الدورة 2: دور المخيخ والعقد القاعدية

الوحدة 1: المخيخ

2.1.1 هيكل المخيخ

المخيخ هو أكبر عضو في الدماغ ويقع خلف الجسور والنخاع المستطيل، في الحفرة القحفية الخلفية.

ينقسم المخيخ إلى نصفين، يفصل بينهما دودة مخيخية (هذا هيكل مهم، يقع في منتصف الفص الخلفي والأمامي). في الدودة المخيخية، تنتهي العديد من الإشارات الجسدية من مناطق مختلفة من الجسم. بالإضافة إلى ذلك، لها دور مهم جدًا في تنظيم الموقف في عمليات العقل الباطن.

يمكن أيضًا تقسيم المخيخ إلى ثلاثة فصوص، وهي: الفص الندفي، والفص الأمامي، والفص الخلفي، ويسمى أيضًا الفص الأوسط.

• **الفص الخلفي:** وهو أكبر جزء من المخيخ ويقع بين الشقوق الأولية والشقوق اللهاة. وهي مكونة من نصفي الكرة المخية. في المقابل، يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالقشرة الدماغية ويشارك في التخطيط والبدء في الحركات. هذا الفص "يضمن التنظيم التلقائي للمهارات الحركية التطوعية" (ريغال، 1987، ص 77).

• **الفص الندفي**: يقع خلف الشق اللهائي ويشكل جزءًا من المخيخ الذي له علاقة وثيقة بالجهاز الدهليزي، لذلك فهو متعلق مباشرة بالتوازن. "إنه يساهم في تحقيق التوازن من خلال علاقته مع النوى الدهليزية التي تدير النشاط والعضلات المحورية والدانية" (ريغال، 1987، ص 77).

• **الفص الأمامي**: "يمكن رؤيته على السطح العلوي من المخيخ ويفصل عن الفص الأوسط بواسطة شق على شكل حرف V يسمى الشق الأساسي" (سنيل، 1999، ص 218). لديه اتصالات متبادلة مع الحبل الشوكي ويشارك في التحكم في توتر العضلات. بالاستناد إلى كلمات ريغال (1987)، يتحكم هذا الفص في النغمة الوضعية للأطراف وفي الحركة.

يتكون هيكلها من المادة البيضاء في الداخل، على الرغم من وجود مجموعات صغيرة من المادة الرمادية، والتي تسمى نوى داخل المخيخ، والمادة الرمادية في المحيط، تسمى قشرة المخيخ، والتي تنقسم إلى 3 طبقات:

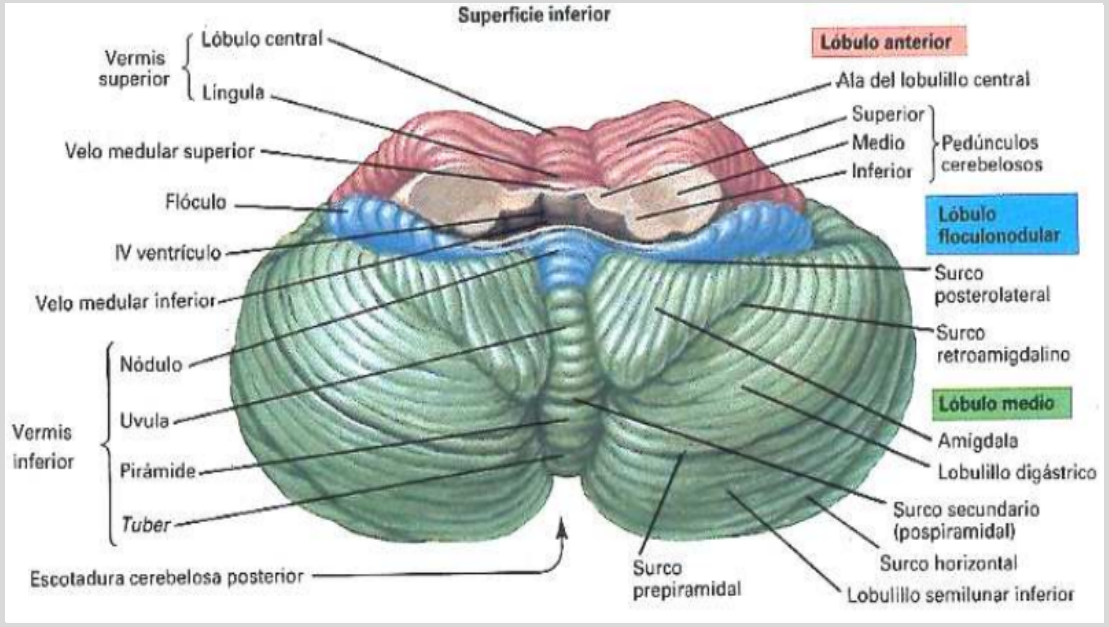
المخيخ، وينقسم إلى 3 طبقات:

1) الطبقة الجزيئية: وهي عبارة عن نوعين من الخلايا العصبية التي يجب مراعاتها، الخلايا النجمية الخارجية وخلايا السلة الداخلية.

2) خلايا بركنجي (Purkinje cells): هي خلايا كبيرة من النوع الأول لجولجي وهي مرتبة في طبقة واحدة. تنتقل التشعبات في هذه الخلايا إلى الطبقة الجزيئية حيث تخضع لتفرع غزير. من قاعدة هذه الخلايا يولد محور عصبي يتعمق في المخيخ ويمر باتجاه الطبقة الحبيبية وينتهي بها المطاف أخيرًا عبر المادة البيضاء. هنا يكتسب طبقة من الميالين (النُخَاعَيْن) لمواصلة طريقه إلى التشابك العصبي في الخلايا العصبية الأخرى للنواة داخل المخيخ (وهي مجموعات من المادة الرمادية الموجودة في المادة البيضاء). هناك أربع نوى: نوى مسننة، صمية، كروية ونواة منحدرة (أو ذات سقف).

3) الطبقة الحبيبية: تتكون من خلايا صغيرة تنتقل محاورها إلى الطبقة الجزيئية وتتشعب على شكل "T" (ألياف متوازية) (سنيل، 1999).

الشكل 1: المخيخ



المصدر: [صورة بدون عنوان على المخيخ]. (س. و). تم الاسترجاع من
/http://neurocienciayplasticidadcerebraluned.blogspot.com/2012/02

السطح السفلي	Superficie inferior
الدودة العلوية الفص المركزي اللُّسَين	Vermis superior Lóbulo central Língula
الحجاب النخاعي العلوي النَّاتِئُ النُّدْفِيّ البطين الرابع الحجاب النخاعي السفلي	Velo medular superior Flóculo IV ventrículo Velo medular inferior

الدودة السفلية العُقَيدات اللّهاة الهرمية الدَرَنَة	Vermis inferior Nódulo Úvula Pirámide Tuber
الشق الخلفي المخيخي	Escotadura cerebelosa posterior
الفص الأمامي جناح الفصيص المركزي ساقي المخيخ: العلوي المتوسط السفلي	Lóbulo anterior Ala de lobulillo central :Pedúnculos cerebelosos Superior Medio Inferior
الفص الندفي العقدي التلم الخلفي الوحشي التلم اللوزي الرجعي	Lóbulo floculonodular Surco posterolateral Surco retro amigdalino
الفص الوسطي اللوزة الفُصَيصُ ذْو البَطْنَين التلم الثانوي (الهرمي) الأخدود الأفقي الفُصَيصُ الهلالي السفلي التلم ما قبل الهرمي	**Lóbulo medio** Amígdala Lobulillo digástrico Surco secundario ((pos-piramidal Surco horizontal Lobulillo semilunar inferior Surco pre-piramidal

وفقًا لـ سنيل، (1999) فإن الموقع التشريحي لنوى المخيخ المختلفة هي:

- **النواة المسننة**: وهي أكبر نوى المخيخ. إنه على شكل كيس مجعد مع فتحة مواجهة للجانب الداخلي.
- **نواة صمية**: تقع داخل النواة المسننة وهي بيضاوية الشكل.
- **النواة الكروية**: توجد داخل النواة الصمّية وتتكون من مجموعة من الخلايا المستديرة.
- **النواة المنحدرة**: وهي تقع بالقرب من خط الوسط للدودة المخيخية، بالقرب من سقف البطين الرابع.

تم العثور على المادة البيضاء بكميات كبيرة في نصفي الكرة المخية وجزء صغير في الدودة المخيخية. تتكون هذه المادة من ألياف داخلية وألياف واردة وألياف صادرة. لا تترك الألياف الجوهرية المخيخ أبدًا. وتعتبر هذه مسؤولة عن ربط القشرة المخيخية بالدودة المخيخية، وفي مرات أخرى، تربط نصفي الكرة المخية. تشكل الألياف الواردة أكبر كمية من المادة البيضاء وتنتقل إلى القشرة الدماغية وتدخل المخيخ عبر ساقي المخيخ الأوسط والسفلي. الألياف الفعّالة هي مسارات الخروج من المخيخ. يبدأ المسار من محاور خلايا بركنجي التي تدخل إلى نوى داخل المخيخ لتكوين نقاط الاشتباك العصبي، بينما تغادر مجموعة أخرى من المحاور المخيخ دون تشابك في نوى داخل المخيخ.

"ألياف النوى المسننة، والصمّية، والكروية، تترك المخيخ من خلال ساق المخيخ العلوي. تقوم ألياف النواة المنحدرة بذلك من خلال دعامة المخيخ السفلي "(سنيل، 1999، ص 223). تربط السويقتان العلويتان المخيخ بالدماغ المتوسط ، والوسطى يربطه بالجسر، بينما يربطه الجزء السفلي مع النخاع المستطيل.

2.1.2 دور المخيخ في تحسين الحركة

المخيخ هو عضو في الجهاز العصبي المركزي يتلقى باستمرار معلومات من أجزاء مختلفة من الجسم. يبدأ البرنامج الحركي رحلته من المنطقة رقم 4 إلى النخاع، وتتسلق المعلومات المتواترة (التقييم الرجعي) إلى النخاع، ويتم تحويلها من خلال الجزء السفلي من الزيتون، وتدخل المخيخ، وفي قشرتها، يحدث فعل المقارنة هذا على وجه التحديد، لِمَا نعتزم القيام به (قيمة صادرة) وما نفعله بالفعل (قيمة واردة). دور المخيخ، إذن، هو مقارنة القيمتين واكتشاف الاختلافات؛ لذلك، يمكن أن يتدخل لمحاولة جعل ما قد يحدث بالفعل مشابهًا لما يحدث في الواقع، أي التنسيق، ومحاولة جعل ما يحدث مشابهًا لما خططنا له مسبقًا.

يحتوي المخيخ على مسارات مختلفة، ويمكن للجهاز القشري النخاعي أن يتدخل بشكل مباشر حتى يتم تصحيح الإجراءات، ويمكن للمنطقة رقم 6 أن تتدخل لتعديل برنامج الحركية، وإذا لزم الأمر، يمكنها تغيير برنامج الحركية. يستغرق تغيير البرنامج المضبوط مسبقًا في المناطق العليا من القشرة وقتًا أطول من ضبطه. إذا كان من الضروري تغييره، فسيكون لدينا تأخير، مما يبرّر بطريقة ما حركات الخدعة أو الردع. يمكن أن يعمل المخيخ على مستويين: تعديل البرنامج أو تغييره. المخيخ ضروري للتنسيق.

من خلال مسارات الإدخال والإخراج المتعددة، يساهم المخيخ في تنظيم والتحكم في الفعل الحركي، على الرغم من أن معظم أفعاله تفلت من استخدام الوعي. يتوقع نصفي الكرة المخية الحركة، وبهذه الطريقة، يترك العضلات التي ستتدخل "جاهزة"، بينما تؤثر المناطق الوسيطة على أداء الحركة المذكورة وتحدد مستويات القوة، والاتجاه، والسرعة، والكبح كأبرز مميزاتها.

يرتبط المخيخ ارتباطًا وثيقًا بالخلايا العصبية الحركية غاما، والتي تعمل مسبقًا على تنشيط المغازل العصبية العضلية وتهيئ العضلات للعمل. بمجرد أن تبدأ الحركة، يكون هذا الجهاز مسؤولاً عن مقارنة الإجراء الذي يتم تنفيذه مع نموذج العمل "المثالي"، وفي حالة اكتشاف خطأ، يمكنه تعديل البرنامج الحركي أو تغييره. من الممكن أن يتنبأ المخيخ بالأفعال الخاطئة، ولكن من الأسهل دائمًا توقع الإجراءات التي حدثت بالفعل بدلاً من توقع الأخطاء في الإجراءات الجديدة.

دور مقارنة المخيخ، بين ما هو مخطط له في المناطق العليا وما يتم تنفيذه في الممارسة العملية، من الممكن أن يتلقى نسخة من التأثير الحركي المركزي أو الشوكي وردود الفعل التحسسي، وبالتالي الوصول في نفس الوقت إلى الخلايا العصبية الحركية ألفا، والتي تنظم قوة العضلات؛ والخلايا العصبية الحركية غاما، التي تضبط موضع العضلات ومستقبلات السرعة وتلعب دورًا أساسيًا في التحكم في تطور الأفعال الحركية البطيئة أو السريعة. في حالة الحركات السريعة المدروسة جيدًا، سيضمن المخيخ الوسيط التحكم الاستباقي في الأخطاء المحتملة والغائها قبل حدوثها (ريغال ، 1987).

وفقًا لأفكار غويتون (2006)، فإن القشرة الحركية ترسل العديد من المحفزات، أكثر مما هو ضروري للقيام بحركة معينة، والتي يكون أحد أفعال المخيخ فيها هو التالي: من تلقي المدخلات من التنشيط الذي سيتم تنفيذه، وإرسال إشارات مثبطة إلى القشرة الحركية بحيث يكون الإجراء أقرب ما يكون إلى ما هو مبرمج. يحلل المخيخ شدة القوة وسرعة عمل العضلات لتحقيق هدف معين تلقائيًا ويرسل فورًا إشارات مثبطة للعضلات المحفزة وإشارات مثيرة للعضلات المناهضة.

يحتوي المخيخ على بعض الوظائف التي تجعله عضوًا أساسيًا للتحكم الفعّال في الحركات:

- أول الوظائف التي يجب تسليط الضوء عليها هي قدرتها على التهدئة: تحدث العديد من حركات الجسم بطريقة البندول، ذهابا وإياباً. كما هو الحال في أي بندول، تبدأ الحركة بقوة معينة قادرة على تجاوز الهدف الأولي، وعندما يتحرك البندول، توقف قوة أخرى الحركة الأولية. أما في حالة المخيخ فهو المسؤول عن تثبيط عضلات معينة وتنشيط عضلات أخرى من أجل إيقاف الحركة الأولية عند النقطة المطلوبة.
- وظيفة أخرى مهمة هي قدرتها على التنبؤ: بما أن القشرة الدماغية يجب أن تتعامل مع عمليات أكثر تعقيدًا، فإن المخيخ هو المسؤول عن تلقي الإشارات من المستقبلات المختلفة التي تسمح لنا بمعرفة موضع أجسامنا أو أطرافنا في الفضاء المحدّد. يسمح هذا، من خلال هذه الإشارات التحسسية، بحساب التطور (المحتمل) للحركة في وقت معين. على الرغم من أن هذه الوظيفة ليست حركية بحتة، إلا أنها ستؤثر على معظم الأعمال الحركية (مهمة جدًا في الرياضة)، وتتعلق بقدرة المخيخ على اكتشاف السرعة، وفقًا للتغيرات في المجال البصري. الشخص الذي يتحرك به الجسم (دي سانتو، 2015)

2.1.3 تصحيح وتغيير برنامج الحركة

تتضمن البرمجة دمج بعدين حركيين عصبيين:

• أحدهما تشريحي بحت (نسميه البصمة أو الصورة الذهنية engram[1])، وهو أمر ثابت؛ باختصار، هذا ما تحتفظ به كمعلومة عن الحركات.

• من ناحية أخرى، هناك مقاييس أو، بعبارة أخرى، إمكانية تغيّر غير محدودة. وهذا يعني أن أبطال الحركة لهم امكانية التمتع بتنوع مطلق. وتعدد الاستخدامات هو نتيجة الثبات الذي لم يعد فعلًا، ولكن أصبح شيئا موجودا في الذاكرة.

هذين البعدين، باختصار، يشكلان فعل البرمجة.

1) البرمجة هي اختيار من هم الجنود، الأبطال المناسبون لكشف تلك الصورة الذهنية وفقًا لمتطلبات السياق. من الواضح أن اختيار الأبطال يعتمد على أيّهم الأكثر فعالية لحل مشكلة التكيّف مع البيئة.

2) المعيار هو إجراء حاسم وهذا يعني أن عقلك يختار من هم الأبطال المناسبين.

لكن تجميع البرنامج لا يعني أنه يتم تنفيذه. إذن أين تحدث البرمجة العصبية الحركية؟

باختصار، في مجالين:

• أكبر نشاط، عند إعداد الحركة والتخطيط لها وما زلت لا تنفذها، يكون في المنطقة رقم 6 (قشرة ما قبل الحركية). يتم تخزين الصورة الذهنية الحركية هنالك.

• يتم أيضًا اكتشاف دور المجالات الأخرى المهمة جدًا، مثل المنطقة الحركية التكميلية وما قبل المنطقة الحركية التكميلية، المسؤولة عن تنشيط البرنامج.

بعد أن ذكرنا ما سبق، يمكننا أن نؤكد أن من ينشئ البرنامج ليس هو نفسه من يقرر تنفيذه. بالطبع، الخبرة في البرمجة العصبية تجعل هذا أسرع. نظرًا لأن لديك خبرة أكبر في الحركة، فإن أكثر إجراءات البرمجة تعقيدًا تتطلب مساعدة المنطقة الحركية التكميلية، (SMA).

PM1: القشرة الحركية الأولية، ومنطقة ما قبل الحركة والمنطقة الحركية التكميلية (SMA)، هي تسلسل ممكن ولكن ليس ضروريًا. لماذا ليس ضروريا؟ لأن بإمكانه تمامًا - بدون قياس عمل الإرادة - إطلاق عمل البرنامج؛ باختصار، الاعتماد على الاستجابة الفورية للمحفز دون أن تشغله، وبغض النظر عن وجود حافز خارجي آخر.

إذا كانت هناك استجابة فورية للحافز، فليس لدينا وساطة من المنطقة الحركية التكميلية (SMA) وما قبل المنطقة الحركية التكميلية Pre-SMA، لكن لدينا دائمًا وساطة قشرة ما قبل الحركية؛ من ناحية أخرى، إذا قررت، ووقفت أمام حارس المرمى لركل ركلة جزاء، فهناك بالفعل وساطة المنطقة الحركية التكميلية دون استجابة لمحفز، مثل، على سبيل المثال، صافرة الحكم.

ما هي المعايير؟ لفهم هذا، يجب أن نعرف أن العضلات ليست جزءًا من البصمة الحركية. سيكون عيبًا كبيرًا إذا كان كذلك. راقب كل شيء يحدده النظام الفرعي ويوجهه: حاول تحديد الوقت في جزء من الألف من الثواني بكل السرعات الممكنة لملايين المرات التي رُكلت فيها كرة قدم. تخيّل أن كل السرعات الممكنة وأبطالها سيظلون في الذاكرة. كم من الوقت سيستغرق دماغه ليجد أنه وجب عليه الركل في ثانية؟ لذلك، لن يكون من المفيد أن ينتمي كل هذا إلى برنامج الصورة الذهنية engram.

[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

عنصر آخر يجب تحديد معاييره ألا وهو توظيف الوحدات الحركية، أي عدد ألياف العضلات التي سأقوم بتجنيدها. على سبيل المثال، إذا اضطررت في كل رمية كرة سلة إلى تنشيط عدد معين من ألياف العضلة ذات الرأسين، فسيصبح من المستحيل العثور على المقياس الصحيح لكل موقف.

يعمل التدريب غير المستقر على هذه المبادئ، حيث تقوم الحركات الدقيقة الناتجة عن عدم استقرار الجهاز بضبط مقياس البرنامج. قد يأتي وقت تقرر فيه تغيير البرنامج لأنك على وشك الانهيار، لذلك حتى لا تتعطل، يجب عليك اتخاذ إجراء آخر، والذي يتضمن التغيير. بينما يستمر هذا، لديك إعادة قياس دائمة لمعلمات البرنامج بناءً على معلومات التحفيز الذاتي التي تتلقاها، ومعايرة دائمة وتعديل للأبطال المُثُلْ لشاشة الصورة الذهنية engram. إذا استمررت في استعمال نفس الأبطال أثناء السقوط ولم تستخدم الآخرين، فسوف تسقط في النهاية. يمكن أن يعمل المخيخ لتحقيق الهدف المتمثل في عدم السقوط، وبالتالي تنشيط برامج جديدة. يمكن للمخيخ تصحيح مقاييس الصورة الذهنية engram، والتي تكون في حدود 80 مللي ثانية، بينما يستغرق تغييرها ما بين 400-600 مللي ثانية. فهل من الأفضل دائمًا محاولة احتواء نفس برنامج الصورة الذهنية engram؟ ماذا من المفترض أن تختار؟ هذا يشير إلى الخطأ الذي يرتكبه الكثير من الناس: تدريب أسوأ إنتاجاتهم بشكل متكرّر.

قبل أن تقرر الركض، فإن الدماغ يدرك بالفعل ما ستفعله، فهو أول من يتلقى المعلومات. تصل نسخة من البرنامج أيضًا إلى العقد الموجودة في القاعدة، وتقوم هذه بتنشيط نظام محرك غاما لتوليد نغمة دعم لما سيتم القيام به. تتم برمجة النغمة بواسطة عقد القاعدة (دي سانتو، 2015).

يعتمد أساس حركات "الخدعة" (أو التغليط) في الرياضة على تصحيح وتغيير أوقات برنامج الحركة. من خلال التزييف، أجبر برنامج الحركية على التغيير، ودقته أبطأ بكثير من تصحيحه. يستغرق التغيير أكثر من 400 مللي ثانية، بينما يستغرق التصحيح 80 مللي ثانية فقط أو أقل. يجب إذن تدريب سرعة التصحيح وتغيير البرامج الحركية (دي سانتو، 2015).

2.1.4 اضطرابات الحركة في وجه الآفات المخيخية

وفقًا لوظائف المخيخ، فإن تدمير أجزاء صغيرة من المخيخ لن يؤثر بشكل كبير على حياة الشخص، طالما أنهم يؤدون حركات بطيئة.

عند مواجهة إصابة في جزء من القشرة المخيخية، يمكن أن تؤدي الهياكل العصبية الأخرى بعض وظائفها. ومع ذلك، تتميز الاضطرابات المخيخية بتغيير مستويات القوة والمسافة والسرعة في الإجراءات العضلية، مما يؤدي إلى تشويه الفعل الحركي الإرادي، سواء في الأنشطة المقوّية (النشطة) أو المرحلية. هناك أمراض ناتجة عن اختلال وظيفي في نواة المخيخ، مثل النواة المسنّنة، في السقف والمتداخلة، ومن بينها يمكن أن نذكر ما يلي.

• **خلل التفكك الحركي (التنسّج):** ويسمى أيضًا الرنح. كما ذكرنا سابقًا، تتمثل إحدى وظائف المخيخ في تحديد المدى الذي يجب أن تذهب إليه الحركة. إذا تأثرت وظائف الحزم المخيخية الشوكية بإصابة معينة، فإن ردود الفعل من قطاعات مختلفة من الجسم ستتشوه، وبالتالي فإن المعلومات التي تم الحصول عليها لن تكون كافية لتوليد حركات دقيقة ومضبوطة.

أحد أشكال خلل التماثل هو فرط التماثل، وهو مرض لا يستطيع فيه الشخص الذي يعاني منه قياس حركاته، وبشكل عام، يتجاوز النقاط المطلوبة للوصول إليها. يحدث هذا لأن القشرة الحركية ترسل إشارات لأداء عمل معين، مثل الوصول إلى جسم ما باليد، ويتم تنشيط العضلات الناهضة، لكن المخيخ غير قادر على توليد الكبح أو تثبيط الحركة المذكورة، مما يجعل الشخص يضرب الشيء الذي يريد الوصول إليه (Guyton غويتون، 2006).

• **عسر التلفظ (التهتهة)**: المخيخ مسؤول، من بين وظائفه، عن التحكم في تعاقب الحركات، ولهذا السبب يشمل الكلام، الذي يتضمن حركات عضلات الوجه، وتركيب الحنجرة واللسان. يواجه الأشخاص الذين يعانون من هذه المشكلة صعوبات عند التحدث، ولا يمكنهم

قياس شدة الصوت الذي يتحدثون به أو طول مدة الكلمات التي يتحدثون بها. قد يكون من الصعب فهم الشخص المصاب بعسر الكلام عند التواصل، لأنه في أسلوبه سيكون هناك صعود وهبوط في الأحجام وقد تكون بعض الجمل سريعة بشكل مفرط والبعض الآخر بطيء جدًا.

• **لَاتَنَاوُبِيَّةُ الحَرَكات**: تتميز بعدم تقدم الحركات. إذا كان المخيخ يساعدنا في التنبؤ بموضع أجزاء الجسم، فإن الفشل فيه يمكن أن يتسبب في عدم وجود سجل لهذه الأجزاء في أوقات معينة. يمكن أن يؤدي هذا إلى بدء الحركات ببطء شديد أو متأخر جدًا، وبالتالي تقليل السيولة والتقدم في الحركة.

• **الرعاش المتعمّد**: بدون مساعدة المخيخ، يتم تنشيط العضلات دون تخميد (وهي إحدى وظائف المخيخ). تحدث هذه الحالة المرضية عندما تكون هناك آفات في دعامة المخيخ أو في النواة المسننة، والتي لها دور مهم في ردود الفعل مع القشرة الحركية.

• **رأرأة المقلتين**: كما هو الحال في الرعاش المتعمد، هناك نقص في التبطين في حركات مقل العيون. ينتج هذا المرض عن آفات في الفص الندفي ويمكن تقديره عند محاولة تثبيت نظراتنا على كائن موجود على محيط مجالنا البصري. وينتج عن عدم تركيز النظر حركات العين السريعة والمتذبذبة.

• **الارتداد:** نتيجة لهذا المرض، فإن المخيخ غير قادر على تنشيط العضلات المناهضة لعمل معين للشخص. ويرجع ذلك إلى حقيقة أنه بسبب إصابة المخيخ، لا يستطيع المخيخ التواصل بكفاءة مع الحبل الشوكي لتحفيز الانعكاس العضلي الذي يبطئ أو يقطع الحركة التي تم تشغيلها بشكل غير متوقع.

• **نَقْصُ الضَّغْط**: تتسبب الآفات الموجودة في النوى المسننة في حدوث انخفاض في توتر العضلات الطرفية للجانب حيث يوجد الخلل الوظيفي المخيخي (Guyton غويتون، 2006).

الوحدة 2: العقد القاعدية

2.2.1 هيكل العقد القاعدية

العقد القاعدية هي مجموعات من هياكل الجسم العصبية الموجودة في قاعدة الدماغ (ريجال، 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.

الشكل 2: العقد القاعدية

المصدر: [صورة بدون عنوان على المخيخ]، ق. و.، http://morfoattp.blogspot.com/2014/11/itens-26-27-28-e-30.html

Núcleo Caudado	Tálamo	Putamen	Globo Pálido	Substancia Negra	Hipotálamo	Núcleo Subtalamico	Cortex
النواة المذنبة	المادة الرمادية	البطانة	الشاحبة الكروية	المادة السوداء	الغدة النخامية	النواة السفلية	اللحاء

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

• البطانة: مسؤول عن الحركات الدقيقة الطوعية. كما أنه يلعب دورًا مهمًا في التكييف الفعال. (Asociación Educar أسوسياسيون ادوكار، 2015، https://asociacioneducar.com/glosario).

• الجسد المشدود: ينظم السلوك الغريزي وتوتر العضلات والشخصية والسلوك الجنسي. يثبط نشاط القشرة الدماغية ويستقبل نبضات من المهاد. (Asociación Educar أسوسياسيون ادوكار، 2015، https://asociacioneducar.com/glosario).

• الشاحبة الكروية Globus pallidus : ينقل المعلومات من البطانة والذنب إلى المادة الرمادية. (Asociación Educar أسوسياسيون ادوكار، 2015، https://asociacioneducar.com/glosario).

- نواة Subthalamic: تستقبل مدخلات من الذنب والباطنة، وتشارك في تنظيم التحكم الحركي وترتبط بالتحكم في الحركة اللاإرادية. (Asociación Educar أسوسياسيون ادوكار، 2015، https://asociacioneducar.com/glosario).

- المادة السوداء: وهي منظمة دقيقة للمخطط من خلال الناقل العصبي الدوبامين. (Asociación Educar أسوسياسيون ادوكار، 2015، https://asociacioneducar.com/glosario).

على الرغم من أن العقد القاعدية مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالوظائف الحركية، إلا أنها لا تملك اتصالًا مباشرًا بالخلايا العصبية الحركية في الحبل الشوكي، ولكنها تتلقى معلومات واردة من القشرة الدماغية وترسل المعلومات إلى القشرة نفسها من خلال مسارات واردة. في السابق، كانت هذه الإشارات تنتقل عبر المادة الرمادية.

2.2.2 الاتصال بين عقد القاعدة والهياكل العصبية الأخرى

تحتوي العقد القاعدية على عدد كبير من الوصلات العصبية مع المنطقة الحركية للقشرة الدماغية؛ على وجه الخصوص، تحدث العديد من هذه الروابط بين منطقة ارتباط القشرة الحركية الأولية والمخطط.

المخطط هو هيكل المستقبل الوظيفي لنظام العقدة. الأول يتلقى مدخلات من هياكل مختلفة داخلية وخارجية للعقد.

فيما يتعلق بالهياكل التي ترتبط بها، يمكننا أن نذكر:

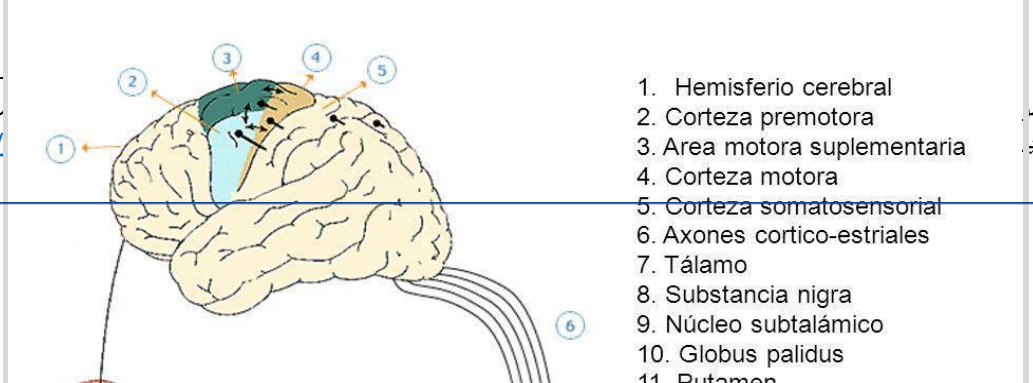
- يتلقى مدخلات من القشرة الدماغية (القشرة الأمامية، الجدارية، القذالي، والصدغية) والمادة السوداء.
- يتلقى الجزء البطني من المخطط معلومات من القشرة الحزامية، تتعلق بالتحفيز.
- يرسل المهاد إشارات إلى المخطط "من نوى داخل الصفائح interlaminar باتجاه النواة المذنبة ومن النواة الوسطى باتجاه البطانة" (Rigal ريغال، 1987). يمر عدد كبير من المسارات العصبية من منطقة ما قبل الحركة في القشرة الحركية الأولية إلى المخطط. بدوره، يرسل المخطط واردًا إلى الكرة الأرضية الشاحبة، وما تحت المادة الرمادية، والمادة السوداء من حيث تخرج مجموعات من الألياف العصبية إلى المادة الرمادية، والقشرة الدماغية (المناطق الحركية). وهكذا، يتم إنشاء اتصالات عصبية بين مناطق المحرك القشري والعقد القاعدية، وبالتالي تشكل حلقة تغذية مرتدة تفضل التحكم في الحركة (Guyton غويتون ، 2006).

هناك أيضًا اتصالات عصبية بين المراكز الحركية القشرية المنتفخة والمخيخ. عندما تعود الإشارات من المخيخ، فإنها تمر عبر المادة الرمادية المرتبطة بالعقد. هذا يسمح بوجود روابط بين ردود الفعل العقدية وردود الفعل من الدماغ.

تحتوي العقد القاعدية أيضًا على روابط مع بعضها البعض. في هذه الدائرة، يمكن ملاحظة أن الإشارات العصبية يتم إرسالها من المخطط إلى الأسفل، متجهة إلى المادة السوداء (عبر الكرة الشاحبة). بعد ذلك مباشرة، تعود الإشارة إلى المخطط. في هذه الدائرة، يفرز المسار النازل للناقل العصبي GABA[2] والمسار الصاعد من جانبه، البطانة.

الشجرة الكروية لها اتصال بجذع الدماغ. هذا يرسل العديد من الألياف العصبية إلى النواة السفلية الحمراء والزيتونة. على الرغم من أن القشرة الدماغية لها اتصال مباشر بنواة جذع الدماغ هذه، فإن المكان الذي تتلاقى فيه هذه الوصلات هو نفسه الذي تلتقي فيه العقد القاعدية.

الشكل 3: حلقات التغذية الراجعة للعقد القاعدية والقشرة الدماغية



[2] حمض ... هو تقلي...

... وية. دوره الرئيسي https://

المصدر: كاندل 1997 ،Kandel.

Hemisferio cerebral	Corteza premotora	Área motora suplementaria	Corteza motora	Corteza somatosensorial
نصف الكرة المخية	القِشْرَةُ أَمامَ الحَرَكِيَّة	منطقة الحركة التكميلية	القشرة الحركية	القشرة الحسية الجسدية

Axones cortico-estriales	Tálamo	Substancia negra	Núcleo subtalamico	Globus palidus	Putamen
محاور عصبية	المادة الرمادية	المادة السوداء	النواة السفلية	الشاحبة الكروية	البطانة

2.2.3 تجميع الحركات بواسطة عقد القاعدة (الآلية التلقائية)

المخطط هو نقطة دخول المعلومات من القشرة الدماغية إلى العقد الموجودة في القاعدة. ستصل التأثيرات إلى قطاعات مختلفة من المخطط، اعتمادًا على قطاع القشرة التي تأتي منها. على سبيل المثال، ترسل القشرة الحركية إشارات إلى البطانة بحيث تعمل في تنظيم الحركات؛ في 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 الشاحبة الكروية، بطريقتين مختلفتين. يمكن تسمية هذين المسارين على أنهما طريق مباشر وطريق غير مباشر.

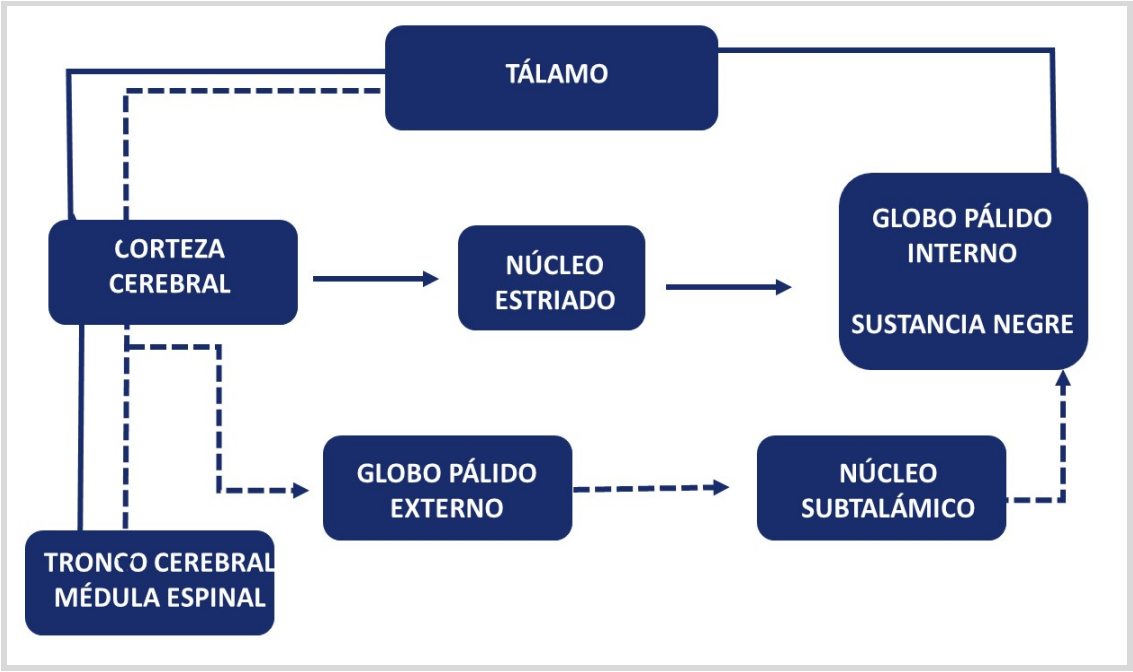
• **المسار المباشر**: النواة المذنبة والبطانة (النواة المخططة) لها وظائف مثبطة على الشاحبة الداخلية والمادة السوداء. في المقابل، ترتبط المادة السوداء والشاحبة الكروية بالنواة المهادية مع وظائف مثبطة أيضًا. ومع ذلك، يمكننا أن نفهم أنه عندما يزداد نشاط المخطط، يزداد نشاط نوى المهاد، حيث أن الأولى ستوقف التثبيط الناجم عن المادة السوداء، والشاحبة الكروية الداخلية يوقف الشاحبة الكروية عن المادة الرمادية.

عندما يتم إبطاء تثبيط النوى المهادية، فإنه يحفز المنطقة الحركية التكميلية (AMS)، والتي ترسل الأمر لتوليد الحركة إلى منطقة المحرك الأساسي (MP1)، والتي سوف تتشابك مع الخلايا العصبية الحركية في الحبل الشوكي.

• **المسار غير المباشر**: بعض الخلايا العصبية في المخطط لها اتصال مع الكرة الشاحبة الخارجية (بوظائف مثبّطة)، والتي بدورها تتصل بالنواة تحت المهاد وتثبطها. تتصل النواة تحت المهاد وتنشط الشاحبة الكروية الداخلية والمادة السوداء. ومن خلال تنشيط المسار غير المباشر، يثبط المخطط الكريات الشاحبة الخارجية، مما يثبط نواة تحت المهاد ويسبب تنشيط الكرة الشاحبة الداخلية والمادة السوداء (وبالتالي، هناك تثبيط للنواة المهادية وكنتيجة، القشرة الحركية) (دي سانتو، 2015).

يهدف المسار المباشر إلى تنشيط الحركات الإرادية، بينما يسعى المسار غير المباشر إلى منع بدء الأنشطة اللاإرادية للحركة الرئيسية (الحركات الطفيلية). يعتمد التطور الطبيعي للحركات والوضعية بشكل عام على العلاقة بين هذه المسارات. يمكن للنواة التي لا تعمل على النحو الأمثل أن تؤثر على جودة الحركات وبالتالي تولد اضطرابات مختلفة.

الشكل 4: الطرق المباشرة وغير المباشرة



المصدر: اجتهاد شخصي

Tálamo	Globo pálido interno	Sustancia negre	Núcleo subtalámico
المهاد	الكرة الشاحبة الداخلية	مادة سوداء	نواة تحت المثانة

Núcleo estriado	Globo pálido externo	Tronco cerebral médula espinal	Corteza cerebral
نواة مخططة	الكرة الشاحبة الخارجية	النخاع الشوكي جذع الدماغ	القشرة الدماغية

2.2.4 اضطرابات الحركة في وجه علم الأمراض (باركنسون)

كما ذكرنا سابقًا، للعقد القاعدية وظائف عديدة، بما في ذلك: التحكم في الحركات اللاإرادية أو اللاواعية (النمطية) للجسم. وبالتالي، فإن الآفة في هذه المنطقة ستجبر الشخص الذي يعاني منها على إشراك مراكز قشرية أعلى للتعويض عن نقص نشاط هاته.

يمكن أن تحدث الآفات في منطقة العقد القاعدية من التسمم بأول أكسيد الكربون، والجرعة الزائدة من المخدرات، والالتهابات، وصدمات الرأس، والتسمم بالنحاس، والمنغنيز أو المعادن الثقيلة الأخرى، والأورام، وحوادث الأوعية الدموية الدماغية (CVA)، إضافة إلى أمراض أخرى (غايتون، 2006).

من خلال دراسة جثث الأشخاص الذين كانت لديهم في حياتهم آفات في العقد القاعدية، يمكن التعرف على أمراض مختلفة، على سبيل المثال: كوريا (مرض الرقص)، الزَفْنُ الشِقِّيّ، الكَنَعُ، باركنسون.

• تعني كلمة Corea في اليونانية "الرقص"، وهي تُستخدم لهذا المرض، لأنها تتميز بالحركات المستمرة، دون التحكم الحركي والعشوائي، مما قد يؤثر على جزء أو أكثر من أجزاء الجسم.

يحدث هذا المرض بسبب وجود آفة في النواة المذنبة، والبطانة وتنتج انخفاضًا كبيرًا في إفراز الناقل العصبي GABA؛ لذلك، لا يمكن للإشارات المثبطة لـ GABA (الموجهة من نواة البطانة، والنواة المذنبة) أن تحافظ على الشاحبة الكروية والمادة السوداء مثبطة.

تقل الحركات المتقطعة مع النوم وتزداد عندما يمر الشخص المصاب بهذا المرض بالتوتر أو العواطف أو عندما يتلقى الجسم معلومات حساسة بِكَمٍّ وفير.

• الزَفْنُ الشِقِّيّ Hemibalism يعني "الوسط الباليستي المقذوف"، والمصطلح يشير إلى الحركات القوية وذات السعة الكبيرة لنصف الجسم الواحد. يسبب حركات عنيفة في مناطق واسعة من الجسم، مما قد يؤدي إلى سقوط الشخص إذا كان واقفًا. إنه يؤثر على نصف الجسم الواحد فقط بسبب الآفة التي حدثت في الجزء السفلي من الجسم النصفي المقابل.

• ينتج الكَنَعُ عن آفة في الشاحبة الكروية (الوجه الخارجي)، والتي تؤثر على حلقات ردود الفعل بين العقد والمهاد والقشرة.

في ظل الظروف العادية، تسمح هذه الدوائر بإدراك الحركات الدقيقة بطريقة سلسة، حيث أنها تربط وتترابط بين مجموعات منشطة ومناهضة؛ على العكس من ذلك، عندما تنقطع هذه الدوائر، تحدث حركات غير طبيعية بسبب الانحراف عن مسار النبضات العصبية "الطبيعية".

• مرض باركنسون هو مرض ينتج عن موت الخلايا العصبية في المادة السوداء، المسؤولة عن إنتاج البطانة، والذي يتم توجيهه نحو البطانة والنواة المذنبة، وتتمثل وظيفته الرئيسية في التحكم الصحيح في الحركات. عندما تنخفض مستويات الدوبامين، تتغير المعلومات الموجودة في دائرة العقد القاعدية مما يؤدي إلى حدوث رعشة وصلابة وبطء في الحركة وعدم استقرار وضع الجسم، ناهيك عن أعراض أخرى

الأعراض الرئيسية لهذا المرض هي:

- o تصلب في عضلات مناطق واسعة من الجسم أو مناطق منعزلة.
- o يرتجف في اليدين والساقين والذراعين والفك والوجه.
- o صعوبة بدء الحركات ، وتسمى أيضًا تَعَذُّرُ الحَرَكَة (غايتون، 2006 ،ريغال، 1987)

المراجع

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

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

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). البرمجة العصبية الحركية [سجلها ن. أكوستا]. قرطبة الأرجنتين.

دي سانتو، م. (14 أكتوبر 2015). صنع القرار والمنطق الحركي. قرطبة، قرطبة، الأرجنتين.

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

[صورة بدون عنوان على المخيخ]. (س. و). تم الاسترجاع من /http://neurocienciayplasticidadcerebraluned.blogspot.com/2012/02

[صورة بدون عنوان على المخيخ]. (س. و). http://morfoattp.blogspot.com/2014/11/itens-26-27-28-e-30.html

كانديل، إي (1997). علم الأعصاب والسلوك. مدريد: برنتيس هول.

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

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