

**НАУКА
ОБ УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЕМ
MOTOR CONTROL**

Канд. биол. наук, Андреева Альбина Маратовна

**НАУКА О ДВИЖЕНИИ
ИСТОРИЧЕСКИЕ ВЕХИ**

René Descartes



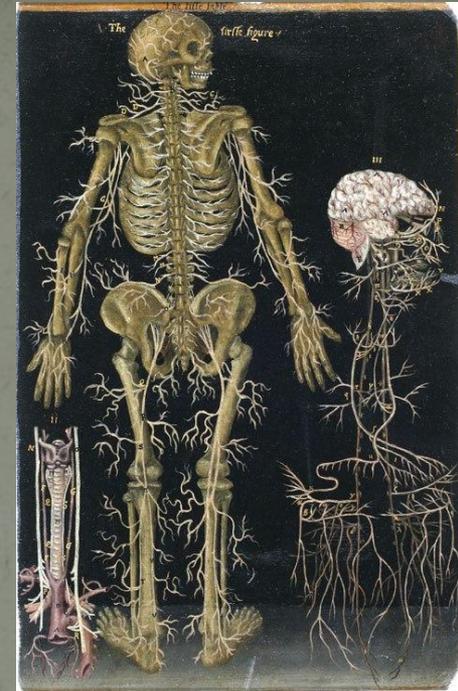
Рене Декарт
(1596 – 1650)

Рефлекс

стимул - реакция

<stimulus – reaction>

часто обозначают S-R



Представление ЦНС
XVI век

ЧТО МОЖНО ПРОЧЕСТЬ

DESCARTES. THE DESCRIPTION OF THE HUMAN BODY
Translation © George MacDonald Ross, 1975–1999

<http://www.philosophy.leeds.ac.uk/GMR/hmp/texts/modern/descartes/body/body.html>

Hermann von Helmholtz



впервые измерил скорость проведения сигнала по нерву.
До этого считалось, что сигналы по нерву передаются
бесконечно быстро

ввел понятие об эфферентной копии моторной команды

Герман Людвиг Фердинанд фон Гельмгольц
(1821—1894) — немецкий физик, врач,
физиолог и психолог

ЧТО МОЖНО ПРОЧЕСТЬ

<http://en.wikipedia.org/wiki/Helmholtz>

Sir Charles Scott Sherrington



Развил представления об интегративной деятельности ЦНС и роли рефлексов в этой деятельности

Чарльз Шеррингтон (1857 - 1952) — британский учёный в области физиологии и нейробиологии

ЧТО МОЖНО ПРОЧЕСТЬ

http://en.wikipedia.org/wiki/Sir_Charles_Scott_Sherrington

R. Woodworth



Стимул - реакция...
стимул – организм - реакция

Концепция динамической психологии
("Dynamic Psychology»)

Роберт Вудвортс (1869—1962) - американский психолог, один из создателей функциональной психологии

что можно прочесть

http://wiki.myword.ru/index.php/Вудвортс_Роберт_Сессион
сВудвортс Р. Экспериментальная психология : сокр. пер. с англ. / Ред. Г. К. Гуртового и М. Г. Ярошевского. Вступ. ст. М. Г. Ярошевского. М.: Иностр. лит., 1950. 798 с.

Karl Lashley



Развил представления о способах внутреннего представления (внутренней репрезентации) последовательности действий (серии действий)

< internal representation >

серийная организация движений

< serial movements; sequencing >

Карл Лэшли
(1890 - 1958)

— американский психолог и физиолог, специалист в области поведенческой психологии и нейропсихологии.

ЧТО МОЖНО ПРОЧЕСТЬ

http://en.wikipedia.org/wiki/Karl_Lashley

Иван Михайлович Сеченов (1829 - 1905)

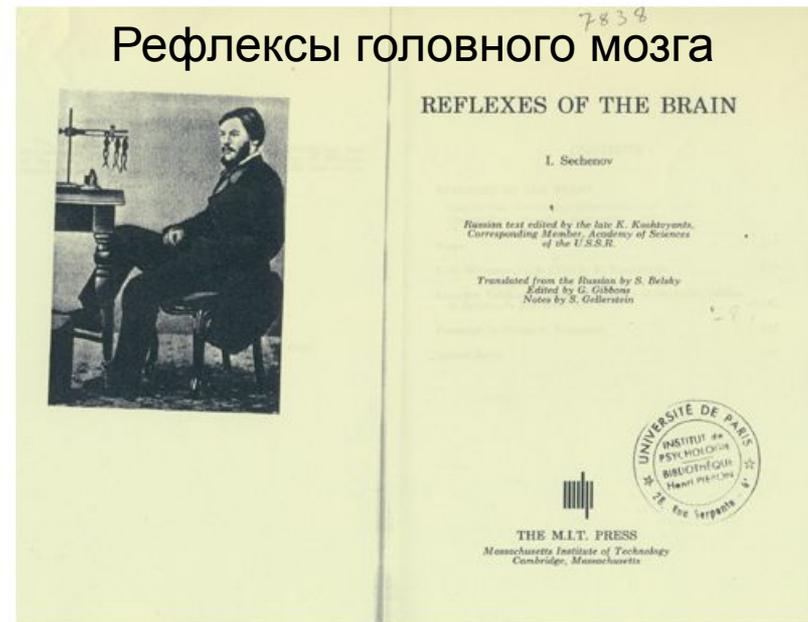


Figure 9: Sechenov (1829-1905) and the frontispiece of his fundamental publication, *Reflexes of the Brain*. English translation from the Russian, S. Belsky (MIT, 1965).

Основатель электрофизиологии. Показал, что существует связь между процессами в мозге и электрическими токами

Открыл центральное торможение спинальных рефлексов

ЧТО МОЖНО ПРОЧЕСТЬ

http://ru.wikipedia.org/wiki/Сеченов,_Иван_Михайлович

Иван Петрович Павлов
(1849 - 1936)

Условный рефлекс

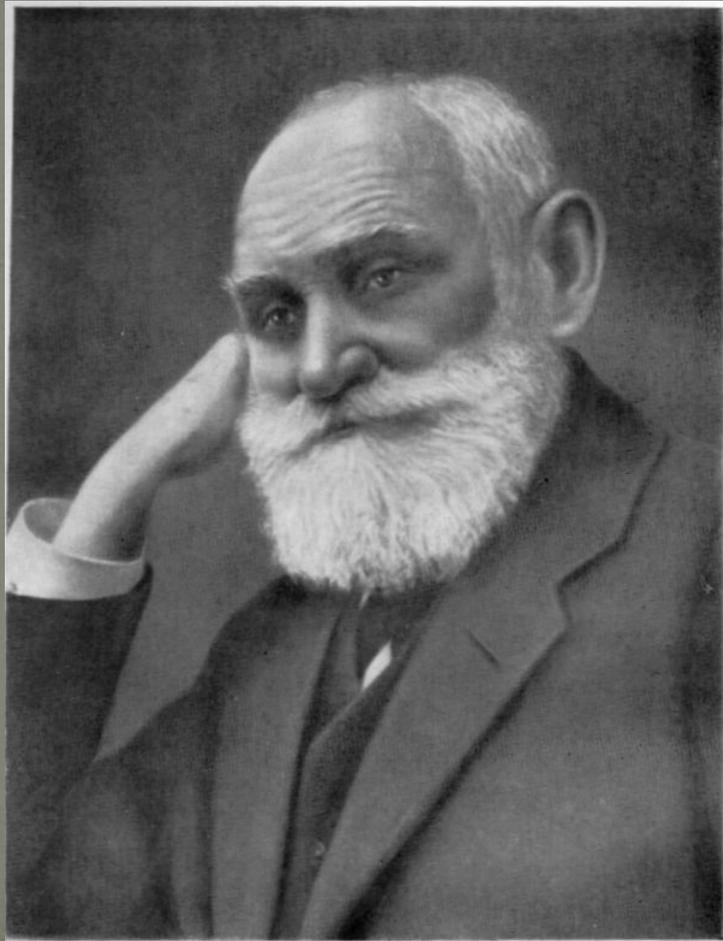
< classical conditioning; Pavlovian conditioning >



ЧТО МОЖНО ПРОЧЕСТЬ

http://en.wikipedia.org/wiki/Classical_conditioning

Научная концепция условного рефлекса впервые была экспериментально обоснована И.П. Павловым



Доклад И.П. Павлова на XIV Международном медицинском конгрессе (Мадрид, 1903) назывался "Экспериментальная психология и психопатология на животных". В нем впервые употреблялись термины "**безусловный рефлекс**" и "**условный рефлекс**", а также высказывались предположения о механизме образования условных рефлексов и их биологической роли в поведенческой деятельности организма.

Павловская метафора телефонной станции



Николай Александрович Бернштейн
(1896 - 1966)



Основатель биомеханики и автор термина "биомеханика"

Впервые поставил проблему управляемости
при наличии избыточных степеней свободы

Теория построения движений.
Физиология активности.

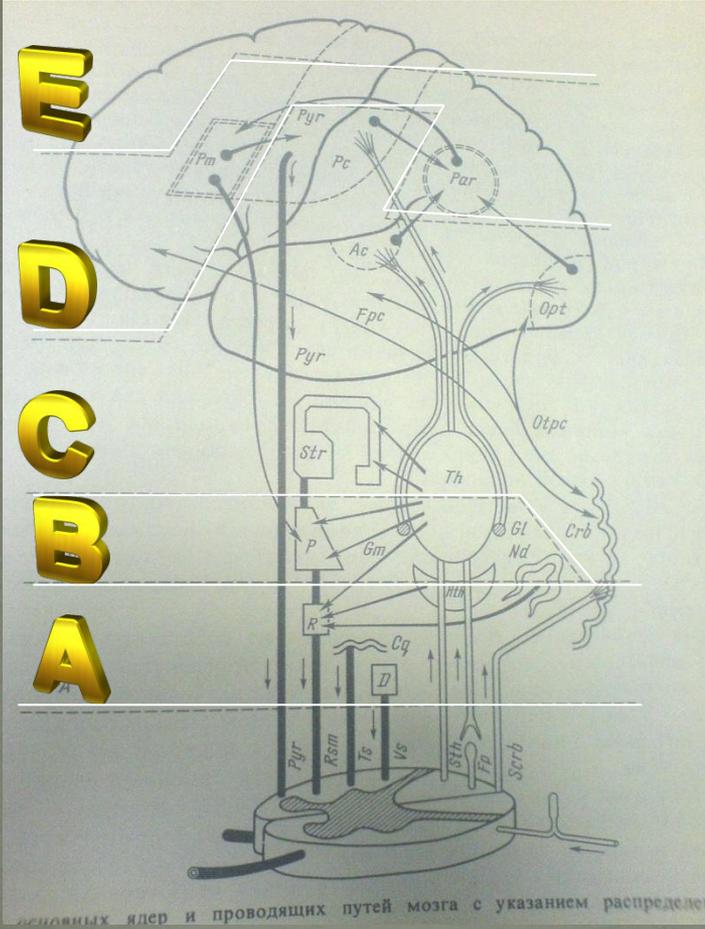
<mechanical degrees of freedom; biomechanics ; 'Bernstein's problem'>

что можно прочесть

Н.А.Бернштейн. О построении движений. 1947

Уровни управления движениями по Н.А.Бернштейну

Е
Д
С
В
А



N. Bernstein

Характеристика уровней построения движений по Н.А. Бернштейну

| Обозначение уровня | Название уровня | Анатомический субстрат | Основные функции |
|--|------------------------|--|--|
| А Уровень тонуса | рубро – спинальный | Спинальный мозг + часть проводящих путей, группа красного ядра, область гипоталамуса, ядро Дейтерса, мозжечок, центральная часть ВНС | Регулировка тонуса мышц, субординация хроноксий, спинальные и тонические рефлексy, сенсорные коррекции |
| В Уровень синергий | таламо – паллидарный | Зрительные бугры, паллидум (бледное ядро) | Согласование работы мышц-антагонистов и синергистов, налаженность движений во времени - ритмичность, штампы (его движения стереотипны за счет того, что сам уровень совсем не стереотипен, он выполняет огромную черновую работу для уровня С) |
| С Уровень пространственного поля | Пирамидно - стриальный | С1-стриатум (полосатое тело)=низ (ЭДС) С2-пирамидный=верх (ПДС) | Перемещение тела в пространстве, временная и силовая организация движений; целевая меткость |
| Д Уровень предметных действий | Теменно - премоторный | Нижние отделы теменной доли (смысловая структура двигательного акта); Премоторная зона (двигательный состав действия) | Пространственная и временная последовательность движений!антицепация!перешифровки (разверстка по фоновым уровням), восприятие пространства |
| Е | Высший кортикальный | Координационная группа (комплекс уровней) | Управление высшими символическими координациями (речь, письмо и т.п.); Уровни построения движений, связанные с корой неявины, переходящи! |

И.П. Павлов

Н.А. Бернштейн

«Рефлекторная дуга»

«Рефлекторное кольцо»

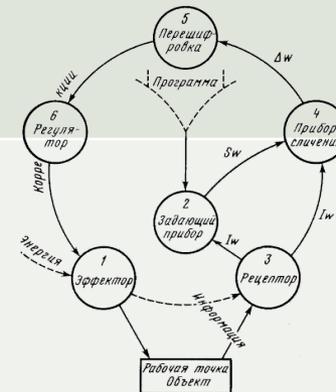
Последовательность
предопределенных
действий

«Живое» взаимодействие
нервной системы и внешней
среды

Метафора
центральная телефонная
станция

Метафора
сервомеханизм, компьютер

S-R



**«Павловская сессия»
Сессия ВАСХНИЛ в июле-августе 1948г.**

Широкая идеологическая кампания против «реакционной» и «идеалистической» науки

Триумф обрушившегося на генетиков
Трофима Лысенко, лично поддерживаемого
Сталиным

Бернштейн, один из наиболее откровенных
оппонентов теории условных рефлексов,
был обвинен в «идеализме»... уволен со всех
должностей и не имел возможностей
проводить исследования и публиковаться...

William Ashby



Вильям Эшби (1903 - 1972) -
английский психиатр,
специалист по кибернетике

введение понятия
«самоорганизующаяся система»

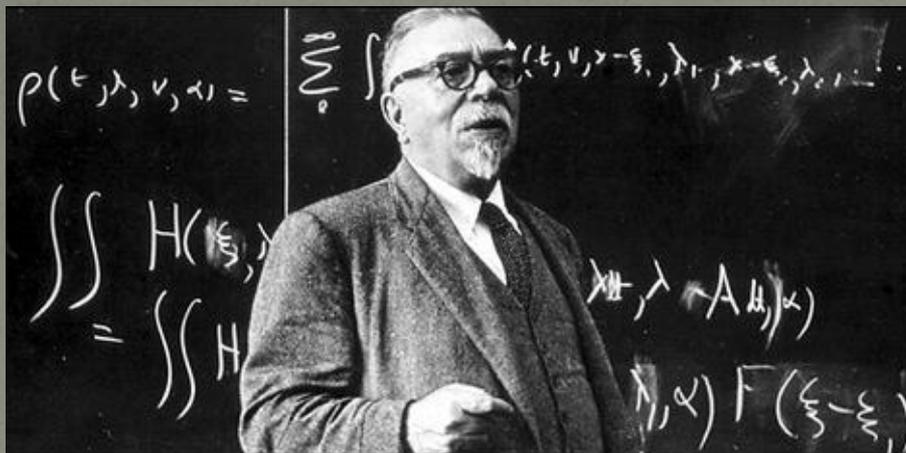
Самоорганизация — процесс
упорядочения элементов
одного уровня в системе за
счёт внутренних факторов, без
внешнего специфического
воздействия.

Гипотеза о упорядочении в системе за счёт
её внутренней динамики высказывалась
еще философом Р. Декартом

что можно прочесть

http://ru.wikipedia.org/wiki/Эшби,_Уильям

Norbert Wiener



Норберт Винер (1894 - 1964) - американский учёный, выдающийся математик и философ

Отец кибернетики

что можно прочесть

http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%E8%ED%E5%F0,%_%CD%EE%F0%E1%E5%F0%F

Петр Кузьмич Анохин

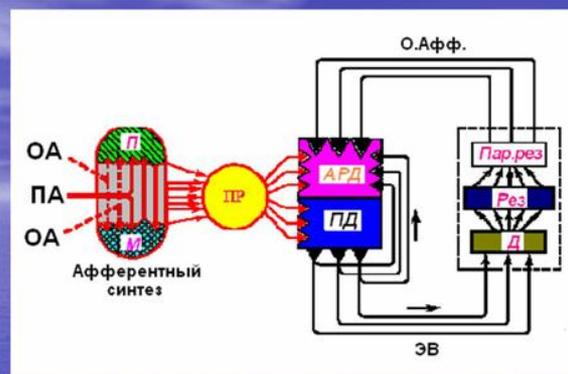


концепция обратной связи
теория функциональных систем

< feedback; feedforward >



Анохин П.К.
1898 - 1974



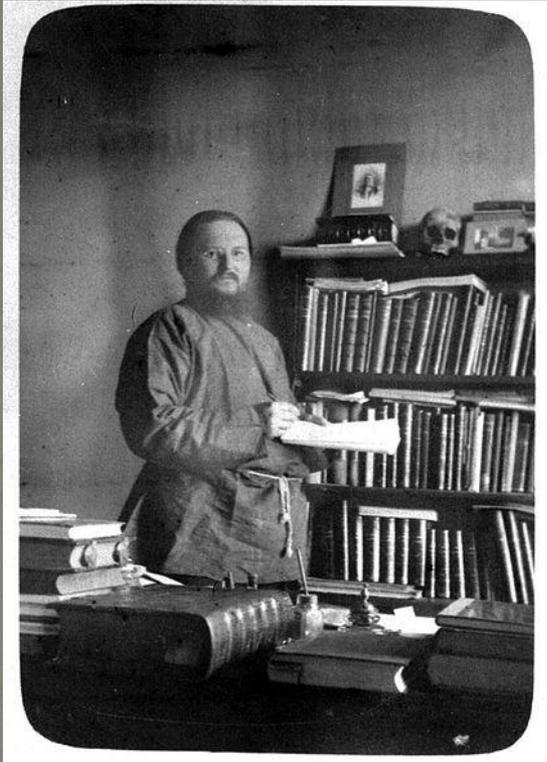
Принципиальная схема функциональной системы (по Анохину, 1968).

М – доминирующая мотивация; **П** – память **ОА** – обстановочная афферентация; **ПА** – пусковая афферентация; **ПР** – принятие решения **ПД** – программа действия; **АРД** – акцептор результатов действия; **ЭВ** – эфферентное возбуждение; **Д** – действие; **Рез.** – результат, **Пар. рез.** – параметры результата; **О. Афф.** – обратная афферентация.

что можно прочесть

http://ru.wikipedia.org/wiki/Анохин,_Пётр_Кузьмич

Алексей Алексеевич Ухтомский (1875 — 1942)



Согласно Ухтомскому, доминанта — временно господствующий очаг возбуждения в центральной нервной системе, создающий скрытую готовность организма к определенной деятельности при одновременном торможении других рефлекторных актов.

Ухтомский владел семью языками, разбирался в богословии, философии, политэкономии, архитектуре, был живописцем и иконописцем, играл на скрипке, являлся иеромонахом в миру, делегатом Поместного Собора Русской православной церкви в 1917—1918...

**НАУКА О ДВИЖЕНИИ
СОВРЕМЕННОСТЬ**

Сенсомоторная интеграция

Сколько чувств у человека?

Пять — те, что всем нам известны, то есть зрение, слух, вкус, обоняние и осязание?

Существуют также:

- ✓ чувство боли (ноцицепция),
- ✓ чувство тепла (термоцепция),
- ✓ чувство равновесия (эквивибриоцепция),
- ✓ чувство движения (проприоцепция),
- ✓ чувство положения,
- ✓ чувство усилия (sense of effort),
- ✓ чувство опоры (sense of support),
- ✓ чувство нахождения внутри собственного тела (sense of embodiment),
- ✓ чувство контроля над своими действиями (sense of agency),
- ✓ ощущение границ, разделяющих мир на «я» и «не я»,
- ✓ и принадлежности частей тела

Фундаментальные задачи, решаемые мозгом

при управлении произвольными движениями

Планирование
движения

Формирование
траектории движения

Решение обратной
кинематической
задачи

Решение обратной
динамической задачи

Управление
мышечным усилием.

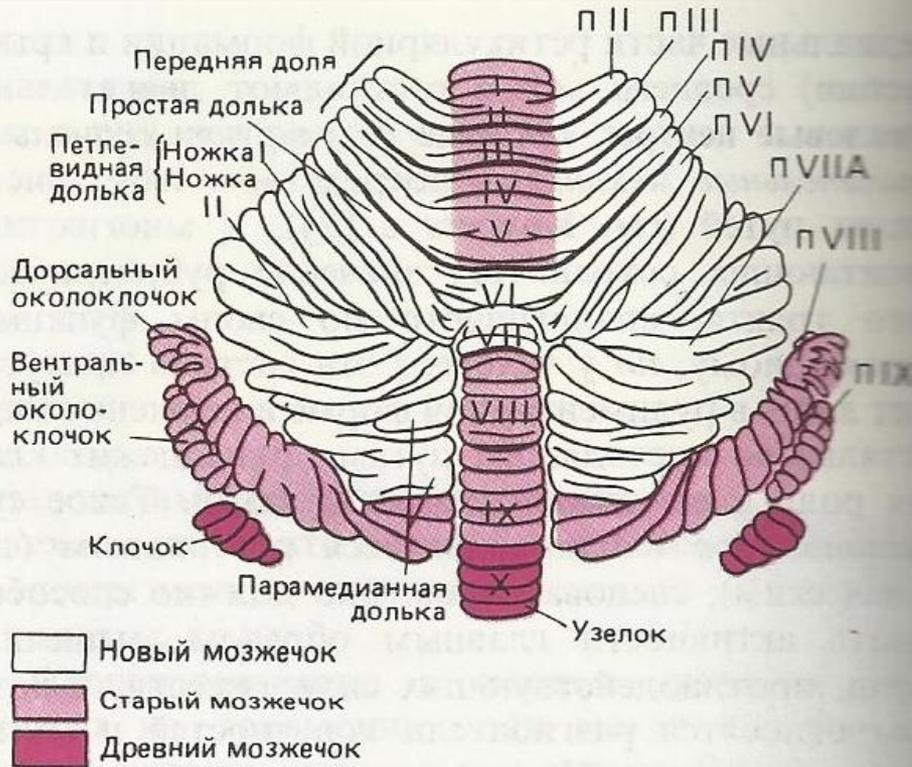
задача науки об управлении движением – объяснить
всю цепочку процессов от постановки цели до деталей выполнения движения

Современные научные школы:

- Теория равновесной точки
- Теория схем
- Теория оптимального управления
- Концепция внутренних моделей

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ
ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Мозжечок (предполагаемые функции)



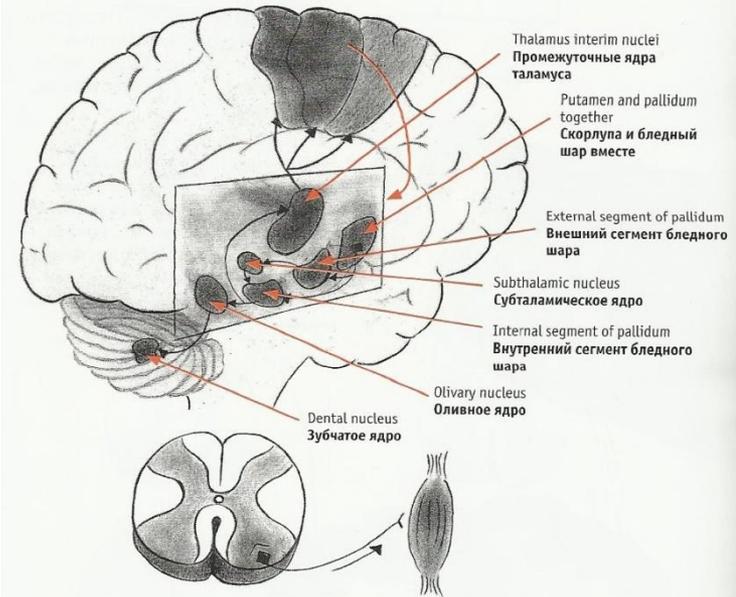
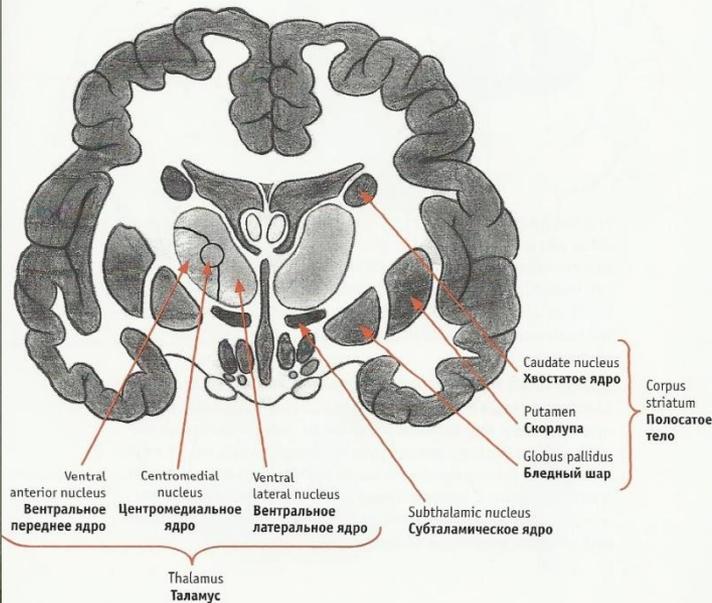
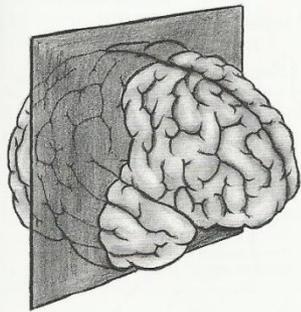
- анализ и предсказание пространственно-временных характеристик движения
- формирование оптимальных траекторий и осуществление движений, которые не могут подвергаться текущим коррекциям (метание в цель, стрельба)
- плавность, серийность движений
- регуляция мышечного тонуса и позы
- но.....не является непосредственно необходимым для совершения ни одного конкретного движения

Рис. 5.16. Схема областей коры мозжечка приматов (обезьяны). Передняя доля «открыта» и представлена в той же плоскости, что и задняя. Доли обозначены римскими цифрами (I-IX), а соответствующие части полушарий - символами П II-П IX. Филогенетическое подразделение мозжечка показано белым, розовым и красным цветом. У коры характерная складчатая структура, образованная множеством листков [10]

Базальные ганглии

The basal ganglia (corpus striatum) are the most important formation for precise organisation, planning and initiation of motor programmes. These nuclei are in close cooperation with other structures such as; subthalamic nuclei, interim nuclei of the thalamus, and the substantia nigra.

Базальные ганглии (полосатое тело) — наиболее важное образование для четкой организации, планирования и торможения двигательных программ. Эти ядра тесно взаимодействуют с другими структурами, например субталамическими и промежуточными ядрами таламуса и черным веществом.



Practically all cortical areas send impulses to the nuclei of caudatus and putamen. From the putamen impulses are distributed to internal and external segments of the pallidum and involved sub thalamic nuclei. From the internal segments of the pallidum impulses are directed to the ventral and central interim nuclei of the thalamus and then mostly return to the supplementary area of the motor cortex.

Практически все области коры посылают импульсы к ядрам хвостатого ядра и скорлупы. От скорлупы импульсы направляются к внутренним и внешним сегментам бледного шара и связанным с ними субталамическим ядрам. От внутренних сегментов бледного шара импульсы направляются к вентральным и центральным промежуточным ядрам таламуса, а затем возвращаются (в основном к дополнительной области моторной коры).

Базальные ганглии (предполагаемые функции)

- **Striatum (полосатое тело)**
Pallidum (бледный шар)
Субталамическое ядро
Substrata nigra (черная субстанция)

Предполагаемые функции:

инициация двигательных автоматизмов,

**хранение врожденных и приобретенных
моторных программ**

Кора больших полушарий

Лобная кора



- реакция организма на ситуацию – не действие, а **принятие решения о действии** (выбор альтернатив поведения)
 формирование **программы** действия (развернутое планирование, контроль и коррекция)

Кора больших полушарий

Заднеассоциативные отделы



- синтез афферентной информации, зрительное внимание, пространственная оценка объектов, интегративная **зрительно – пространственная деятельность**

Кора больших полушарий

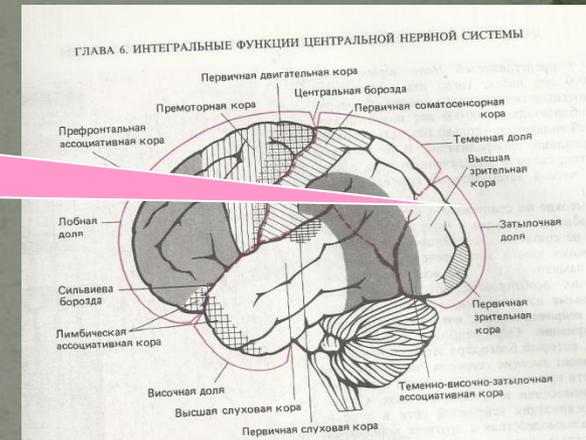
Теменная кора



- управление **позой**,
внутренняя **схема тела** (обобщенная
внутренняя модель тела, включающая
чувствительность его отдельных частей и
их взаиморасположение)

Кора больших полушарий

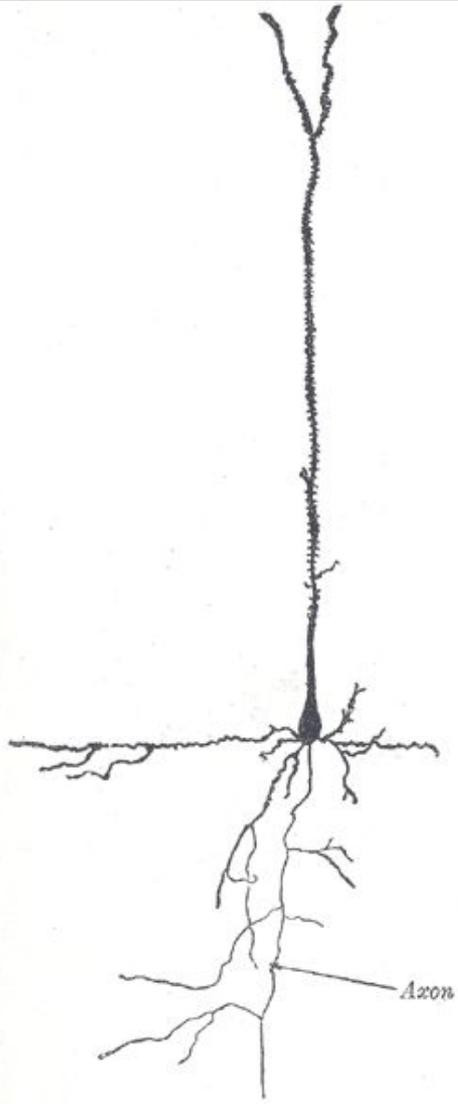
Зрительная кора



- роль в реализации и **коррекции** движений

Кора больших полушарий

Моторная кора



- Клетки Беца - одни из самых больших нейронов ЦНС, их диаметр достигает 100 мкм. Впервые эти нейроны были описаны Владимиром Алексеевичем Бецем в 1874 году. Аксоны клеток Беца направлены вниз, к спинному мозгу. У людей они образуют синапсы с клетками переднего рога спинного мозга, которые в свою очередь соединяются с мускулами тела.

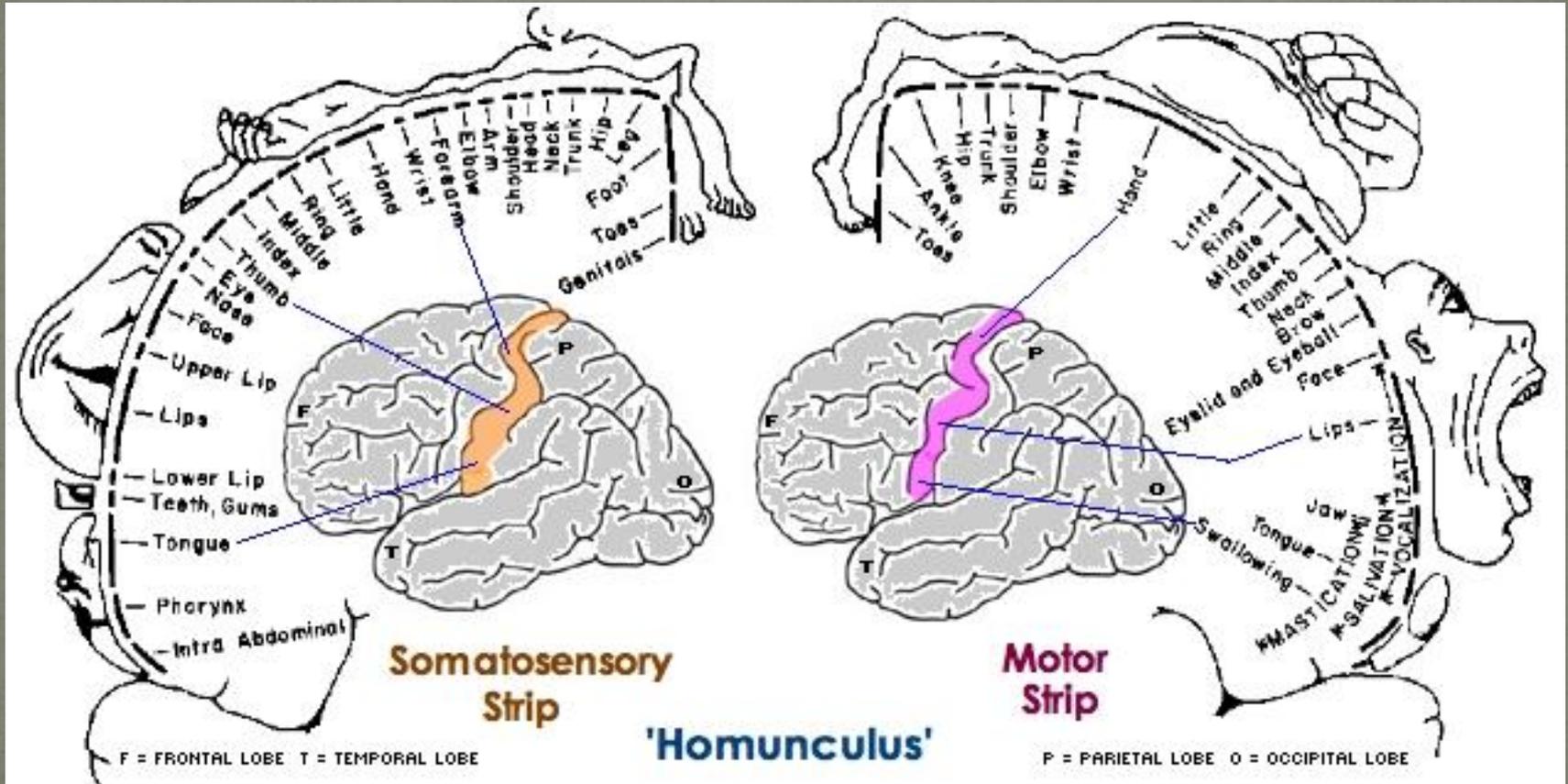
Кора больших полушарий

Моторная кора



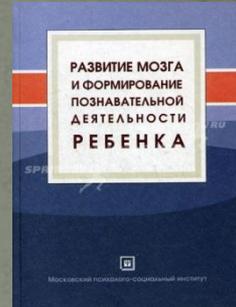
- торможение спинальных рефлекторных влияний, нарушающих эффективность выполнения движения, контроль силы и направления движения, освоение **нового** движения, является лишь частью общей структуры регуляции движений
- организована по **соматотопическому** принципу (см. далее)

Кора больших полушарий. Гомункулус



Современные представления об управляющей системе мозга

- это система слабо связанных автоматов, работающих как иерархическая **параметрическая** система управления; ГМ является одновременно и **управляющей** и **управляемой** системой;
- представления о «**генераторе паттернов**»;
- наряду с жесткими программами существуют и гибкие;
- нет единства в вопросе о природе **механизма коррекции**;
- функциональная организация действия предшествует его реализации;
- программа действия** – набор центральных механизмов, обеспечивающих взаимодействие локальных блоков на основе внутреннего представления о требуемом движении;
- программирование всего двигательного акта – это процесс распределенный в НС;
- понятие **системы внутреннего представления** и схемы тела;
- в моторной системе корковые механизмы являются основным компонентом высших уровней иерархической системы движения



**МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ХАРАКТЕР
НАУКИ ОБ УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЕМ**

- Управление движением
- Биомеханика

- Биокибернетика

- Моделирование

- Педагогика
- спорта

- Физиология

- Нейро-
- когнитивная наука

ПЕДАГОГИКА СПОРТА

ациклические
двигательные
Координационные способности
действия,
нелокомоторные
движения

Общие

Физические
качества

Волевые

Интеллектуальные

Специальные

тела в пространстве,
движения
манипулирования в
пространстве
отдельных частей
тела,
баллистические
двигательные
действия и др

Специфические



7 способностей
См. далее

- реакция
 - в элементарных движениях
 - в комплексных движениях

- равновесие
 - динамическое
 - статическое
- статокинетическая устойчивость
- уравновешивание предметов

- кинестезическое дифференцирование
- силовые

- временные

- пространственные

- воспроизведение
- дифференцирование
- оценка
- отмеривание

- ритм
- изменение

- воспроизведение

- в элементарных движениях (кистевые)
- в комплексных движениях (локомоции)

- согласование движений
- последовательных

- скоростно-силовых

- ориентирование в пространстве
 - основанное на зрительном восприятии окружающих предметов
- в безопорном положении, основанное на мышечной чувствительности

- перестроение двигательных действий
- в циклических локомоциях
- в ациклических движениях
- в спортивно - игровой деятельности

- непривычные, но заранее известные
- непривычные при дефиците времени
- вероятностные (стохастические)

Виды спорта

Важнейшие специфические координационные способности (1980гг.)

Баскетбол

Способности к реакции, ориентированию, дифференцированию, связи, комбинированию

Волейбол

Способности к реакции, связи, кинестезическому дифференцированию и ориентированию

Футбол

Способности к реакции, связи, кинестезическому дифференцированию («чувство мяча») и ориентированию, предвидению, ориентированию, перестроению,

Теннис

Способности к кинестезическому дифференцированию, ритму, ориентированию, реакции, перестроению, соединению, равновесию

Настольный теннис

Способности к кинестезическому дифференцированию, реакции и предвидению

Фехтование

Способности к перестроению, ориентированию, реакции, предвидению, «чувство дистанции»

Дзюдо

Способности к связи и перестроению, кинестезическому дифференцированию, равновесию, реакции, ориентированию

Плавание

Способности к связи, кинестезическому дифференцированию и ритму, равновесию, ориентированию

Художественная гимнастика

Способности к ритму, ориентированию, равновесию, расслаблению мышц, комбинированию, хореографические способности

Фигурное катание

Общая координационная подготовленность, хореографические способности, способности к ритму, равновесию, дифференцированию мышечных усилий. КС в прыжках и беге

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ДВИЖЕНИЕМ**

Психофизиологическое тестирование

(элементарные движения)

Измерение времени реакции

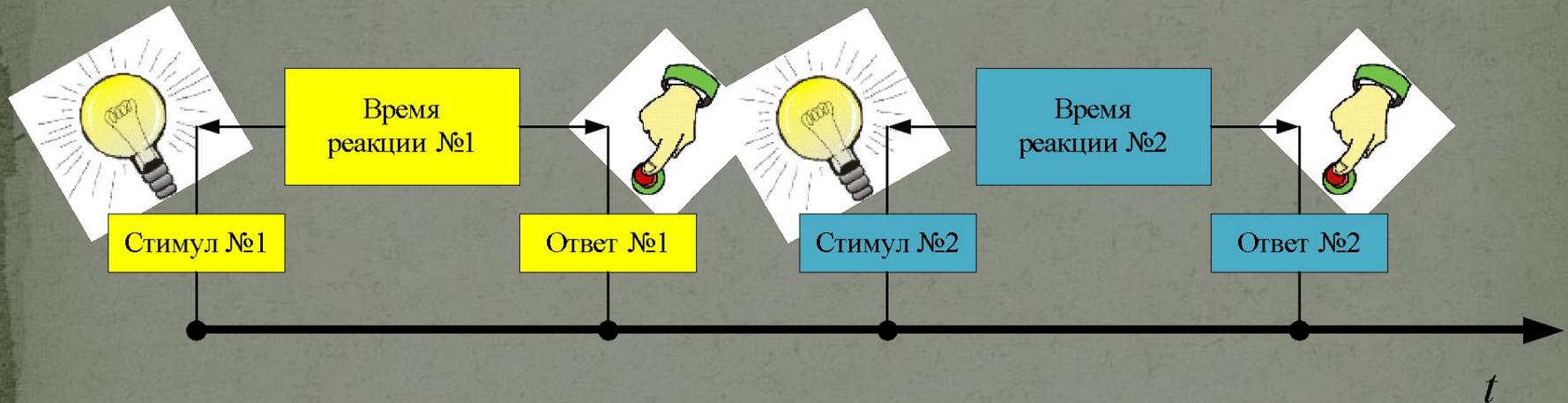
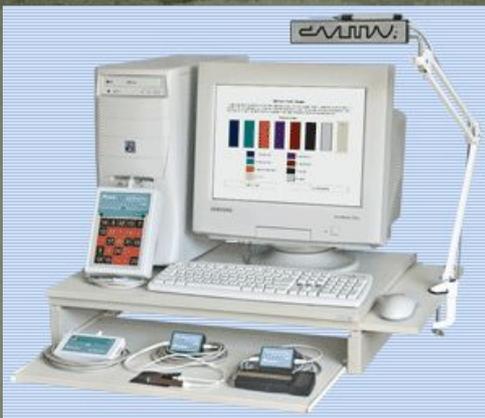


Схема отражает классический пример эксперимента по измерению времени реакции, в котором пробы отделены друг от друга значительным интервалом времени, позволяющим испытуемому подготовиться к появлению следующего стимула.

Время реакции

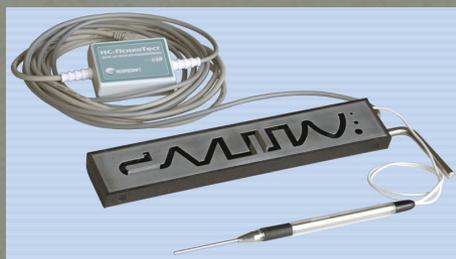
-интервал времени от момента поступления сигнала до ответной реакции человека;

-Время ПЗМР может изменяться в зависимости от любых факторов, оказывающих влияние на свойства и состояние ЦНС, как внешних (интенсивность раздражителя, его сенсорная модальность, межсигнальный интервал), так и внутренних (возраст, пол, профессиональные навыки, типологические особенности НС), а также от комбинации этих факторов.



Методика психофизиологического тестирования НС «Психотест» «Нейрософт»

Контактная и координационная треморометрия

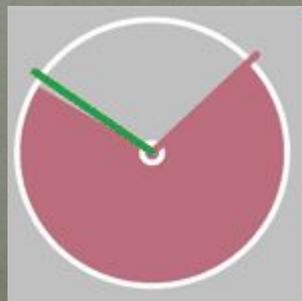


Простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР)



Таблица Шульте-Платонова

Реакция на движущийся объект (РДО)



Теппинг-тест

Реакция на движущийся объект

- Исследование генетических и средовых детерминант координационных способностей детей младшего школьного возраста Соколкиной В. А. (1991) указывают на то, что точность РДО - способность **малокомпенсируемая** (т.е. отсутствие необходимого уровня ее практически невосполнимо за счет других качеств), **консервативна** (решающий вклад в ее изменчивость вносит генотип) и **рекомендуется в качестве критерия для отбора в сложно – координационные виды спорта.**

Сенсомоторная синхронизация

- способность к выполнению движений синхронно с внешними событиями

Антиципация

- предвосхищение, предугадывание, представление о предмете или событии, возникающее до акта их восприятия, ожидание наступления события. Представление о результате того или иного процесса, возникающее до его реального достижения и служащее средством обратной связи при построении действия.

Психофизиологическое тестирование

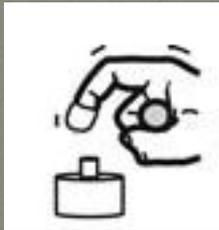
(механограмма)

Механограмма

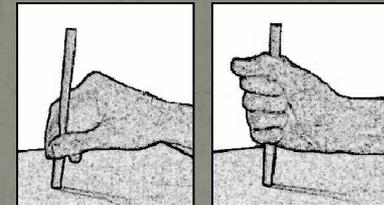
- **Механограмма** - запись на бумаге или другом носителе (в том числе – электронном) механических параметров движения (траектории, скорости, ускорения, развиваемой силы) с помощью различных датчиков:
- **резистивных** – регистрация изменения суставных углов при движении;
- **тензометрических** – измерение и регистрация силы, прилагаемой к тому или иному инструменту, или реакции опоры при ходьбе, беге, езде на велосипеде;
- **электронных** – позволяют одновременно с регистрацией перемещения получать запись скорости и ускорения.

Режим движения

Дискретные
движения

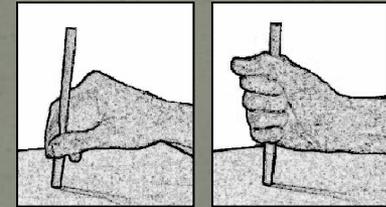


Циклические
движения



Существуют фундаментальные
различия в организации
циклических и дискретных
движений

Режим движения



Это два базовых класса целесообразной двигательной активности: дискретные серийные движения (прообраз работы с клавиатурой и другими кнопочными пультами управления) и непрерывные графические циклические движения (прообраз письма и рисования).

ГРАФИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

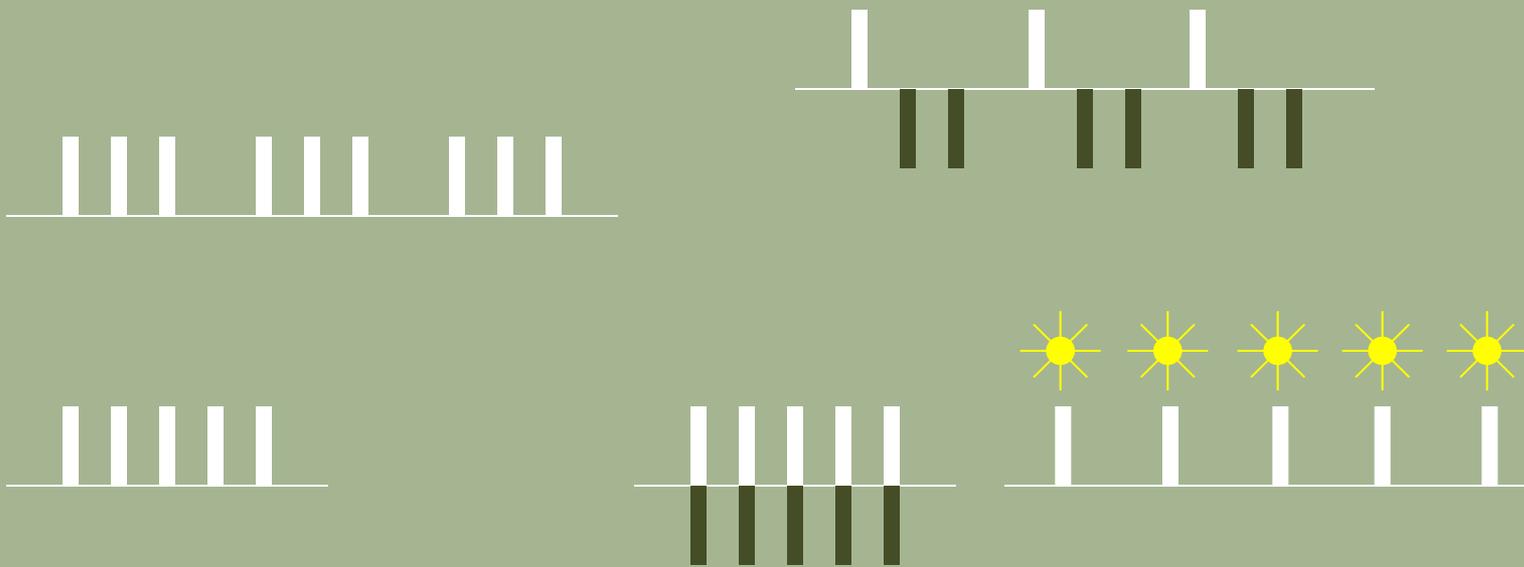
серийная сложность



координационная сложность

СЕРИЙНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

серийная сложность



координационная сложность

Закон Фиттса



$$MT = a + b \left[\log_2 \left(\frac{2A}{W} \right) \right]$$

MT – время движения,

A – амплитуда движения,

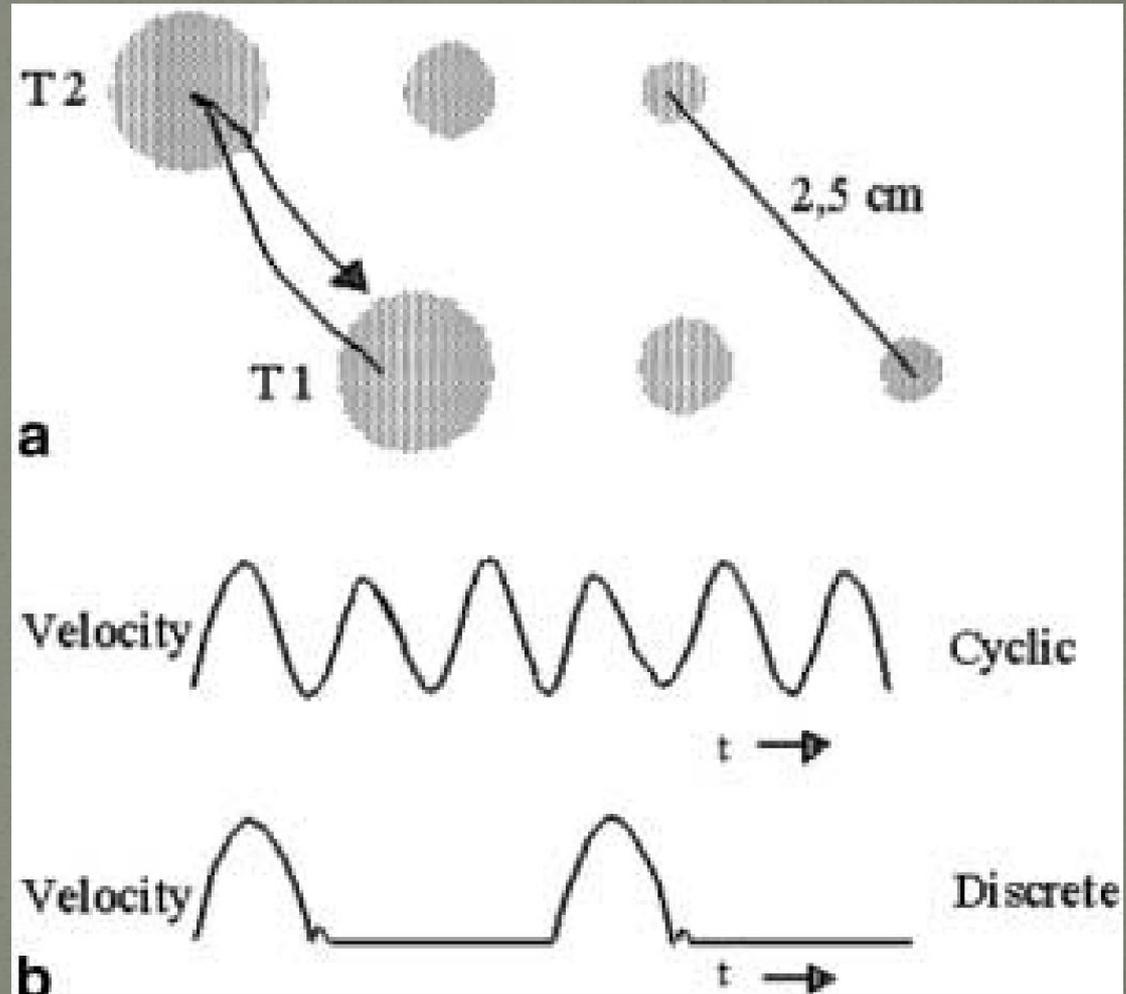
W – ширина цели.

Закон Фиттса

- Закон Фиттса описывает специфическую ситуацию – движение от стартовой точки до цели строго по прямой с высоким начальным ускорением.
- Закон описывает логарифмическую зависимость между амплитудой движения, шириной цели и временем выполнения движения.
- ...и выявляет феномен конфликта между параметрами скорости и точности движения
- (см.двигательная задача КИД-3)

Закон Фиттса

а. Расположение и типы мишеней.



б. Типичные примеры профилей скорости движения.

Психофизиологическое тестирование

(односуставные движения)

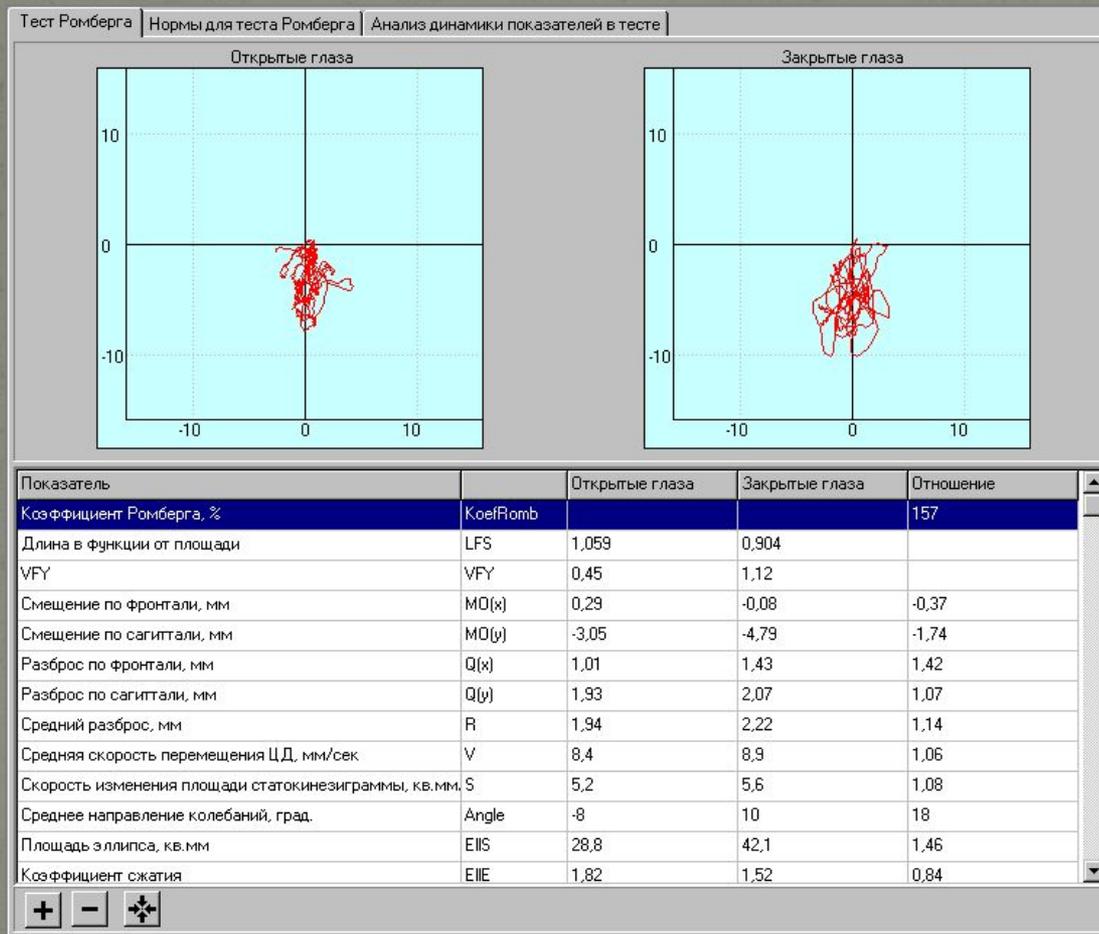
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- Методика «КИД-3» -
- контрольный измеритель движения

Стабилография



Стабилография (stabilis – устойчивый) – метод регистрации движения общего центра давления тела человека на плоскость платформы, имеющей встроенные тензометрические датчики



Стабилографическое исследование



«Стабилан – 01»

Некоторые показатели:

- V , мм/с – скорость ЦД,
- E_{lls} , кв.мм – площадь эллипса статокинезиграммы,
- LFS , 1/мм – длина кривой статокинезиграммы относительно площади



Электрoэнцефaлoгрaфия (ЭЭГ)

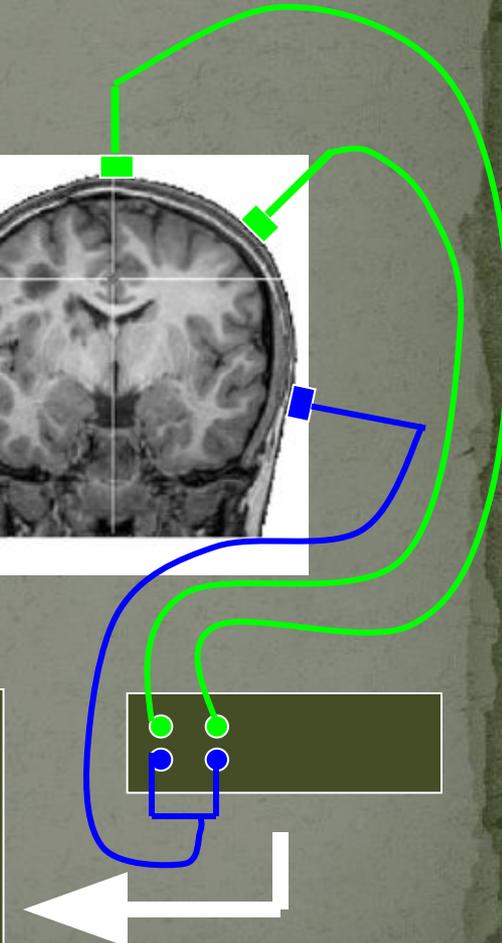
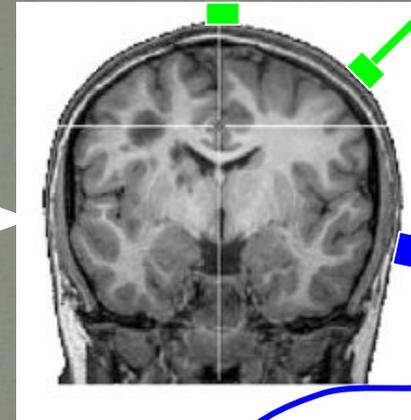
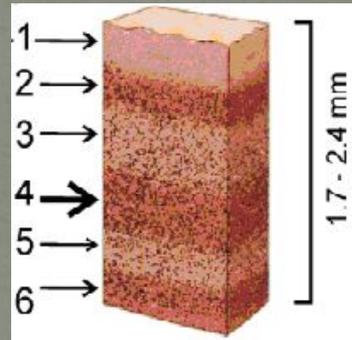
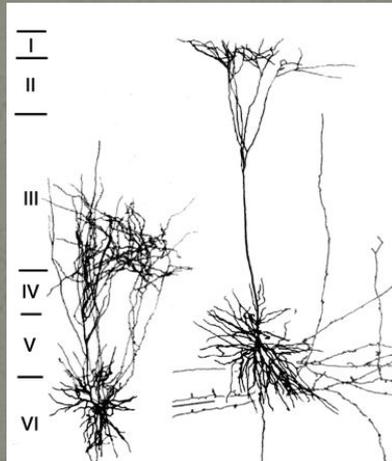


Электроэнцефалограмма

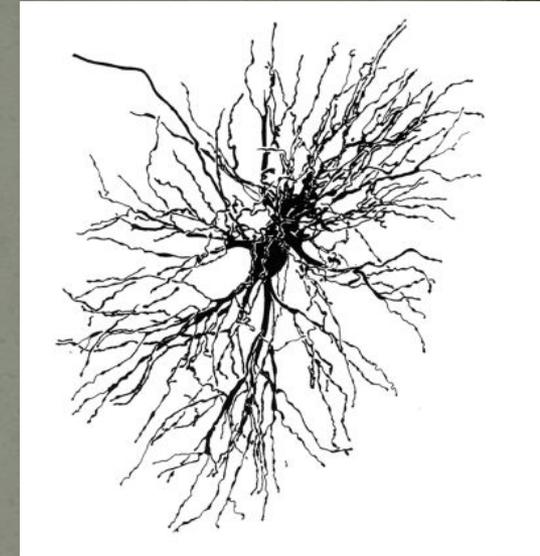
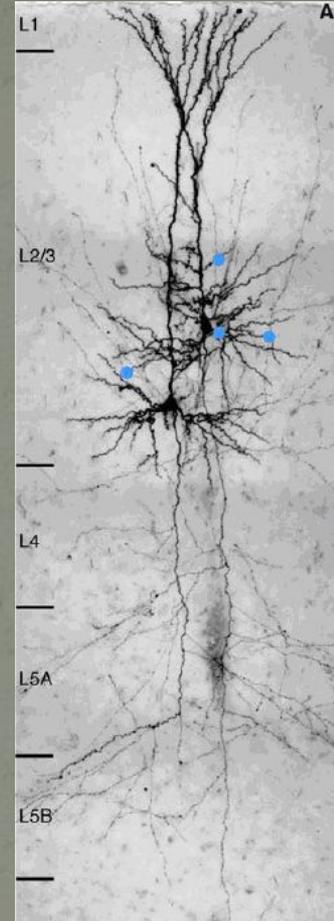
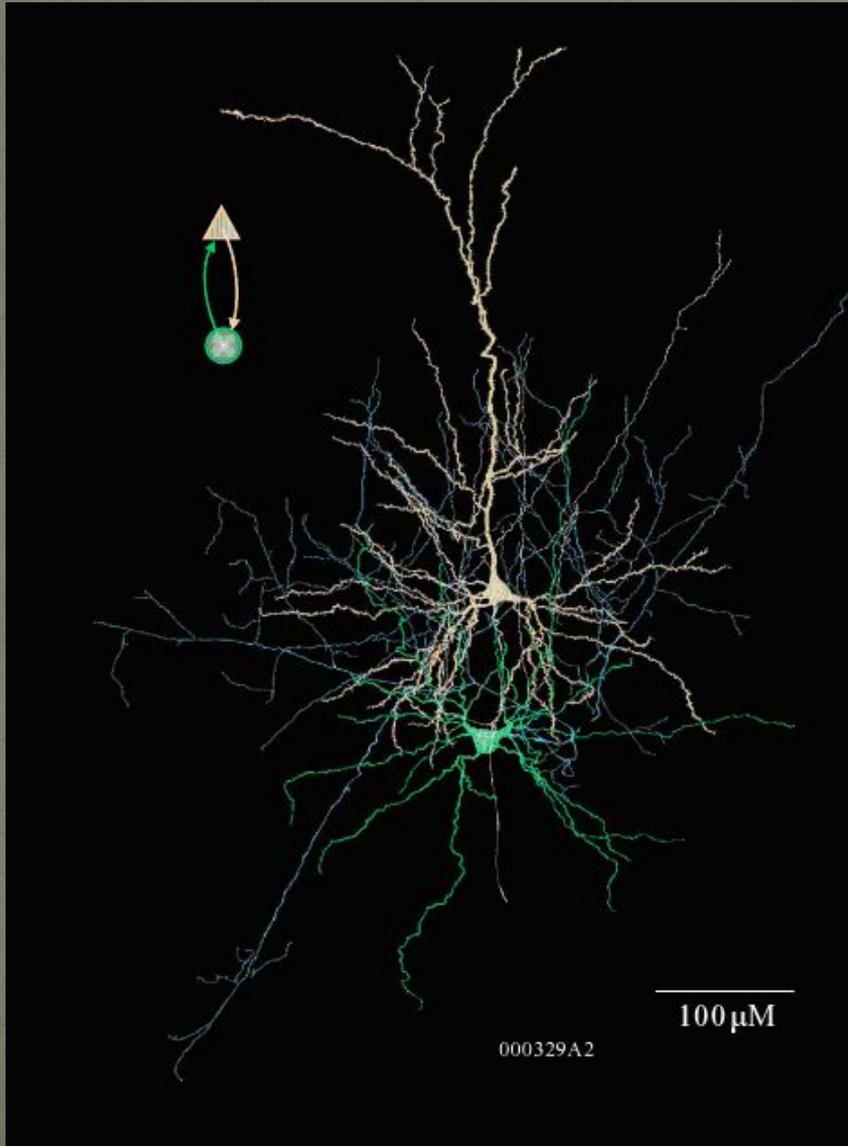
- – суммарная электрическая активность множества нейронов головного мозга, регистрируемая с поверхности головы.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЭЭГ

Будем выяснять, двигаясь от отдельного нейрона к электрическому сигналу, регистрируемому электроэнцефалографом:



РАЗНООБРАЗИЕ ФОРМ НЕЙРОНОВ

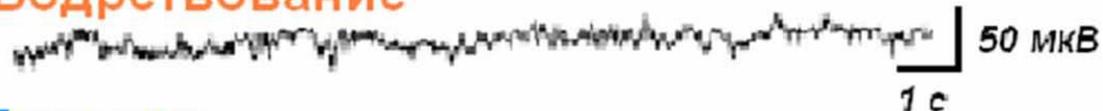


звездчатые и корзинчатые нейроны обладают приблизительно сферической симметрией

пирамидные нейроны вытянуты перпендикулярно поверхности коры

ЭЭГ человека во время разных стадий сна.

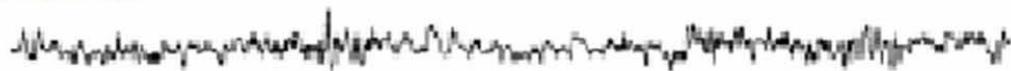
Бодрствование



Дремота альфа-ритм (8-12 Гц)



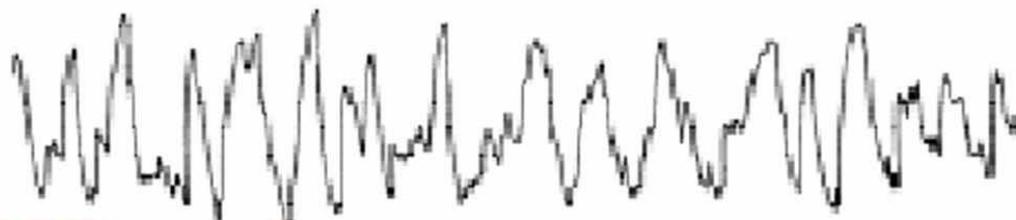
Стадия 1



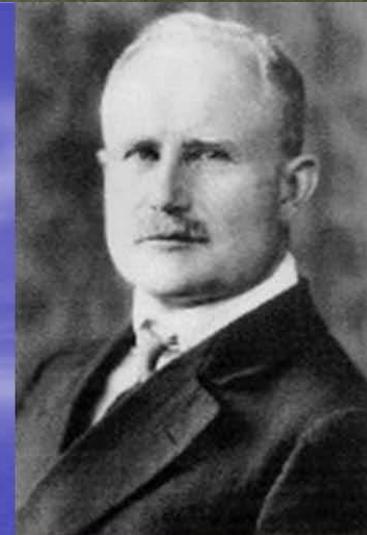
Стадия 2



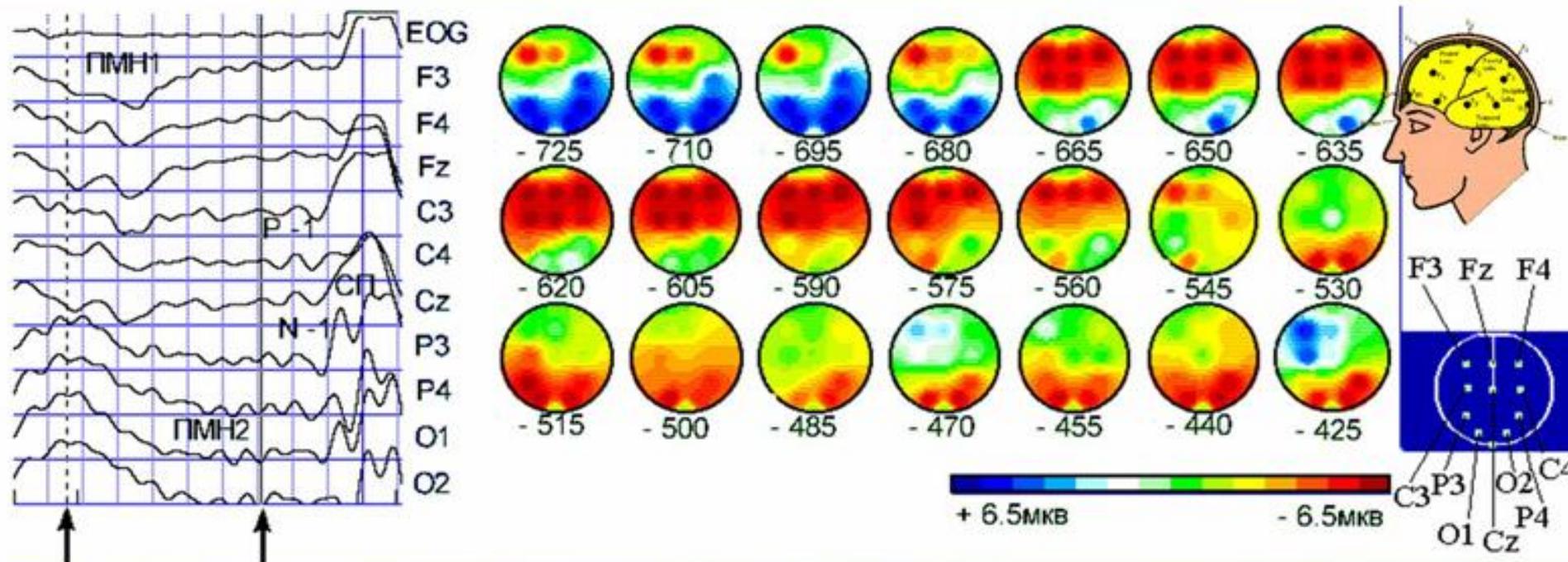
Глубокий сон Дельта-волны



REM-стадия



**Hans Berger
(1873-1941)**



**Картирование потенциалов ЭЭГ,
зарегистрированных со скальпа здорового
человека.**

Происхождение ЭЭГ:

- нейрон является источником электрического тока
- электрический ток, порожденный каждым нейроном, распространяется во всем объеме головы
- электрические токи разных нейронов суммируются
- наибольший вклад в суммарный ток вносят параллельно ориентированные и синхронно работающие пирамидные нейроны
- суммарный электрический ток, протекая по поверхности головы, создает неодинаковый электрический потенциал (напряжение) на разных участках скальпа
- если к разным участкам скальпа присоединить два электрода – активный и референтный – то через входную цепь биоусилителя потечет электрический ток, пропорциональный разности потенциалов этих двух участков; этот ток и есть ЭЭГ, регистрируемая активным электродом
- ЭЭГ отражает суммарную синхронную активность нейронов

Трёхмерный кинематический анализ



Система захвата движения Qualisys



Камера ProReflex MCU 500.

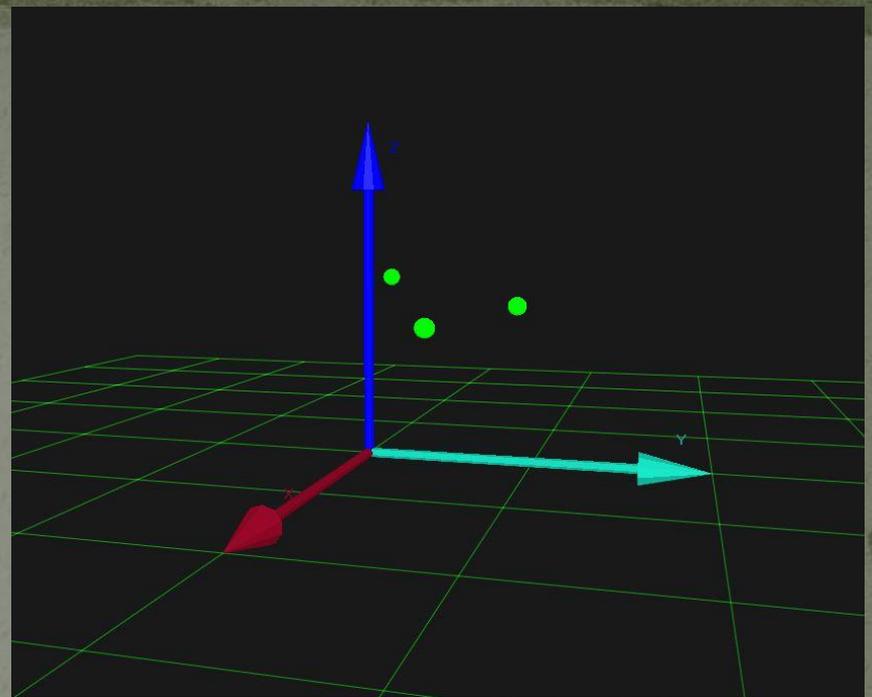


Маркер-отражатель.

- Система Qualisys относится к оптическим системам захвата движения, которая позволяет проводить кинематический анализ самых сложных технических действий.
- Принцип действия этой системы заключается в том, что несколько камер, расположенных под разными углами к движению, снимают динамику маркеров-отражателей распределенных по телу движущегося испытуемого.



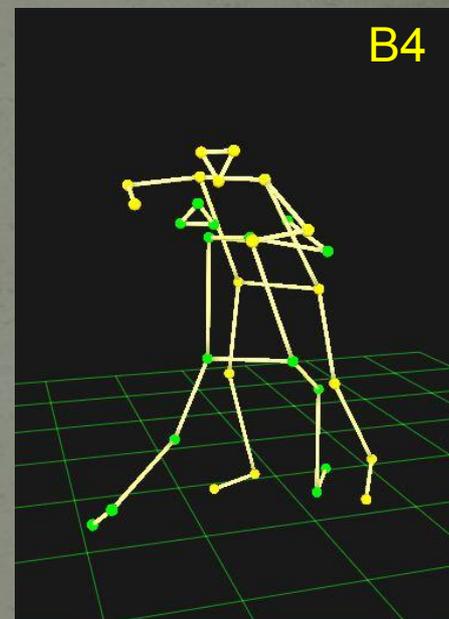
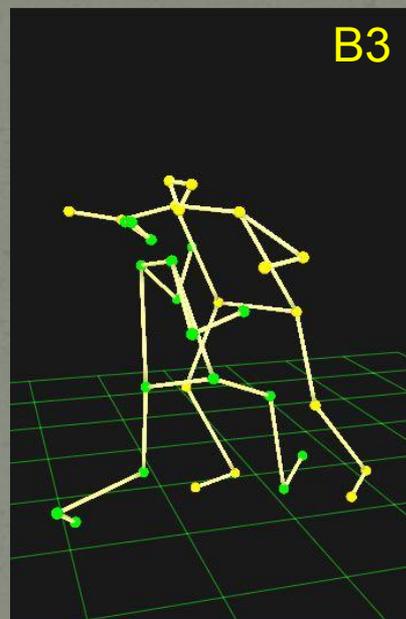
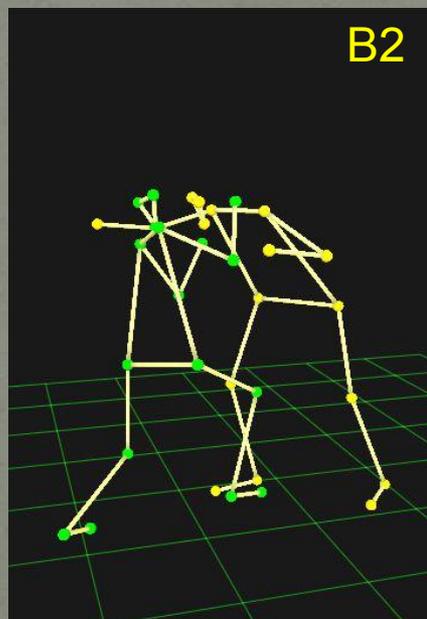
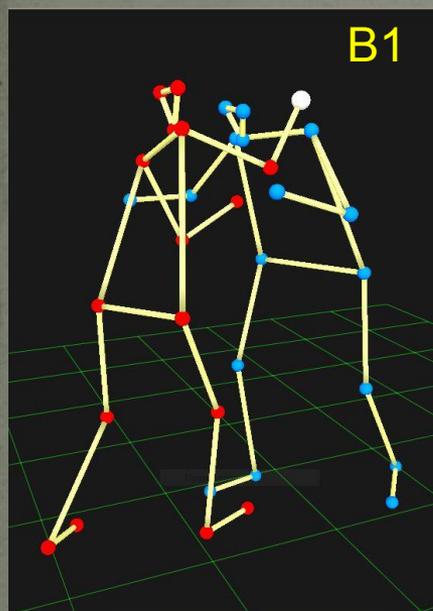
Маркеры-отражатели закреплённые на теле испытуемого.



Маркеры, идентифицированные системой и отображённые интерфейсом ПО в трёхмерном пространстве в виде сфер зелёного цвета.

- ...специальное ПО (Qualisys Track Manager) вычисляет координаты каждого маркера в пространстве, соотнося данные с каждой камеры с частотой до 500 кадров в секунду.
- Достаточное количество маркеров позволяет построить многозвенную модель тела человека.

Покадровое воспроизведение и высокая скорость съёмки позволяет уже на предварительном этапе анализа достаточно точно обозначить основные моменты проведения СТТД.



Рисунки В1 – В4. Кинограмма сложного тактико-технического действия.

Благодарю за внимание!

- К.б.н., Андреева Альбина Маратовна,
зав. лабораторией кафедры физиологии РГУФКСМиТ
- Контакты:
 - E-mail: moymio@yandex.ru
 - Тел.: +7 (916) 964 – 32 – 38.