

# **ФИЗИОЛОГИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

## ***Нейрофизиология высших отделов ЦНС***

**Лекция 3. Методы исследования  
ВНД. Вызванные потенциалы.  
МЭГ. фМРТ. ПЭТ. Полиграфия.**

# Методы исследования мозга



# Магнитоэнцефалография

**Магнитоэлектроэнцефалография (МЭГ)** - метод регистрации магнитных полей головного мозга.

Регистрация МЭГ осуществляется сверхчувствительными магнитометрами, используемыми для измерения очень слабых магнитных полей (сквиды).

Амплитуда МЭГ измеряется в пикотеслах (пТл). При обычной методике записи МЭГ 1 пТл соответствует 50 мкВ.

МЭГ используют для нейровизуализации психических процессов и локализации патологических очагов в нейрохирургии.

# Магнитоэнцефалография

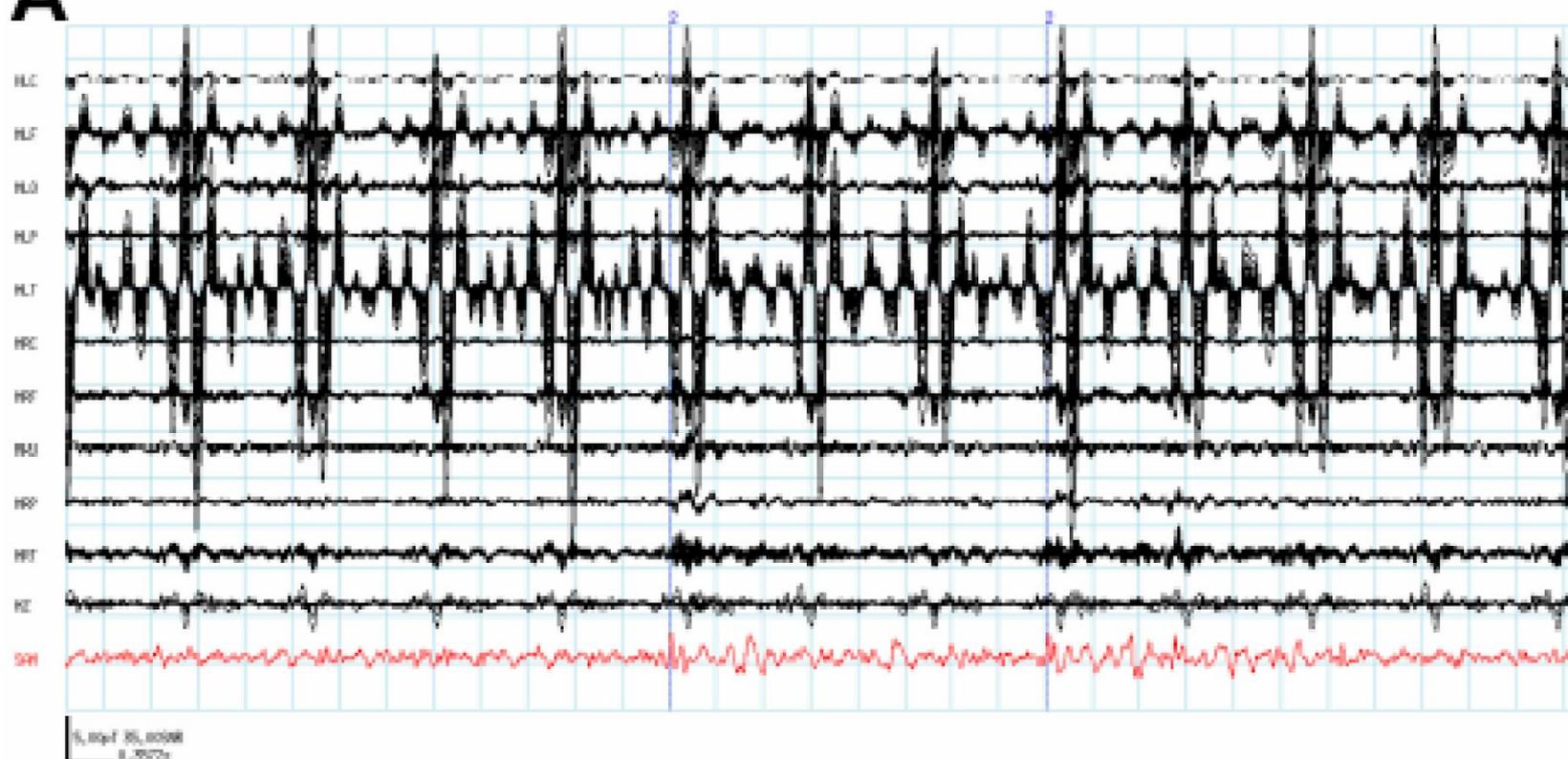
**Преимущество** магнитоэлектроэнцефалографии в том, что магнитные поля не искажаются окружающей тканью, в отличие от электрических полей, измеряемых ЭЭГ. Поэтому МЭГ имеет высокое пространственное разрешение (до 1 мм).

За счет сверхпроводимости СКВИДОВ возможна регистрация МЭГ в гамма диапазоне (выше 35 Гц).

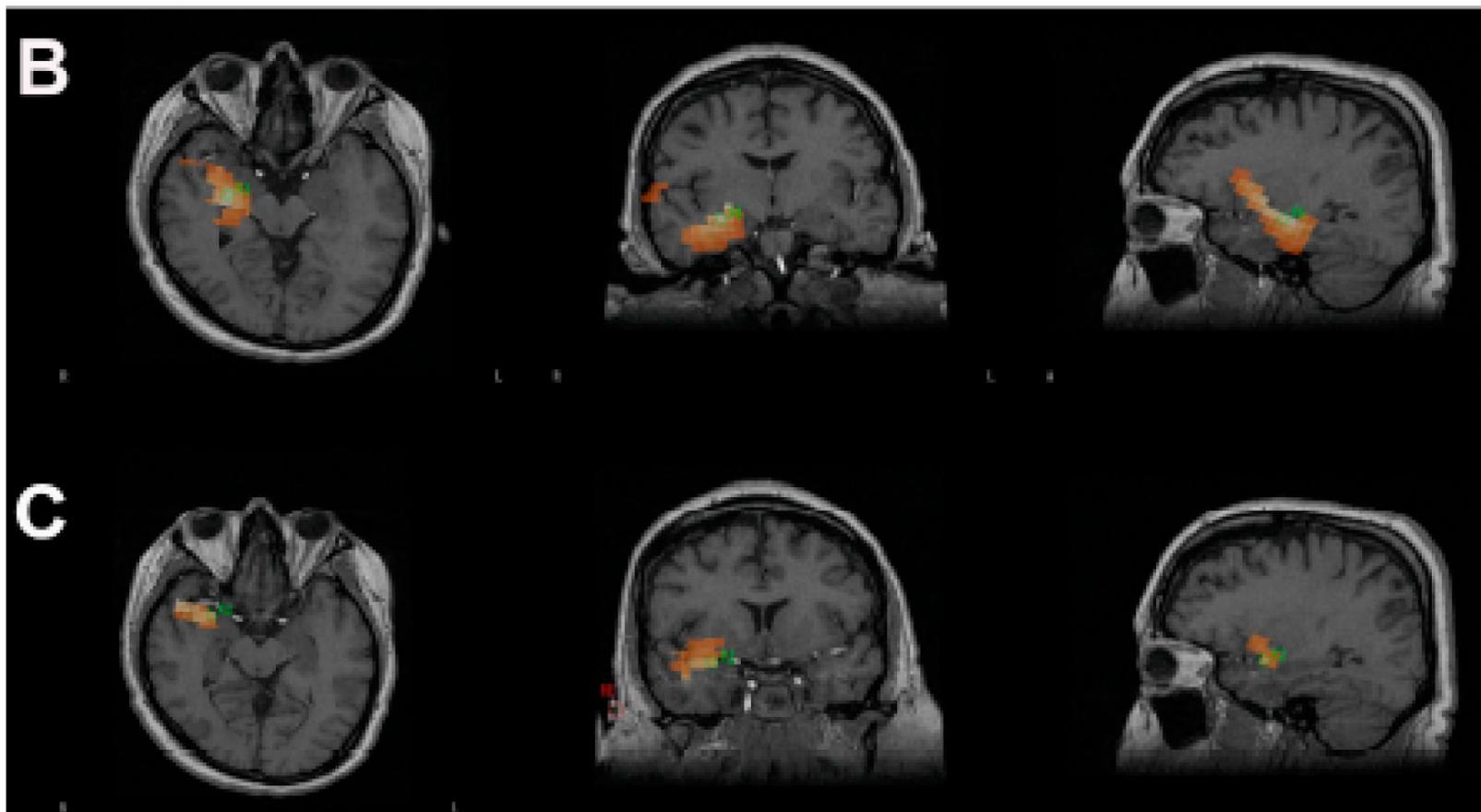
**К недостаткам** МЭГ можно отнести трудности использования для визуального анализа. Высокую стоимость эксплуатации. Для охлаждения СКВИДОВ необходимо заливать несколько литров жидкого гелия. Установка МЭГ должна быть надежно экранирована от магнитных полей.

# Магнитоэнцефалограмма

A



# 3D Локализация источников МЭГ



# Магнитоэнцефалография



# Связанные с событием потенциалы (ССП)

Кроме спонтанной активности (ЭЭГ) можно зарегистрировать **вызванную активность** мозга (**вызванные потенциалы**).

В анализе ССП представляющими интерес сигналами являются только те электрические потенциалы в зарегистрированной над скальпом ЭЭГ, которые связаны с **определенным событием**.

# ССП. Событие

«Событие» в данном контексте означает **(1) сенсорное событие**, такое как представление изображения или слова на экране компьютера, или **(2) моторное событие**, такое как нажатие клавиши ответа, или **(3) когнитивное событие**.

*например, обнаружение (сознательное или бессознательное) чего-то неожиданного, ожидание и подготовка моторного ответа или осознание того, что вы допустили ошибку.*

# Фоновая и иная активность на ЭЭГ

Активность ЭЭГ, которая не связана с определенным событием, можно назвать шумом.

Наводки от сети

Мышечные артефакты тела и головы

Фоновая активность ЭЭГ

Для анализа ССП необходима снизить уровень шума. При этом учитываем, что шум это случайная активность.

## РАСЧЕТ ВЫЗВАННОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА

Наблюдаемое **событие** (стимул или ответ), и **его точное время** должно регистрироваться вместе с ЭЭГ (на ЭЭГ посылается метка о событии).

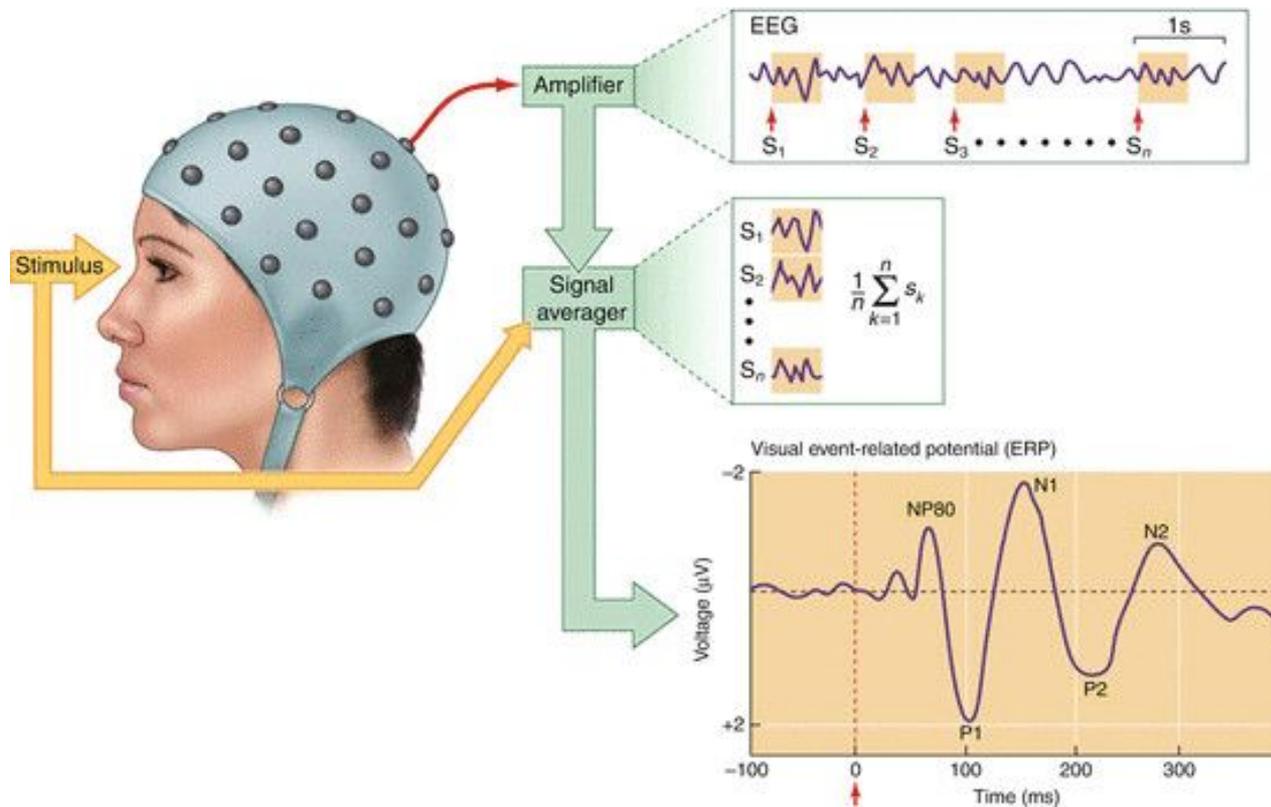
Наблюдаемое событие повторяется **n** раз.

При расчете ССП происходит усреднение **n** значений ЭЭГ соответствующей конкретному времени после события.

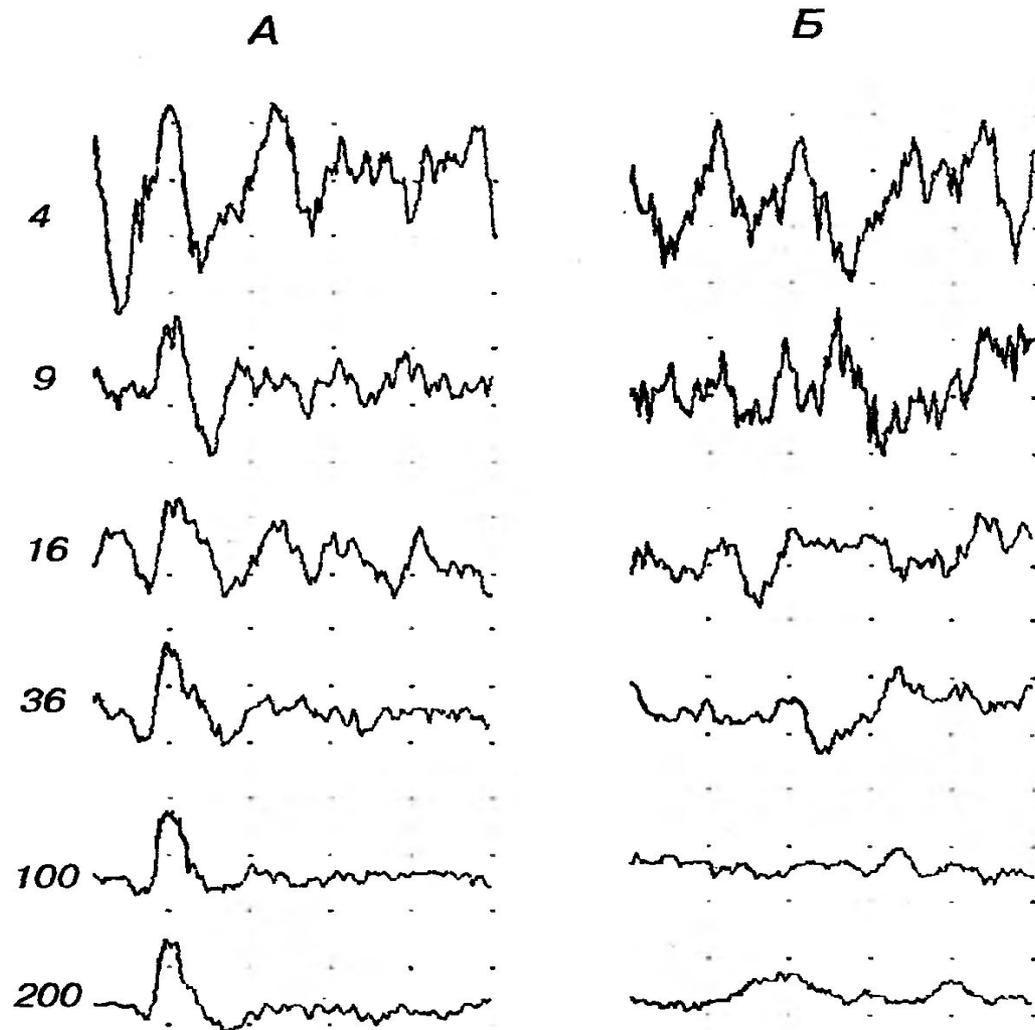
# PsychoPy программа для подачи СТИМУЛОВ



# ССП, в ответ на визуальные стимулы, полученный путем усреднения сигнала ЭЭГ



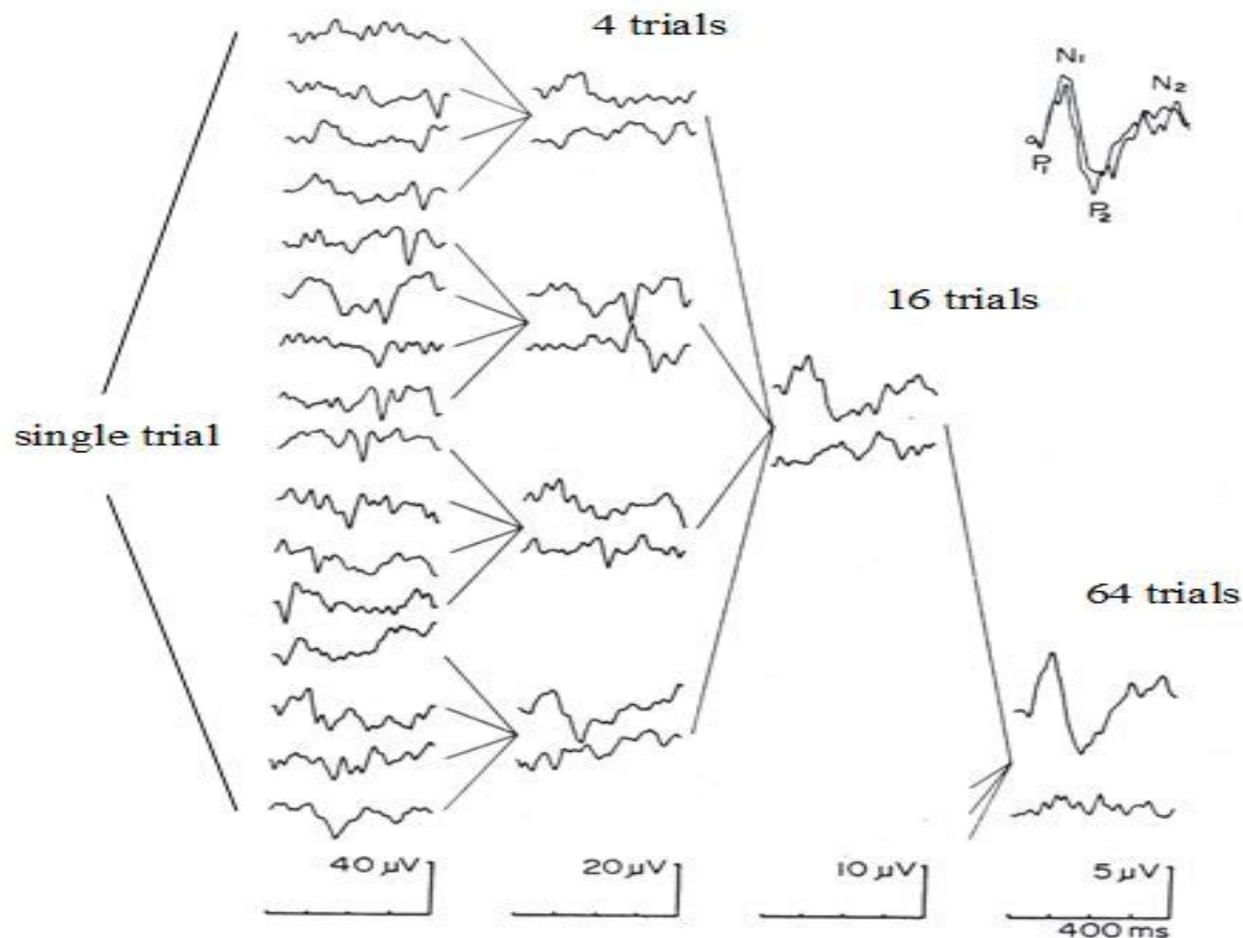
# Метод синхронного усреднения для выделения вызванных потенциалов.



А. Улучшение отношения сигнала ВП к шуму в процессе его выделения методом синхронного усреднения.

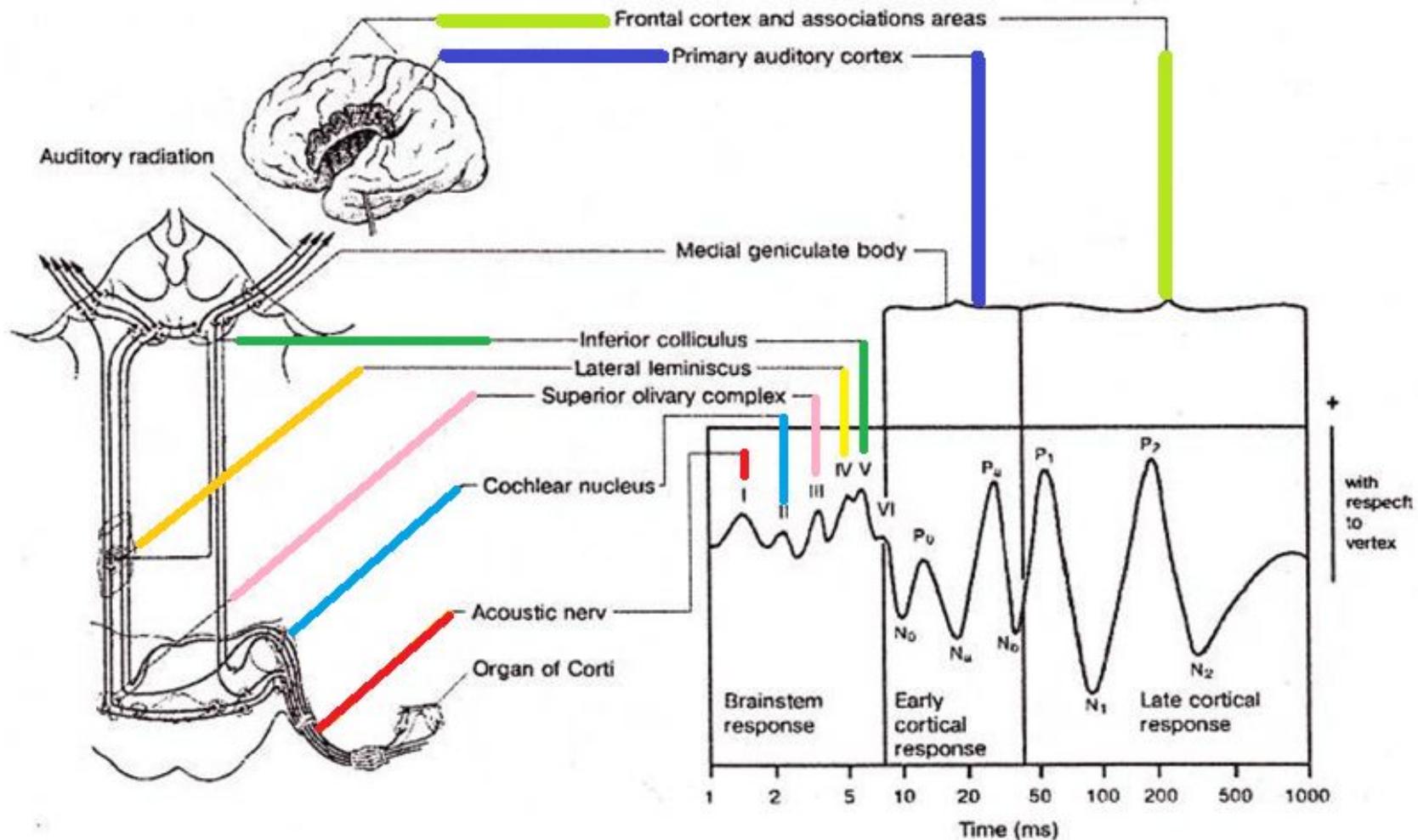
Б. Уменьшение шума при усреднении без подачи стимула.

# Пример последовательного усреднения участков ЭЭГ



# Классификация ССП

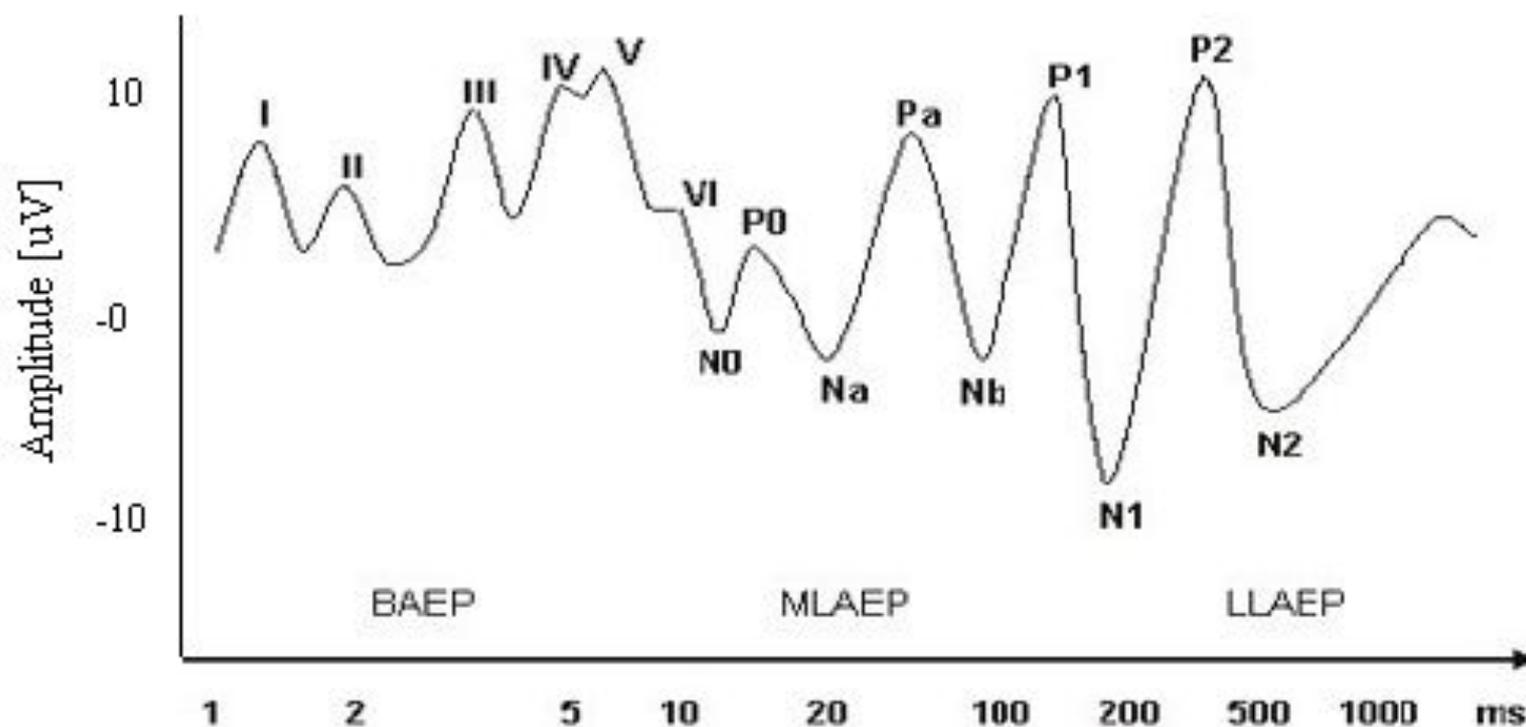
## СЛУХОВЫЕ ВЫЗВАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ



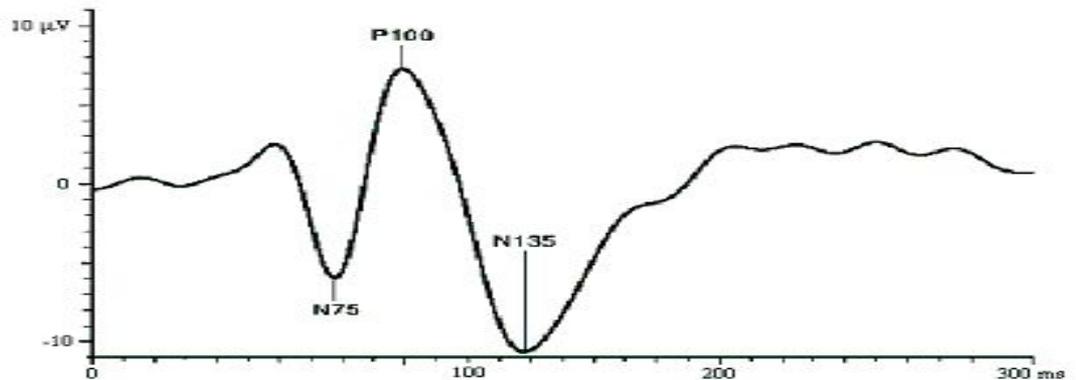
# Номер пика в ССП

Пики обозначают по разному в различных типах ВП. Обозначение может отражать полярность и номер в последовательности (**N 1, P 1, N 2, P 2** и т. д. ), или номер и латентность( **N 80, P 120, N 250, P 300** и т. д. ).

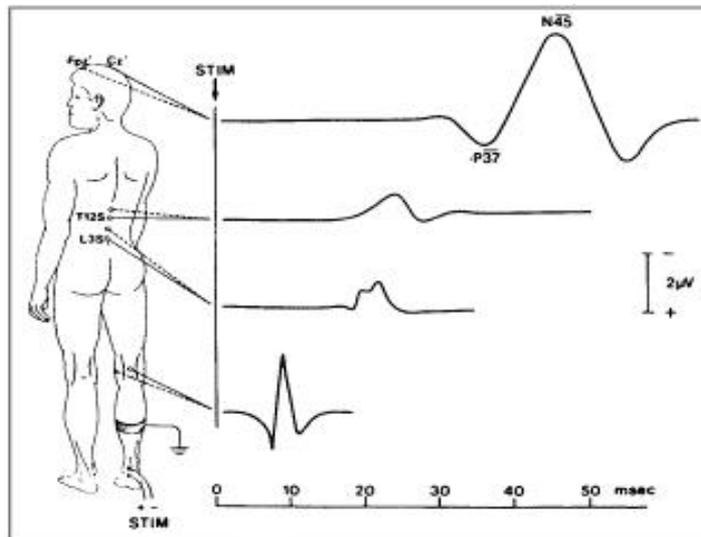
# Классификация вызванных потенциалов по длительности латентных периодов



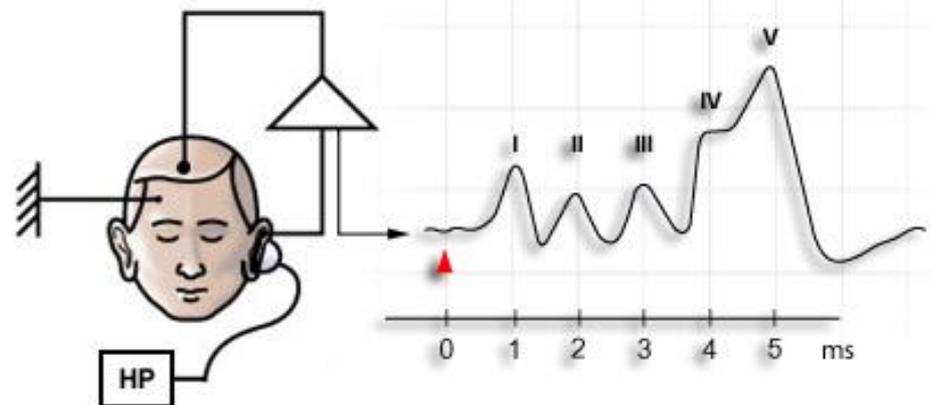
# Классификация ССП



Зрительные ВП



Соматосенсорные ВП



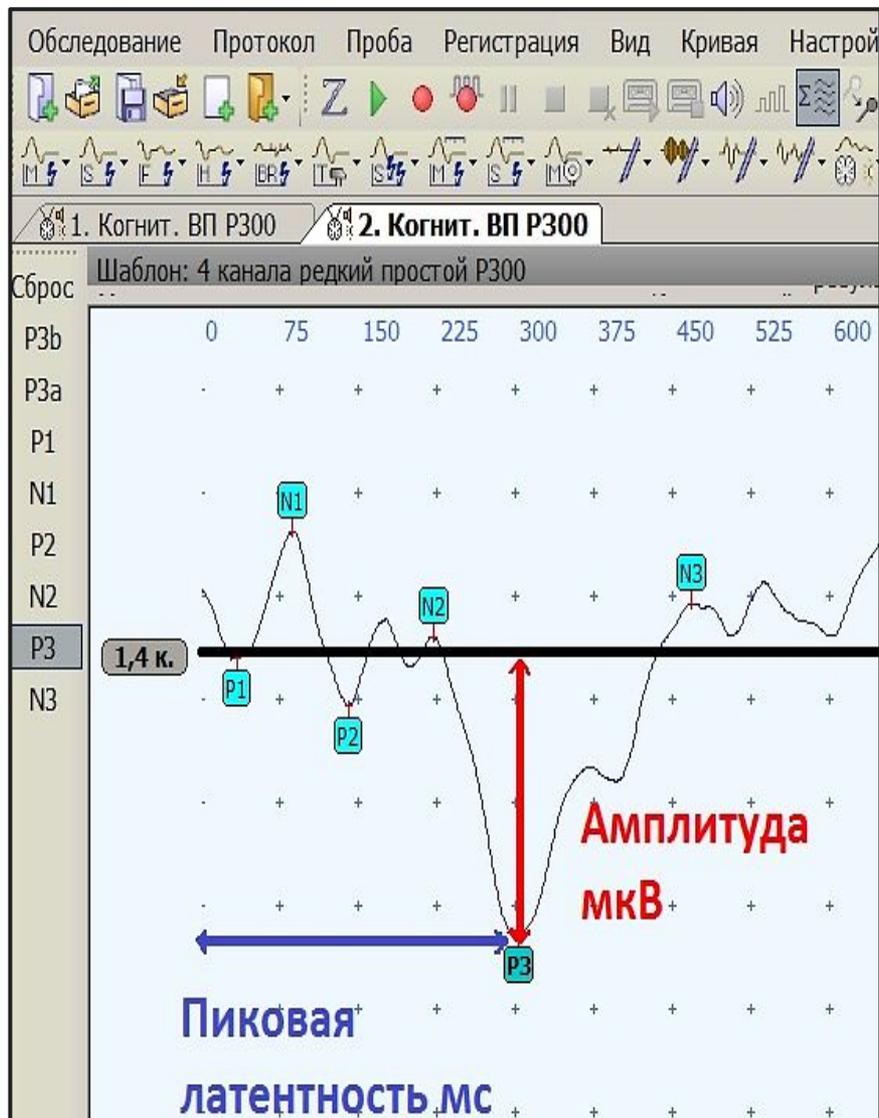
Слуховые ВП

# Классификация ССП

**Экзогенные**, т.е. обусловленные **внешним воздействием** стимулов (ВП в узком смысле). Они привязаны к внешнему стимулу и сильно зависят от его характеристик - модальность (слуховые, зрительные и т.п.), интенсивность и др.

**Эндогенные**, т.е. обусловленные **внутренними процессами** в мозге

# Связанные с событием потенциалы (ССП) показатели



**Амплитуда и Латентность ССП**  
отражение переработки информации в мозге

# Латентный период

Латентный период или пиковая латентность пика вычисляется от времени подачи стимула до максимума амплитуды негативного или позитивного пика в миллисекундах.

# Амплитуда ССП

Амплитуда пика измеряется от нулевой линии до максимума пика. Нулевая линия определяется по уровню предстимульного интервала. Когда нулевая линия не стабильна амплитуду целесообразно измерять от пика до пика (peak to peak amplitude).

# Классификация компонентов ССП

## По латентности

**Коротколатентные** – первые 10 мс –  
генерируются в стволе мозга

**Среднелатентные** – от 10 до 50 мс –  
генерируются в связи с активностью в  
таламусе и первичной слуховой коре

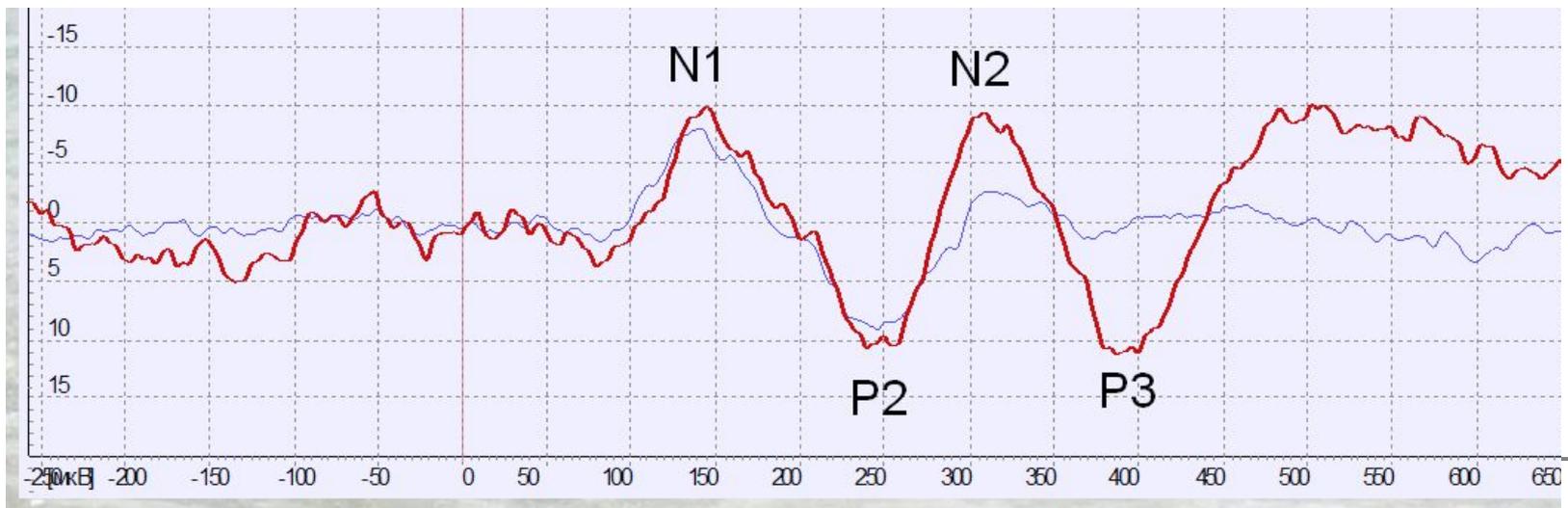
**Длиннолатентные** – более 50 мс –  
генерируются как в сенсорных, так и  
ассоциативных областях коры.

# Классификация компонентов ССП

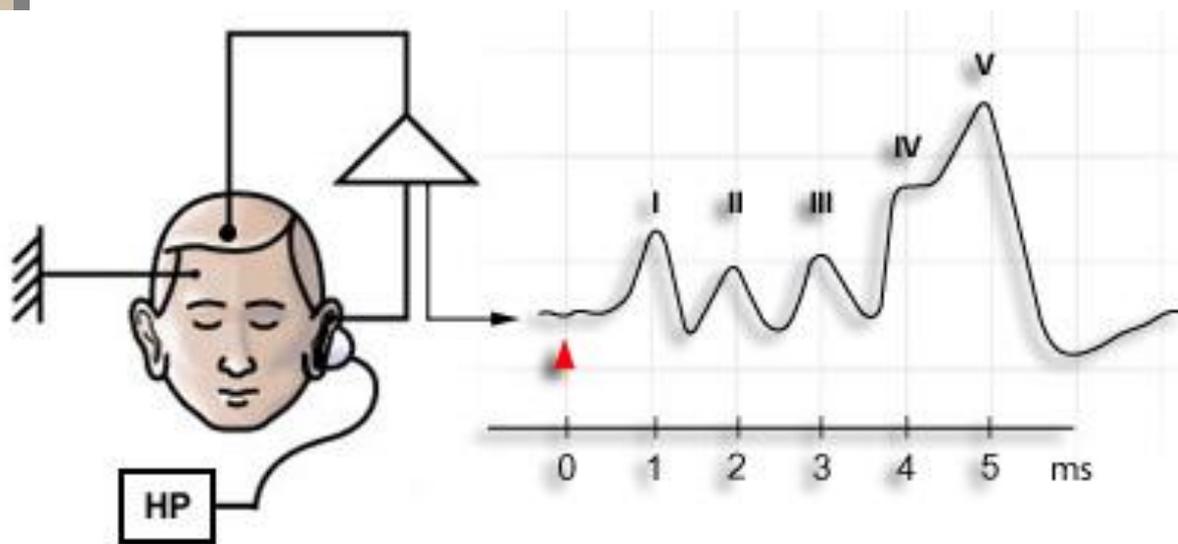
По полярности и порядку

**Негативный** – пик с отрицательными значениями.

**Позитивный** – пик с положительными значениями.



# Слуховые (акустические) стволовые вызванные потенциалы -АСВП



Межпиковый интервал I-V (Норма – 4,3 мс)

- I – Нерв и Кортиев орган.
- II – Проксимальный участок VIII нерва и слуховые ядра.
- III – Нижние отдела Варолиева моста, верхний оливы, трапецевидное тело.
- IV – Верхние отделы Варолиева моста, латеральная петля
- V – Нижние бугры четверохолмия

# ССП в парадигме ODD BOI

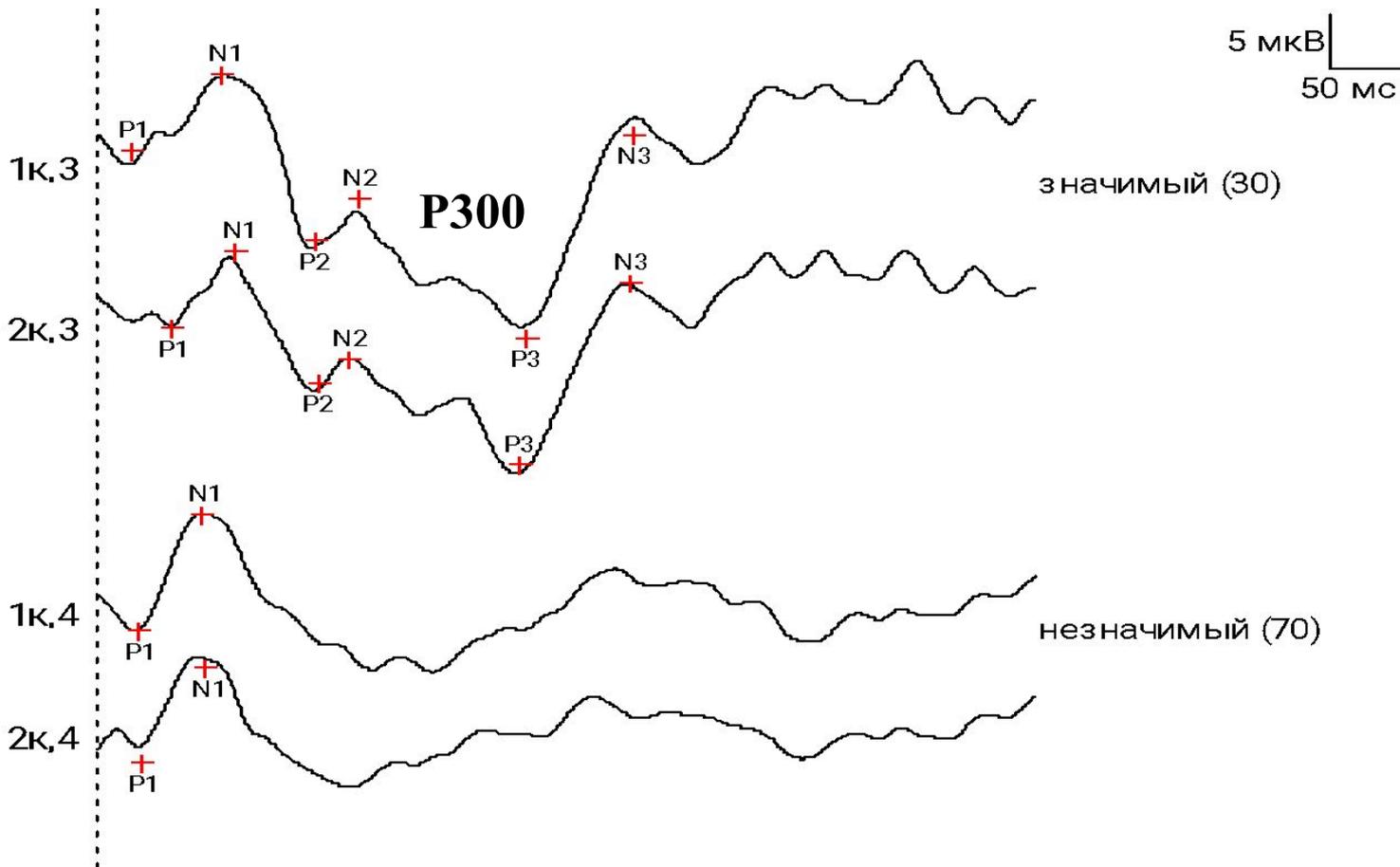
**А** - ССП на значимый редкий стимул.

**Б** - ССП на незначимы частый стимул.

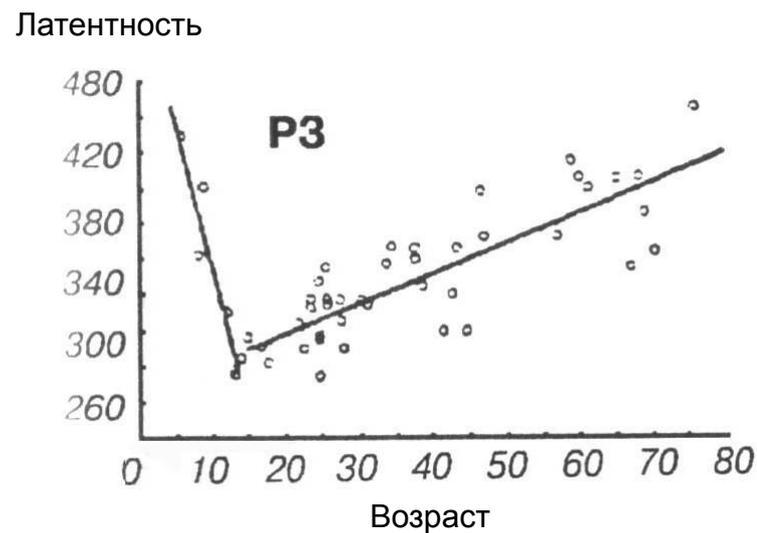
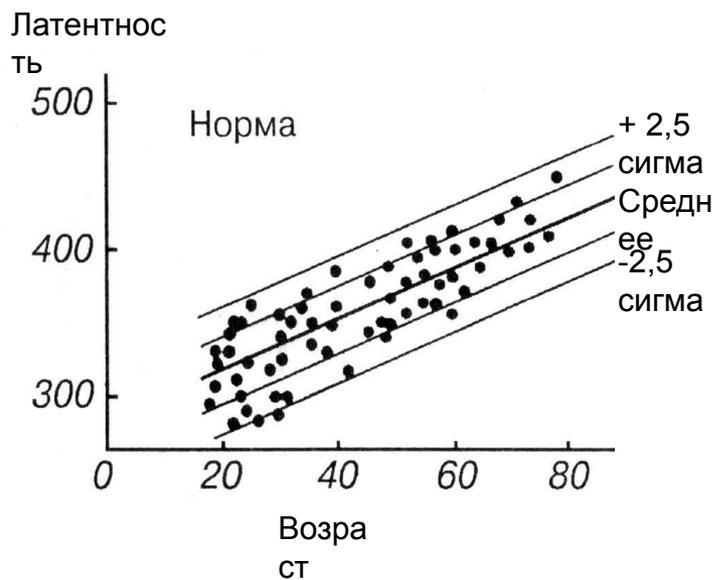
**Красные линии** - когнитивный компонент Р300.



# ССП слуховой ода/болл (P300)



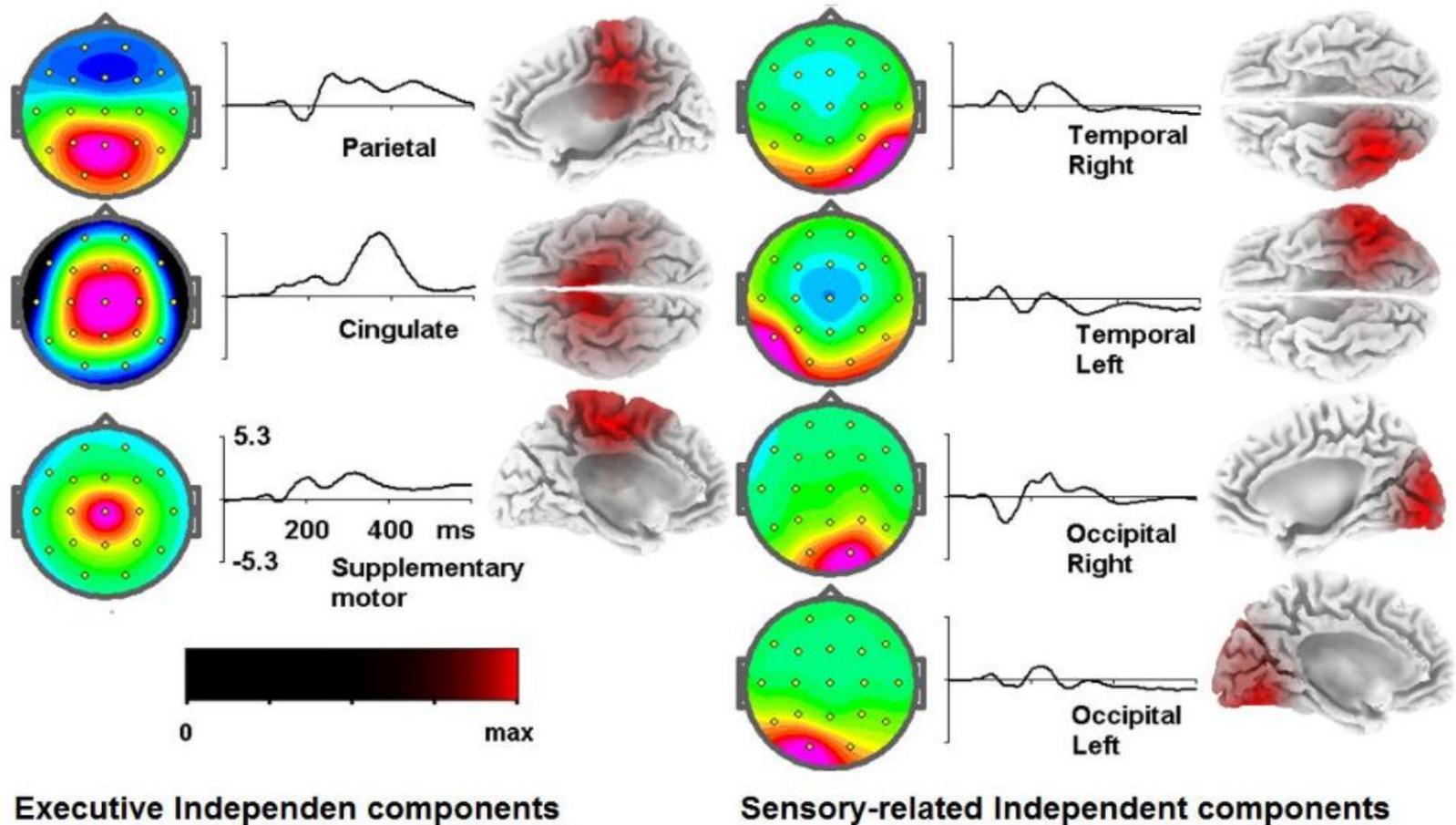
# Кривые регрессии латентности Р300 в зависимости от возраста



# Таблица нормативных значений параметров Р300

Возр	Лат	Ампл	Возр	Лат	Ампл	Возр	Лат	Ампл
17	<b>306</b>	10,4	37	<b>331</b>	8,6	47	<b>344</b>	7,7
18	<b>308</b>	10,3	38	<b>333</b>	8,5	48	<b>345</b>	7,6
19	<b>309</b>	10,2	39	<b>334</b>	8,4	49	<b>346</b>	7,5
20	<b>310</b>	10,1	40	<b>335</b>	8,3	50	<b>348</b>	7,4
21	<b>311</b>	10	41	<b>336</b>	8,2	51	<b>349</b>	7,3
22	<b>313</b>	9,9	42	<b>338</b>	8,1	52	<b>350</b>	7,2

# Анализ с помощью метода независимых КОМПОНЕНТОВ



# фМРТ

**Функциональная магниторезонансная томография (фМРТ).** фМРТ используется для измерения гемодинамических реакций головного мозга вызванных вызванных нейрональной активностью при выполнении функциональных проб.

**Усиление** нейрональной активности вызывает **приток крови** с максимумом через 4-6 секунд.

Во время исследования определяют величину **БОЛД сигнала**. BOLD (blood oxygen level-dependent).

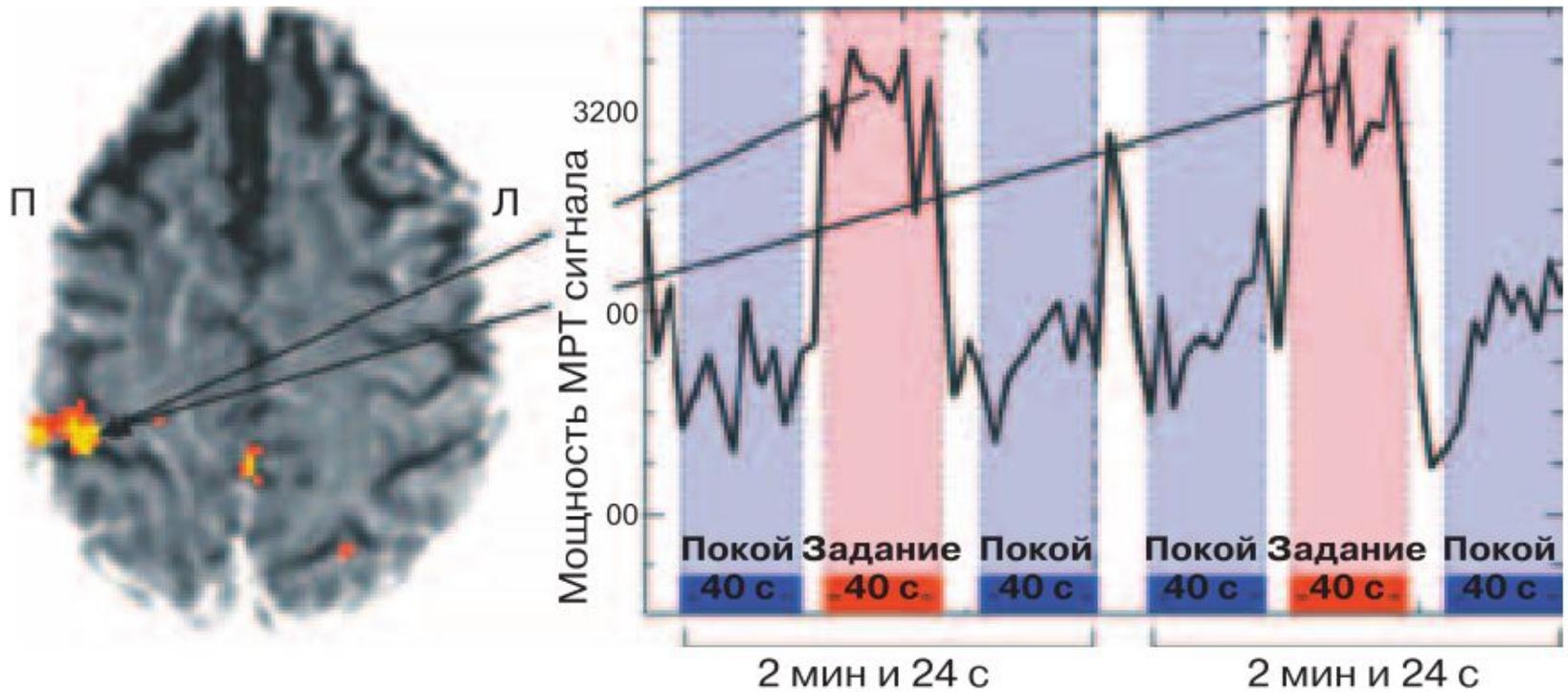
# фМРТ

В постоянном магнитном поле молекула оксигемоглобина обладает диамагнитными свойствами, а дезоксигемоглобина парамагнитными свойствами. Основным показателем является изменение БОЛД сигнала (bold+ увеличение сигнала) в процентах от контрольного состояния в конкретной точке мозга (вокселе).

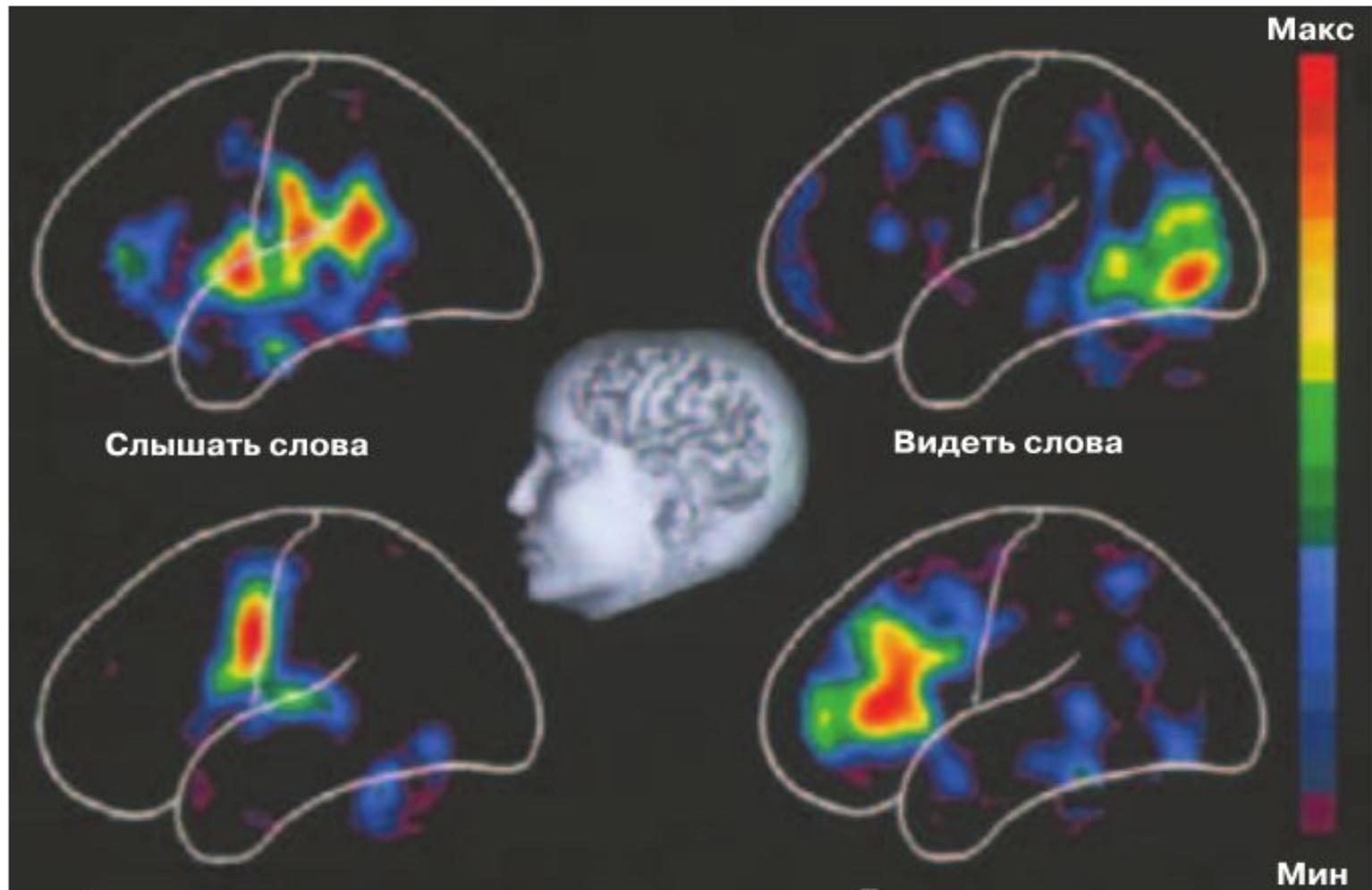
Регистрация БОЛД сигнала позволяет локализовать функционально активные участки мозга при выполнении сенсорных, моторных и когнитивных нагрузок.

# фМРТ

Левая рука – Прикосновение



# ПЭТ



# ПЭТ

Отражает метаболическую активность различных отделов мозга. Субъекту вводят изотоп, в виде соединения с другими молекулами, например, **F18-дезоксиглюкозу**. Изотоп накапливается в местах с повышенной метаболической активностью. В мозге изотопы излучают позитроны, которые сталкиваются с электронами.

Столкновение приводит к уничтожению частиц (аннигиляции) и **появлению пары гамма-квантов**, которые разлетаются под углом 180 градусов и регистрируются детекторами.

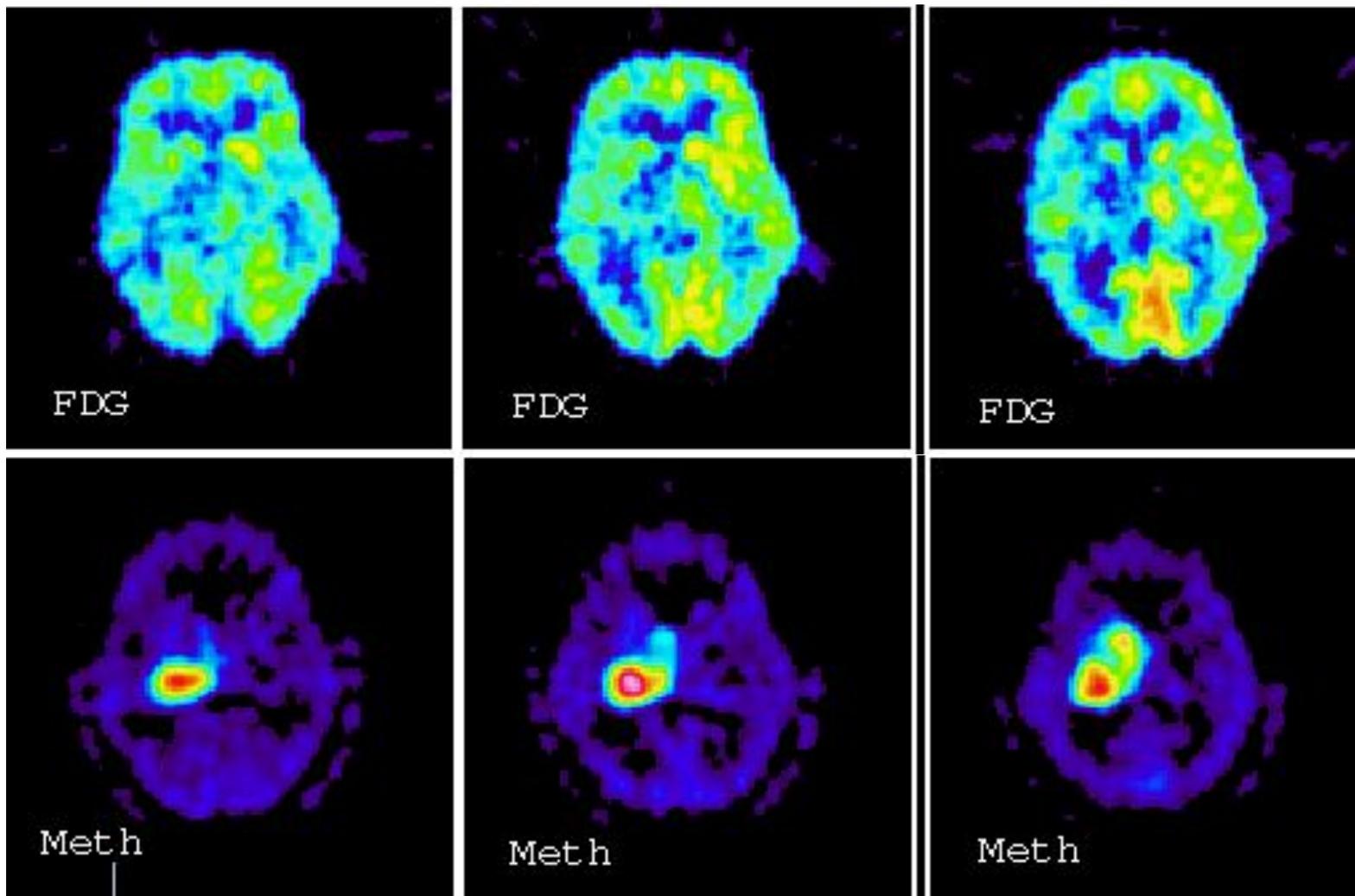
# ПЭТ

Используется для научных исследований в оценки изменения обмена веществ во время психической деятельности.

Прикладное значение метода в последние годы связано с высокой специфичностью изменения обмена веществ в нейронкологии ( $^{11}\text{C}$ -метионина).

# Глиобластома подкорковых структур правого полушария

сопоставление  $^{11}\text{C}$ -метионина и  $^{18}\text{F}$ -дезоксиглюкозы



# Измерение вегетативных, соматических и поведенческих показателей связанных с ВНД

Вегетативные	Соматические	Поведение
КГР	Окулограмма	Полевое поведение
Частота дыхания	Актограмма	Открытое поле
ЧСС	Тремор	Видеоокулография
Плетизмограмма	Частота мигания	Юзабилити
Пупилограмма		Скорость реакции
		Количество ошибок

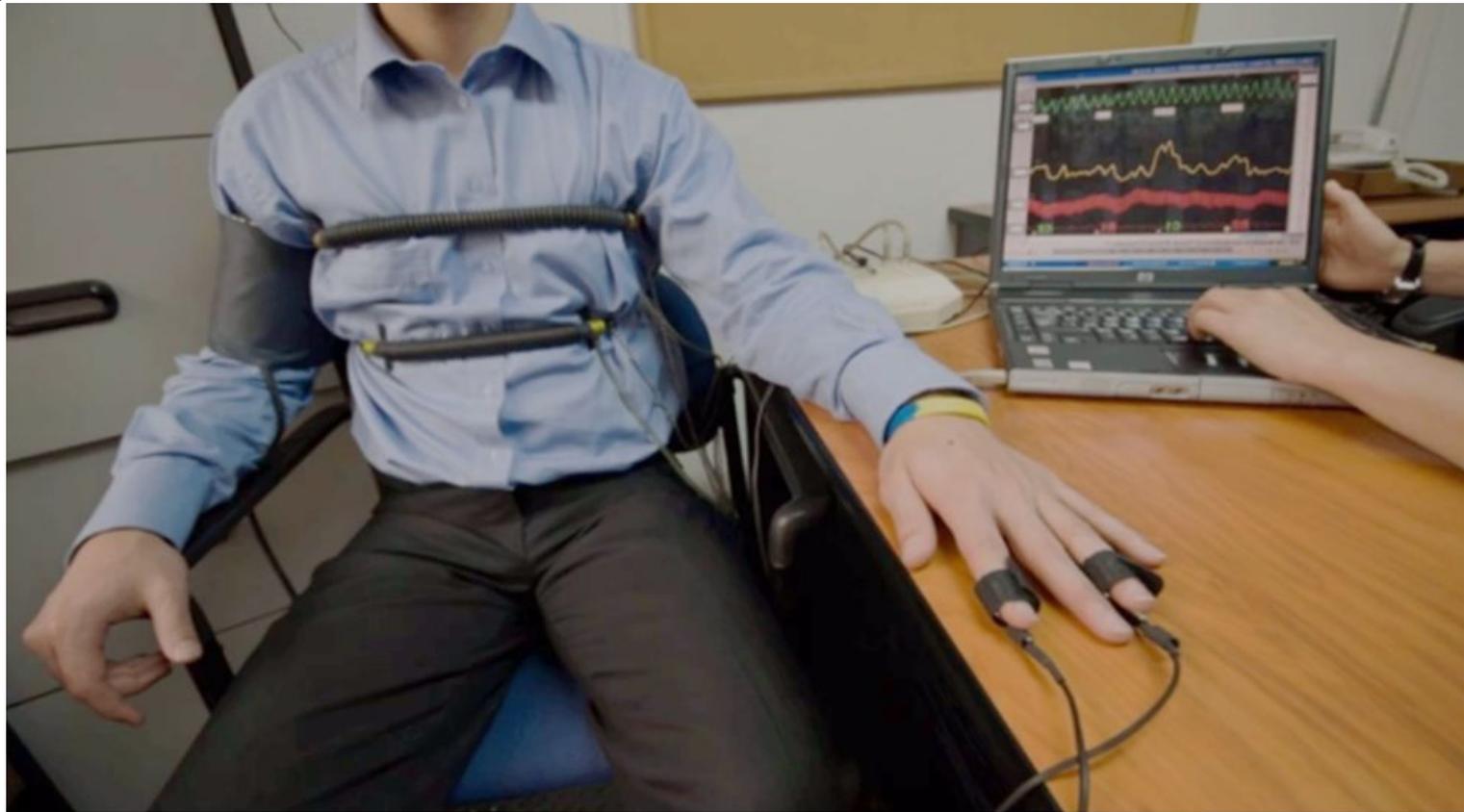
# **Электрическая активность кожи (кожно-гальваническая реакция)**

1. Активность потовых желез отражает определенные события, происходящие в головном мозге.
2. Величина реакции потовых желез закономерным образом связана с интенсивностью осознаваемых переживаний.

# Электрическая активность кожи

Предполагается, что ЭАК связана с **активностью потоотделения**, однако физиологическая основа ее до конца не изучена. Существуют два показателя - проводимость кожи (измеряется по Фере) и кожно-гальваническая реакция (измеряется по Тарханову). Используется как показатель **эмоционального напряжения, ориентировочной реакции**. Применяется в «детекторе лжи».

# Детектор лжи



Кожно-гальваническая реакция  
(потоотделение ладоней) увеличивается при  
эмоциональном напряжении

# Два типа потовых желез

**Апокринные**, подмышечные впадины и пах, определяют запах тела и реагируют на раздражители, вызывающие стресс, не связаны с регуляцией температуры тела.

**Эккринные**, по всей поверхности тела и выделяют обычный пот (вода и хлористый натрий), осуществляют поддержание постоянной температуры тела.

Железы на ладонях, подошвах ног, на лбу и под мышками реагируют в основном на внешние раздражители и стрессовые воздействия.

# Способы исследования КГР

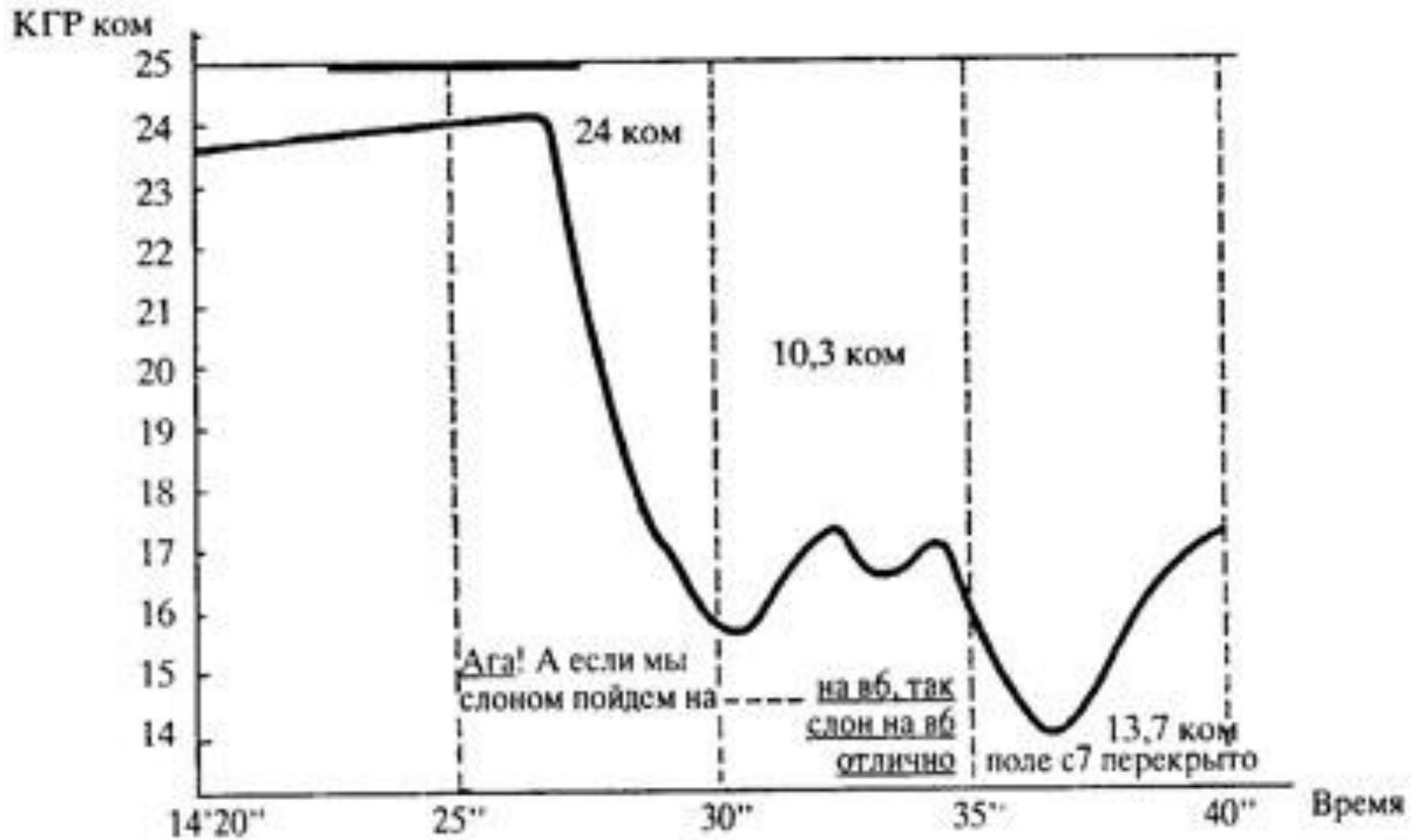
**метод Фере** (используется внешний источник тока),

показатель - проводимость кожи ,

**метод Тарханова** (источник тока не применяется),

показатель - электрический потенциал самой кожи (раньше и то и другое КГР) регистрируют с кончиков пальцев или ладони, с подошв ног, со лба.

# Примеры КГР



# Реакции глаз

- Сужение и расширение зрачка,
- Мигание
- Глазные движения

Мигание — периодическое смыкание век.

Средняя частота мигания -7,5 в минуту (от 1 до 46 в минуту). частота мигания изменяется в зависимости от психического состояния человека.

Движения глаз - разнообразные по функции, механизму и биомеханике вращения глаз в орбитах. Основная функция - поддержка интересующего человека изображение в центре сетчатки, где самая высокая острота зрения.

Электроокулография — метод регистрации движения глаз, основанный на графической регистрации изменения электрического потенциала сетчатки и глазных мышц.

# Пупиллометрия

Метод изучения зрачковых реакций.

Диаметр зрачка изменяется от 1,5 до 9 мм.



Зависит от :

- количества света, падающего на глаз.
- эмоциональной реакции.

Используется для изучения субъективного отношения людей к тем или иным внешним раздражителям.

# Методы изучения поведения

## Полевые методы

- Этологическое наблюдение;
- Описание поведения (метод этограмм);

## Экспериментальные методы

- Метод макетов (ключевых раздражителей);
- Метод «Каспар Хаузер» (метод депривации);
- Метод открытого поля;
- Лабиринтные методики;
- Метод условных рефлексов.
- Проблемный ящик

# Метод открытого поля

Тест заключается в количественном измерении компонентов поведения мелких животных, помещенных в открытое пространство (арену).

- **длина пройденного пути (см);**
- **количество стоек;**
- **средняя скорость движения (см/сек);**
- **число эпизодов груминга;**
- **средняя продолжительность груминга (сек);**
- **число эпизодов замирания;**
- **средняя продолжительность замирания (сек);**
- **число дефекаций.**

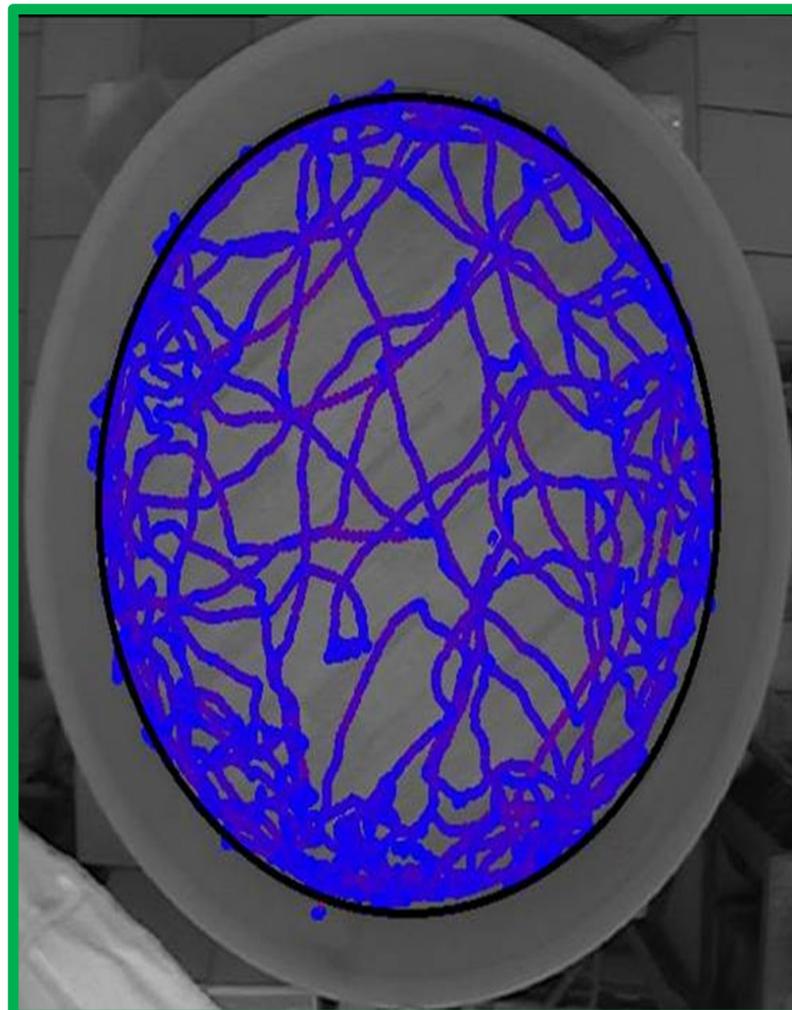
# Метод открытого поля

Высокий уровень дефекации, низкая вертикальная активность, низкая горизонтальная активность, длительные эпизоды замирания и интенсивный груминг могут свидетельствовать о **высокой эмоциональной реактивности животного** на действие новых раздражителей.

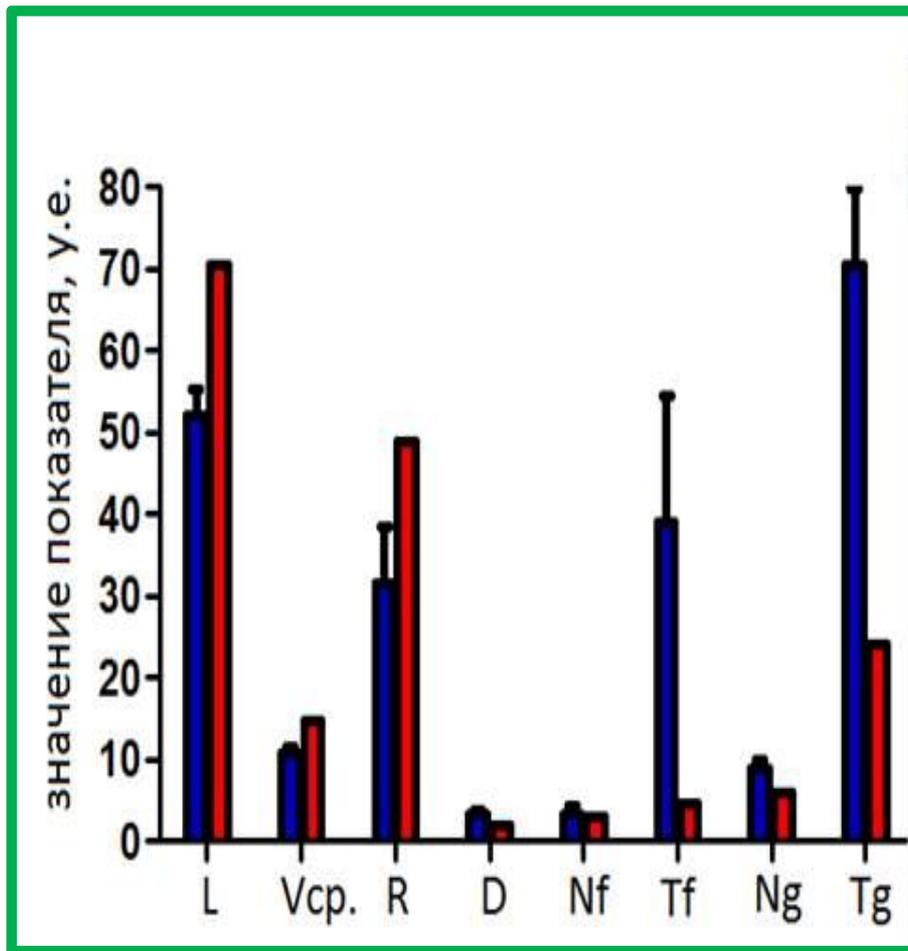
Особи с низким уровнем дефекации, с высокой вертикальной активностью, с высоким уровнем горизонтальной активности (особенно в центре), без продолжительных эпизодов замирания и груминга, относятся к категории **низкорепактивных**.

# Метод открытого поля

В

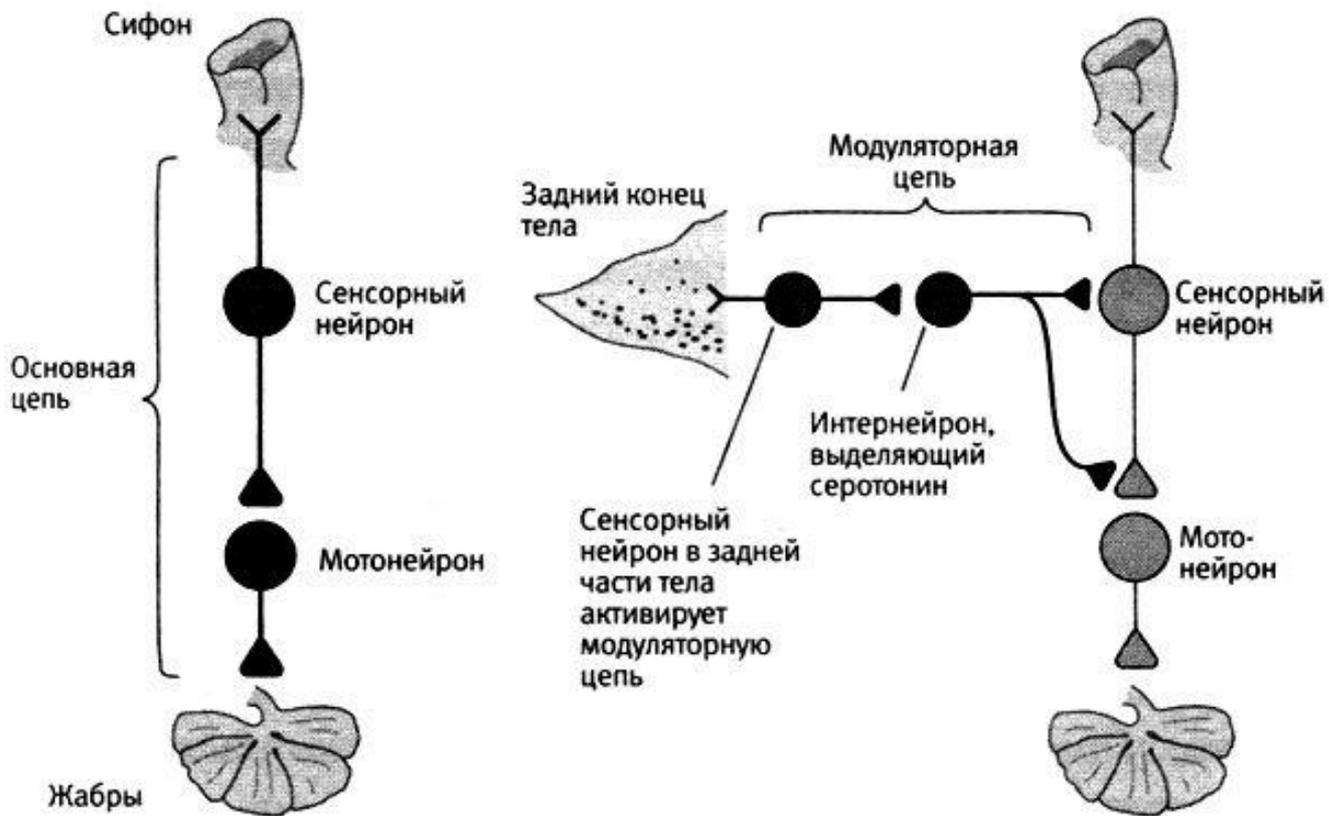


# Метод открытого поля



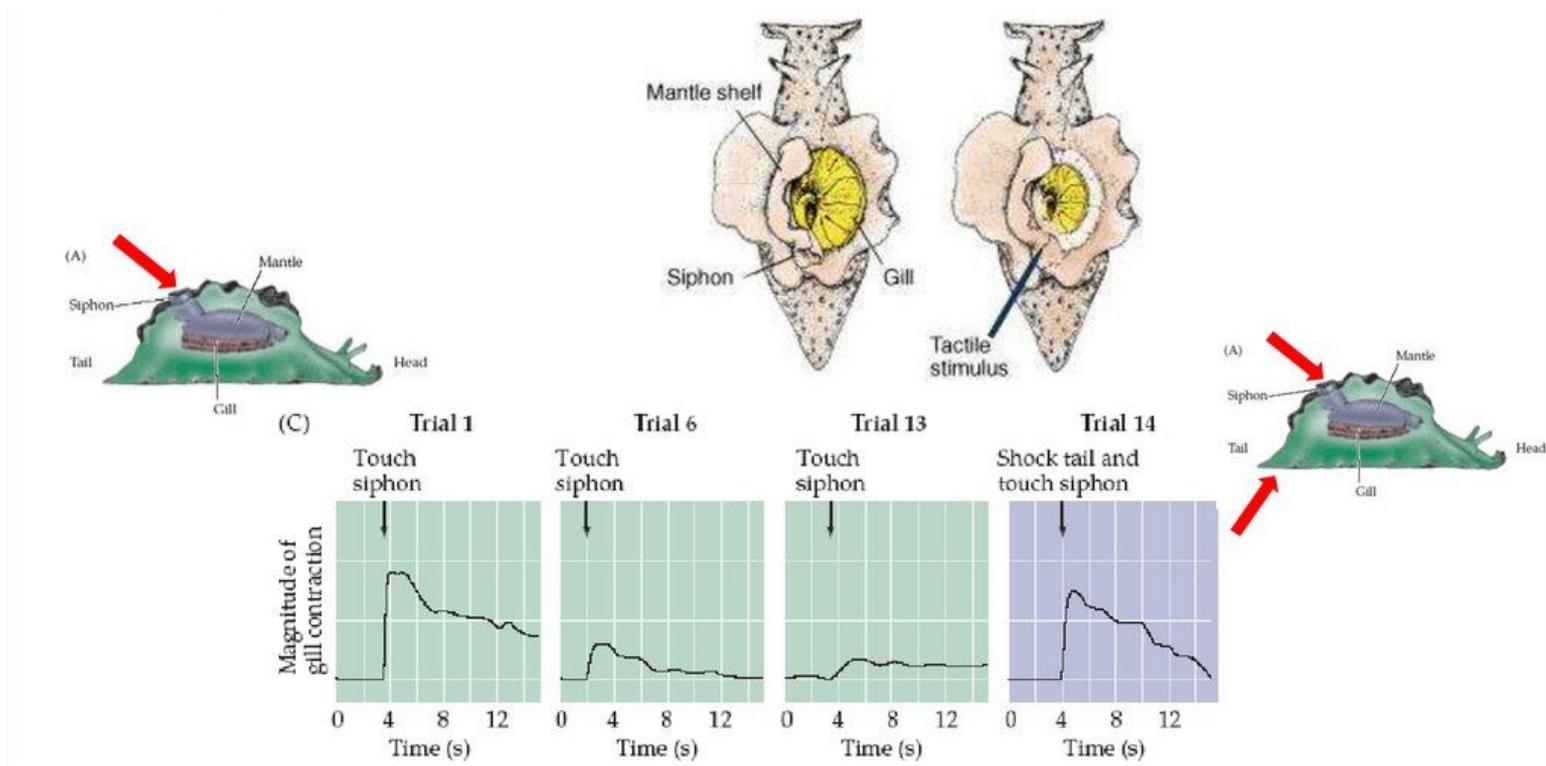
# Комплексное исследование научения животных

## 1. Функциональное картирование нейронов



# Комплексное исследование научения

## 2. Микроэлектродная регистрация локальных ответов на синаптической мембране



# Комплексное исследование научения

3. Оценка проводимости ионных каналов, экзоцитоза и внутриклеточного метаболизма. Морфологические изменения синапса.

