الدورة 1. القشرة الحركية ومسار القشرة الشوكية

الوحدة 1.1 المناطق الحركية

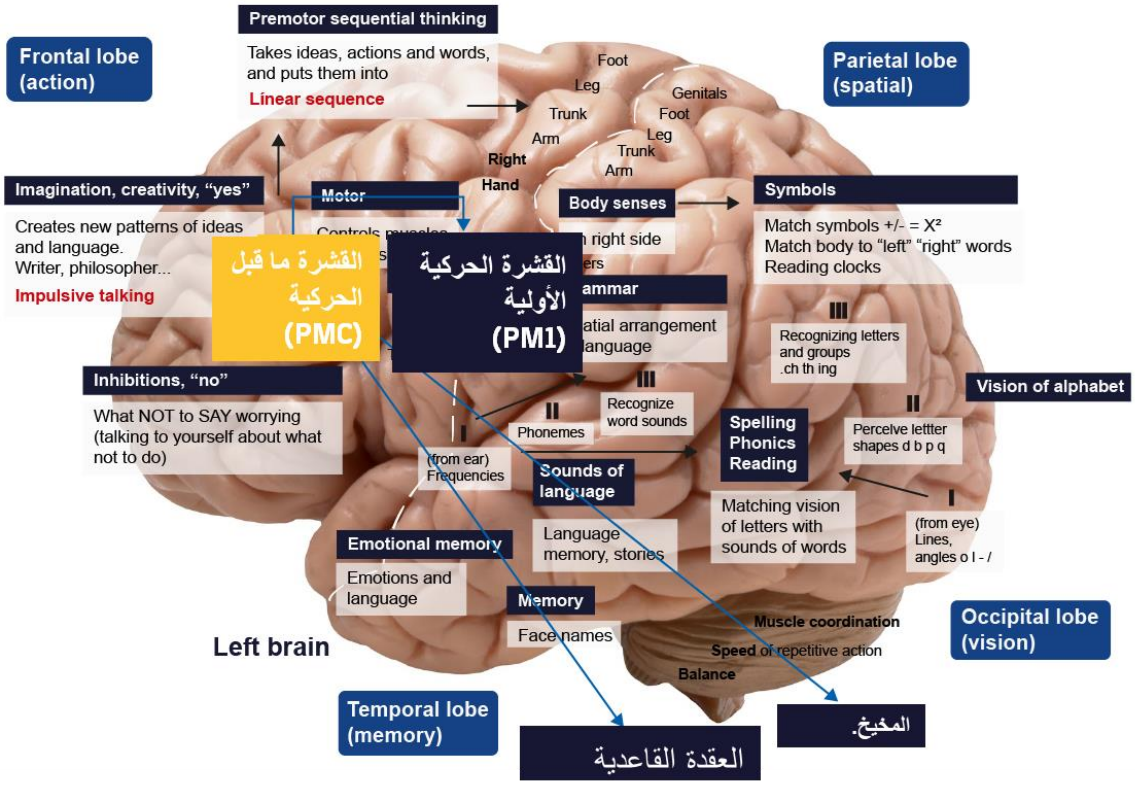
المناطق الحركية

1.1.1 أبعاد برنامج الحركية

بعد أن يتم القرار النهائي بالاعتراض أو بدء برنامج الحركية في المنطقة التمهيدية للحركية التكميلية (pre-AMS) يتم توزيعه على قطاعات مختلفة من المادة السوداء المدمجة (SNC). من بين الوجهات الرئيسية نقوم بتضمين ما يلي دون استبعاد إمكانية الآخرين (وظائفها تختلف وكلها مهمة):

- منطقة الحركية الأساسية.
- المخيخ.
- النوى القاعدية.

الشكل 1: أبعاد برنامج الحركية



المصدر: اجتهاد شخصي

Left Brain	يسار الدماغ
Frontal Lobe (action)	الفص الجبهي (تنفيذ)
Premotor sequential thinking Takes ideas, actions and words, and puts them into Linear sequence	التفكير المتسلسل الحركي يأخذ الأفكار والأفعال والكلمات، وينظمها في تسلسل خطي
Imagination, creativity, "yes" Creates new patterns of ideas and language Writer, philosopher... Impulsive talking	خيال، إبداع، "نعم" يخلق أنماطًا جديدة من الأفكار واللغة: كاتب، فيلسوف ... الاندفاع في الكلام
Inhibitions, "no" What NOT to SAY worrying (talking to yourself about what not to do)	التثبيط، "لا" ما لا يجب قوله القلق (التحدث مع نفسك حول ما لا يجب فعله)
Motor controls muscles on Right side Foot Leg Trunk Arm Right Hand Face Lips Tongue	حركي يتحكم في عضلات الجانب الأيمن القدم الساق الجذع الذراع اليد اليمنى الوجه الشفتان اللسان

الأعضاء التناسلية القدم الساق الجذع الذراع الأصابع الوجه الشفتان	Genitals Foot Leg Trunk Arm Fingers Face Lips
1. (من الأذن) الترددات الذاكرة العاطفية 2. الصوتيات 3. التعرف على أصوات الكلمات	I. (from the ear) frequencies Emotional memory II. Phonemes III. Recognize Word sounds
حواس الجسد على الجانب الأيمن	The body's senses On the right side
حرف أو رمز رموز الرياضيات (+ / - = 2x) رموز المطابقة للكلمات "اليسرى" "اليمنى" قراءة الساعات	Symbols Math symbols + / - = x2 Match body to "left" "right" words Reading clocks
أصوات اللغات ذاكرة اللغات والقصص ذاكرة الوجه والأسماء الفص الصدغي (الذاكرة) قراءة التهجئة الصوتية مطابقة رؤية الحروف مع أصوات الكلمات	Sounds of languages Languages memory, stories Memory Face, names Temporal lobe (memory) Spelling Phonics Reading Matching vision of letters with sounds of words

رؤية الأبجدية 1. (بالعين) الخطوط والزوايا: I o - / 2. إدراك أشكال الحروف د ب ف س 3. التعرف على الحروف والمجموعات جي شي تشي	Vision of alphabet I. (from eye) Lines, Angles o I - / II. Perceive letters shapes d b p q III. Recognizing letters and groups .ch th ing
قواعد الترتيب المكاني للغات	Grammar Spatial arrangement of languages
تنسيق العضلات سرعة العمل المتكرر توازن المخيخ	Muscle coordination Speed of repetitive action Balance Cerebellum
الفص الجبهي (التنفيذ) الفص الجداري (المكاني) الفص القذالي (الرؤية) الفص الصدغي (الذاكرة)	Frontal lobe (action) Parietal lobe (spatial) Occipital lobe (vision) Temporal lobe (memory

الوصف العام لتلك الوجهات

يبدو أن الوجهة المباشرة هي القشرة الحركية الأساسية أو منطقة رقم 4 لبرودمان، وتسمى أيضًا 1PM. ومع ذلك، هناك وجهتان أخريان تتلقيان أيضًا بيانات من برنامج الحركية أو النسخة الصادر (القيمة المتوقعة): العقد القاعدية والمخيخ. تُعد العقد الموجودة في القاعدة مسؤولة عن تناغم العضلات، والتسارع، والتوقف، في حين يكون المخيخ مسؤولًا عن إجراء التصحيح والتعديلات اللازمة، أو تغيير البرنامج، إذا لزم الأمر.

يشير أحد الجوانب الأكثر إثارة إلى بدء العمل الطوعي وتطوره الفوري، والذي يتضمن التواصل بين قشرة ما قبل الحركية والقشرة الحركية الأساسية. في الوقت الحالي، إن الاتصال الذي يهمنا يكمن بين القشرة ما قبل الحركية ((PMC وقشرة الحركية الأولية (1PM). هذا هو الاتصال الذي يُطلق الحركية ويعزز الإجراء نفسه، على الرغم من أن الوجهتين الأخريين لبرنامج الحركية مهمتان أيضًا، خاصة لفهم التحكم في الحركية، الذي سنقوم بتحليله لاحقًا.

منطقة الحركية الأساسية

منطقة الحركية الأساسية هي المسؤولة عن حركات البداية، وإرسال الإشارات الصادرة إلى النوى الحركية للنخاع الشوكي. كما سيتم تفصيله في الموضوع التالي، لا تعمل القشرة الحركية الأولية 1PM بمفردها، ولكنها الخطوة الأخيرة قبل أن يصل التأثير إلى النخاع. تستقبل منطقة الحركية الأساسية إشارات من منطقة ما قبل الحركية، وهي المسؤولة عن تخزين البرامج الحركية التي ينشئها الفرد طوال تاريخه الحركي.

لا تستطيع منطقة الحركية الأساسية إرسال الحركية الصادرة إذا كانت منطقة الحركية الإضافية لا تسمح ببدء الإجراء أولًا. هناك هياكل عصبية أخرى ترسل مدخلات إلى القشرة الحركية الأولية 1PM، وسيتم تفصيلها في مواضيع أخرى في هذه الدورة.

النوى القاعدية

من الناحية الفسيولوجية، العقد الموجودة في القاعدة هي: النواة المذنبة، والبطانة، والشاحبة الكروية، والمادة السوداء، وتحت المهاد الفرعي. ومع ذلك، تعمل أجزاء مهمة من المهاد، والتكوين الشبكي، والنواة الحمراء بشكل وثيق مع العقد الأخرى.

لعقد القاعدة وظائف تؤثر على حركات العضلات. هذه "من شأنها أن تحتوي على ذخيرة من الحركية الأوتوماتيكية (التلقائية) أو الصور الذهنية engrams[1] التي -وفقًا للسياق- من شأنها أن تُشغّل تدخل العضلات المعنية بالحركة" (ريغال، 1987، ص 86).

المخيخ

هو أحد الأعضاء التي يتكون منها الدماغ. وهو مسؤول عن تنظيم توتر العضلات وتوازنها (منشّط) وتسهيل الحركات عن طريق التنشيط المسبّق للعضلات (ريغال، 1987).

يشارك المخيخ في التكامل الحسّي الحركي، وبالتالي يفضّل التحكم في الحركية. العمليات التي يقوم بها هذا الجهاز بشكل عام ليست خاضعة للضمير؛ لأنها أعمال خاضعة لما تحت القشرة.

من الواردات التي يتلقاها المخيخ من المستقبلات المختلفة يمكن له أن يقوم بالحركة، وبالتالي يولّد تعديلات صغيرة، أو يغير العمل الحركي؛ وذلك لأن هذا العضو يتلقى نسخة آلية للحركة المبرمجة مسبقًا ويقارنها باستمرار بما يتم تنفيذه (سنيل، 1999).

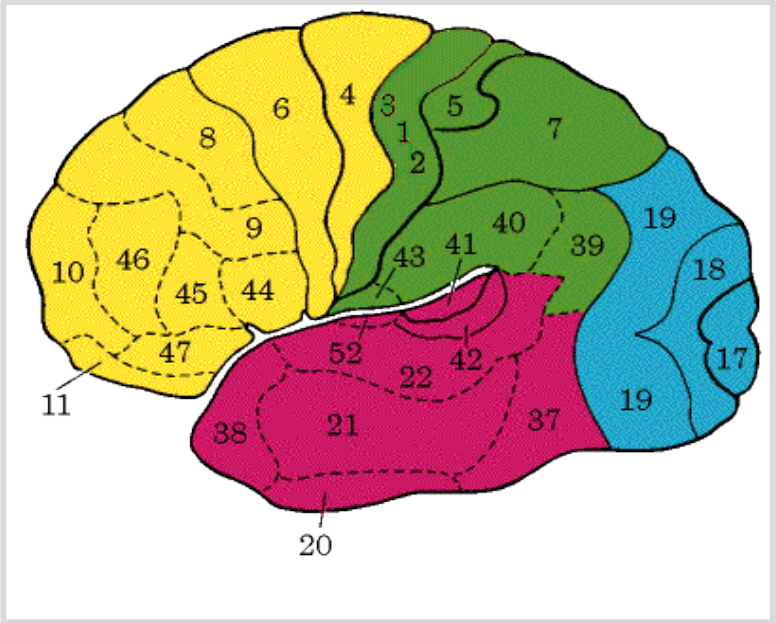
1.1.2 القشرة ما قبل الحركية**(PMC)** والقشرة الحركية الأولية PM1 ، عازف البيانو واللحن الحسي الحركي

على الوجه الأمامي لشق رولاندو Rolando (الثلم المركزي)، يوجد التلفيف قبل المركزي، حيث يمكن العثور على المنطقة الحركية الأساسية (1PM). تتميز المنطقة الأولية بـ"الغياب شبه الكامل للطبقات الحبيبية وهيمنة الخلايا العصبية الهرمية" (سنيل، 1999، ص 297).

يمكن تقسيم المنطقة الأولية إلى منطقتين: المنطقة الأمامية والمنطقة الخلفية. في المنطقة الأمامية توجد منطقة ما قبل الحركة، والتي تشمل منطقة برودمان رقم 6 والأجزاء 8 و44 و45، في المنطقة الخلفية توجد منطقة الحركية الأساسية أو منطقة برودمان رقم 4. عندما يتم تحفيز هذا القطاع كهربائيًا يتم إنتاج الحركات على الجانب الآخر من الجسم، وهي نتاج تقلصات العضلات الناتجة عن هذا التحفيز.

[1] إن إنغرام عبارة عن وحدة للمعلومات المعرفية داخل الدماغ يُفترض أنها الوسيلة التي يتم من خلالها تخزين الذكريات كتغيرات فيزيائية أو كيميائية حيوية في الدماغ (والأنسجة العصبية الأخرى) استجابةً للمنبهات الخارجية.
https://en.wikipedia.org/wiki/Engram_(neuropsychology)

الشكل 2: مناطق برودمان



المصدر: أونام (س. ف) مسترجع من. http://www.facmed.unam.mx/Libro-NeuroFisio/10-Sistema%20Motor/10a-Movimiento/FigsCerebro/Brodmann-01.gif

في منطقة ما قبل المركزية يتم تمثيل مناطق الحركة بطريقة مقلوبة (سنيل، 1999). يتم شرح ذلك على النحو التالي: في الجزء السفلي من القشرة المخيّة قبل المركزية توجد الهياكل المسؤولة عن البلع؛ مثل اللسان، والفكين، والحنجرة، وغيرها من البنيات مثل الجفون، والحواجب، والشفتين. بالانتقال إلى الأعلى يمكنك العثور على مساحة كبيرة تتعامل مع حركات الأصابع، والمعصم، والمرفق، والكتفين، والجذع. في أعلى قطاع من القشرة ما قبل المركزية يتم تمثيل حركات الوركين، والركبتين، والكاحلين. سيعتمد حجم المنطقة التي تتحكم في كل حركة على الدقة والمهارة التي تتطلبها كل حركة؛ فكلما كانت الحركات دقيقة لجزء معين زاد البعد الحجمي الذي سيمثله في هذه المنطقة (انظر إلى الجسم الصناعي الحركي homúnculo motriz).

في إشارة إلى ما سبق، يمكننا القول إن المنطقة 4 هي المسؤولة عن بدء تحركات أجزاء الجسم المختلفة، على الرغم من أن هذا لا يعني تحت أي ظرف من الظروف أنها تعمل بمعزل عن غيرها. قشرة الحركية الأولية (1PM) "هي المحطة النهائية لتحويل التصميم الحركي إلى تنفيذ " (سنيل، 1999، ص 299). لا تُنشئ القشرة الحركية الأولية (1PM) نمط الحركة، بل تقوم بتنفيذه حسب المعلومات التي تتلقاها من الهياكل مثل عقد القاعدة، والمخيخ، والمهاد، والقشرة الحساسة.

لشرح عمل القشرة الحركية الأولية (1PM) يمكننا مقارنة هذه البنية بلوحة مفاتيح البيانو، حيث تمثل المفاتيح العضلات وأين سيعتمد عمل هذه -في الحركة- على المفاتيح التي يعزفها الموسيقي. سيكون لكل عضلة عدد معين من المفاتيح، وكلما زاد عدد الوحدات الحركية زادت مفاتيح العضلات المعنية. سيعتمد عدد الوحدات الحركية التي تُعَصِّبُهَا على دقة الحركات التي تؤديها (سيتم توسيع هذا في القسم الخاص بالجسم الصناعي الحركي " homúnculo motriz").

لا تحتوي منطقة ما قبل الحركية على خلايا بيتز Betz الهرمية العملاقة؛ لأن وظيفتها المحدّدة ليست أن تكون مسؤولة عن تنفيذ الحركات، ولكن لتخزين البرامج الحركية التي يتم إنتاجها من التجارب الحركية في الماضي. تستقبل القشرة ما قبل الحركية ((PMC مدخلات حسّية متعددة من هياكل عصبية مختلفة مثل المهاد والعقد القاعدية.

بالإضافة إلى المناطق المحددة المسؤولة عن الإخراج الحركي، فإن الطريقة التي يتم بها إدخال المعلومات في القشرة الدماغية هي حقيقة أخرى ذات أهمية كبيرة. إحدى القضايا التي يجب مراعاتها هي أنه عندما تصل المعلومات إلى منطقة

الإسقاط الأولية فإنها لا تفعل ذلك بشكل عشوائي، ولكنها تتبع مسارًا محددًا للغاية في الطبقات الحبيبية. تفصيل آخر مثير للاهتمام لمناطق الإسقاط الأولية هو وجود تضاريس مسؤولة عن توزيع المستقبلات في المحيط. على سبيل المثال: في منطقة الإسقاط البصري الأولية أو منطقة برودمان رقم 17 يتوافق كل قطاع من شبكية العين مع مجموعة معينة من الخلايا العصبية (تتوافق قضبان الشبكية مع قطاع من منطقة الإسقاط الأولية (PPA) الأبعد، في حين تتوافق الأقماع مع قطاع أعمق أو مركزي). في هذه المناطق من الإسقاط الأولي يتم ترتيب الوصول إلى المعلومات ويتبع أيضًا تحفيز الخلايا العصبية التي تشكلها ترتيبًا محددًا. كما يتبع تجميع هذه المعلومات بين الطبقات الحبيبية ترتيبًا دقيقًا. هناك نظام هيكلي ووظيفي لتحسين جودة التقاط المعلومات (سنيل، 1999).

أخيرًا، فيما يتعلق بمقاربة موضوع البرمجة العصبية الحركية نقترح -نظرًا لتعقيدها- مقارنتها بالمسرحية. المسرحية تبقى دون تغيير على مر السنين؛ السيناريو، والمشاهد، والشخصيات، كلها تحتمل إدخال تعديلات طفيفة عليها. ولكن إذا كان من مثّلوا فيها ضروريين ولا يمكن الاستغناء عنهم فعندئذ عندما يكبرون ويموتون لا يمكن أن تستمر المسرحية. ولهذا السبب بالتحديد تكون الجهات الفاعلة مشروطة، وهي مؤقتة، أي أنها قد تكون أو لا تكون؛ بدلاً من ذلك، ما هو أساسي هو العمل نفسه، أي برنامج الصورة الذهنية engram . في الواقع، الأبطال أو الممثلون هم العضلات، ويقرر فعل البرمجة العضلة التي تقوم بتنفيذ المسرحية. إذا كانت العضلة ضرورية وواجهت بعض المشكلات مثل المرض أو القصور فلن نتمكن من عرض برنامج الصورة الذهنية engram بعد الآن، وسيشكل هذا عيبًا كبيرًا في التاريخ التطوري. على العكس من ذلك، فمن المزايا أن الوحدة المشروطة هي العضلات وغير المشروطة هي الصور الذهنية engram. البرمجة هي اتخاذ قرارات بشأن بطل الرواية كعامل ثابت أو صورة ذهنية engram؛ باختصار، إنه تجميع تسلسل حركي لممثلين تم تحديدهم مسبقًا ألا وهي العضلات المختلفة التي تطور الحركة. عندما تعطي منطقة الحركية التكميلية "الضوء الأخضر" لبدء الإجراء - أي أنه يفتح أو يسمح ببدء الحركة - يتم توصيل البرنامج الحركي أو نقله إلى القشرة الحركية الأساسية ليبدأ التطور بالتتابع. بهذه الطريقة تنتقل المعلومات المثيرة عبر الحبل الشوكي إلى مجموعات عضلية مختلفة، بحيث تنتشر الحركة في النهاية.

يقترح البعض مقارنة البرنامج الحركي باللحن الحركي، كما عبر عنه ألكسندر لوريا (1973)، الذي فهم البرنامج الحركي على أنه تسجيل موسيقي ينتج في الدماغ. سيكون تنفيذ هذه النتيجة هو اللحن المسؤول عن التنشيط العضلي أو العضلات، والذي من شأنه أن يؤدي دور الموسيقيين، ويوجهه المخيخ.

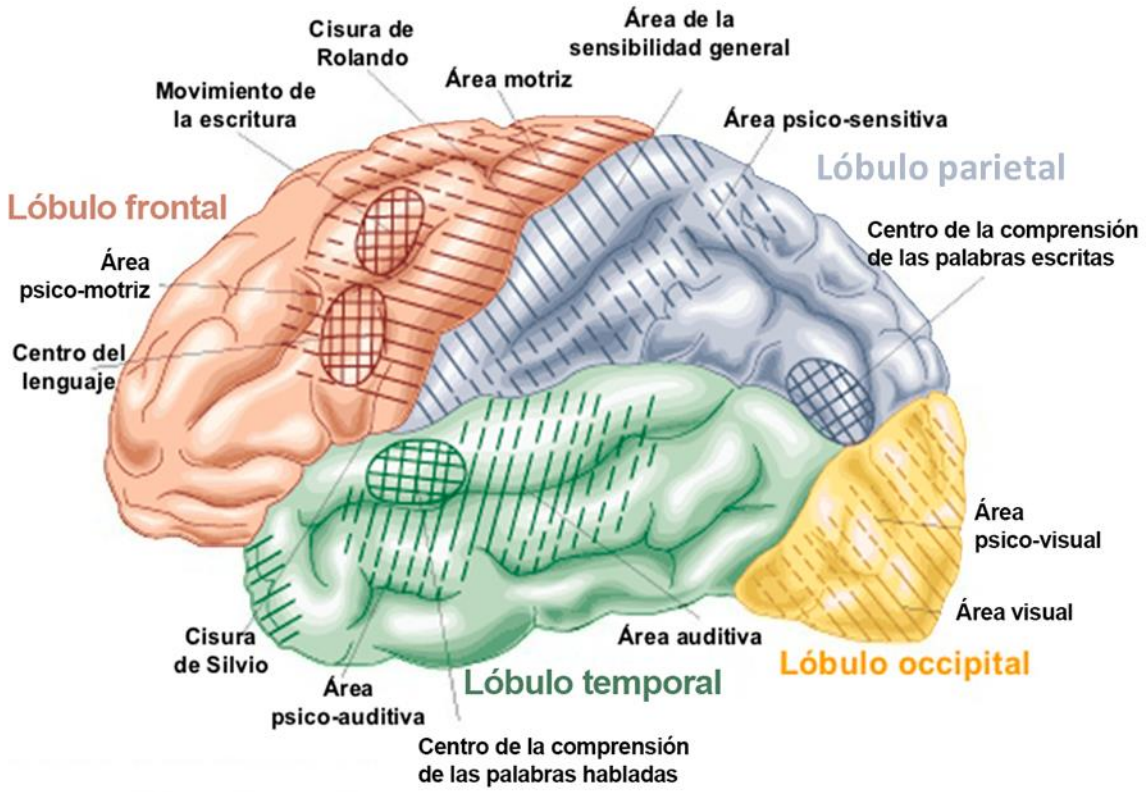
عند الوصول إلى نهاية الفعل الحركي، وعندما يكون البرنامج الحركي جاهزًا يتم إرسال عدة نسخ إلى قطاعات مختلفة من الجهاز العصبي، حتى قبل أن تتوقف الحركة عن منعها من قبل المنطقة الحركية الإضافية وتبدأ في الظهور حركيًا من منطقة الحركية الأساسية. تتلقى عقد القاعدة البيانات المتعلقة بالبرنامج الحركي قبل البدء في تنفيذه وتبدأ نغمتنا العضلية في التعبير بحيث يتم الحفاظ على جودة الحركة بخلفية فعالة (من بينها النواة الحمراء التي تحكم نشاط جاما). كما سيتلقى المخيخ نسخة ليتمكن من تنظيم الفعل الحركي ومقارنة الفعل في الممارسة مع النموذج "المثالي".

بمجرد اختيار برنامج الحركية من قبل القشرة ما قبل الحركية ((PMC، تصبح القشرة الحركية الأولية 1PMجاهزة لتجنيد وحدات الحركية. تدخل منطقة الحركية التكميلية (SMA) حيز التنفيذ، وهي المسؤولة عن منح القشرة الحركية الأولية 1PM الإذن بالتصرف، أو تأخير بدء الحركة، أو إلغاء العمل الحركي مباشرة. يمكننا القول إن منطقة الحركية التكميلية (SMA) هي التي تصرّح لعازف البيانو ببدء وظيفته.

في عمليات تعلم الحركات الجديدة سيشمل تنفيذ هذه الحركات نشاطًا مهمًا للوعي، في حين لن تكون العمليات الواعية أثناء البرمجة ولكن في وقت تنفيذ هذه الإيماءة، أو الحركة، أو الإجراء الجديد. في هذه الحالات تكون قشرة الفص الجبهي (PFC) جنبًا إلى جنب مع الهياكل العصبية الأخرى مسؤولة عن تجميع جميع المكونات والمعالم التي يتكون منها البرنامج الحركي.

طالما يتم ممارسة النشاط بانتظام فإن مسؤولية قشرة الفص الجبهي (PFC) ستنخفض في تنظيمه، وبهذه الطريقة ستتركه محررًا لأعمال أخرى. هذا يرجع إلى حقيقة أن المهام التي كانت تؤديها قشرة الفص الجبهي (PFC) سابقًا عند التشغيل الآلي للحركة سيتم تنفيذها الآن بواسطة مراكز الأعصاب تحت القشرية. عندما يحدث هذا تكون الهياكل مثل العقد في القاعدة مسؤولة عن التحكم في الحركة، ويتم تحرير القشرة للقيام بوظائف أخرى مثل اتخاذ القرار.

الشكل 3: برمجة عازف البيانو والحركيات



المصدر: شرح خاص يعتمد على [صورة بدون عنوان في برمجة الحركيات]. (س. و). تم الاسترجاع من https://nathaliab.files.wordpress.com/2009/11/funciones_cerebro.gif

الفص الجبهي	Lóbulo frontal
المجال النفسي الحركي	Área psico-motriz
مركز اللغات	Centro del lenguaje
حركة الكتابة	Movimiento de la escritura
شق رولاندو	Cisura de Rolando
المنطقة الحركية	Área motriz

الفص الصدغي شق سيسورا المجال النفسي السمعي مركز فهم الكلمات المنطوقة المنطقة السمعية	Lóbulo temporal Cisura de Silvio Área psico-auditiva Centro de la comprensión de las palabras habladas Área auditiva
الفص الجداري منطقة الحساسية العامة مجال الحساسية النفسية مركز فهم الكلمات المكتوبة	Lóbulo parietal Área de sensibilidad general Área psico-sensitiva Centro de la comprensión de las palabras escritas
الفص القذالي المجال النفسي البصري المنطقة المرئية	Lóbulo occipital Área psico- visual Área visual

1.1.3 الجسم الصناعي الحركي

المعلومات التي جمعتها المستقبلات وتعديل حالة الخلايا العصبية الحسية تواصل رحلتها نحو مراكز التحكم، يتم تبديلها والوصول إلى القشرة الدماغية. تصل هذه المعلومات أخيرًا إلى القشرة المخية، التي نسمي تأثيرها منطقة الإسقاط الأولية أو المناطق التي تخصصت لتلقي هذه المعلومات، بعد معالجتها بواسطة النوى الركبية الجانبية المختلفة للمهاد.

من بين مجالات الإسقاط الأولية التي تهمنا لمعالجة المعلومات الحركية العصبية يمكننا أن نذكر: في الفص القذالي، منطقة برودمان رقم 17 في الفص الصدغي، المنطقة رقم 41 في الفص الجداري (التلفيف الصدغي الصاعد)، المناطق 3 و1 و2 لمعالجة المعلومات الميكانيكية والحرارية وكذلك المؤلمة، المنطقة رقم 5 للحصول على معلومات التحسس، وأخيرًا المنطقة رقم 7 للمعلومات الدهليزية (غيتون، 2006).

ما المزايا الخاصة التي تعرضها مناطق العرض الأولية هذه؟

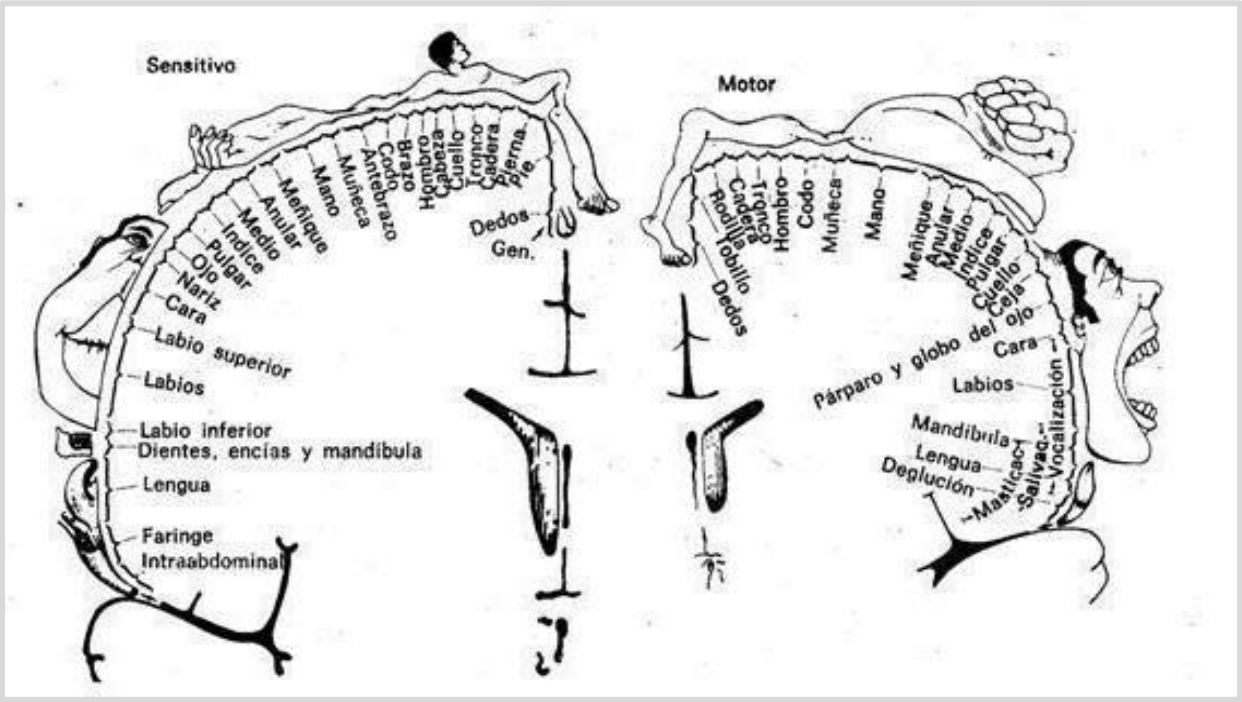
بادئ ذي بدء، يمكننا القول إن الحجم "المخصص" لكل جزء من أجزاء الجسم في كل منطقة إسقاط أولية يعتمد على كثافة المستقبلات الموجودة في هذا القطاع من الجسم، ولهذا السبب تم بناء فكرة الرجل الحسي الصغير " homunculus motriz " أو الجسم الصناعي الحركي الحسي.

الشيء الثاني الذي يجب مراعاته هو أن هذه المناطق ترسم خريطة لتوزيع المستقبلات في بقية أجسامنا، أي أن نكون قادرين على إدراك العالم الداخلي والخارجي. لبناء كائن إدراكي، يجب على دماغنا أن يخطط و / أو يرسم مخططًا لتوزيع أنظمة جمع المعلومات الموجودة على أطراف أجسامنا.

إن دماغنا -بطريقة ما- هو أيضًا خريطة صغيرة مسؤولة عن توزيع المستقبلات في المحيط. إن إعادة تداول المعلومات هذه على وجه التحديد -التي تم التقاطها من الأطراف بواسطة المادة السوداء المدمجة (SNC)- هي التي تسمح لنا بالوعي بالعالم الخارجي، وكذلك أيضًا توليد ظاهرة الوعي الذاتي، أي إمكانية اكتشاف ما ندركه وما لا ندركه، أي العالم الداخلي.

استنادًا إلى الجسم الصناعي الحسّي يتم تمثيل ذلك بطرق بيانية مختلفة.

الشكل 4: الجسم الصناعي الحركي والجسم الصناعي الحسّي homunculus motriz و homunculus sensorial



المصدر: [صورة بدون عنوان: الجسم الصناعي الحركي والجسم الصناعي الحسّي homunculus motriz و homunculus sensorial]. (س. و). تم الاسترجاع من http://wm0376057.web-maker.es/.cm4all/iproc.php/Imagenes/homunculo.jpg/downsize_1280_0/homunculo.jpg

Sensitivo	حسّي
Faringe intraabdominal	لبلعوم داخل البطن
Lengua	اللسان
Dientes, encías y mandíbula	الأسنان واللثة والفك
Labio inferior	الشفة السفلى
Labios	الشفاه
Labio superior	الشفة العليا
Cara	الوجه
Nariz	الأنف
Ojo	العين
Pulgar	الإبهام
Índice	السبابة
Medio	الاصبع الوسطى
Anular	البنصر
Menique	الخنصر
Mano	اليد
Muñeca	المعصم
Antebrazo	الساعد
Codo	المرفق
Brazo	الذراع
Hombro	الكتف
Cabeza	الرأس
Cuello	الرقبة
Tronco	الجذع
Cadera	الورك
Pierna	الرجل
Pie	القدم
Dedos	الأصابع
Gen.	الأعضاء التناسلية

Motor	حركي
Deglución	البلع
Lengua	اللسان
Mandíbula	الفك السفلي
Masticar	المضغ
Salivas	اللعاب
Vocalización	الصوتي الملفوظ
Labios	الشفاه
Cara	الوجه
Párpado y globo del ojo	الجفن ومقلة العين
Ceja	الحاجب
Cuello	الرقبة
Pulgar	الإبهام
Índice	السبابة
Medio	الاصبع الوسطى
Anular	البنصر
Menique	الخنصر
Mano	اليد
Muñeca	المعصم
Codo	المرفق
Hombro	الكتف
Tronco	الجذع
Cadera	الورك
Rodilla	الركبة
Tobillo	الكاحل
Dedos	الأصابع

يمكننا أن نلاحظ حجمًا كبيرًا من اليدين والفم والشفتين واللسان، أي كل تلك القطاعات من أجسامنا حيث لدينا كثافة عالية جدًا من المستقبلات التي تمتلك مجالًا حسيًا صغيرًا للغاية. يحدث هذا في قطاعات الجسم التي يجب أن نجمع منها قدرًا هائلًا من المعلومات، وبالتالي بقدرة تمييزية كبيرة تزودنا بمزايا تطوّرية فذة.

هناك اختلافات وأوجه تشابه بين الجسم الصناعي الحركي والجسم الصناعي الحسّي homunculus motriz و homunculus sensorial: كلما زادت الحاجة إلى التحكم الدقيق في الحركية، وبالتالي كلما زادت المساحة المخصصة للجسم الصناعي الحركي زادت المساحة المخصصة له في التمثيل الحسي القشري. بعبارة أخرى، عندما نحتاج إلى ضبط محرك أكثر دقة نحتاج أيضًا إلى كثافة أعلى من أجهزة الاستقبال؛ لذلك نجد تشابهًا كبيرًا بين هذه المناطق للرجل القزمي homunculi. الاستثناء هو منطقة الأعضاء التناسلية حيث نحتاج إلى حساسية عالية جدًا، ومع ذلك، بالنسبة للوظائف الإنجابية، لا نحتاج إلى مهارات حركية دقيقة (لا يوجد تشابه بين الحسية والحركية هنا). إذا نظرنا إلى وظائف اليد والشفتين واللسان وحتى وظائف العين فإن أوجه التشابه بين هذه المناطق للرجل القزمي homunculi مهمة للغاية.

إذا تعمقنا قليلًا في مناطق الإسقاط الأولية فمن المدهش أن نجد ارتباطات تمييزية لكل سمة نلتقطها من خلال كل نظام حسي معين. على سبيل المثال: في المنطقة المرئية توجد خلايا عصبية موزعة في طبقات مختلفة يتم تنشيطها بواسطة

مزايا محددة للغاية للكائن، مثل الأطوال الموجية المختلفة. هناك أيضًا خلايا عصبية تتفاعل مع الخطوط الرأسية أو المائلة أو الزوايا المختلفة ثم ينتهي بها الأمر ببناء الكائن انطلاقًا من فعل الإدراك.

لذلك يمكننا القول بأننا وجدنا ارتباطات عصبية تحليلية محددة للغاية تبرر الظاهرة الحسية. ومع ذلك، فإن الإدراك أكثر تعقيدًا؛ لأنه يبرر البناء النهائي للكائن. إنه ينطوي على فعل الخالق حيث تقوم مناطق أخرى أو أنظمة فرعية أخرى من دماغنا ببناء موضوع الإدراك أو كائن الوعي.

1.1.4 المجسم ككائن للوعي

بعد بدء الحركة ينتشر اللحن الحركي بالتتابع ويكون مظهره النهائي بالتحديد هو التنشيط والحركة العصبية العضلية نفسها. أي يبدأ رنّ اللحن.

يجب أن يحتوي النشر الحركي على:

- الطلاقة.
- الجمع.
- الايقاع.
- الاستمرارية.

هنا نجد أن قشرة الفص الجبهي (PFC)، ومناطق أخرى، يجب أن تتعامل مع تجميع المكونات المختلفة لبرنامج الحركية. تنشر اللحن الحركي تحت إشراف القشرة الأمامية التي لا تستطيع التعامل مع أي شيء آخر. أثناء قيامنا بأتمتة الحركة يتم تحرير قشرة الفص الجبهي لاتخاذ قرار بشأن البرامج الأخرى (دي سانتو، 2015).

الأتمتة الحركية هي تلك التي تسمح لنا بتنفيذ المهارات أو الإجراءات الحركية بفاعلية ودون التفكير فيها. مع هذا، يمكننا تنفيذ العديد من المهارات الحركية في وقت واحد. مثال واضح على ذلك هو قيادة السيارة: عندما نعرف كيفية القيادة بشكل جيد فإن العديد من الأفعال الحركية مثل تغيير الترس، والضغط على القابض، والنظر في المرآة، وما إلى ذلك نقوم بها تلقائيًا، وبالتالي بطريقة تحت القشرة الأمامية.

هناك حركات إرادية فطرية في الفرد ولا توجد أيّ سيطرة مطلقة عليها، ولكن يمكن أن تؤثر على البعض الآخر من الحركات، مثل التنفس أو دقات القلب. هناك أيضًا ذخيرة كاملة من الحركات تسمى تلقائية أو آلية، وهي نتيجة لتكرار الحركات الإرادية، بحيث لم يعد تدخل الوعي والانتباه ضروريًا فيها.

تتوافق الحركة الأوتوماتيكية (الحركي القديم) من الناحية التشريحية العصبية مع المستوى الأول للحركة القديمة فوق القطعية التي تشمل المخطط، والنواة تحت المهاد، والمادة السوداء، والنواة الحمراء، والدرنات الرباعية التوائم، والنواة الدهليزية، والزيتون البصلي، والتكوين الشبكي والمخيخ. في الثدييات يتم إضافة بعض مناطق القشرة الدماغية، والتي تتحكم في هذه المراكز تحت القشرية، الدماغ القَديم للحيواناتpaleoencephalic[2] . أثناء تطور التطور الوراثي تعدل مراكز الدماغ القَديم للحيوانات نشاط الانعكاس المتقطع؛ مما يؤدي إلى ظهور الحركة التلقائية (Loyber لوبير، 1988).

في الختام نقول إنه يمكننا تقسيم النظام الحركي إلى ثلاثة مستويات:

[2] ال: paleoencephalic الباليونسيفاليك: الدماغ القديم، هو أقدم جزء من دماغ الحيوان من الناحية التطورية. نجد أن مناطق دماغ العصر القديم من الأنواع الأكبر سنًا أكبر بما يتناسب مع حجم الدماغ الكلي مقارنةً بالثدييات. https://en.wikipedia.org/wiki/Paleoencephalon

1) المستوى العلوي: يتكون من المناطق القشرية الحركية، مساحات المنطقة الحركية التكميلية (SMA): 6-4.

2) المستوى المتوسط: يتكون من جذع الدماغ الذي تنطلق منه المسارات العصبية التي تغذي النخاع الشوكي.

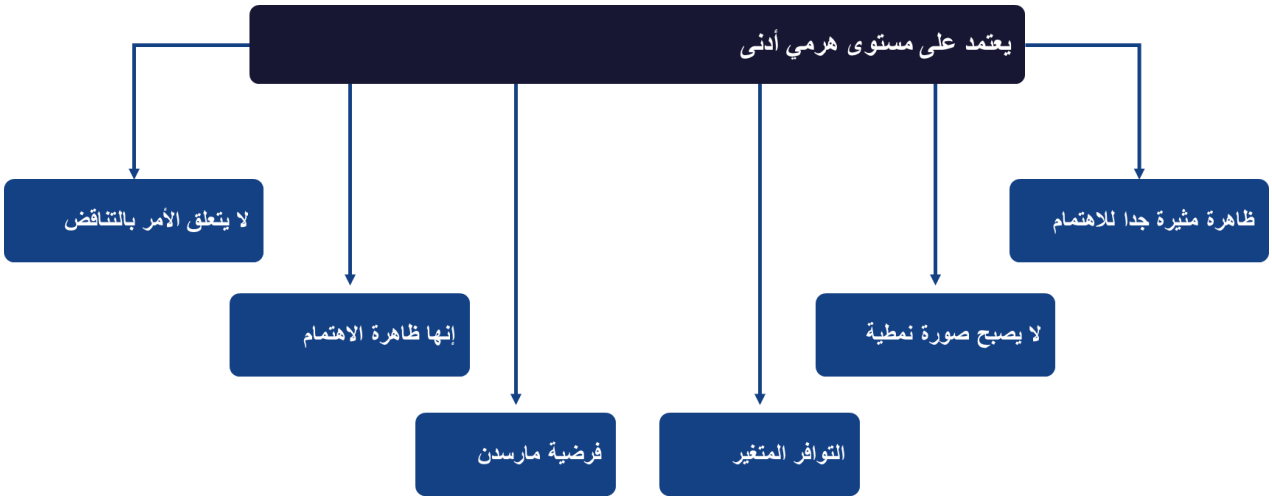
3) المستوى السفلي: هو النخاع الشوكي.

سنركز على المستوى العلوي؛ لأنه المكان الذي تتحول فيه الحركات إلى حركات واعية.

يتكون المستوى الأول من القشرة الحركية وهي مسؤولة عن تخطيط الحركة وإرسال الإشارات الحركية لتنفذ في الخلايا العصبية الحركية الموجودة في النخاع الشوكي. هناك أيضًا وصلات كالمصابيح لتنظيم التحكم في حركات الرأس. يمكن أن تعمل القشرة على النخاع بشكل مباشر أو غير مباشر (القشرة الشوكية). بعد مغادرة القشرة تصل الحزمة القشرية - الشوكية إلى جذع الدماغ، ومن هنا تعبر معظم الألياف خط الوسط إلى الجانب الآخر (الحزمة القشرية - الشوكية الجانبية). عدد قليل فقط من الألياف لا يتقاطع، بل يذهب مباشرة إلى اللب. تنتهي معظم الألياف في الحزمة القشرية النخاعية في الخلايا العصبية الداخلية، في حين ينتهي عدد أصغر في الخلايا العصبية الحركية (Tamorri تاموري ، 2004).

الحركات التي تمت برمجتها حسب المنطقة 6 وتنفيذها في المنطقة 4 مع تناوب على العصبون الحركي النخاعي، هي حركات إرادية أو واعية، في حين أن الحركات التي تكونت من مراكز عصبية منخفضة قد تتحقق أو لا تتحقق (دي سانتو، 2015).

الشكل 5: المستويات الهرمية



المصدر: اجتهاد شخصي

الوحدة 1.2 خلايا بيتز الهرمية العملاقة والمسار القشري الشوكي

1.2.1 اللحاء، والطبقات، والضفائر، والأعمدة

تحتوي القشرة المخية على ثلاثة أرباع الأجسام العصبية في الجهاز العصبي بأكمله، وبالتالي من الضروري الحفاظ على الوظائف الواعية والطوعية للحياة. تتلقى القشرة مدخلات حساسة من أجزاء مختلفة من الجسم وتقوم بفك تشفيرها، ودمجها، وتخزينها، واستخدامها لتكييف السلوك مع أي موقف. (ريغال، 1987).

تتكون القشرة الدماغية من مجموعة من الألياف العصبية، والخلايا العصبية، والدبقية، والأوعية الدموية.

داخل القشرة، نجد الأنواع التالية من الخلايا العصبية:

• الخلايا الهرمية: أو تسمى أيضًا خلايا بيتز، فهي تمتلك أكبر أجسام خلوية، وتوجد في التلفيف الحركي الأولي. تتجه رؤوس هذه الخلايا نحو القشرة، ومن هذا الرأس يولد التشعّب الذي يذهب إلى الأم الحنون (السحايا الداخلية)، حيث تنبعث منه فروع جانبية. ينتقل محور هذه الخلايا إلى الطبقات العميقة من القشرة أو يدخل المادة البيضاء في المخ كألياف رابطة.

• الخلايا النجمية: وهي خلايا متعددة الأضلاع لها تشعبات متعددة ومتفرعة ومحور قصير، وتتواصل مع الخلايا العصبية المجاورة.

• خلايا المغزل: توجد في أعمق الطبقات القشرية ولها تشعبات في أقطاب جسم الخلية. يتفرع التشعّب السفلي داخل نفس الطبقة، في حين تمتد التشعّبات العلوية صعودًا إلى القشرة الدماغية. يتم توجيه محور هذه الخلية نحو المادة البيضاء، مثل محور الأهرامات.

• خلايا كاجال Cajal الأفقية: وهي خلايا صغيرة تقع أفقيًا في الطبقة الخارجية من القشرة. يعمل محور هذه الخلايا بالتوازي مع القشرة الدماغية ويتصل بتشعّبات خلايا بيتز العملاقة. تُولد التشعّبات في نهاية كل من هذه الخلية.

• خلايا مارتينوتي Martinotti: هذه الخلايا موجودة في جميع طبقات القشرة الدماغية وتستهدف محورها الأم الحنون في القشرة (سنيل، 1999).

يمكننا تقسيم القشرة الدماغية إلى 6 طبقات، من المحيط إلى المركز:

1) الطبقة الجزيئية: تقوم بتوصيل السطح بالطبقات السفلية.

2) الطبقة الحبيبية الخارجية: تستقبل إشارات عصبية من طبقات أخرى من القشرة.

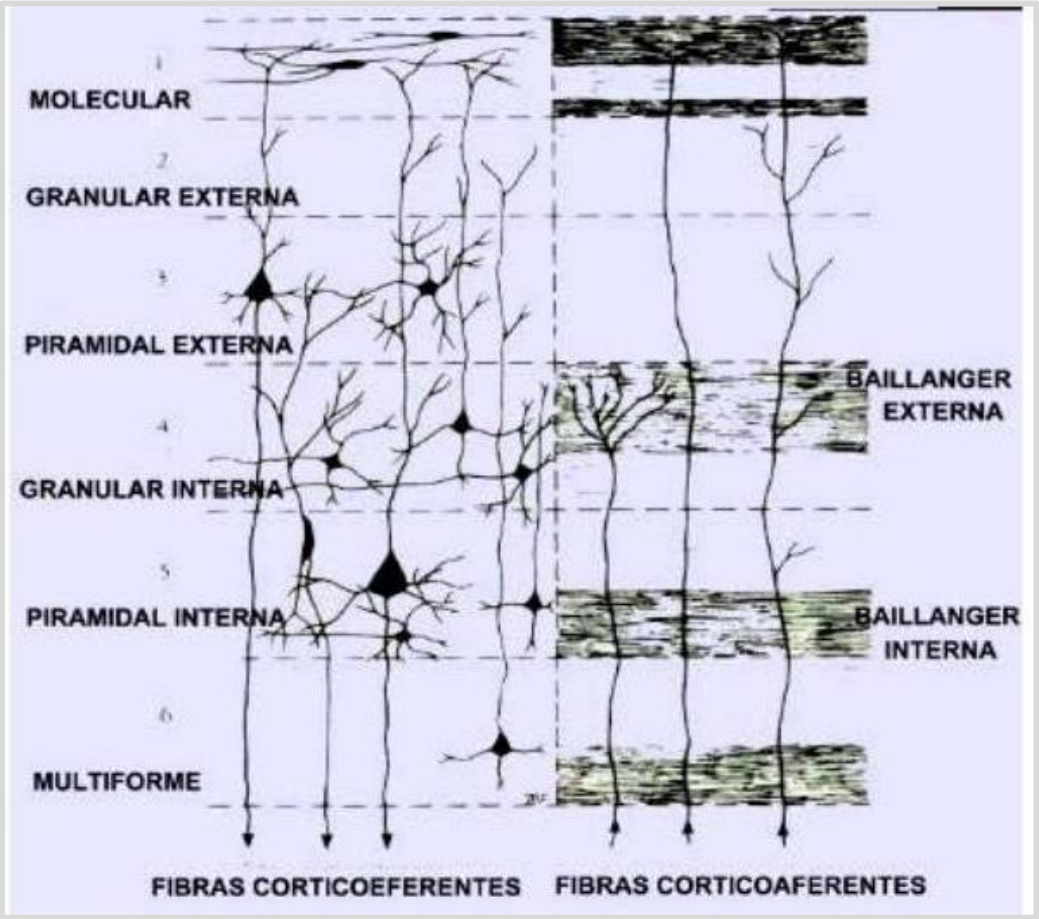
3) طبقة هرمية خارجية: تُظهر النبضات العصبية بين القشرة.

4) الطبقة الحبيبية الداخلية: تستقبل النبضات العصبية من المراكز النخاعية وتحت القشرية.

5) الطبقة الهرمية الداخلية: توجه النبضات العصبية إلى المراكز الشوكية وتحت القشرية.

6) الطبقة المغزلية أو المتعددة الأشكال: تعرض النبضات إلى نصف الكرة الأرضية الآخر (ريغال، 1987).

الشكل 6: طبقات القشرة المخية



المصدر: [صورة بدون عنوان على طبقات من القشرة المخية]. (2015، 31 يوليو). تم الاسترجاع من https://image.slidesharecdn.com/corteza-cerebral-1225335354159428-8/95/corteza-cerebral-cb=1236975568؟17-728.jpg

MOLECULAR	GRANULAR EXTERNA	PIRAMIDAL EXTERNA	GRA NULAR INTERNA	PIRAMIDAL INTERNA	MULTIFORME	FIBRAS CORTICO EFERENTES	BAILLARGER EXTERNA	BAILLARGER INTERNA	FIBRAS CORTICO AFERENTES
جزيئي	حبيبات خارجية	هرمي خارجي	حبيبات داخلية	هرمي داخلي	متعدد الأشكال	الألياف القشرة صادر	بيلارجر خارجي	بايلارجر داخلي	ألياف قشرية واردة

كما توضح الصورة السابقة يوجد في كل طبقة أنواع مختلفة من الخلايا العصبية ذات وظائف يختلف بعضها عن بعض والتي يتم ترتيبها في شكل أعمدة رأسية. على الرغم من وجود نظريات عديدة حول عمل الأعمدة إلا أن ما هو معروف بدقة هو الآتي:

1) تثير الإشارة الحسية الواردة الطبقة العصبية الرابعة أولًا. وتنتشر الإشارة نحو سطح القشرة وكذلك نحو الطبقات العميقة.

2) تستقبل الطبقتان الأولى والثانية إشارات غير محددة منتشرة من نظام المنشط الشبكي. قد يتحكم هذا الدخل في المستوى العام لاستثارة القشرة.

3) تقوم الخلايا العصبية في الطبقتين 5 و6 بإسقاط محاور لأجزاء أخرى من الجهاز العصبي: بعضها إلى مناطق مختلفة من القشرة، وبعضها الآخر إلى هياكل أعمق من الدماغ، مثل المهاد أو الجذع، وبعضها حتى النخاع (غايتون، 2006).

كل عمود عصبي عمودي مسؤول عن تفسير نوع معين من المعلومات (Guyton and Hall غويتن وهل، 2006). في القشرة البصرية، يقوم عمود معين بتفسير الإشارات المرئية التي تسببها الخطوط التي تسير في اتجاه معين، في حين يكون عمود آخر مسؤولًا عن تفسير المعلومات من أنواع أخرى من الخطوط، وبطرق أخرى، بسمك آخر، وما إلى ذلك.

لا تؤدي هذه الأعمدة وظيفة الحركية فحسب، ولكنها أيضًا مسؤولة عن التكامل الحسي الحركي؛ لذلك كلما زادت الحساسية في منطقة ما زادت المسافة والقرب الجغرافي بين الأعمدة (كثافة أكثر).

نحن نطلق على الضفائر الرابطة صفائح الخلايا العصبية المحورية القصيرة التي تفصل الطبقات بعضها عن بعض وتربط قطاعات مختلفة من القشرة (دي سانتو، 2015)

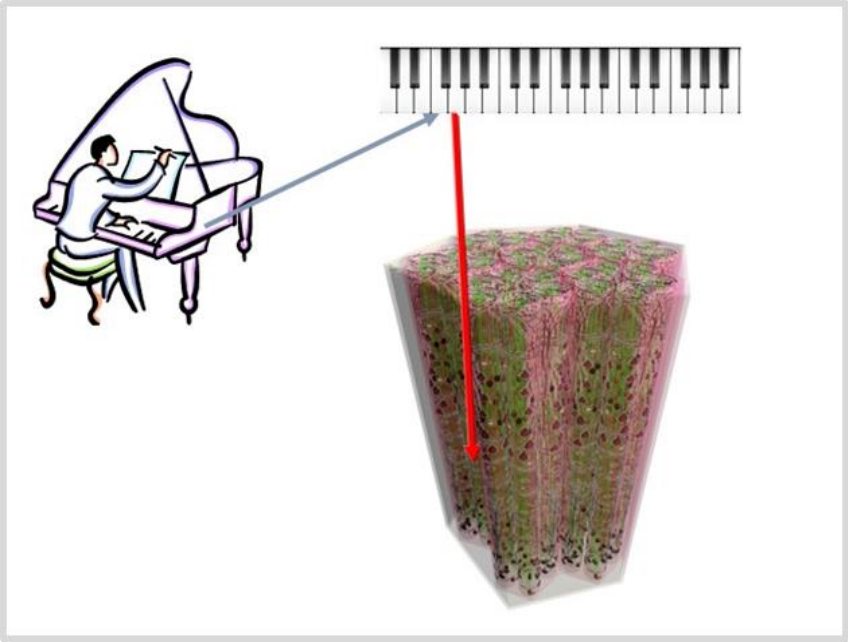
1.2.2 التنظيم العمودي. التنسيق بين العضلات وداخلها

في السابق، تم ذكر اللحن الحركي كمثال لفهم برمجة الفعل الحركي، ومن بين الموسيقيين المسؤولين عن تنفيذ اللحن نشير إلى عازف بيانو معين.

إذا أخذنا عازف البيانو هذا كمرجع يمكننا أن نتخيل أن لوحة المفاتيح موجودة على القشرة الحركية الأولية (1PM)، وأن كل مفتاح من هذه المفاتيح يتوافق مع عمود. سيعتمد عمل الحركية -وخاصة تناغمه- على استمرارية عزف الموسيقي على المفاتيح الصحيحة.

لا يعتمد عدد أعمدة العضلة على حجمها، بل على عدد الوحدات الحركية التي تقوم بتكوينها وتنظيمها عصبيًا، وبالتالي كلما زاد التنسيق الدقيق لهذه العضلة زاد حجم القشرة الحركية الأولية (1PM) وزاد عدد الأعمدة. (يجب عدم الخلط بينها وبين الطبقات العصبية المذكورة أعلاه).

الشكل 7: عازف البيانو



المصدر: اجتهاد شخصي

عند الحديث عن جودة أو تناغم الحركة فإنها ستعتمد على بعدين هما: التنسيق العضلي والتنسيق بين العضلات.

بالاستمرار في مثال عازف البيانو، يمكننا تعريفهما على النحو التالي:

• التنسيق العضلي: هو قدرة عازف البيانو على كتابة أكبر عدد من الأعمدة المقابلة للعضلة.

وفقًا لأفكار توس فاخردو (1999)، فإن التنسيق العضلي هو القدرة على تجنيد الوحدات الحركية من نفس العضلة، والتي ستعتمد على الخصائص التالية:

o التوظيف المكاني: يشير إلى كمية الألياف التي يتم تجنيدها. من هذا المكان يمكن أن يزيد شد العضلات أو ينقص اعتمادًا على النشاط الذي يتطلبه.

o التجنيد المؤقت: يتعلق بالوتيرة التي يتم بها تنشيط ألياف العضلات. يمكن أن يختلف توتر العضلات وفقًا لعدد المرات التي يتم فيها تجنيد الألياف.

o تزامن الوحدات الحركية: "عادةً، يتم تنشيط الوحدات الحركية بشكل غير متزامن (بحيث تكون الحركة سلسة)، على الرغم من أنه يبدو (كما يحدث في رافعي الأثقال) أنها تقوم بذلك بشكل متزامن عند إجراء أقصى تقلص طوعي" (فاخاردو، 1999، ص 47).

• التنسيق بين العضلات: هو قدرة عازف البيانو على تمرير النغمات بتناغم تام، وفي نفس الوقت تجنب كتابة أعمدة غير ذات صلة.

من خلال هذا، يمكننا أن نفهم أن التنسيق بين العضلات هو القدرة لدينا على تنشيط ألياف العضلات ذات الصلة، ليس فقط للعضلة المُنَشَّطَة، ولكن أيضًا من العضلات المؤازرة المساعدة. في المقابل، من الضروري عدم كتابة الأعمدة المقابلة لعضلات الخصم، مما يحد من نشاط الأعمدة الرئيسية المسؤولة عن الحركة.

من الضروري وجود تسلسل جيد وتزامن في مجموعات العضلات المختلفة، والتي يتم تنشيط بعضها (مُنَشَّطَات أو مؤازرة) والبعض الآخر مُثبّط (معاكس أو مضاد).

ستعتمد هذه العمليات التنسيقية على قدرة التثبيط أو التيسير التي يمكن أن يمارسها الجهاز العصبي، والتي ترتبط بردود فعل عصبية مختلفة (دي سانتو، 2015).

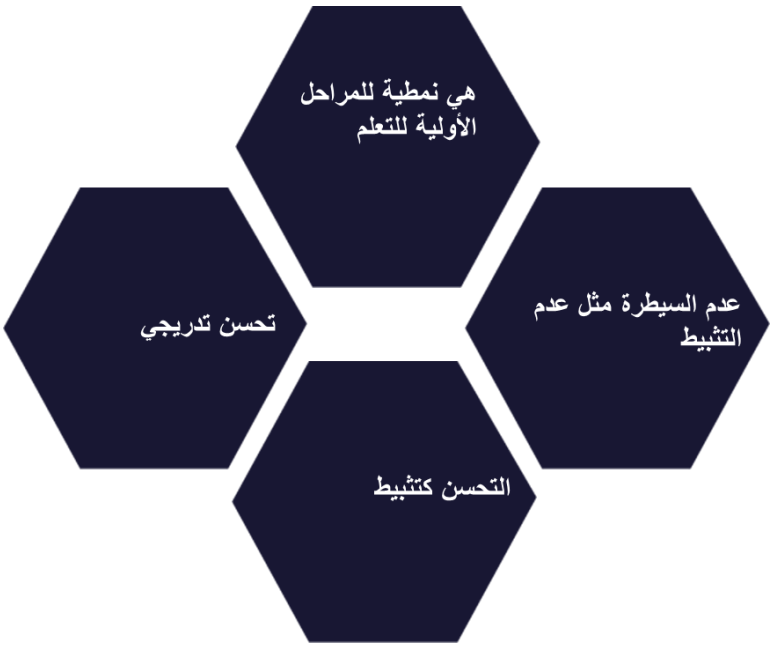
1.2.3 التشعيع والتطفل الحركي. تحسين الحركية

إشعاع جواري

تخيل أن عازف البيانو لا يكتب النوتة الموسيقية بدقة، ولكن بدلًا من ذلك يتم توجيه إصبعه -بدون مهارة أولية- إلى المفاتيح التي تتوافق مع العضلات الأخرى.

ما يحدث هو أنه يتم تنشيط الأعمدة غير المتوافقة. هذه الظاهرة من الإشعاع والتطفل الحركي مسؤولة عن جزء كبير من الفشل في الأداء الحركي.

الشكل 8: التشعيع القريب



المصدر: اجتهاد شخصي

للحركة التصاحبية Synkinesias تفسير قشري دماغي:

أ) هناك عمليات تنشيط طفيلية متولدة من نفس الجسيمات الدقيقة عن طريق الإشعاع القريب.

ب) هناك تنشيط للقطاعات غير المقابلة التي تعَصِّبُ العضلات التي يجب أن تظل غير نشطة.

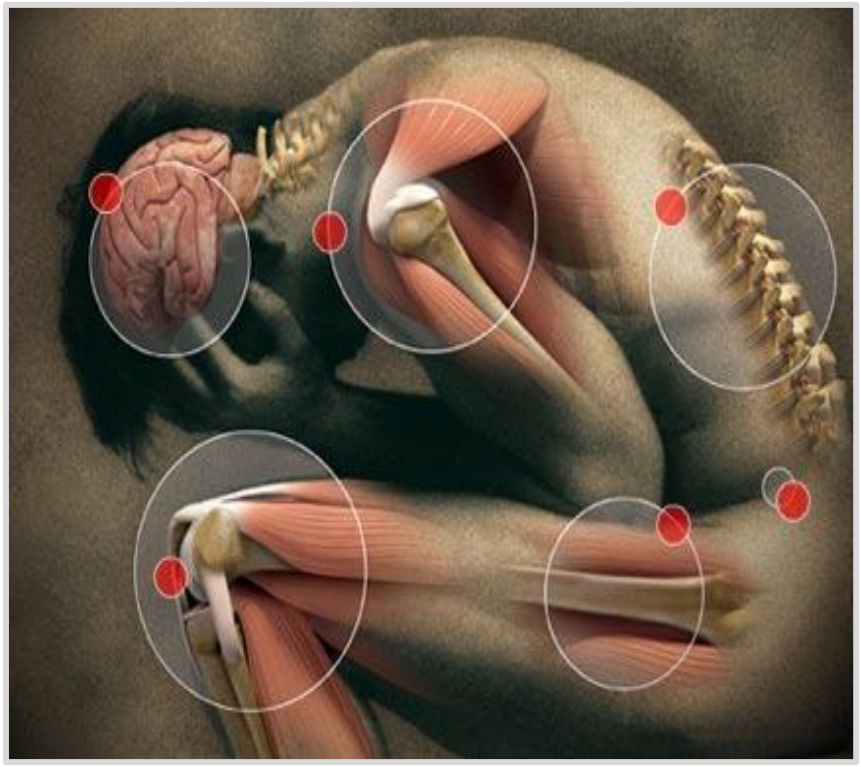
ج) يمكن أن تكون ثابتة أو ديناميكية، وبالتالي تؤثر على جودة التنفيذ والاقتصاد في الدفع الحركي.

د) بشكل عام، تنطوي الحركة التصاحبية synkinesias على تنشيط مضادات في الوقت الخطأ وفي نظم غير فعالة.

ترتبط الحركة التصاحبية Synkinesias أيضًا بالإصابات وظاهرة "التبذير الحركي":

- أنها تعزز أنماط الحركة المختلة، وتسمى أيضًا الشاذة.
- هذه تسمى أيضًا متلازمات الحركة الخاطئة.
- أنها تعزز إصابات الوتر العضلي ذات الطبيعة المتنوعة.
- وفوق كل شيء، فإنها تعزز خسائر كبيرة في الطاقة يمكن أن تؤدي إلى تدهور الأداء.

الأشكال 9: التشعيع القريب والتشابك



المصدر: [صورة بدون عنوان عن التشعيع المفرط القريب والتزامن]. (س. و. أ). تم الاسترجاع من https://lh3.googleusercontent.com/--IZNRQjMWD0/VS0xfDYSeeI/AAAAAAAAMfY/6PVoCORpjTc/w1795-h1319/1.jpg

الأشكال 10: التشعيع القريب والتشابك

المصدر: [صورة بدون عنوان عن التشعيع القريب والتزامن]. (س. و. ب). تم الاسترجاع من http://spinalphysio.kornberg.net/christie.jpg

يتم تحسين هذه من خلال ما يلي:

• هناك القضاء التدريجي على الحركة التصاحبية synkinesias الثابتة كما الديناميكية، مع الدقة في تنشيط الحركة لدى الأشخاص المعنية.

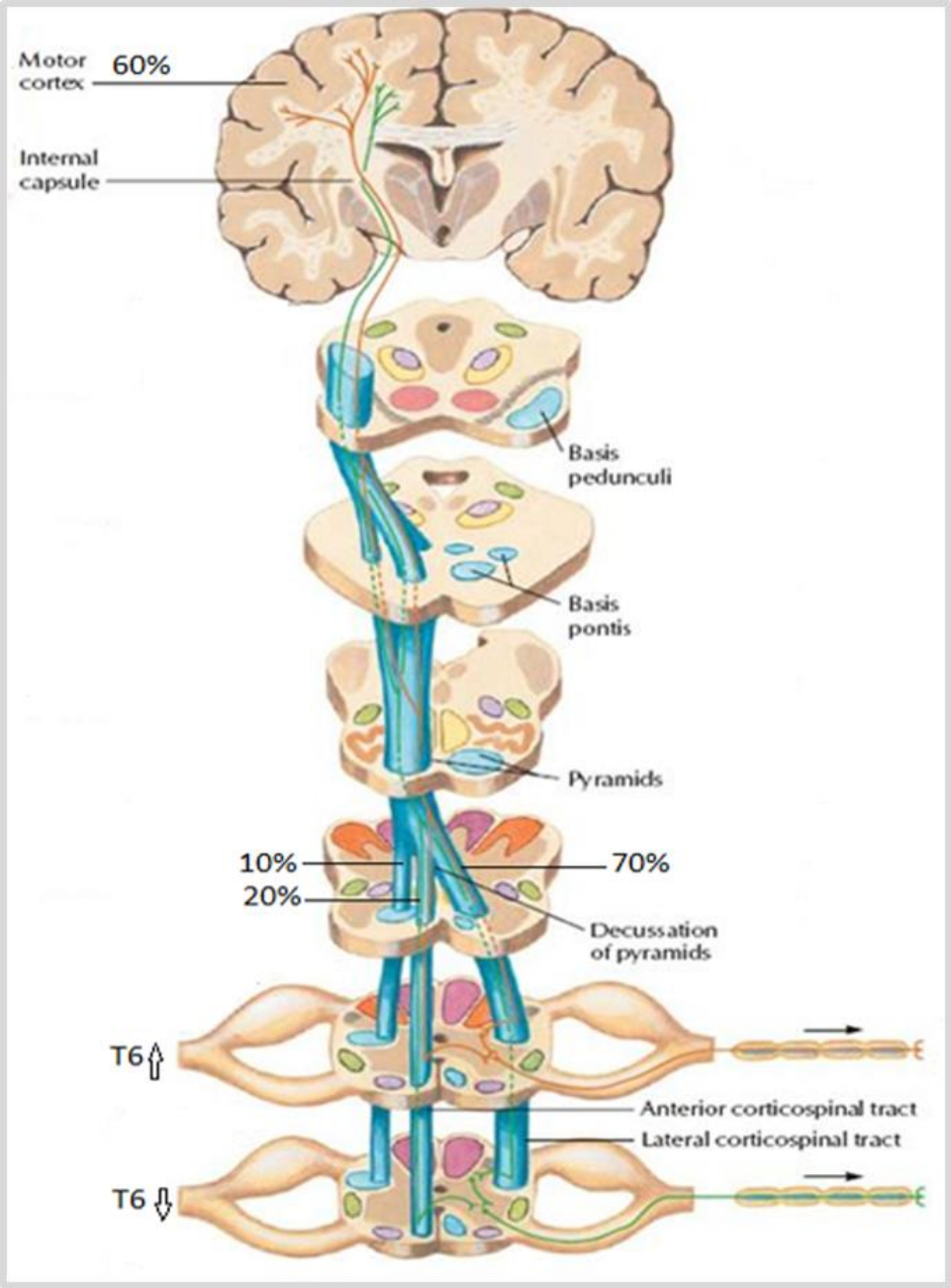
• الآلية المحتملة: التثبيط قبل المشبك، قبل وصول التصريفات النازلة إلى جسم الأهرامات العملاقة في قطاع الارتباط بين القشرة ما قبل الحركية ((PMC والقشرة الحركية الأولية 1PM، أي قبل وصول الأوامر الصادرة إلى القشرة الحركية الأولية 1PM. يمكن أن يحدث هذا في مساحات القشرة الحركية الأولية 1PM نفسها.

• التحسين ليس قشريًا فقط، ولكنه يتضمن العديد من العمليات التي تتجاوز الأهمية القشرية الدماغية وتتضمن وظائف حسية مركزية ومحيطية (دي سانتو، 2015).

1.2.4 المسار القشري النخاعي. التعليم المتبادل

يتكون الجهاز القشري أو الجهاز الهرمي من ألياف عصبية تمتد من القشرة الدماغية إلى القرون الأمامية للحبل الشوكي، حيث تتشابك مع الخلايا العصبية الحركية. وظيفة مسار القشرة الشوكية هي حركية حصريًا. تأتي معظم الألياف من القشرة الأمامية (المنطقتان 4 و6)، تليها ألياف من القشرة الجدارية (المناطق 1 و2 و3 و5 و7).

الشكل 11: المسار القشري النخاعي



المصدر: [صورة بدون عنوان على مسار القشرة الشوكية]. (س. و). تم الاسترجاع من https://1.bp.blogspot.com/-Zy2H0qxjTR0/Vw3ENrmbEUI/AAAAAAAAAUE/YeE0CUSGcvAqrIgqWvWkEiBqd7nRapyugCLcB/s1600/imagen49.png

القشرة الحركية كبسولة داخلية	Motor cortex Internal capsule

بندوكولي أساس	Basis penduculi
أساس الجرس	Basis pontis
بييميدز	Pyramids
فك الأهرامات	Decussation of pyramids
المسالك القشرية الأمامية	Anteriori corticospinal tract
السبيل القشري الوحشي	Lateral corticospinal tract

ينشأ المسار القشري النخاعي من خلايا بيتز الهرمية العملاقة في القشرة الحركية. ترسل الخلايا العصبية في القشرة الحركية محاورها إلى النوى الحركية للأعصاب القحفية، والنخاع المستطيل، والجسور، لكن معظم هذه الهياكل العصبية تنزل إلى الحبل الشوكي.

تقدم الخلايا الهرمية الضمانات في النواة الحمراء، والعقد القاعدية، والنواة البطنية الجانبية، والتكوين الشبكي، والزيتون البصلي (ريغال، 1987). يمكن أن تساعد هذه المسارات في تحسين التحكم الحركي، حيث يتم تداول المعلومات من خلالها في حلقات، وهي ضرورية لأداء الحركات اللاواعية. في المقابل، يساعد الطريق الحمراوي-النُّخاعِيّ على الطريق الهرمي؛ يقوم بذلك أحيانًا بتغطية واجباته المدرسية، إذا لزم الأمر.

لكي نلمّ بالموضوع سوف نفرق بين بعض المفاهيم التي قد تسبب الارتباك:

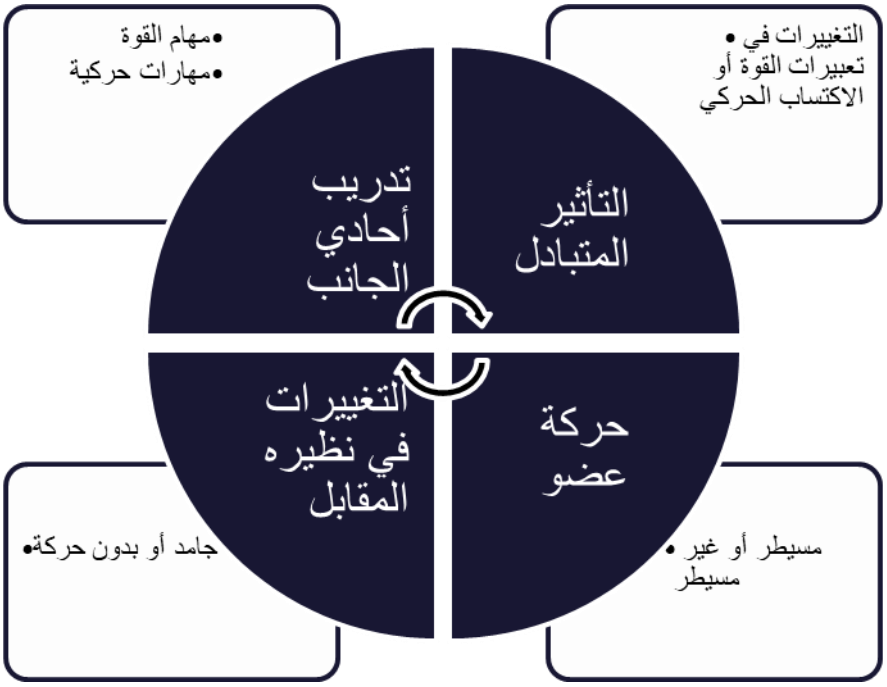
- التعليم المتبادل: يتضمن تحسين الأداء في طرف غير مدرب استجابة لفترة من التمرين الأحادي الجانب على الجانب الآخر.
- النقل البيني: يشير إلى النقل الثنائي لمهارة حركية.
- نقل القوة: هذا هو نقل القوة من العضلة المتجانسة المقابلة غير المدربة إلى الطرف المدرب.

كان أحد التقارير الأولى عن التعليم المتبادل في عام 1894، عندما ضغطت إميلي براون على زر مطاطي بحد أقصى 10 مرات على مدار 13 يومًا بيدها اليمنى فقط. بعد اليوم الأخير أعادوا تقييم قوتهم في نظام الانكماش الطوعي الأقصى (MCV)، ولكن في يدها الأخرى، وبشكل مفاجئ، زادت قوة يدها اليسرى بنسبة 43٪. تُعرف الظاهرة التي يؤدي بها التدريب على جانب واحد من الجسم إلى زيادة القوة في النصف الآخر باسم تدريب القوة المقابلة، أو أيضًا باسم التدريب المتعدد التخصصات. قد يشمل التعليم المتقاطع نقل القوة العضلية إلى العضلات المتجانسة غير المدربة بعد فترة من التدريب الأحادي ونقل تعلم المهارات الحركية إلى العضلات غير المدربة (Zhou تزُوا، 2000).

آثار التعليم المتبادل على القوة

تؤكد العديد من الدراسات نقل القوة من طرف مدرب إلى نظيره المقابل غير المدرب بعد تقلصات قصوى متساوية القياس. أجرى كل من مُنْ Munn وهربرت Herbert وغاندفيا Gandevia (2004) تحليلًا عامًا لـ 17 دراسة وجدوا منها أن الزيادة في القوة تبلغ 7,8 ٪ في المتوسط فيما يتعلق بالقوة الأولية في الطرف المقابل. الزيادة حقيقية، على الرغم من أن المحققين يؤكدون -في بعض الحالات- بأنه يمكن من خلال التعليم المتبادل تخفيف القوة أو زيادتها عندما يكون هناك تجمد للطرف. في معظم مقالات التعليم عبر القوة لم يلاحظ أي تغيرات شكلية (تضخّم) في الطرف غير المدرب.

الشكل 12: التعليم المتبادل



المصدر: اجتهاد شخصي

فيما يتعلق بالإجراءات الأحادية الجانب والتعليم المتبادل فقد تمت دراسة الأطراف السفلية (MMII)، خلال الأداء الثنائي يكون هناك تنشيط أكبر للعضلات مقارنة بالتقلصات الأحادية الجانب (Behm بِهم، 2003). قد يكون التيسير الثنائي للتنشيط ناتجًا عن زيادة ردود الفعل المثيرة، مع مدخلات هبوط فوق الشوكة أقوى أو ذات تثبيط أكبر.

قد يعتمد تأثير التعليم المتبادل على اتجاه التحويل. كانت دراسة فارثينج (2005) أول دراسة لفحص تأثير اتجاه التحويل على تعليم القوة المتقاطعة. كان الاكتشاف الأكثر أهمية هو أن هذا التأثير لم ينتج إلا بعد تدريب اليد المهيمنة على الأفراد الذين يستخدمون اليد اليمنى، حيث لم يلاحظ تغييرات كبيرة في القوة من اليد اليسرى غير المسيطرة إلى اليد المسيطرة. تتمثل إحدى الآليات المحتملة في أن أحد الطرفين أكثر كفاءة في اكتساب أو تعلم مهمة حركية جديدة عن الآخر، وبالتالي يمكن نقل المزيد من المعلومات إليه. ويتم ملاحظة أكبر انتقال، إذًا فقط من الطرف المهيمن إلى الطرف غير المهيمن (فارثينج، 2010).

يعد تعقيد المهمة أو الإلمام بها عاملًا محددًا للتدريب المتبادل للقوة والمهارات الحركية. إذا كانت المهمة غير معروفة لكلا الطرفين فمن المحتمل أن يحدث نقل القوة في أي من الاتجاهين.

عند التدريب: أين تحدث التكيّفات التي تحافظ على التغيير على الجانب الآخر؟

مستويات التكيّف:

- القشرية.
- تحت القشرية.
- الطرق النازلة.
- النخاع.

• عضلي.

الشكل 13: التوصيلات المتقاطعة

المصدر: اجتهاد شخصي

مفاهيم الاتصال المتبادل الأخرى

اتصال عبر الجسم الثفني

يصف مصطلح التشعيع الحركي النشاط القشري الثنائي الذي يحدث أثناء حركة أحادية الجانب. قد يكون الجسم الثفني الذي يربط كلا نصفي الكرة العصبية مساهمًا في هذه العملية. قد تعمل الوصلات الأفقية الحركية بين نصفي الكرة الأيمن والأيسر للقشرة الحركية الأولية على نقل النشاط المثير والمثبط، وبالتالي تنظيم نشاط القشرة الحركية.

التوصيل القشري النخاعي

تنتقل الألياف القشرية النخاعية عبر الكبسولة الداخلية إلى الجزء البطني من الدماغ المتوسط. تتحلل حوالي ثلاثة أرباعها، في حين يتنزل الأخرى التي لا تتقاطع، وتشكل المسالك القشرية البطنية. تمثل هذه الألياف (على الرغم من أنها عدد صغير) تمثيلًا كافيًا للنبضات الحركية المركزية التي تظل كمحفزات مماثلة ويمكن أن تتوسط في تنشيط الطرف غير المتمرن.

انعكاسات التعليم المتبادل على الآليات الأخرى

آليات العضلات

تشمل التغيرات في كتلة العضلات، في تركيزات إنزيمات العضلات، والتغيرات الهرمونية، والتغيرات في تكوين البروتينات المقلّصة. ومع ذلك، تشير الدراسات العلمية إلى أن هذه التكيّفات الطرفية غير محتملة في التدريب المتبادل (كارول، 2001).

آليات العمود الفقري

على الرغم من حقيقة وجود شبكة معقدة من الدوائر العصبية في الحبل الشوكي فلا يوجد دليل يؤيد حدوث تغيرات في العمود الفقري في الجسم الشوكي غير المدرب. على الرغم من عدم وجود اختلافات في منعكس H[3] فلنتذكر أن هناك اتصالًا عصبيًا تشريحيًا من خلال الخلايا العصبية الصوارية التي تعبر خط الوسط للتثبيط أو للإثارة، ولكن لم يتم إثبات أن هذه الآليات تساهم في التثقيف المتبادل.

الآليات القشرية

تتفق معظم الدراسات على أن نقل المهارات هو استجابة للتعلم الحركي الذي تتحكم فيه التكيفات القشرية. ارتبط التعلم الحركي مع اللدونة في الدماغ بما في ذلك مناطق القشرة الحركية الأولية، والمنطقة الحركية التكميلية.

يتم استنتاج التكيفات العصبية من حقيقة أن نقل القوة العرضية يحدث في حالة عدم وجود تضخم. يتم إنشاء التغييرات في تنشيط الدماغ في كل من نصفي الكرة المخية وفي القشرة الحسية الجسدية، ويتم التحكم في التعليم المتبادل عن طريق التكيفات القشرية، ويلعب 1M دورًا أساسيًا.

الشكل 14: تطبيقات التعليم المتبادل الشاملة الممكنة

تمرين علاجي

إمكانية عمل الطرف السليم لنقل القوة أو القدرات إلى نظيره.

تنّمل أو تشنّج أو شلل نصفي.

إعادة تأهيل في مواجهة الشلل أو الإصابات من جانب واحد .إمكانية التخفيف من فقدان القوة . راحة؟

رياضات اكتساب المهارات الحركية . نقل آلية التعلم

المصدر: اجتهاد شخصي

[3] منعكس H (أو انعكاس هوفمان) هو رد فعل انعكاسي للعضلات بعد التحفيز الكهربائي للألياف الحسية (العناصر الواردة من مغازل العضلات) https://en.wikipedia.org/wiki/H-reflex#:~:text=The%20H%2Dreflex%20(or%20Hoffmann's,those%20located%20behind%20the%20knee).

المراجع

بيهم دي جي، باور كي إي، درنك وتر إي. جاي (2003): يتم تعزيز تنشيط العضلات من خلال الانقباضات الثنائية المتعددة المفصل والأحادية مقابل الانقباضات الأحادية. الكلبJ .. أبل. فيسيول. 28 (1): 38-52 الملخص

كارول، ت. ريك، س. كارسون، ر. G. التكيفات العصبية لتأثيرات تدريب المقاومة للتحكم في الحركة. الرياضة ميد المجلد 31. رقم 12. ص. 829-840. 2001.

دي سانتو، م. (2011). نطاق الحركة. قرطبة: بيدوتريبو.

دي سانتو، م. (2015). تأثير أنطونيو داماسيو [سجله ن. أكوستا]. قرطبة الأرجنتين.

دي سانتو، م. (2015). التأثير المركزي [سجله ن. أكوستا]. قرطبة الأرجنتين.

دي سانتو، م. (2015). صورة الحركة [سجلها ن. أكوستا]. قرطبة الأرجنتين.

دي سانتو، م. (2015). التفكير في الحركة [سجله ن. أكوستا]. قرطبة الأرجنتين.

دي سانتو، م. (2015). البرمجة العصبية الحركية [سجلها ن. أكوستا]. قرطبة الأرجنتين.

دي سانتو، م. (2015). البرمجة العصبية الحركية [سجلها ن. أكوستا]. قرطبة الأرجنتين.

دي سانتو، م. (14 أكتوبر 2015). صنع القرار والمنطق الحركي [سجله ن. أكوستا]. قرطبة الأرجنتين.

فاجاردو، جي تي (1999). الاتجاهات الجديدة في القوة وكمال الأجسام برشلونة: إرجو.

جايتون، سي أ (2006). رسالة في علم وظائف الأعضاء الطبي (الطبعة 11) برشلونة: إلسفير.

جايتون، سي، وهال، ج. (2006). معاهدة الفسيولوجيا الطبية. برشلونة: إلسفير.

[صورة بدون عنوان في مناطق برودمان]. (س. و). تم الاسترجاع من http://www.facmed.unam.mx/Libro-20Motor/10a-Movimiento/FigsCerebro/Brodmann-01.gif٪NeuroFisio/10-Sistema

[صورة بدون عنوان على طبقات من القشرة المخية]. (2015، 31 يوليو). تم الاسترجاع من https://image.slidesharecdn.com/corteza-cerebral-1225335354159428-8/95/corteza-cerebral-1236975568=cb؟17-728.jpg

[صورة بدون عنوان على homunculus و homunculus الحسية]. (س. و). تم الاسترجاع من http://wm0376057.web-maker.es/.cm4all/iproc.php/Imagenes/homunculo.jpg/downsize_1280_0/homunculo.jpg

[صورة بدون عنوان عن التشعيع القريب والتزامن]. (س. و. أ). تم الاسترجاع من https://lh3.googleusercontent.com/--IZNRQjMWD0/VS0xfDYSeeI/AAAAAAAAMfY/6PVoCORpjTc/w1795-h1319/1.jpg

[صورة بدون عنوان عن التشعيع القريب والتزامن]. (س. و. ب). تم الاسترجاع من http://spinalphysio.kornberg.net/christie.jpg

[صورة بدون عنوان في برمجة الحركيات]. (س. و). تم الاسترجاع من https://nathaliab.files.wordpress.com/2009/11/funciones_cerebro.gif

[صورة بدون عنوان على طريق القشرة الشوكية]. (س. و). تم الاسترجاع من https://1.bp.blogspot.com/-Zy2H0qxjTR0/Vw3ENrmbEUI/AAAAAAAAAUE/YeE0CUSGcvAqrIgqWvWkEiBqd7nRapyugCLcB/s1600/imagen49.png

Loyber،I . (1988). الوظائف الحركية للجهاز العصبي. قرطبة: الطبيب.

لوريا، أ. (1973). الدماغ العامل ومعرفة علم النفس العصبي (ترجمة خاصة). لندن: كتب البطريق.

مون، ج، هربرت. R.D، S.C، and Gandevia (1 مايو 2004). الآثار الجانبية للتدريب على المقاومة من جانب واحد: التحليل التلوي. Journal of Applied Physiology، 96 (5)، 1861-1866. تم الاسترجاع من http://jap.physiology.org/content/96/5/1861

نيومايير، أ. (2002). تدريب تقني. برشلونة: بيدوتريبو.

ريجال، ر. (1987). المهارات الحركية البشرية. مدريد: بيلا تيلينا.

سنيل، ر. (1999). تشريح الأعصاب السريري (الطبعة الرابعة). بوينس آيرس: عموم أمريكا.

تاموري، س. (2004). علم الأعصاب والرياضة. برشلونة: بيدوتريبو.

تاموري، س. (2004). علم الأعصاب والرياضة. علم النفس الرياضي. العمليات العقلية للرياضي. برشلونة: بيدوتريبو.

أونام (س. ف). تم الاسترجاع من http://www.facmed.unam.mx/Libro-NeuroFisio/10-Sistema%20Motor/10a-movimiento/FigsCerebro/Brodmann-01.gif

تزوا، أ. (2000). عبر التدريب: إمكانية الحفاظ على الشكل في مواجهة الإصابات من جانب واحد. الطب Esport، 15.