ميكانيكية للسمع

- عضو كورتي: تشكل خلاياه العصب القحفي الثامن أو العصب السمعي الذي يغادر الأذن.
- المهاد: يشمل النوى الركبية الجانبية حسب النغمات.
- القشرة: تتركز حاسة السمع في المناطق 41 و42 في الفص الصدغي.



المصدر: بوش، 2007، مأخوذ من http://www.perceptnet.com/cien09_07.htm

Los sentidos en la corteza cerebral humana	الحواس في القشرة الدماغية للإنسان
Lóbulo frontal	الفص الجبهي
Gusto	الذوق
Surco central	الأخدود المركزي
Tacto	اللمسي
Lóbulo parietal	الفص الجداري
Vista	البصر
Lóbulo occipital	الفص القذالي
Oído	السمع
Lóbulo temporal	الفص الصدغي
Olfato	الشم

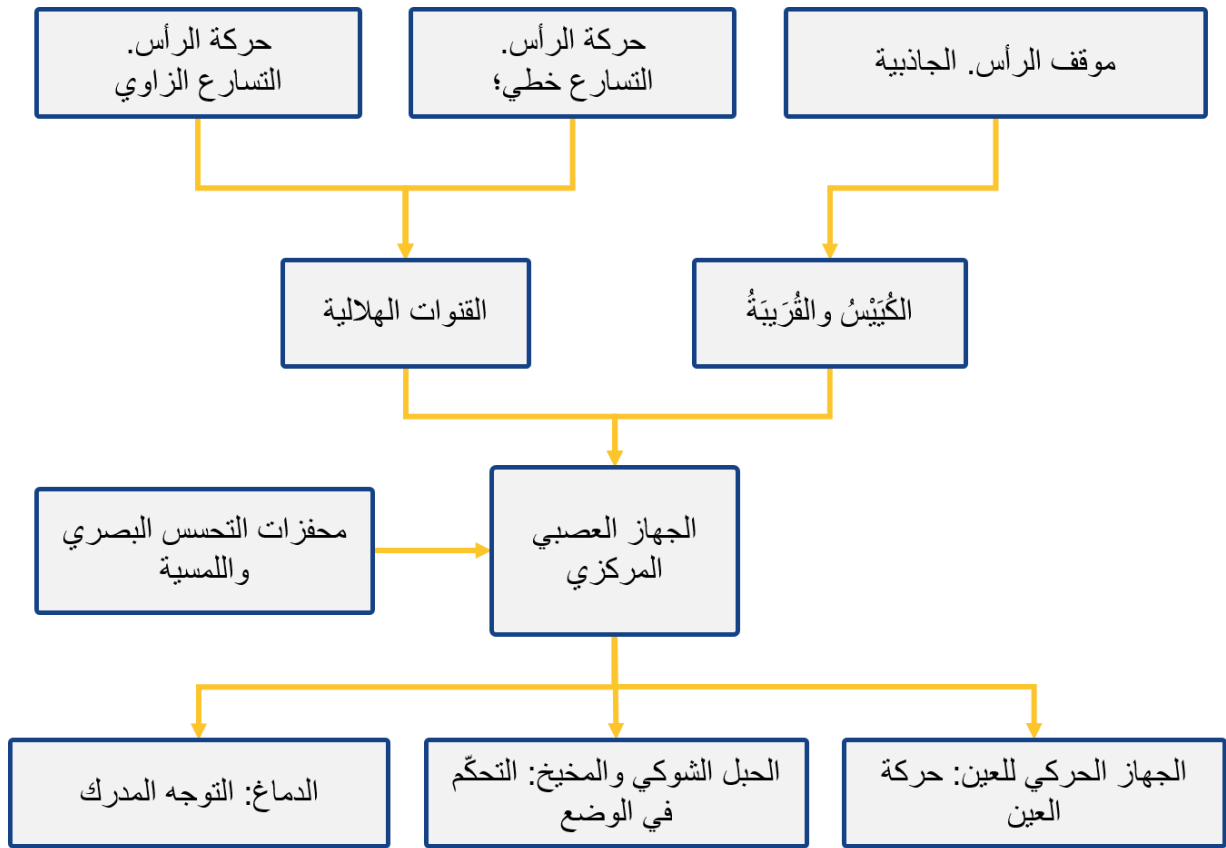
نجد أن نظام التوازن أكثر تعقيدًا من النظام السمعي، ويرجع ذلك أساسًا إلى المكون الحركي. لا يوجد هيكل واحد يفي بهذه العملية. ويتكون النظام من نبضات حسية متعددة من الأعضاء الحسية الطرفية الدهليزية، والنظام البصري، والجهاز الحسي الجسدي، والتحسس التحضيري. يتم بعد ذلك دمج المعلومات على مستوى جذع الدماغ والمخيخ، مع تأثير كبير من القشرة الدماغية (مثل الفص الجبهي والجداري والقذالي). تثير المعلومات المتكاملة مجموعة متنوعة من التفاعلات الحركية النمطية، وحركة العين، والتحكم في الوضعية، ونبضات الإخراج الإدراكية.

وظائف الجهاز الدهليزي هي:

1. إبلاغ الجهاز العصبي المركزي بأي تسارع أو تباطؤ زاوي أو خطي.
2. تساعد في التوجيه البصري من خلال التحكم في عضلات العين.
3. السيطرة على توتر العضلات والهيكل العظمي للحفاظ على الموقف السليم.

بعد ذلك، نقدم رسمًا تخطيطيًا يوضح دور الجهاز الدهليزي في التحكم في الموقف وحركات العين وإدراك الاتجاه.

الشكل 19: مخطط تكاملي للنظام السمي



المصدر: اجتهاد شخصي.

المعلومات التي تقدمها المتاهة هي:

معلومات حول موضع الرأس في الفضاء.

(وظيفة ثابتة: مستقبلات البقعة الصفراء).

معلومات عن حركات الرأس.

(الوظيفة الحركية: المستقبلات الأمبولية).

التحول الذي ينشأ من المراحل المختلفة داخل التنبيه الدهليزي من خلال رسالة حسية مشفرة على مستوى العصب الدهليزي، هناك:

1. تغيير المحفز بواسطة هياكل المتاهة اعتمادًا على الخصائص الميكانيكية والهيدروديناميكية المختلفة.

2. التبنيغ (التحويل) الحسي الميكانيكي مع ظهور مستقبلات محتملة.

3. تشكيل جهد مولد ما بعد المشبكي وإمكانية الفعل.

القنوات نصف الدائرية مرتبة في أزواج:

1. قناتان أفقيتان.

2. قناة علوية وقناة خلفية مقابلة.

3. القناة الخلفية والقناة العلوية المقابلة.

الأعضاء الحجرية، والتي تعمل وظيفيًا في أزواج. هنا، توجد البقعتان القُرَيْتَتان بالقرب من المستوى الأفقي، في حين تظهر اللطاقتان الكيسيتان في المستوى العمودي، حيث يكون زاويتهما حوالي 30 درجة إلى الداخل بالنسبة للمستوى السهمي.

وظيفة القنوات نصف الدائرية

في اللحظة التي يتم فيها قلب الرأس، يصبح اللمف الباطن غير متحرك بسبب القصور الذاتي، وبالتالي يحرك الجيلاتين في الأمبولة عن طريق دفع وإمالة المجسمات إلى جانب واحد. نظرًا لتمائل القنوات نصف الدائرية الموجودة على كلا الجانبين، في مكان واحد، تميل المجسمات نحو الكينوسيلو، مما يزيد من إفراز العصب الدهليزي، كل ذلك في هذا الموقع، وبالتالي على الجانب الآخر، تميل نحو الاتجاه عكس الكينوسيلو، مما يقلل من إفراز العصب الدهليزي.

في حالة الراحة، يُظهر العصب الدهليزي نشاطًا يقارب 50 جهد عمل في الدقيقة على كلا الجانبين. يحدث هذا لأن النوى الدهليزي تقدم اتصالات تمنع النوى المقابلة، ولكن عندما يكون النشاط متساويًا على كلا الجانبين يتم إلغاؤه. بمجرد أن يلتف الرأس يزداد النشاط من جانب واحد، وبالتالي يقل الجانب الآخر. يُنظر إلى هذا النوع من عدم التوازن بشكل شخصي على أنه دوران للرأس، مما ينتج عنه حركات في العين للتعويض.

تتوسط ما يسمى بالقنوات نصف الدائرية (CSC) في المنعكس الدهليزي العيني. يؤدي هذا الانعكاس وظيفة الحفاظ على ثبات النظرة في نفس النقطة. عندما تتمكن وحدات CSC من تحديد موقع دوران الرأس، ترسل نوى الدهليز إشارات إلى تلك النوى المسؤولة عن التحكم في حركات العين، وبالتالي فإنها تحركها في الاتجاه المعاكس لاتجاه الرأس، مما يسمح بالتعويض بين الحركة واستمرار النظر إلى نفس النقطة.

وظيفة القريبية والكُيسية



يُعرف تدخل القريبية والكئييسية في ردود الفعل المنعشة باسم هياكل الجهاز الدهليزي. تجد هذه الهياكل الموضع الثابت للرأس فيما يتعلق بالرأسي (تحدد القنوات نصف الدائرية (CSC) وتبلغ فقط تلك الحركات التي تنتج الدوران، وليس المواضع الثابتة).

يُعرف كل من القريبية والكئييسية بأكياس الغشاء، والتي تمتلئ بالإندورفين. إنها تمثل منطقة أو ترسيماً للجدار مبطنه بظهارة من خلايا الشعر. هذه الخلايا مغطاة بالجيلاتين، حيث ترسب بلورات كربونات الكالسيوم. وتنزلق إلى جانب واحد بسبب وزنها، وعند إنشاء هذا الفعل، تقوم بإمالة الستريوسيليا إلى جانب واحد.

عندما تميل هذه وتوجه نحو كينوسيليوم، فإن الخلية تزيل الاستقطاب. ترجع هذه العملية إلى حقيقة أن الستريوسيليا مرتبطة بالستريوسيليا المجاورة بواسطة الخيوط. ترتبط هذه الخيوط بقنوات البوتاسيوم في الغشاء. في اللحظة التي تنحني فيها الستريوسيليوم نحو الكينوسيليوم يتم شد الخيوط، وبالتالي فتح قنوات البوتاسيوم؛ لأن تركيز البوتاسيوم في اللف الجواني مرتفع، يدخل البوتاسيوم إلى الخلية وبالتالي يزيل الاستقطاب عنها. في حالة إمالة الخلايا المجسمة في الاتجاه المعاكس، فعلى العكس من ذلك، تصبح الخلية مفرطة الاستقطاب. وبالتالي، تكتشف القريبية والكئييسية ما إذا كان الرأس مائلاً.

ردود الفعل الوضعية المنشطة

ردود الفعل المنعكسة الوضعية هي مجموعة من ردود الفعل التي تتمثل وظيفتها في الحفاظ على الوضع المنتصب للرأس والجسم فيما يتعلق بالوضع الرأسي. يتم التحكم فيها بواسطة نوى جذع الدماغ، بحيث يمكن دراستها بشكل أكثر وضوحاً في الإعداد الطائش، حيث يتم فصل جذع الدماغ عن المستويات العليا. تستخدم ردود الفعل الوضعية المنعشة، من ناحية، معلومات من الجهاز الدهليزي تشير إلى موضع الرأس في الفضاء (ردود الفعل الدهليزي)، ومن ناحية أخرى، معلومات من المستقبلات في عضلات الرقبة تشير إلى ما إذا كان قد تم ثني العنق أو تدويره (ردود فعل عنق الرحم). تعمل المنعكسات المنعكسة على موضع العنق (رد الفعل الدهليزي العنقي والرقبي العنقي) والأطراف (رد الفعل الدهليزي النخاعي والعمود الفقري العنقي). تتمثل الوظيفة الفسيولوجية لردود الفعل الدهليزي العنقي والعمود الفقري العنقي في الحفاظ على موضع الرأس.

يميل منعكس الدهليزي العنقي إلى منع السقوط عندما يكون الشخص على سطح مائل، ويلغي المنعكس الرقبي العنقي الانعكاس الدهليزي العنقي عندما يتحرك وضع الرأس عن طريق ثني الرقبة.

<https://es.scribd.com/presentation/41767890/REFLEJOS-TONICOS-DE-CUELLO>.

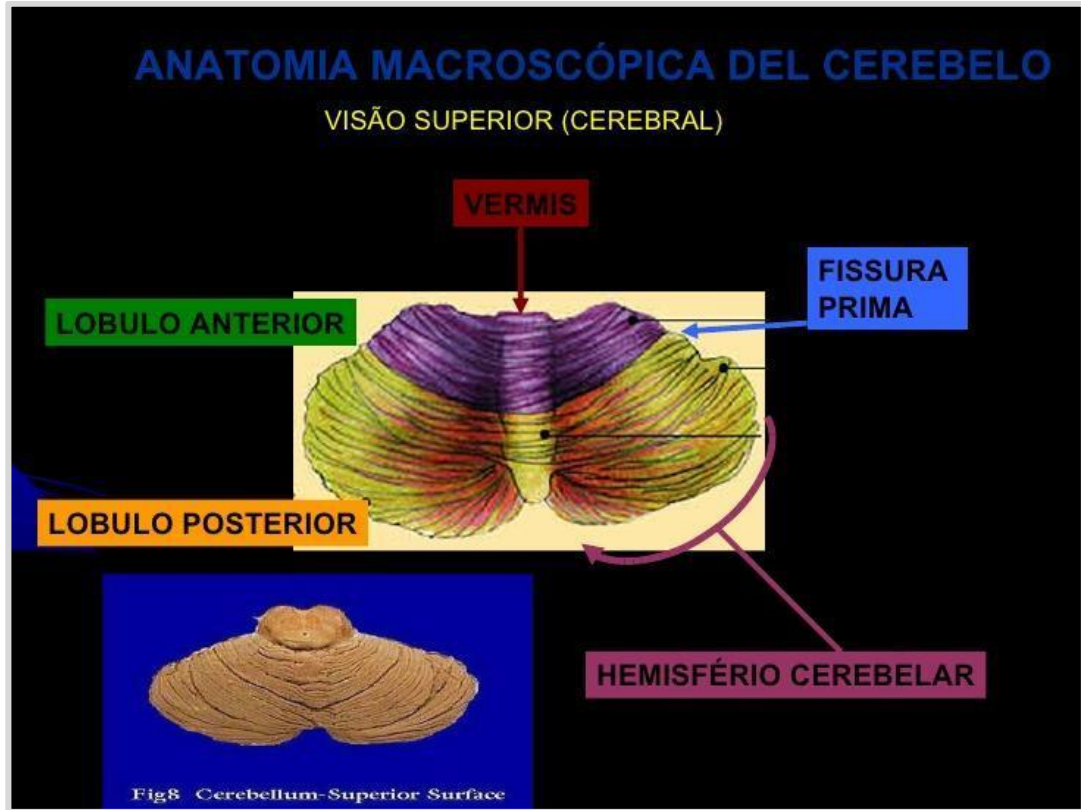
الدهليز والمخيخ

من الناحية التشريحية، يرتبط مع العقيدات. إنه ذو أهمية كبيرة في التعاون مع النوى الدهليزية في الوظائف التي تتضمن الحفاظ على التوازن وكذلك في تعديل منعكس الدهليز العيني.



تولد الآفات التي تحدث في الدهليز والمخيخ أعراضًا مشابهة لتلك الموجودة في النوى الدهليزي على الجانب المقابل. يحدث هذا، نظرًا لحقيقة أن قشرة المخيخ الدهليزي تمنع النوى الدهليزية المماثلة، وبالتالي إصابة الدهليز المخيخ تولد فرط نشاط دهليزي مماثل، أي آفة في نوى الدهليز المقابلة.

الشكل 20: الانقسام المورفولوجي للمخيخ



المصدر: <https://es.slideshare.net/rodolphofranco/snc-cerebelo>

ANATOMÍA MACROSCÓPICA DEL CEREBELO	تشريح مجهري للدماغ
VISAO SUPERIOR (CEREBERAL)	الرؤية الفائقة (المخ)
VERMIS	الدودة
LÓBULO ANTERIOR	الlobi الأمامي
FISSURA PRIMA	الشق الأولي
LÓBULO POSTERIOR	الفص الخلفي
HEMISFÉRIO CEREBELO	نصف الكرة المخية
Fig 8: Cerebellum-Superior Surface	الشكل 8: سطح المخيخ العلوي

المراجع

- أكوستا، إم وفابريسيو، ج. (2013). تمارين فنكل ومدى حدوثها في تحسين المرضى الذين تتراوح أعمارهم بين 40 إلى 70 سنة مع الدوار الوضعي. نطاق الجامعة التقنية. كلية العلوم الصحية. مهنة العلاج الطبيعي.
- ألفارادو، ج. (1997). تحليل معالجة التحفيز البصري. أطروحة الدكتوراه جامعة كومبلوتنسي بمدريد. كلية علم النفس. منهجية قسم العلوم السلوكية.
- ألفارادو، س. (2015). مشاكل بصرية. جامعة باباهويو التقنية.
<http://problemasopticosbiologia.blogspot.com/2015/08/problemas-opticos.html>
- بارينيس، ل. أجزاء من الدماغ. هل تعرفهم جميعًا؟ [إدخال مدونة] تم استرداده من
<https://supercurioso.com/partes-del-cerebro-las-conoces-todas>
- ^ بلاتريكس، س. (6 يونيو 2018). المجال السمعي البشري [مقال على الإنترنت] تم الاسترجاع من
<http://www.cochlea.org/es/sonidos/campo-auditivo-humano>
- بوش، م. (25 سبتمبر 2007). رؤية الأصوات وسماع الصور: التكامل المتعدد الحواس. الجزء الأول: الظواهر المذهلة والفرضيات القديمة [مدونة] تم استردادها من
http://www.percepnet.com/cien09_07.htm
- دي سانتو، م. (2011). علوم الأعصاب والمهارات الحركية البشرية. كوردوبا.
http://www.institutocae.edu.ar/datos/adjuntos/adj_223_2.pdf
- إنريكي (24 أكتوبر 2013). اللون. دعوة. [إدخال مدونة] تم استرداده من
<https://vidauniversoydemas.wordpress.com/2013/10/24/color-una-invitation>
- نابولي، ج. (2013). التنظيم العصبي للجهاز البصري.
<https://es.scribd.com/presentation/143415734/ORGANIZACION-NEURONAL-DEL-SISTEMA-VISUAL-ppt>
- مدير الأخبار (.s.f.). تشريح العين ويكي. تم الاسترجاع من <http://newsmasters.info/anatom> من EDa-del-ojo-wiki
- بينيدا، أ. (2010). ردود فعل منشط الرقبة. REFLEJOS- TONICOS-DE-CUELLO.
[https://es.scribd.com/presentation/41767890/REFLEJOS- TONICOS-DE-CUELLO](https://es.scribd.com/presentation/41767890/REFLEJOS-TONICOS-DE-CUELLO)
- بورفس، د. (2007). علوم الأعصاب. بوينس آيرس: عموم أمريكا.
- الصحة والبيلاتس (3 يوليو 2015). علاج اللفافة العضلية [إدخال مدونة] تم استرداده من
<https://saludypilates.com/terapia-miofascial>
- شليب، ر. ومولر، دي جي. (2013). مبادئ التدريب للأنسجة الضامة اللفافة: الأساس العلمي والتطبيقات العملية المقترحة. 23294691/<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
- جامعة كانتابريا (-/2.bp.blogspot.com/s.f.). <http://2.bp.blogspot.com/-/2.bp.blogspot.com/s.f.>
- 2Boido.png%EdC6hSDAQWw/VAvxXE0438I/AAAAAAAABGU/_7rz97u55Z4/s1600/anatomia
- ويكيبيديا (بدون تاريخ). تشارلز سكوت شيرينجتون [مقالة عبر الإنترنت] تم الاسترجاع من
https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Scott_Sherrington