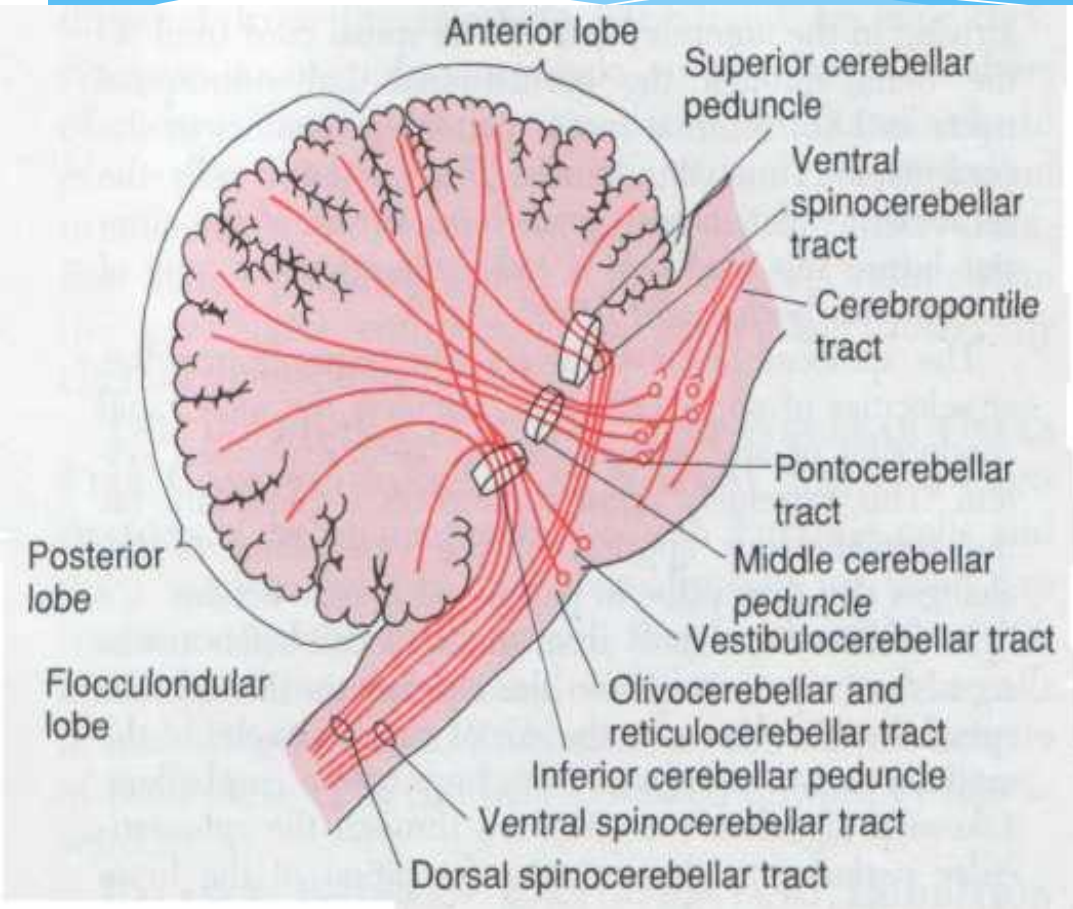


Моторика (продолжение)

1. Моторные функции мозжечка.
2. Моторные функции больших полушарий и базальных ганглиев.

МОЗЖЕЧОК



- * Участие мозжечка в регуляции моторики происходит через его ядерные скопления и кору мозжечка.
- * Связи клеток коры мозжечка **двусторонние** (см. рис.).

Связи клеток коры мозжечка (КП – клетки Пуркинье)



К коре мозжечка импульсация поступает:

- * от вестибулярных ядер,
- * от соматосенсорной системы,
- * а также от коры больших полушарий (чем и обеспечивается участие мозжечка в регуляции **сознательных движений**).

Нисходящие влияния коры мозжечка

- * Клетки Пуркинье оказывают фоновое тормозящее влияние на:
- * а) различные подкорковые ядра самого мозжечка,
- * б) ядра ствола мозга (красное и вестибулярное ядра),
- * в) моторную зону коры больших полушарий.
- * При возбуждении клеток Пуркинье тормозящее влияние их усиливается.

Двойной тип влияний клеток Пуркинье

- * Причем влияние мозжечка на некоторые моторные центры может быть двойным.
- * Например, прямыми путями через клетки Пуркинье кора мозжечка тормозит нейроны **вестибулярного ядра**, а опосредованно через влияние этих же клеток на **фастигальное ядро**, наоборот, растормаживает его.
- * Влияние клеток Пуркинье на **красное ядро** опосредуется промежуточными ядрами мозжечка. В силу этого рубро-спинальное влияние на сгибатели осуществляется во время торможения активности клеток Пуркинье.

Участие мозжечка в выполнении произвольных движений

- * Особенно важно то, что от различных отделов коры больших полушарий и особенно от **соматосенсорной и двигательной областей** ее через связи и коллатерали **кортикоспинального тракта** поступают сигналы к *промежуточной части мозжечка*. Отсюда через вставочное ядро идут эфферентные сигналы к стволовым двигательным центрам (особенно к красному ядру).
- * **Причем часть эфферентных сигналов от мозжечка возвращается к двигательной коре.**

Моторные функции мозжечка

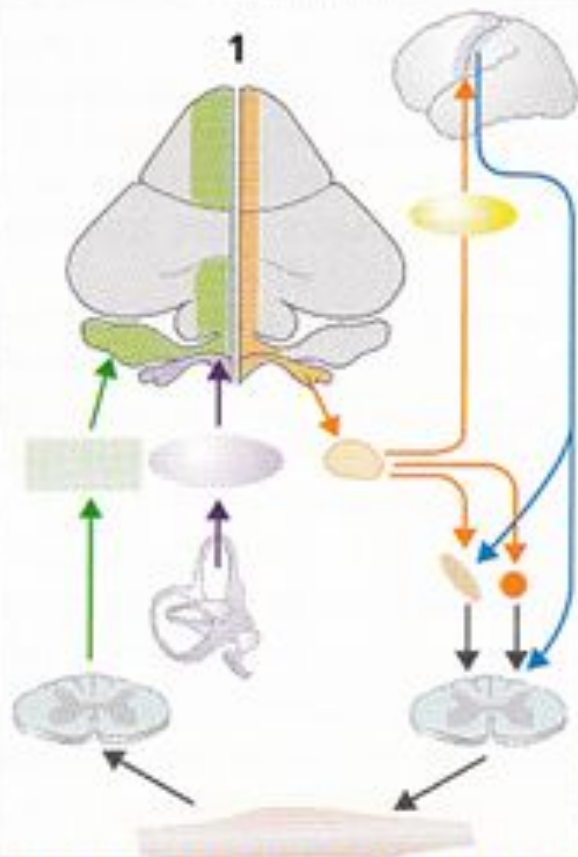
- * а) соучастие в регуляции позы и мышечного тонуса (через ядра ствола мозга),
- * б) исправление (при необходимости) медленных целенаправленных движений в ходе их выполнения (через кору б/п),
- * в) координация этих движений с рефлексамии поддержания позы,
- * г) правильное, более точное выполнение быстрых целенаправленных движений, команда к выполнению которых поступает от коры больших полушарий,
- * д) **уточнение и заучивание программ сложных осознанных движений.**

Дифференцировка влияний отдельных структур мозжечка

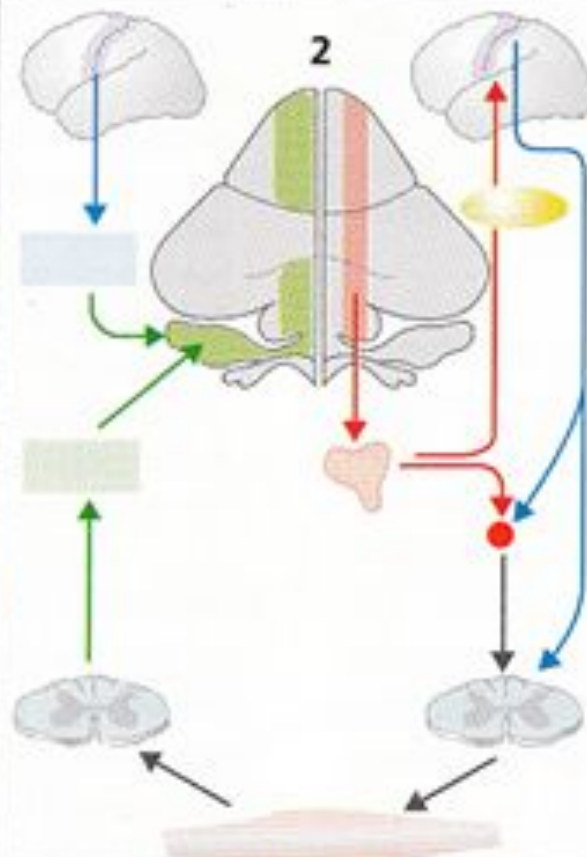
- * Более древние (медиальные) структуры мозжечка связаны с двигательными центрами спинного мозга и ствола, а развившиеся позже латеральные отделы - с передним мозгом.
- * В результате:
 - А. Медиальная часть мозжечка осуществляет главным образом регуляцию и коррекцию движения в период его выполнения. Но это эффективно лишь при выполнении медленных движений.
 - Б. Полушария же участвуют в подготовке, программировании движений, их заучивании.

Таким образом, мозжечок:

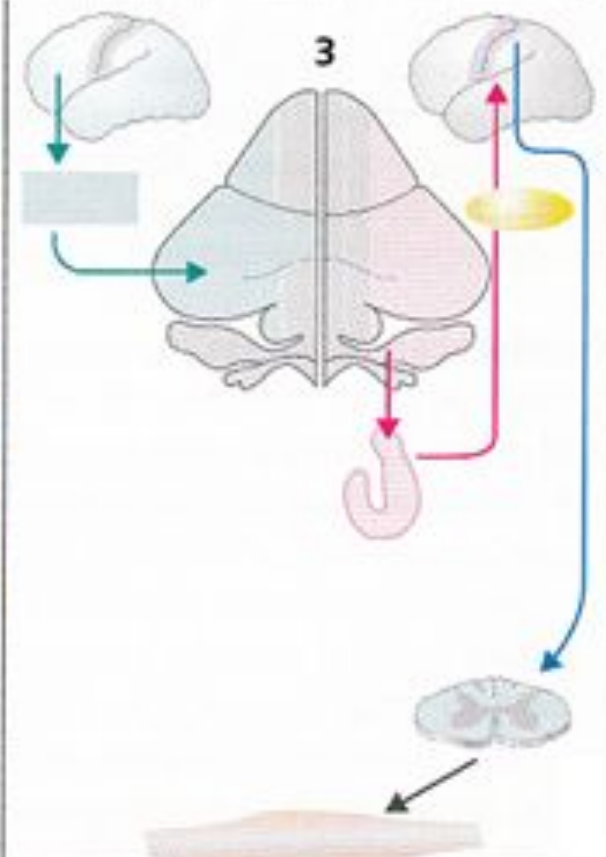
Тракты и функции мозжечка



оптимизация и коррекция
позных и
окуломоторных функций
(тонус, поза, равновесие).



координация
поддерживающих позу и
сознательные движения.



программирование
целевого движения

Нарушения, развивающиеся при поражении мозжечка, которые наглядно демонстрируют его функции:

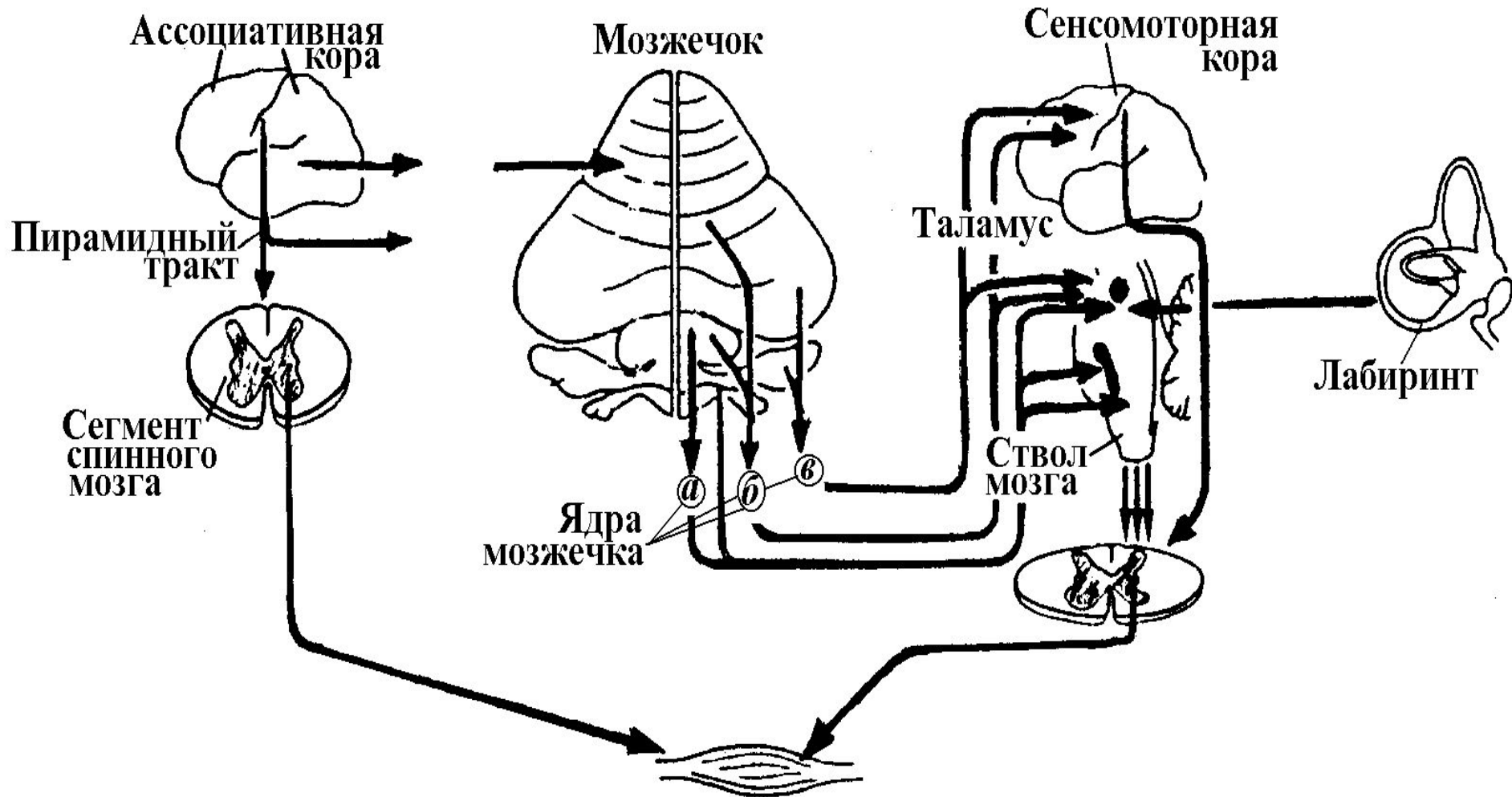
1. Тремор в начале и конце движений,
2. Асинергия (нарушение согласованности),
3. атаксия,
4. ассимметрия движений,
5. общая атония,
6. дефекты речи.

ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ



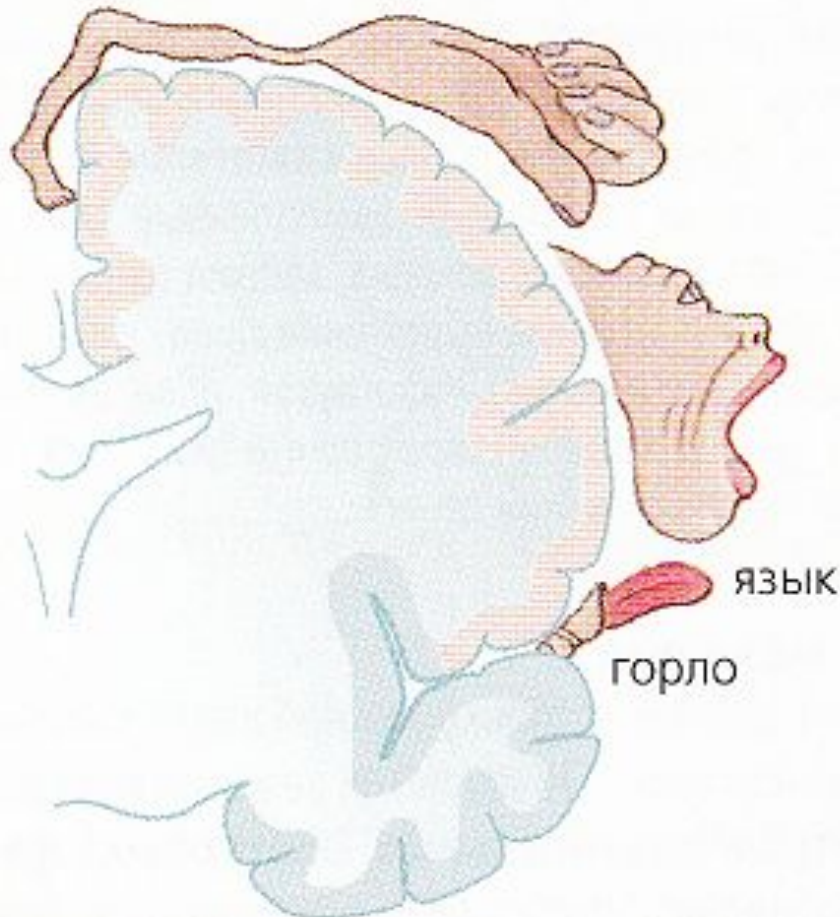
- * Этапы выполнения: 1. Принятие решения. Зарождаются «идеи» в **ассоциативных зонах коры**.
- * 2. Программирование (привлечение необходимых нервных центров).
- * 3. Нисходящие эфферентные сигналы.
- * 4. Выполнение движения (через мотонейроны спинного мозга).

Взаимодействие различных отделов моторной системы ЦНС



Расположение мотонейронов в прецентральной извилине (двигательный гомункулус)

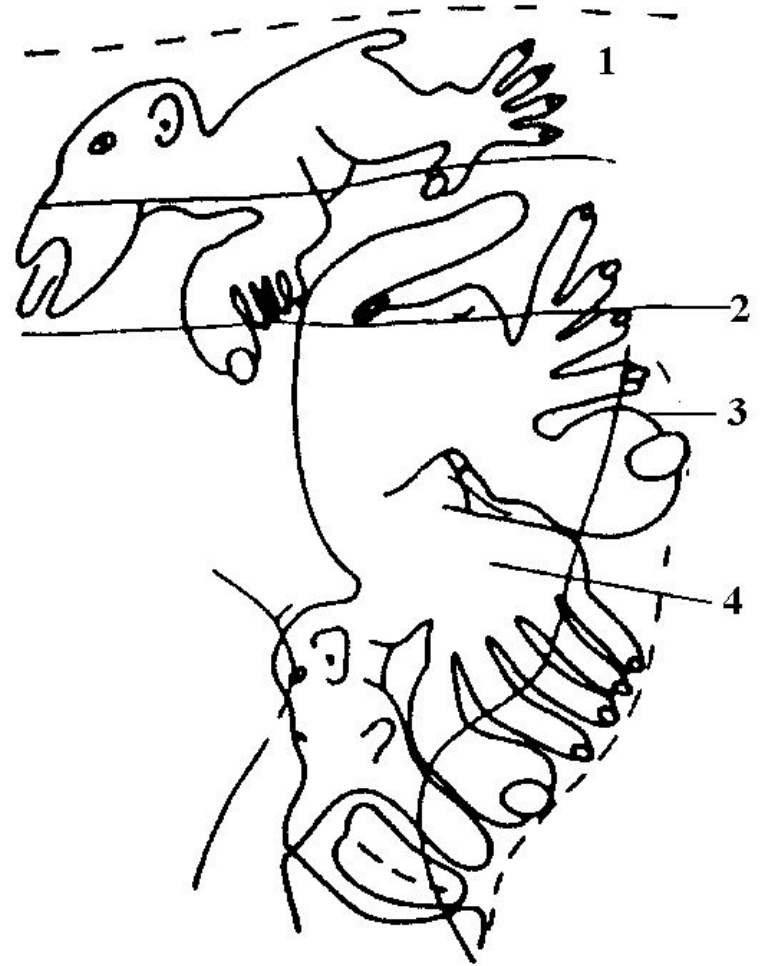
Соматотопическая организация
первичного моторного
участка коры (M1)



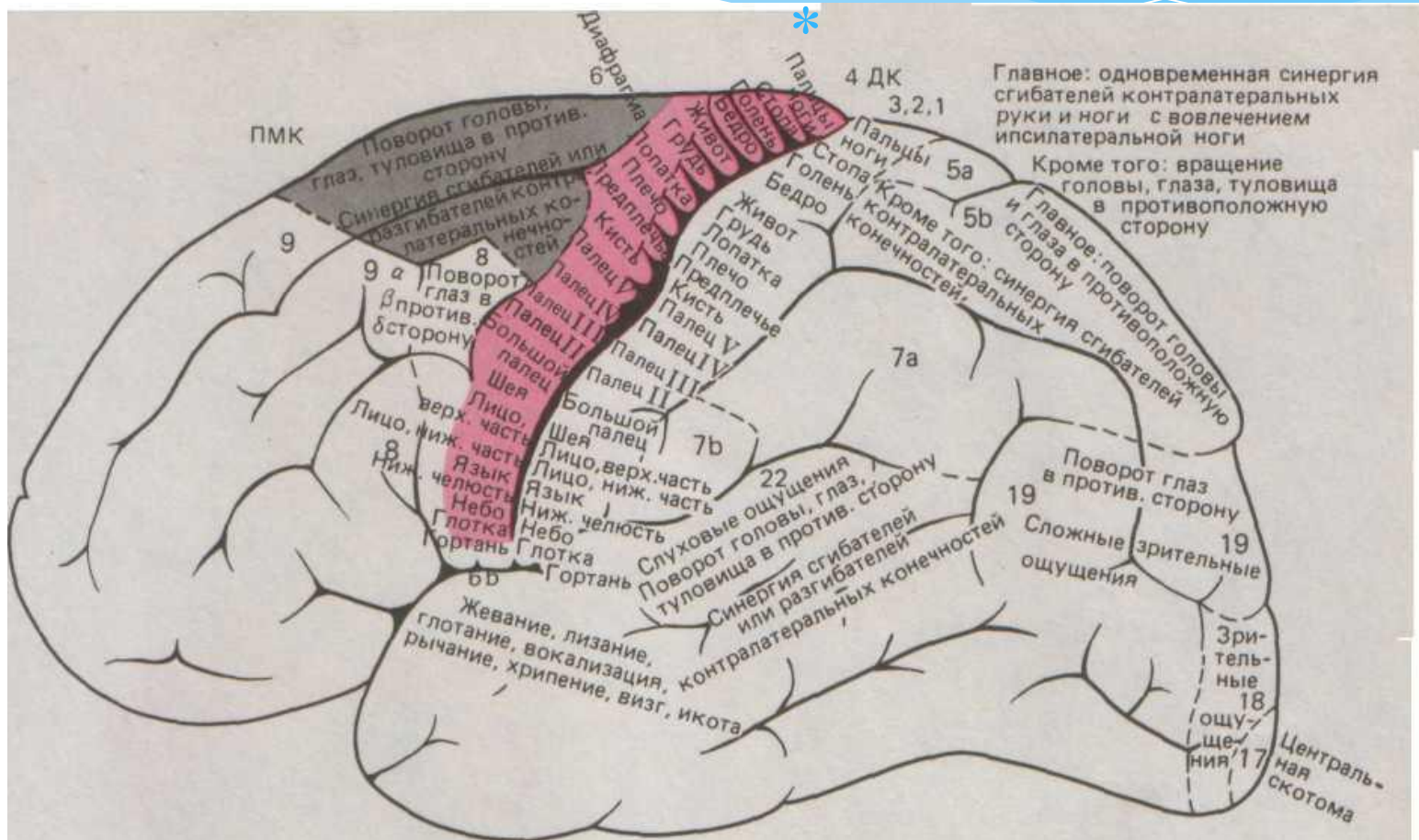
- * Большая часть клеток прецентральной зоны коры (M1) обеспечивает наиболее важные движения (кисть, лицо).
- * Но кроме этой области есть и зона M2.

Зоны М1 и М2 (дублирование)

- * Зоны М1 и М2 в коре головного мозга обезьяны.
- * Зона М2 расположена в глубине межполушарной щели.
- * 1 - средняя поверхность,
- * 2 - край полушария,
- * 3 - центральная борозда,
- * 4 - передняя центральная извилина



Зоны коры, соучаствующие в осуществлении сложных осознанных движений (т.е. – в регуляции движений участвует не только зоны M1 и M2)



Зоны коры, соучаствующие в осуществлении сложных осознанных движений

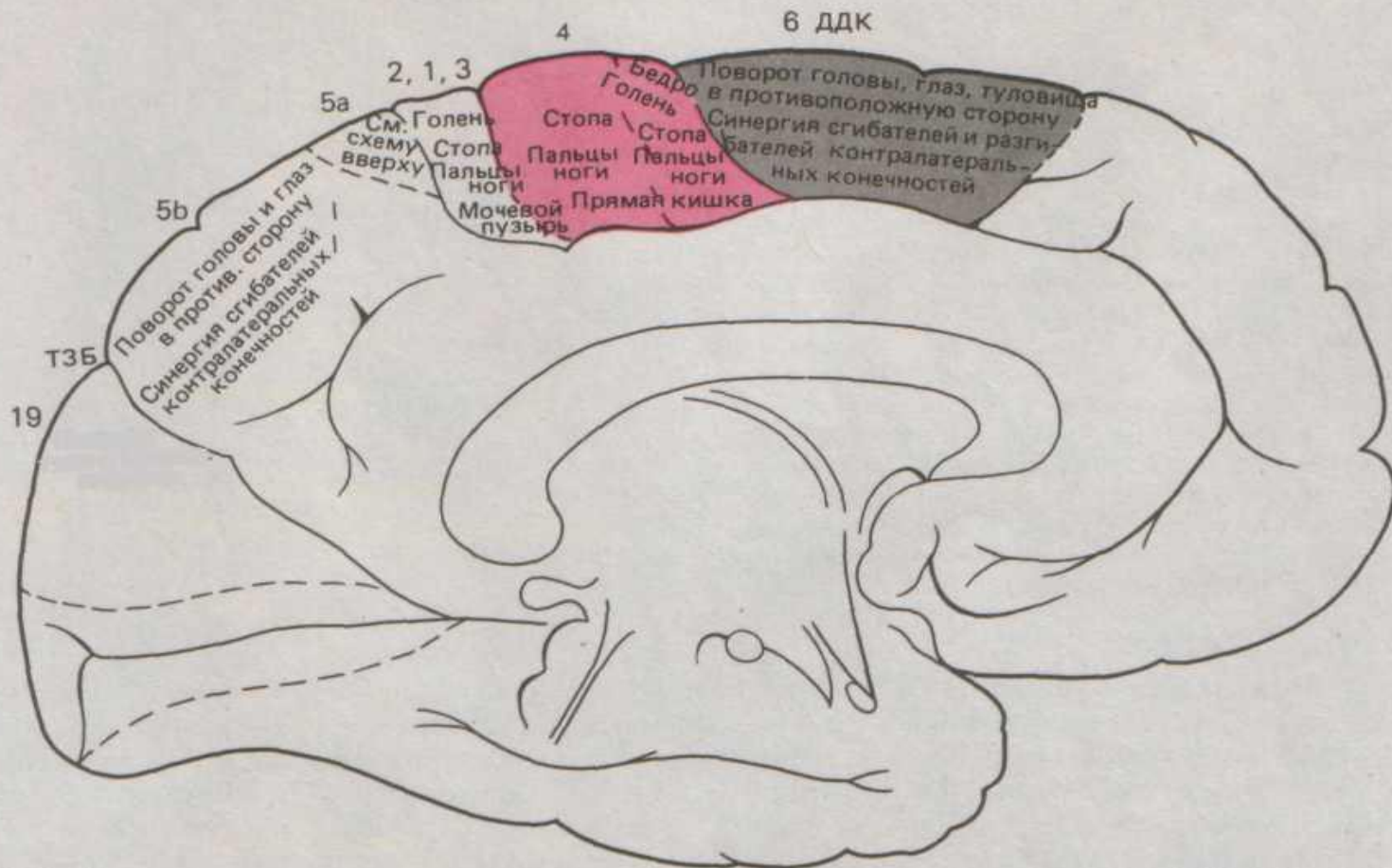


Рис. 5.26. Карта мозга человека, построенная на основе двигательных ответов на ритмическую электрическую стимуляцию (50 Гц) различных участков поверхности мозга во время нейрохирургических операций. ПМК – премоторная кора, или латеральное поле 6; ДК – двигательная кора, или поле 4 (примерно соответствует прецентральной извилине); ДДК – дополнительная двигательная область коры, или медиальное поле 6. ТЗБ – теменно-затылочная борозда. Стимуляция двигательной коры вызывает низкопороговые ответы в виде дискретных движений, стимуляция поля 6 и задних областей коры – только высокопороговые ответы в виде сложных двигательных программ [28]

Функциональные колонки коры

- * Гигантские пирамидные клетки, выполняющие сходные функции, расположены рядом и образуют **функциональные кортикальные колонки**.
- * В образование одной функциональной колонки входят до нескольких сот больших пирамид, так что колонки имеют диаметр до 800 мкм.
- * Примечательно, что соседние колонки несколько перекрываются даже в том случае, если вызывают противоположные движения. Благодаря этому одновременным возбуждением их определяется способность фиксировать сустав при сокращении мышц сгибателей и разгибателей.

Функция клеток каждой колонки

- * Главным фактором, отражающим характер возбуждений нейронов колонки, служит **движение в суставе**. При этом в больших пирамидальных клетках соответствующих колонок можно обнаружить возникновение ПД.
- * В отличие от этого в малых пирамидах и в покое имеется постоянная импульсация, но при движениях она усиливается.
- * С помощью метода регистрации вызванных потенциалов при осуществлении движений было установлено, что ПД появляется в **нескольких колонках**. Это свидетельствует о наличие представительства одной мышцы в нескольких моторных областях коры.

Афферентные связи клеток коры

Афферентные связи к моторным зонам коры поступают через моторные ядра таламуса. Через них кора связана с:

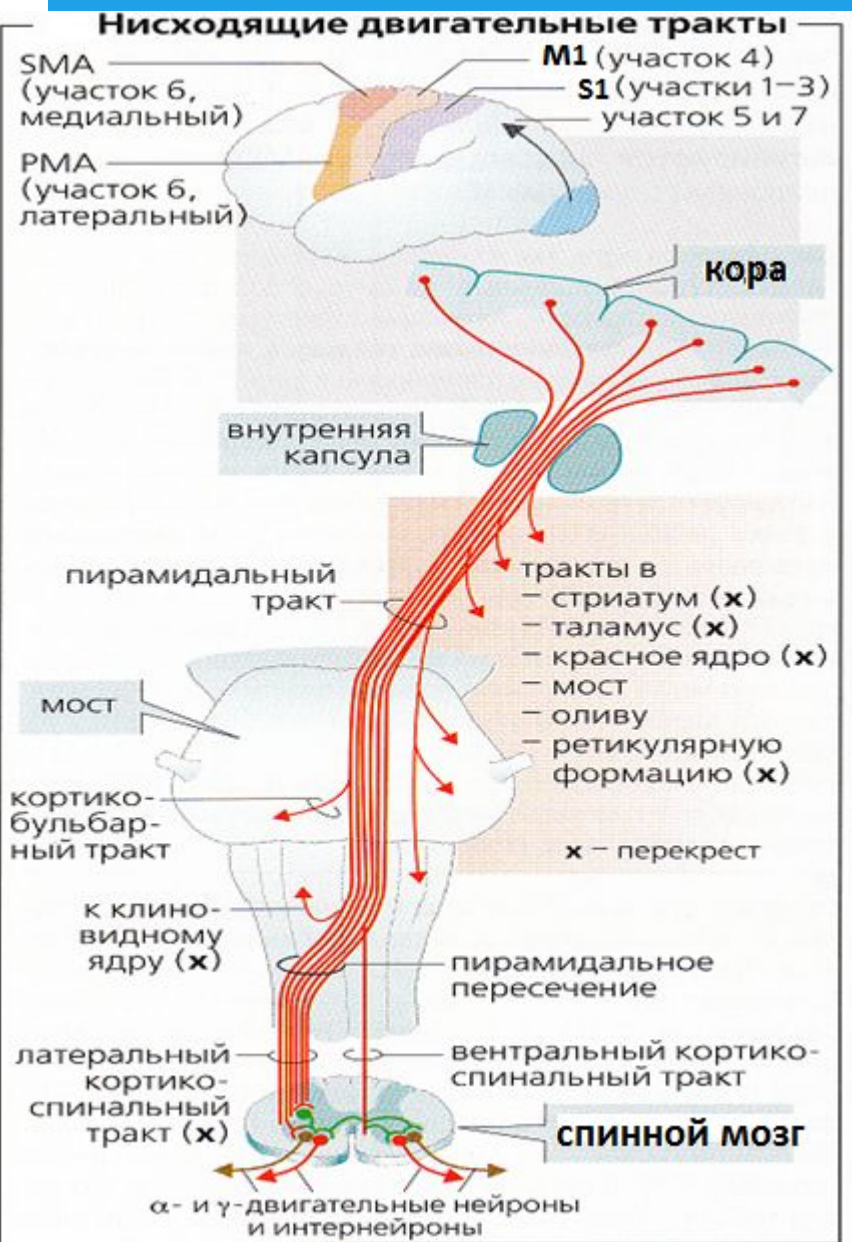
- * ассоциативными зонами самой коры, в которых зарождается замысел движения;
- * сенсорной системой ЦНС, в том числе сенсорными зонами самой коры;
- * подкорковыми базальными ганглиями;
- * мозжечком.

Эфферентные связи коры

- * Моторная область коры регулирует движения с помощью эфферентных связей:
- * а) прямо на мотонейроны спинного мозга;
- * б) косвенно через связи с нижележащими двигательными центрами;
- * в) еще более косвенная регуляция движений осуществляется путем влияния на передачу и обработку информации в чувствительных ядрах типа клиновидного ядра или таламуса. Тем самым проявляется эффект обратной связи.

Пирамидный тракт

- * Кортико-спинальный (пирамидный) тракт состоит примерно из миллиона эфферентных волокон, начинающихся от различных двигательных зон коры:
 1. около 30% волокон идут от нейронов прецентральной извилины (первичная зона),
 2. столько же (30%) от вторичной моторной зоны,
 3. около 40% от первичной и вторичной соматосенсорных зон коры.
- * Через посредство вставочных нейронов или путем прямого контакта они участвуют в регуляции функций моторных ядер спинного мозга.
- * Спускаясь к мотонейронам спинного мозга, волокна отдают многочисленные коллатерали к другим двигательным центрам, вовлекая и их в регуляцию.



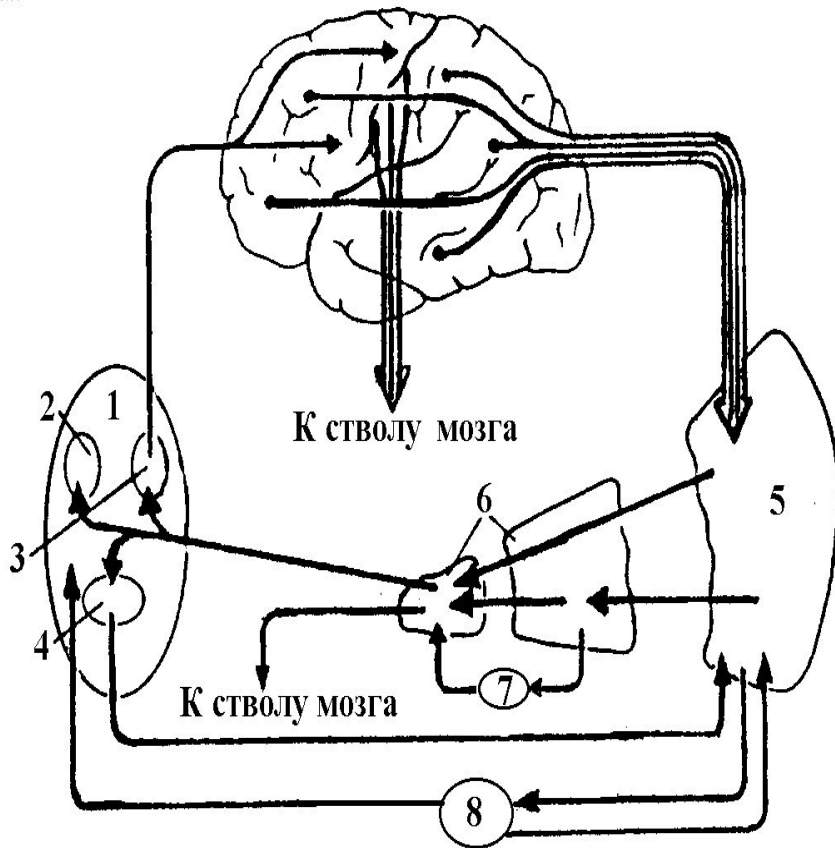
- * Нисходящие двигательные тракты начинаются не только с зон M1 (прецентральная извилина) и S1 (постцентральная извилина), но и близлежащих к ним извилин. И пройдя все нижележащие структуры поступают:
- * к α - и γ -мотонейронам соответствующего отдела спинного мозга.

Экстрапирамидные пути

- * Кортико-рубральные и кортико-ретикулярные пути (экстрапирамидные) идут от тех же мотосенсорных полей коры больших полушарий к соответствующим двигательным центрам ствола.
- * Через посредство этих путей кора усиливает позные и поддерживающие движения конечностей и туловища, что обеспечивает точное выполнение всех целенаправленных движений (произвольных и непроизвольных).

Базальные ганглии и моторика

Команды о выполнении сознательных движений от **ассоциативных зон мозга** поступают к моторным зонам коры через базальные ганглии.



*Рис.: 1 - таламус:

2 - передневентральное,

3 - вентролатеральное и

4 - срединное ядра,

*5 - полосатое тело,

*6 - бледный шар,

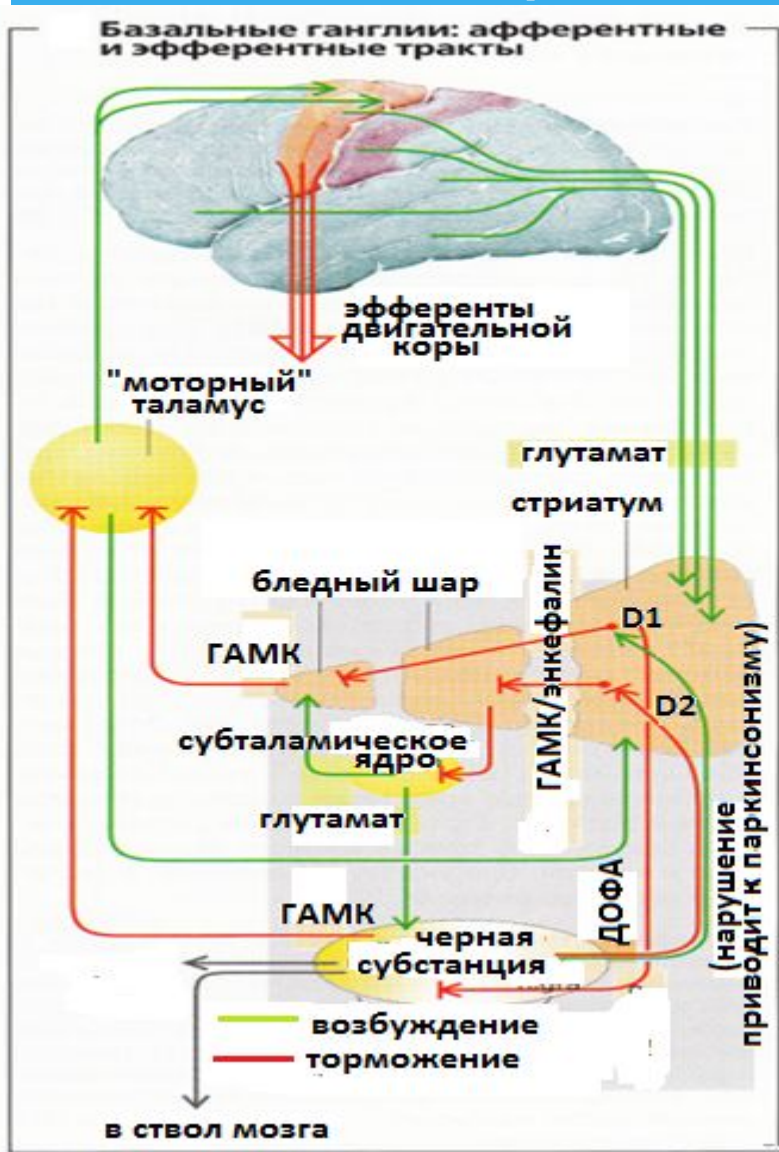
*7 - субталамическое ядро,

*8 - черная субстанция

Связи базальных ганглиев

- * Большая часть афферентной импульсации к базальным ганглиям приходит от сенсорных и ассоциативных зон коры больших полушарий, черной субстанции, а затем вначале поступает к **полосатому телу**.
- * В свою очередь **полосатое тело** эфферентными волокнами связано с бледным шаром и черной субстанцией, откуда импульсация направляется **через таламус к моторным зонам коры** либо к ядрам ствола (рисунки см. выше и ниже).
- * Поэтому патологические изменения базальных ганглиев обычно сопровождаются значительными нарушениями выполнения произвольных движений. Например, при поражении черной субстанции возникает тремор в покое.
- * А к примеру, болезнь Паркинсона и др. также связана с нарушениями в базальных ганглиях.

Участие базальных ганглиев в регуляции произвольных движений



- * На рис. показаны не только связи, но и медиаторы базальных ганглий (глутамат, ДОФАмин, ГАМК, энкефалины). Эти нейроны (медиаторы) относятся к аминергическим отделам мозга.
- * Они принимают участие в выполнении и других функций ЦНС. Эти нейроны принадлежат к интегративным отделам мозга.

Продолжение

- * К примеру дофамин, взаимодействия с соответствующими дофаминовыми рецепторами (D1, D2) уменьшает ингибирующее влияние базальных ганглиев, что ведет к облегчению таламокортикальной передачи и «растормаживанию» моторной коры. При этом становится возможной передача двигательной программы от ассоциативных зон коры к прецентральной извилине.

Функции базальных ганглиев

- * Базальные ганглии играют роль важного промежуточного звена в цепи ассоциативных и сенсорных зон коры с моторными ее отделами, участвуя в корковой регуляции движений.
- * Они участвуют в *переводе замысла о произвольном движении к фазе выполнения его*. Это происходит потому, что вначале замысел движения зарождается в ассоциативных зонах коры. К коре (в прецентральную извилину) он поступает через подкорковые ганглии.

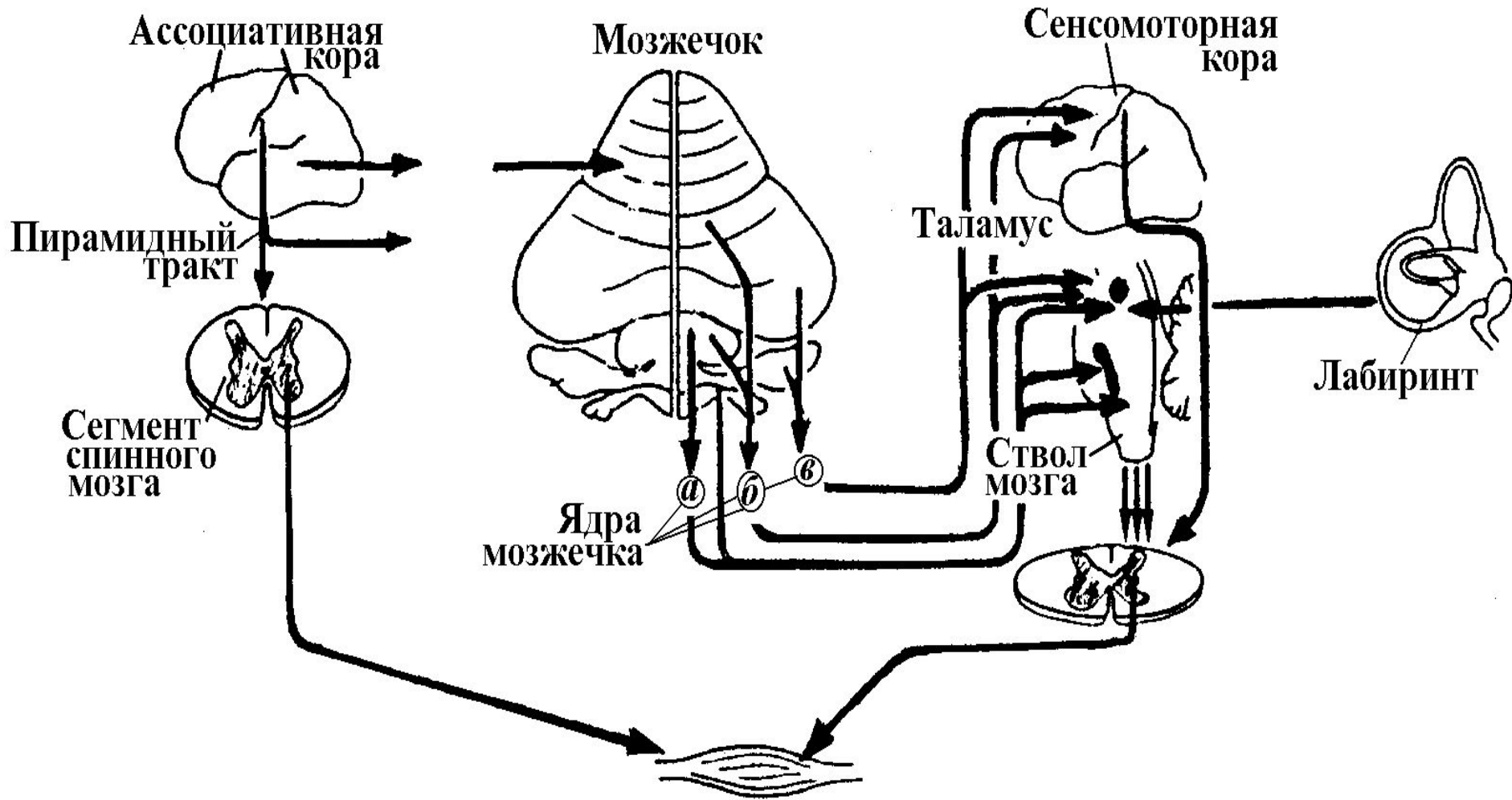
Обучение

- * Кроме того, полосатое тело совместно с мозжечком участвует в запоминании *двигательных программ при обучении*. В результате многократных повторений движения становятся до такой степени непроизвольными, что роль корковых моторных центров в организации их выполнения сводится к минимуму.
- * Это обеспечивает, так называемый, ***динамический стереотип*** движений.

Многоуровневость центров, регуляции движений

- * В реализацию программы будущего движения включаются все этажи моторных центров ЦНС, начиная от двигательной области коры больших полушарий до мотонейронов спинного мозга (рис. выше). Чем сложнее движение, тем больше моторных центров его организуют.
- * Таким образом, система регуляции движений, как правило, является многоуровневой.
- * Между различными отделами нервной системы существуют **циклические** взаимодействия, в образовании которых принимают участие не только двусторонние межцентральные связи, но и обратная афферентация от различных рецепторов.

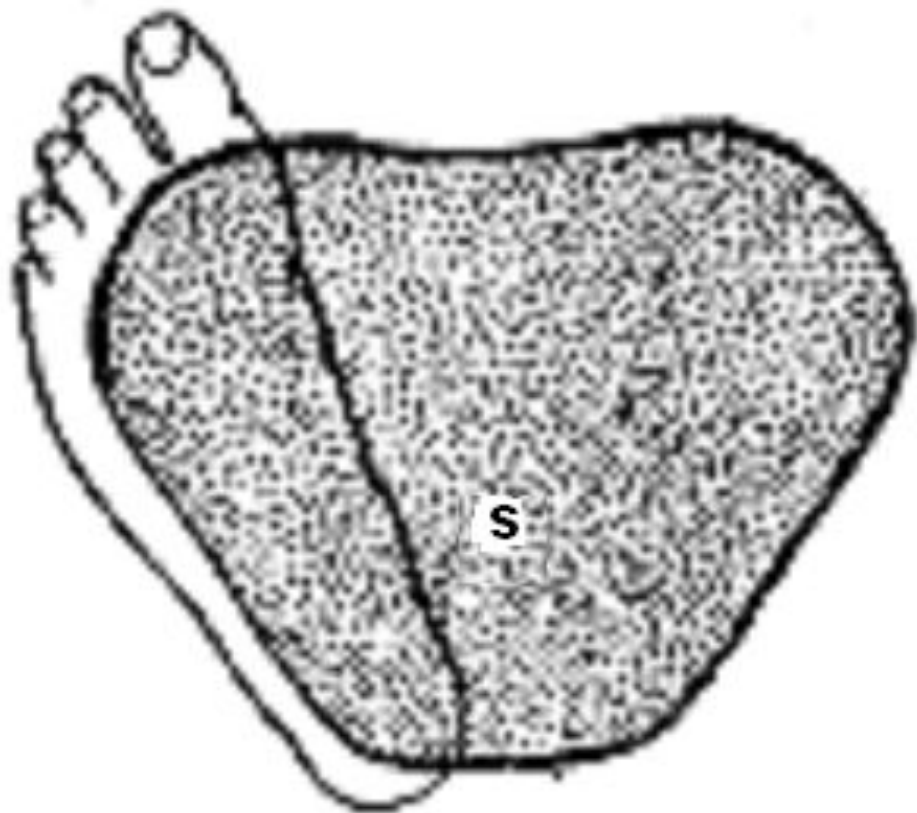
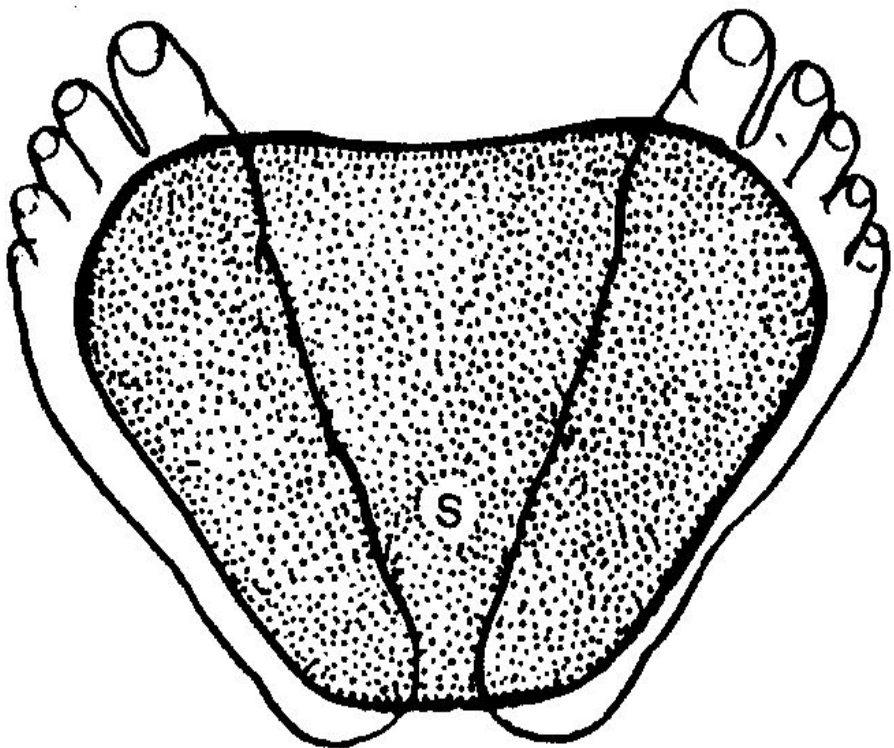
Взаимодействие различных отделов моторной системы ЦНС



Иерархичность взаимодействия моторных центров

- * **Между отдельными этажами, отдельными центрами возникают сложные, иерархические взаимодействия. К примеру, при выполнении сложных движений, если в этом есть необходимость, в программу включаются уже готовые блоки рефлексов нижележащих отделов ЦНС. И под влиянием вышележащих центров эти рефлекссы могут усиливаться, а в ряде случаев, напротив, должны ослабляться.**

Проекция центра тяжести стоя на двух и одной ноге

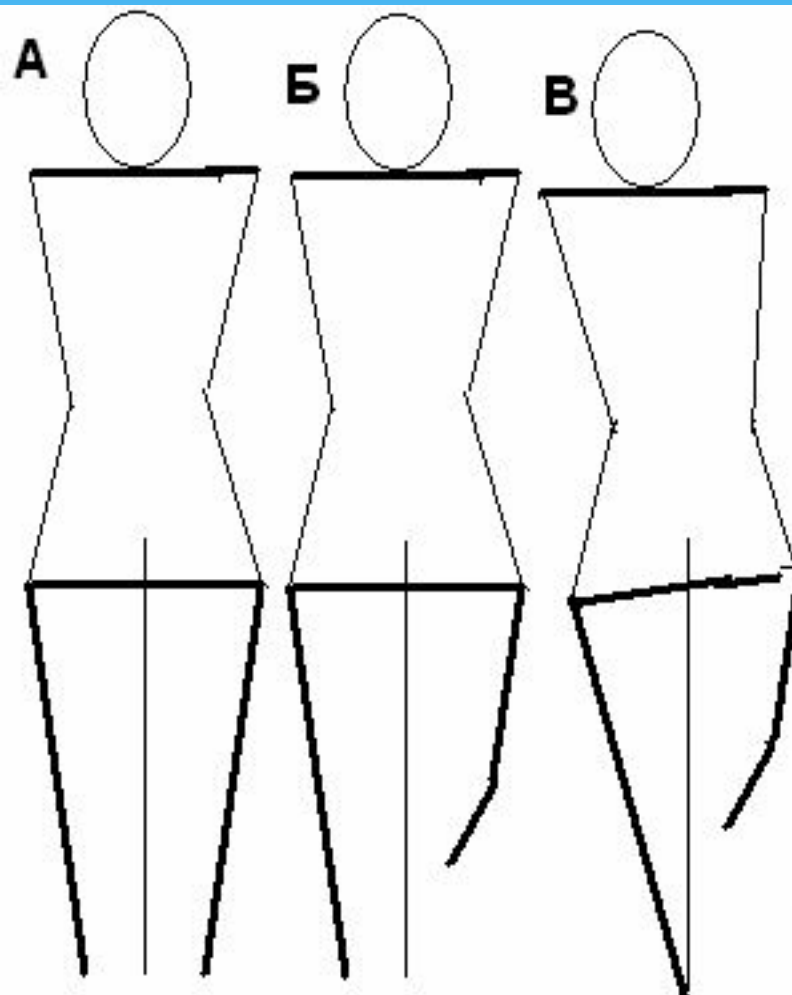


Центр тяжести и сохранение позы

* А – исходное состояние (вертикаль центра тяжести проходит между точками опоры – две стопы).

* Б – при поднятии одной ноги создается ситуация для падения (одна стопа).

* В – поэтому смещение таза обеспечивает возвращение к условиям, когда проекция центра тяжести вновь проходит между конечными звеньями точки опоры (одна стопа).



- * С первых дней жизни формирование двигательной системы у человека идет под влиянием поля гравитации Земли. Действие этих сил должно учитываться и при совершении целенаправленных движений: часть мышц должна выполнять вспомогательную функцию, движения их направлены на поддержание позы.
- * Для человека это тем более актуально, что он перешел на вертикальное передвижение с помощью двух ног. В результате значительно уменьшилась *площадь опоры* и существенно возросла возможность падения, так как тело устойчиво тогда, когда вертикаль из центра тяжести проходит через площадь опоры, ограниченную латеральными отделами стоп (рис. выше). Если вертикаль минует ее, то человек падает.
- * Антигравитационные движения реализуются через тонические рефлексy ствола мозга.

Поза

- * **Позу необходимо поддерживать как в состоянии неподвижности, так и при выполнении каких-либо движений, перемещающих отдельные сегменты тела. В процессе выполнения движений в связи с изменением расположения центра тяжести тела из-за перемещения отдельных его частей относительно площади опоры возникают условия для потери равновесия.**
- * **Регуляция позы тела обычно происходит без участия нашего сознания, автоматически подключаются центры ствола, без участия коры больших полушарий.**

Поддержание позы при движениях

- * Включаются все необходимые установочные рефлексы **ствола** (лабиринтные, выпрямительные, статокинетические), которые в зависимости от конкретных условий перераспределяют тонус различных мышечных групп (сгибателей и разгибателей).
- * Но правильное распределение тонуса при сложных движениях невозможно без участия мозжечка, базальных ядер и коры больших полушарий.
- * Непосредственное отношение к выбору соответствующей позы при осуществлении произвольных движений имеют и малые пирамидные клетки моторной зоны коры больших полушарий. От них отходят тонические нервные импульсы, достигающие центров ствола и спинного мозга через посредство пирамидных и экстрапирамидных путей.

Центры, тракты и афференты для двигательных функций поддержания позы

двигательная кора

