

# МОДУЛЬ 2: Роль мозжечка и базальных ганглиев

## 2.1 Мозжечок

### 2.1.1 Строение мозжечка

Мозжечок - самый крупный орган в головном мозге, он расположен за мостом и продолговатым мозгом в задней черепной ямке.

Мозжечок разделен на два полушария, разделенных червем (это важная структура, расположенная посередине задней и передней долей). У червя заканчиваются многие соматические сигналы, поступающие из разных частей тела. Кроме того, он играет очень важную роль в регулировании позы в подсознательных процессах.

Мозжечок также можно разделить на три доли, а именно: флоккулонодулярную долю, переднюю долю и заднюю долю, также называемую средней долей.

- Задняя доля: это самая большая часть мозжечка, расположенная между первичной и увулонодулярной щелями. Он состоит из двух полушарий мозжечка. В свою очередь, он тесно связан с корой головного мозга и участвует в планировании и иницировании движений. Эта доля «обеспечивает автоматическую организацию произвольных моторных навыков» (Ригал, 1987, стр. 77).
- Флоккулонодулярная доля: она расположена позади увулонодулярной щели и является частью архимедицина, который имеет тесную связь с вестибулярной системой, поэтому имеет отношение к равновесию. «Она способствует равновесию через свои отношения с вестибулярными ядрами, которые управляют активностью, а также с осевой и проксимальной мускулатурой» (Rigal, 1987, стр. 77).
- Передняя доля: «видна на верхней поверхности мозжечка и отделена от средней доли V-образной щелью, называемой первичной щелью» (Snell, 1999, стр. 218). Она имеет реципрокные связи со спинным мозгом и участвует в контроле мышечного тонуса. По словам Ригала (1987), эта доля контролирует постуральный тон конечностей и движения.

Её структура состоит из белого вещества внутри, хотя есть небольшие скопления серого вещества, которые называются внутримозжечковыми ядрами, и на периферии, называемого корой мозжечка, которая разделена на 3 слоя:

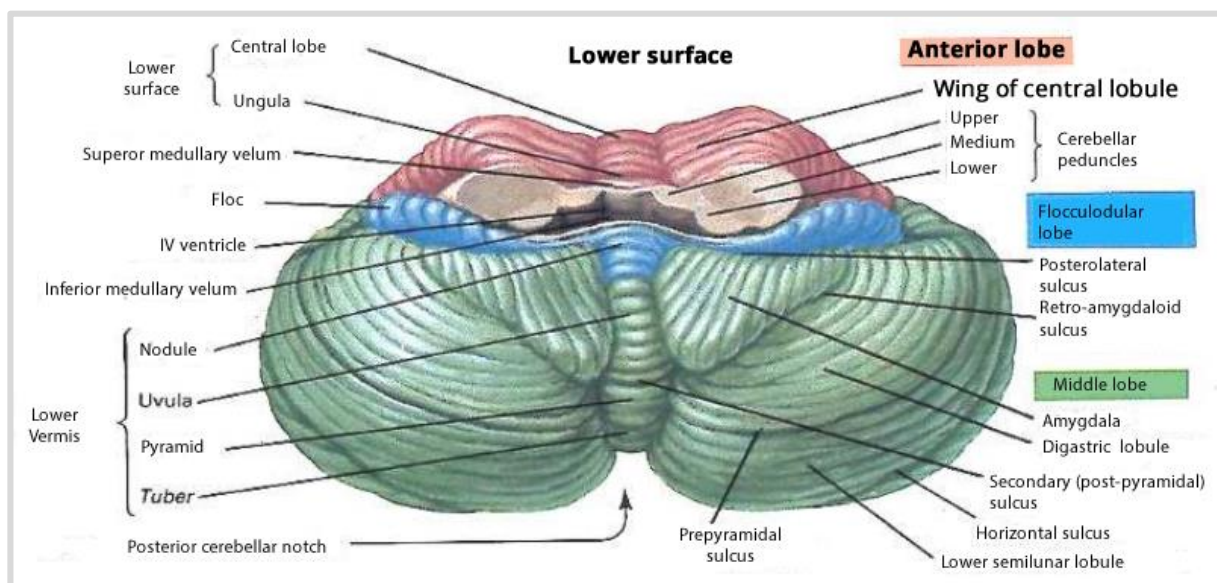


1) Молекулярный слой: он представляет собой два типа нейронов, которые следует учитывать: внешние звездчатые клетки и клетки внутренней корзинки.

2) Клетки Пуркинье: они представляют собой большие нейроны Гольджи 1-го типа, расположенные в один слой. Дендриты этих клеток переходят в молекулярный слой, где подвергаются обильному ветвлению. Из основания этих клеток рождается аксон, который проникает глубже в мозжечок, проходит гранулярный слой и, наконец, внедряется в белое вещество. Здесь он приобретает слой миелина, чтобы продолжить свой путь к синапсу в других нервных клетках внутримозговых ядер (это скопления серого вещества, расположенные в белом веществе). Выделяют четыре ядра: зубчатое, эмболиформное, шаровидное и фастигиальное (или верхнее) ядра.

3) Гранулярный слой: он образован небольшими клетками, аксоны которых переходят в молекулярный слой и раздваиваются в форме «Т» (параллельных волокон) (Snell, 1999).

**Рисунок 1: Мозжечок**



Источник: [Изображение без названия на мозжечке]. (s. f.). Получено с <http://neurocienciayplasticidadcerebraluned.blogspot.com/2012/02/>

Lower surface	Нижняя поверхность
Central lobe	центральная доля
Ungula	язычок



Superior medullary velum	верхняя медуллярная велум
Floc	Флос
IV ventricle	IV желудочек
Inferior medullary velum	нижняя мозговая оболочка
Lower vermis	нижний червь
Nodule	узелок
Uvala	Увала
Pyramid	пирамида
Tuber	клубень
Posterior cerebellar notch	задняя вырезка мозжечка
Prepyramidal sulcus	препирамидная борозда
Lower semilunar lobule	нижняя полулунная долька
Horizontal sulcus	горизонтальная борозда
Secondary (post-pyramidal) sulcus	вторичная (постпирамидная) борозда
Digastric lobule	Пищеварительная долька
Amygdala	миндалевидное тело
Middle lobe	средняя доля
Retro amygdaloid sulcus	ретро миндалевидная борозда
Posterolateral sulcus	заднебоковая борозда



Flocculodular lobe	флоккулодулярная доля
Cerebellar peduncles	ножки мозжечка
Upper - Medium - Lower	Верхний - Средний - Нижний
Wing of central lobule	Крыло центральной дольки
Anterior lobe	Передняя доля

Согласно Snell (1999), анатомическое расположение различных ядер мозжечка следующее:

- Зубчатое ядро: это самое крупное из ядер мозжечка. Он имеет форму помятого мешочка с отверстием во внутреннюю сторону.
- Эмболиформное ядро: оно расположено внутри зубчатого ядра и имеет яйцевидную форму.
- Шаровидное ядро: оно находится внутри эмболиформного ядра и состоит из группы округлых клеток.
- Nucleus fastigium: оно расположено около средней линии червя, близко к крыше четвертого желудочка.

Белое вещество в больших количествах содержится в полушариях мозжечка и небольшая часть - в черве. Это вещество состоит из внутренних волокон, афферентных волокон и эфферентных волокон. Собственные волокна никогда не покидают мозжечок. Они отвечают за соединение коры мозжечка с червем, а в других случаях - за соединение обоих полушарий мозжечка. Афферентные волокна составляют наибольшее количество белого вещества, проходят в кору головного мозга и входят в мозжечок через средние и нижние ножки мозжечка. Эфферентные волокна - это пути выхода из мозжечка. Путь начинается от аксонов клеток Пуркинье, которые входят во внутримозговые ядра для образования синапсов, в то время как другая группа аксонов покидает мозжечок без синапсов во внутримозговых ядрах.

«Волокна зубчатых, эмболиформных и шаровидных ядер покидают мозжечок через верхнюю ножку мозжечка. Волокна ядра fastigium проделывают это через нижнюю ножку мозжечка »(Snell, 1999, стр. 223). Верхние ножки соединяют мозжечок со средним мозгом, средние - с мостом, а нижние - с продолговатым мозгом.



## 2.1.2 Роль мозжечка в улучшении моторики

Мозжечок - это орган ЦНС, который постоянно получает информацию от разных частей тела. Двигательная программа начинает свой путь от области 4 к мозговому веществу, реафферентная информация (обратная связь) поднимается вверх по мозговому веществу, направляется через нижнюю оливу, попадает в мозжечок, и в его коре происходит именно этот акт сравнения того, что мы намеревались сделать (эффективная ценность) с тем, что мы на самом деле делаем (ссылочная ценность). Таким образом, роль мозжечка заключается в сравнении двух значений и обнаружении различий. Следовательно, он может вмешаться, чтобы попытаться сделать то, что на самом деле происходит, похожее на то, что на самом деле происходит, то есть координировать, попытаться сделать то, что происходит, похожее на то, что мы планировали ранее.

Мозжечок имеет разные пути, кортикоспинальный тракт может вмешиваться напрямую, чтобы корректировать действия, область 6 может вмешиваться, чтобы скорректировать моторную программу и, при необходимости, она может изменить моторную программу. Изменение заданной программы в верхних областях корочки занимает больше времени, чем ее корректировка. Если программу необходимо изменить, у нас будет задержка, которая в какой-то мере оправдывает финт или сдерживающие движения. Мозжечок может работать на двух уровнях: корректировать или изменять программу. Мозжечок важен для координации.

Через свои многочисленные входные и выходные пути мозжечок участвует в регуляции и контроле двигательного акта, хотя большинство его действий ускользает от использования сознания. Полушария мозжечка предвосхищают движение и, таким образом, оставляют мышцы, которые собираются вмешаться, в состоянии «готовности», в то время как промежуточные зоны будут влиять на выполнение указанного движения и параметризовать уровни силы, направления, скорости и торможение для кульминации этого.

Мозжечок тесно связан с гамма-мотонейронами, которые предварительно активируют нервно-мышечные веретена и предрасполагают мышцы к действию. Как только движение началось, этот орган отвечает за сравнение выполняемого действия с «идеальной» моделью действия, и в случае обнаружения ошибки он может модифицировать или изменить моторную программу. Возможно, что мозжечок может предвидеть неправильные действия, но всегда легче предвидеть уже пережитые действия, чем ошибки, сделанные в новых действиях.

Роль мозжечка - в сравнении между тем, что запланировано в более высоких областях, и тем, что выполняется на практике, возможно, что он получит копию сигнала центральной или спинальной моторной эффективности и проприоцептивных реакций, таким образом одновременно достигнув альфа-мотонейронов, регулируемых силою мышц и гамма-мотонейронами, которые регулируют положение мышц и рецепторы скорости и играют главную роль в контроле развития медленных или быстрых двигательных актов. В случае хорошо усвоенных быстрых движений промежуточный мозжечок обеспечит упреждающий контроль возможных ошибок и нивелирует их до того, как они произойдут (Rigal, 1987).

Согласно идеям Гайтона (2006), моторная кора посылает множество стимулов, больше,



чем необходимо для выполнения определенного движения, для чего одним из действий мозжечка является следующее: получение входного сигнала от активации, которая должна быть выполнена, посылая тормозные сигналы моторной коре, чтобы действие было как можно ближе к запрограммированному. Мозжечок автоматически анализирует интенсивность и скорость мышечного действия для достижения определенной цели и мгновенно посылает тормозные и возбуждающие сигналы мышцам-антагонистам.

Мозжечок выполняет некоторые функции, которые делают его важным органом для эффективного управления моторикой:

- Первой из функций, на которую следует обратить внимание, является его способность амортизировать: многие движения тела являются маятниковыми. Как и в любом маятнике, движение начинается с определенной силы, способной превысить первоначальную цель, и, когда маятник движется, другая сила останавливает первоначальное движение. В случае мозжечка именно он отвечает за подавление одних мышц и активацию других, чтобы остановить первоначальное движение в желаемой точке.
- Еще одна важная функция - это способность предсказывать: поскольку кора головного мозга должна иметь дело с более сложными процессами, именно мозжечок отвечает за получение реакций от различных рецепторов, которые позволяют нам узнать положение нашего тела или конечностей в заданном пространстве. Это позволяет, исходя из этих проприоцептивных сигналов, вычислить (вероятную) эволюцию движения в заданное время. Хотя эта функция не является чисто моторной, она влияет на большинство моторных действий (что очень важно в спорте), и это связано со способностью мозжечка определять в соответствии с изменениями в поле зрения скорость движения того, кто перемещает объект (Di Santo, 2015).

### 2.1.3 Коррекция и изменение моторной программы

Программирование включает интеграцию двух нейромоторных измерений:

- Первое измерение - анатомическое (то, что мы называем следом или инграммой). Это неизменное, или, другими словами, то, что вы сохраняете из движений.
- С другой стороны, существует параметризация или, другими словами, возможность неограниченной вариативности. Это означает, что главные действующие лица движения могут обладать абсолютной универсальностью. Универсальность - это следствие неизменности, которая больше не действие, а нечто, что осталось в памяти.

Короче говоря, эти два измерения составляют акт программирования.

1) Программирование - это выбор солдат, подходящих героев для развертывания этой инграммы в соответствии с требованиями контекста. Очевидно, что выбор главных



героев зависит от того, какие из них могут наиболее эффективно решить проблему адаптации к окружающей среде.

2) Параметризация - это действие, требующее принятия решения, и это подразумевает, что ваш мозг выбирает подходящих протагонистов.

Но составление программы не означает, что она выполняется. Так где же происходит нейромоторное программирование?

Короче говоря, в двух областях:

- Наибольшая активность, когда вы настраиваете движение, планируете его и при этом не выполняете, находится в области 6 (домоторная кора). Здесь хранятся моторные инграммы.

- Также раскрывается роль других очень важных областей, таких как дополнительная моторная зона и дополнительная моторная пре-зона, которые отвечают за активацию программы.

Сказав вышесказанное, мы можем утверждать, что тот, кто создает программу, не совпадает с тем, кто решает ее выполнить. Конечно, опыт нейромоторного программирования делает это быстрее. По мере того, как у вас появляется больше опыта в движении, наиболее сложное программирование требует помощи AMS.

PM1, предмоторная зона и дополнительная моторная зона - возможная, но не обязательная последовательность. Почему не обязательная? Потому что мозжечок может прекрасно без участия воли опосредовать действие программы, другими словами, в зависимости от немедленной реакции на стимул без вашей инициации, независимо от внешнего стимула.

Если есть немедленная реакция на стимул, у нас нет посредничества AMS и pre-SMA, но у нас всегда есть посредничество домоторной коры. С другой стороны, что если вы встанете перед вратарем, чтобы выполнить пенальти, то у нас уже есть посредничество дополнительной моторной области без реакции на стимул, такой как, например, свисток судьи.

Какие параметры? Чтобы понять это, мы должны знать, что мышца не является частью моторного следа. Если бы это было так, это было бы огромным недостатком. Наблюдайте за всем, что параметризует и направляет подсистема: попробуйте измерить с точностью до тысячных долей секунды все возможные скорости миллионов ударов по футбольному мячу. Представьте себе, что все возможные скорости и их главные герои остаются в памяти. Сколько времени потребуется мозгу игрока, чтобы найти это, чтобы успеть всё сделать за секунду? Следовательно, было бы невыгодно, если бы все это принадлежало инграмме.

Другой компонент, который необходимо параметризовать, - это набор двигательных единиц, то есть количество мышечных волокон, которые я задействую. Например, если в каждом баскетбольном броске я должен активировать определенное количество волокон бицепса, будет невозможно найти правильный параметр для каждой ситуации.



Нестабильная тренировка работает на этих принципах, микродвижения, вызванные нестабильностью устройства, регулируют параметризацию программы. Может наступить время, когда вы решите изменить программу, потому что сознание вот-вот выйдет из строя, поэтому, чтобы избежать сбоя, вы должны предпринять другое действие, которое включает изменение. Пока это длится, у вас есть постоянная повторная калибровка параметризации программы на основе проприоцептивной информации, которую она получает, постоянная калибровка и модуляция оптимальных главных героев для отображения инграммы. Если вы упорствуете в одних и тех же главных героях во время падения и не используете других, вы в конечном итоге упадете. Мозжечок может действовать, чтобы не падать, и, таким образом, активировать новые программы. Мозжечок может скорректировать параметризацию инграммы, которая составляет порядка 80 миллисекунд, тогда как ее изменение занимает от 400 до 600 миллисекунд. Так всегда ли лучше пытаться соответствовать одной и той же инграмме? Что ты должен выбрать? Это отмечает ошибку, которую совершают многие люди: многократно тренируя свои худшие версии.

Перед тем как решиться бежать, мозг уже знает, что вы собираетесь делать, он первым получает информацию. Копия программы также достигает ганглиев у основания, и они активируют гамма-моторную систему, чтобы генерировать поддерживающий тон для того, что нужно сделать. Тон программируется узлами основания (Di Santo, 2015).

В основе движений «финта» в спорте лежит корректировка и изменение времени двигательной программы. При фальсификации заставляют менять моторную программу, разрешение которой намного медленнее, чем коррекция этой. Изменение занимает более 400 миллисекунд, а исправление - всего 80 миллисекунд или меньше. Следовательно, мы должны тренировать скорость коррекции и изменения двигательных программ (Di Santo, 2015).

#### **2.1.4 Двигательные расстройства при поражении мозжечка**

Согласно функциям мозжечка, разрушение мелких частей мозжечка не окажет существенного влияния на жизнь человека, если они будут выполнять медленные движения.

При травме части коры мозжечка другие нервные структуры могут выполнять некоторые из своих функций. Однако мозжечковые расстройства характеризуются изменением уровней силы, расстояния и скорости мышечных действий, что приводит к искажению произвольного двигательного акта как в тонической, так и в фазовой активности. Существуют патологии, вызванные дисфункцией ядер мозжечка, таких как зубчатое ядро, крыша и межпозиционное пространство, среди которых можно упомянуть следующие.

- **Дисметрия:** ее еще называют атаксией. Как уже упоминалось, одна из функций мозжечка - определять, насколько далеко должно зайти движение. Если функция спинно-мозжечковых пучков нарушена определенной травмой, обратная связь из разных секторов тела будет искажена, поэтому полученной информации будет недостаточно для создания точных и контролируемых движений.



Одной из форм дисметрии является гиперметрия, патология, при которой человек, у которого она есть, не может измерить свои движения и, как правило, превышает желаемые точки для достижения. Это происходит потому, что моторная кора посылает сигналы для выполнения определенного действия, такого как достижение объекта рукой, и мышцы-агонисты активируются, но мозжечок не может генерировать тормоз или препятствовать указанным движениям, в результате субъект ударяется о объект, которого он хотел достичь (Guyton, 2006).

- **Дизартрия:** мозжечок, помимо своих функций, отвечает за последовательность движений, поэтому он включает речь, которая в свою очередь включает в себя движения лицевых мышц, структур гортани и языка. Люди, страдающие этой проблемой, сталкиваются с трудностями при разговоре, они не могут измерить интенсивность громкости, с которой они говорят, или продолжительность произносимых слов. Человека с дизартрией бывает трудно понять при общении, поскольку в его дикции бывают взлеты и падения громкости, и некоторые предложения могут быть слишком быстрыми, а другие - очень медленными.
- **Адиадохокинезия:** характеризуется отсутствием прогрессивности движений. Если мозжечок помогает нам предсказать положение сегментов нашего тела, его неисправность может привести к тому, что мы не будем иметь записи этих сегментов в определенное время. Это может привести к тому, что движения начнутся слишком медленно или слишком поздно, что снизит плавность и прогрессивность.
- **Преднамеренный тремор:** мышцы активируются без помощи мозжечка (что является одной из функций мозжечка). Эта патология возникает при поражении ножки мозжечка или зубчатого ядра, которые играют важную роль в обратной связи с моторной корой.
- **Мозжечковый нистагм:** как и при преднамеренном треморе, здесь отсутствует смягчение движений глазных яблок. Эта патология возникает из-за повреждений флоккулонодулярной доли, и ее можно оценить, пытаясь зафиксировать взгляд на объекте, расположенном на периферии поля зрения. При смещении взгляда возникают колебательные и быстрые движения глаз.
- **Отскок:** в результате этой патологии мозжечок не может активировать мышцы-антагонисты главного героя определенного действия. Это связано с тем, что из-за травмы мозжечка мозжечок не может эффективно взаимодействовать со спинным мозгом, чтобы вызвать миотатический рефлекс, который замедляет или прерывает движение, которое было инициировано неожиданно.
- **Гипотония:** поражения зубчатых ядер вызывают снижение тонуса периферических мышц той стороны, где обнаруживается дисфункция мозжечка (Guyton, 2006).

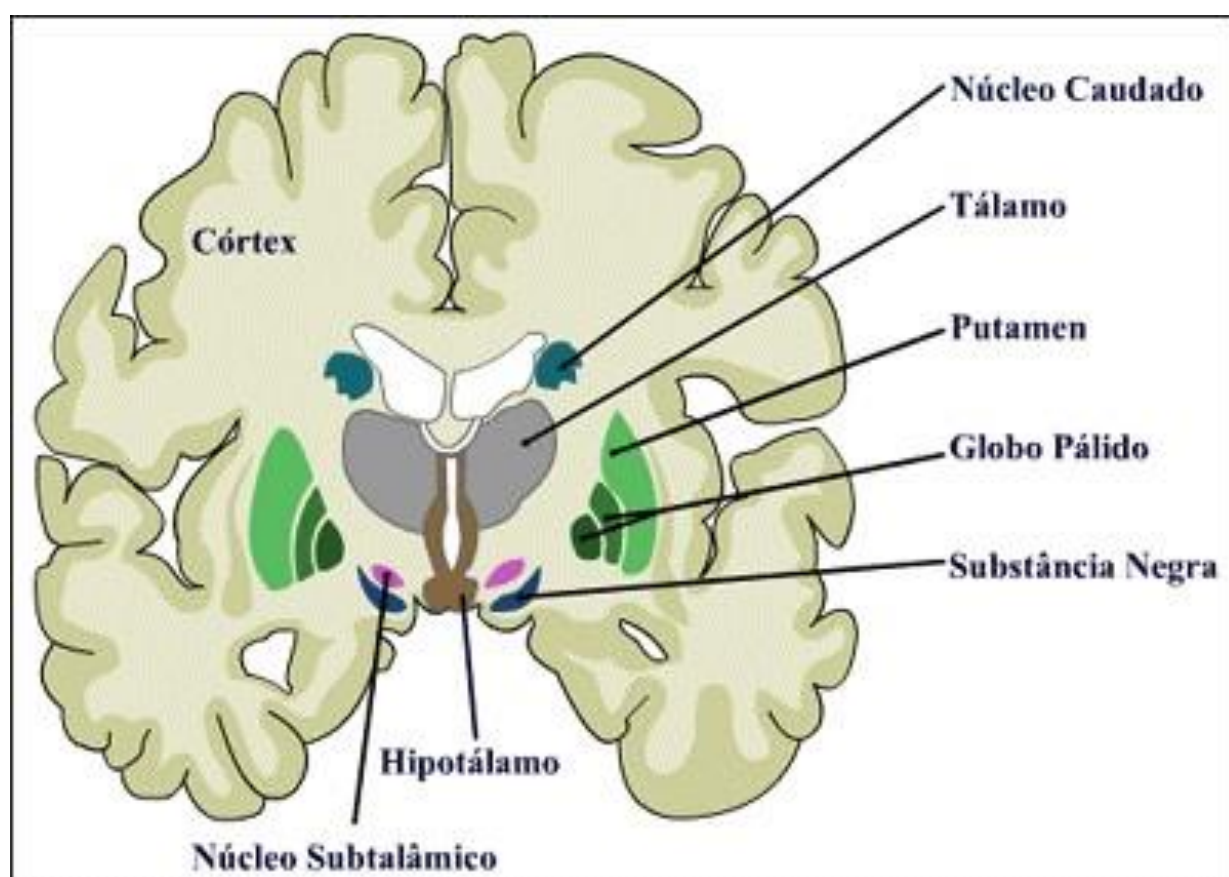


## 2.2 Базальные ганглии

### 2.2.1 Строение базальных ганглиев

Базальные ганглии - это группы структур нейронального тела, расположенные в основании мозга (Rigal, 1987). Эти ганглии состоят из дорсального полосатого тела (хвостатое ядро и скорлупа), брюшного полосатого тела (прилежащего ядра), бледного шара, субталамического ядра и черной субстанции. Красное ядро и ретикулярная формация тесно связаны с ганглиями. Они связаны с различными органами нервной системы, и их функция сосредоточена на регуляции двигательных навыков.

Рисунок 2: Базальные ганглии



Источник: [Изображение без названия на мозжечке], с. е., <http://morfoattp.blogspot.com/2014/11/itens-26-27-28-e-30.html>

Córtex	кора
Hipotálamo	гипоталамус
Núcleo Subtalámico	субталамическое ядро
Núcleo Caudado	хвостатое ядро
Putamen	Путамен
Tálamo	таламус
Globo Pálido	бледный шар
Substancia Negra	черное вещество

- Хвостатое ядро: косвенно участвует в модуляции движения. Оно есть тот орган, что сообщает лобной доле, что что-то не так и что с этим нужно что-то делать.
- Путамен: отвечает за произвольные точные движения. Он также играет важную роль в оперантной обусловленности. (Asociación Educar, 2015 г., <https://asociacioneducar.com/glosario>).
- Поперечно-полосатое тело: регулирует инстинктивное поведение, мышечный тонус, характер и сексуальное поведение. Он подавляет деятельность коры головного мозга и получает импульсы от таламуса. (Asociación Educar, 2015 г., <https://asociacioneducar.com/glosario>).
- бледный шар: передает информацию от скорлупы и хвостатого ядра к таламусу. (Asociación Educar, 2015 г., <https://asociacioneducar.com/glosario>).
- Субталамическое ядро: получает сигнал от хвостатого тела и скорлупы, участвует в регуляции моторного контроля и связано с контролем произвольных движений. (Asociación Educar, 2015 г., <https://asociacioneducar.com/glosario>).
- Вещество черное: это микрорегулятор полосатого тела через его нейромедиатор допамин. (Asociación Educar, 2015 г., <https://asociacioneducar.com/glosario>).

Хотя базальные ганглии тесно связаны с моторными функциями, они не имеют прямой связи с мотонейронами спинного мозга, но получают афферентную информацию от



коры головного мозга и отправляют информацию в саму кору через афферентные пути. Раньше эти эффекты передавались через таламус.

### **2.2.2 Связь между ганглиями основания и другими нервными структурами**

Базальные ганглии имеют большое количество нервных связей с двигательной областью коры головного мозга; в частности, многие из этих связей возникают между ассоциативной областью первичной моторной коры и полосатым телом.

Стриатум - это функциональная рецепторная структура ганглиозной системы. Стриатум получает входные данные от различных структур, внутренних и внешних по отношению к ганглиям.

В отношении структур, с которыми он соединяется, можно упомянуть следующее:

- Он получает сигналы от коры головного мозга (лобной, теменной, затылочной и височной коры) и от черной субстанции.
- Вентральная часть полосатого тела получает информацию от поясной коры, относящуюся к мотивации.
- Таламус посылает афференты к полосатому телу «от межслойных ядер к хвостатому ядру и от центрального срединного ядра к скорлупе» (Rigal, 1987). Большое количество нервных путей проходит от домоторной области первичной моторной коры к полосатому телу. В свою очередь, полосатое тело посылает афференты к бледному глобусу, подталамусу и черной субстанции, откуда группы нервных волокон выходят в таламус и в кору головного мозга (двигательные области). Таким образом, между кортикальными моторными областями и базальными ганглиями устанавливаются нервные связи, формируя петлю обратной связи, которая способствует моторному контролю (Guyton, 2006).

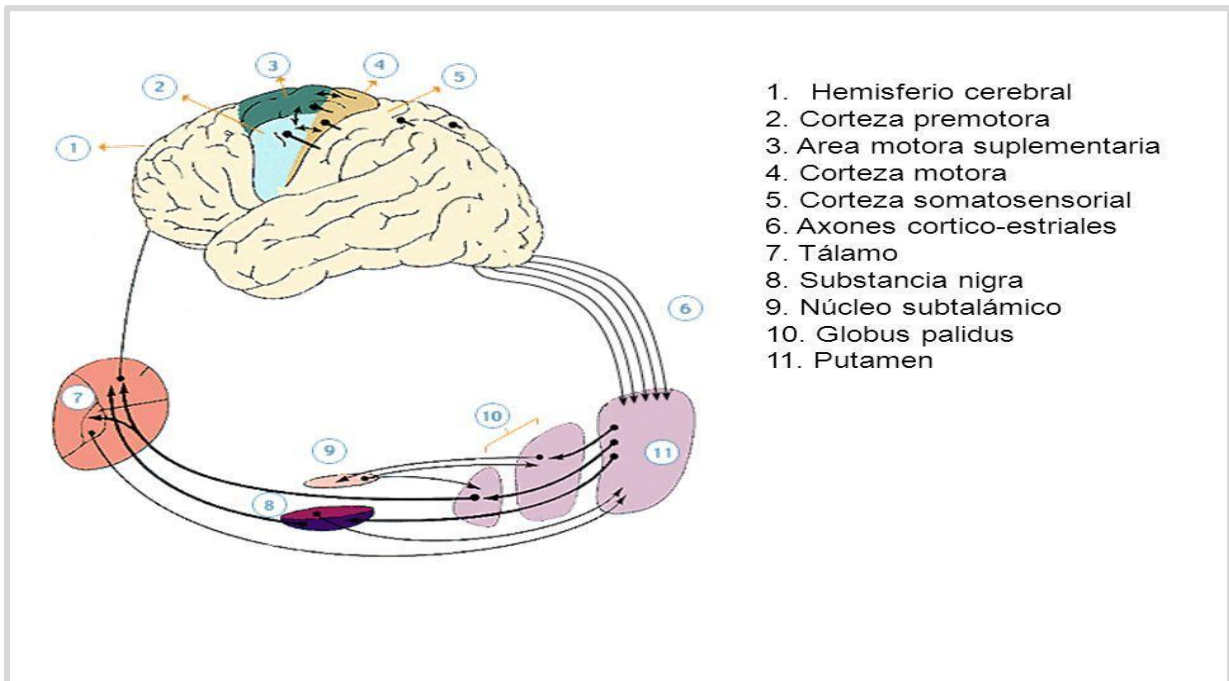
Между вздутыми корковыми двигательными центрами и мозжечком существуют нервные связи. Когда сигналы возвращаются из мозжечка, они проходят через таламус, связанный с ганглиями. Это позволяет существовать связи между ганглиозной обратной связью и обратной связью с мозгом.

Базальные ганглии также связаны друг с другом. На этой схеме можно увидеть, что нервные сигналы отправляются вниз от полосатого тела, предназначенного для черной субстанции (через бледный шар). Сразу после этого сигнал возвращается в полосатое тело. В этом контуре нисходящий путь секретирует нейромедиатор ГАМК, а восходящий путь, в свою очередь, производит дофамин.

Бледный шар связан со стволом головного мозга. Это отправляет многочисленные нервные волокна в нижнее красное и оливковое ядра. Хотя кора головного мозга имеет прямую связь с этими ядрами ствола мозга, место, где эти связи сходятся, такое же, как и для базальных ганглиев.



Рисунок 3: Петли обратной связи базальных ганглиев и коры головного мозга.



Источник: Kandel, 1997.

1. Hemisferio cerebral	1. Полушарие головного мозга
2. Corteza premotora	2. премоторная кора
3. Área motora suplementaria	3. дополнительная премоторная область
4. Corteza motora	4. моторная кора
5. Corteza somatosensorial	5. соматосенсорная кора
6. Axones cortico-estriales	6. корково-полосатые аксоны
7. Tálamo	7. таламус
8. Substancia nigra	8. черная субстанция
9. Núcleo subtalámico	9. субталамическое ядро
10. Globus pallidus	10. бледный шар
11. Putamen	11. скорлупа

### 2.2.3 Сборка движений ганглиями основания (автоматизм)

Стриатум - это точка входа информации из коры головного мозга в ганглии в основании. В зависимости от того, из какого сектора коры головного мозга оно исходит, аффинити достигают различных секторов полосатого тела. Например, моторная кора посылает афференты скорлупе, чтобы она регулировала движения; в свою очередь, хвостатое тело получает информацию от когнитивных процессов и движений глаз.



Сигналы от моторной коры к полосатому телу принадлежат кортико-полосатому пути и исходят от моторной коры, домоторной коры и дополнительной моторной области.

Как только информация попадает в ганглии в основании, она направляется к таламусу через черную субстанцию и внутреннюю поверхность бледного шара двумя разными способами. Эти два маршрута можно назвать прямым и непрямым.

- Прямой путь: хвостатое ядро и скорлупа (поперечно-полосатое ядро) выполняют тормозящие функции в отношении внутреннего бледного шара и черной субстанции. В свою очередь, черная субстанция и бледный шар связаны с ядрами таламуса, выполняя также тормозные функции. Тем не менее, мы можем понять, что, когда активность полосатого тела увеличивается, активность ядер таламуса возрастает, поскольку первое будет останавливать ингибирование, вызванное черной субстанцией и внутренним бледным шаром на таламусе.

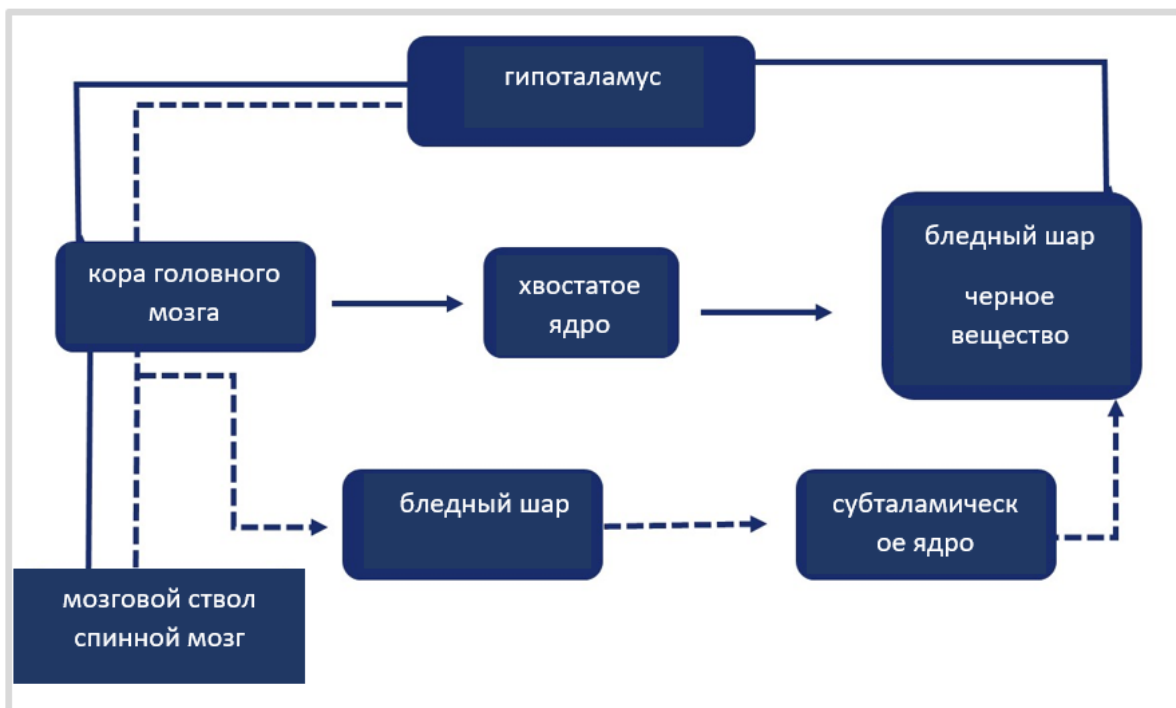
Когда ингибирование ядер таламуса замедляется, оно стимулирует дополнительную двигательную область (AMS), которая отправляет команду на создание движения в первичную двигательную область (MP1), синапсирующую с двигательными нейронами спинного мозга.

- Непрямой путь: некоторые нейроны в полосатом теле имеют связь с внешним бледным шаром (с тормозящими функциями), который, в свою очередь, взаимодействует с субталамическим ядром и подавляет его. Субталамическое ядро соединяет и активирует внутренний бледный шар и черную субстанцию. Активируя не прямой путь, полосатое тело подавляет внешний бледный шар, который растормаживает субталамическое ядро и вызывает активацию внутреннего бледного шара и черной субстанции (следовательно, происходит ингибирование таламических ядер и, следовательно, моторной коры) (Di Santo, 2015).

Прямой путь направлен на активацию произвольных движений, тогда как не прямой путь направлен на подавление инициирования произвольных действий основного движения (паразитических движений). Нормальное развитие движений и осанки в целом будет зависеть от взаимосвязи между этими путями. Ядро, которое не работает оптимально, может влиять на качество движений и, таким образом, вызывать различные нарушения.



Рисунок 4: Прямые и не прямые дороги



Источник: самодельный.

## 2.2.4 Двигательные расстройства на фоне патологий (болезнь Паркинсона)

Как уже упоминалось, базальные ганглии выполняют множество функций, включая: управление произвольными или бессознательными (стереотипными) движениями тела. Поражение в этой области, следовательно, вынудило бы страдающего от него субъекта задействовать высшие корковые центры, чтобы восполнить их бездействие.

Поражения в области базальных ганглиев могут возникать в результате отравления угарным газом, передозировки лекарствами, инфекций, травм головы, отравления медью, марганцем или другими тяжелыми металлами, опухолей, цереброваскулярных нарушений (CVA) и при других обстоятельствах (Гайтон, 2006).

Изучая трупы людей, у которых при жизни были поражения в базальных ганглиях, можно было распознать различные патологии, такие как, например: корея, гемибализм, атетоз, болезнь Паркинсона.

- Слово корея в переводе с греческого означает «танец» и используется для обозначения этой патологии, поскольку для нее характерны постоянные

движения, без моторики и случайного контроля, которые могут затронуть один или несколько сегментов тела.

Эта патология возникает из-за поражения хвостатого ядра, скорлупы, и вызывает значительное снижение секреции нейромедиатора ГАМК. Следовательно, подавляющие сигналы ГАМК (направленные от скорлупы и хвостатого ядра) не могут сдерживать бледный шар и черную субстанцию.

Спастические движения уменьшаются во сне и усиливаются, когда человек с этой патологией проходит через стресс, эмоции или когда тело получает обильную конфиденциальную информацию.

- Гемибаллизм означает «баллистическая среда», этот термин относится к мощным и крупноамплитудным движениям одного полушария. Он вызывает резкие движения на больших участках тела, из-за которых человек может упасть, если он стоит. Он затрагивает только одно полушарие из-за поражения, которое произошло в подталамусе контралатерального полушария.
- Атетоз вызывается поражением бледного шара (наружного лица), которое влияет на петли обратной связи между ганглиями, таламусом и корой.

В нормальных условиях эти контуры позволяют выполнять тонкие движения плавным образом, поскольку они соединяют и связывают группы агонистов и антагонистов; и наоборот, когда эти цепи прерываются, возникают ненормальные движения из-за отклонения от пути «нормального» нервного импульса.

- Болезнь Паркинсона - это патология, вызванная гибелью нейронов в черной субстанции, ответственной за выработку дофамина, который направлен на скорлупу и хвостатое ядро и основная функция которой - правильный контроль движений. Когда уровень дофамина падает, информация в цепи базальных ганглиев изменяется, и это приводит к тремору, ригидности, замедленности движений и постуральной нестабильности, среди других симптомов.

Основными симптомами данной патологии являются:

- о Ригидность в мышцах больших участков тела или изолированных участков.
- о Дрожь в руках, ногах, руках, челюсти и лице.
- о Затруднение при запуске движений, также называемое акинезией (Guyton, 2006, Rigal, 1987).



## Ссылки

**Образовательная ассоциация** (S. F.). Глоссарий наук и нейробиологии. Получено с <http://asociacioneducar.com/glosario>

**Ди Санто, М.** (2015). Изображение движения [Запись Н. Акоста]. Кордова, Аргентина.

**Ди Санто, М.** (2015). Нейромоторное программирование [Запись Н. Акоста]. Кордова, Аргентина.

**Ди Санто, М.** (2015). Мыслить в движении [Запись Н. Акоста]. Кордова, Аргентина.

**Ди Санто, М.** (2015). Влияние Антонио Дамасио [Запись Н. Акоста]. Кордова, Аргентина.

**Ди Санто, М.** (2015). Центральное воздействие [Запись Н. Акоста]. Кордова, Аргентина.

**Ди Санто, М.** (2015). Нейромоторное программирование [Запись Н. Акоста]. Кордова, Аргентина.

**Ди Санто, М.** (14 октября 2015 г.). Принятие решений и двигательная логика. Кордова, Кордова, Аргентина.

**Гайтон, К.** (2006). Трактат по медицинской физиологии (11-е изд.). Барселона: Эльзевьер.

**[Изображение без названия на мозжечке]**. (s. f.). Получено с <http://neurocienciayplasticidadcerebraluned.blogspot.com/2012/02/>

**[Изображение без названия на мозжечке]**. (s. f.). <http://morfoattp.blogspot.com/2014/11/itens-26-27-28-e-30.html>

**Кандел, Э.** (1997). Неврология и поведение. Мадрид: Prentice Hall.

**Ригал Р.** (1987). Моторные навыки человека. Мадрид: Пила Теленья.

**Снелл, Р.** (1999). Клиническая нейроанатомия (4-е изд.). Буэнос-Айрес: Панамериканский.

