ا لوحدة 4. القراءة التكاملية

القراءة التكاملية

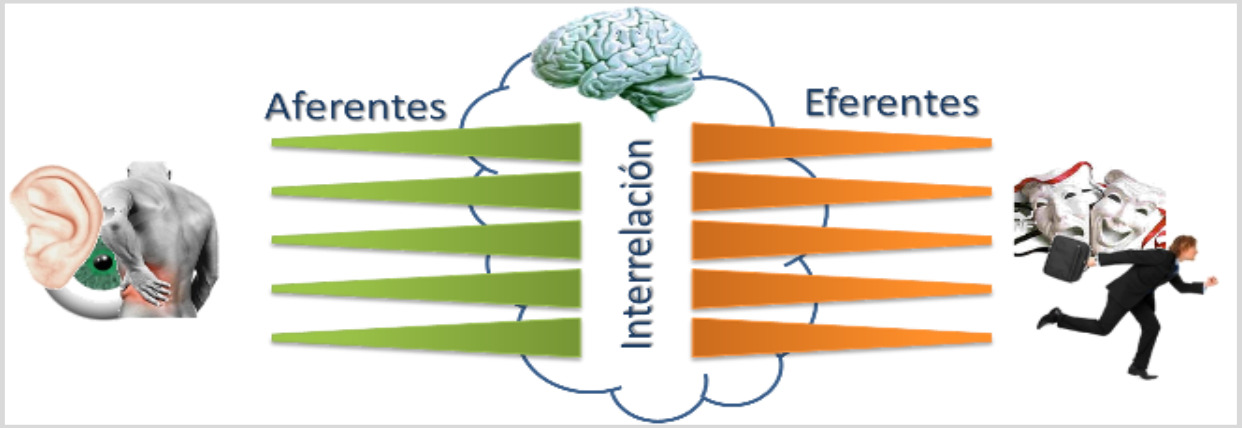
أحد أهم المفاهيم في هذه الدورة هو النموذج العصبي الحركي لمعالجة المعلومات، والذي يؤكد على الأقل- أننا نتعرف على ثلاث حالات رئيسية نسميها:

1) التنظيم الوارد أو المدخلات، أي كل ما يحدث مع البيانات التي تم جمعها من البيئة الخارجية، ولكن أيضًا من البيئة الداخلية، حتى تتم معالجتها في أماكن محددة بدقّة في القشرة الدماغية.

2) حالة ثانية نسميها المعالجة المركزية، والتي يجب أن تقوم -بشكل أساسي- بالوظائف الملازمة للمنطق الحركي واتخاذ القرار والبرمجة العصبية.

3) آخر حالة تسمى التنظيم أو المخرجات الصادرة.

الشكل 1: نموذج ردود الفعل للحركة البشرية



المصدر: [صورة بدون عنوان على نموذج التغذية الراجعة للحركة البشرية]. (س. و). تم الاسترجاع من https://goo.gl/mg5az4

الواردات	Aferentes
الترابط	Interrelación
الصادرات	Eferentes

بمزيد من التفصيل، نتعرف على ست ظواهر عظيمة نسميها مسلسلًا؛ بمعنى أن إحداها تؤدي إلى الموالي، وجودة الشطر الأول يؤدي إلى نوعية الشطر الثاني. هذه الخطوات التسلسلية التي نحللها وندرسها، والتي نوفر تعليمًا خاصًا بها، هي:

1) الإحساس.

2) التصوّر.

3) التمثيل.

4) منطق الحركة واتخاذ القرار.

5) برمجة الحركة العصبية.

6) التنفيذ والتحكم في الحركات.

لا يمكن تصنيف الظواهر الموازية في لحظة معينة؛ لأنها تحدد النشاط طوال تطوره. من بينها نذكر ما يلي:

- ردود الفعل أو التقييم الرجعي.
- انتباه.
- ذاكرة الحركة.
- التحفيز.
- الحالات والعمليات العاطفية.

لا تؤثر العواطف على تنظيم قوة العضلات فقط ولكن أيضًا على الحركة نفسها. لكننا نحاول ألا ندرس المشاعر من الناحية العاطفية. على العكس من ذلك، نحاول تجنب المعنى الرومانسي ودراستها كظواهر فيزيولوجية عصبية محددة في التاريخ التطوري بوصفها مزية للبقاء. تعتمد كل المشاعر على ارتباطات عصبية مختلفة. تقوم مجموعات سكانية عصبية مختلفة بمعالجة حالات عاطفية مختلفة، وكثير منها في الفص الحوفي، ولكن يتم إنشاء العديد من التحالفات العصبية من مشاركة المجموعات السكانية العصبية الفرعية في الفص الجبهي، والجداري، والزماني، والقذالي. السمة المشتركة في جميع الحالات العاطفية هي أن جميع المحاور التي تعالج الحالات العاطفية المختلفة ترتبط بالعقد الموجودة في القاعدة. يمكننا إخفاء المشاعر من خلال الإيماءات أو ما نقوله، لكن الشيء الذي لا يمكننا إخفاؤه من وجهة نظر المشاعر هو قوة العضلات. لا يوجد بعد عاطفي لا يسبب تغيرًا في توتر العضلات وخاصة في عضلات الوجه. تؤثر العواطف على جميع عمليات تنظيم الحركة البشرية في جودة الإحساس، والإدراك، والتمثيل، والمنطق الحركي، والبرمجة الحركية، والتنفيذ، والتحكم؛ لذلك ندرس العواطف لأنها تؤثر على تنظيم الفعل الحركي، وكذلك على إستراتيجيات التحكم في العواطف. نحن اليوم في مرحلة من التاريخ التطوري، أي نجد أن القنوات التي تنقل العاطفة بالعقل أكثر تطورًا من القنوات التي توصل العقل بالعاطفة؛ ولهذا السبب من السهل جدًا تغيير عملية عقلانية بعملية عاطفية، وللسبب نفسه يصعب السيطرة على عملية عاطفية من خلال فعل عقلاني.

يمكننا مناقشة ما إذا كان الدافع ظاهرة متسلسلة أو متوازية، بشكل أساسي من وجهة نظر كيميائية عصبية (الدوبامين)، وكيف يؤثر على مناطق مختلفة من القشرة الدماغية، خاصة في منطقة حركية تكميلية، حيث تسهل بدء الإجراءات وتمنع انسدادها. نحن ندرس الدافع من وجهة نظر بيولوجية أكثر من وجهة النظر العملية التعليمية.

معالجة المعلومات:

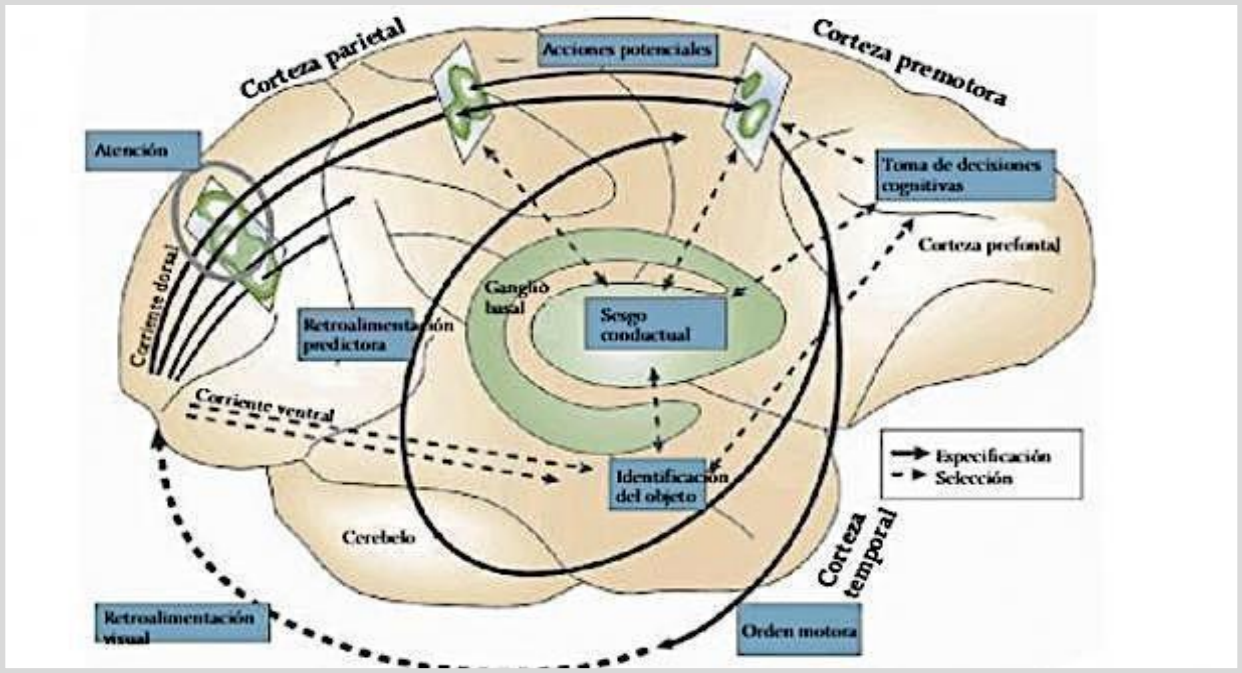
تنشأ نظرية معالجة المعلومات كرد فعل على السلوكية وعلم نفس الجشطالت. يشير اهتمامه الرئيسي إلى ما يسمى "سعة القناة"، أي: مقدار المعلومات التي يمكن للجهاز العصبي معالجتها بشكل مناسب عندما ننفذ حركة طوعية ذكية. اعتمادًا على هذا التحليل، قد يتكون لدينا نتائج تعليمية كبيرة، خاصةً للتفكير في كمية المعلومات التي يمكنني تقديمها لموضوع ما

في مراحل مختلفة من التعلم الحركي والتدريب الفني، بالإضافة إلى مقدار المعلومات التي قد يتم توفيرها للحصول عليها، أو تحسينها، أو استقرارها. وكان أكبر تأثير لها -جنبًا إلى جنب مع علم التحكم الآلي- على نظرية وممارسة إصلاح الأخطاء.

يشير مفهوم نموذج التحكم الآلي بشكل أساسي إلى مخطط معالجة المعلومات الذي يطوره الرياضي أثناء تنفيذ التدريب الحركي. في النهاية، نتساءل عما يحدث في الدماغ وبقية الجهاز العصبي لأي شخص عندما ينفذ حركة ما. كما يتضمن أيضًا الكشف الواضح عن المراحل التفاضلية التي يمكن دراستها بشكل منفصل، ولكن مع نتائج تعليمية مثيرة للاهتمام في كل من الوحدات الوظيفية المدربة والمحددة. معنى دراسة الارتباطات العصبية له علاقة بإمكانية تدريب الوظائف.

ينشأ علم التحكم الآلي من نظريات معالجة المعلومات؛ إنه فرع من فروع معالجة المعلومات ويأخذ آليات ردة الفعل كمحور رئيسي للتحليل. ضمن هذا الإطار يدرس بالتفصيل الطريقة التي تتم بها معالجة المعلومات التي أعيد إدخالها من أجل تنظيم الحركة واستمرارية عملية التعلم الحركي. هدفها هو تمكين الرياضي من الحضور والاستفادة بشكل مناسب من الملاحظات من أجل الاستغناء تدريجيًا عن السيطرة الخارجية.

الشكل 2: نموذج علم التحكم العصبي لمعالجة المعلومات



المصدر: [صورة بدون عنوان في النموذج العصبي النشط لمعالجة المعلومات]. (س. و). تم الاسترجاع من http://static.diariomedico.com/images/2009/07/01/cerebro_1.jpg

القشرة الجدارية	Corteza parietal
الانتباه	Atención
التيار الظهري	Corriente dorsal

Corriente ventral	التيار البطني
Retroalimentación predictora	ردود الفعل التنبئية
Cerebelo	المخيخ
Retroalimentación visual	ردود الفعل المرئية
Acciones potenciales	الإجراءات المحتملة
Ganglio basal	العُقَدُ القاعِدِيَّة
Sesgo conductual	التحيز السلوكي
Identificación del objeto	تحديد الكائن
Corteza premotora	القشرة ما قبل الحركية ((PMC
Toma de decisiones cognitivas	صنع القرار المعرفي
Corteza prefrontal	قشرة الفص الجبهي (PFC)
Corteza temporal	القشرة الصدغية
Orden motora	إعطاء الأمر الحركي
Especificación	المواصفات
Selección	الاختيار

لقد فهمنا الإطار النظري لمعالجة المعلومات - ودخلنا على وجه التحديد في ظاهرة البرمجة الحركية - لنتذكر أنه بعد القرار النهائي الذي ينقض البرنامج الحركي أو ينفذه (ما قبل المنطقة التمهيدية للحركية AMS)، يتم توزيعه على قطاعات مختلفة من المادة السوداء المدمجة SNC. من بين الوجهات الرئيسية نقوم بتضمين ما يلي دون استبعاد إمكانية الآخرين (وظائفهم تختلف وكلها مهمة):

- منطقة الحركة الأساسية.
- المخيخ.
- العقد القاعدية (دي سانتو، 2015).

منطقة الحركة الأساسية

منطقة الحركة الأساسية هي المسؤولة عن بدء الحركات، والتي ترسل إشارات صادرة إلى النوى الحركية للحبل الشوكي. كما سيتم تفصيله في الموضوع التالي، لا تعمل القشرة الحركية الأولية 1MP بمفردها، ولكنها الخطوة الأخيرة قبل أن يصل التأثير إلى النخاع. تستقبل منطقة الحركة الأساسية إشارات من منطقة الحركة الأولية، وهي المسؤولة عن تخزين البرامج الحركية التي ينشئها الفرد طوال تاريخه الحركي.

لا تستطيع منطقة الحركة الأساسية إرسال الحركة الصادرة إذا كانت منطقة المحرك الإضافية لا تسمح ببدء الإجراءأولًا. هناك بنى عصبية أخرى ترسل الوصلات إلى القشرة الحركية الأولية 1MP.

النوى القاعدية

من الناحية الفسيولوجية، تعتبر العقد القاعدية هي: النواة المذنبة، والبطانة، والكرة الشاحبة، والمادة السوداء، وتحت المهاد. ومع ذلك، تعمل أجزاء مهمة من المهاد، والتكوين الشبكي، والنواة الحمراء بشكل وثيق مع المجموعة الأولى.

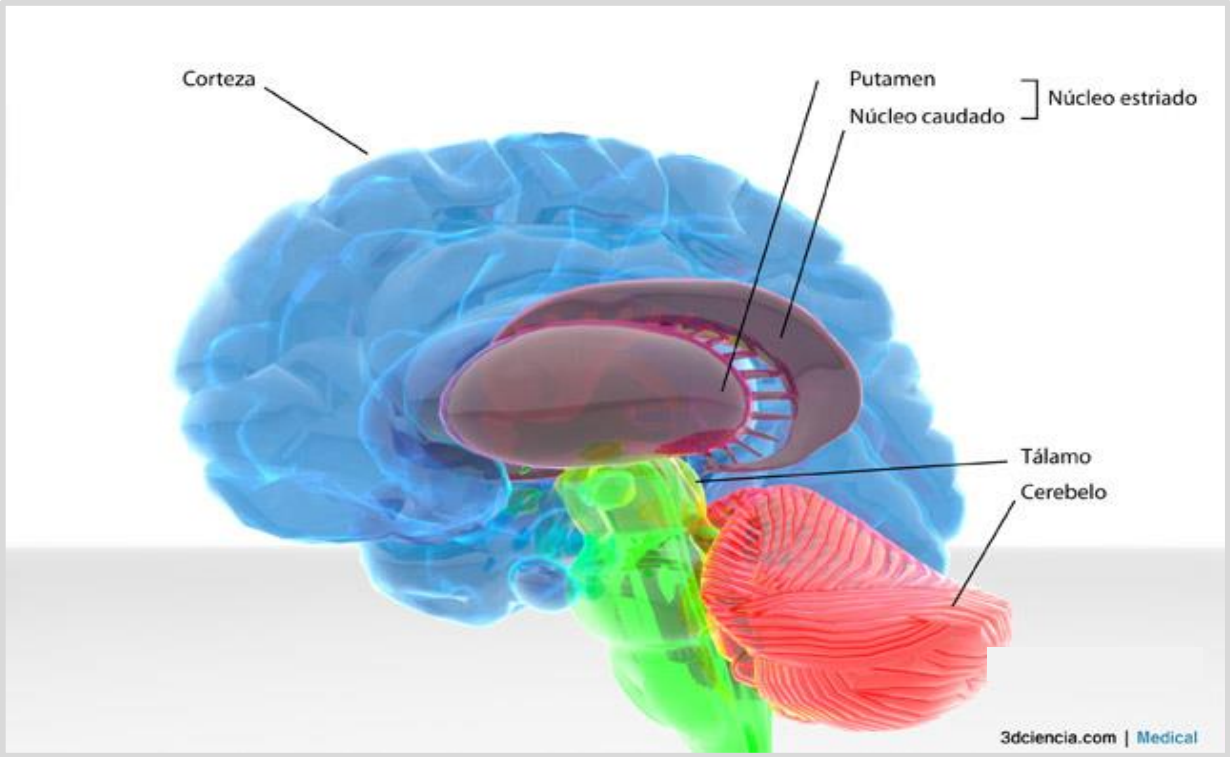
لعقد القاعدة وظائف تؤثر على حركات العضلات. هذه "سوف تحتوي على ذخيرة من الحركية الأوتوماتيكية أو الصور الذهنية engrams التي -وفقًا للسياق- ستفضل تدخل العضلات ذات المعنية" (ريغال، 1987، ص 86).

المخيخ

إنه أحد الأعضاء التي يتكون منها الدماغ. وهي مسؤولة عن تنظيم تناسق العضلات وتوازنها وتسهيل الحركات عن طريق التنشيط المسبق للعضلات (ريغال، 1987)

يشارك المخيخ في التكامل الحسي الحركي، وبالتالي يخدم التحكم في الحركة. العمليات التي يقوم بها هذا الجهاز بشكل عام ليست موضوعًا للضمير، لأنها أفعال تحت القشرية.

الشكل 3: قطاعات معالجة المعلومات في المادة السوداء المدمجة SNC



المصدر: [صورة بدون عنوان عن قطاعات معالجة المعلومات في SNC]. (س. و). تم الاسترجاع من http://3.bp.blogspot.com/_1e0dQzMNoaY/S94SsQvZwdI/AAAAAAAAB6M/PhalKVbiyR4/s1600/foxp2-estriado_snc.jpg

Corteza	Núcleo estriado Putamen Núcleo caudado	Tálamo	Cerebelo
اللحاء	اللحاء البطانة النواة المذنبة	المهاد	المخيخ

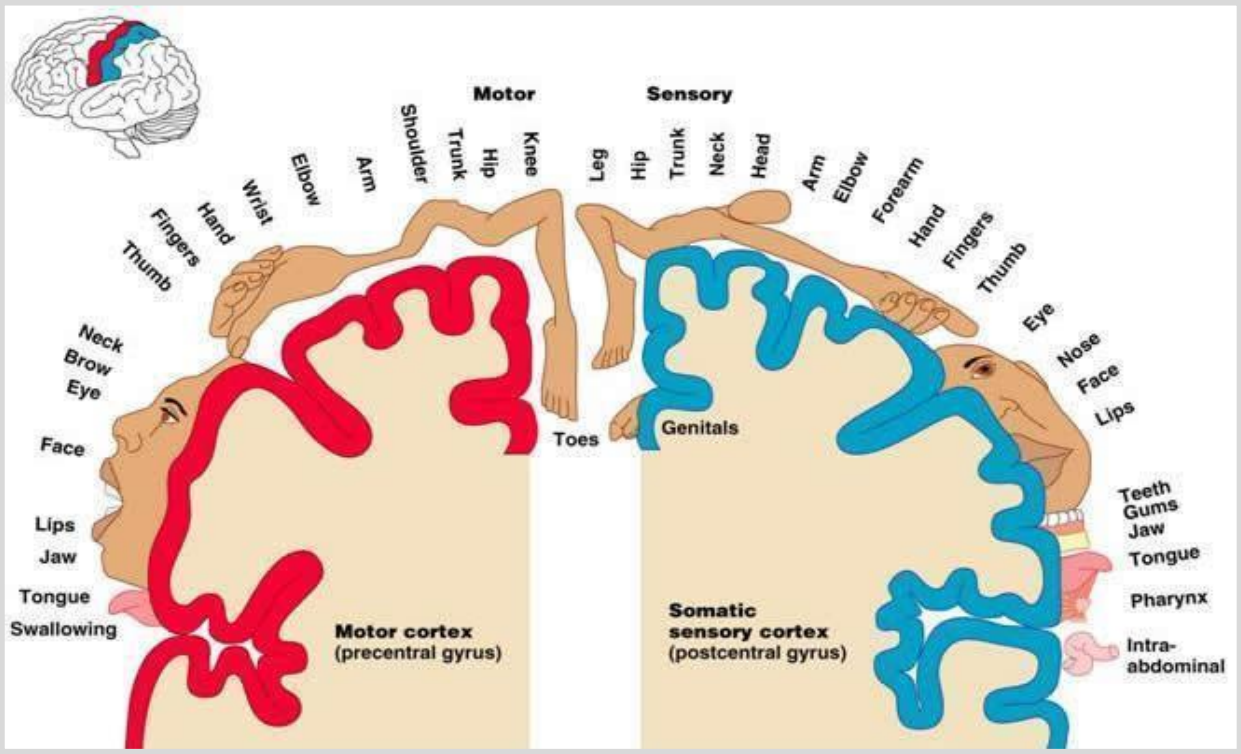
قبل البرمجة الحركية والتنفيذ، من المهم أن ندرك أن هناك تمثيلًا مقابلًا لكل جزء من أجزاء الجسم في القشرة الدماغية. المعلومات التي تم جمعها من قبل المستقبلات وتعديل حالة الخلايا العصبية الحسية تواصل رحلتها نحو مراكز التحكم، ويتم تبديلها والوصول إلى القشرة الدماغية، حيث تصل هذه المعلومات أخيرًا إلى القشرة المخية، ما نسميه منطقة الإسقاط الأولية أو المناطق التي تخصصت لتلقي هذه المعلومات بعد معالجتها بواسطة النوى الركبية الجانبية LGN) المختلفة للمهاد.

بادئ ذي بدء، يمكننا أن نقول إن الحجم "المخصص" لكل جزء من أجزاء الجسم في كل منطقة من مناطق الإسقاط الأولية يعتمد على كثافة المستقبلات التي يمتلكها هذا القطاع من الجسم، وهذا هو سبب فكرة وجود الرجل الحسي أو القزمي homunculus"". الشيء الثاني الذي يجب مراعاته هو أن هذه المناطق ترسم خريطة لتوزيع المستقبلات في باقي أجزاء الجسم. وهذا يعني أنه -من أجل إدراك العالم الداخلي والخارجي، ولبناء إدراك خاص- يجب على دماغنا أن يرسم و / أو يخطط لتوزيع أنظمة جمع المعلومات الموجودة على أطراف أجسامنا.

إن دماغنا، بطريقة ما، هو أيضًا خريطة صغيرة تفسّر توزيع المستقبلات في المحيط. وعلى وجه التحديد، فإن إعادة توجيه المعلومات التي تم التقاطها من المحيط بواسطة هياكل الجهاز العصبي المركزي هذه هي التي تسمح لنا بإدراك العالم الخارجي، وكذلك أيضًا إنتاج ظاهرة الوعي الذاتي، أي إمكانية اكتشاف ما ندركه وما لا ندركه، ألا وهو العالم الداخلي.

هناك اختلافات وأوجه تشابه بين الحسية والحركية: كلما زادت الحاجة إلى التحكم الدقيق في الحركة، وبالتالي كلما زادت المساحة التمثيلية في الرجل الحسي أو القزميhomunculus زادت المساحة التمثيلية الحسية القشرية. بعبارة أخرى، كلما احتجنا إلى ضبط حركة أكثر دقة وانضباطًا احتجنا إلى كثافة أعلى من أجهزة الاستقبال؛ لذلك نجد تشابهًا كبيرًا بين هذه الحركيات. يبقى الاستثناء في 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 الحركيات مهم للغاية.

الشكل 4: الهوامش الحركية والحسية



المصدر: [صورة غير معنونة على الهوامش الحساسة والحركية]. (س. و). تم الاسترجاع من https://plus.google.com/photos/photo/115053947357362701027/6474549631469348882

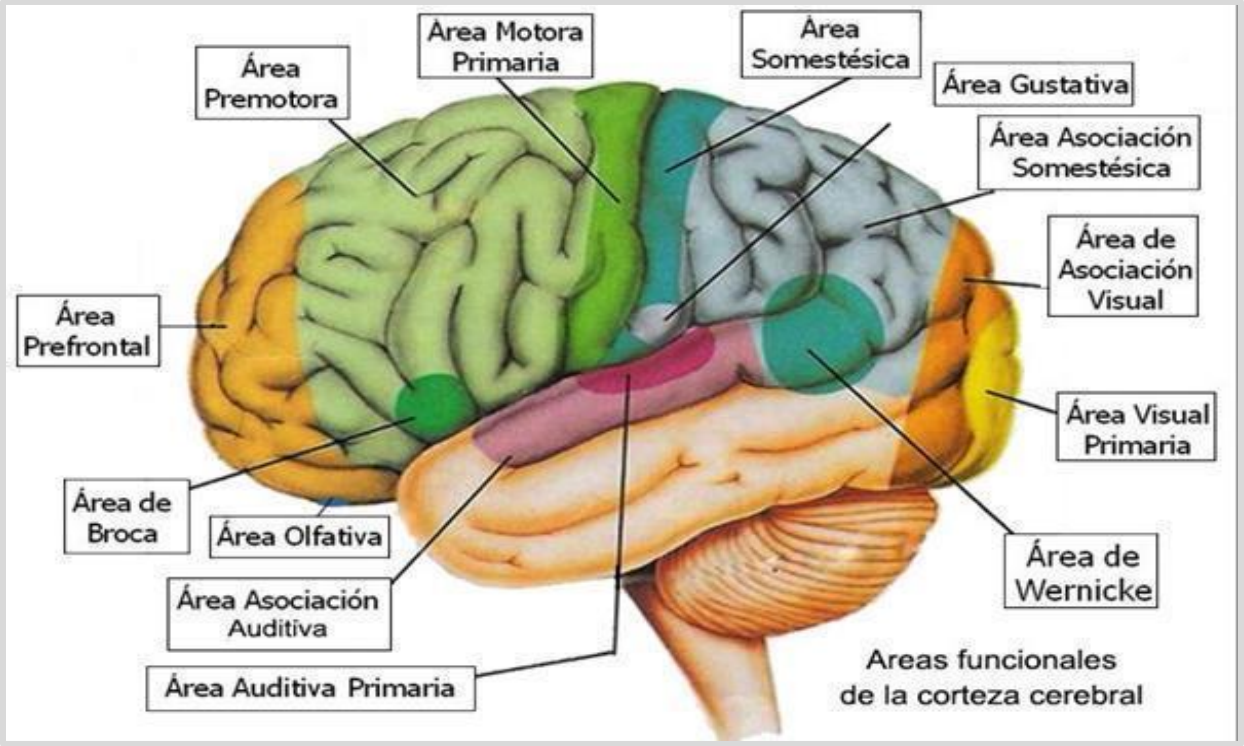
حسي	Sensory	حركي	Motor
القشرة الحسية الجسدية	Somatic sensory cortex	القشرة الحركية	Motor cortex
(التلفيف بعد المركزي)	(postcentral gyrus)	(التلفيف أمام المركزي)	(pecentral gyrus)
رِجل	Leg	الركبة	Knee
ورك أو نتوء	Hip	ورك	Hip
جذع	Trunk	جذع	Trunk
رقبة	Neck	كتف	Shoulder
رئيس	Head	ذراع	Arm
ذراع	Arm	مرفق	Elbow
مرفق	Elbow	معصم	Wrist
ساعد	Forearm	كفّ	Hand
كف	Hand	أصابع	Fingers
عين	Eye	الإبهام	Thumb
أنف	Nose	رقبة	Neck
وجه	Face	حاجب	Brow
الشفتان	Lips	عين	Eye
أسنان	Teeth	وجه	Face
اللثّة	Gums	الشفتان	Lips
الفك	Jaw	الفك	Jaw
البلعوم	Pharynx	لسان	Tongue
داخل البطن	Intra-abdominal	البلع	Swallowing
الأعضاء التناسلية	Genitals	أصابع القدمين	Toes

من المهم إبراز وظائف منطقتين دماغيتين مهمتين جدًا في عمل البرمجة العصبية الحركية: إحداهما هي المنطقة الحركية أو المنطقة رقم 6، والأخرى المنطقة الحركية أو المنطقة رقم 4. يمكننا القول إن المنطقة 4 هي المسؤولة عن بدء حركات

قطاعات الجسم المختلفة، على الرغم من أن هذا لا يعني تحت أي ظرف من الظروف أنها تعمل بمعزل عن الآخرين. القشرة الحركية الأولية (1PM) "هي المحطة النهائية لتحويل التصميم إلى تنفيذ للحركة" (سنيل، 1999، ص 299). لا تُنشئ القشرة الحركية الأولية 1MP نمط الحركة، بل تنفذه انطلاقًا من المعلومات التي يتلقاها من الهياكل مثل العقد في القاعدة، والمخيخ، والمهاد، والقشرة الحساسة.

لشرح عمل القشرة الحركية الأولية 1MP يمكننا مقارنة هذه البنية بلوحة مفاتيح البيانو، حيث تمثل المفاتيح العضلات، أي 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 تعصّبها على دقة الحركات التي تؤديها (سيتم توسيع هذه الفكرة في القسم الخاص بالرجل الحسي أو القزمي"homunculus ")". لا تحتوي منطقة الحركة الأساسية على خلايا بيتز الهرمية العملاقة، حيث إن وظيفتها المحددة ليست أن تكون مسؤولة عن تنفيذ الحركات، ولكن تخزين البرامج الحركية التي يتم إنتاجها من التجارب الحركية في الماضي. تتلقى القشرة الأمامية الحركية (CPM) مدخلات حسّية متعددة من هياكل عصبية مختلفة مثل المهاد والعقد القاعدية.

الشكل 5: مناطق برودمان في القشرة الحركية



المصدر: [صورة بدون عنوان لمناطق برودمان في القشرة الحركية]. (س. و). مأخوذ من https://sophimania.pe/media/images/2015/abril/rakic_2.jpg

منطقة حسية جَسَدِيّة	Área Somestésica
منطقة الذواقة	Área Gustativa
منطقة جمعية حسية جَسَدِيّة	Área Asociación Somestésica

منطقة الارتباط المرئي	Área de Asociación Visual
المنطقة المرئية الأوّلية	Área Visual Primaria
منطقة فيرنيك	Área de Wernicke
المجالات الوظيفية للقشرة الدماغية	Áreas funcionales de la corteza cerebral
المنطقة السمعية الأوّلية	Área Auditiva Primaria
منطقة الرابطة السمعية	Área Asociación Auditiva
منطقة الشمّ	Área Olfativa
منطقة الحفر	Área de Broca
المنطقة الأمامية	Área Prefrontal
منطقة ما قبل الحركة	Área Premotora
منطقة الحركة الأساسي	Área Motora Primaria

أخيرًا، فيما يتعلق بمقاربة موضوع البرمجة العصبية الحركية، نقترح -نظرًا لتعقيدها- مقارنتها بالمسرحية. المسرحية تبقى دون تغيير على مر السنين. السيناريو، والمشاهد، والشخصيات قد يطرأ عليها تعديلات طفيفة. ولكن إذا كان من تألقوا فيها ضروريين 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. بدلًا من ذلك، ما هو أساسي هو العمل نفسه، أي برنامج الصورة الذهنية engram. في الواقع، الأبطال أو الممثلون هم العضلات، ويقرر فعل البرمجة أي عضلة تقوم بتنفيذ المسرحية. إذا كانت العضلة ضرورية وكانت تواجه بعض المشاكل مثل المرض أو القصور فلن نتمكن بعد الآن من عرض برنامج الصورة الذهنية engram وسيكون هذا عيبًا كبيرًا في التاريخ التطوري؛ لكن على العكس من ذلك، يعد مزية أن الوحدة المشروطة هي العضلات، وغير المشروطة هي الصورة الذهنية. البرمجة هي اتخاذ قرارات بشأن بطل الرواية الثابت أو الصورة الذهنية؛ باختصار إنه تجميع تسلسل بالفعل مع ممثلين محددين، هم العضلات المختلفة التي تطوّر الحركة. عندما تعطي منطقة الحركة الإضافية "الضوء الأخضر" لبدء الإجراء -أي أنه يفتح أو يسمح ببدء الحركة- يتم توصيل البرنامج الحركي أو نقله إلى القشرة الحركية الأساسية للبدء في التطور بالتتابع؛ بهذه الطريقة، تنتقل المعلومات المنشطة عبر الحبل الشوكي إلى مجموعات عضلية مختلفة بحيث تتشكل الحركة في النهاية.

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 البروز من منطقة الحركة 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 تتحكم في نشاط غاما). كما سيتلقى المخيخ نسخة ليكون قادرًا على تنظيم الفعل الحركي ومقارنة الفعل عمليًا بنموذج "مثالي".

الشكل 6: البرمجة الحركية كعمل مسرحي

المصدر: [صورة بدون عنوان عن البرمجة الحركية كلعبة]. (س. و). تم الاسترجاع من http://www.kebuena.com.mx/wp-content/uploads/2015/10/qwe.jpg

بعد بداية الإجراء يتكشف اللحن الحركي بالتتابع ويكون مظهره النهائي هو بالتحديد التنشيط العصبي العضلي والحركة نفسها، أي يبدأ اللحن بالعزف.

يجب أن يحتوي النشر على:

- الطلاقة.
- التجميع.
- الإيقاع.
- الاستمرارية.

هنا نجد أن قشرة الفص الجبهي (CPF) ومناطق أخرى وجب عليها التعامل مع تجميع المكونات المختلفة للبرنامج الحركي. يتكشف اللحن الحركي تحت إشراف القشرة الأمامية، التي لا يمكنها الاهتمام بأي 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. ومع هذا، يمكننا تنفيذ العديد من المهارات الحركية في وقت واحد. مثال واضح على ذلك هو قيادة السيارة: عندما نعرف بالفعل كيفية

القيادة فإن العديد من الإجراءات الحركية، مثل تغيير التروس، والدوس على القابض، والنظر في المرآة، وما إلى ذلك نقوم بها تلقائيًا، وبالتالي فيما تحت القشرة.

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

سنقول إنه يمكننا تقسيم نظام المحرك إلى ثلاثة مستويات:

1) المستوى العلوي: ويتكون من مناطق القشرة الحركية مناطق رقم 6-4 من منطقة الحركية التكميلية -AMS.

2) المستوى المتوسط: يتكون من جذع الدماغ، حيث تغادر المسارات العصبية التي تغذي النخاع الشوكي.

3) المستوى السفلي: هو النخاع الشوكي.

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 مصابيح لتنظيم التحكم في حركات الرأس. يمكن أن تعمل القشرة على النخاع بشكل مباشر أو غير مباشر (القشرة الشوكية). بعد مغادرة القشرة الحزمة القشرية يصل الحبل الشوكي إلى جذع الدماغ، ومن هنا، تعبر معظم الألياف خط الوسط إلى الجانب الآخر (الحزمة القشرية - النخاعية الجانبية). عدد قليل من الألياف التي لا تتقاطع تذهب مباشرة إلى الحبل. تنتهي معظم ألياف الحزمة القشرية النخاعية في الخلايا العصبية الداخلية، في حين ينتهي عدد أصغر في الخلايا العصبية الحركية (تموري، 2004).

بالعودة إلى القشرة الدماغية التي تتكون من مجموعة من الألياف العصبية، والخلايا العصبية، والدبقية، والأوعية الدموية نجد الأنواع التالية من الخلايا العصبية:

•الخلايا الهرمية: تسمى أيضًا خلايا بيتز، وهي تمتلك أكبر أجسام خلوية، وتوجد في التلفيف الحركي الأولي. تشير رؤوس هذه الخلايا نحو القشرة، ومن هذا الرأس ينشأ التغصّن 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.

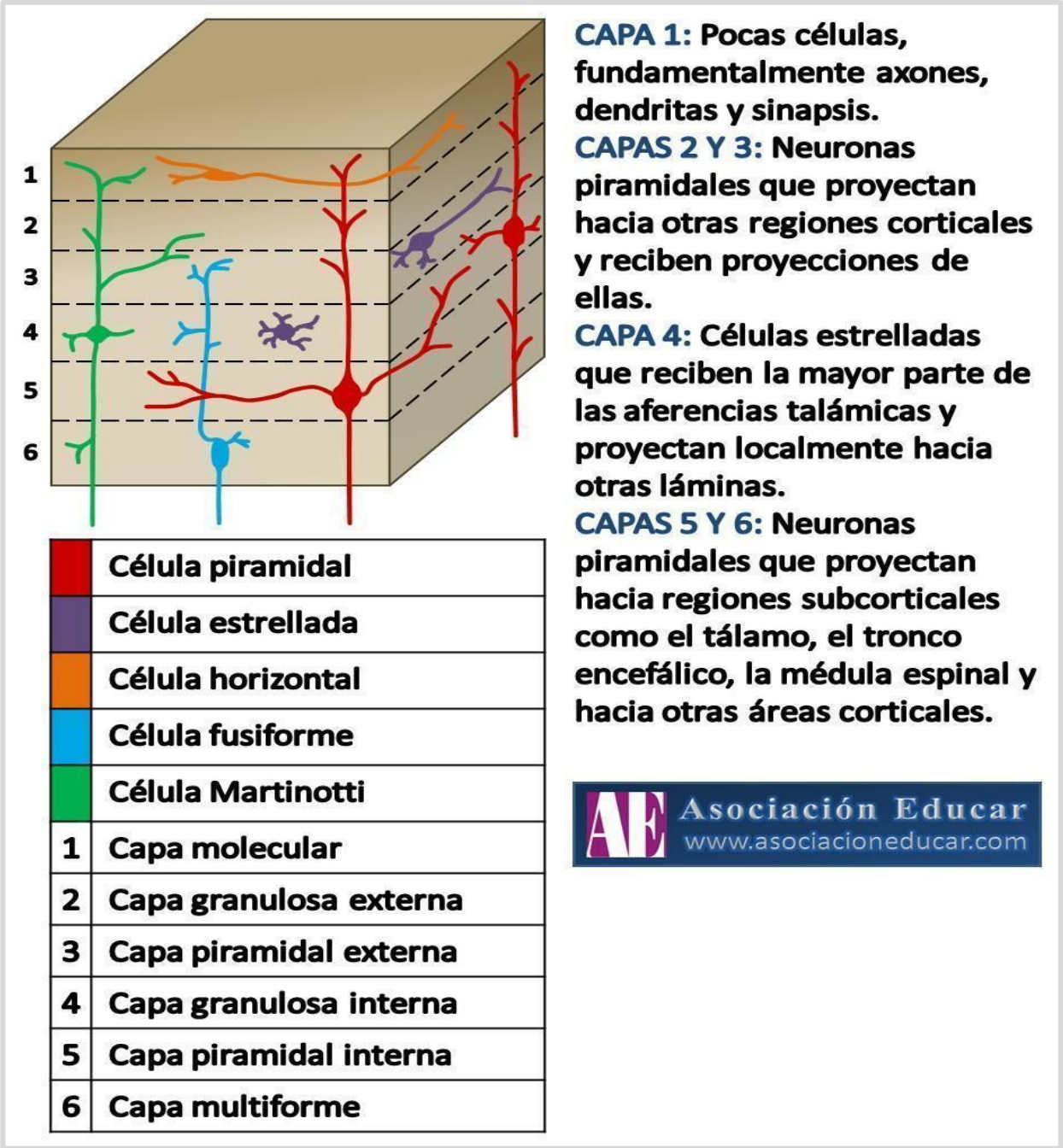
•الخلايا النجمية: وهي خلايا متعددة الأضلاع لها تشعبات متعددة ومتفرعة ومحور قصير.وهي تتواصل مع الخلايا العصبية المجاورة.

•خلايا المغزل: توجد في أعمق الطبقات القشرية ولها تشعبات في أقطاب جسم الخلية. يتفرع التغصّن السفلي داخل نفس الطبقة، في حين يمتد التغصّن العلوي 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 بتغصّنات خلايا بيتز العملاقة. تولد التشعبات في نهاية كل من هذه الخلية.

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

الشكل 7: طبقات وخلايا القشرة الدماغية



المصدر: [صورة بدون عنوان على طبقات وخلايا القشرة المخية]. (س. و). تم الاسترجاع من https://asociacioneducar.com/sites/default/files/capas-corteza-cerebral.jpg

CAPA 1: Pocas células, fundamentalmente	CAPAS 2 y 3: Neuronas piramidales que proyectan hacia otras	CAPA 4: Células estrelladas que reciben la mayor	CAPAS 5 y 6: Neuronas piramidales que

proyectan hacia regiones subcorticales como el tálamo, el tronco encefálico, la médula espinal y hacia otras áreas corticales.	parte de las aferencias talámicas y proyectan localmente hacia otras láminas.	regiones corticales y reciben proyecciones de ellas.	axones, dendritas y sinapsis.
الطبقتان 5 و6: الخلايا العصبية الهرمية التي تتجه إلى مناطق تحت القشرة مثل المهاد، وجذع الدماغ، والحبل الشوكي، ومناطق قشرية أخرى.	الطبقة 4: الخلايا النجمية التي تتلقى معظم الواردات المهادية، وتبرز محليًا على الصفيحة الأخرى.	الطبقتان 2 و3: الخلايا العصبية الهرمية التي تتجه إلى مناطق قشرية أخرى وتتلقى إسقاطات منها.	الطبقة الأولى: عدد قليل من الخلايا، بشكل رئيسي المحاور، والتشعبات، والمشابك.

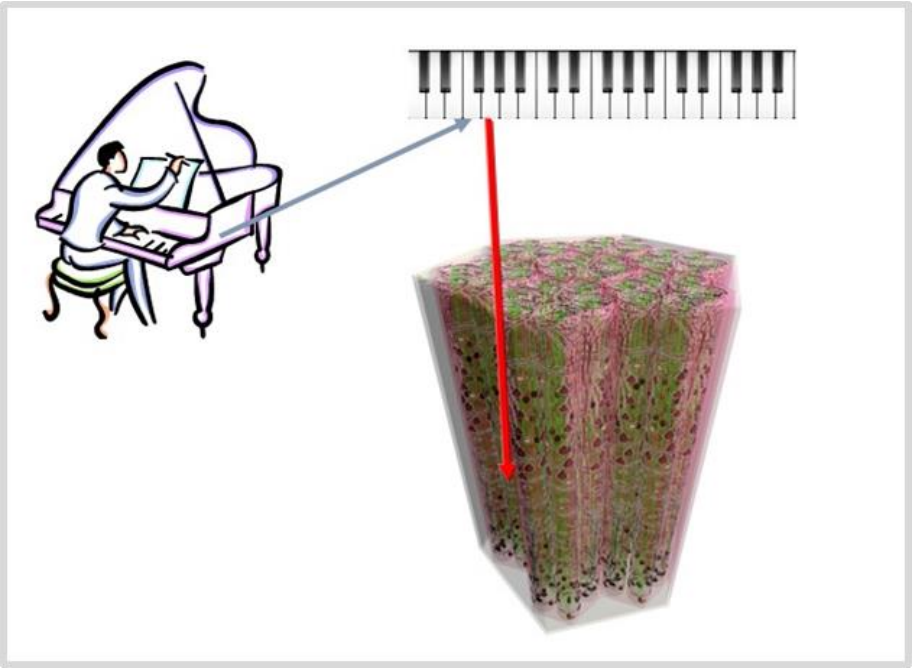
Célula Martinotti	Célula fusiforme	Célula horizontal	Célula estrellada	Célula piramidal	
خلية مارتينوتي	الخلية المغزلية	الخلية الأفقية	الخلية النجمية	خلية هرمية	
6: Capa multiforme	5: Capa piramidal interna	4: Capa granulosa interna	3: Capa piramidal externa	2: Capa granulosa externa	1: Capa molecular
6: طبقة متعددة الأشكال	5: الطبقة الهرمية الداخلية	4: الطبقة الحبيبية الداخلية	3: الطبقة الخارجية الهرمية	2: الطبقة الخارجية المحببة	1: الطبقة الجزيئية

ذكرنا من قبل 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 1MP، وأن كل مفتاح من هذه المفاتيح يتوافق مع عمود. سيعتمد عمل الحركة -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 1MP وزاد عدد الأعمدة (يجب عدم الخلط بينه وبين الطبقات العصبية المذكورة أعلاه).

الشكل 8: أداء عازف البيانو والحركة



المصدر: اجتهاد شخصي.

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

إذا واصلنا مثال عازف البيانو يمكننا تعريفها على النحو التالي:

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

وفقًا لأفكار فاجاردو (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 هنا، 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) أنهم يقومون بذلك بشكل متزامن عند إجراء أقصى تقلص طوعي" (فاجاردو، 1999، ص 47).

- التنسيق بين العضلات: هو قدرة عازف البيانو على تمرير النغمات بتناغم تام، وفي نفس الوقت تجنب نقر أعمدة لا تمت بصلة.

من خلال هذا يمكننا أن نفهم أن التنسيق بين العضلات هو القدرة على تنشيط ألياف العضلات المعنية، ليس فقط للعضلة المنبهة، ولكن أيضًا من العضلات المتعاونة. في المقابل، من الضروري عدم نقر الأعمدة المقابلة لعضلات الخصم، مما يحد من نشاط العناصر الرئيسية المسؤولة عن الحركة.

من الضروري أن يكون هناك تسلسل وتزامن جيد في مجموعات العضلات المختلفة، والتي يتم تنشيط بعضها (ناهضات أو مؤازرة) والبعض الآخر مثبط (مناهضات).

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

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 التشعيع والتطفل الحركي مسؤولة عن جزء كبير من الفشل في الأداء الحركي.

الشكل 9: التنشيط الطفيلي

المصدر: [صورة بدون عنوان عند التنشيط الطفيلي]. (س. و). تم الاسترجاع من http://static3.depositphotos.com/1005730/225/i/950/depositphotos_2250400-Kid-playing-piano-badly.jpg

بنية أخرى مهمة للغاية في تنظيم النشاط الحركي هي العقد القاعدية، وهي مجموعات من هياكل الجسم العصبية الموجودة في قاعدة الدماغ (ريغال، 1987). تتكون هذه العقد من المخطط الظهري (النواة المذنبة والبطانة)، المخطط البطني (النواة

المتكئة)، الشاحبة الكروية، النواة تحت السطحية، والمادة السوداء. ترتبط النواة الحمراء والتكوين الشبكي ارتباطًا وثيقًا بالعقد. ترتبط هذه بأعضاء مختلفة من الجهاز العصبي وتركز وظيفتها على تنظيم المهارات الحركية.

النواة الذيلية: تشارك في تعديل الحركة بشكل غير مباشر. إنه الجزء الذي يخبر الفص الأمامي أن هناك شيئًا ما خطأ ويجب القيام بشيء حيال ذلك.

البطانة: هي المسؤولة عن الحركات الدقيقة الطوعية. كما أنها تلعب دورًا مهمًا في التكييف الفعال.

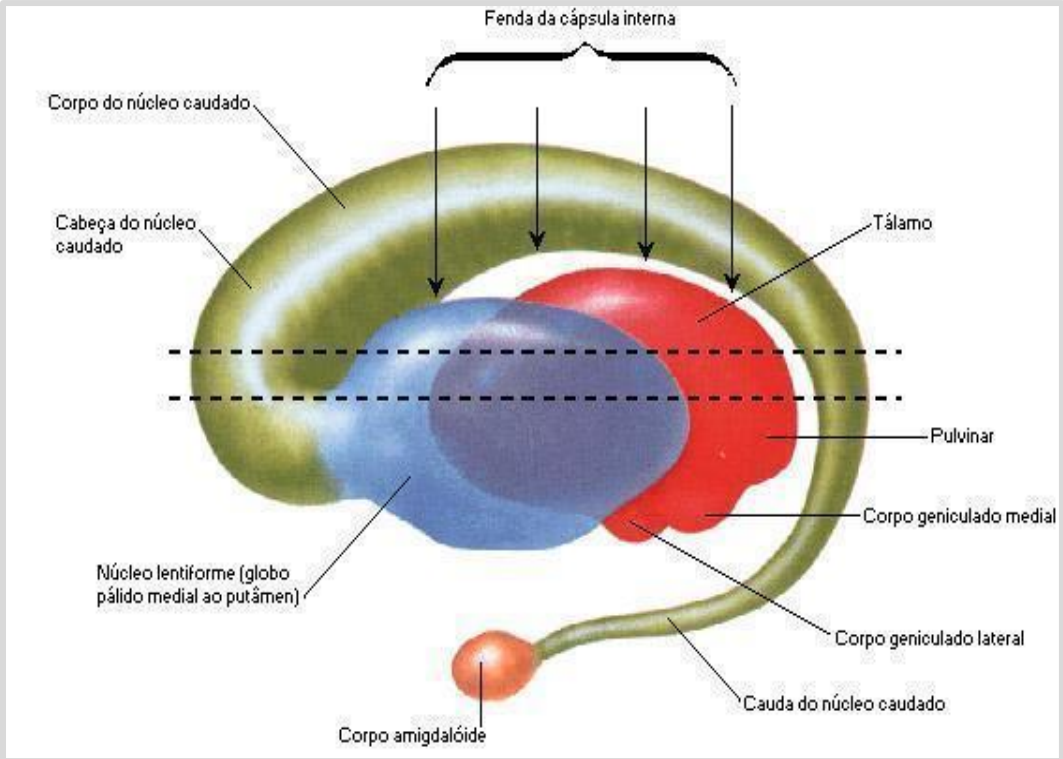
الجسم المشدود: ينظم السلوك الغريزي، وتوتر العضلات، والشخصية، والسلوك الجنسي. يثبط نشاط القشرة الدماغية ويستقبل نبضات من المهاد.

الكرة الشاحبة: تنقل المعلومات من البطانة والذنب إلى المهاد.

النواة تحت المهاد: تستقبل المدخلات من الذنب والبطانة، وتشارك في تنظيم التحكم الحركي وترتبط بالتحكم في الحركة اللاإرادية.

المادة السوداء: هي منظم دقيق للمخطط من خلال الناقل العصبي "الدوبامين". (Asociación Educar، 2015،.(http://asociacioneducar.com/glosario)

الشكل 10: العقد القاعدية



المصدر: [صورة بدون عنوان على العقد القاعدية]. (س. و). تم الاسترجاع من https://www.auladeanatomia.com/upload/site_pagina/nucleosdabase2.jpg

Corpo do nucleo caudado	Cabeça do nucleo caudado	Núcleo lentiforme (golobo pálido medial ao putamen)	Corpo geniculado lateral	Corpo geniculado medial	Pulvinar	Tálamo	Fenda da capsula interna
الجسم الأساسي المذنب	رأس النواة المذنبة	نواة عدسية الشكل (الكرة الشاحبة الإنسي إلى البطانة)	الجسم الركبي الجانبي	الجسم الركبي الإنسي	وِسادَةُ المِهاد	المِهاد	فتحة الغطاء الداخلي

على الرغم من أن العقد القاعدية مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالوظائف الحركية إلا أنها لا تملك اتصالًا مباشرًا مع الخلايا العصبية الحركية في الحبل الشوكي، ولكنها بدلًا من ذلك تتلقى معلومات واردة من القشرة الدماغية وترسل المعلومات إلى القشرة نفسها عبر مسارات واردة. في السابق، كانت هذه الإشارات تنتقل عبر المهاد. المخطط هو نقطة دخول المعلومات من القشرة الدماغية إلى العقد الموجودة في القاعدة. وتصل التأثيرات إلى قطاعات مختلفة من المخطط اعتمادًا على قطاع القشرة التي تأتي منها. على سبيل المثال: القشرة الحركية ترسل إشارات إلى البطانة بحيث تعمل في تنظيم الحركات، وفي المقابل يتلقى الذنب المعلومات من العمليات المعرفية وحركات العين.

الإشارات من القشرة الحركية إلى المخطط تنتمي إلى المسار القشري-المخطط وتنشأ من القشرة الحركية، والقشرة ما قبل الحركية، ومنطقة الحركة التكميلية.

بمجرد دخول المعلومات إلى العقد في القاعدة يتم توجيهها إلى المهاد من خلال المادة السوداء والوجه الداخلي لشجرة الكرة الشَّاحِبَة بطريقتين مختلفتين. يمكن تسمية هذين المسارين على أنهما طريق مباشر وطريق غير مباشر.

المراجع

جمعية التربية Educar (2015). مسرد العلوم وعلوم الأعصاب. تم الاسترجاع من http://asociacioneducar.com/glosario

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

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

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، قرطبة، الأرجنتين.

[صورة بدون عنوان على نموذج التغذية الراجعة للحركة البشرية]. (س. و). تم الاسترجاع من http://www.gerdo.org/wp-content/uploads/2013/06/1h.png.

[صورة بدون عنوان في النموذج العصبي الحركي لمعالجة المعلومات]. (س. و). تم الاسترجاع من http://static.diariomedico.com/images/2009/07/01/cerebro_1.jpg

[صورة بدون عنوان عن قطاعات معالجة المعلومات في SNC]. (س. و). تم الاسترجاع من http://3.bp.blogspot.com/_1e0dQzMNoaY/S94SsQvZwdI/AAAAAAAAB6M/PhalKVbiyR4/s1600/foxp2-estriado_snc.jpg

[صورة بدون عنوان على الهوام الحركي والحساسية]. (س. و). تعافى من https://plus.google.com/photos/photo/115053947357362701027/6474549631469348882

[صورة بدون عنوان لمناطق برودمان في القشرة الحركية]. (س. و). مأخوذ من https://sophimania.pe/media/images/2015/abril/rakic_2.jpg

[صورة بدون عنوان حول البرمجة الحركية كلعبة]. (س. و). تم الاسترجاع من http://www.kebuena.com.mx/wp-content/uploads/2015/10/qwe.jpg

[صورة بدون عنوان على طبقات وخلايا القشرة المخية]. (س. و). تم الاسترجاع من http://asociacioneducar.com/sites/default/files/capas-corteza-cerebral.jpg

[صورة بدون عنوان على التنشيط الطفيلي]. (س. و). تم الاسترجاع من http://static3.depositphotos.com/1005730/225/i/950/depositphotos_2250400-Kid-playing-piano-badly.jpg

[صورة بدون عنوان للعقد القاعدية]. (س. و). تم الاسترجاع من http://www.auladeanatomia.com/upload/site_pagina/nucleosdabase2.jpg

ريغال، 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. علم النفس الرياضي والعمليات العقلية للرياضي. برشلونة: بيدوتريبو.

فاجاردو، ج. (1999). اتجاهات جديدة في القوة وكمال الأجسام. برشلونة: إرجو.