

# Методы ФД деятельности головного мозга



# Основные

## методы

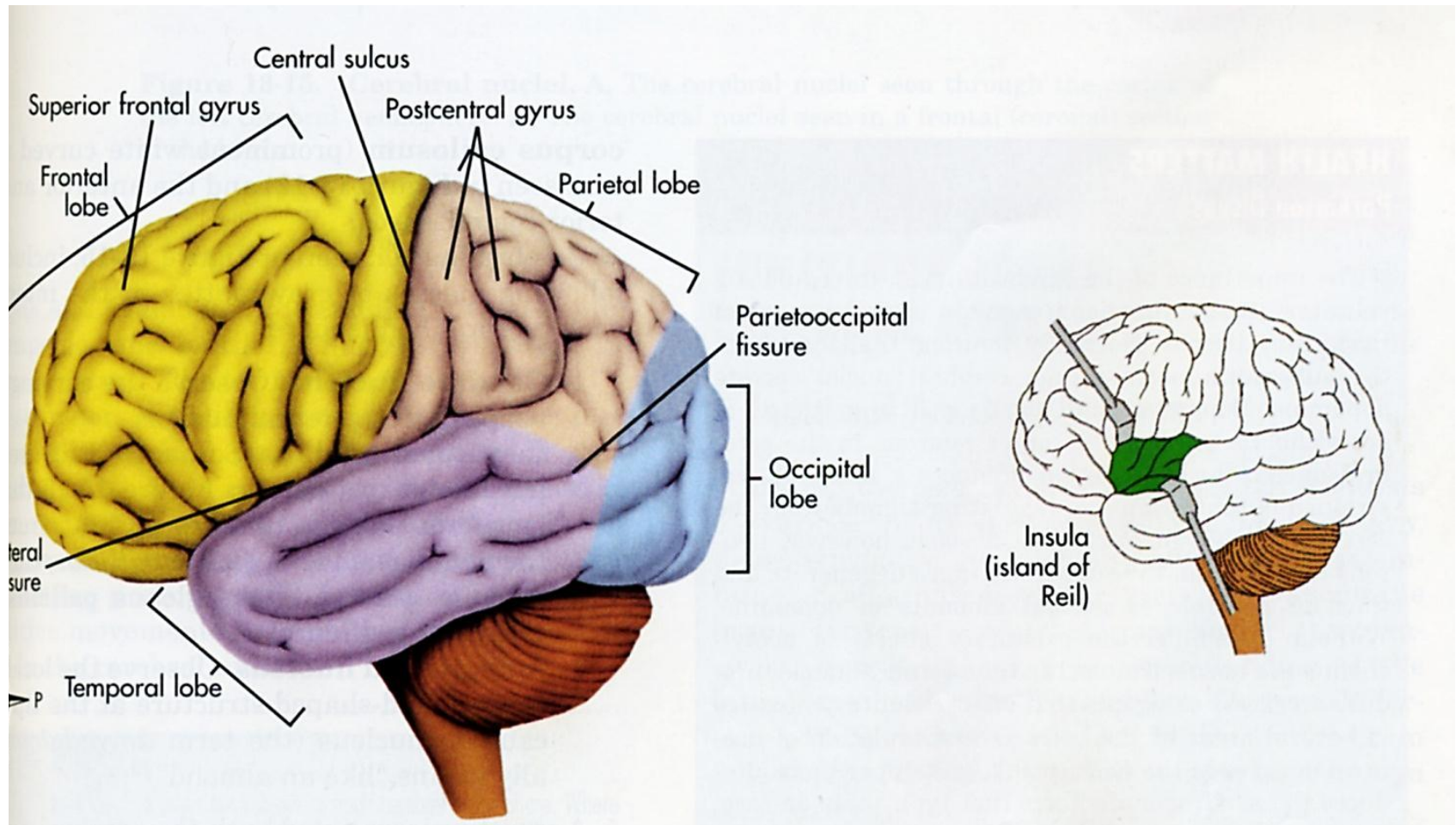
- |  |   |                                      |
|--|---|--------------------------------------|
| 1. Электроэнцефалография                                 |   |                                      |
| 2. Магнитоэнцефалография                                 | ← | Регистрация электрической активности |
| 3. Регистрация вызванных потенциалов                     |   |                                      |
| 4. Компьютерная томография                               | ← | оценки структур                      |
| 5. Магнитно-резонансная томография                       |   |                                      |
| 6. Позитронно – эмиссионная томография                   | ← | оценки метаболизма                   |
| 7. Функциональная МРТ                                    |   |                                      |
| 8. Тренинг с использованием биологической обратной связи |   |                                      |

## *Вспомогательные методы:*

- Электроокулография
- Электромиография
- Электроретинография
- Регистрация электрической активности кожи (кожно-гальваническая реакция)
- Электрокардиография, анализ вариабельности серд.

# Доли новой коры больших полушарий:

- Лобная (фронтальная) F
- Теменная (париетальная) P
- Височная (темпоральная) T
- Затылочная (окципитальная) O



# МОДУЛИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ МОЗГА

## *Активирующие (десинхронизирующие)*

- РФ (ВАРС)
- Таламическая
- Гипоталамо-лимбическая

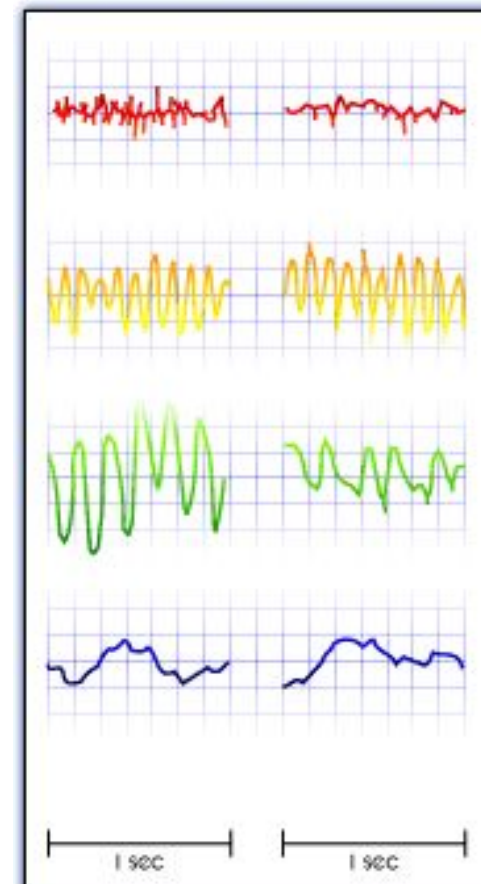
## *Ингибирующие (синхронизирующие)*

- РФ ствола
- Таламус
- Гипоталамус  
(передний)

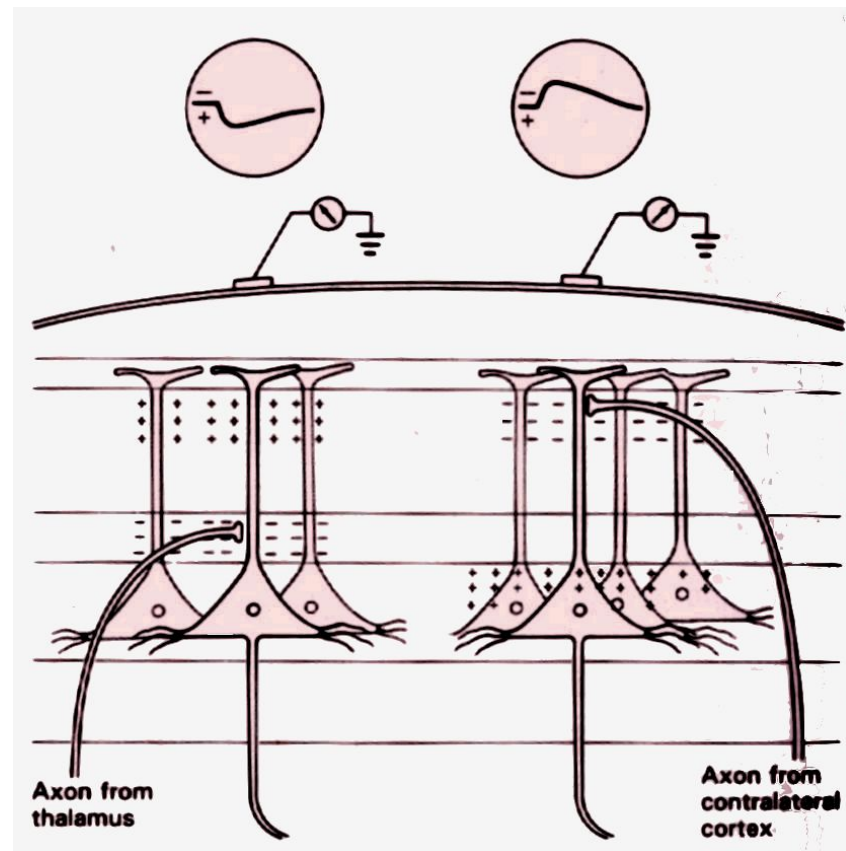
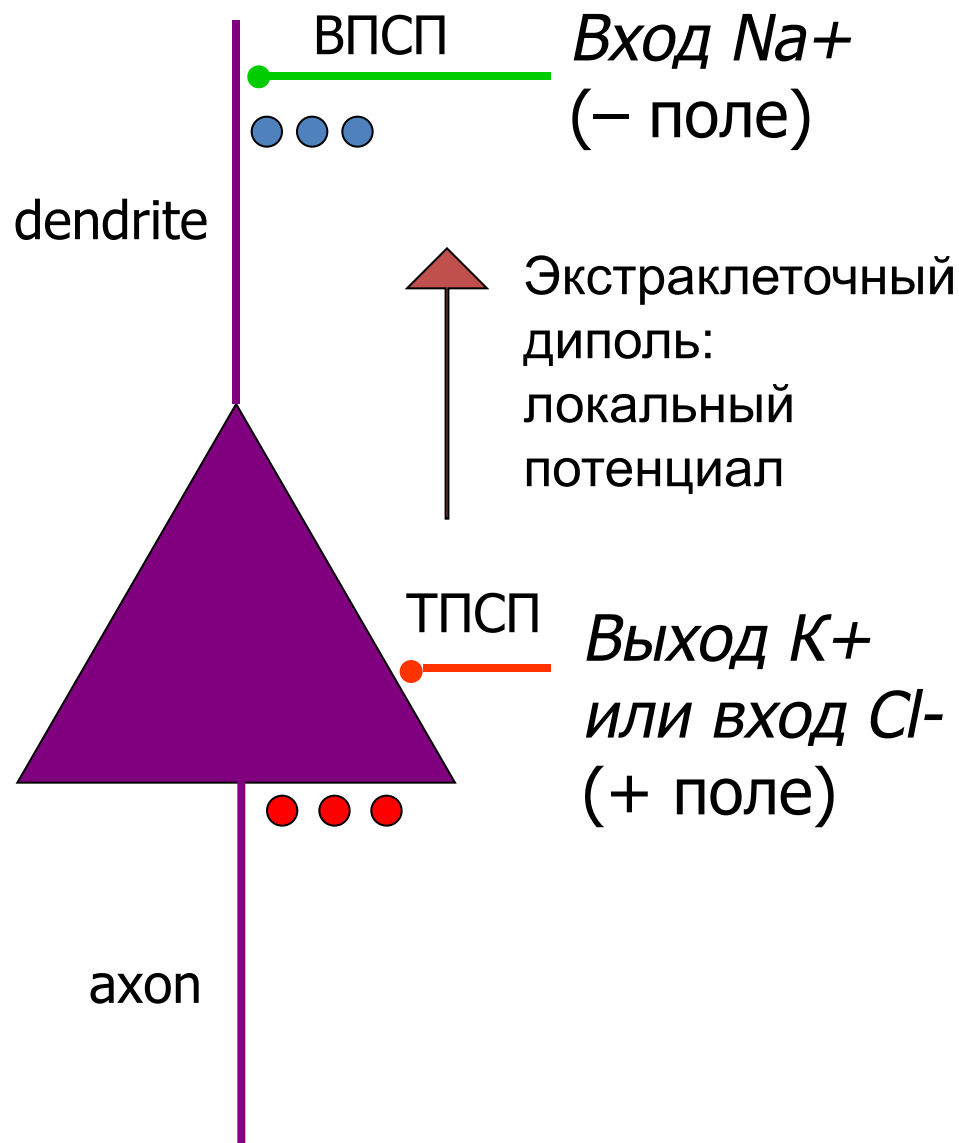
# ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ

- метод исследования головного мозга, основанный на регистрации его электрических потенциалов.

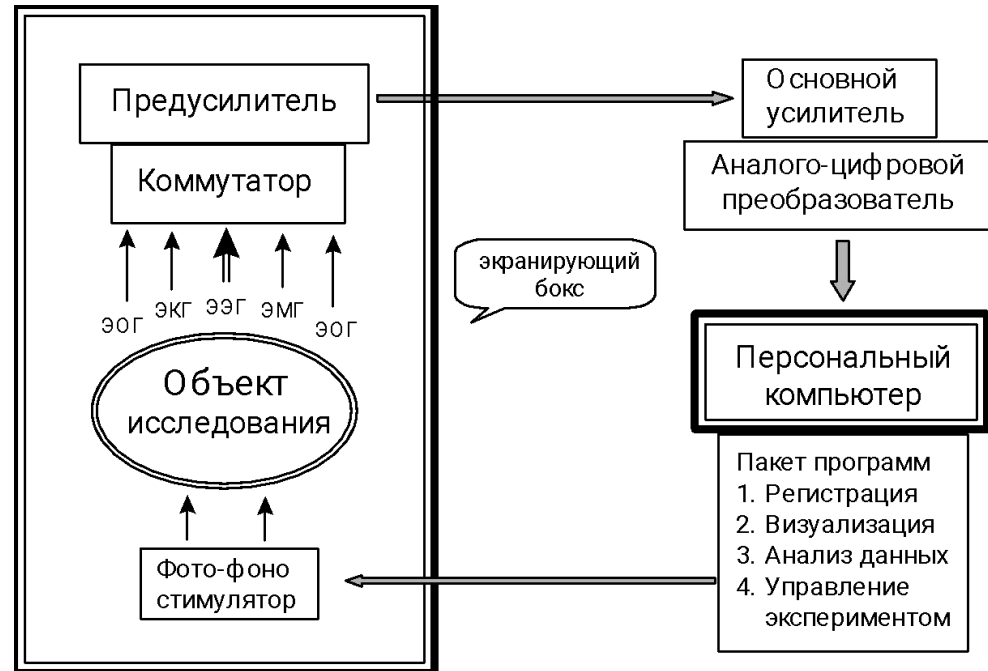
**Суммарная ЭЭГ** отражает **функциональную активность** громадных популяций нервных клеток, **функциональную активность мозга.**



ЭЭГ-сигнал – в основном, результат синхронной активации вертикально ориентированных пирамидных нейронов коры



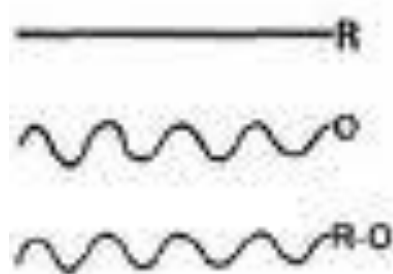
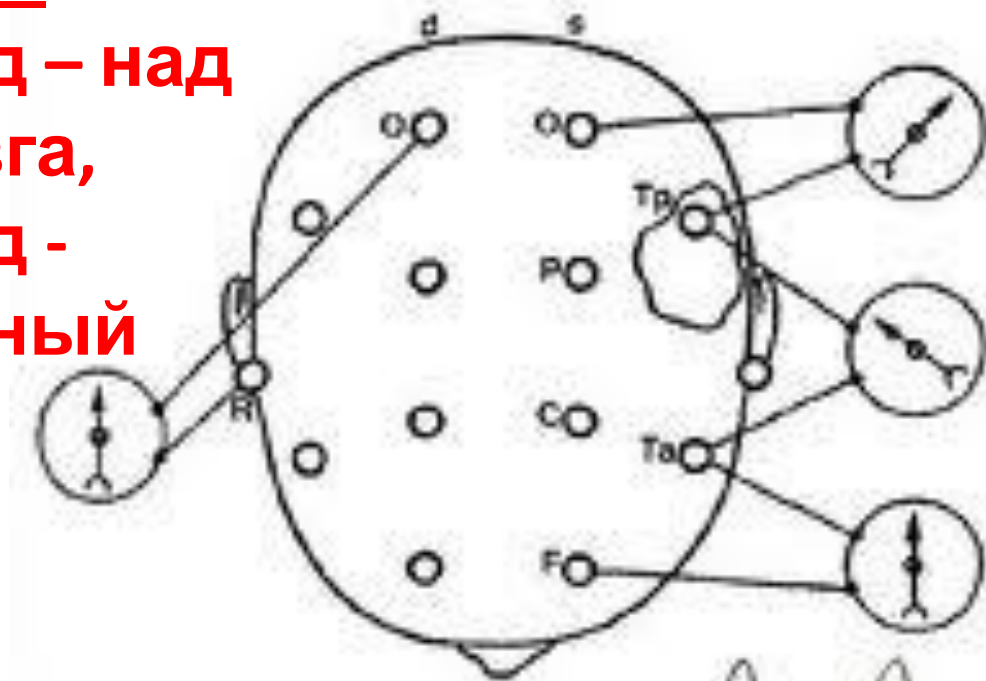
# Методика регистрации ЭЭГ



- Накожные электроды (с использованием электропроводящей среды – физ.раствора или геля)
- Шапочка для фиксации электродов
- Одна пара электродов – отведение.
- Для клинической диагностики чаще 4 - 8 пар электродов
- Фото (фоно)- стимулятор (для провокации судорожной активности)
- Экранирующая камера

## Монополярные отведения:

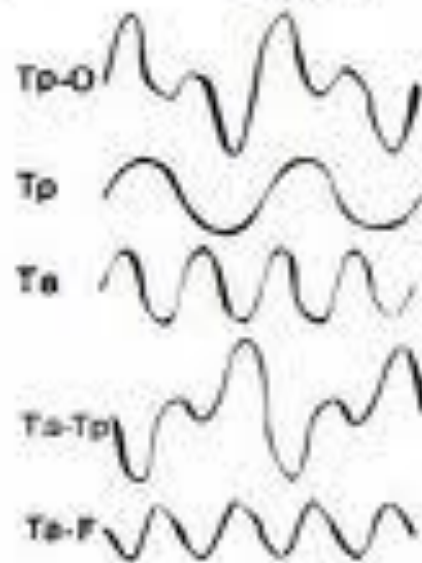
1 электрод – над зоной мозга,  
2 электрод – нейтральный



1

## Биполярные отведения:

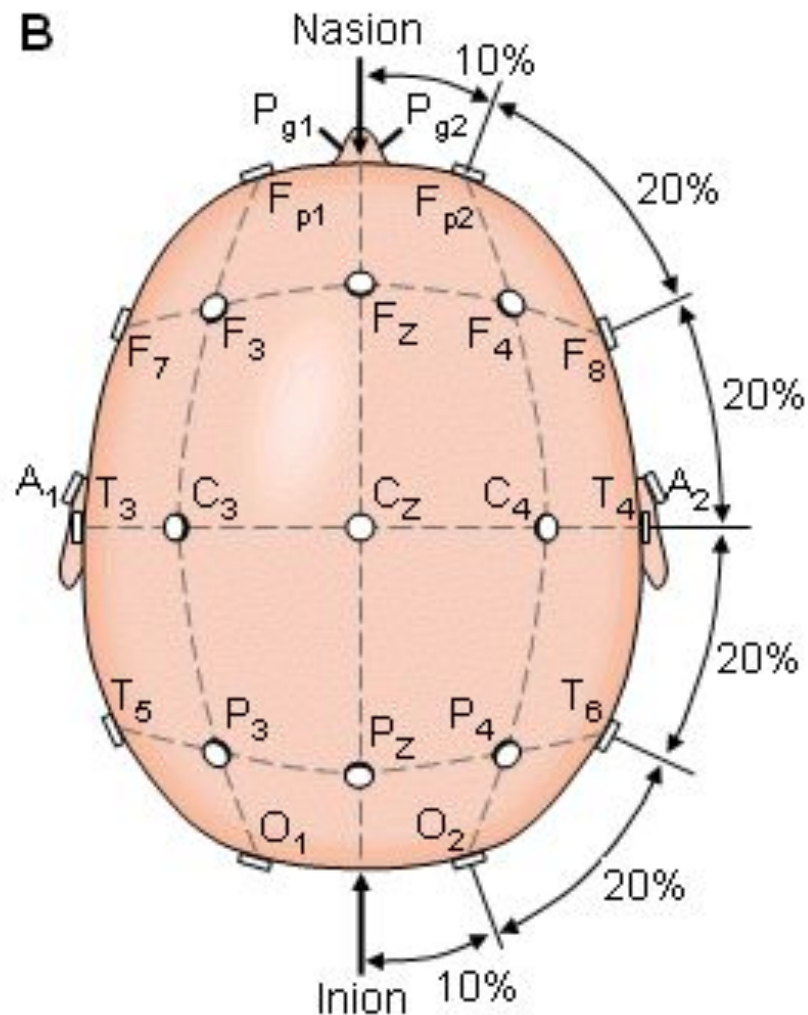
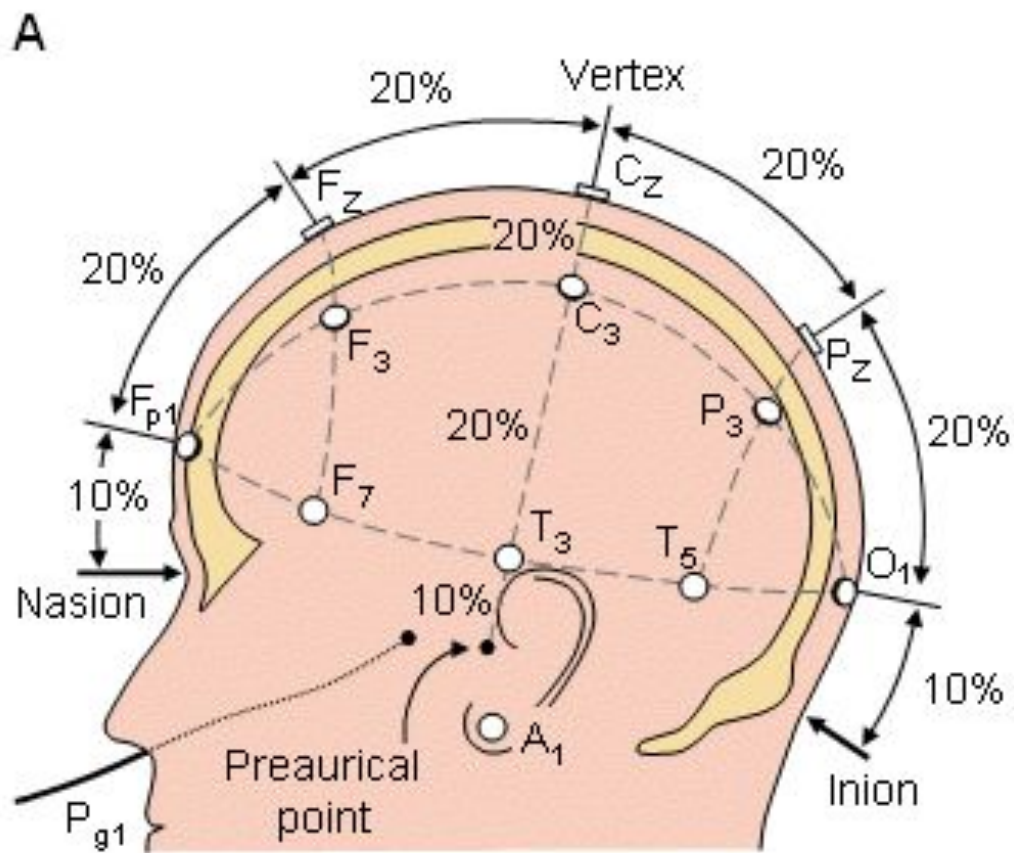
2 электрода над разными зонами мозга



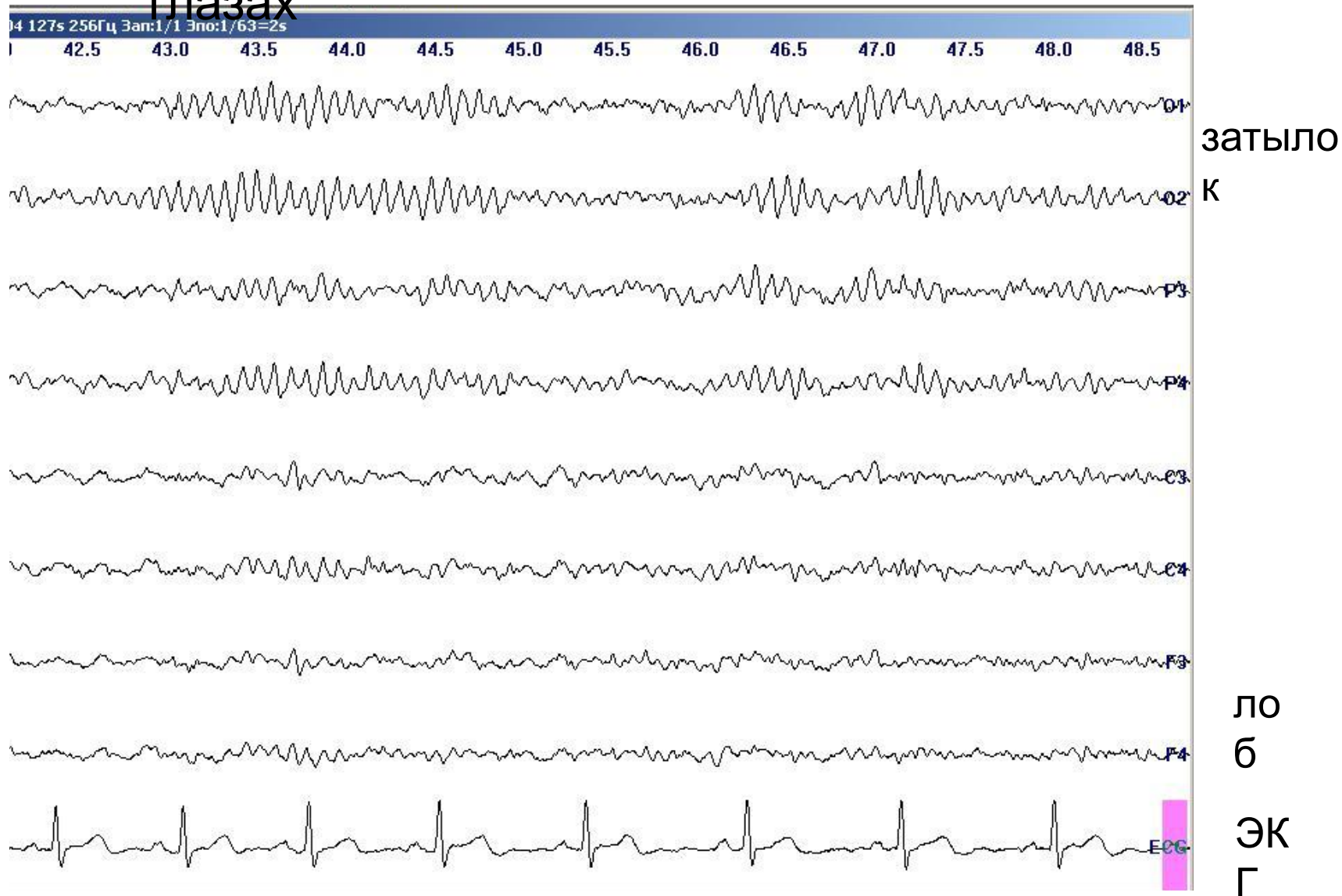
2



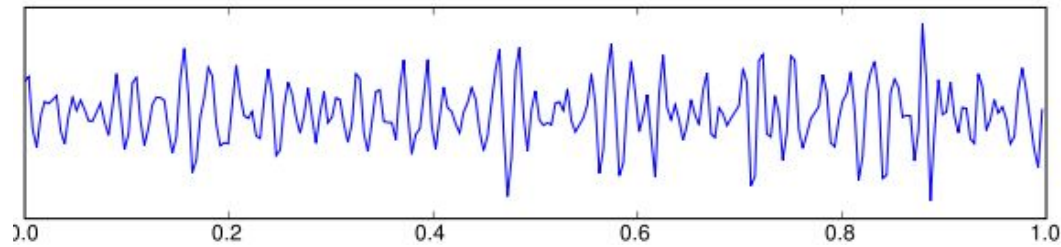
# Международная схема «10-20%»: *схема наложения ЭЭГ-электродов*



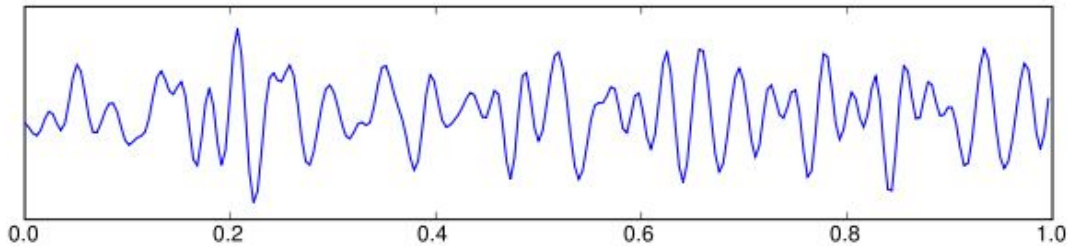
# ЭЭГ, зарегистрированная при закрытых глазах



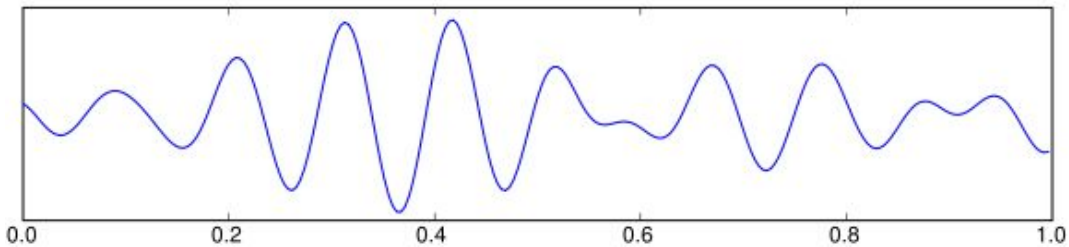
Виден лобно-затылочный градиент альфа-ритма: в затылочной области более выражен по сравнению с лобной



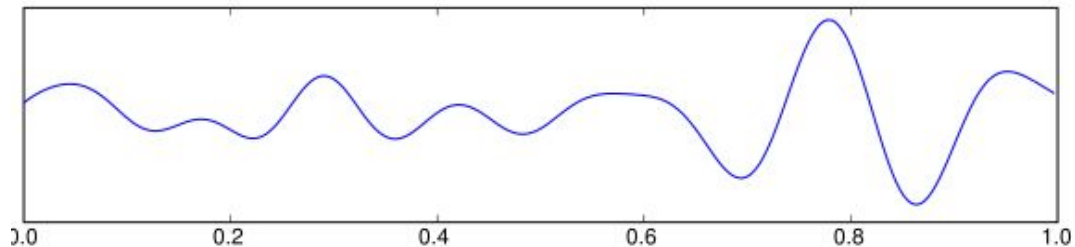
**Гамма-ритм - более 30 волн/с**



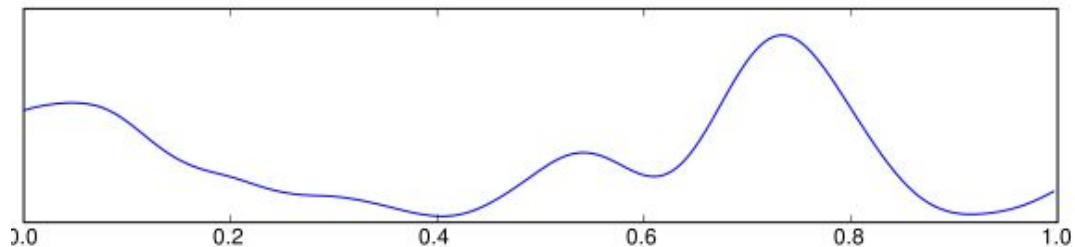
**Бета-ритм - 14-30 волн/с**



**Альфа-ритм - 8-13 волн/с**



**Тета-ритм - 4-7 волн/с**

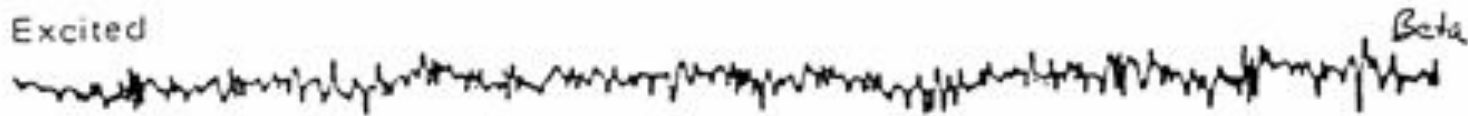


**Дельта-ритм - 1-3 волн/с**

# БИОРИТМЫ ЭЭГ

Активное внимание

Excited



Beta



$\beta$

Расслабленное состояние (диффузное бодрствование)

Relaxed



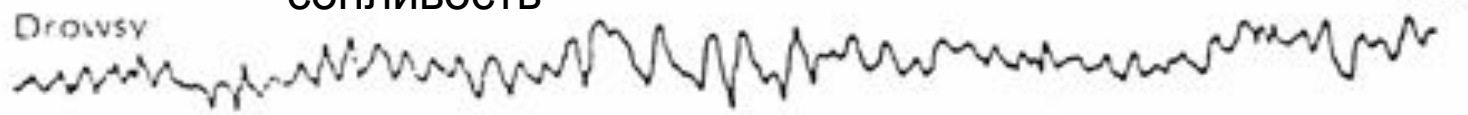
Alpha



$\alpha$

СОНЛИВОСТЬ

Drowsy



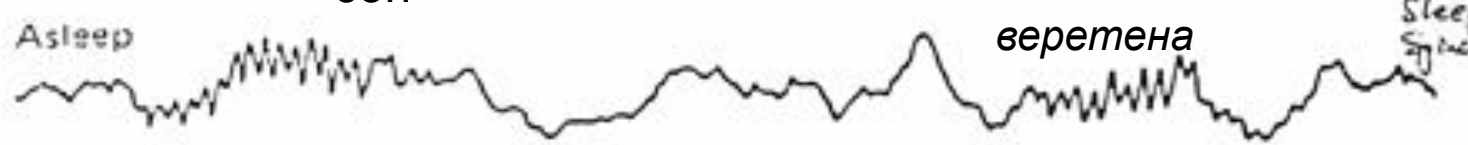
Theta



$\theta$

СОН

Asleep



Sleep Spindles



сонные  
веретена

Глубокий сон

Deep sleep



Delta

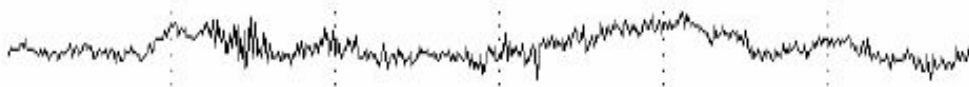


$\Delta$

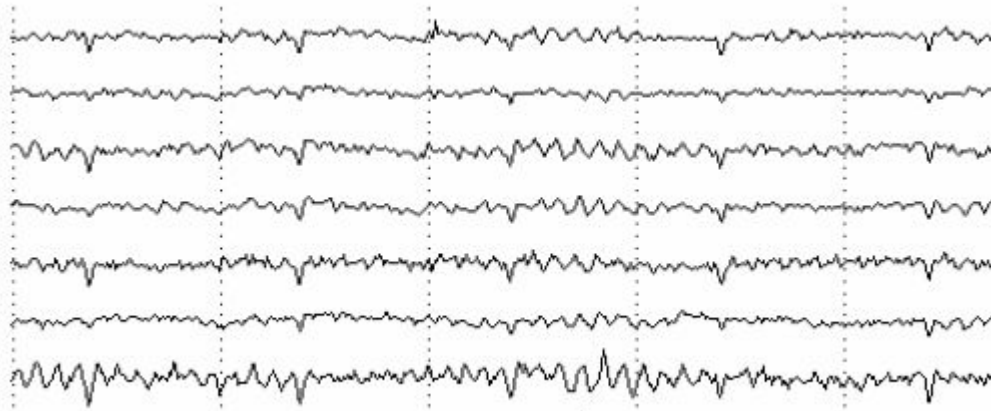
50  
мкВ

1 sec

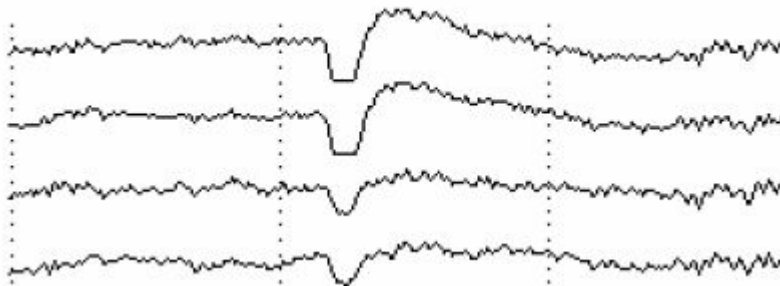
# Артефакты на ЭЭГ-записи



В виде ЭМГ  
(при  
треморе)



Наложение ЭКГ-  
сигнала



Электроокулограм  
ма

# Пробы:

- С открыванием и закрыванием глаз
- С гипервентиляцией
- С фотостимуляцией

Покой, глаза  
**открыты**

0  
1  
0  
2

Покой, глаза  
**закрыты**

0  
1  
0  
2

*Начинает преобладать альфа-  
ритм!*

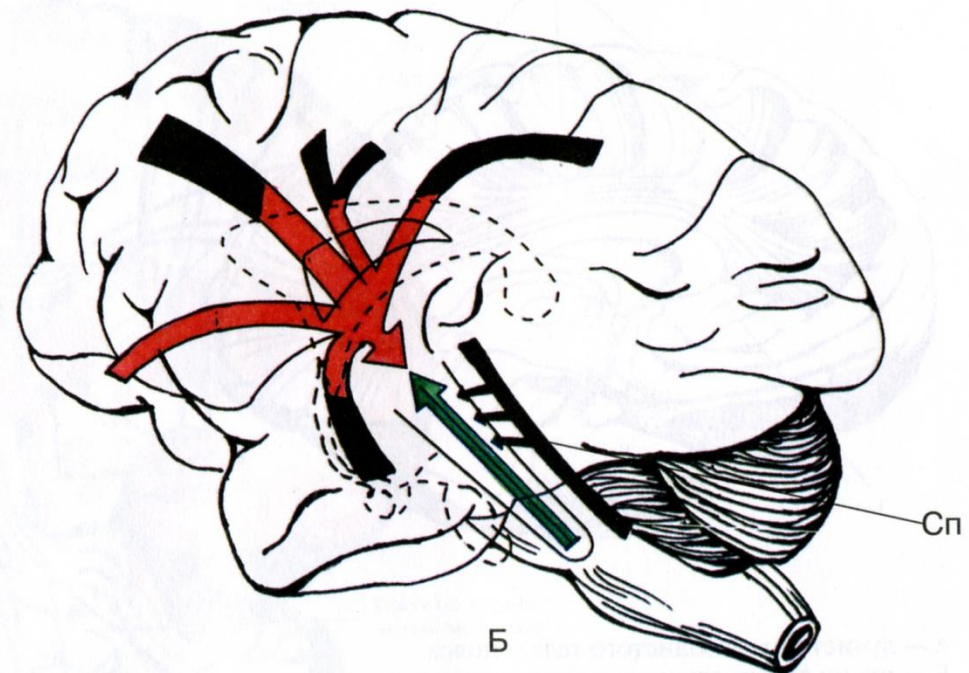
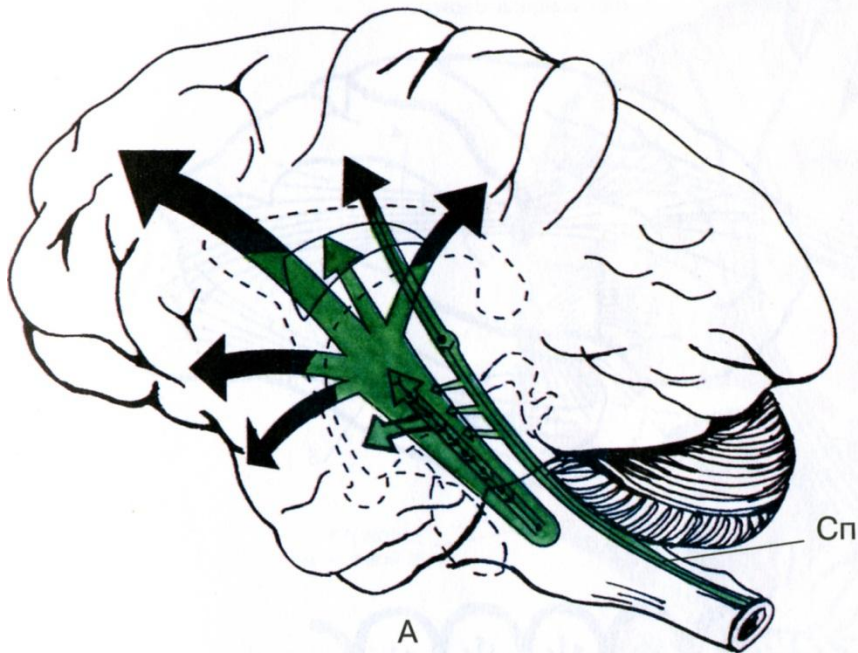
# Источники ритмов разнообразны!

**1) Модулирующие системы мозга** – ретикулярная формация, таламус.

- ✓ Через таламус проходят все сенсорные пути, он связан с системами эмоций и управления движением.

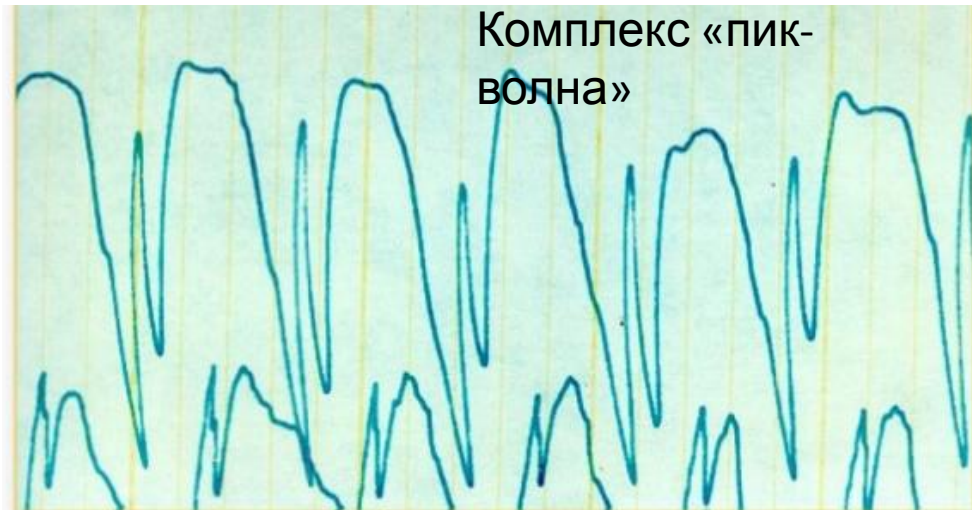
2) Циркуляция возбуждений в **лимбической системе**.

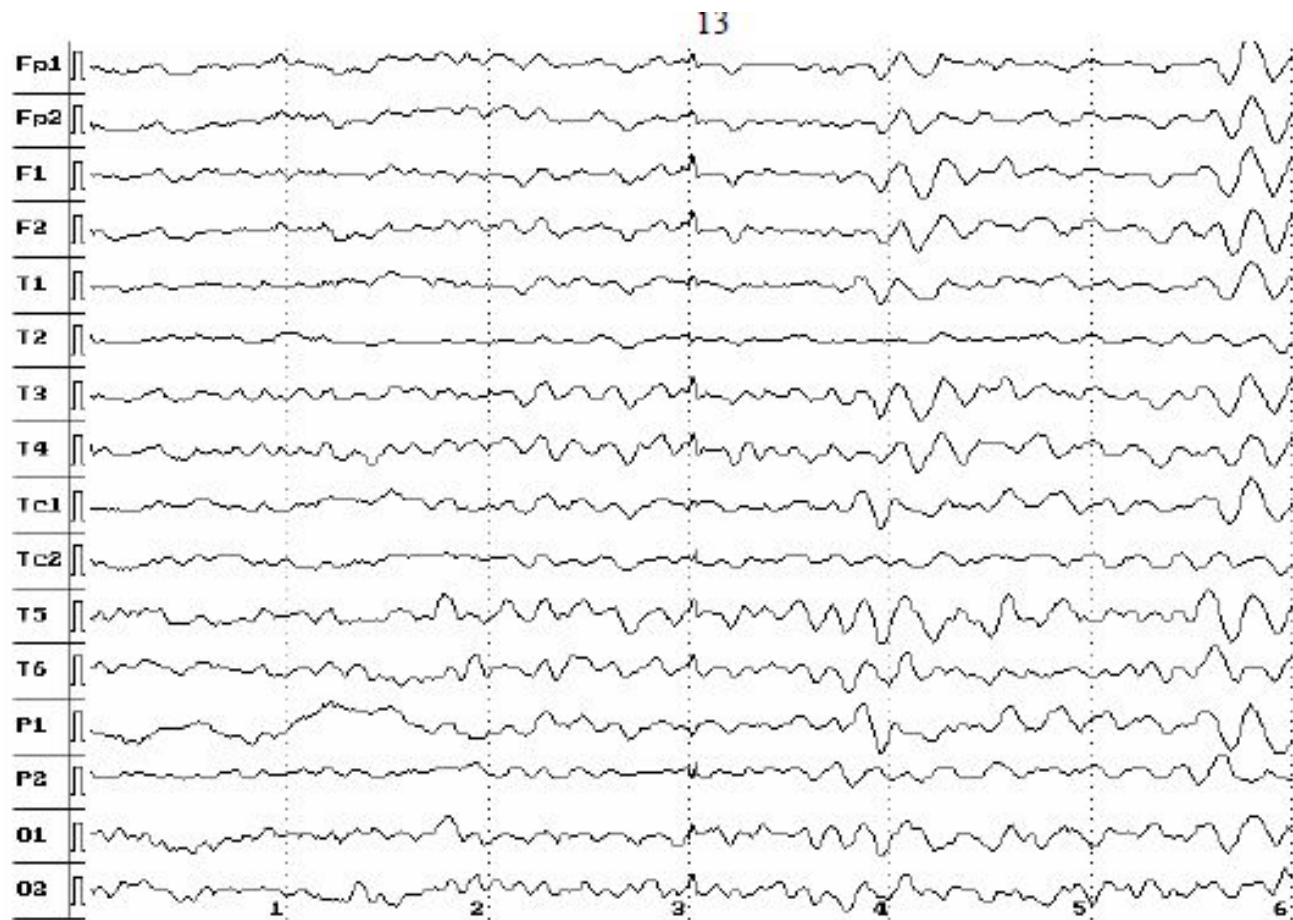
**3) Коровые нейронные сети** (организация поведения и контроль потоков информации).





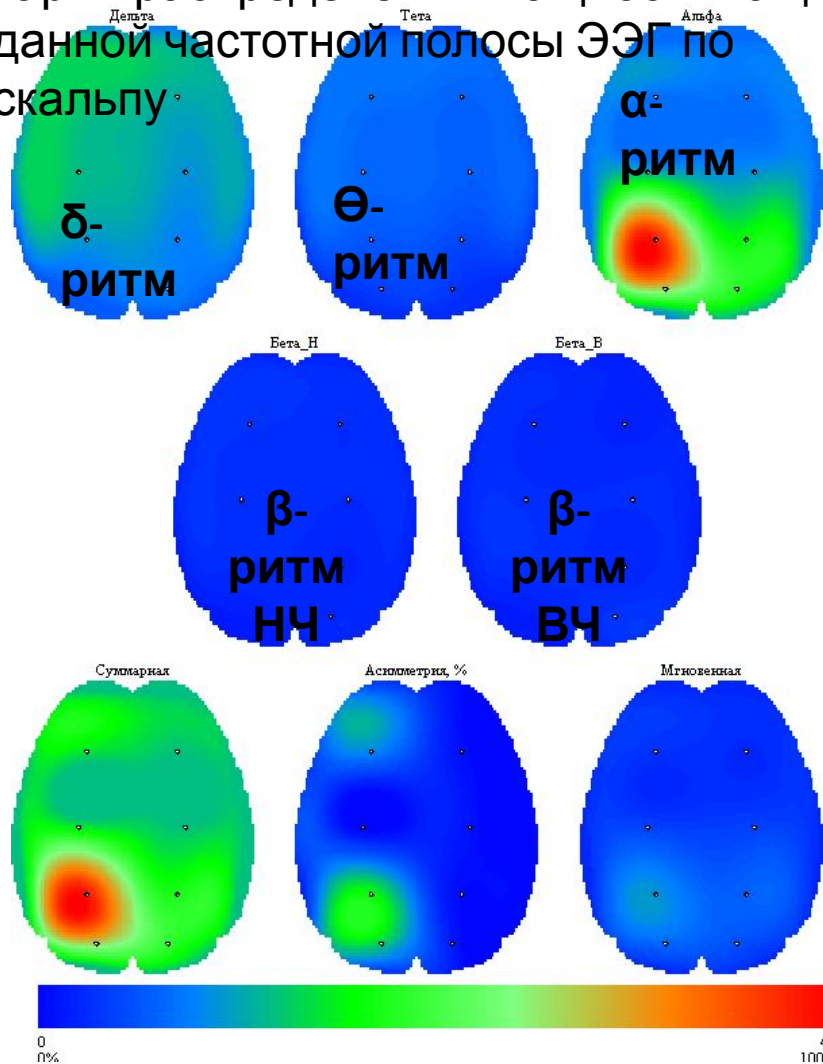
# Эпи- активность



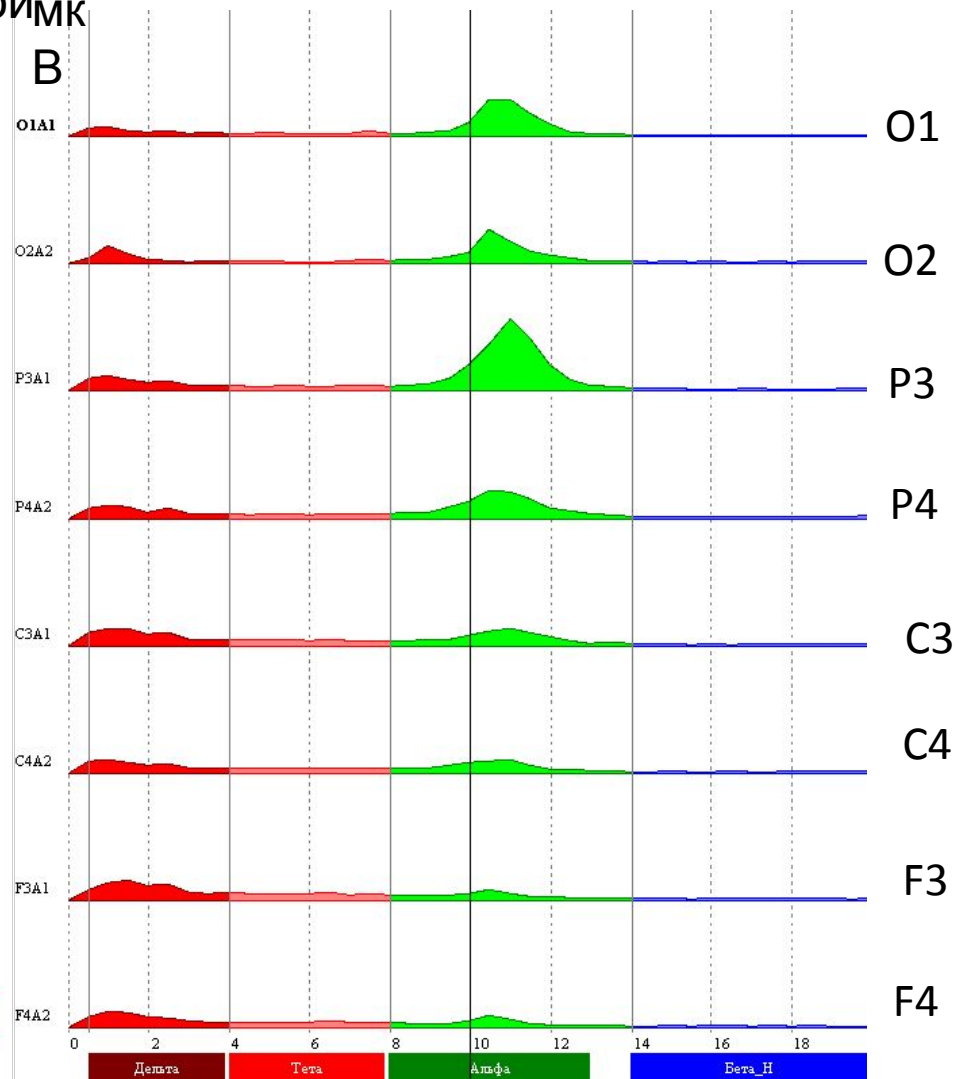


**ЭЭГ ребенка (проба с гипервентиляцией):**  
пароксизмальная активность - синхронизованные по  
всем отведениям тета- и дельта-волны высокой  
амплитуды.

**Топографический анализ - картирование.** Результаты спектрального анализа могут быть представлены в виде топографической карты распределения мощности каждой данной частотной полосы ЭЭГ по скальпу.



**Спектральный анализ ЭЭГ** (базируется на алгоритмах быстрого преобразования Фурье): графики амплитуды или мощности частотных составляющих



Запись в покое, глаза

# Дополнительные мат.методы анализа ЭЭГ



Рис. 13. Кросскорреляционная функция противофазных процессов

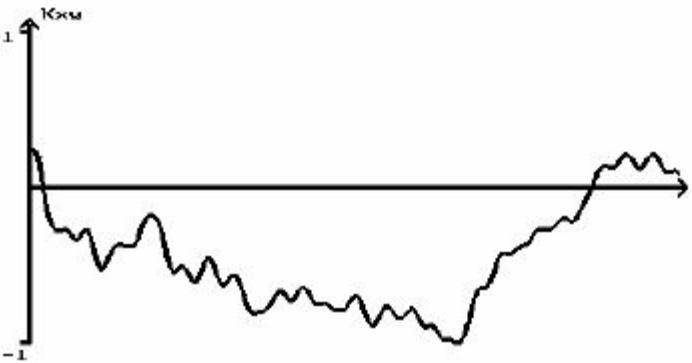
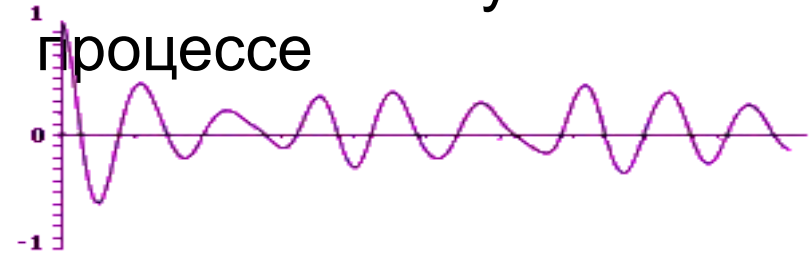


Рис. 14. Кросскорреляционная функция слабо связанных процессов



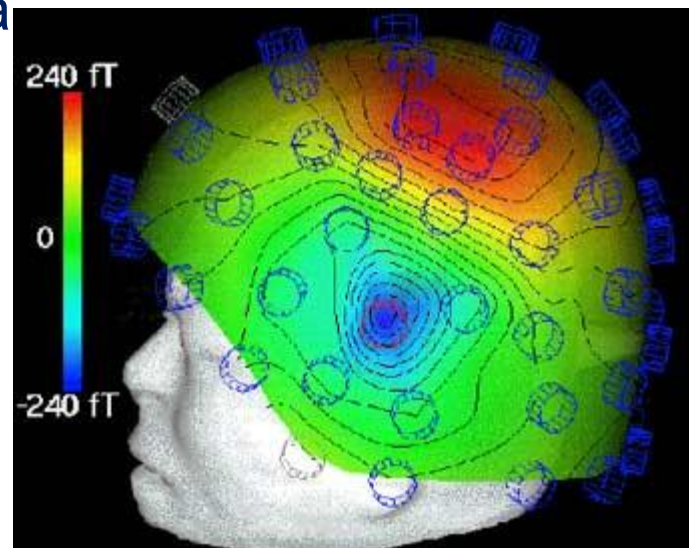
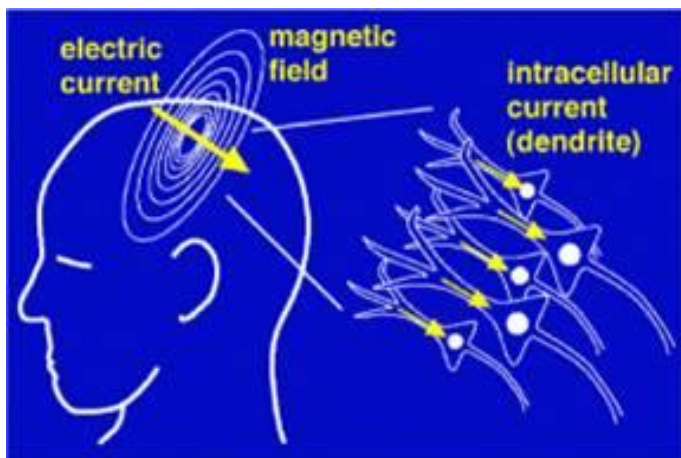
Кросскорреляционная  
функция

- **Автокорреляционная функция** – помогает выделить гармонические колебания в случайном процессе
- **Кросскорреляционная функция** – показывает степень связности ЭЭГ двух точек (отражает взаимодействие корковых зон)
- **Функция когерентности** – отражает степень синхронизации ЭЭГ двух



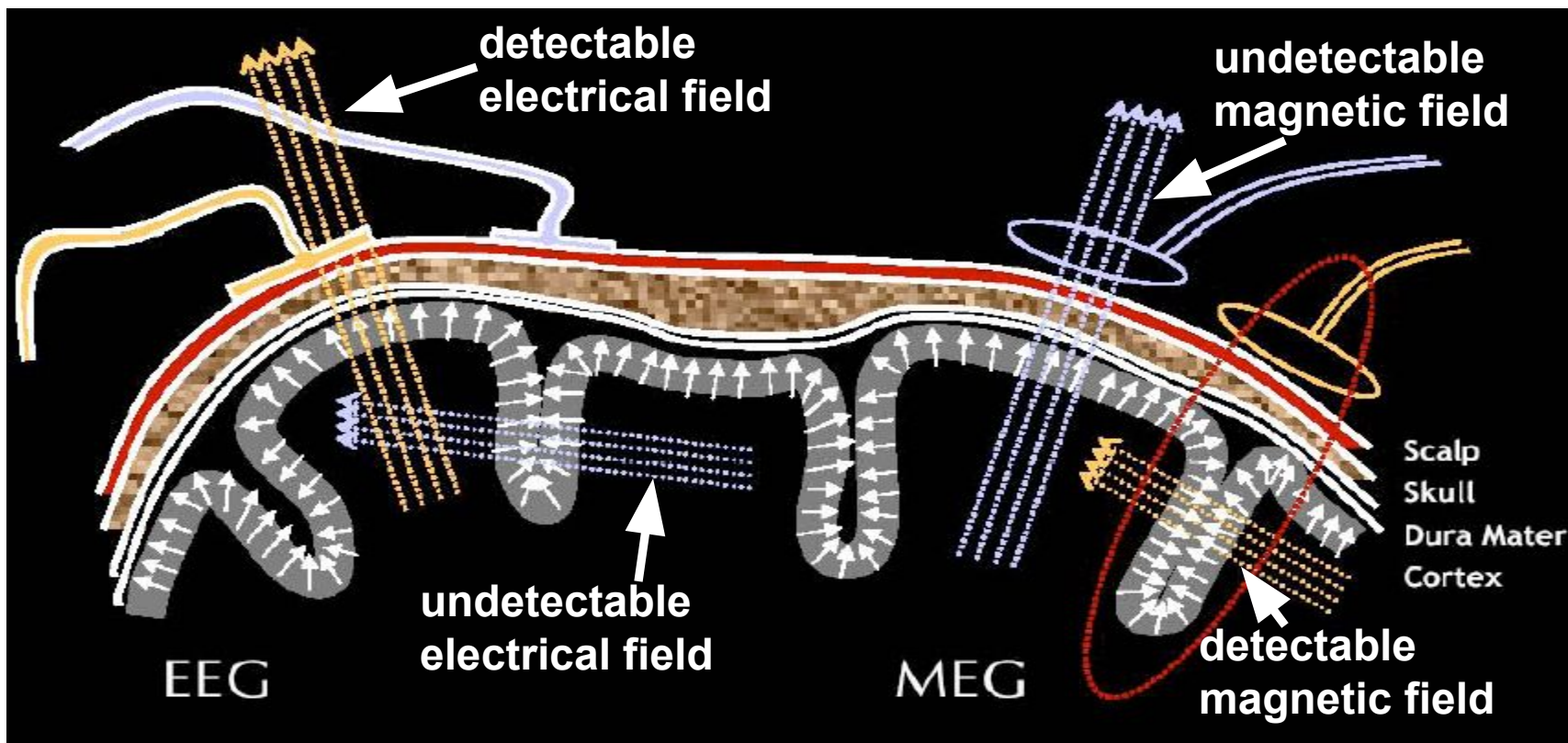
# Магнитоэнцефалография

Применение МЭГ: локализация источника патологической активности; позволяет определять локализацию только корковых диполей, тогда как в ЭЭГ суммируются сигналы от всех источников независимо от их ориентации.



МЭГ основана на измерении и визуализации магнитных полей, возникающих вследствие электрической активности мозга





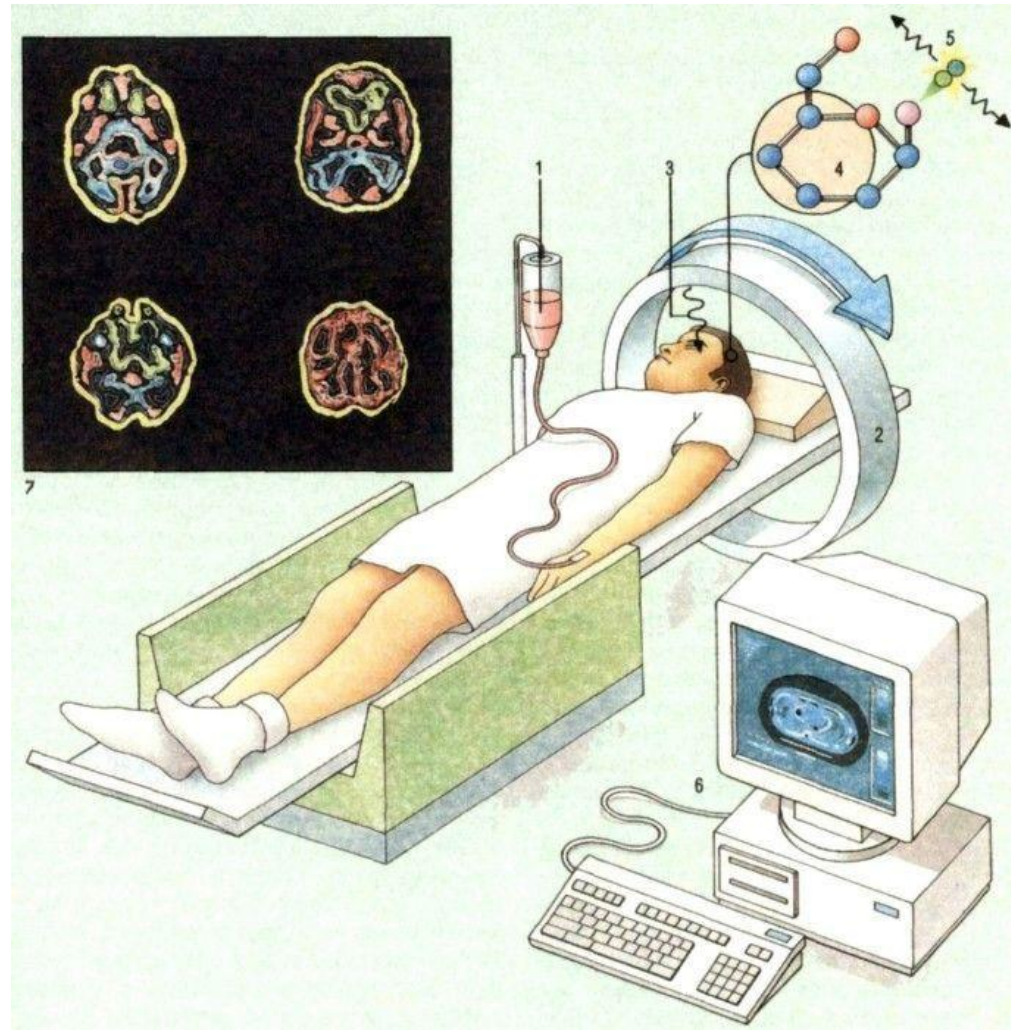
Активация пирамидальных нейронов V слоя коры:

- ориентированных перпендикулярно скальпу, дает вклад в ЭЭГ,
- ориентированных параллельно скальпу (в бороздах), дает вклад в МЭГ

# Методы нейровизуализации:

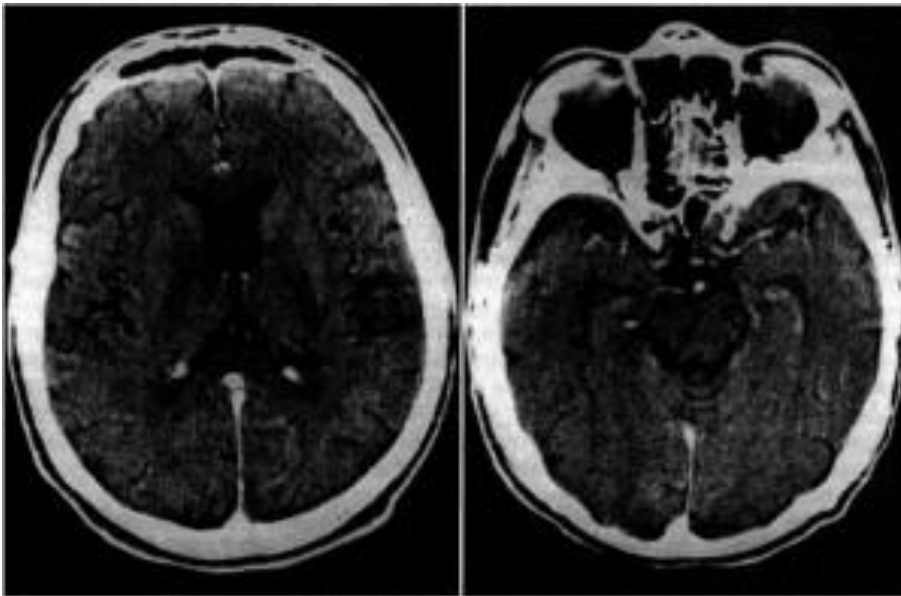
**Компьютерная томография** — метод неразрушающего послойного исследования внутренней структуры объекта.

*Методы томографии позволяют бесконтактно изучать функционирование мозга (локализацию структур, функций, интенсивность нейронной активации и т.д.) в режиме реального времени.*



# ***Рентгеновская компьютерная томография***

— основана на измерении и компьютерной обработке разности ослабления рентгеновского излучения различными по плотности тканями.



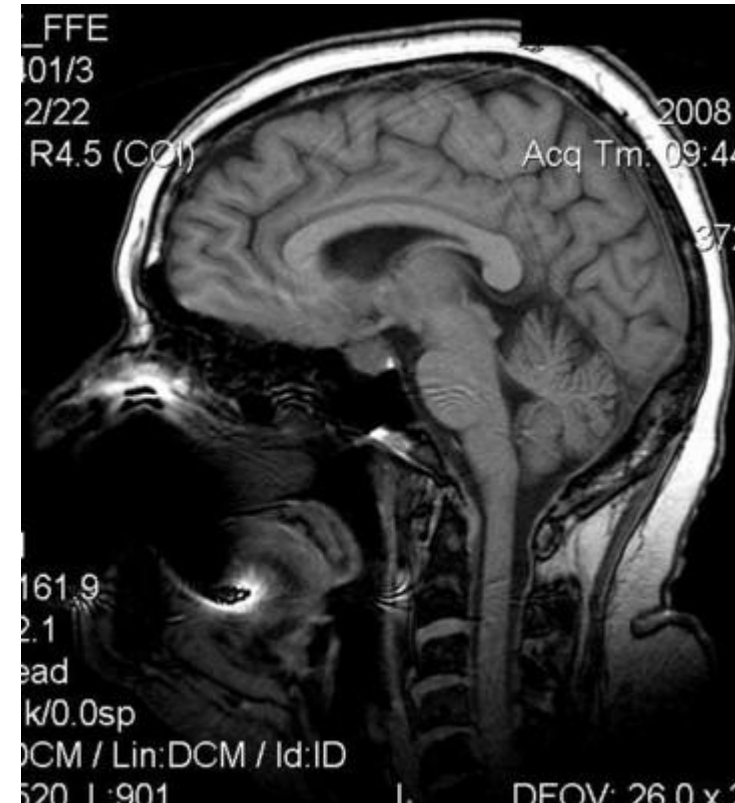
Нормальная картина головного мозга при КТ с контрастированием у пациента 62 лет (срезы на уровне среднего мозга и боковых желудочков).

**Главное отличие КТ от рентгенографии: рентген дает только одно изображение части тела. При помощи КТ можно получить множество изображений одного и того же органа и таким образом построить внутренний поперечный срез этой части тела.**



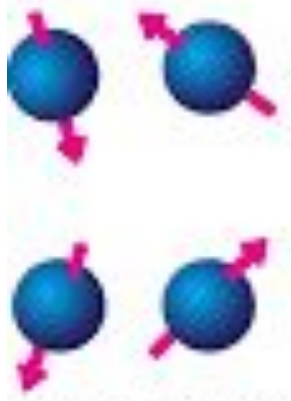
# Магнитно-резонансная томография

Метод основан на явлении *ядерного магнитного резонанса*: измеряют энергию, выделяемую протонами атомов водорода при помещении тканей организма в постоянное магнитное поле. При этом сигналы подвижной ткани (крови) и окружающих неподвижных тканей, мягких и плотных тканей различны.

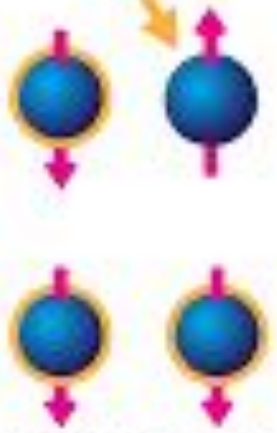
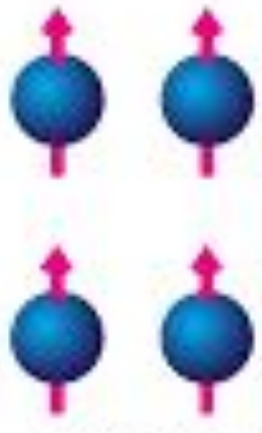


Радиочастотные  
фотоны

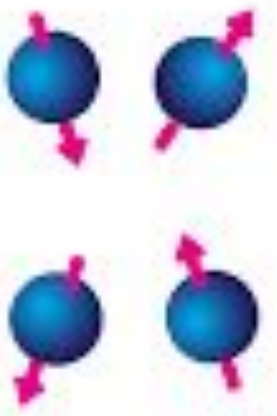
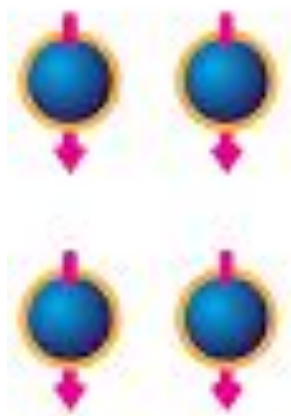
МП  
ВЫКЛ



МП  
ВКЛ



Время и количество изменений при перестройке спинов зависит от толщины и жесткости ткани, содержащей молекулы воды.



Выкл.  
поток  
радиочаст

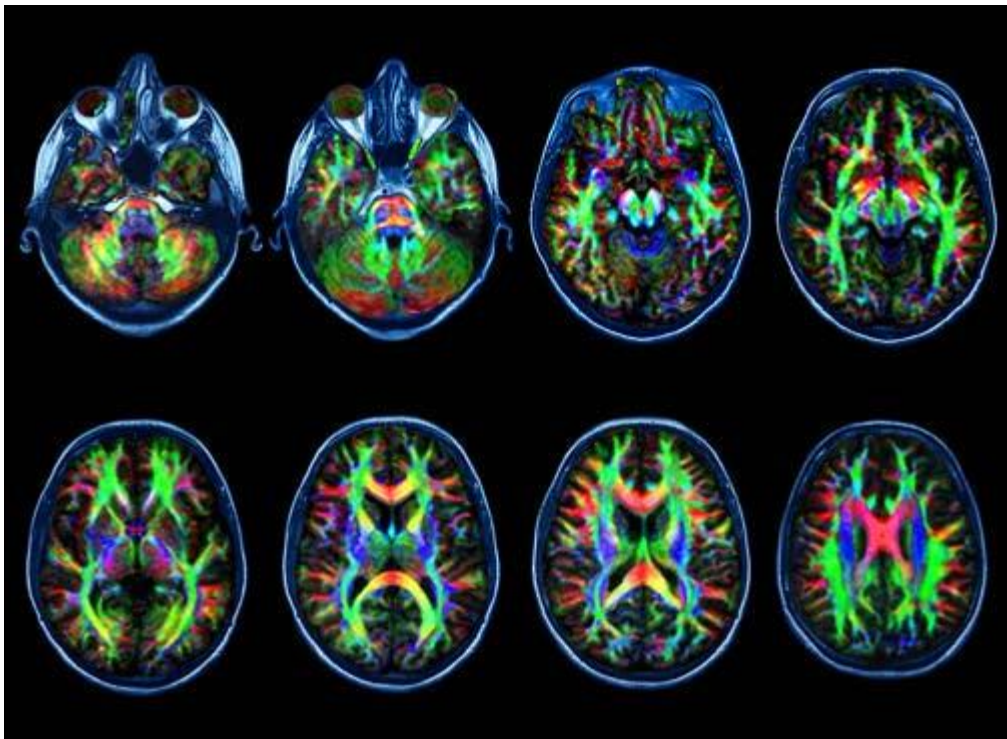
Испускание  
поток  
радиочастиц

МП  
ВЫКЛ

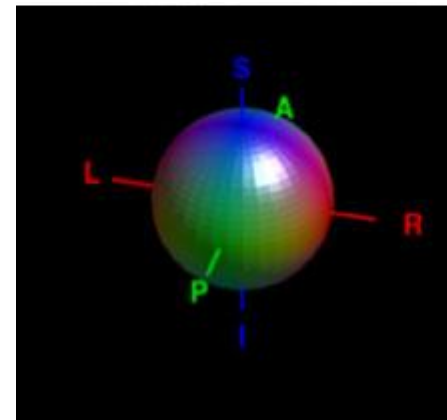
# Диффузионная тензорная визуализация (магнитно-резонансная трактография)

**Суть метода:** оценка диффузии молекул свободной воды вдоль аксонов нейронов головного мозга

**Значение:** получение информации об организации связей между структурами головного мозга (возможно создание трехмерной модели).

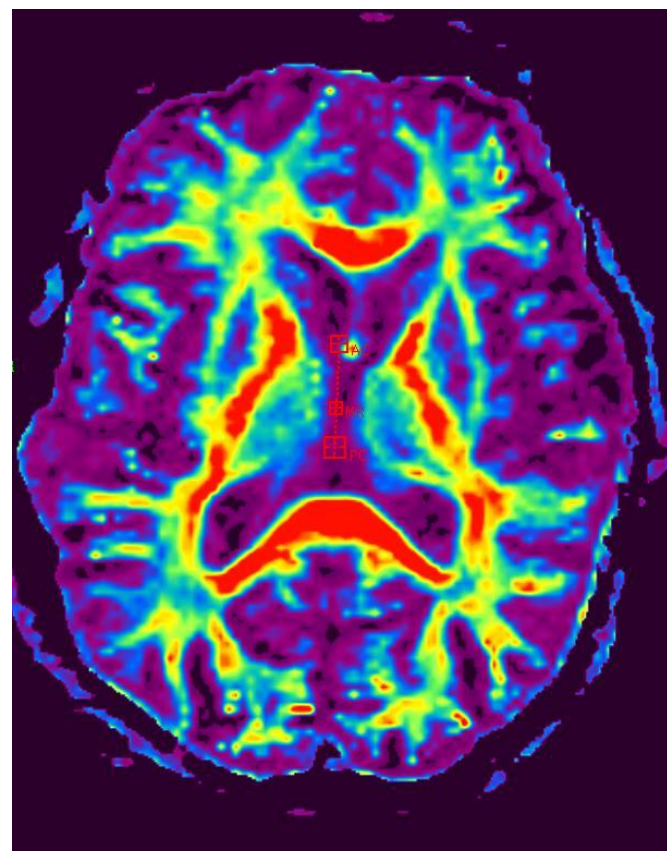


- Цвет соответствует ориентации волокон:
- Передний-задний отделы – синий
  - Право-лево – красный
  - Внутренний – наружный - зеленый



## Клиническое применение:

1. Определение изменений вещества головного мозга на микроструктурном уровне, которые не видны на традиционных МР-томограммах.
2. Позволяет провести количественную оценку интересующих зон и областей и подтвердить вовлечение в патологический процесс белого вещества головного мозга.
3. Дополнительная методика лучевой диагностики при первичном обследовании пациентов с рассеянным склерозом, эпилепсией, болезнью Альцгеймера, болезнью Паркинсона, а также в контроле за эффективностью проводимого лечения.
4. Позволяет определить точное расположение нервных волокон и подкорковых ядер для дальнейшего хирургического вмешательства (нейрохирургия, радиохирургия)
4. Способствует установлению природы опухолевых и неопухолевых заболеваний головного мозга и психических расстройств.



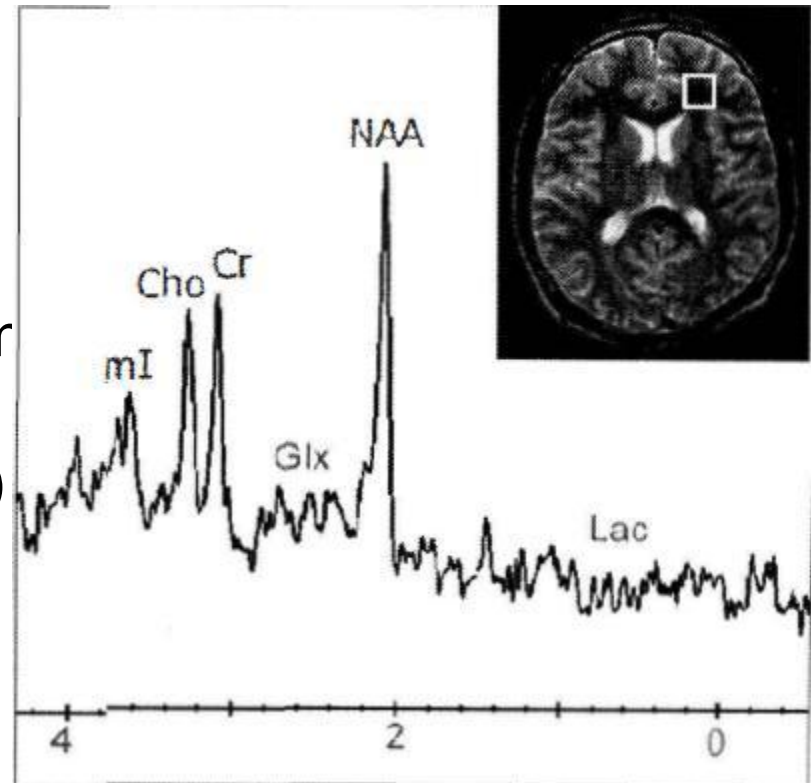
*МР-трактография  
пациента с болезнью  
Паркинсона*

# Магнитно-резонансная спектроскопия

Протонная МР-спектроскопия основана на изменении резонансной частоты протонов, входящих в состав различных химических соединений:

NAA - N-ацетиласпартат (2,0 ppm);  
Cho - холин (3,2 ppm);  
Cr - креатин (3,03 и 3,94 ppm );  
mI - миоинозитол (3,56 ppm);  
Glx - глутамат и глутамин (2,1 -2,5 ppm)  
Lac - лактат (1,32 ppm );  
Lip - липидный комплекс (0,8-1,2 ppm)

*Позволяет оценить тип поражения мозга (тип опухоли, ишемия, демиелинизация и пр.) по метаболитному составу*



Одновоксельная протонная МР-спектроскопия вещества мозга в норме.

# Методы нейрокартирования: регистрация локального мозгового кровотока

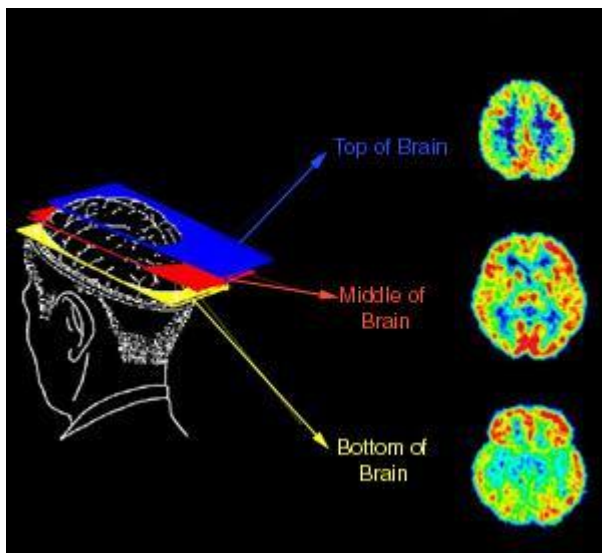


1970-е -- позитронно-эмиссионная томография (PET)

1990-е -- функциональное магнитно-резонансное  
картирование (fMRI)

# Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)

Метод основан на регистрации гамма-квантов, возникающих после введения радиоактивного фармпрепарата; дает возможность не только получать изображение структур мозга, но и оценивать их функцию и метаболизм.



- трудоемкость измерения
- доза радиации



# Особенности метода ПЭТ

Субъекту вводят изотоп в виде соединения с другими молекулами (например, F18-дезоксиглюкозу). Изотоп накапливается в местах с **повышенной метаболической активностью**.

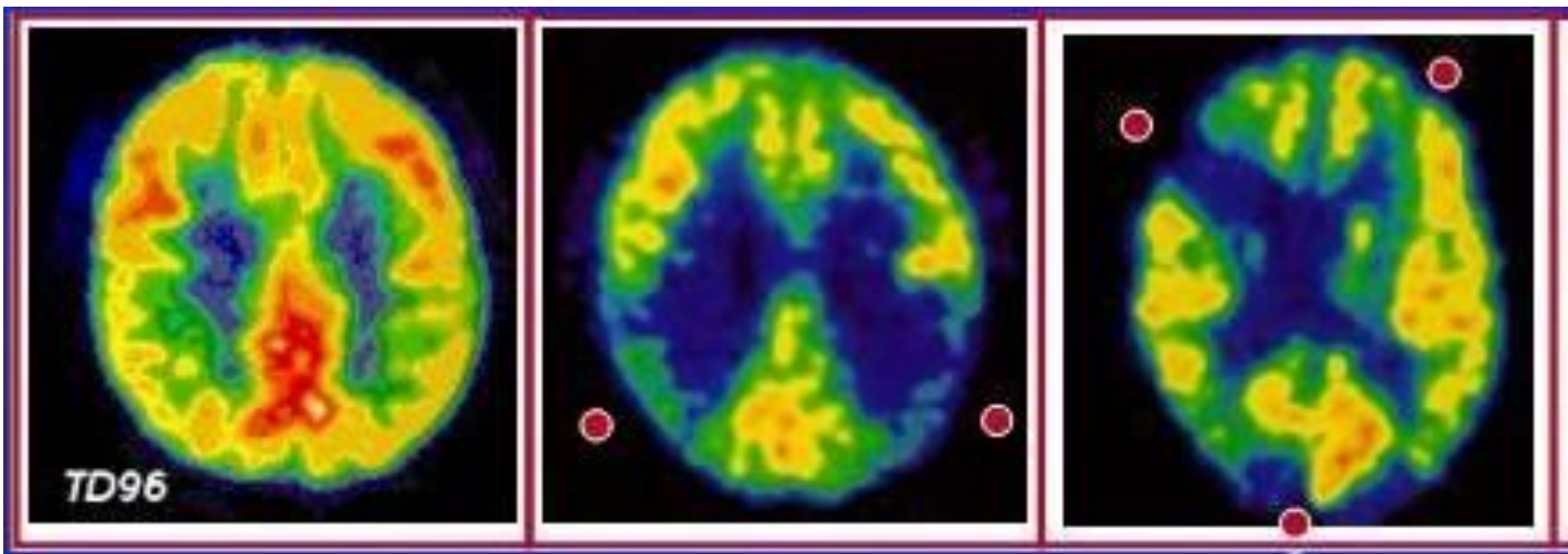
В мозге изотопы излучают позитроны, которые сталкиваются с электронами. Столкновение приводит к уничтожению частиц и появлению пары фотонов, которые разлетаются под углом 180 градусов и регистрируются детекторами.

**Вывод:** детекция участков мозга с повышенным метаболизмом (активностью).





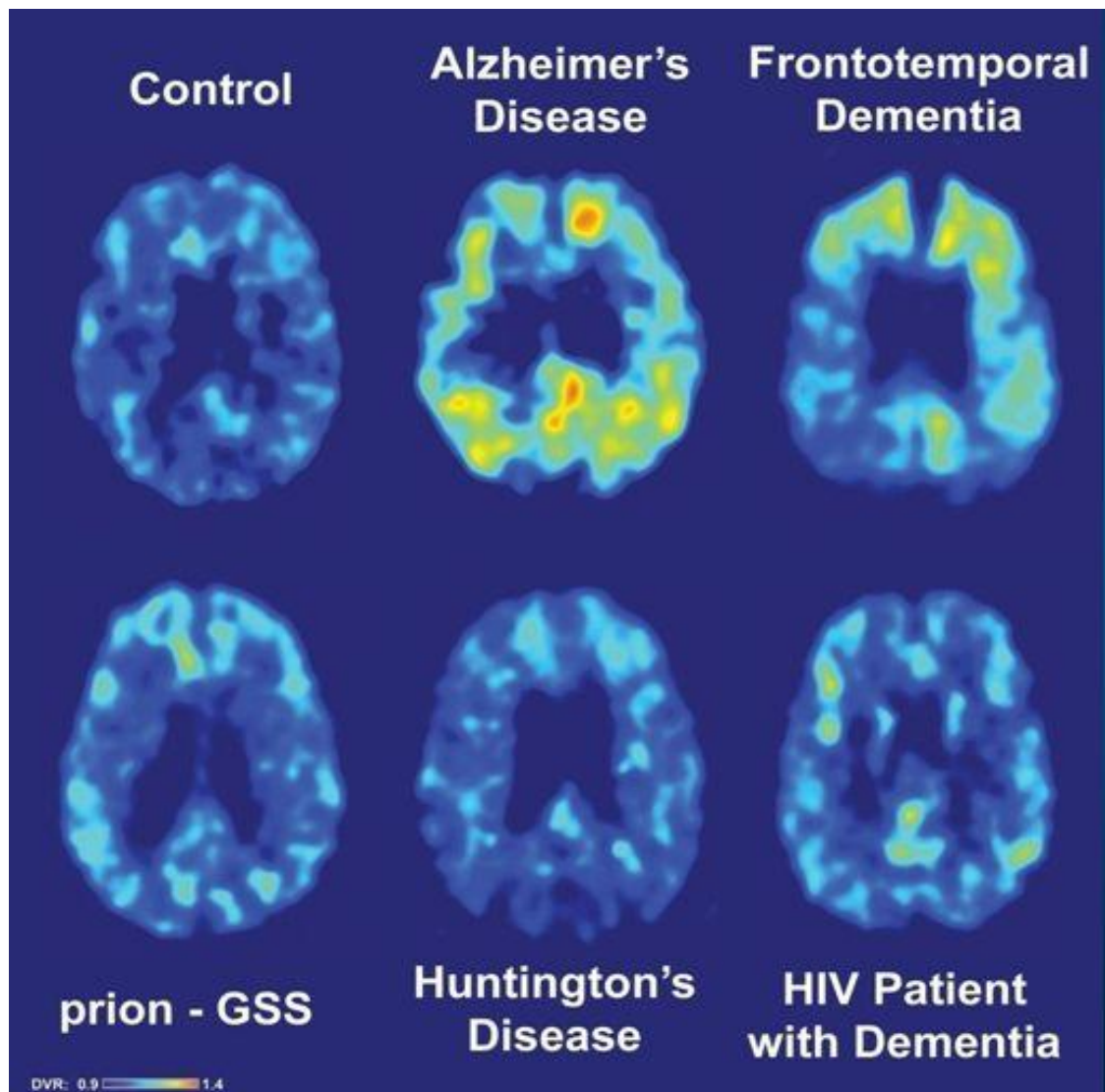
# РЕЗУЛЬТАТЫ ПЭТ



**Здоровый мозг**

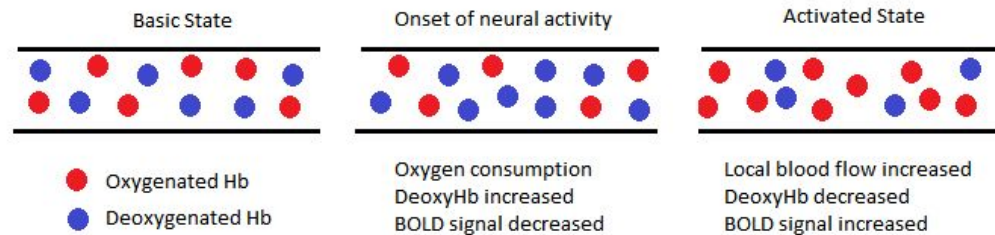
**Болезнь  
Альцгеймера**

**Сосудистая  
деменция**



Использование метода ПЭТ с введением маркера тау-белка (FDDNP) позволяет дифференцировать болезнь Альцгеймера от других нейродегенеративных заболеваний

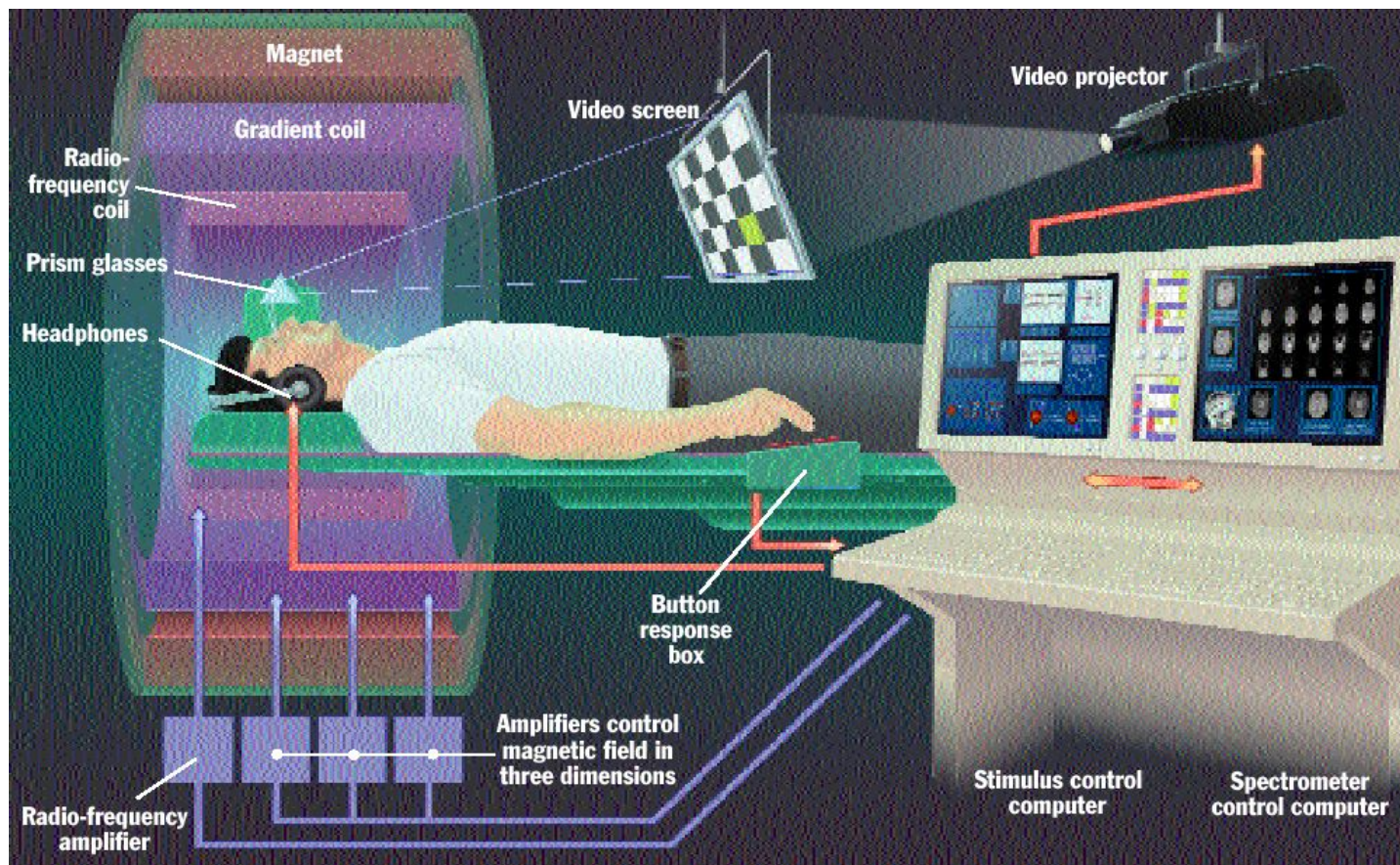
# Функциональное магнитно-резонансное картирование



*Functional magnetic resonance imaging (fMRI)* основан на различных магнитных свойствах оксигемоглобина и восстановленного гемоглобина. ↑ активности нейронов участка мозга - ↑ метаболизм - ↑ кровотока – много оксигемоглобина, ↓ концентрации дезоксигемоглобина.

Вывод: метод позволяет выявлять интенсивно работающие участки мозга. Таким образом, можно оценить связь структур мозга с речью, зрением, памятью, движением и др. функциями.

# Функциональное магнитно-резонансное картирование



участки мозга с повышенным кровотоком регистрируются, и их изображение накладывается на обычную МРТ мозга.

# Активность коры при разных психических процессах

ACT

Слушание



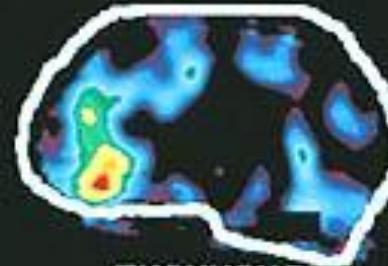
Зрительное наблюдение



Произнесение  
СЛОВ



Мышление



Sherwood  
Figure 5-9

(b)