

# **ПРИБОРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ**

**Аристов Александр Александрович**

# Виды диагностики

- **средства структурной диагностики**

методы, которые изучают «как это устроено» (рентгеновское исследование томография, УЗИ и пр.)

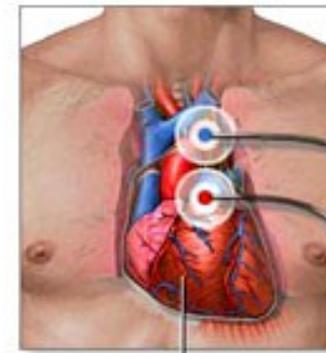
- **средства функциональной диагностики**

методы, которые изучают «как это работает» (средства визуализации электромагнитного, теплового излучений, механических, гидро и газодинамических и пр. проявлений жизнедеятельности)

Магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга



Электрокардиограмма



Сердце



Монитор



# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА

Сердечно-сосудистая система

Кровообращение

Нервная и мышечная системы

Внешнее дыхание

Электрокардиография

Векторкардиография

Фонокардиография

Тонометрия

Реография

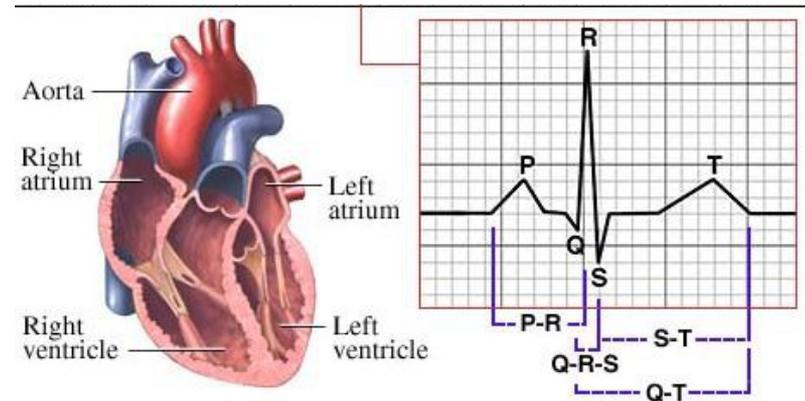
Энцефалография

Электромиография

Спирометрия

Пульмонография

Большинство методов функциональной диагностики базируется на **электрофизиологии**, которая изучает физиологические процессы посредством их электроизмерения.



## Электрофизиологические методы

позволяют изучать физиологические процессы, происходящие в органах и тканях в норме и патологии,

*путем исследования протекающих в них биоэлектрических процессов и путем их стимуляции электрическим током.*

Электрографический метод является одним из наиболее эффективных способов исследования физиологических процессов

**Виллем Эйнтховен** (*Willem Einthoven* — нидерландский физиолог, сконструировал в 1903 году прибор для регистрации электрической активности сердца, впервые в 1906 году использовал электрокардиографию в диагностических целях, получил Нобелевскую премию по физиологии в 1924 году.

# Электрофизиологические методы диагностики

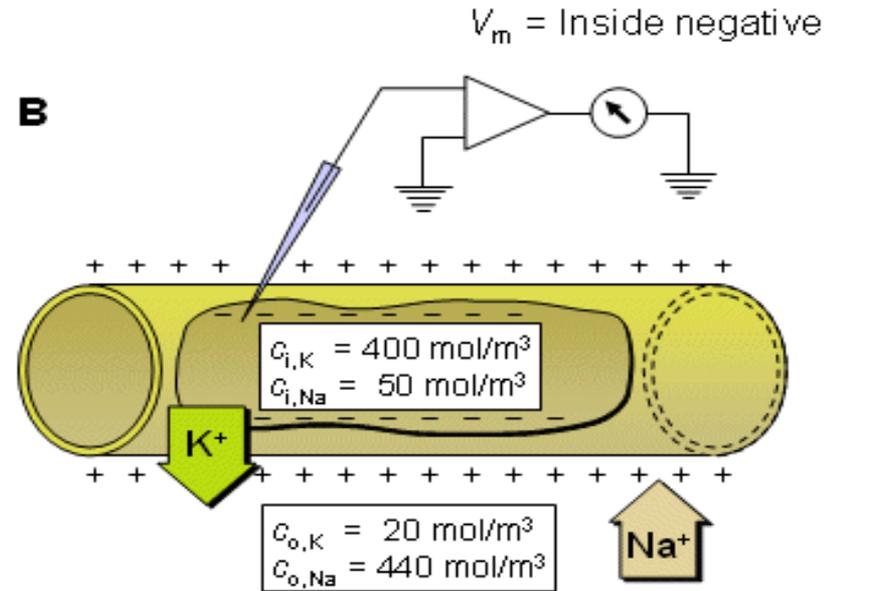
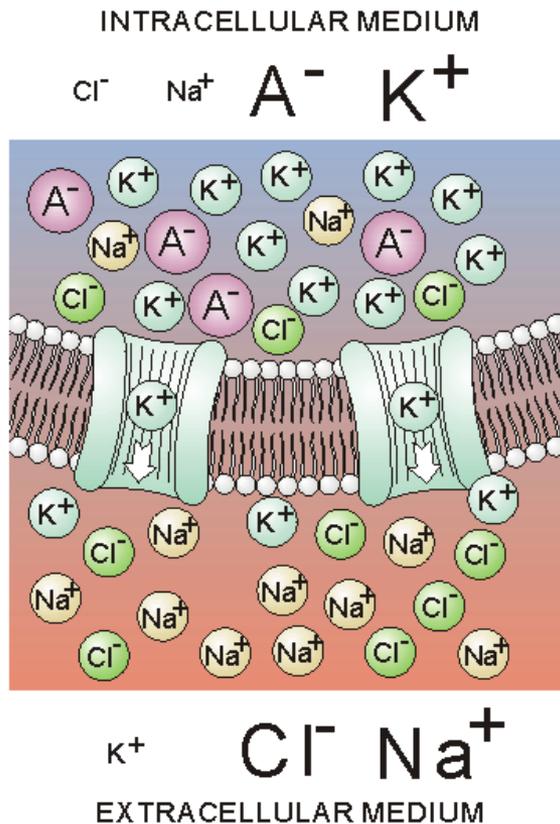
- Электрокардиография (ЭКГ)
- Электроэнцефалография (ЭЭГ)
- Электромиография (ЭМГ)
- Реография
- Электроплетизмография
- Электроокулография
- Электроретинография
- Электрогастрография
- БАТ, КГР



## Характеристика основных биопотенциалов

Параметр	ЭКГ	ЭЭГ	ЭМГ	ЭОГ	КГР
Амплитуда, мВ	0,1–5,0	0,02–0,3	0,01– 1,0	0,02–2	1–100
Частота, Гц	0,01– 2000	0,1– 2000	1– 10 000	0–30	0,05–10

# Потенциал покоя



Cell type	Resting potential (mV)
Neuron	-70
Skeletal muscle (mammalian)	-80
Skeletal Muscle (frog)	-90
Cardiac muscle (atrial and ventricular)	-80
Cardiac Purkinje fiber	-90
Atrioventricular nodal cell	-65
Sinoatrial nodal cell	-55
Smooth muscle cell	-55
Red blood cell (human)	-11

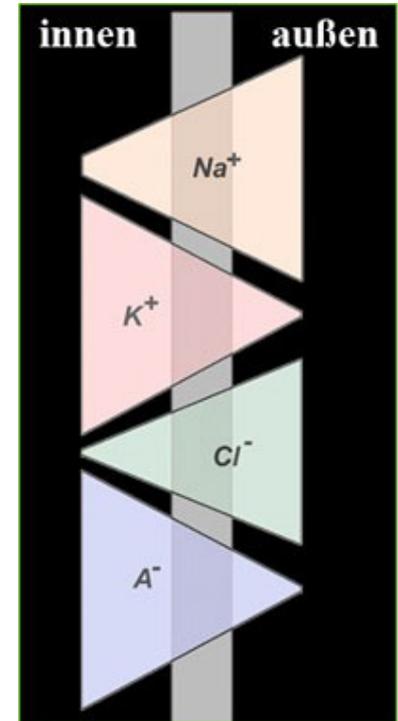
Для одного иона:

$$\Delta G = R \cdot T \cdot \ln \frac{c(A_i)}{c(A_o)} \quad \begin{array}{l} R \dots \text{Gas-Constant} = 8,3143 \text{ J / (mol}\cdot\text{K)} \\ T \dots \text{Temperature (Kelvin)} \end{array}$$

$$E_k = \frac{RT}{nF} \ln \frac{[K]_o}{[K]_i} = 0.0615 \log_{10} \frac{[K]_o}{[K]_i} \dots\dots\dots (V)$$

Для нескольких типов ионов:

$$E = \frac{RT}{F} \ln \left\{ \frac{P_K [K]_o + P_{Na} [Na]_o + P_{Cl} [Cl]_i}{P_K [K]_i + P_{Na} [Na]_i + P_{Cl} [Cl]_o} \right\}$$

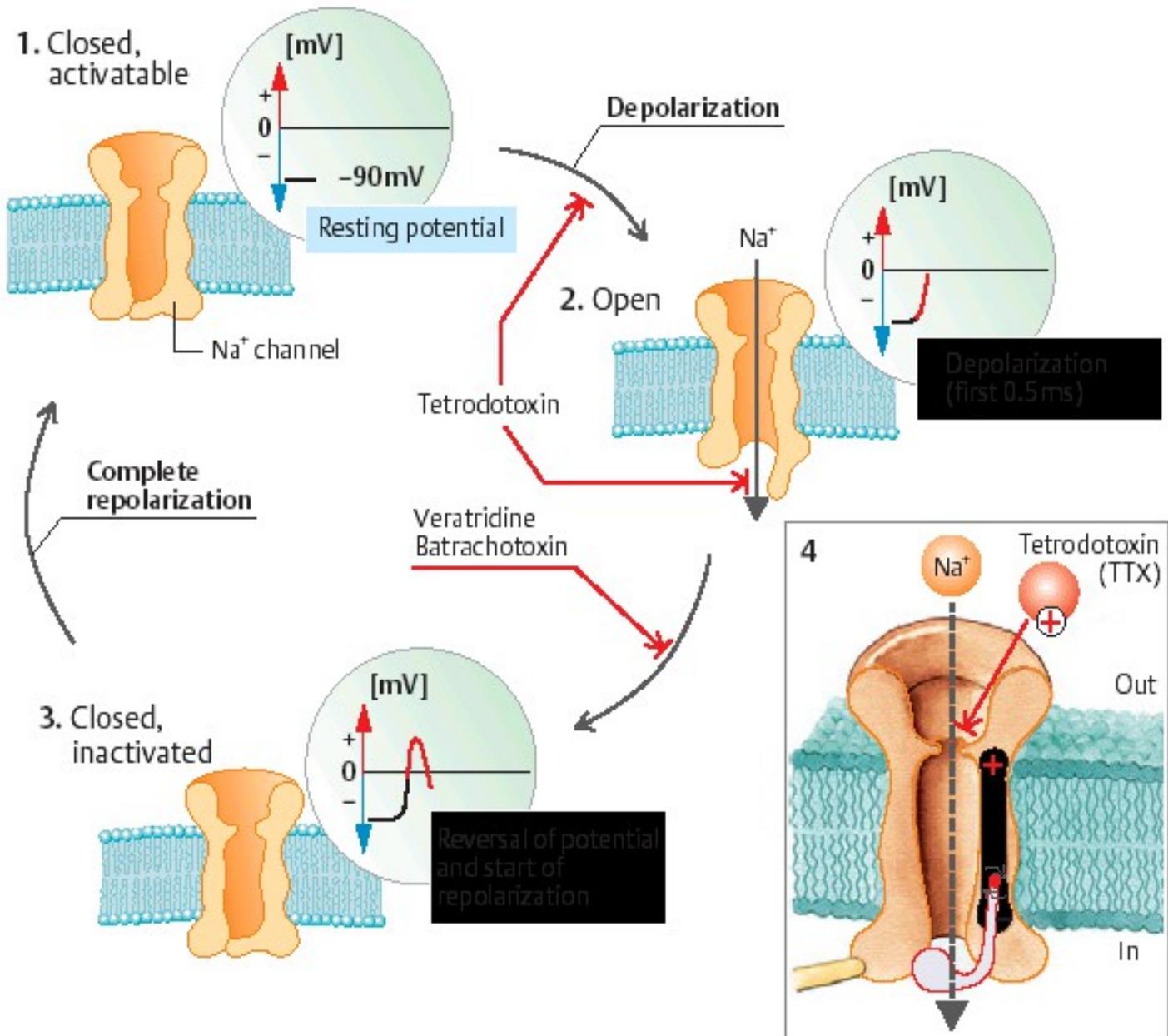


$$E = 0.0581 \log_{10} \left[ \frac{P_K (4) + P_{Na} (145) + P_{Cl} (4)}{P_K (155) + P_{Na} (12) + P_{Cl} (120)} \right]$$

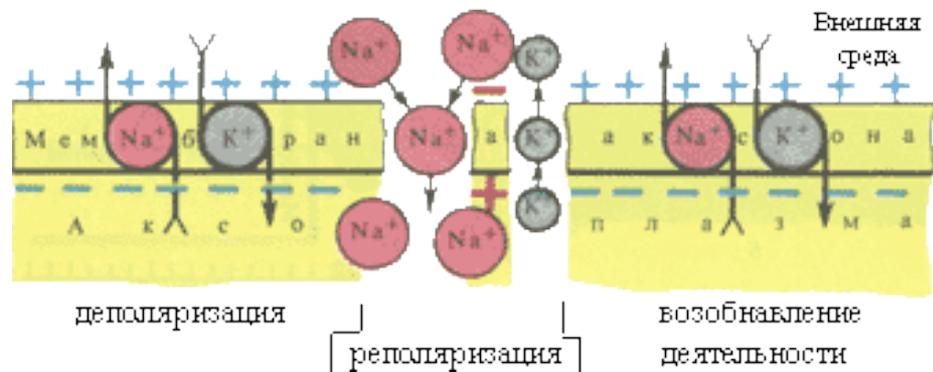
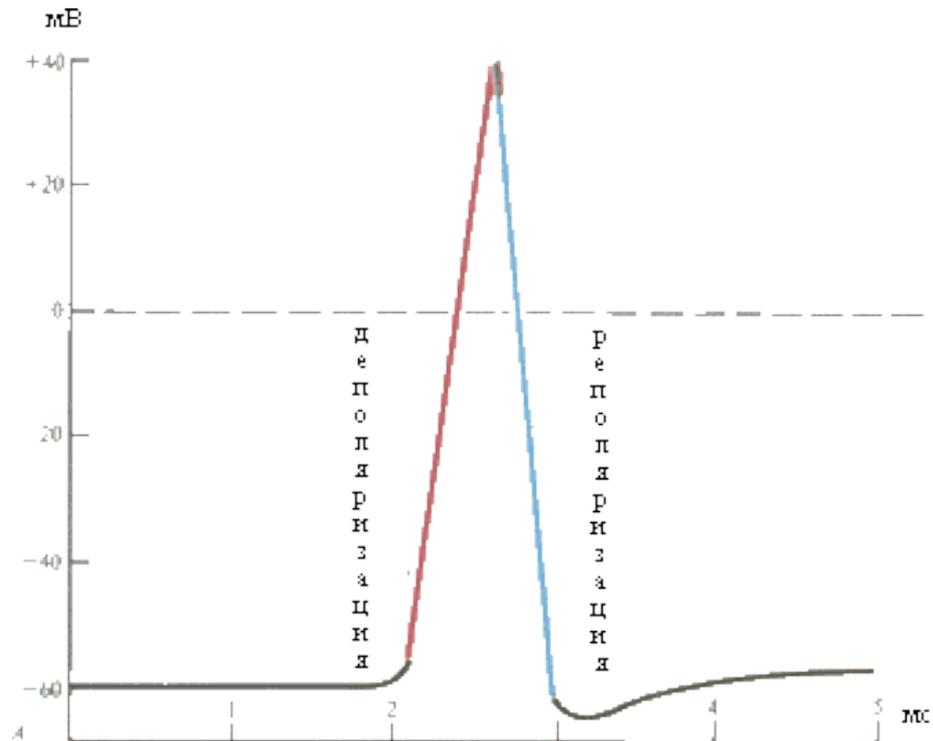
$$= 0.0581 \log_{10} \left[ \frac{26.9 \times 10^{-6}}{790.24 \times 10^{-6}} \right] = -85.3 mV$$

В результате расчетов мембранный потенциал порядка -70mV

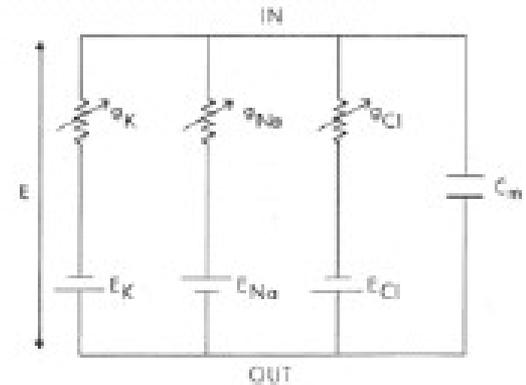
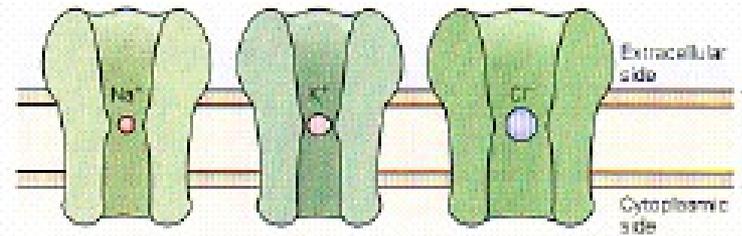
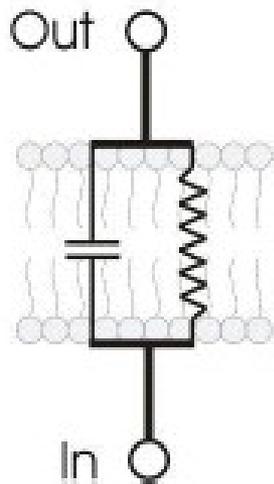
# Потенциал действия



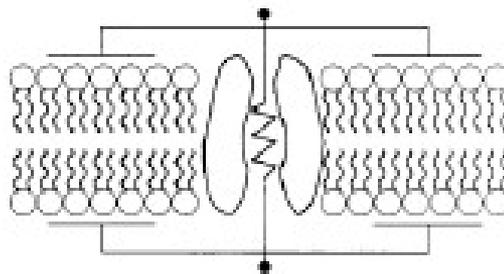
# Потенциал действия



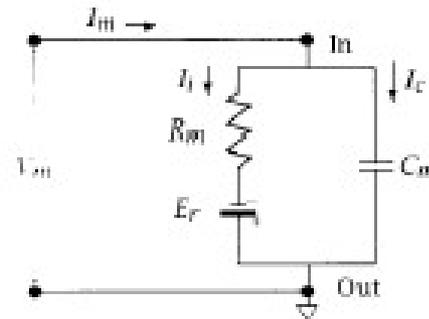
# Электрическая модель мембраны



Biological membrane

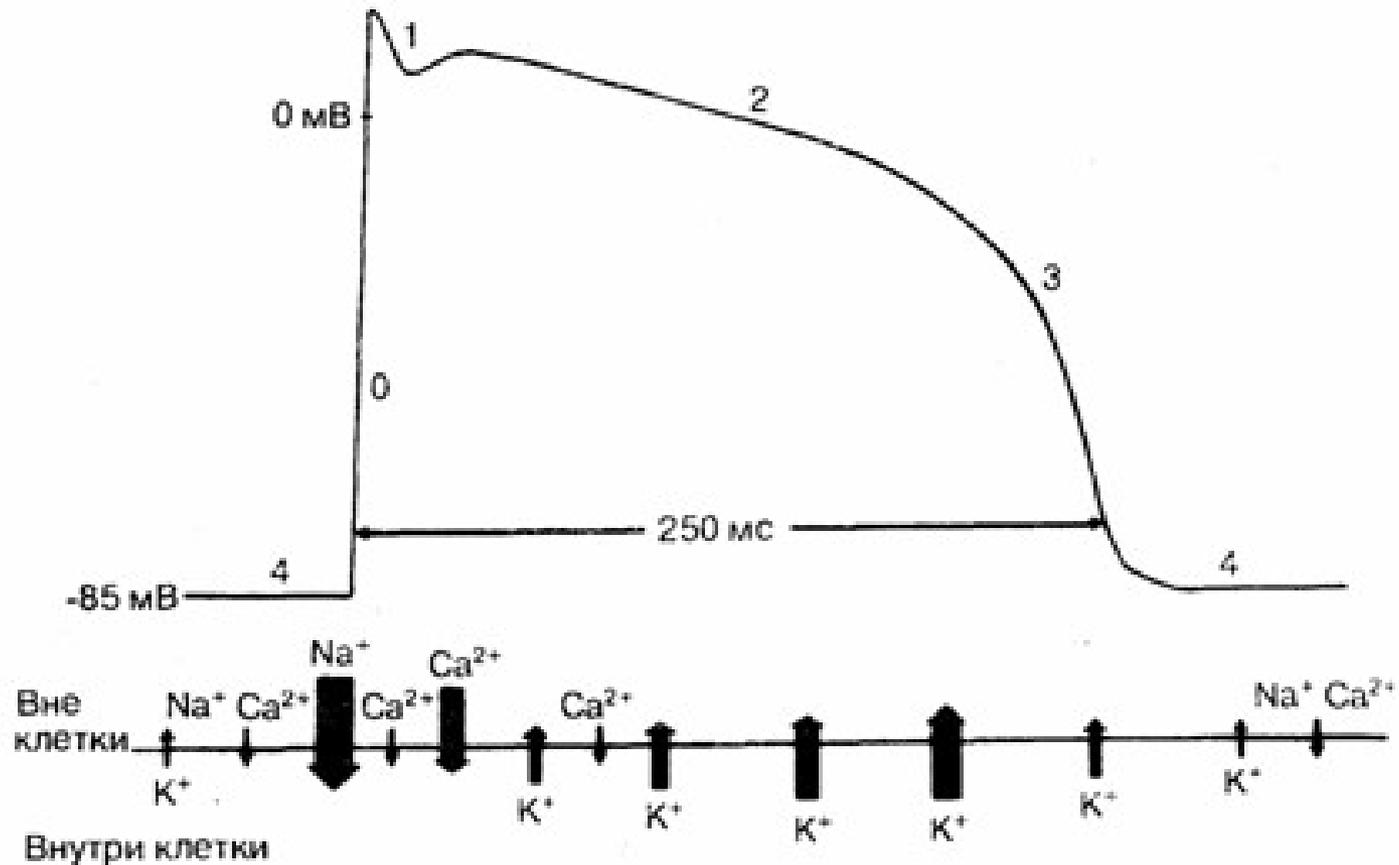


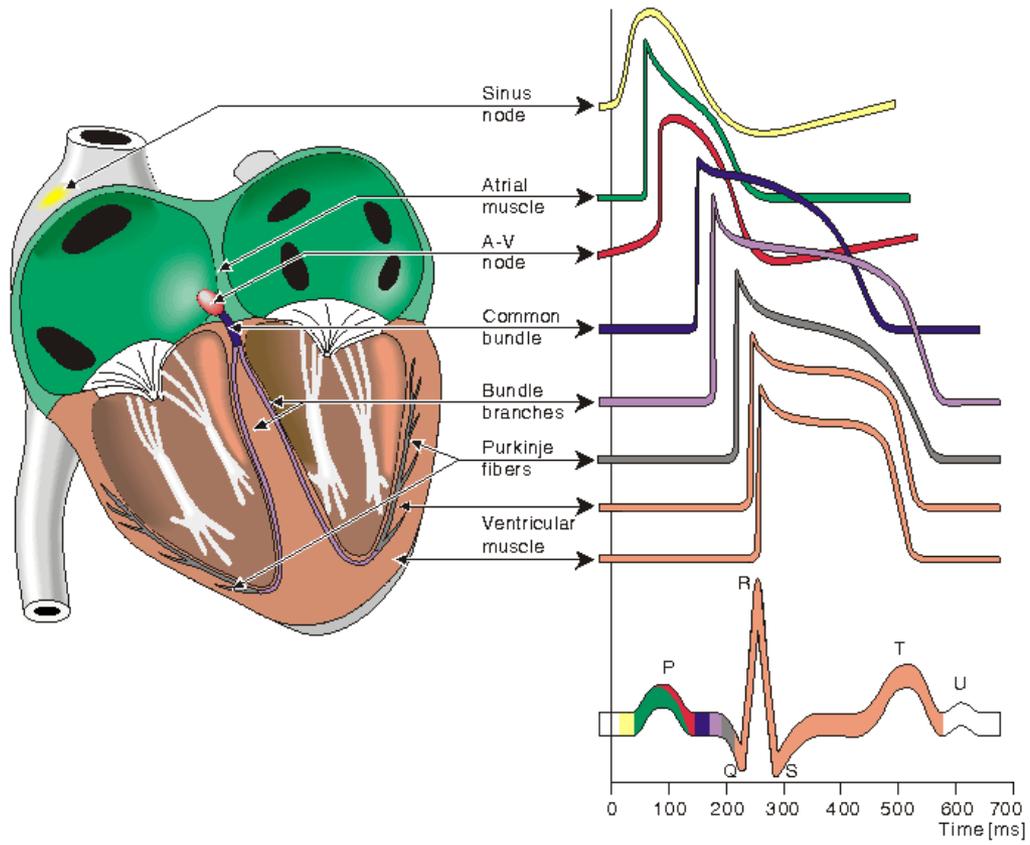
Equivalent circuit representation



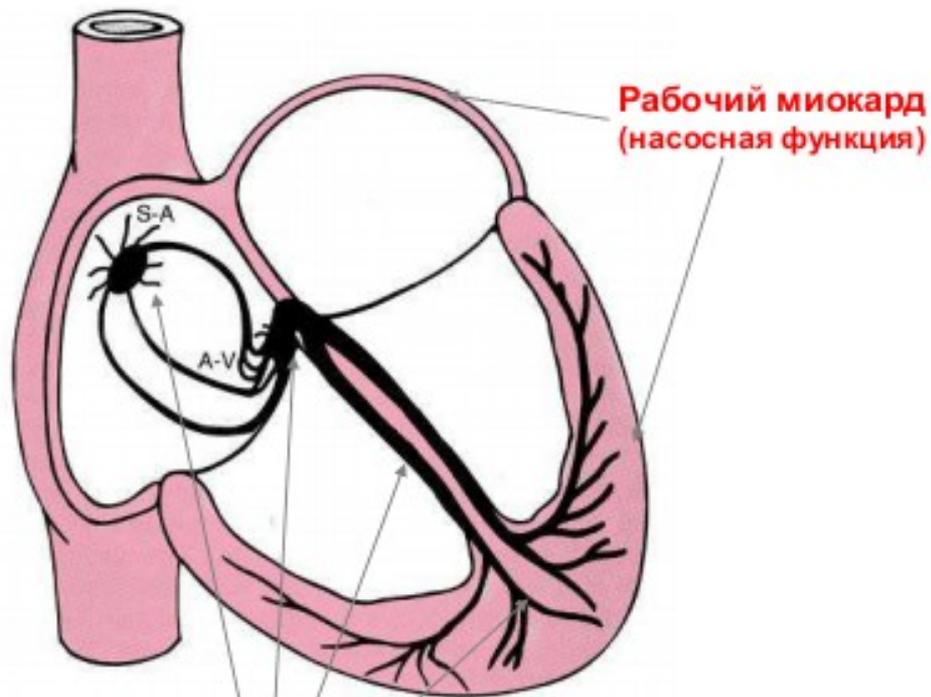
$$V_m = \frac{g_{Na^+} V_{Na^+} + g_{K^+} V_{K^+} + g_{Cl^-} V_{Cl^-}}{g_{Na^+} + g_{K^+} + g_{Cl^-}}$$

# Потенциал действия кардиомиоцита



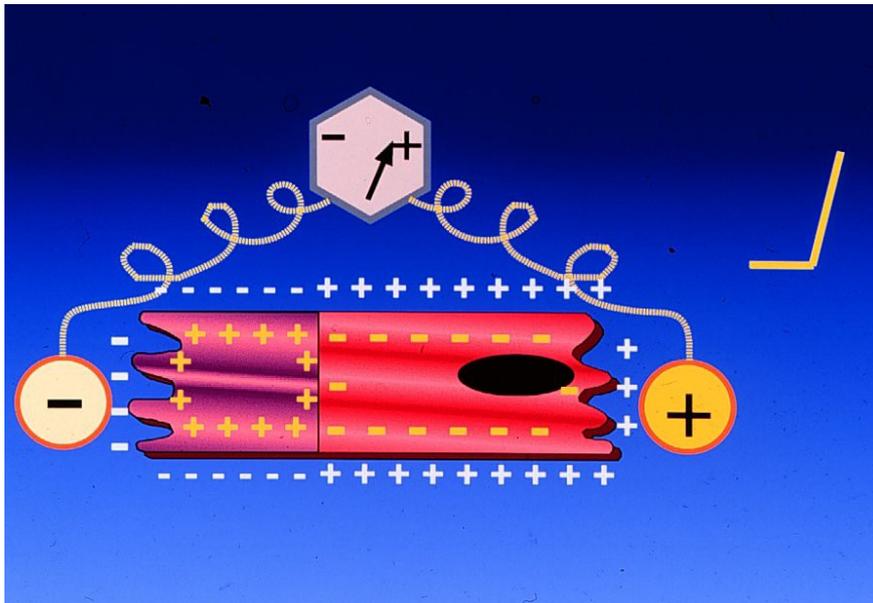
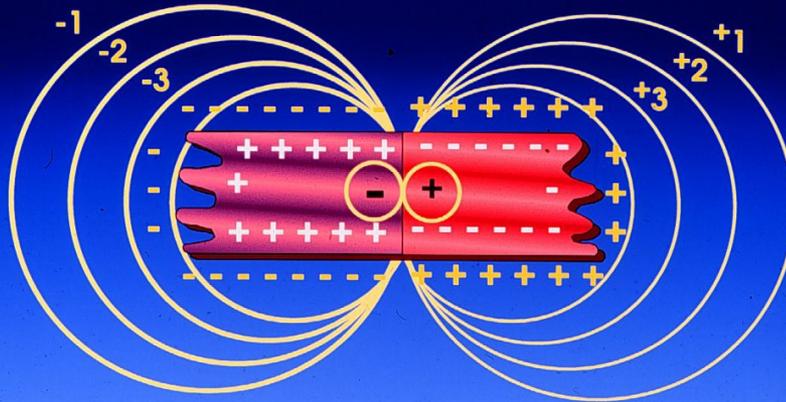


Две функционально  
разные системы сердца  
(обе системы состоят из  
мышечных клеток)



**Проводящая система сердца**  
(автоматическая генерация  
и проведения возбуждения)

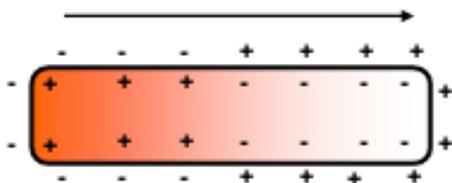
# Electrical Dipole



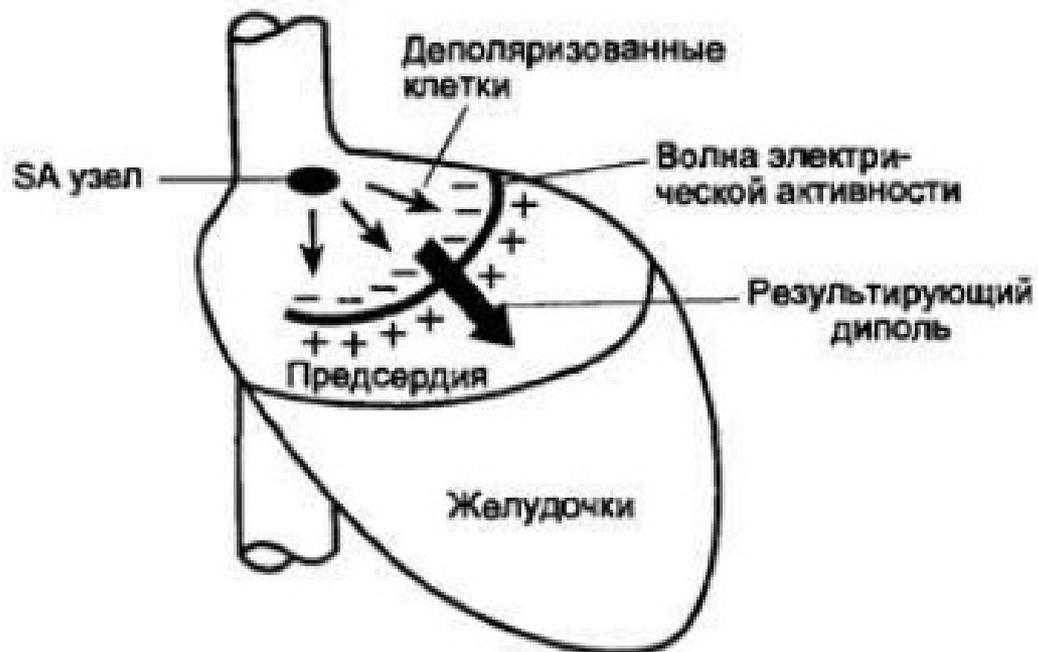
# Дипольная теория генеза ЭКГ

Каждая клетка сердца представляет собой диполь.

Элементарный вектор направлен от «-» к «+», т.е. от возбужденного участка к невозбужденному



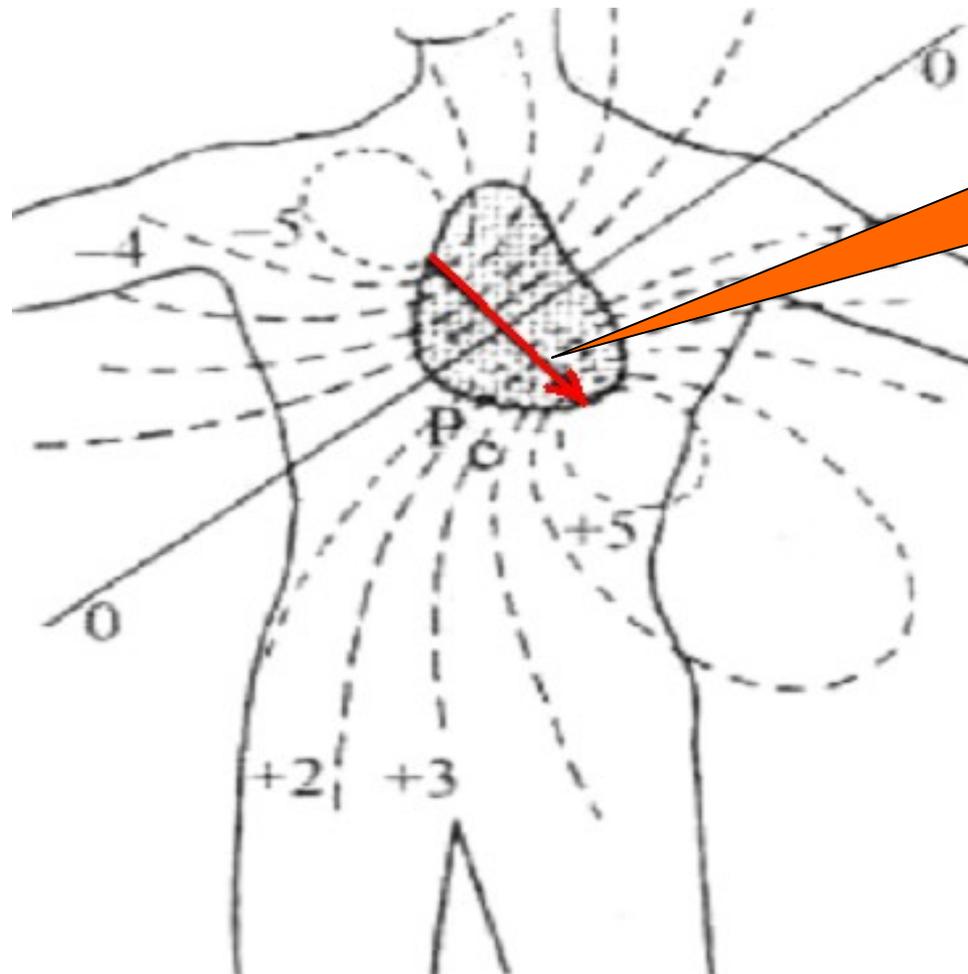
Элементарные векторы складываются (по правилу параллелограмма) – суммарный вектор сердца, который все время меняется по величине и направлению.



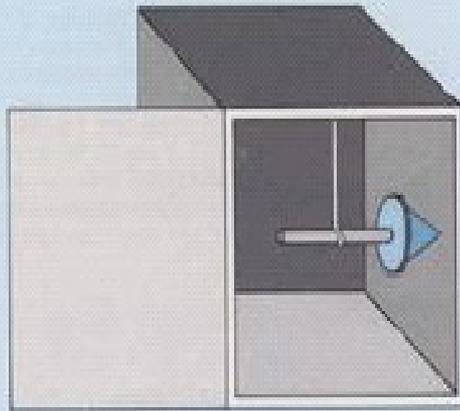
Сумма потенциалов отдельных клеток дает общий электрический потенциал



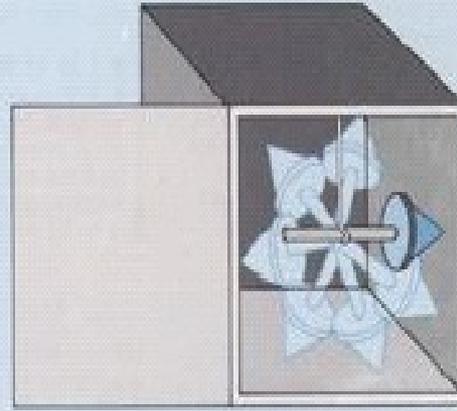
## Поле диполя сердца



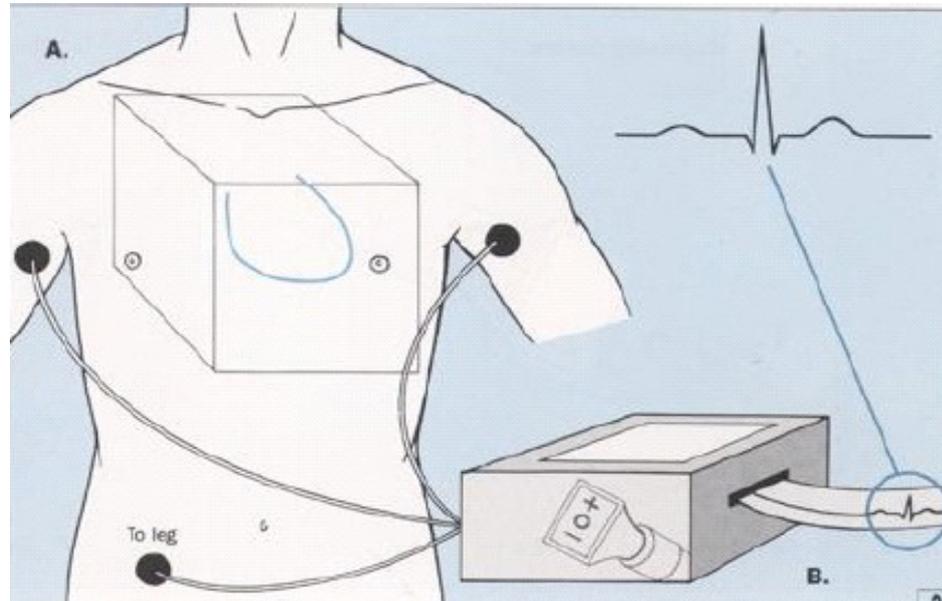
Электрическая  
ось сердца



A. Arrow suspended inside Black Box



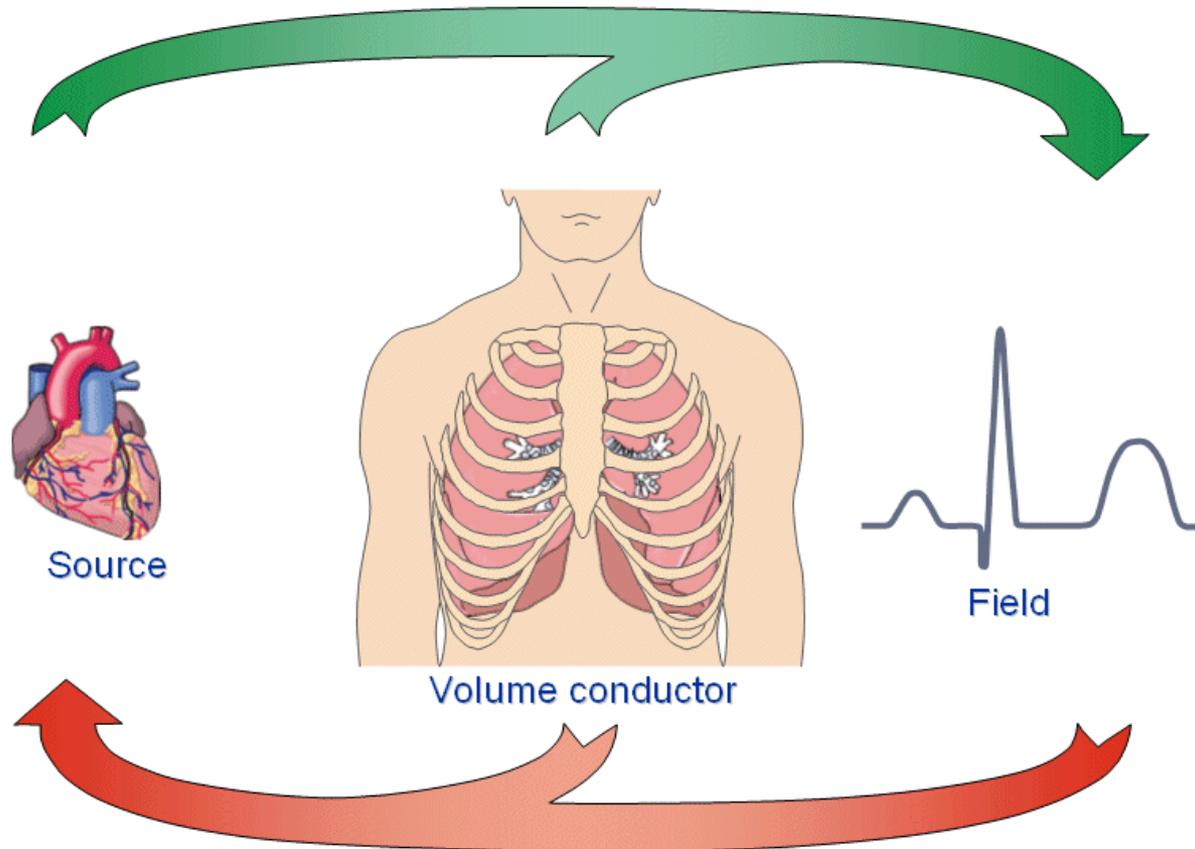
B. Spinning arrow inside Black Box



## При изучении электрограмм возникают задачи

- Прямая – расчет потенциала в области измерения по заданным характеристикам электрической модели органа;
- Обратная (диагностическая)- выявление состояния органа по характеру его электрограммы

To determine the FIELD from the known source and conductor is called the  
**FORWARD PROBLEM**

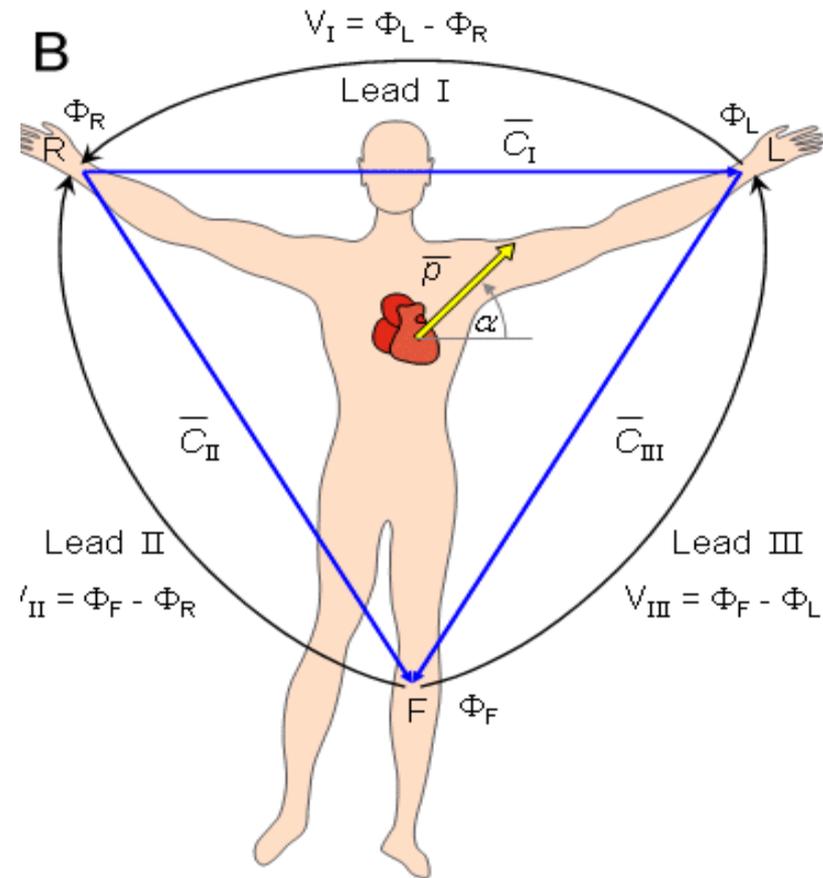


To determine the SOURCE from the known field and conductor is called the  
**INVERSE PROBLEM**

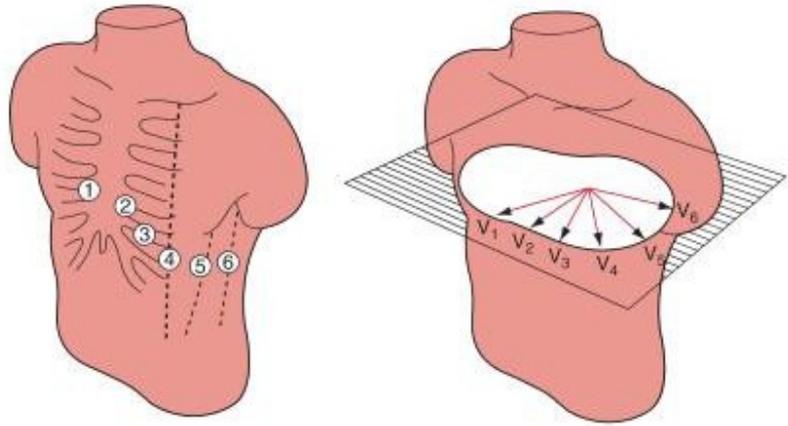
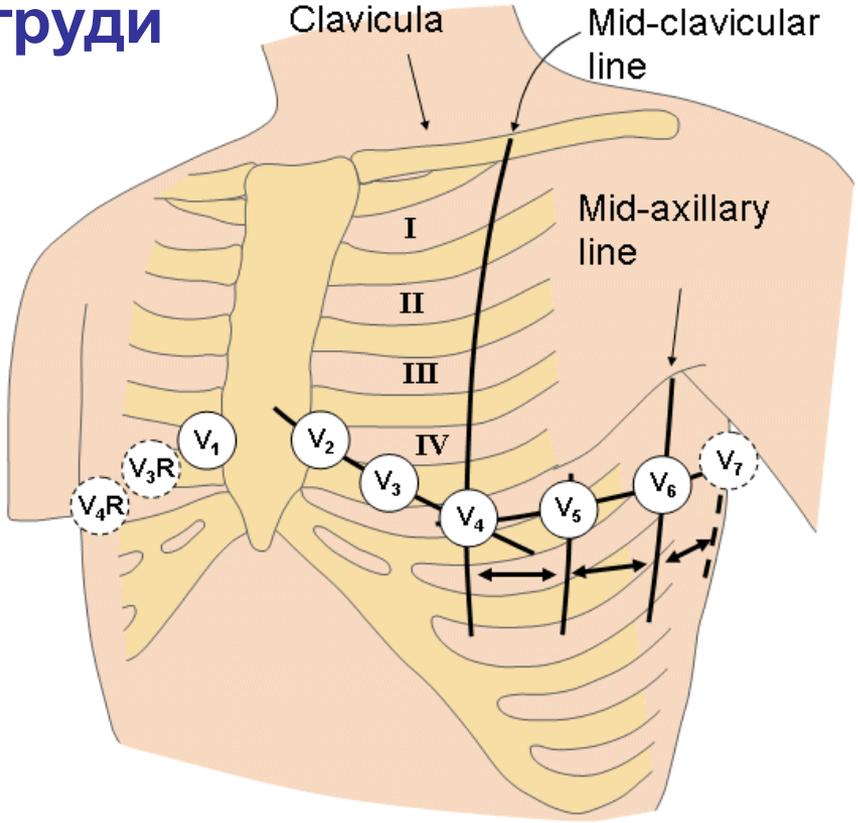
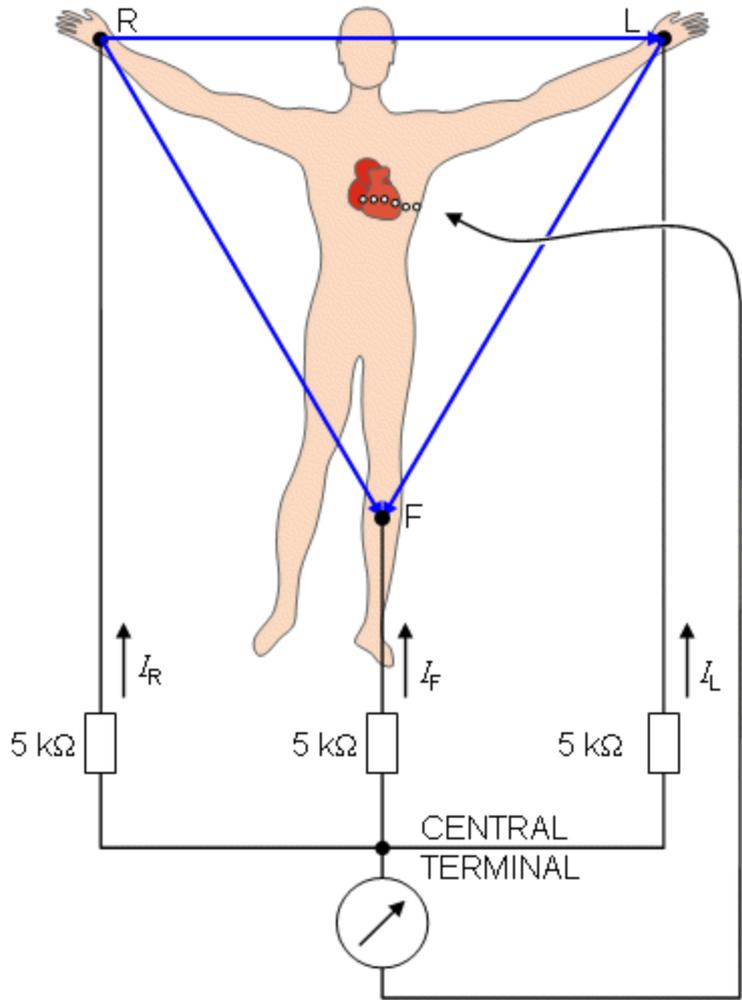
## Отведение

Разность потенциалов между точками на теле человека (например левая рука-правая рука) в физиологии принято называть «**отведениями**».

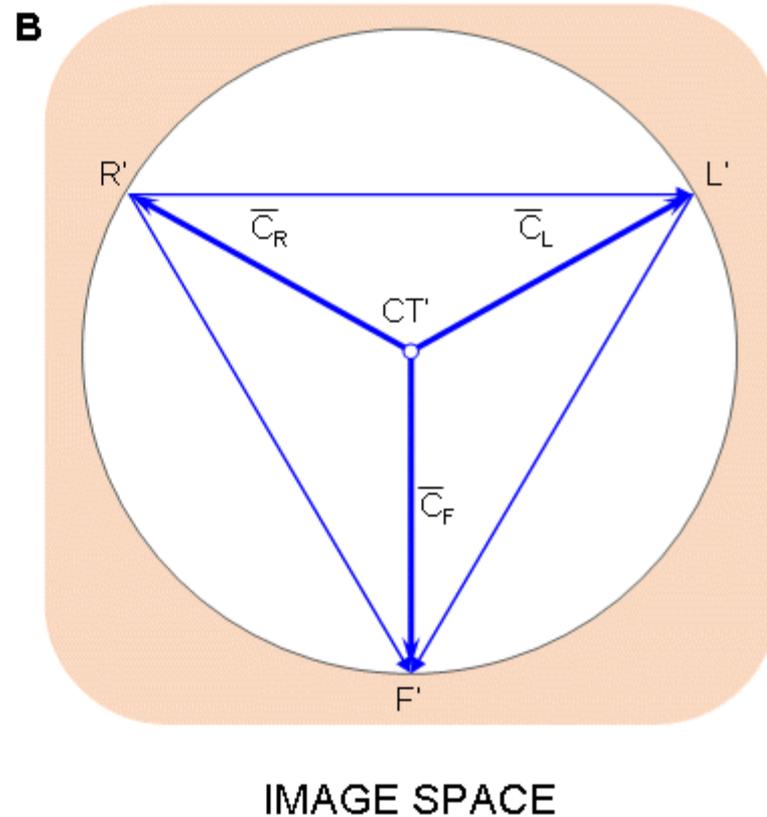
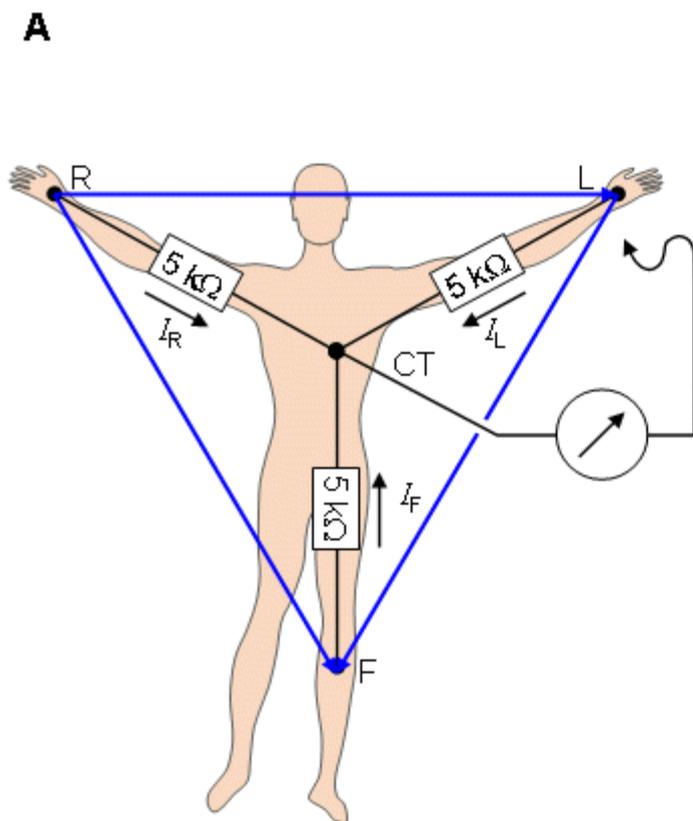
# Три стандартных биполярных отведения с конечностей



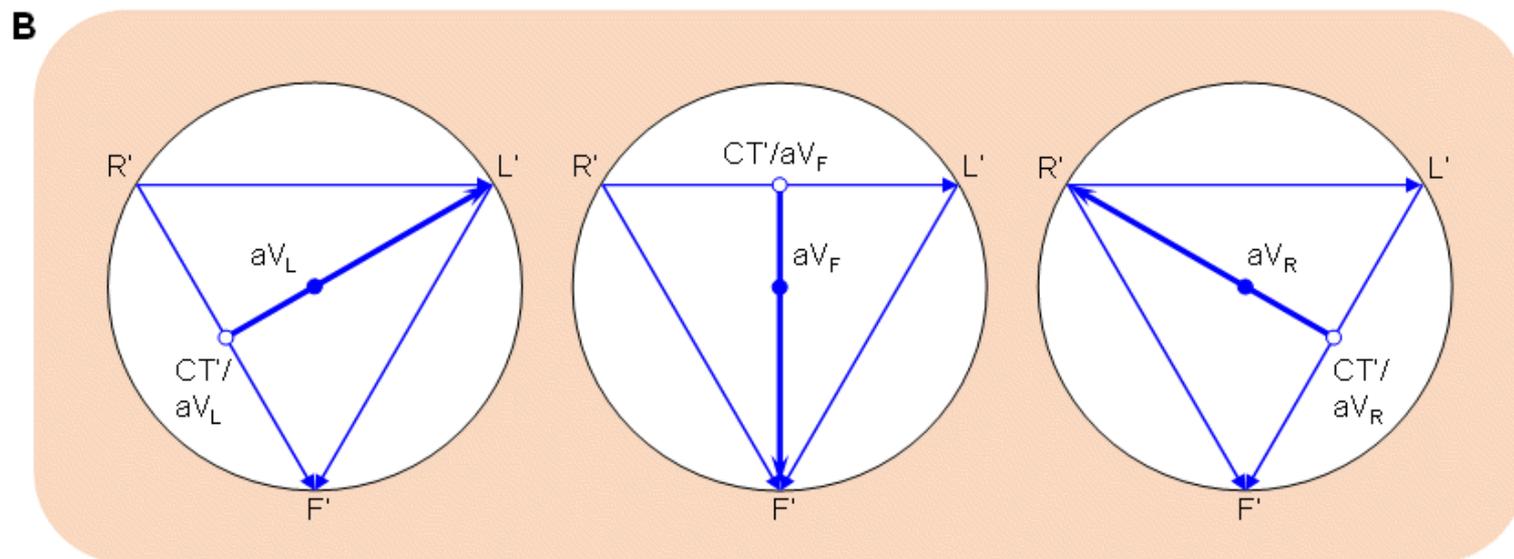
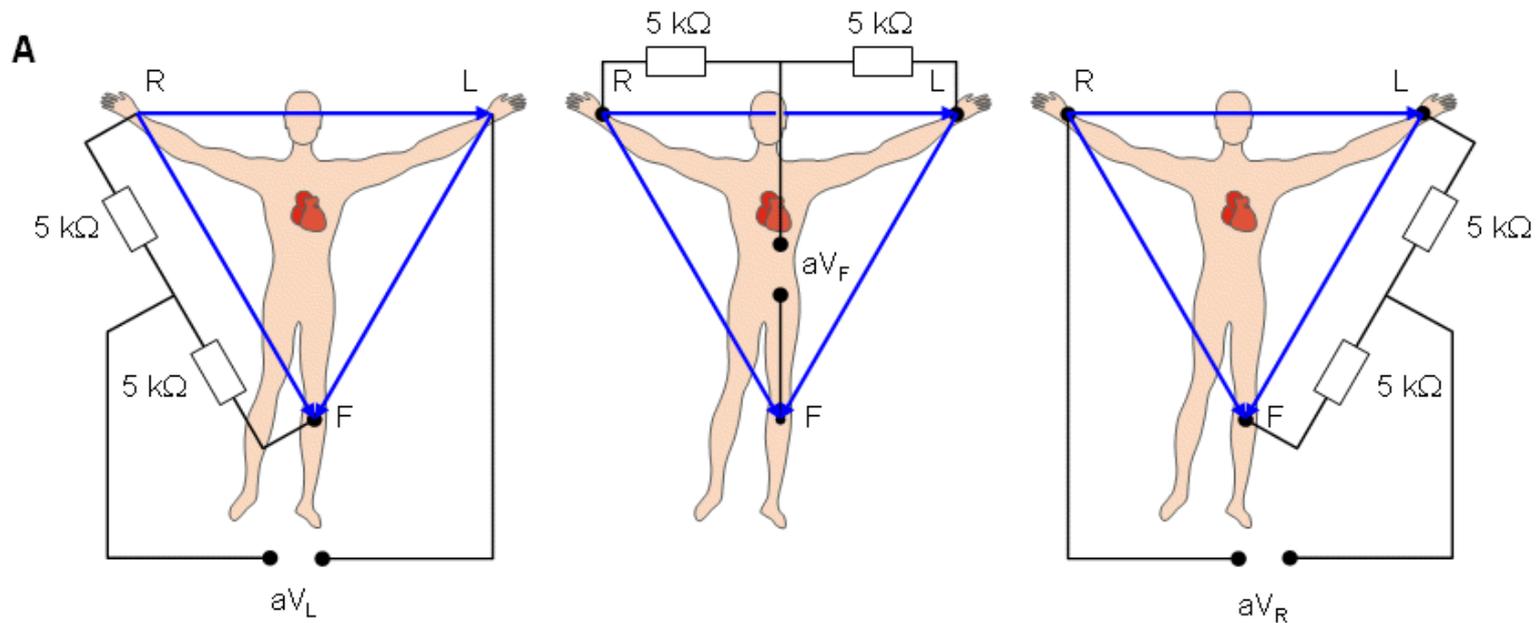
# Монопольные отведения с груди

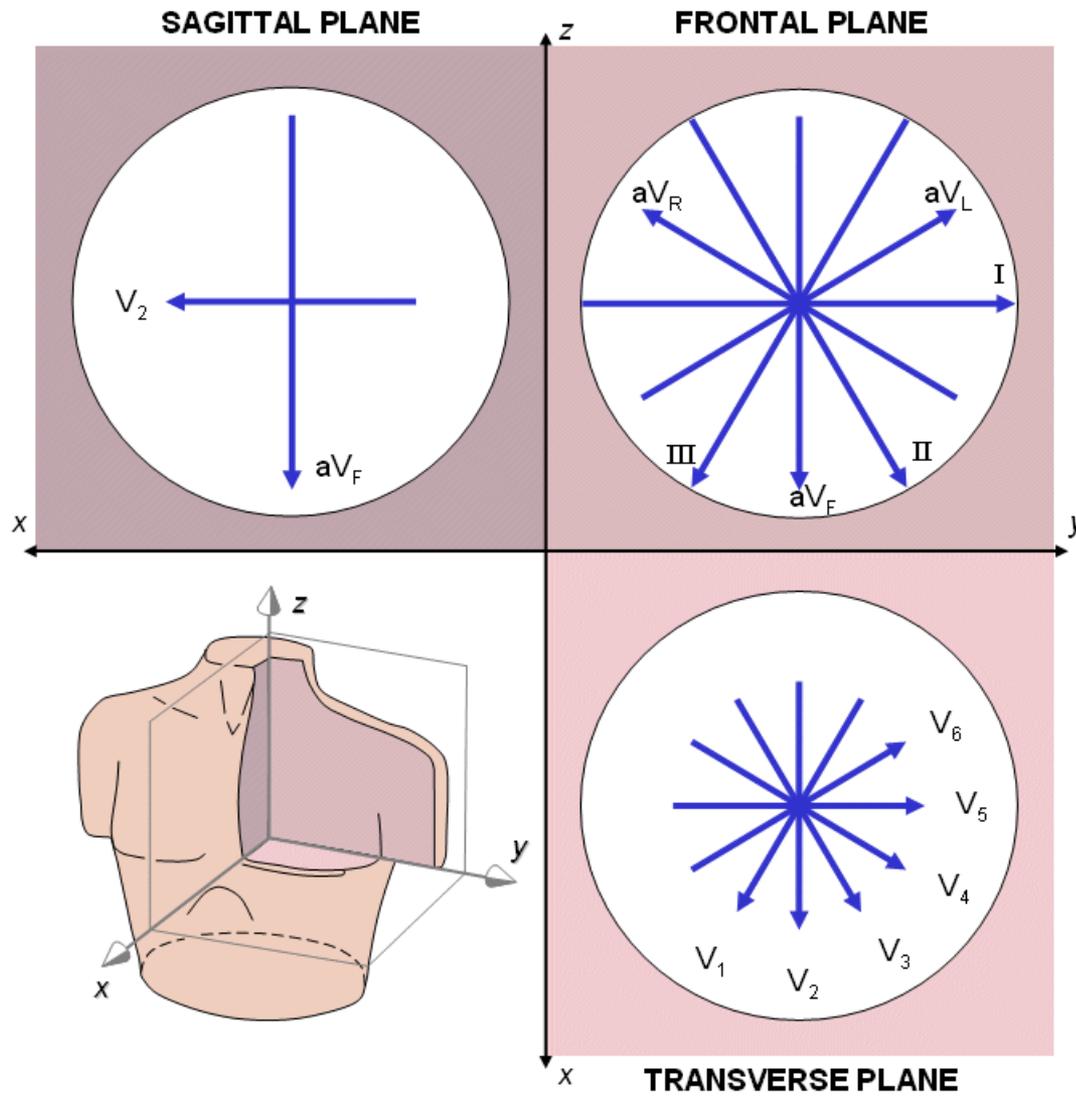


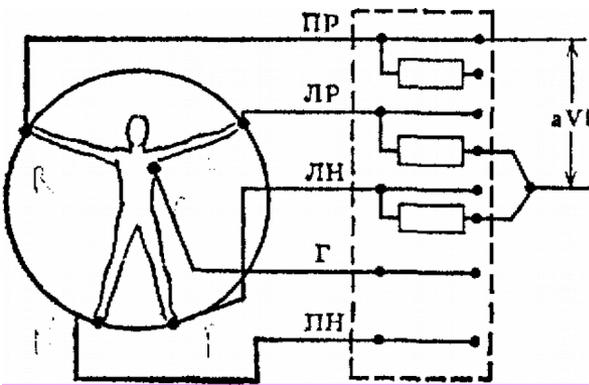
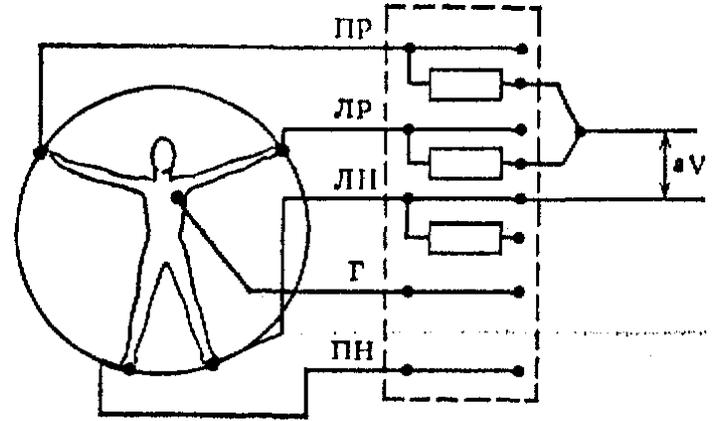
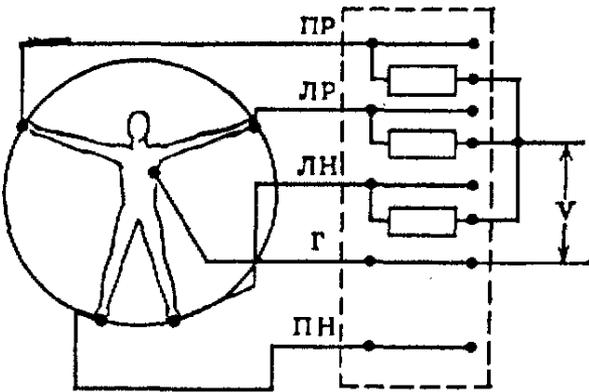
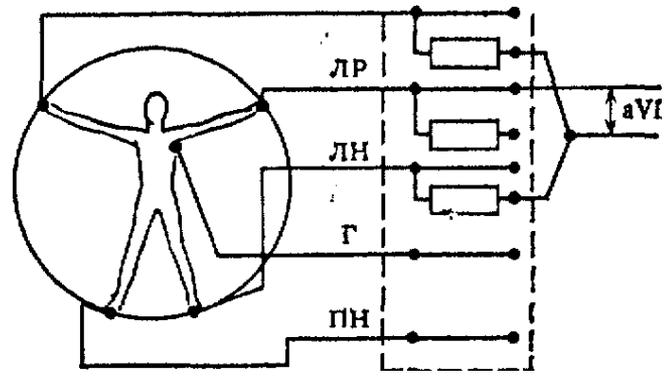
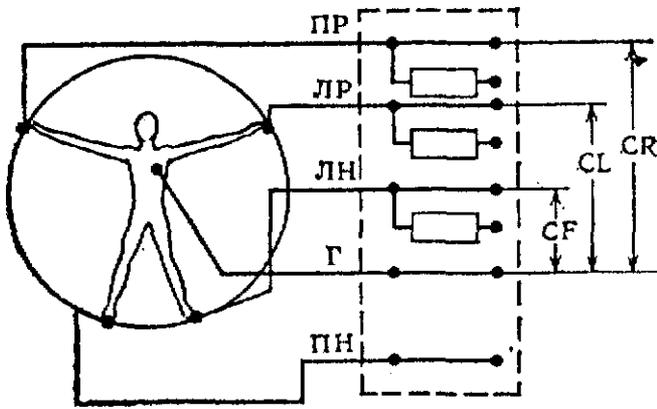
# Монопольные отведения с конечностями



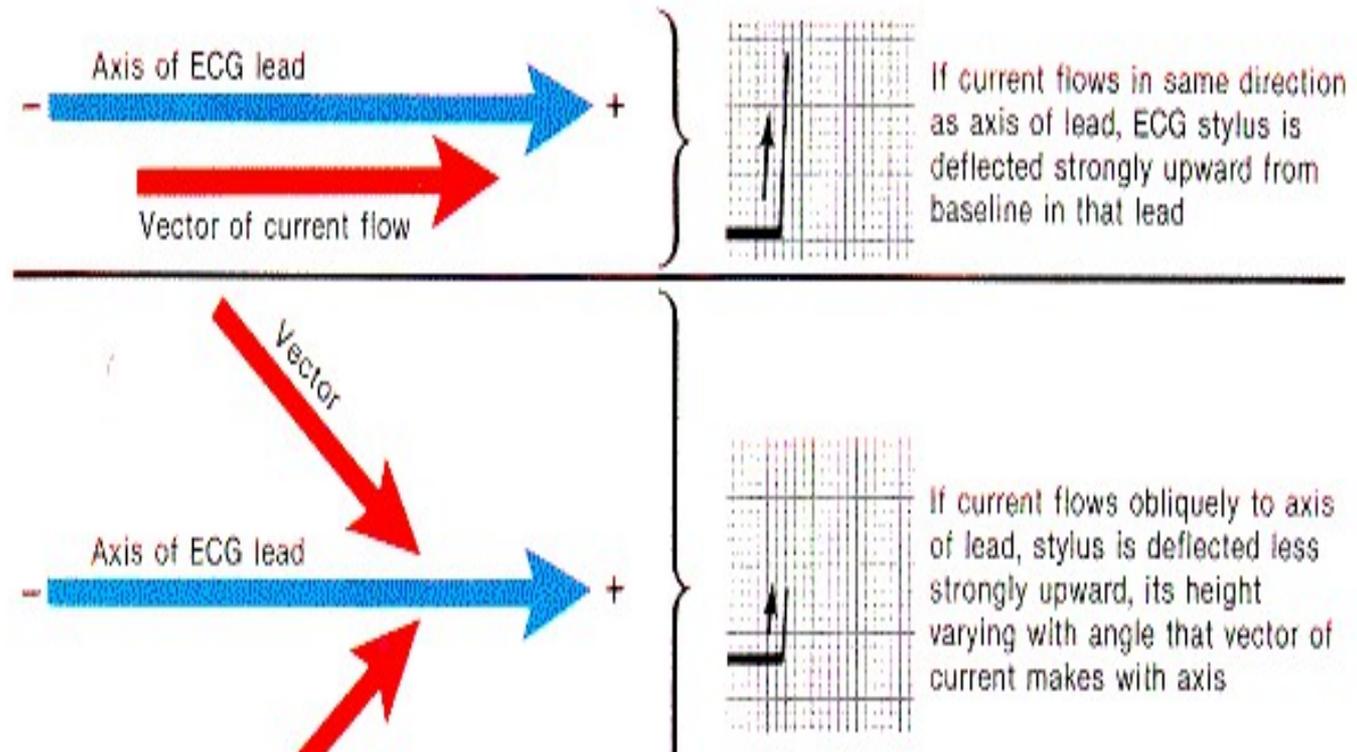
# Монопольные отведения с конечностями



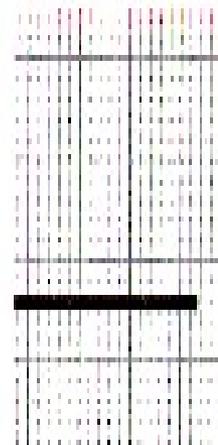
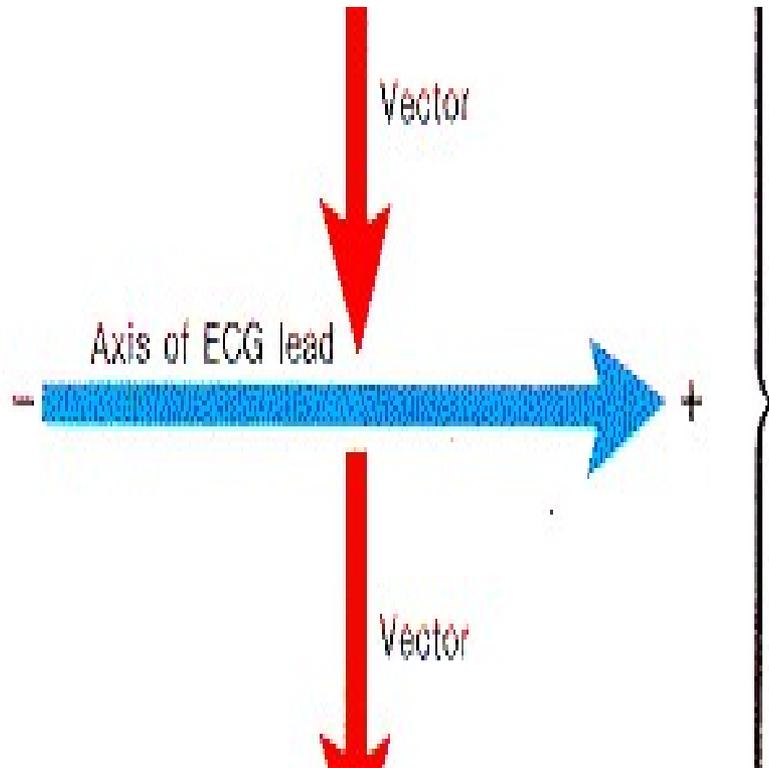




# Механизм формирования ЭКГ



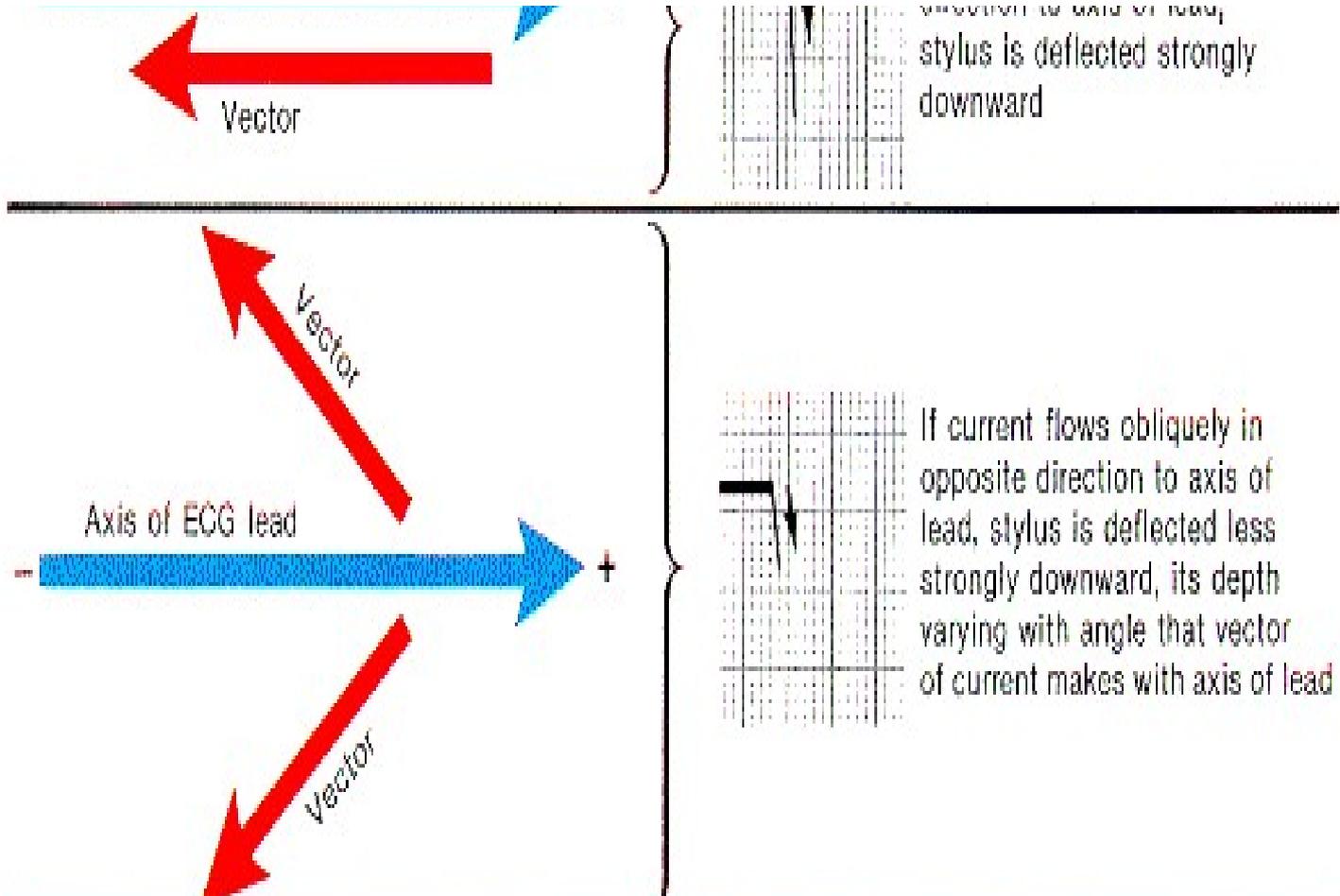
# Механизм формирования ЭКГ



If current flow is perpendicular, either toward or away from axis of lead, there is *no* deflection, either up or down, of stylus

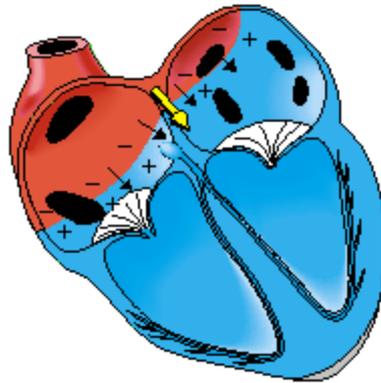
Handwritten signature or mark.

# Механизм формирования ЭКГ

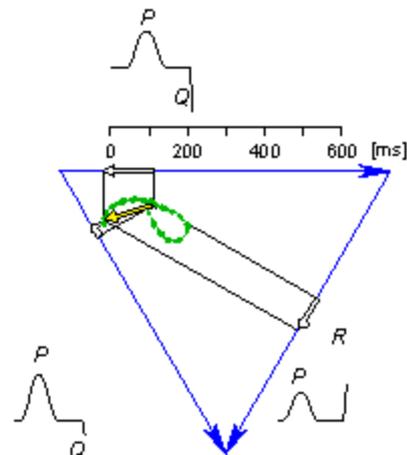
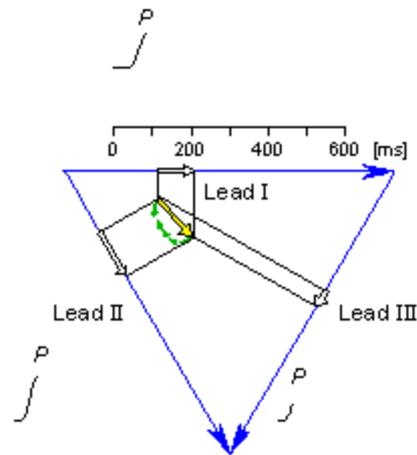


# Механизм формирования ЭКГ

ATRIAL  
DEPOLARIZATION  
80 ms

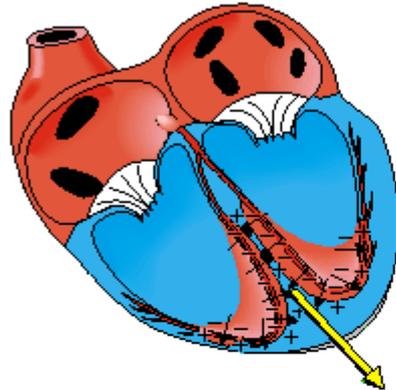


SEPTAL  
DEPOLARIZATION  
220 ms

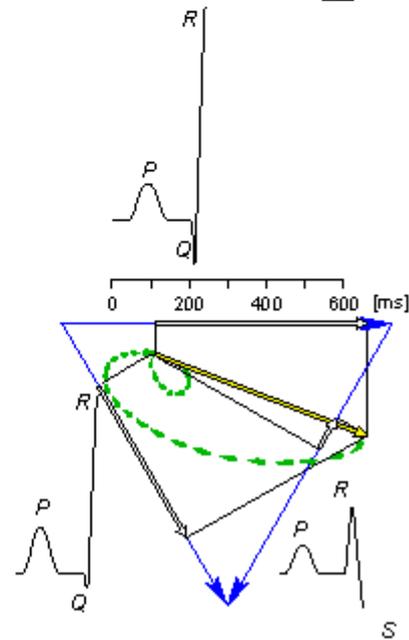
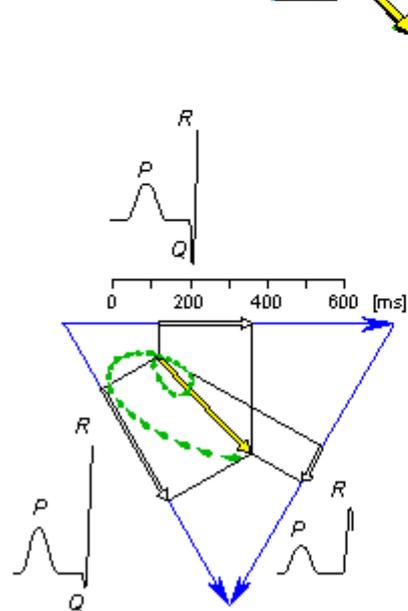
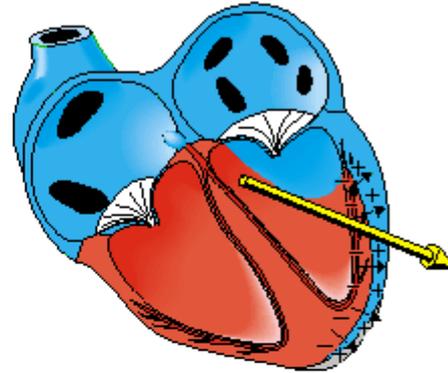


# Механизм формирования ЭКГ

APICAL  
DEPOLARIZATION  
230 ms

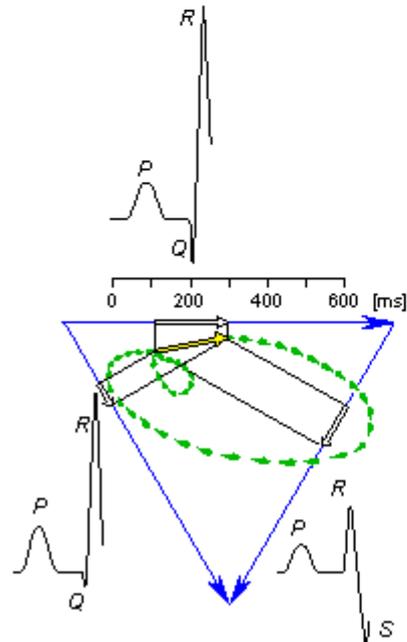
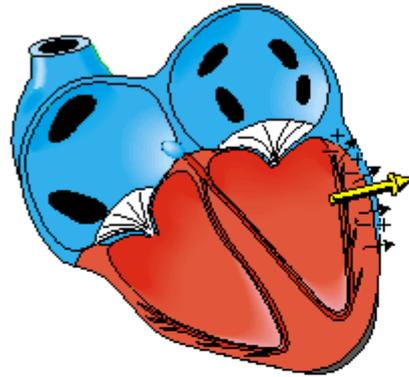


LEFT VENTRICULAR  
DEPOLARIZATION  
240 ms

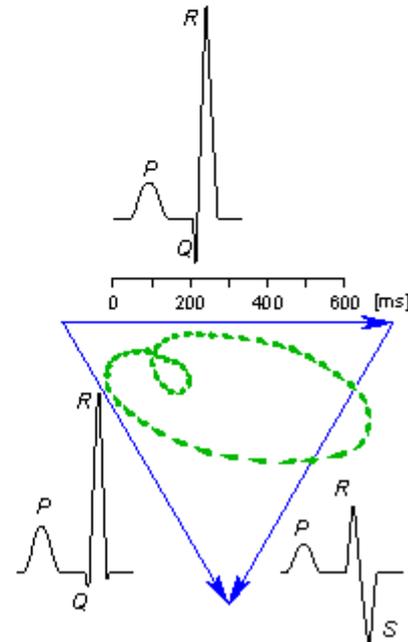
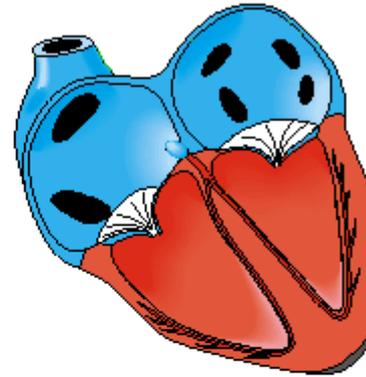


# Механизм формирования ЭКГ

LATE LEFT VENTRICULAR  
DEPOLARIZATION  
250 ms



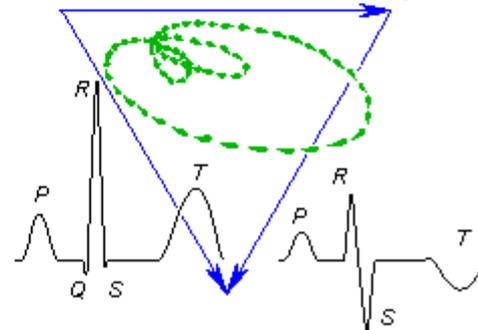
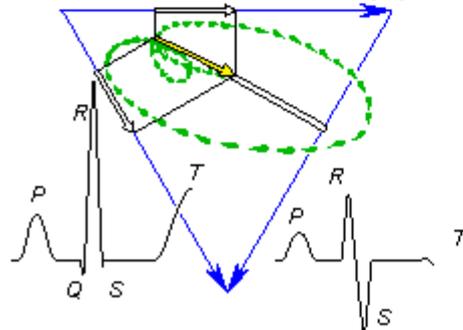
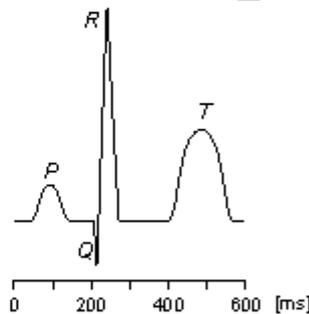
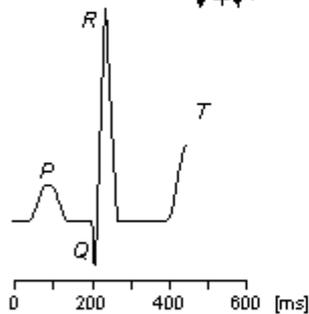
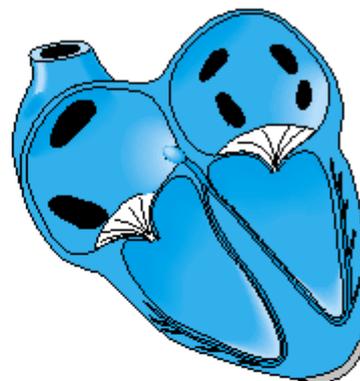
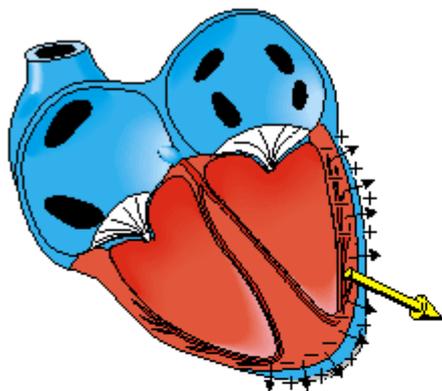
VENTRICLES  
DEPOLARIZED  
350 ms



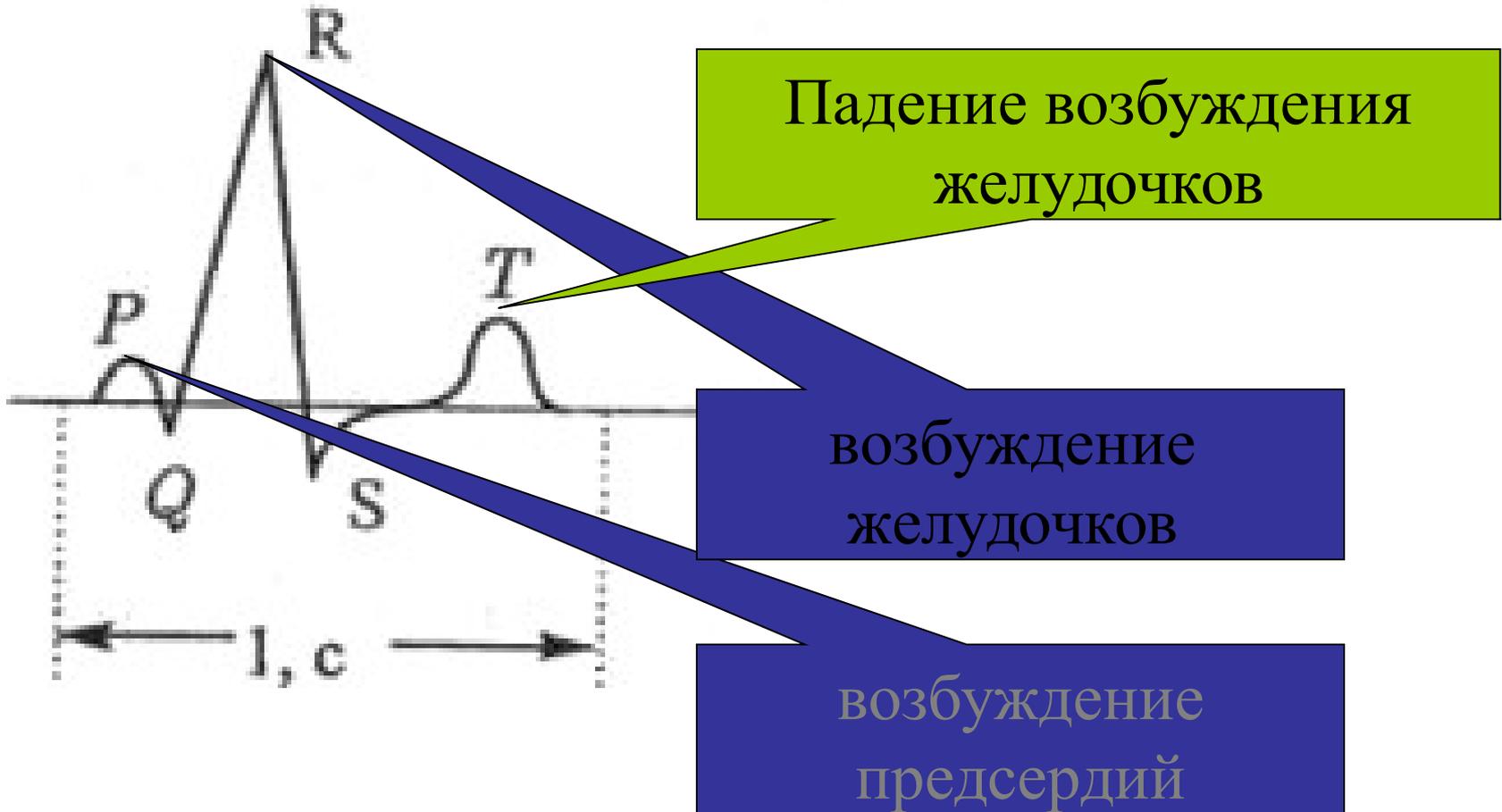
# Механизм формирования ЭКГ

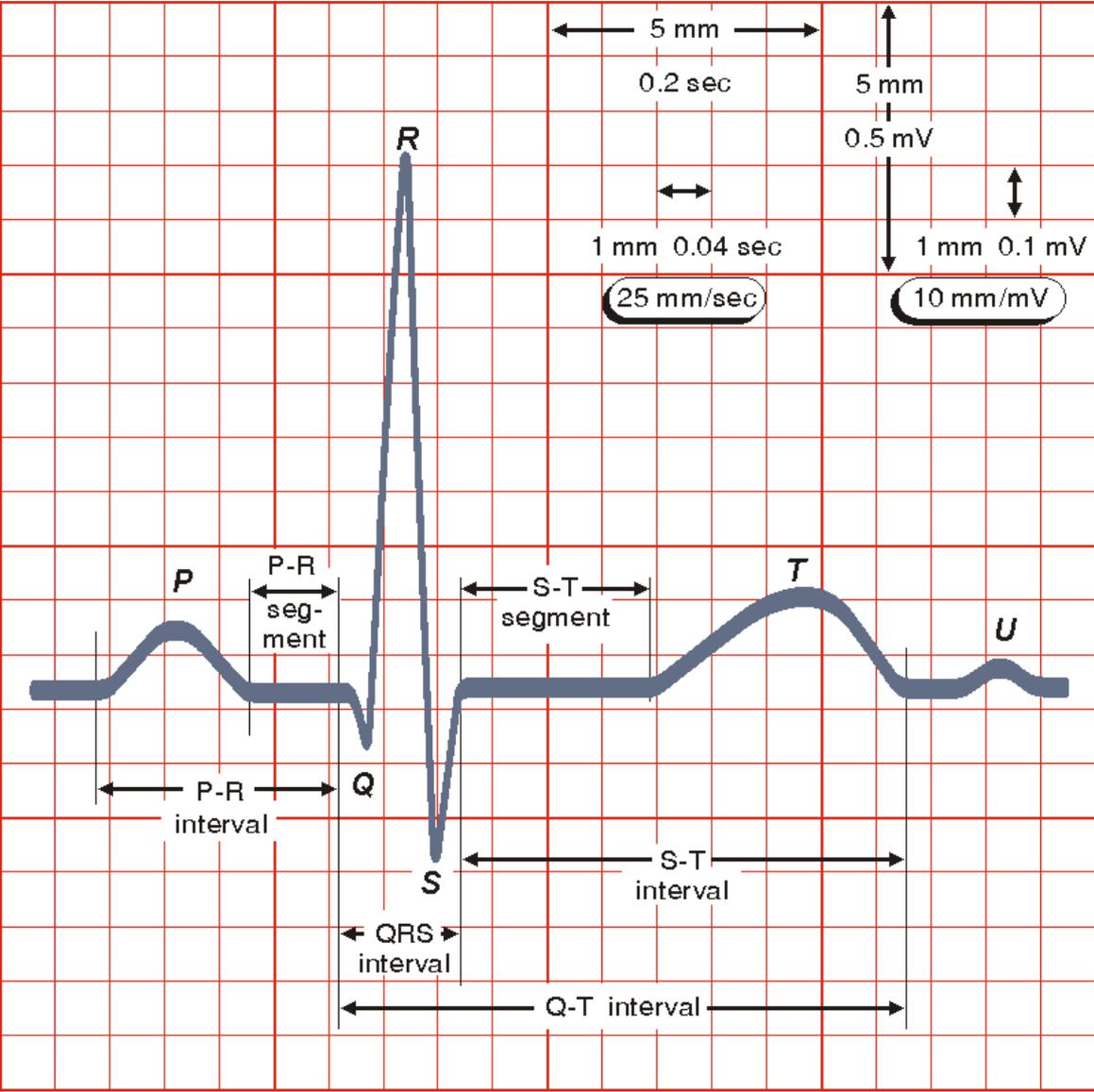
VENTRICULAR  
REPOLARIZATION  
450 ms

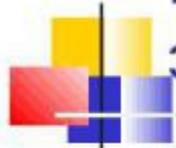
VENTRICLES  
REPOLARIZED  
600 ms



# Электрокардиограмма



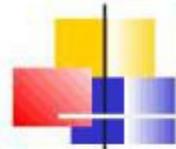




## Компоненты нормальной электрокардиограммы.

---

- **Зубец Р** отражает возбуждение предсердия. В норме зубец Р положителен (направлен вверх) во всех отведениях, кроме aVR. По амплитуде он обычно не превышает 0,25 мВ, а по ширине- 0,1с.
- **Интервал P-Q (P-R)** отсчитывается от начала зубца Р. Продолжительность интервала P-Q зависит от частоты сердечного ритма (чем реже ритм, тем длиннее интервал), в норме этот интервал не должен быть короче 0,12с. и не должен превышать 0,2с.



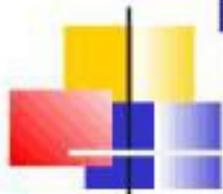
**Зубец Q** в отведениях в норме зубец Q не повышает по глубине 25% амплитуды зубца R. По ширине он не должен превышать 0,03с.

---

**Зубец R**. Зубцом R называется любой положительный зубец комплекса QRS. Высота зубца R в норме варьирует в широких пределах: 0,5-2,5 мВ.

**Зубец S** определяется как любой следующий за зубцом R отрицательный зубец комплекса QRS. Максимальная глубина зубца S в отведении, где он наиболее выражен, в норме не должна превышать 2,5 мВ.

**Комплекс QRS** ширина комплекса от начала



## ПРИЧИНЫ ИСКАЖЕНИЯ ЭКГ:

---

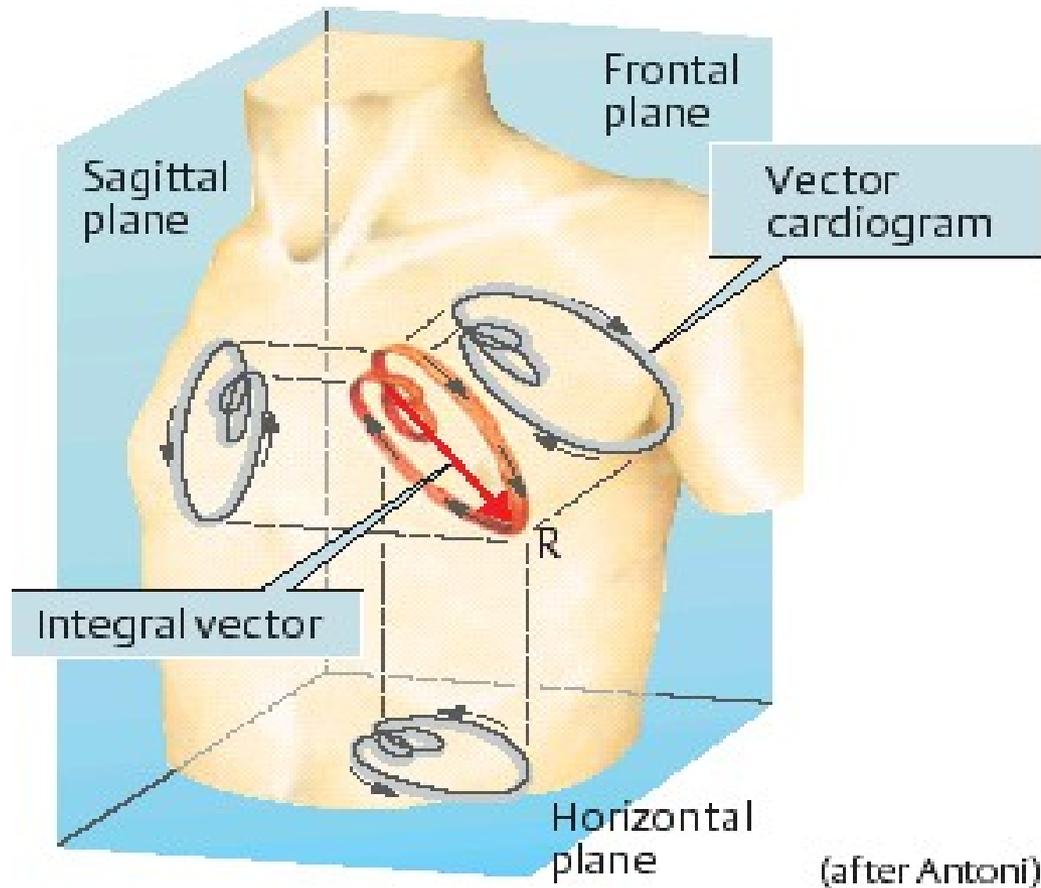
- ❖ Наводящие токи или токи "наводки".
- ❖ Недостаточный контакт электродов с кожей;
- ❖ Высыхание прокладок электродов;
- ❖ Волосяной покров на теле исследуемого;
- ❖ Контакт тела исследуемого с металлическими частями кровати.
- ❖ Неправильное соединение проводов с электродами.

## Направление электрической оси сердца

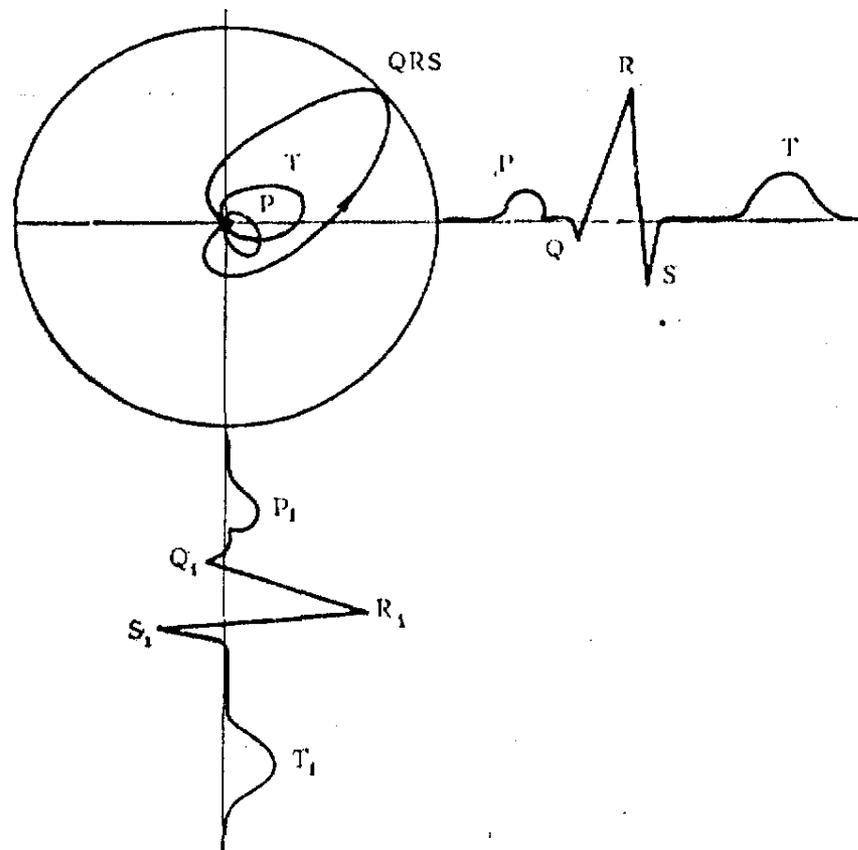
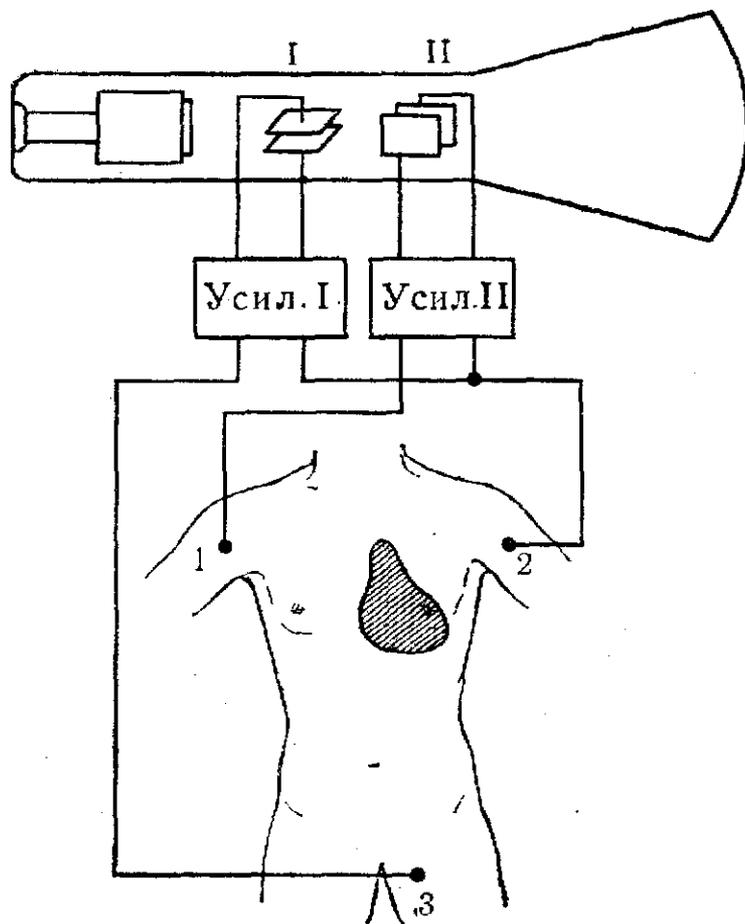
Если угол  $\alpha$  имеет значение:

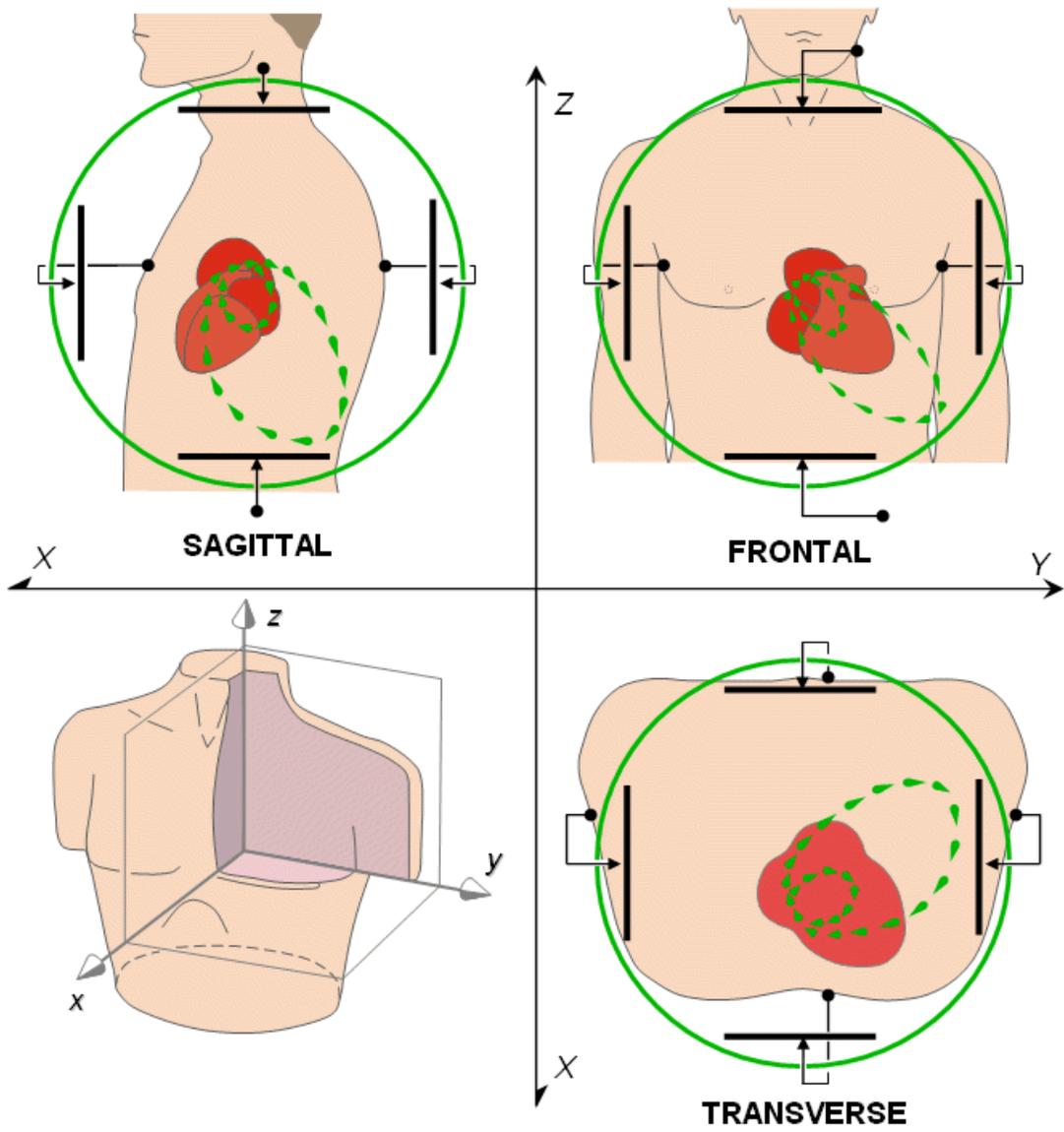
- **в пределах от  $40^\circ$  до  $70^\circ$** , то такое положение электрической оси сердца считается **нормальным**;
- **близкое к  $0^\circ$** , то такое положение электрической оси сердца обозначается как горизонтальное, и ЭКГ характеризуется высокими амплитудами зубцов в I отведении;
- **близкое к  $90^\circ$** , то положение обозначается как вертикальное; зубцы ЭКГ будут наименьшими в I отведении.

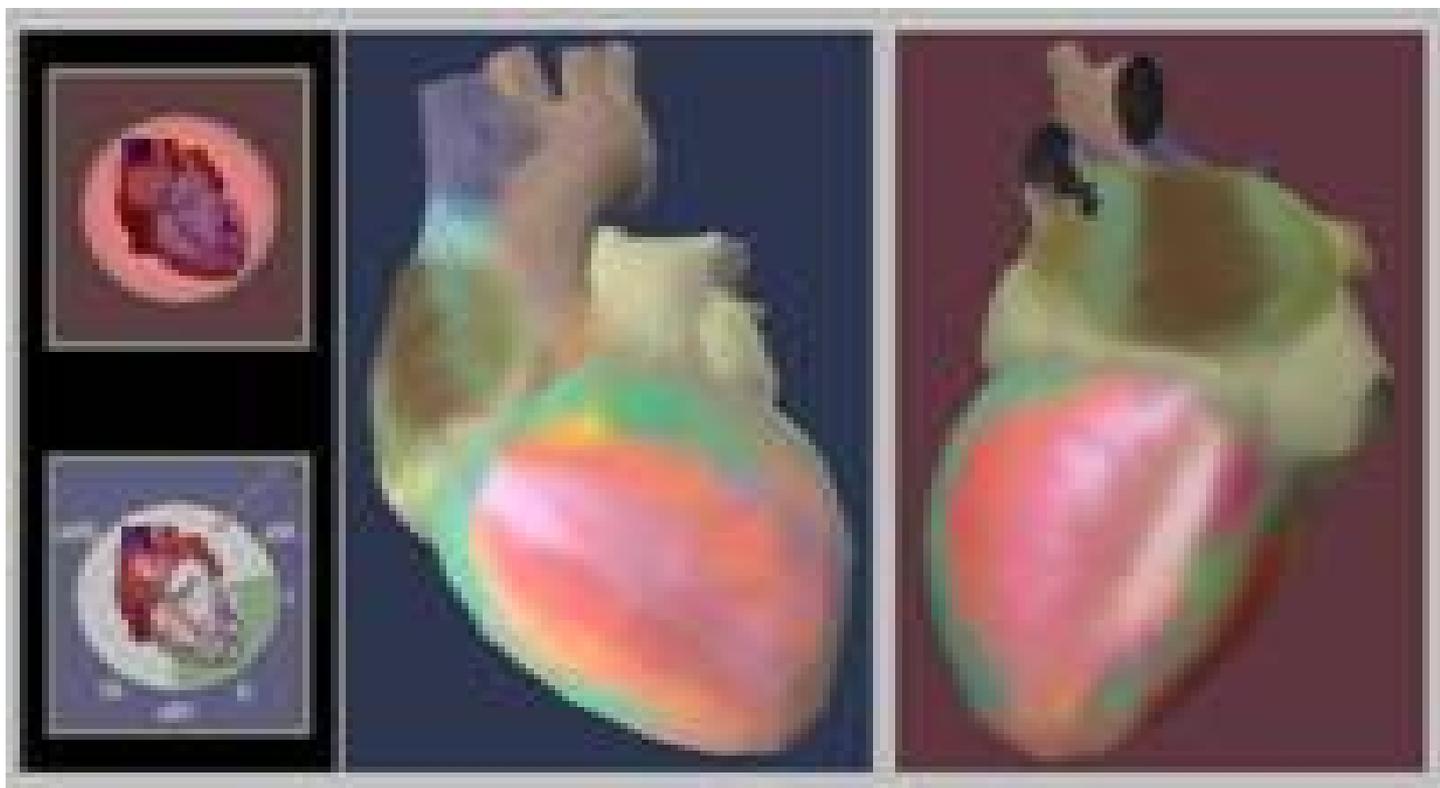
# Векторкардиография



# Векторкардиография

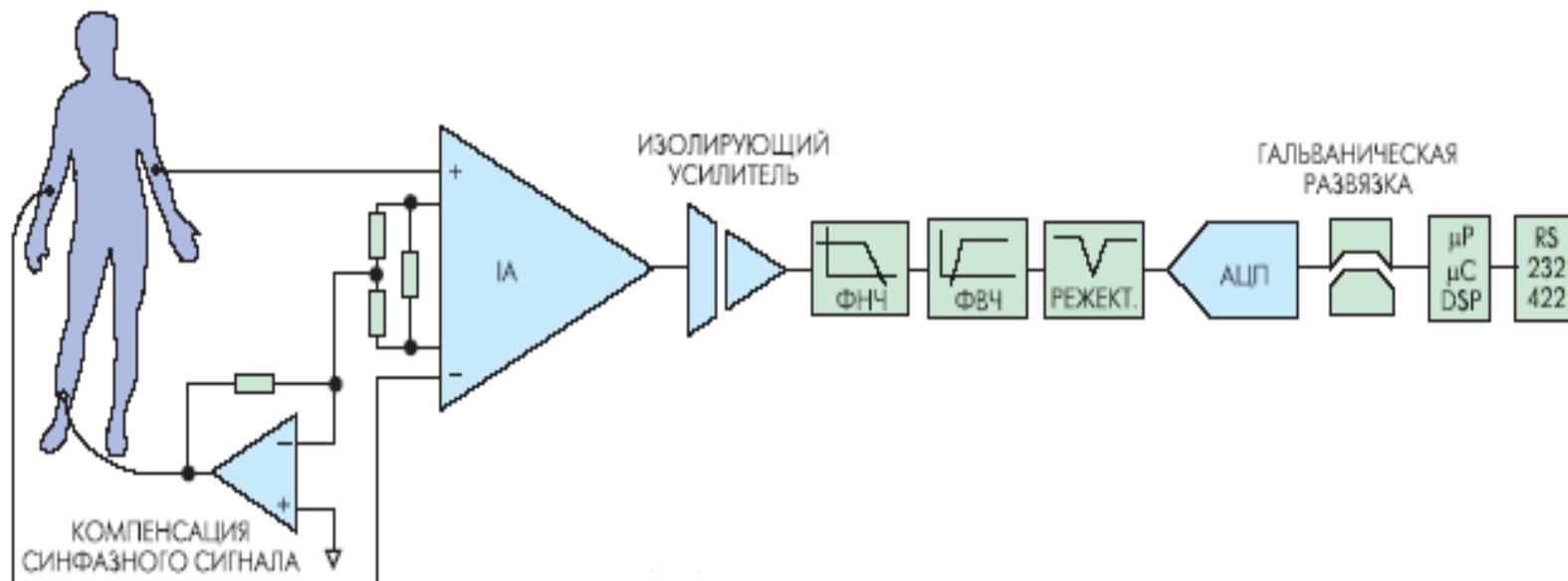


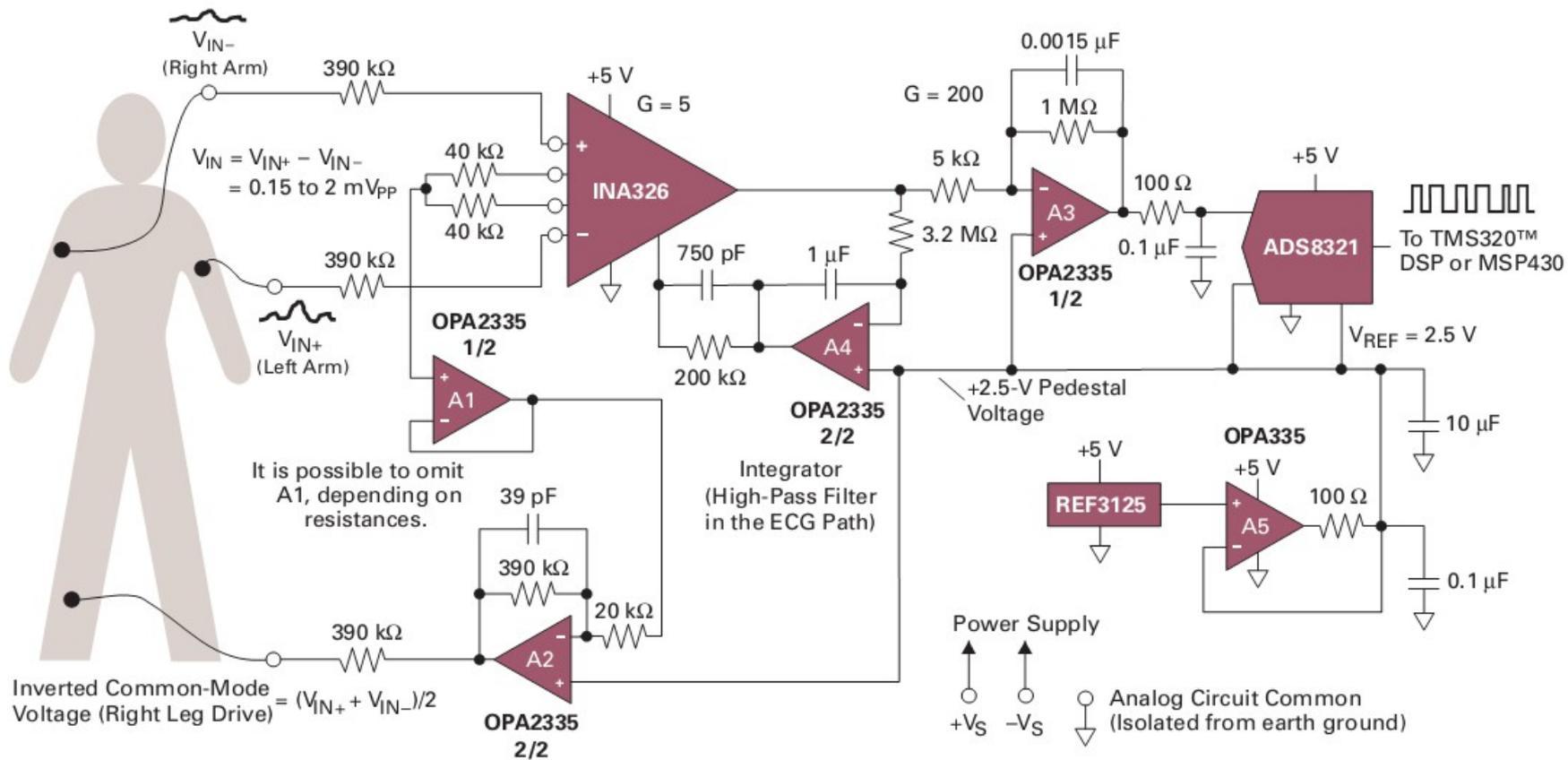




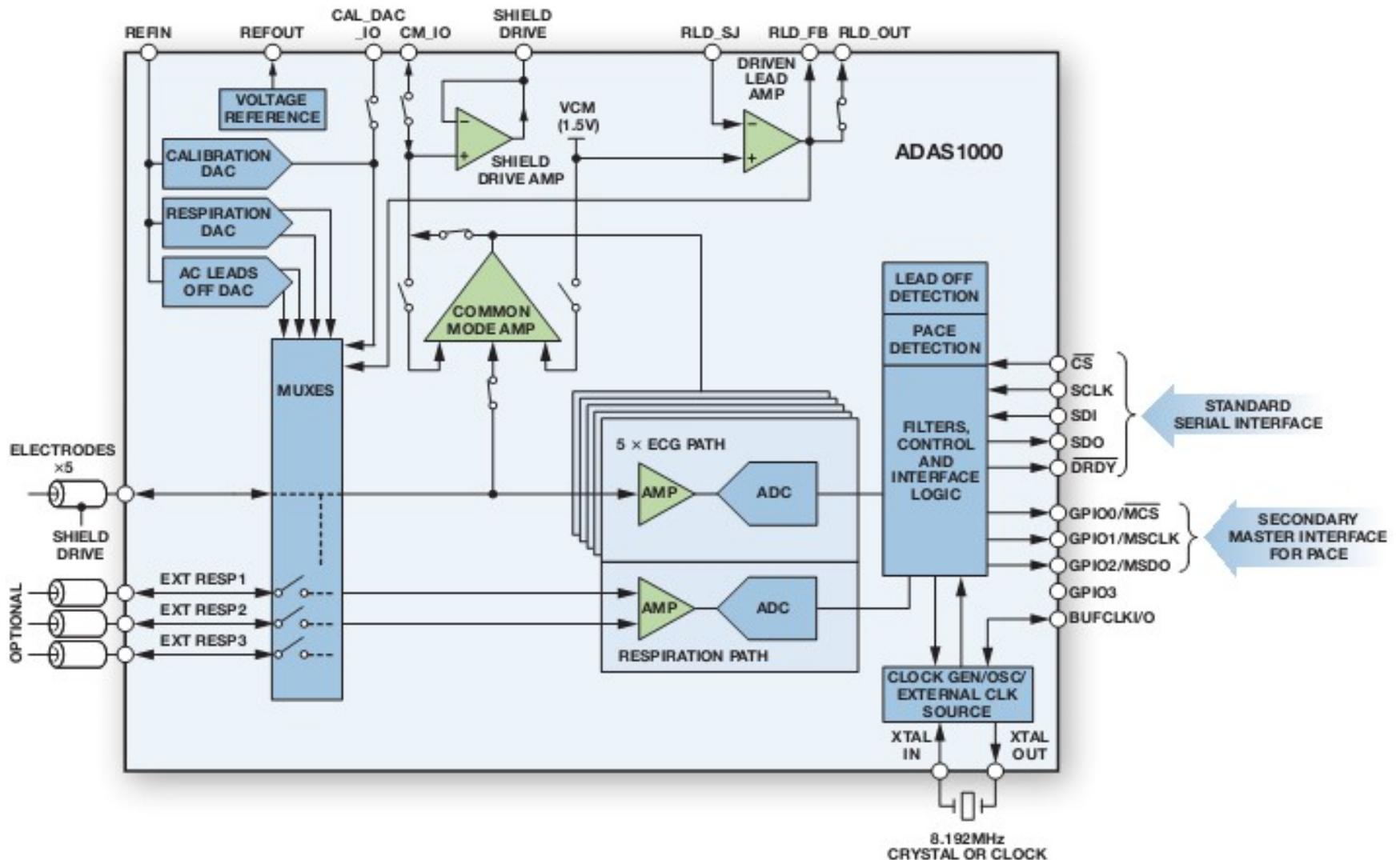
- Представление результатов спектрально-временного картирования

# Структурная схема типичного одноканального электрокардиографа

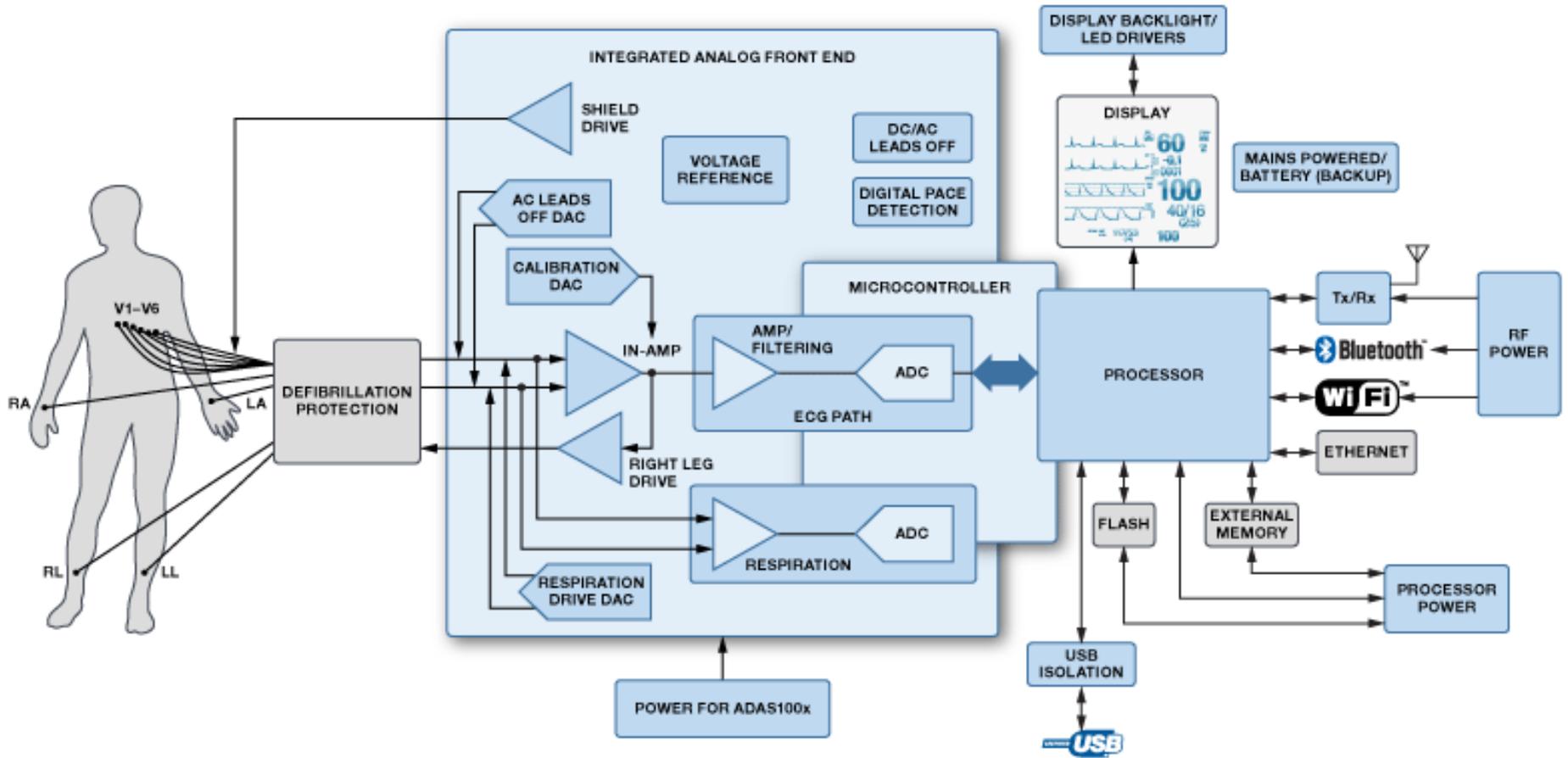




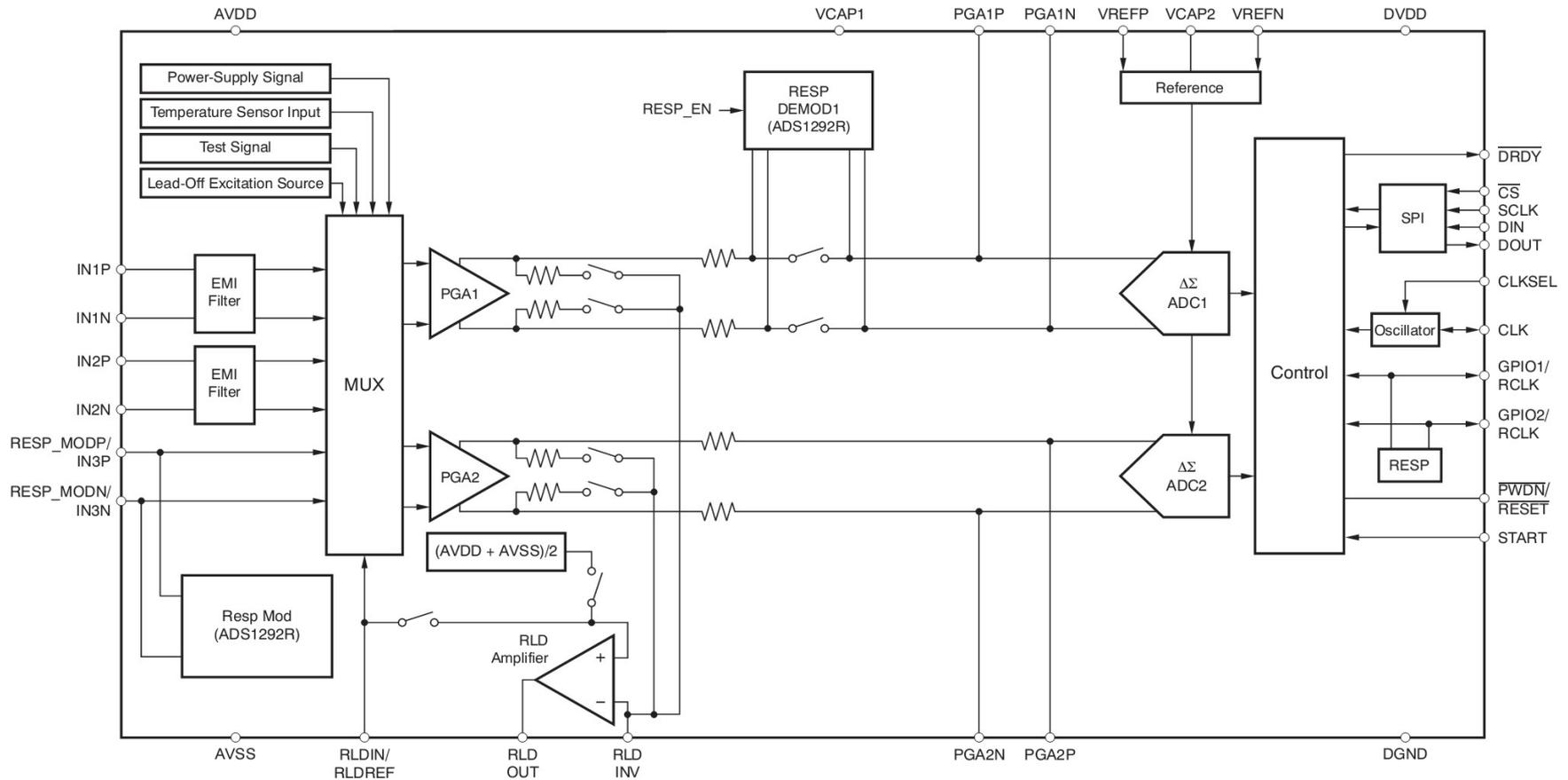
# ADAS1000 block diagram (Analog devices)



5-electrode electrocardiography (ECG )



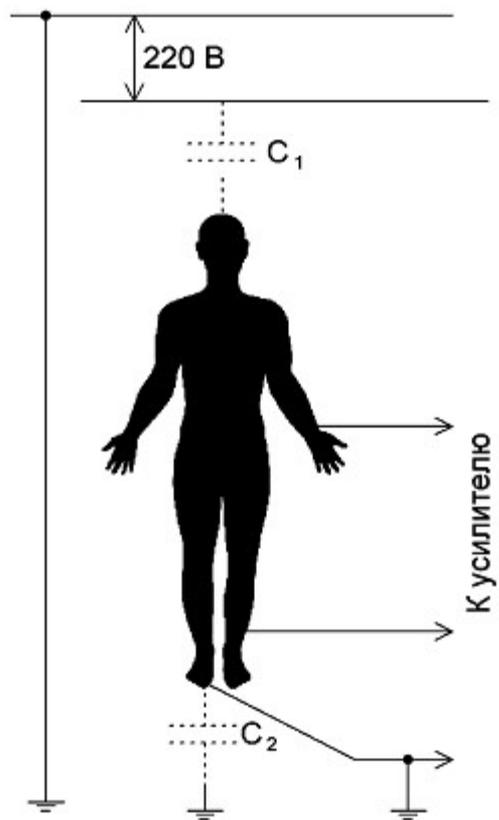
# Low-Power, 2-Channel, 24-Bit Analog Front-End for Biopotential Measurements

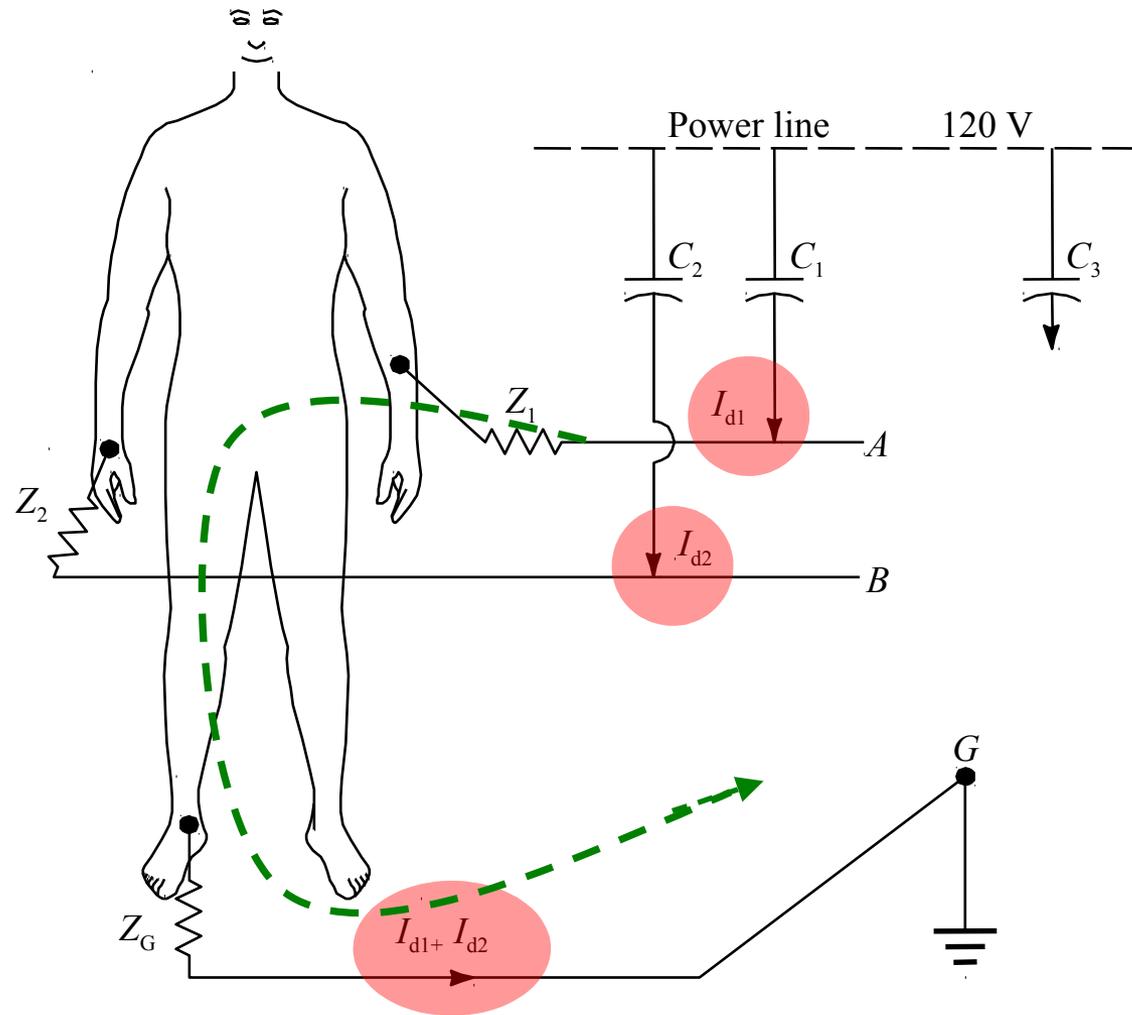


Функциональная схема ADS1291 (Texas Instruments)

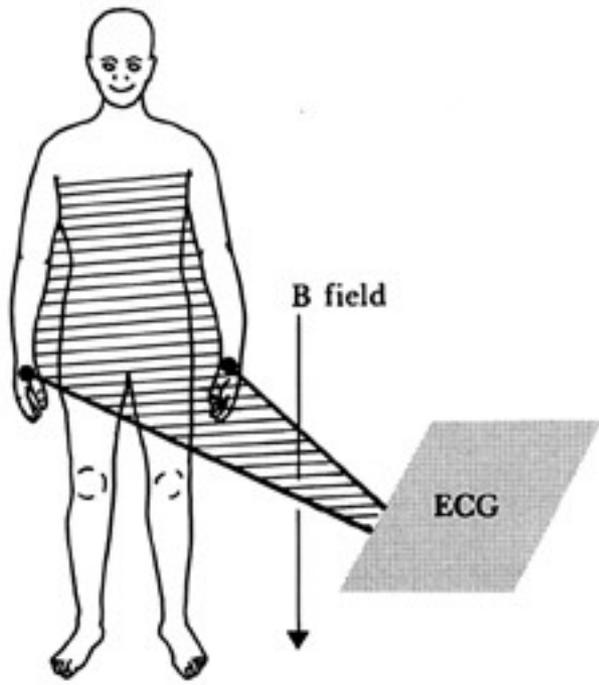
## Помехи при снятии ЭКГ

- влияние сетевых помех с частотой 50 Гц (или 60 Гц) и гармоник сетевого напряжения;
- влияние изменений параметров контакта электрода с кожей, приводящее к дрейфу постоянной составляющей;
- мышечные сокращения: при этом на сигнал ЭКГ накладываются сигналы типа миограммы (ЭМГ);
- дыхательные движения вызывают смещение постоянной составляющей;
- электромагнитные наводки от других электронных устройств, когда провода электродов ЭКГ играют роль антенн;
- высокочастотные шумы от других электронных устройств.

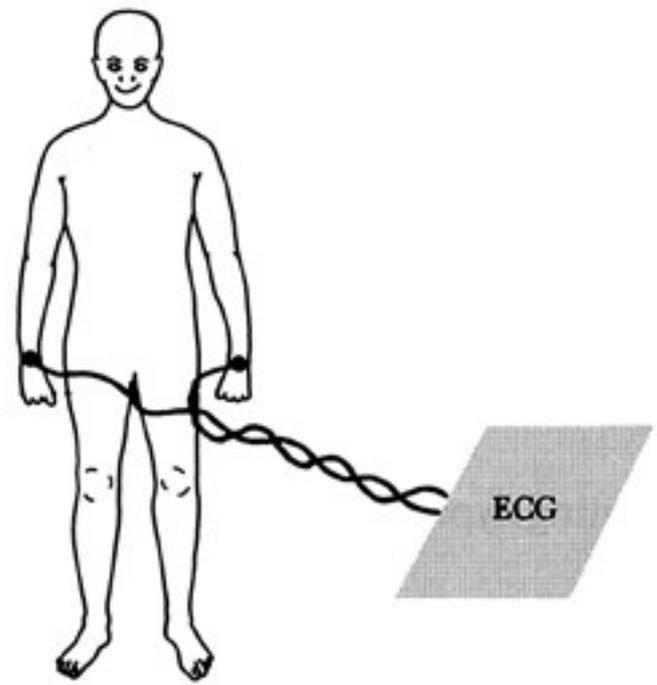




A mechanism of electric-field pickup of an electrocardiograph resulting from the power line.



(a)



(b)

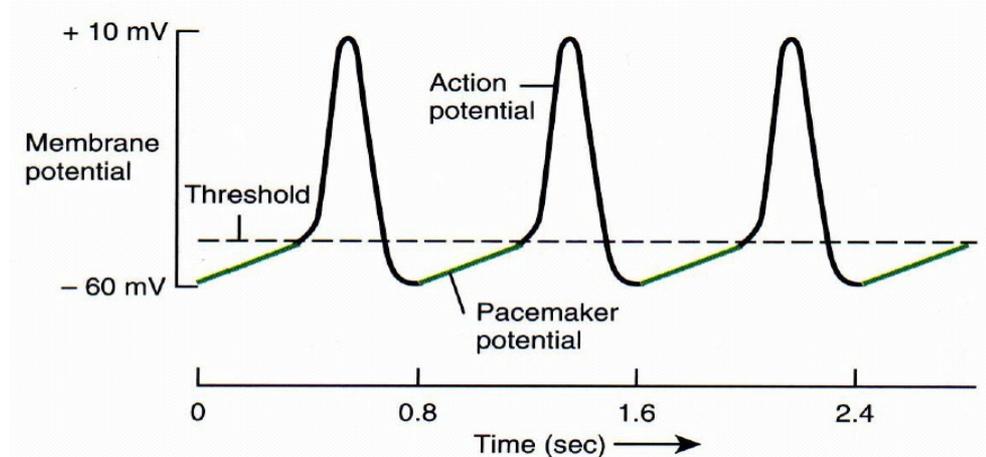
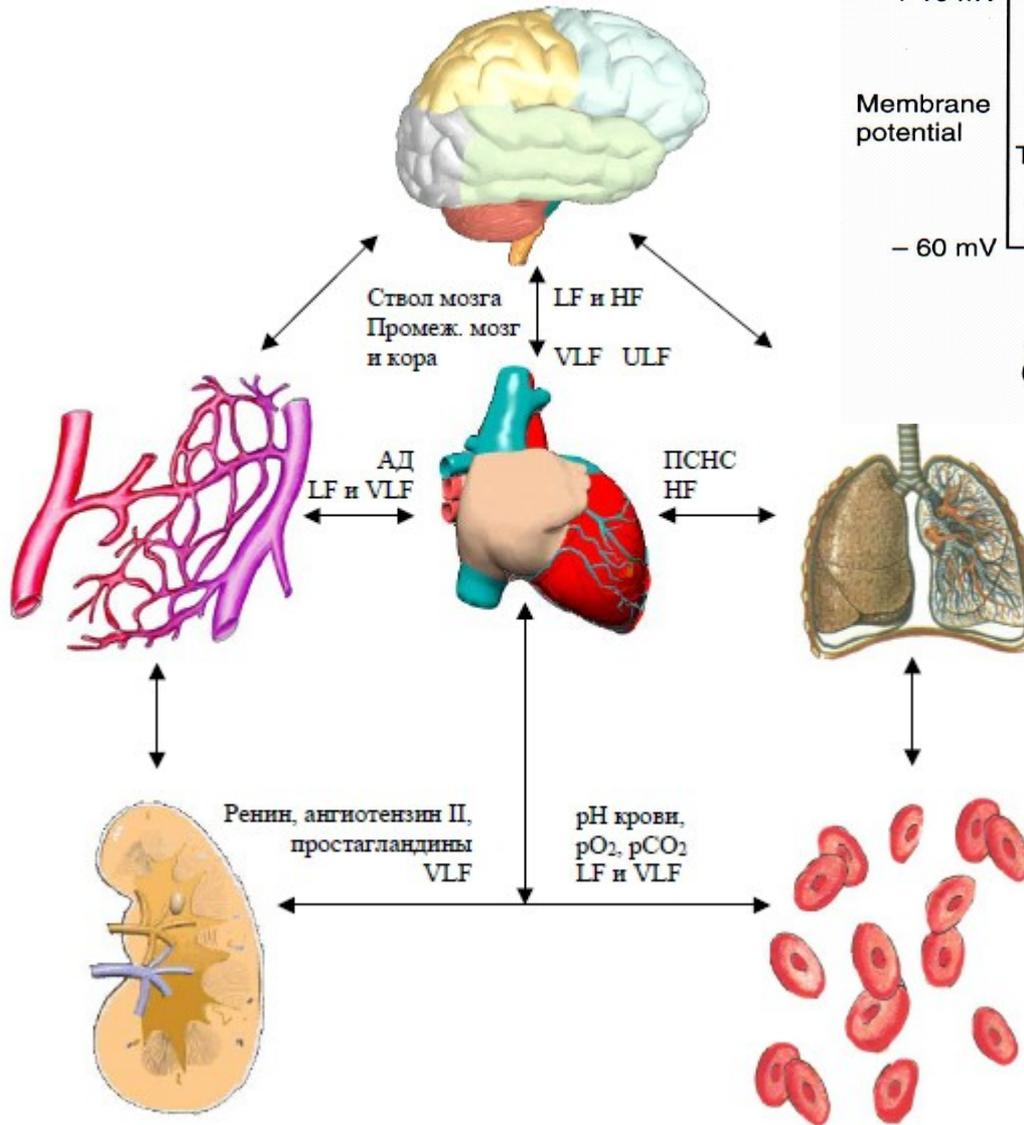
# Основные пункты периодической поверки электрокардиографов

Р 50.2.009-2011 Государственная система обеспечения единства измерений.  
Электрокардиографы, электрокардиоскопы и электрокардиоанализаторы.  
Методика поверки

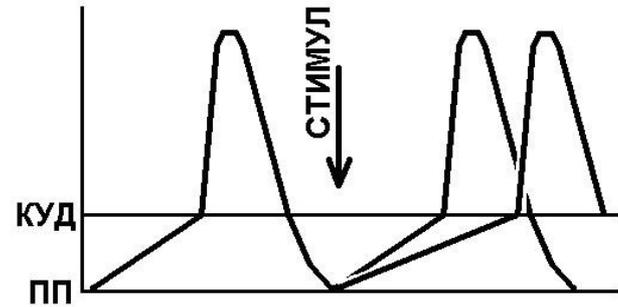
- Внешний осмотр;
- Опробование;
- Определение метрологических характеристик;
- Определение идентичности формы сигнала и измерений его амплитудно-временных параметров;
- Определение основной относительной погрешности измерений напряжения;
- Определение основной относительной погрешности измерений временных интервалов;
- Определение основной относительной погрешности регистрации размаха калибровочного сигнала;
- Определение напряжения внутренних шумов, приведенного на входу;
- Определение сдвига сигналов между каналами (для многоканальных ЭКГ);
- Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений частоты сердечных сокращений (ЧСС).

# Ритмокардиография

Механизмы регуляции сердечного ритма

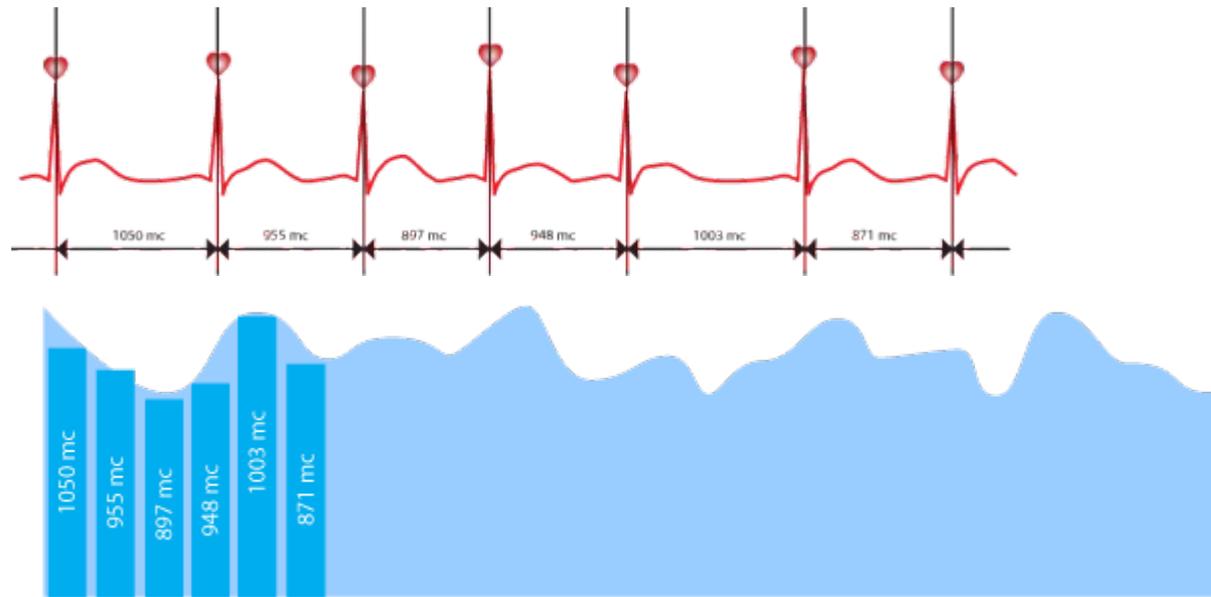


## СИНОАТРИАЛЬНЫЙ УЗЕЛ



# Ритмокардиография (хронокардиография)

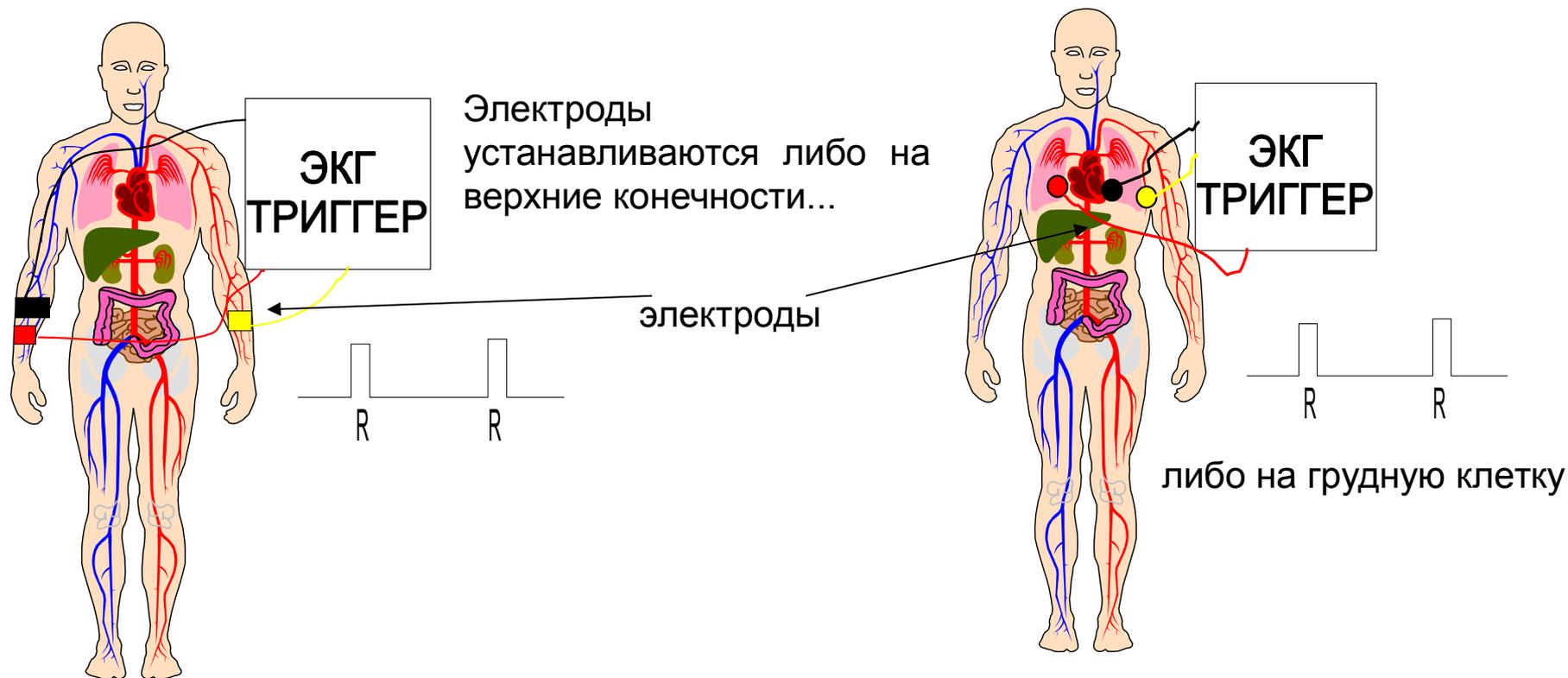
Последовательность идущих друг за другом кардиоинтервалов называется хронокардиограммой. Для ее регистрации применяются специальные электронные устройства.



Принцип построения кардиоинтервалограммы (ритмограмма отмечена плавной линией на нижнем графике), где  $t$  — величина RR-интервала в миллисекундах, а  $n$  — номер (число) RR-интервала.

# Регистрация хронокардиограммы

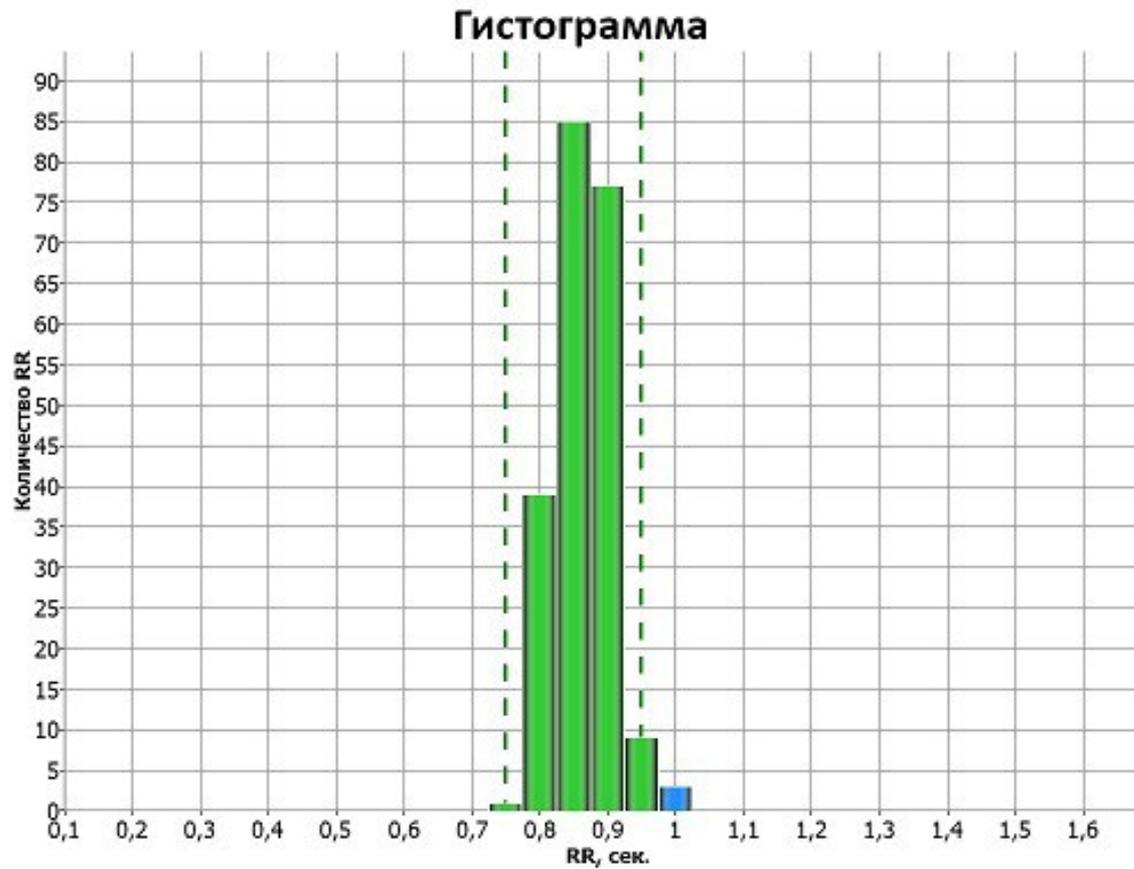
Для записи хронокардиограммы достаточно трех электродов



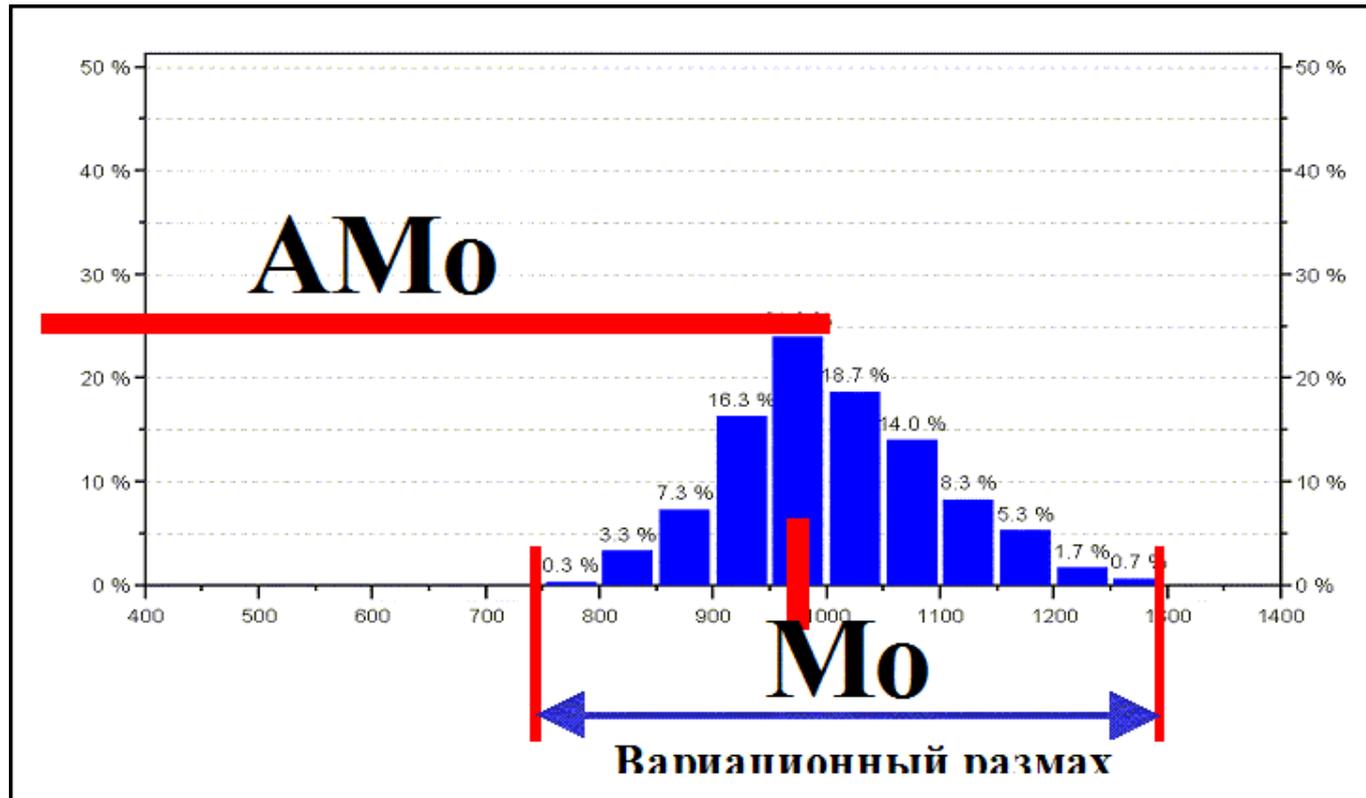
# Анализ ритмокардиограмм



## Гистограмма распределения R-R интервалов

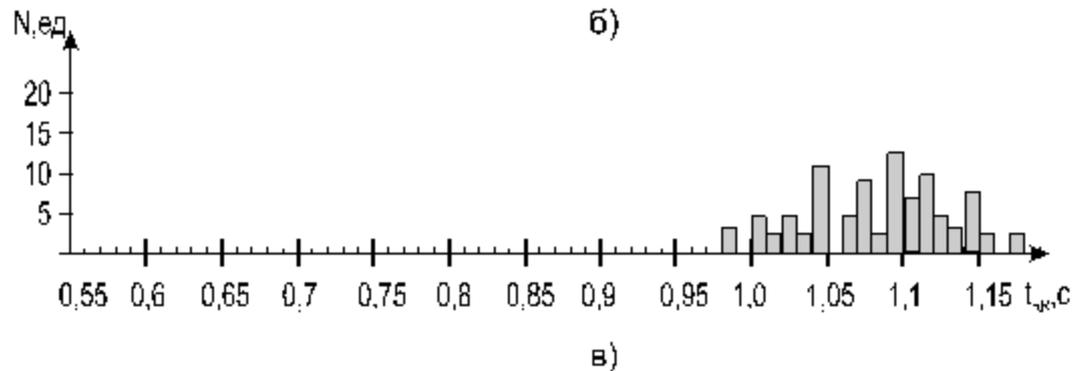
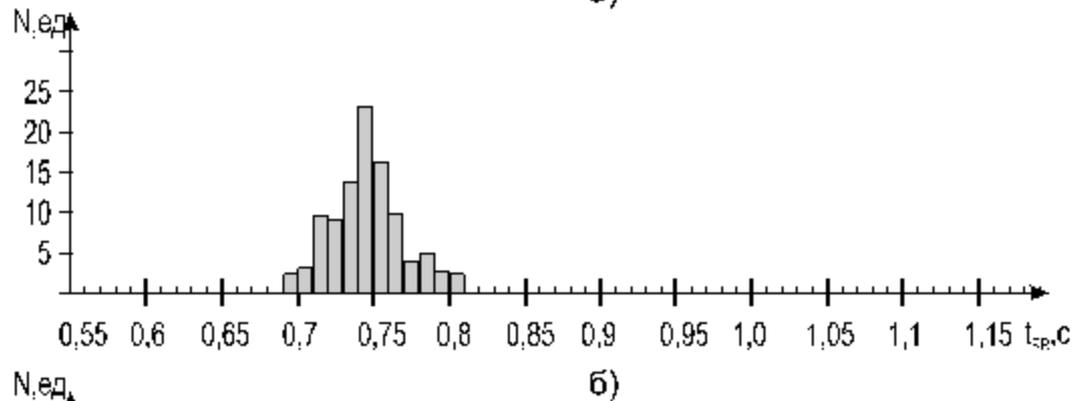
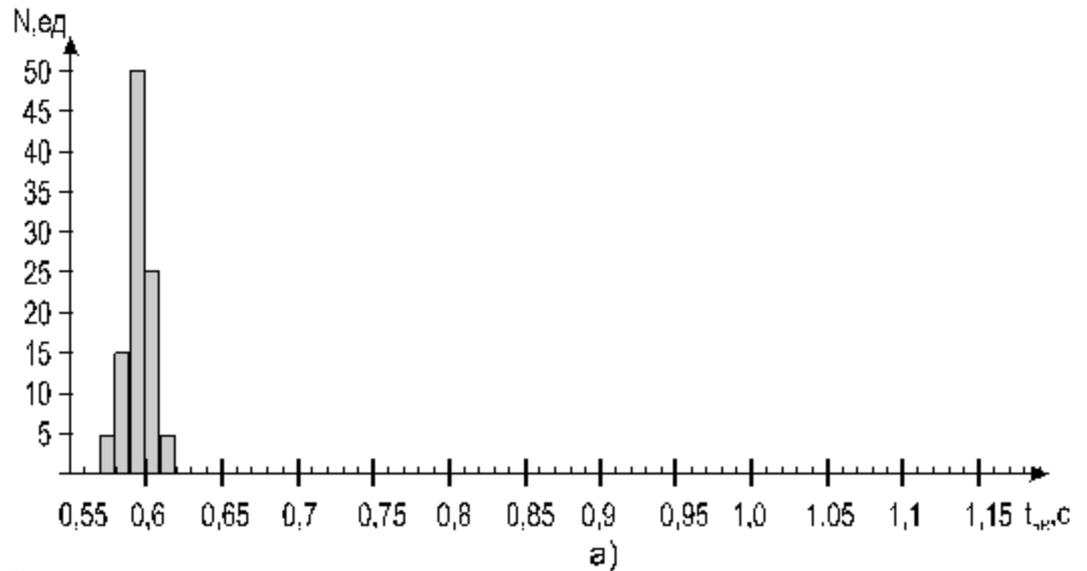


## Параметры гистограммы RR интервалов



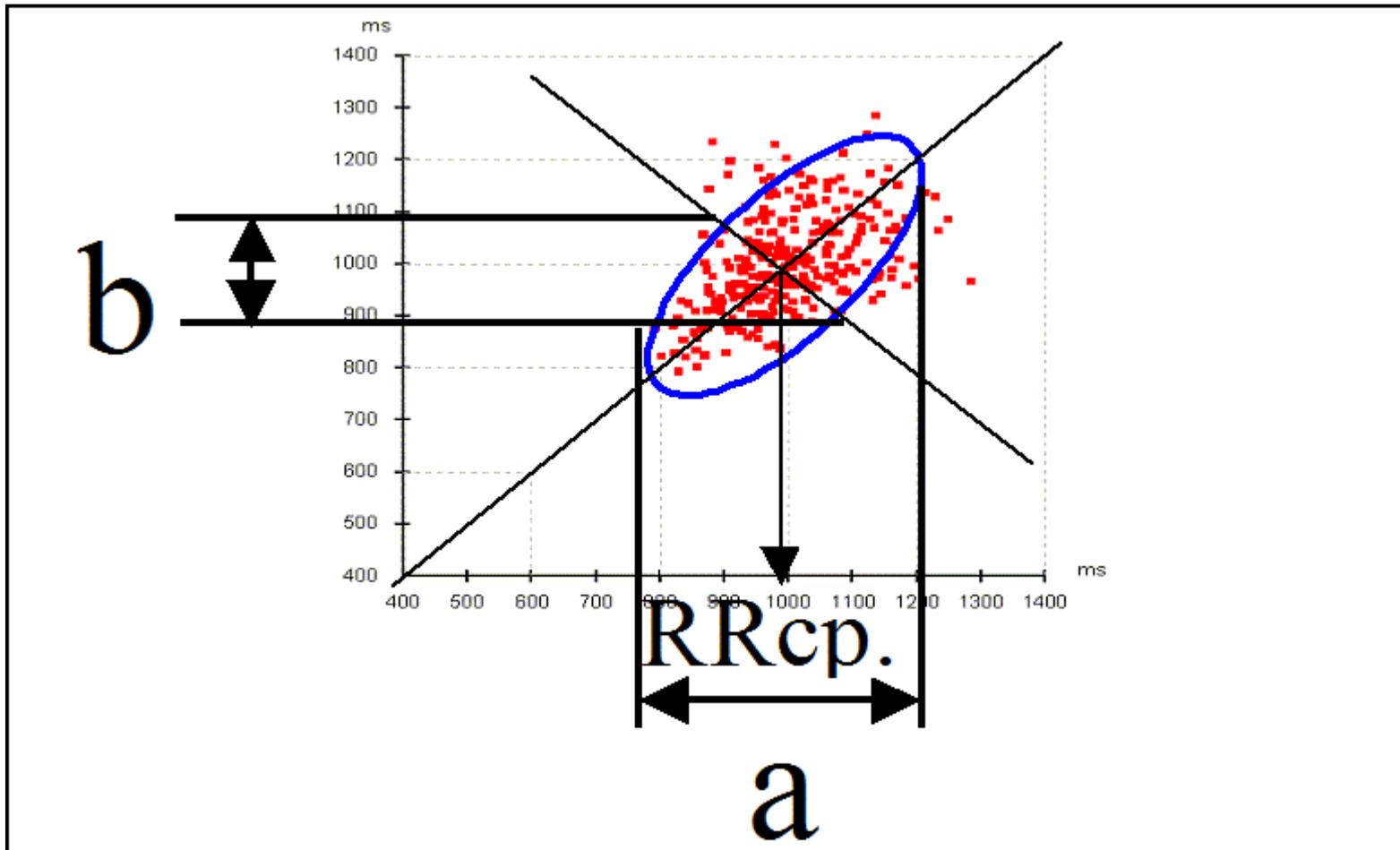
## Примеры вариационных пульсограмм

- а) – эксцессивная (симпатикотоническая);
- б) – нормальная (нормотоническая);
- в) – асимметричная (парасимпатикотоническая)

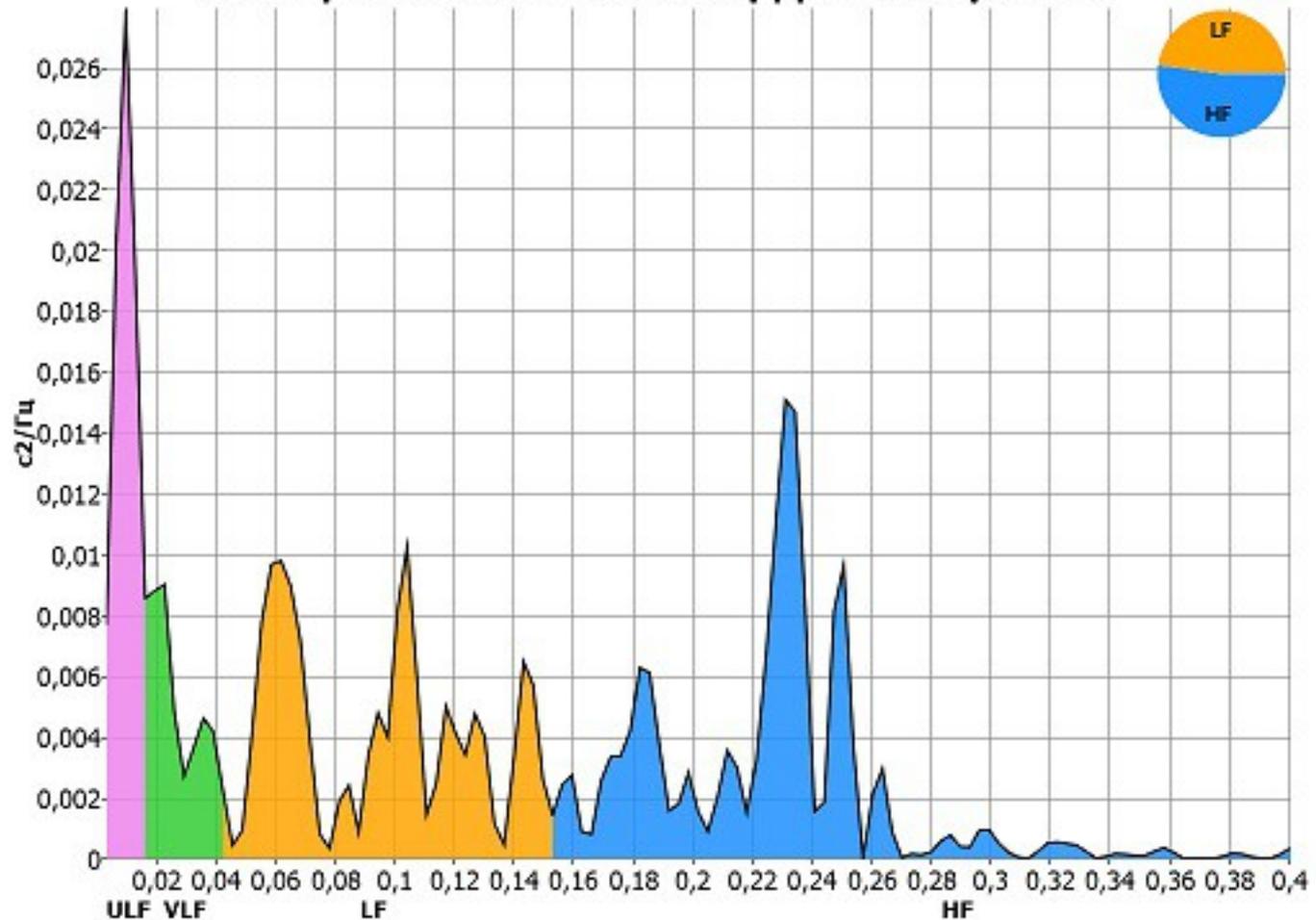




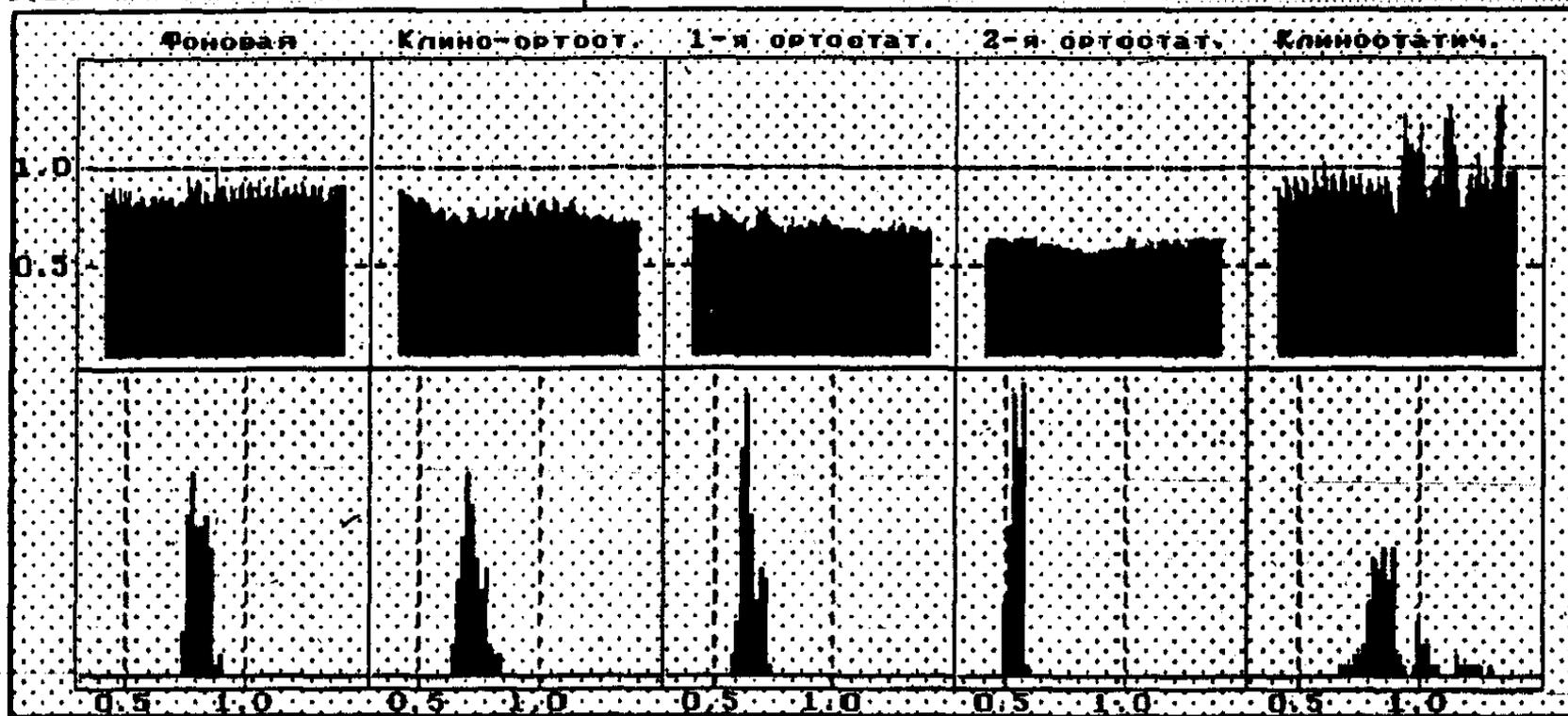
# Параметры скаттерграммы RR интервалов



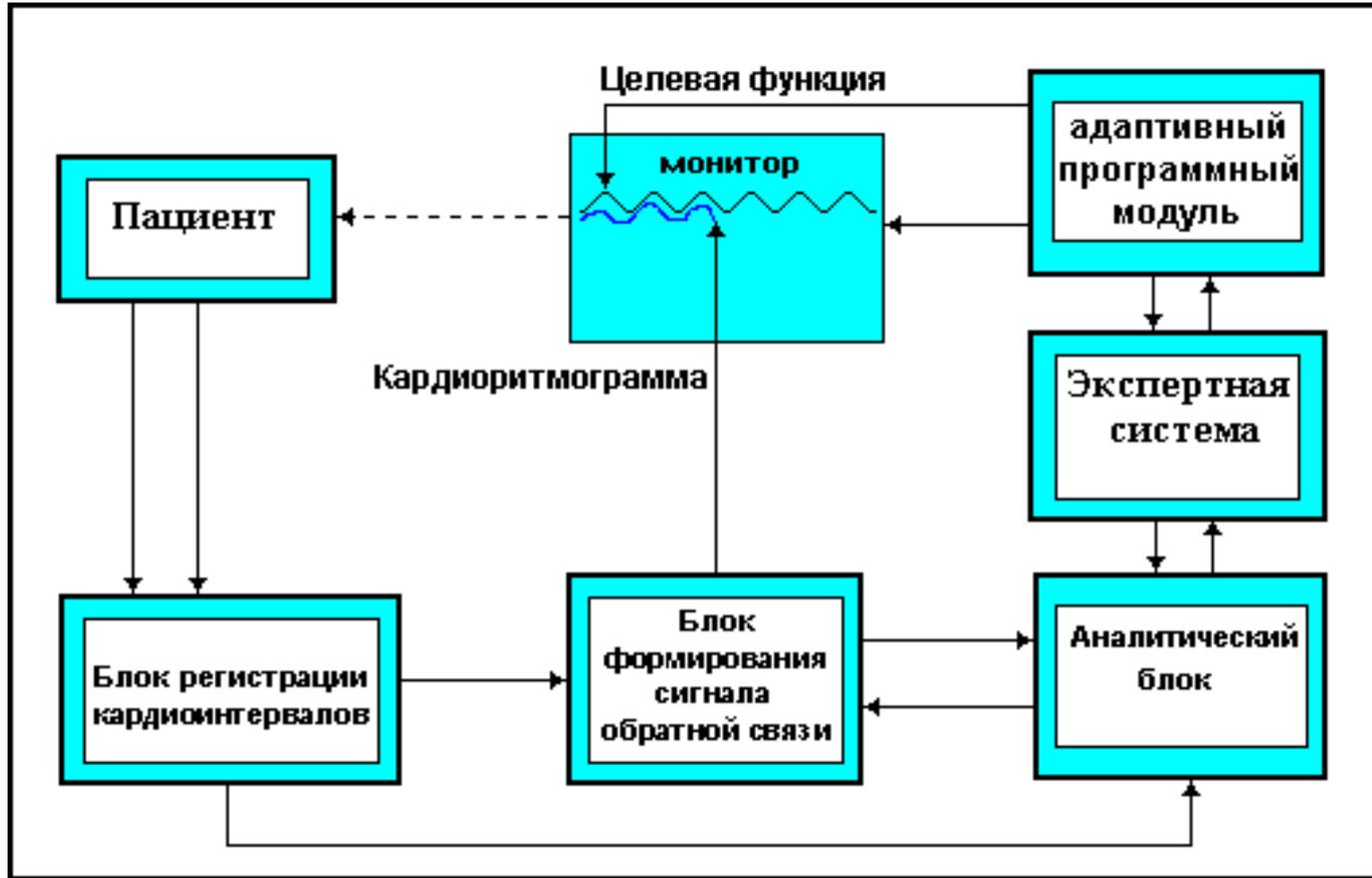
## Спектральный анализ сердечного ритма



Номер: 11      Посещение: 1      Дата: 23-11-93  
Лет 12      Месяцев 0      Пол: ЖЕН



# Система БОС



# Электронцефалография

Метод электрофизиологического исследования ЦНС человека.

Основан на регистрации колебаний электрических потенциалов мозга с поверхности черепа. Предполагается, что ЭЭГ в каждый момент времени отражает суммарную электрическую активность клеток мозга. Окончательно вопрос о происхождении ЭЭГ не решен.



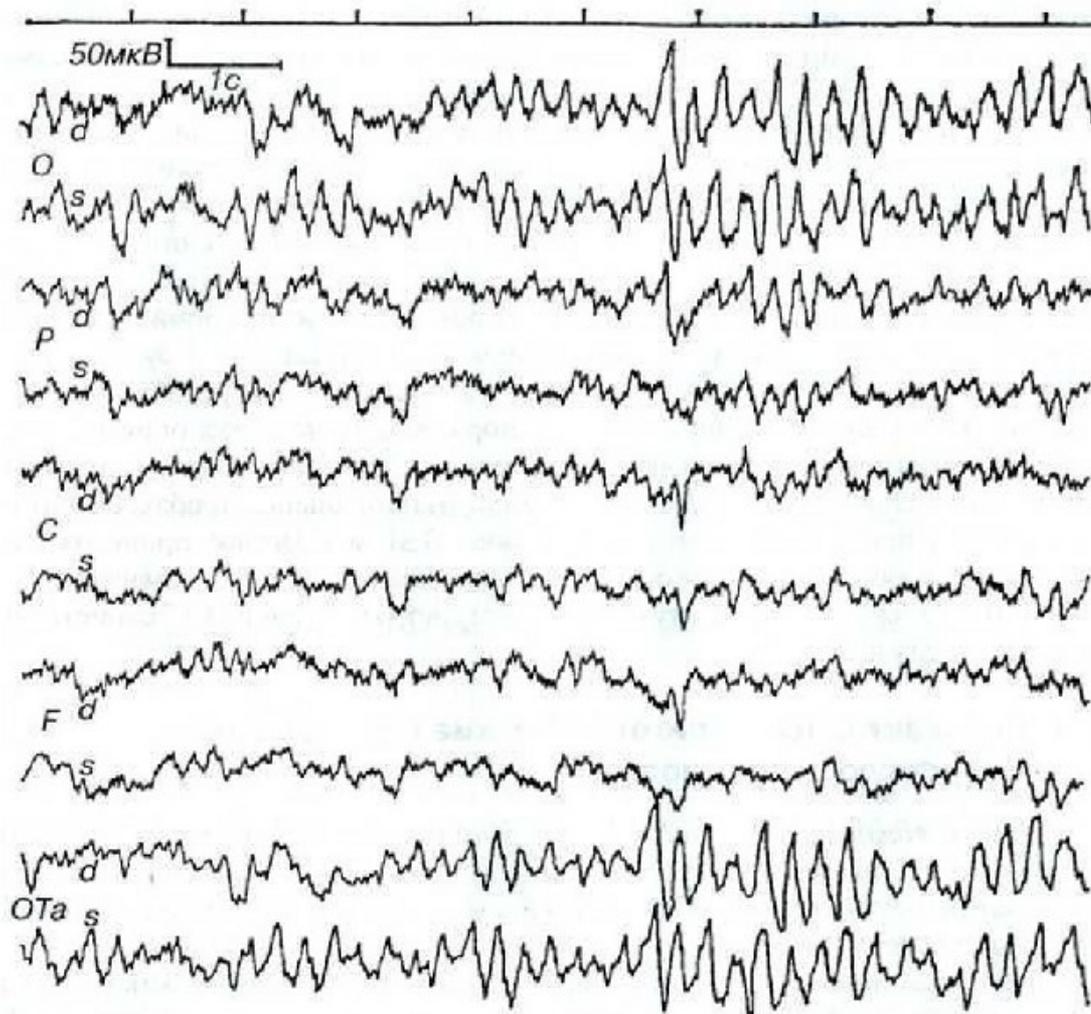
## Электроэнцефалография (ЭЭГ):

Метод основан на регистрации электрических потенциалов от кожи головы человека, возникающих как результат электрической активности нейронов мозга, однако не всегда позволяет однозначно связать наблюдаемые явления с анатомическими образованиями мозга.

В энцефалограмме суммируется активность множества клеток мозга (нейронов) таким же образом, как в шуме стадиона суммируются крики отдельных болельщиков.

ЭЭГ сравнивают с «**дымом от паровоза**» или «**шумом от автомобиля**».

## Пример ЭЭГ



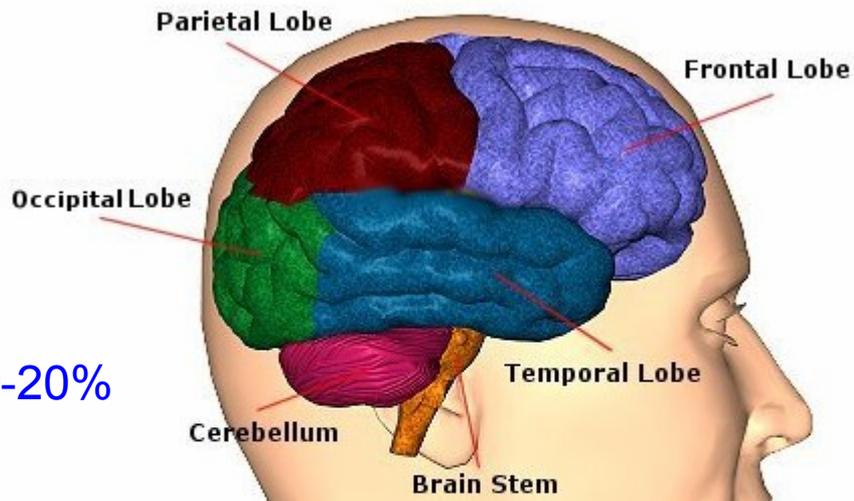
ЭЭГ является сложной кривой, состоящей из многих частотных компонентов

*Мне часто коллеги говорят: «Электроэнцефалография — это просто шум от паровоза». Да, это лишь следы, отголоски реальных сигналов, которыми обмениваются нейроны. Но ведь хороший механик по шуму автомобиля может определить, что там не в порядке, отличить стук клапана от шума компрессора.*

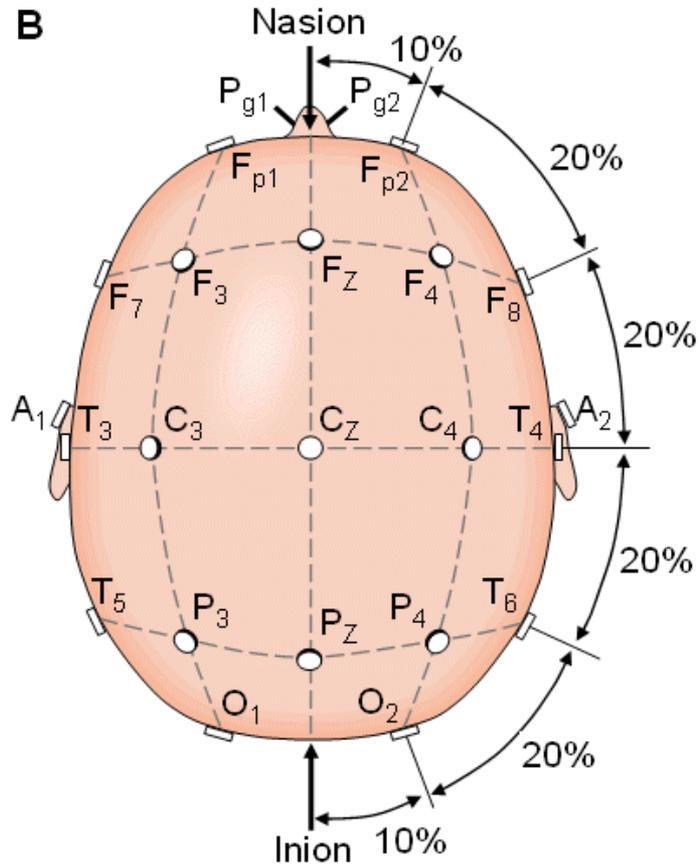
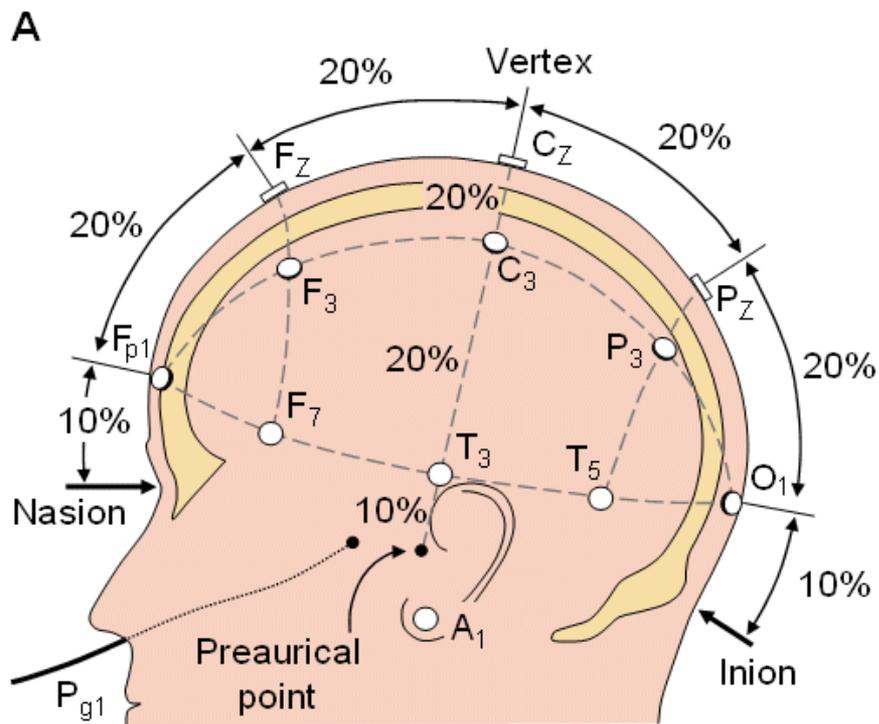
*Энцефалографисты тоже кое-чему научились. Очень долго они изучали, что означает тот или иной элемент этого шума. И теперь мы довольно много знаем о том, какие шумы с работой каких частей мозга и с какими процессами связаны.*

**А.Я.Каплан (д.б.н., проф., психофизиолог)**

Интервью журналу Русский репортер, 21 октября 2010, №41 (169).

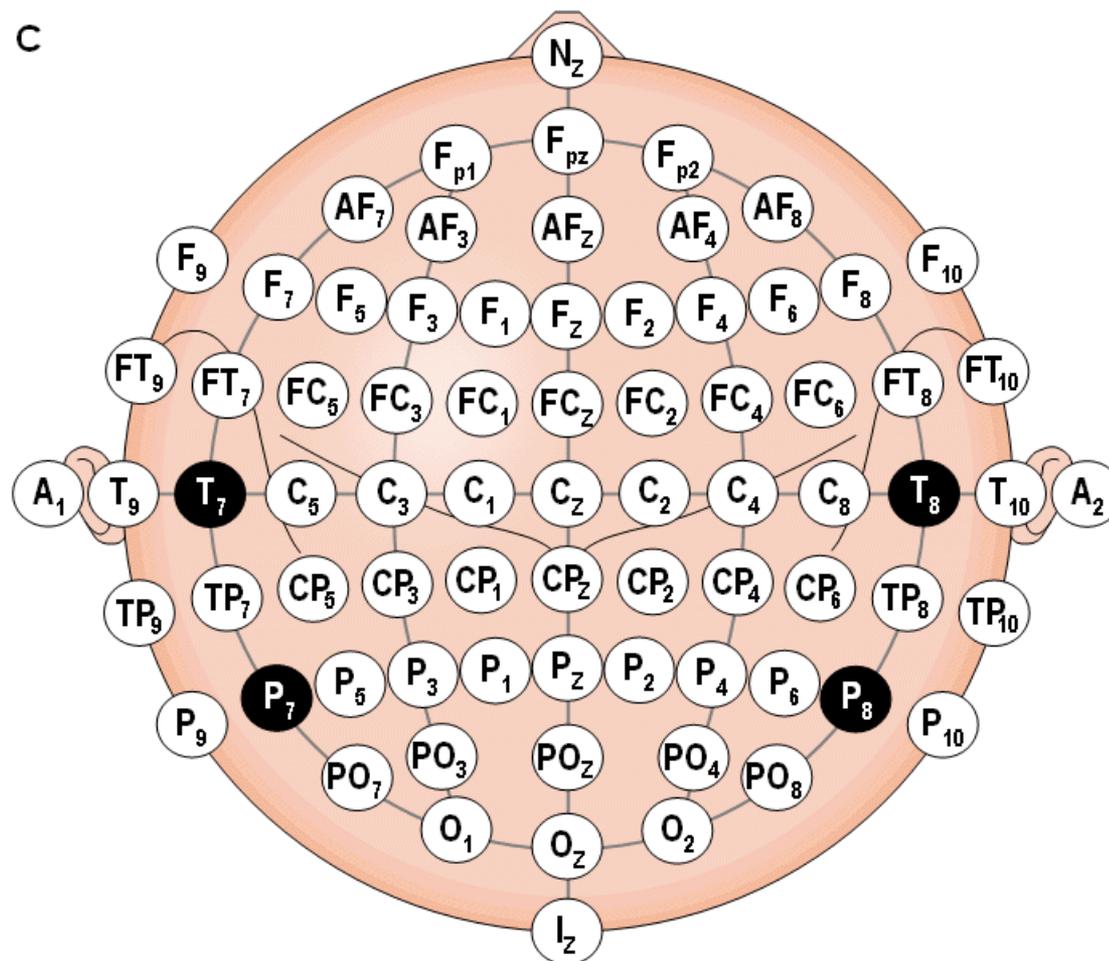


Система наложения 10-20%

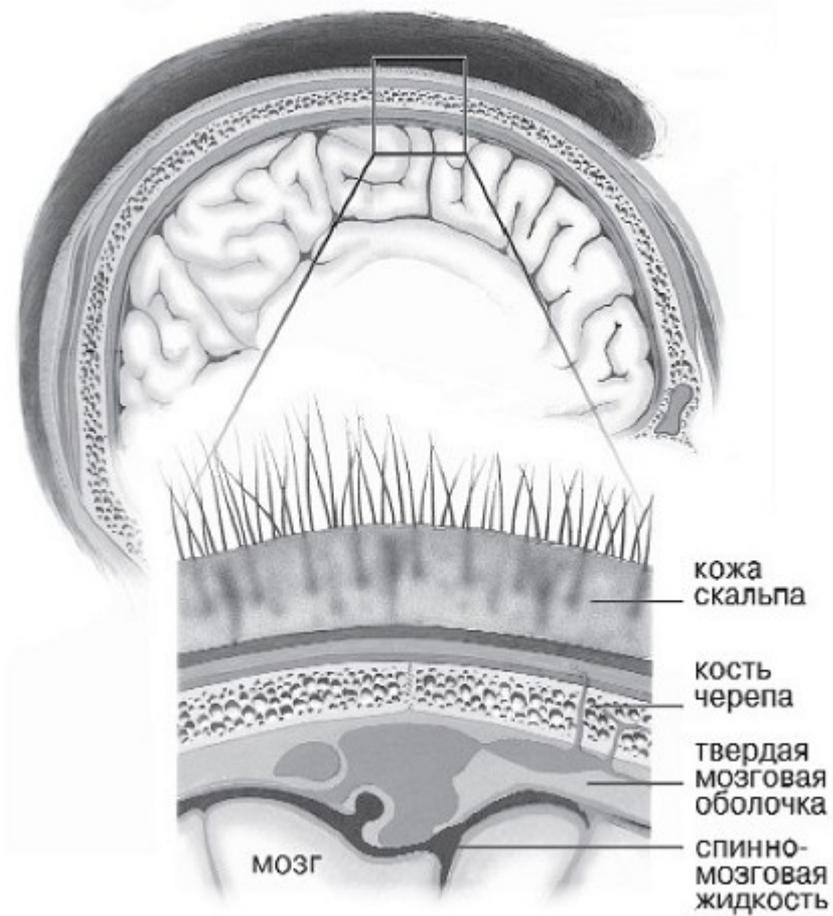


## Система наложения 10-10%

С

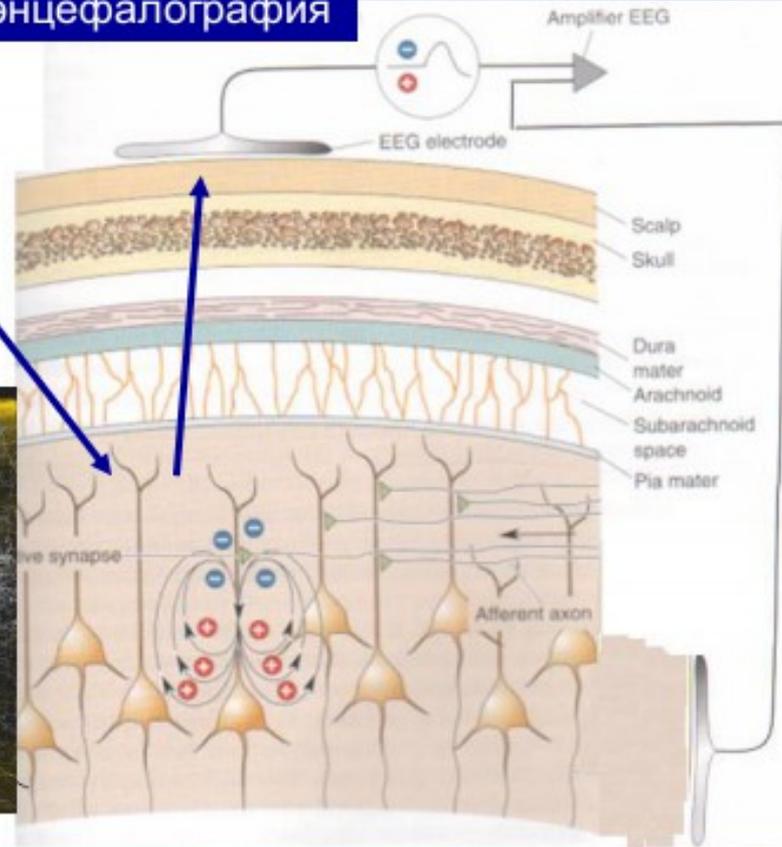
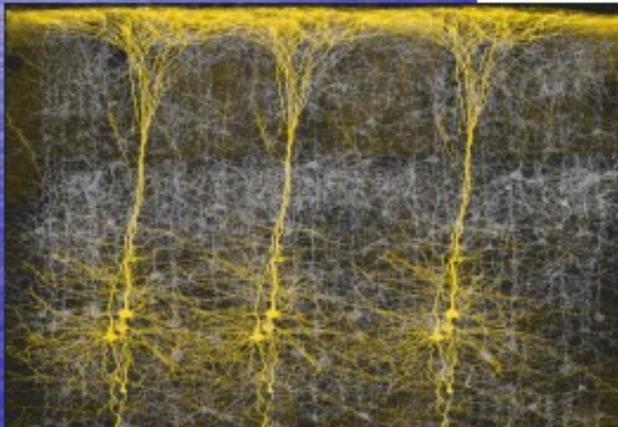


# Основные внутричерепные составляющие и их соотношения, влияющие на регистрацию ЭЭГ (ВП)

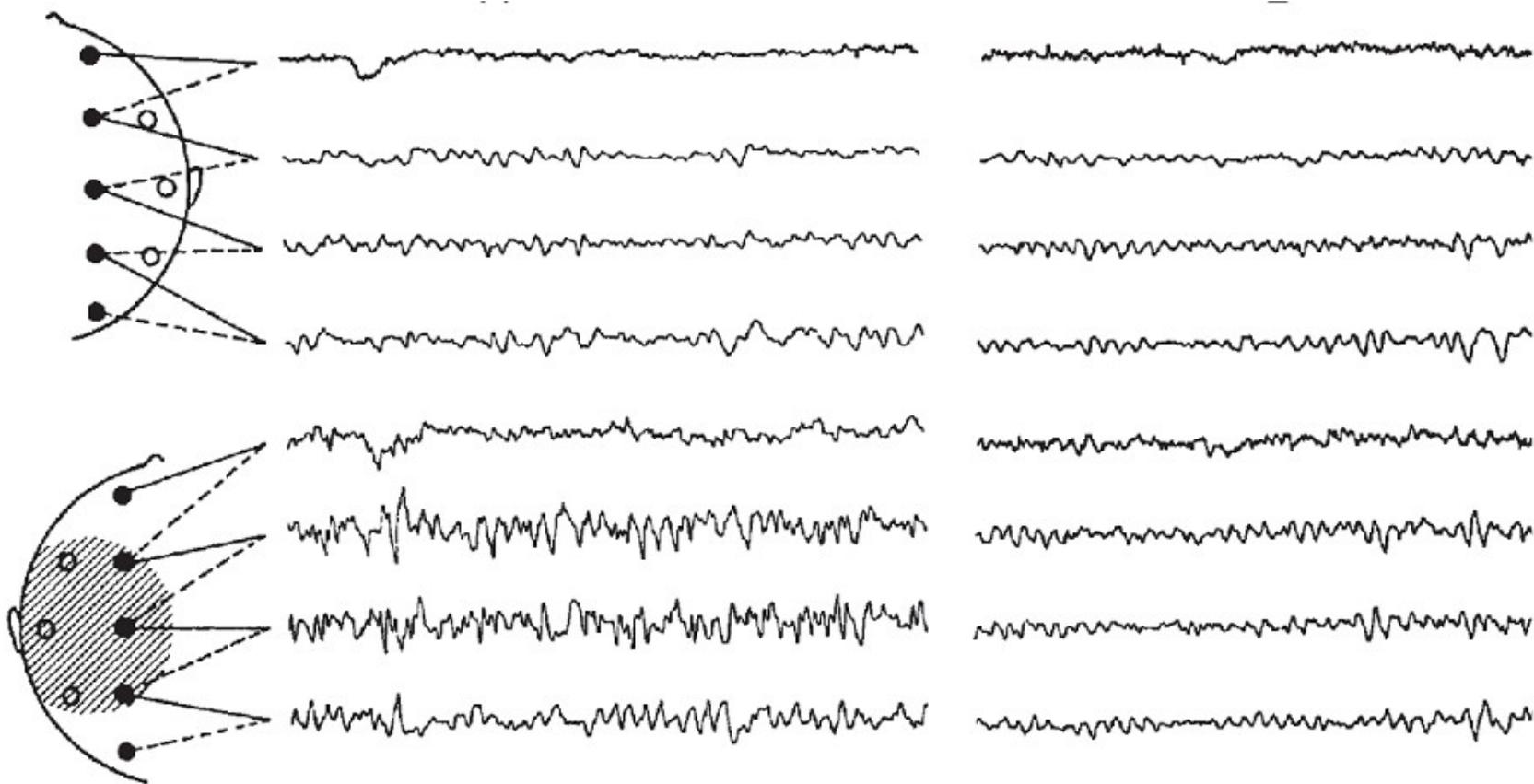


# Электроэнцефалография

На пути к регистрации психических актов



## Влияние кости черепа на регистрацию ЭЭГ

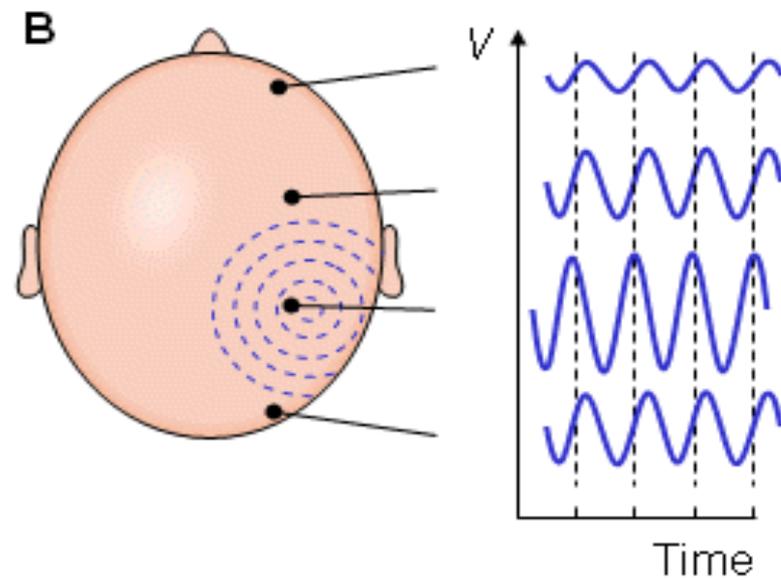
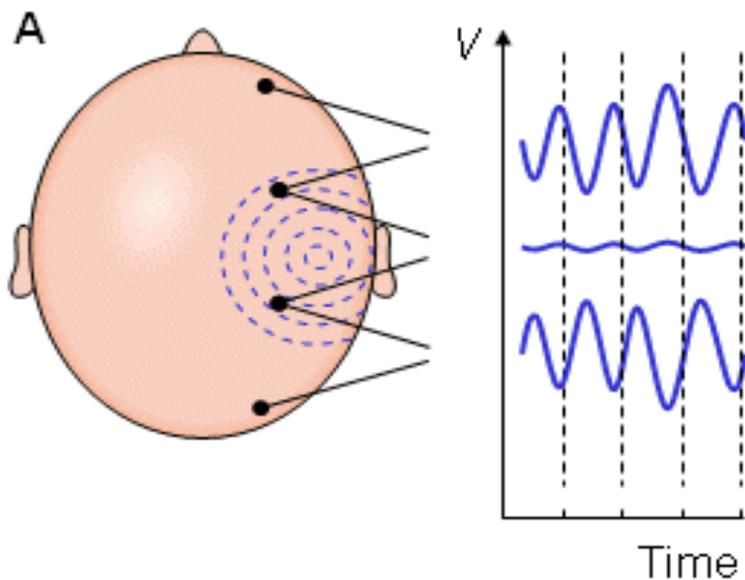


Сверху - целый череп

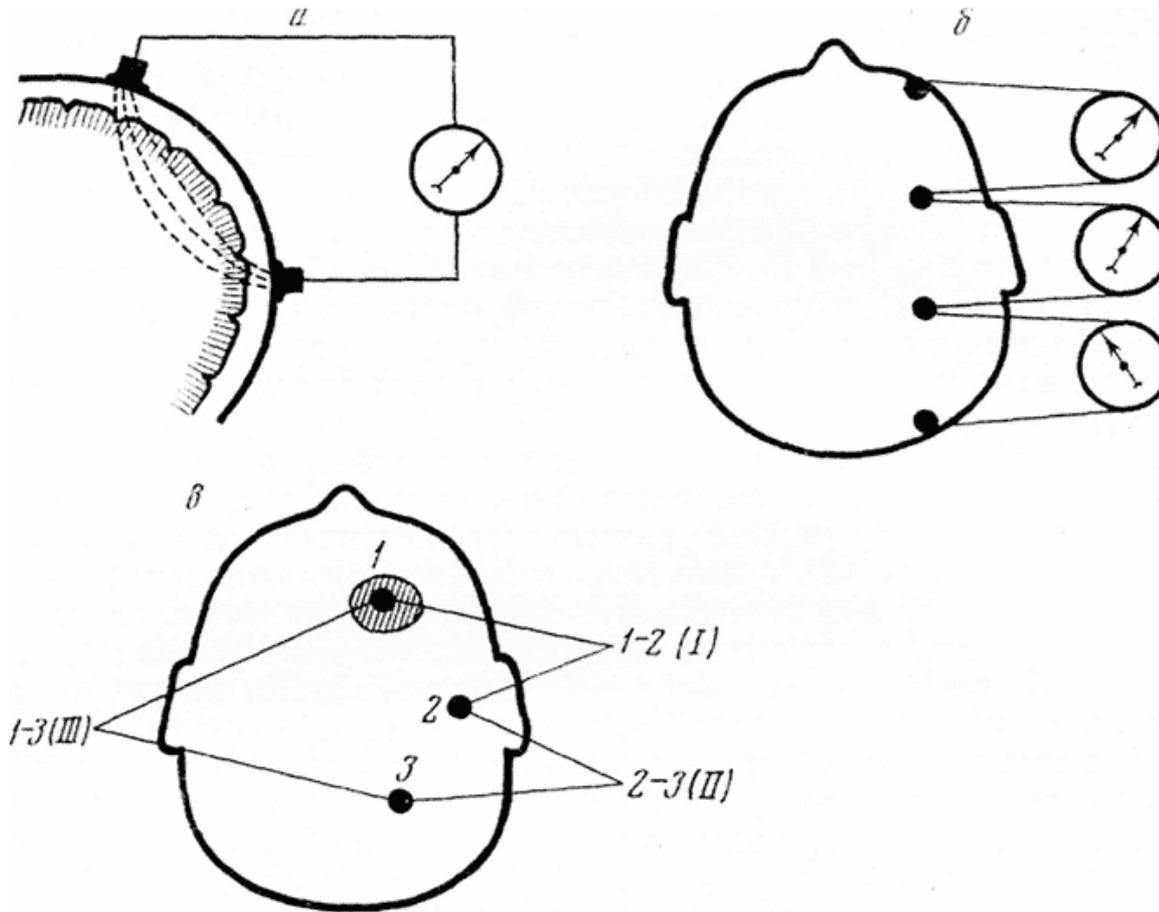
Снизу - повреждение черепа

Справа - тоже после закрытия повреждения

# Биополярная и монополярная методика регистрации ЭЭГ

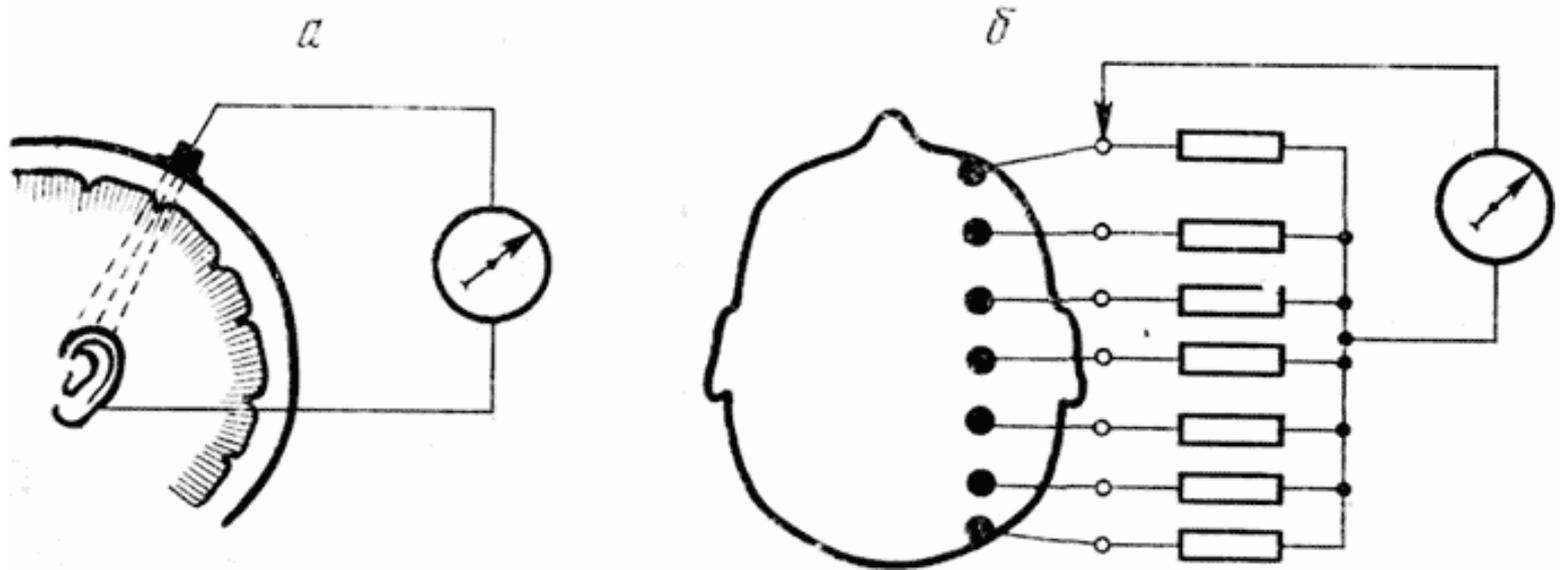


## Способы отведения биопотенциалов



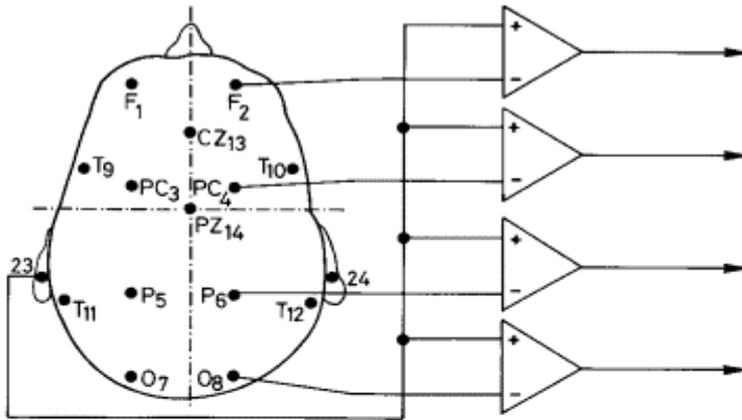
а — биполярное; б — биполярное цепочкой; в — метод триангуляции

## Способы отведения биопотенциалов

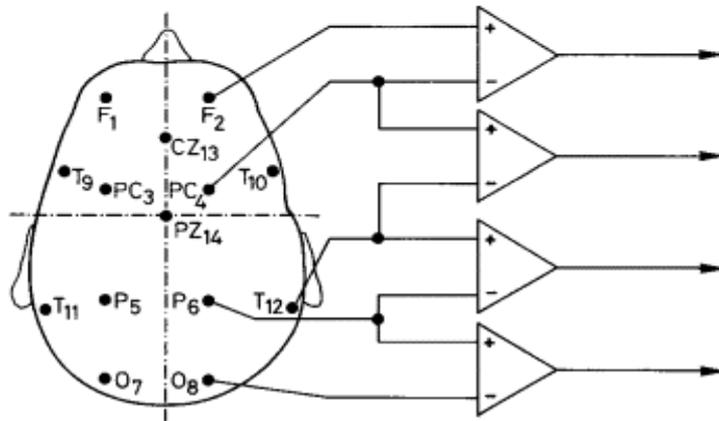


Монополярный способ отведения биопотенциалов.

а — с ушным электродом; б — с усредненным электродом.



**Unipolar measurement  
( indifferent right ear  
electrode )**

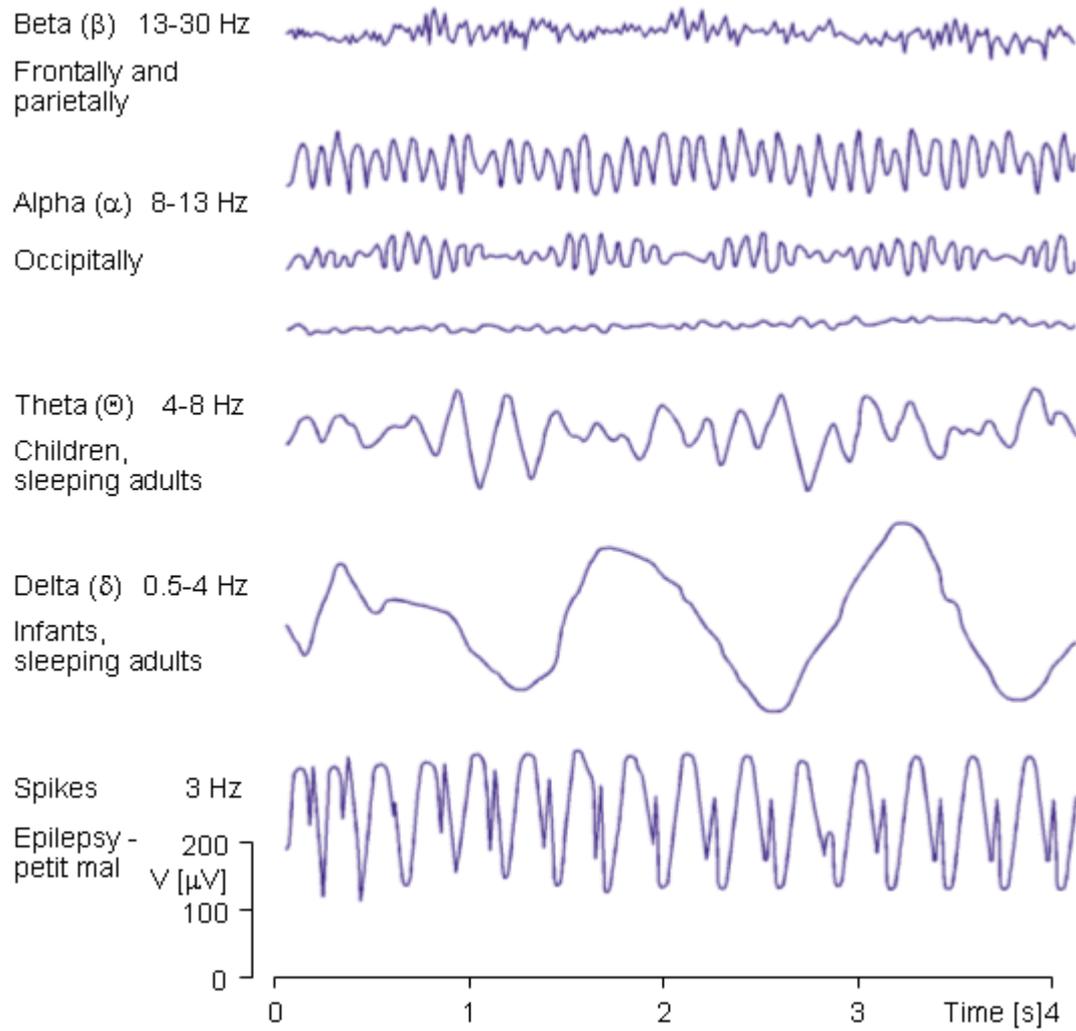


**Bipolar measurement**

# Основные ритмы ЭЭГ

Под понятием «ритм» на ЭЭГ подразумевается определенный тип электрической активности, соответствующий некоторому определенному состоянию мозга и связанный с определенными церебральными механизмами.

Ритмы	Частотный диапазон, Гц
$\delta$ (дельта)	0,5-4
$\theta$ (тета)	4-7
$\alpha$ (альфа)	7-13
$\beta$ (бета)	13-30
$\gamma$ (гамма)	30-70



# Интерпретация результатов ЭЭГ “Нормальные” ритмы

1. **Альфа-ритм** - ритмическое колебание потенциалов с частотой 8-13 Гц, Выражен чаще в задних отделах мозга при закрытых глазах в состоянии относительного покоя, средняя амплитуда 30-40 мкВ, обычно модулирован в веретена.

Регистрируется у 85-95% здоровых взрослых. Лучше всего выражен в затылочных отделах, по направлению к переду амплитуда его постепенно уменьшается. Наибольшую амплитуду  $\alpha$ -ритм имеет в состоянии спокойного расслабленного бодрствования, особенно при закрытых глазах в затемненном помещении

2. **Бета-ритм** - ритмическое колебание потенциалов с частотой 14-35 Гц. и амплитудой 10-15 мкВ (не более 30).

Лучше выражен в лобно-центральных областях мозга.

Лучше всего  $\beta$ -ритм регистрируется в области передних центральных извилин, однако распространяется и на задние центральные и лобные извилины.

$\beta$ -ритм связан с соматическими, сенсорными и двигательными корковыми механизмами и дает реакцию на двигательную активацию или тактильную стимуляцию.

## Патологические ритмы (бодрствующее состояние)

**Тета-ритм** - ритмическое колебание потенциалов с частотой 4-7 Гц, чаще двухсторонние синхронные, с амплитудой 100-200 мкВ, иногда с веретенообразной модуляцией, особенно в лобной области мозга Тета( $\theta$ )-активность.

**Дельта-ритм** - ритмическое колебание потенциалов с частотой 1-3 Гц и амплитудой от 10 до 250 мкВ и более.

$\theta$  и  $\delta$ -колебания могут в небольшом количестве и при амплитуде, не превышающей амплитуду  $\alpha$ -ритма, встречаться на ЭЭГ взрослого бодрствующего человека. В этом случае они указывают на определенное снижение уровня функциональной активности мозга. Патологическими считают ЭЭГ, содержащие  $\theta$ - и  $\delta$ - колебания, превышающие по амплитуде 40 мкВ и занимающие более 15% от общего времени регистрации.

# Интерпретация результатов ЭЭГ

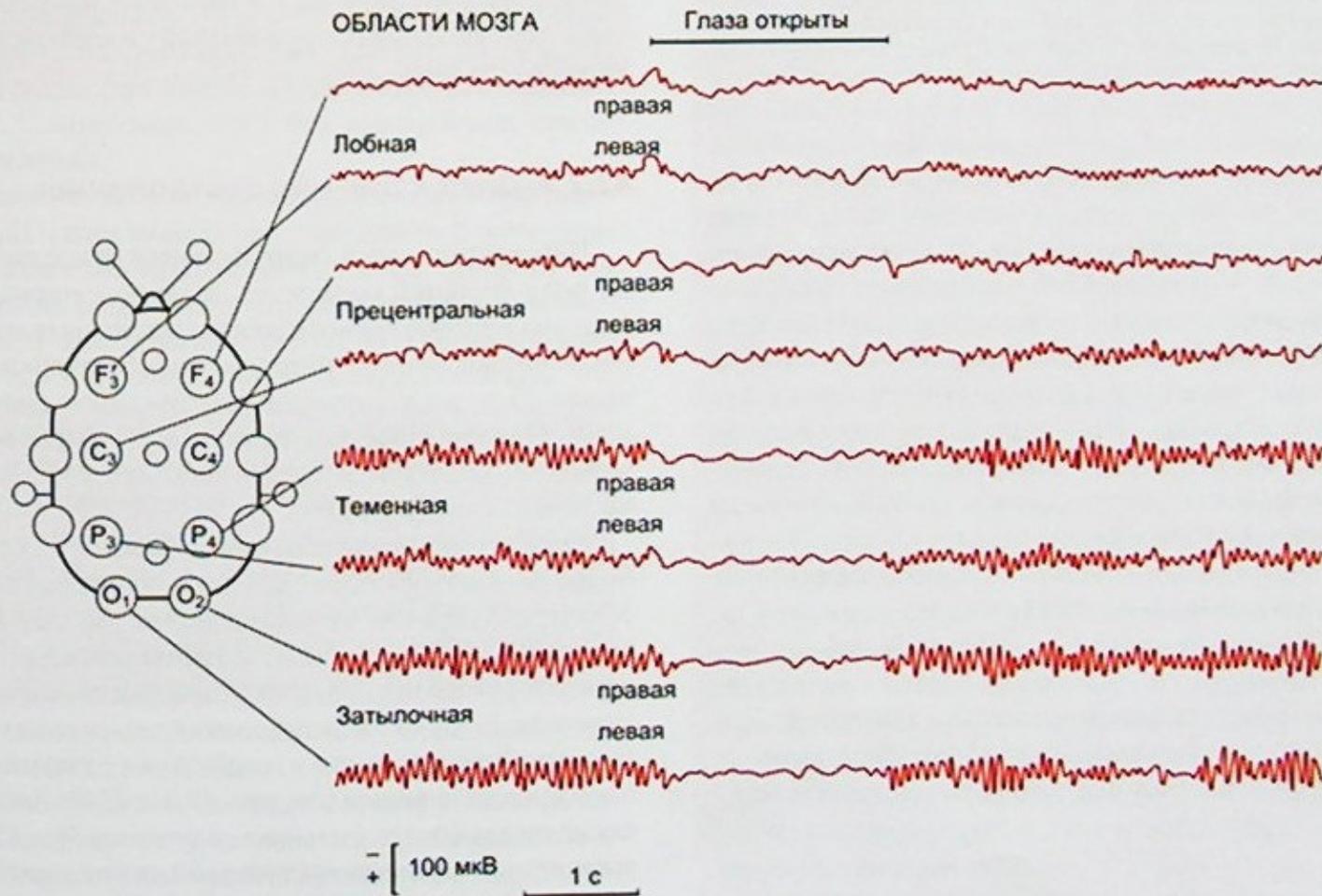


Рис. 42.5. Электроэнцефалограмма здорового бодрствующего человека в состоянии покоя. Одновременное отведение по восьми каналам. Расположение электродов указано. Когда глаза открыты,  $\alpha$ -ритм блокируется (Schmidt R. F., editor. *Fundamentals of neurophysiology*, ed. 2. New York, 1978, Springer—Verlag)

Бета-ритм резко усиливается при различных видах интенсивной деятельности

Альфа-ритм наблюдается в состоянии спокойного бодрствования, медитации и длительной монотонной деятельности

Дельта-ритм возникает при естественном и наркотическом сне

Тета-ритм связан с поисковым поведением, усиливается при эмоциональном напряжении

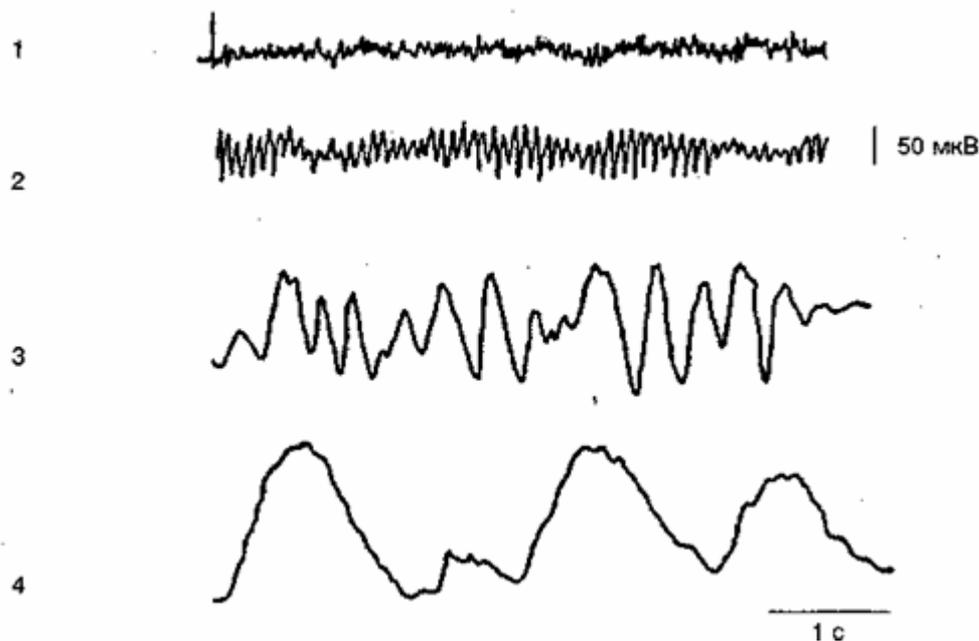
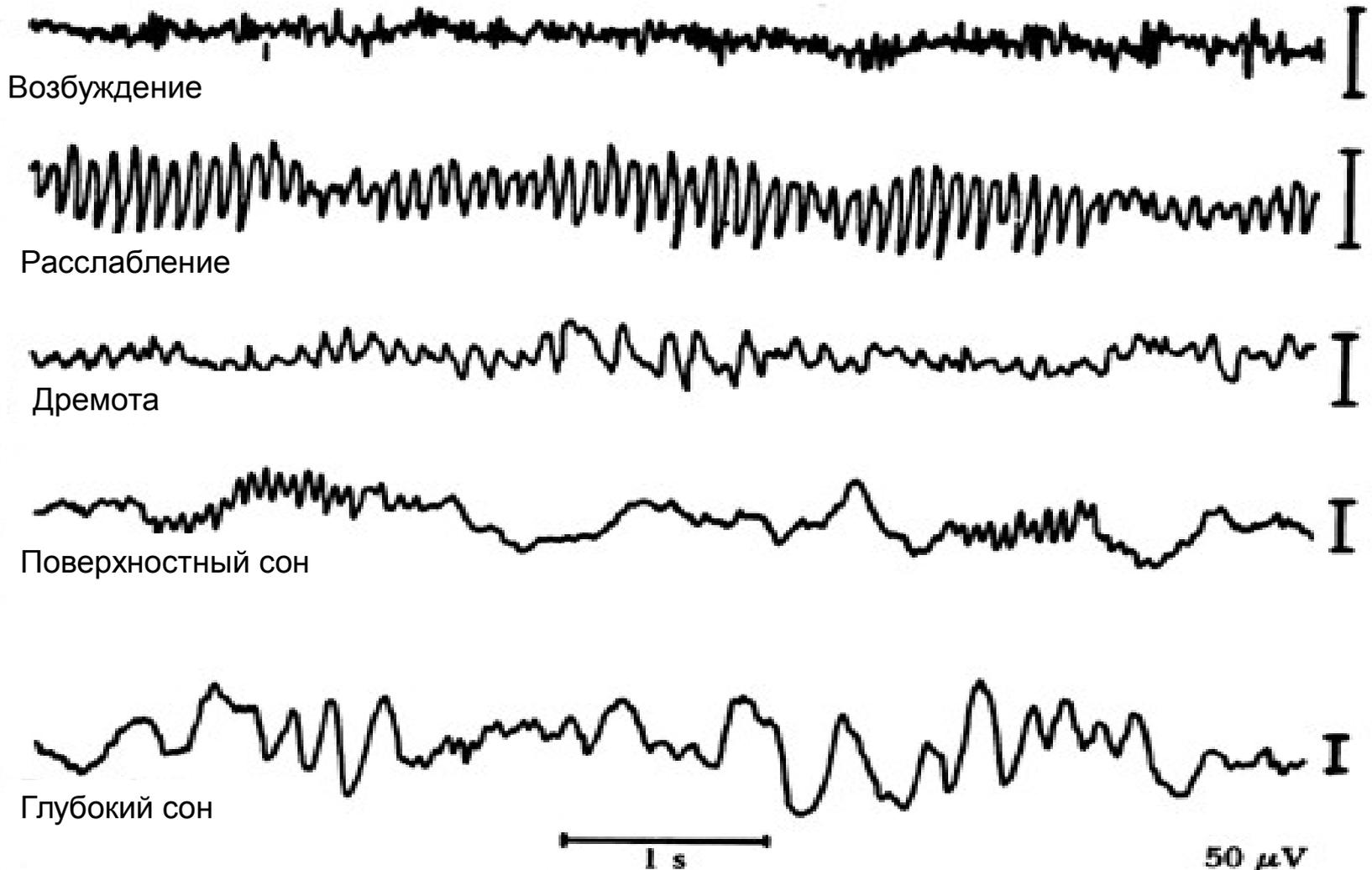


Рис. 2.3. Основные ритмы электроэнцефалограммы: 1 — бета-ритм; 2 — альфа-ритм; 3 — тета-ритм; 4 — дельта-ритм

# Изменения электроэнцефалограммы при засыпании



# Протокол и виды ЭЭГ-исследования

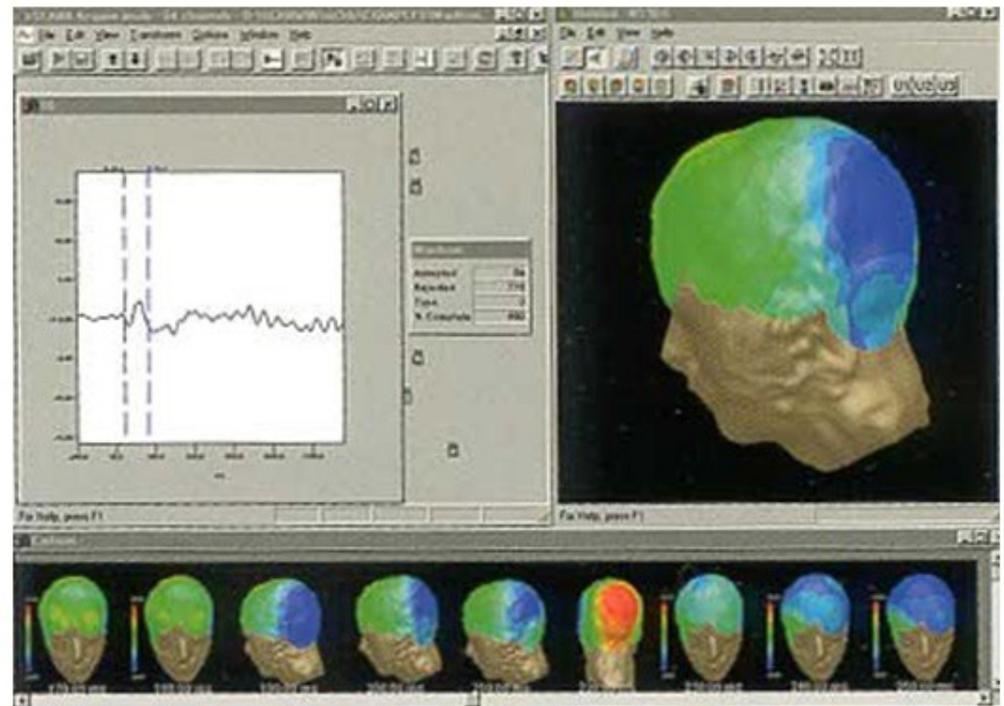
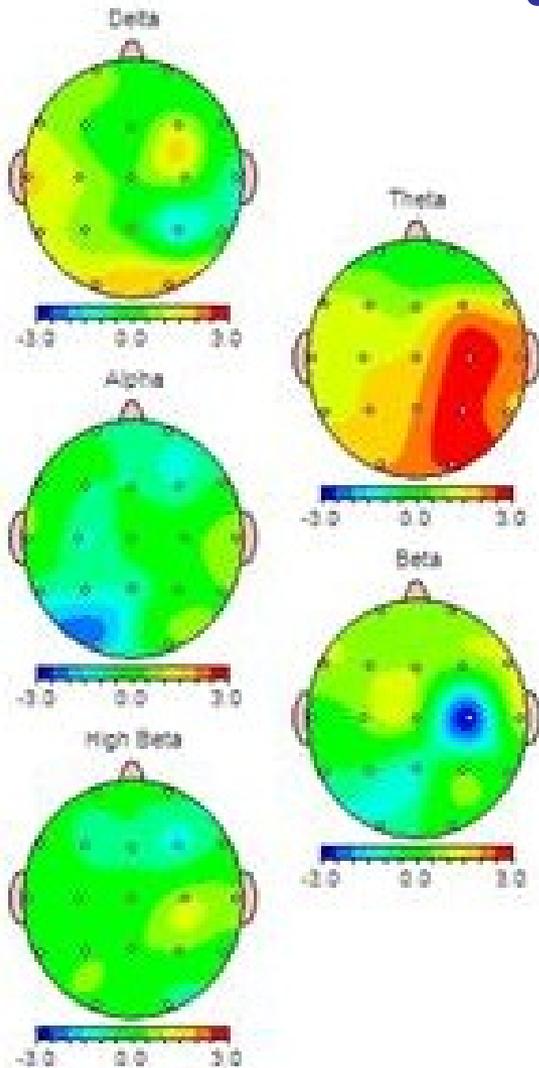
рутинная ЭЭГ,  
запись дневного сна или ночного,  
запись суточной ЭЭГ,  
холтеровская или видео ЭЭГ

## Провоцирующие пробы

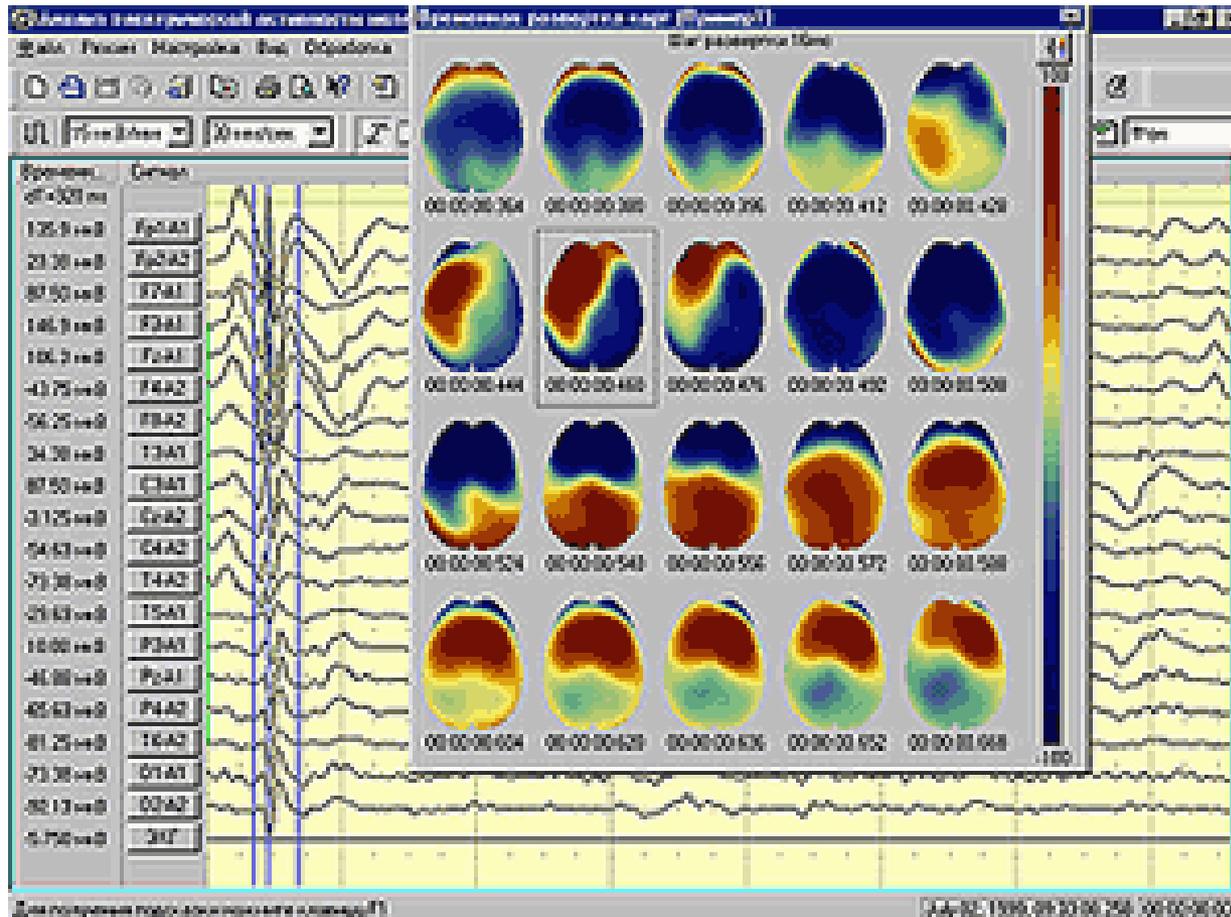
1. открывание-закрывание глаз
2. фотостимуляция.
3. гипервентиляция
4. фоностимуляция (применяется реже).
5. депривация сна.
6. стимуляция умственной активности.

# Топографическое картирование электрической активности мозга

many EEG channels (up to 256)  
source / dipole localisation



# Топографическое картирование электрической активности мозга



# **Помехи и артефакты при применении регистрации ЭЭГ**

**Электромагнитные помехи (наводка сети переменного тока)**

**Артефакты движения электродов**

**Электромиограмма**

**Мигание глаз и движение глазных яблок (окулограмма)**

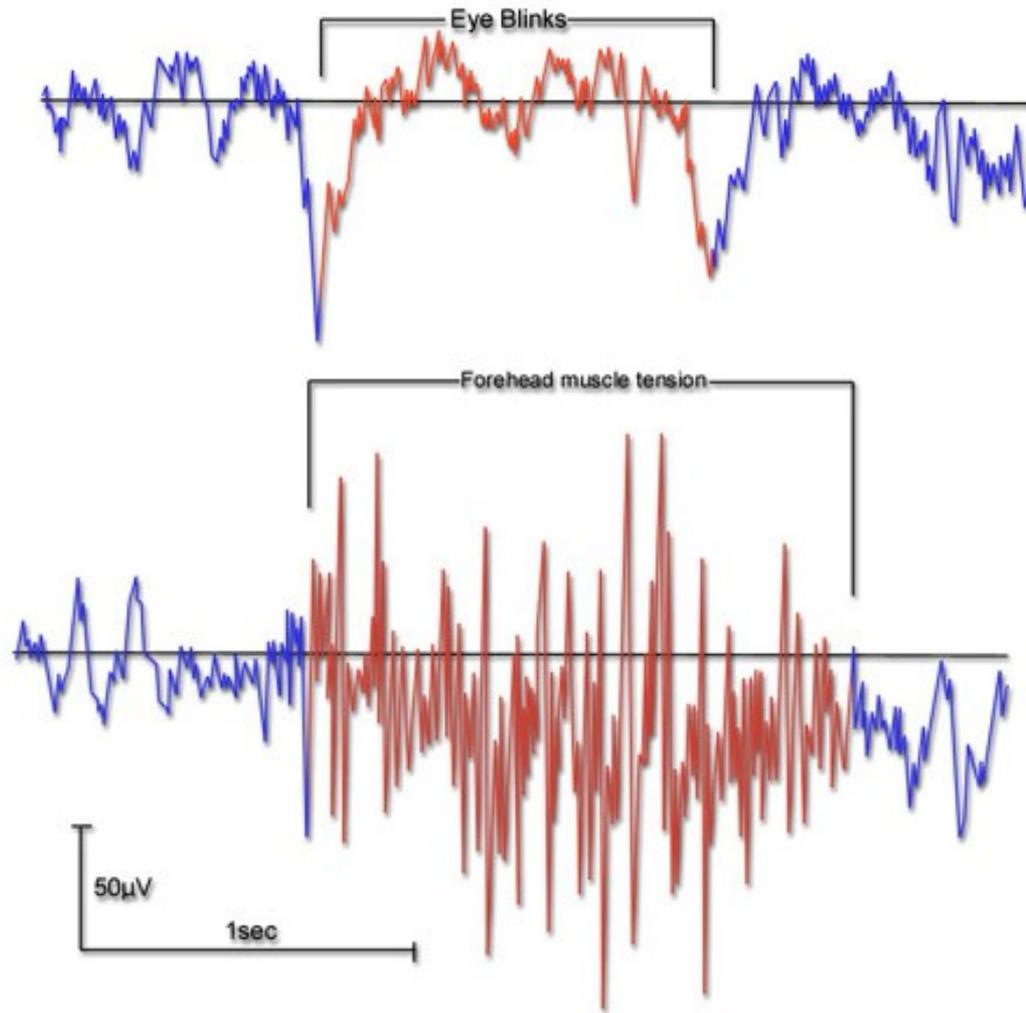
**Активность характерной для ЭКГ формы и периодичности**

**Пульсация сосудов**

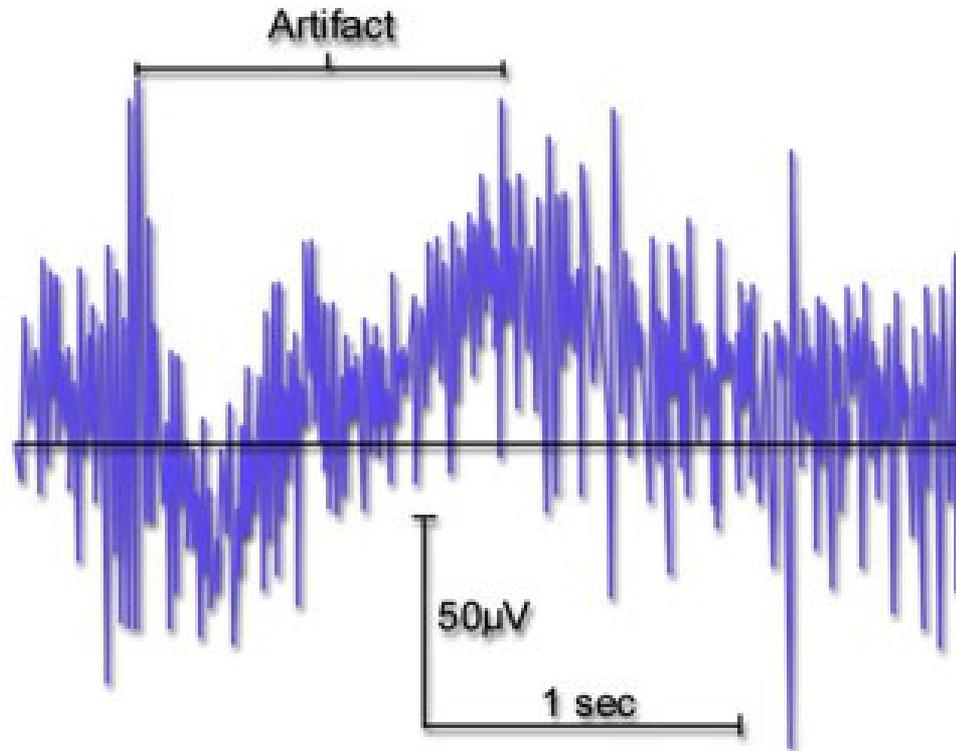
**Дыхательные движения**

**Глотательные движения**

**Кожно-гальваническая реакция**

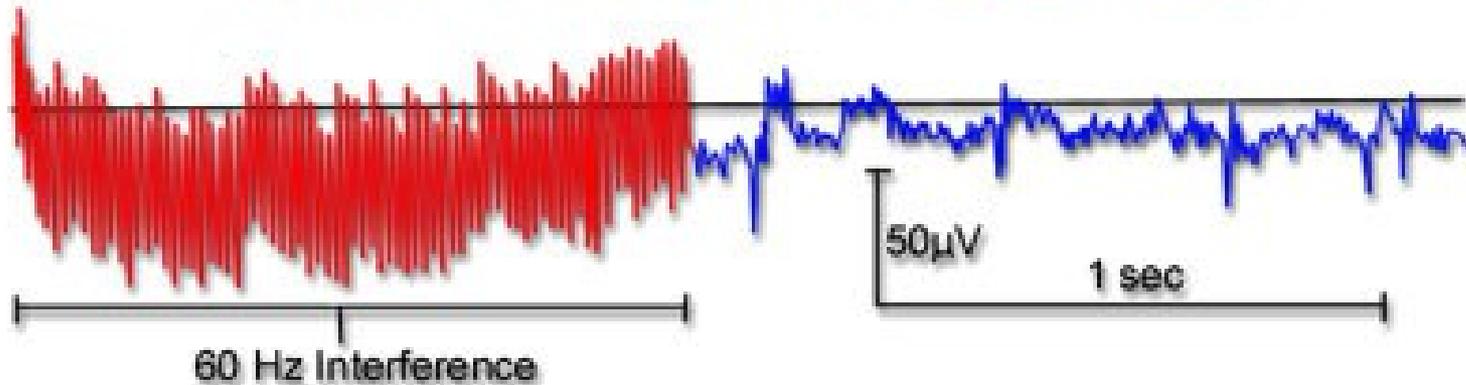


**EEG artifacts: Eye blinks, muscle tension**



**EEG artifacts: movement, electrode drifting**

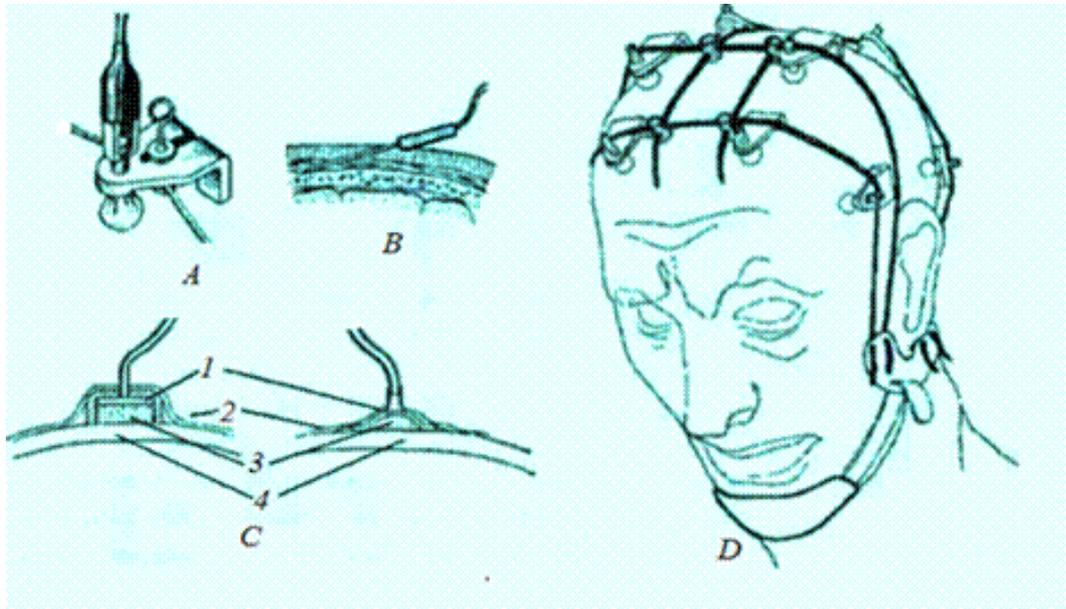
## 60 Hz Interference In An EEG Record



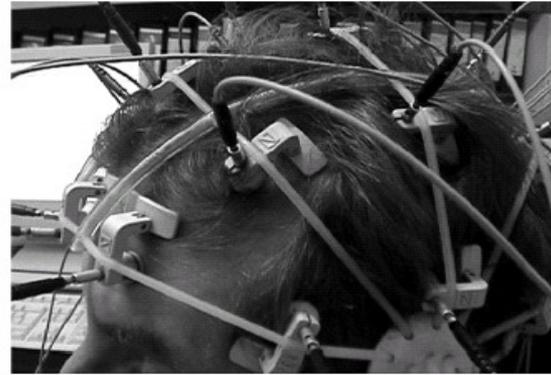
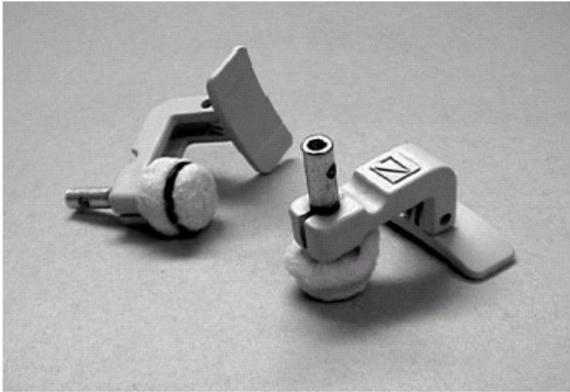
**EEG artifacts: mains interference, 50/60Hz noise**

## Электроды для ЭЭГ

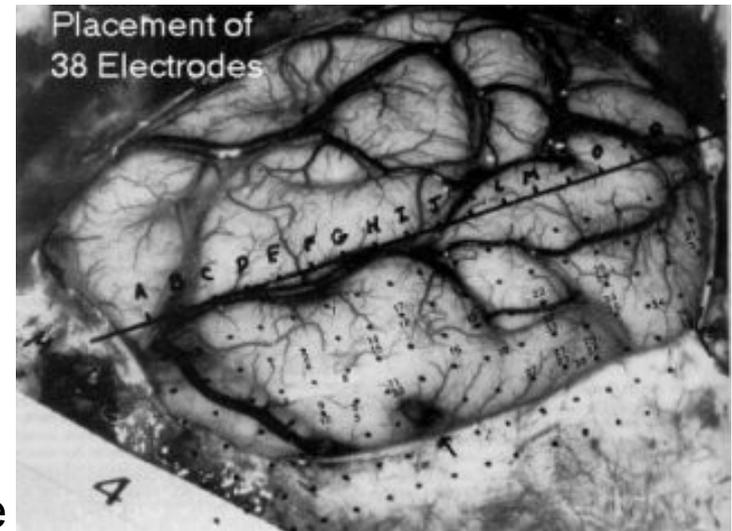
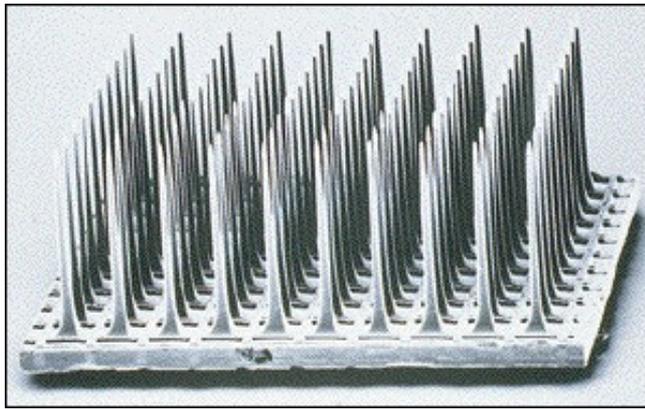
Электроды для электроэнцефалографии представляют собой металлические пластины или стержни различной формы. Обычно поперечный диаметр электрода, имеющего форму диска, составляет около 1 см. Наибольшее распространение получили два типа электродов - мостовые и чашеобразные .



а - мостовой электрод;  
б - игольчатый;  
в - чашеобразный электрод:



## Intracortical / chronical electrodes



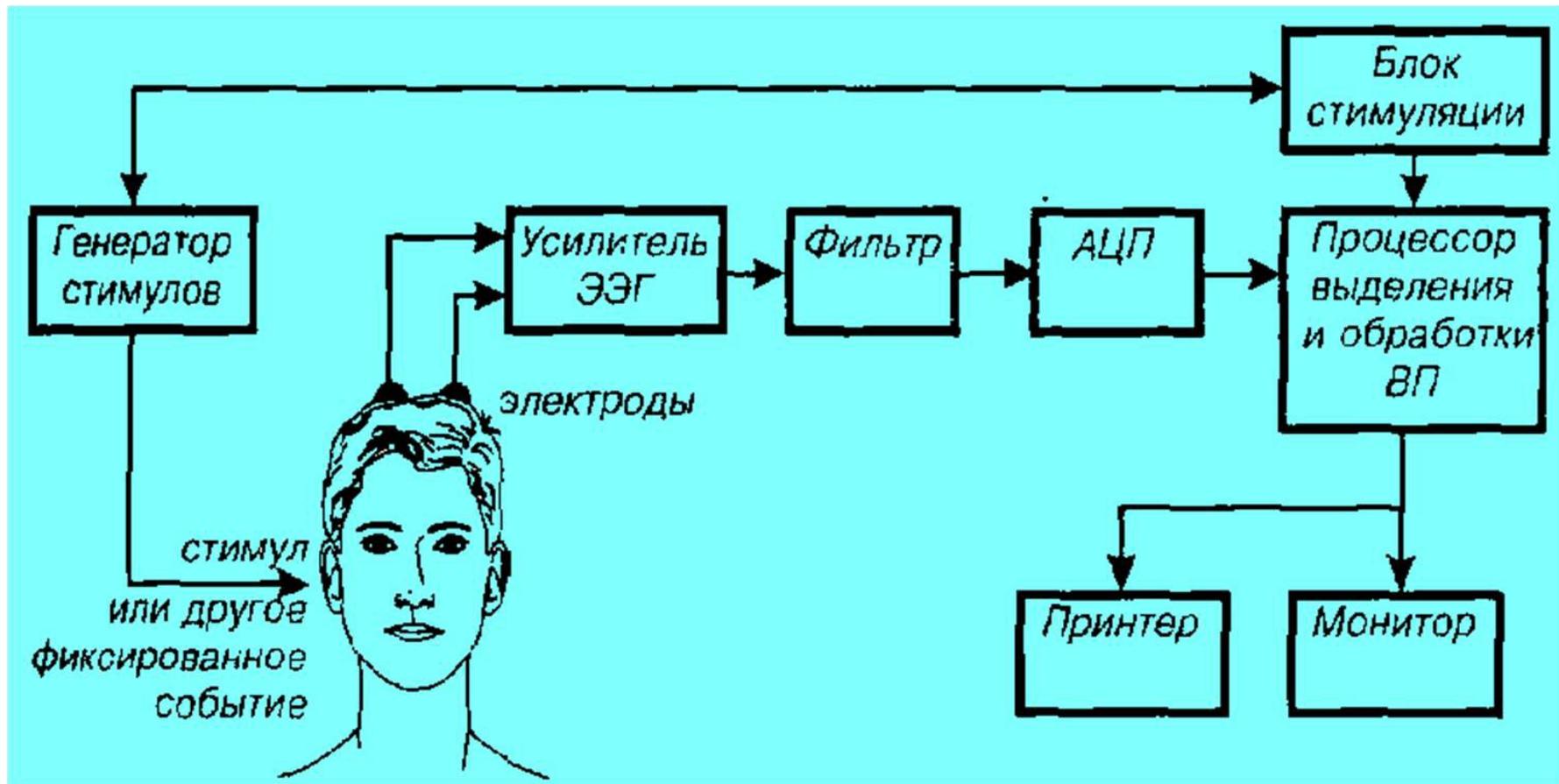
Каждый электрод собирает электрическое поле с площади 3 см<sup>2</sup>. Это очень много, в 1 мм<sup>3</sup> содержится 100 тыс. нейронов. Расшифровать эту “кашу” очень сложно, потому что в случае с ЭЭГ мы работаем не с одиночным сигналом, а с суммой сигналов от сотен тысяч нейронов. Хороший сигнал можно получить на уровне активности отдельных нервных клеток, каждая размером в 10–20 микрон



# Энцефалограф



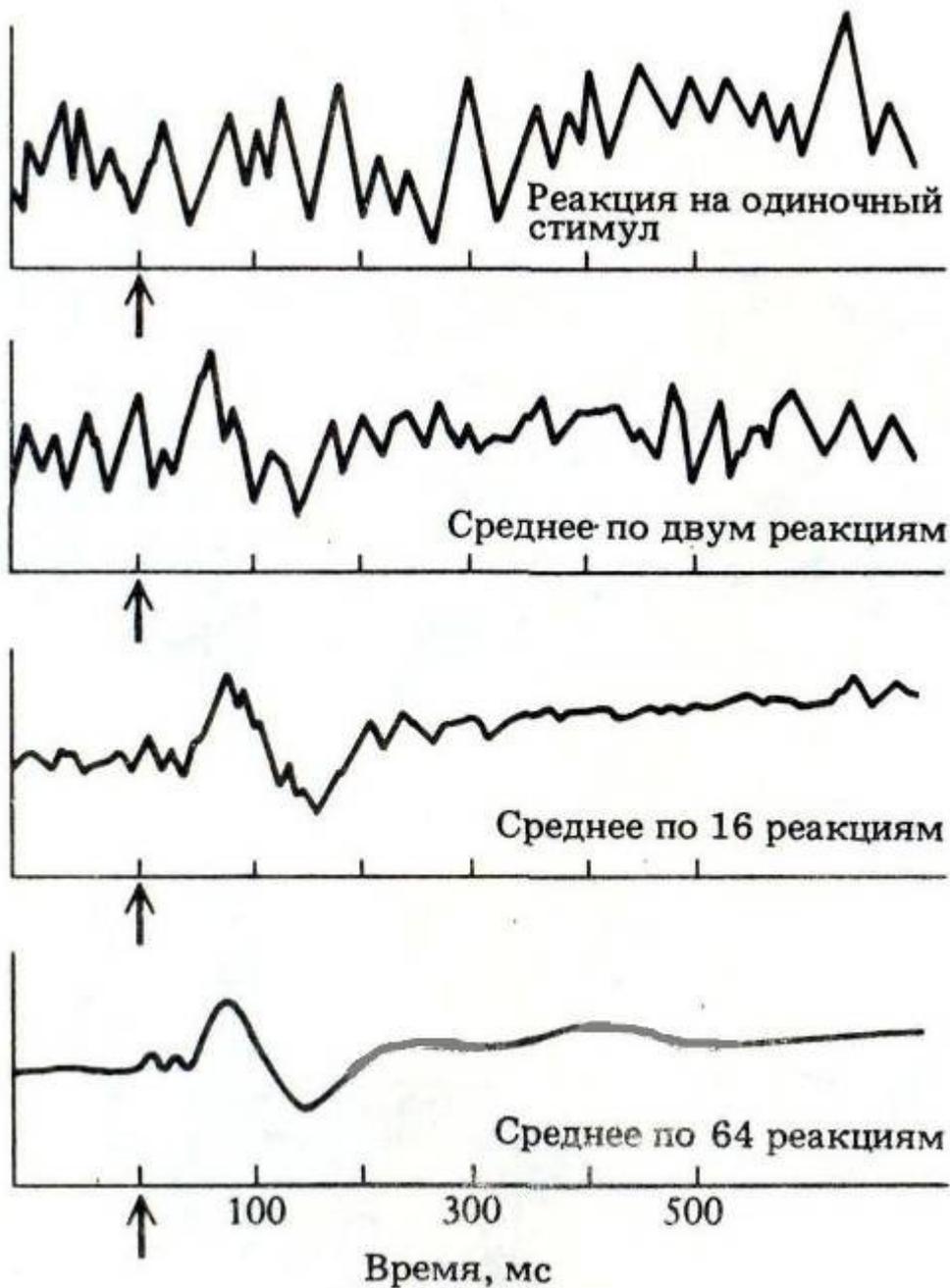
## Структурная схема электроэнцефалографа





## Вызванные потенциалы

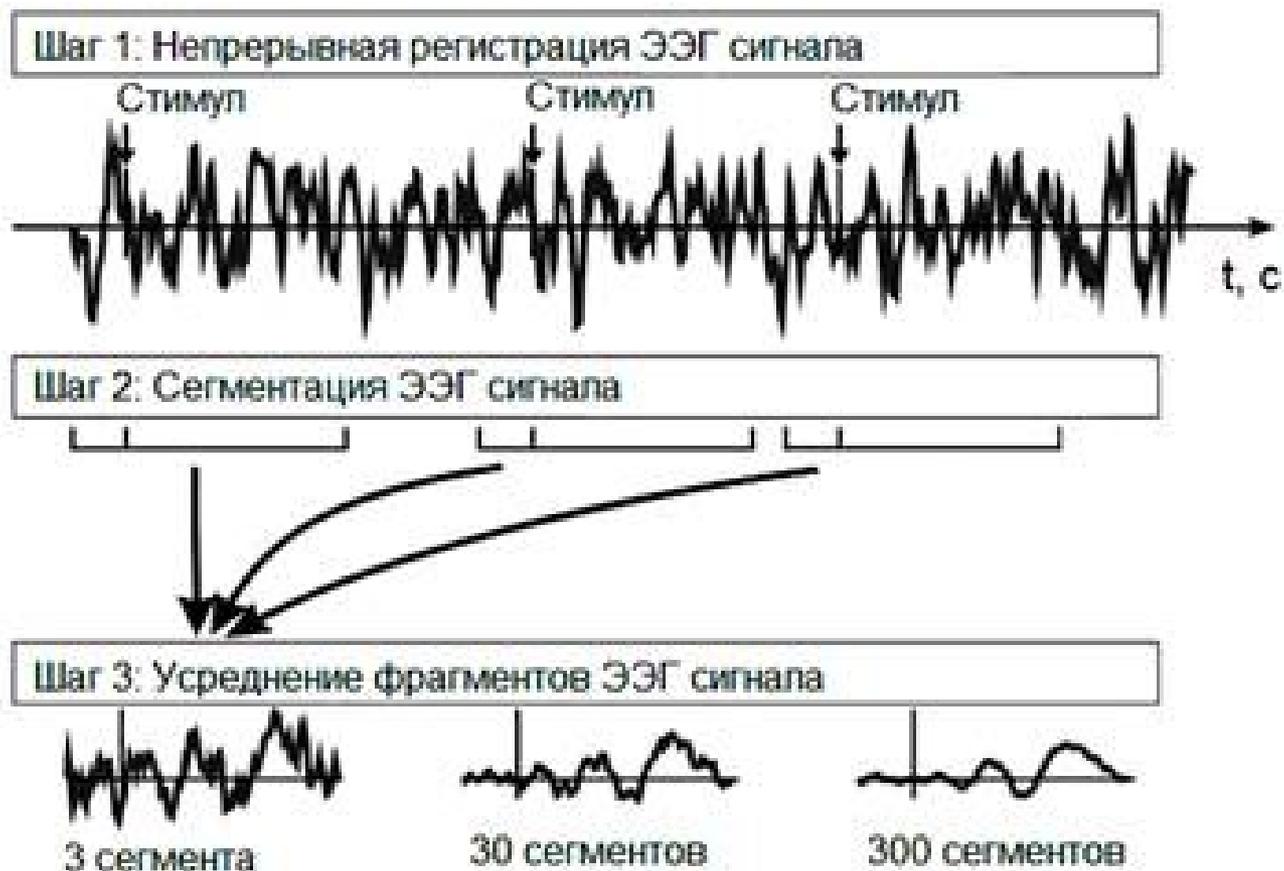
- **Вызванный потенциал** - электрическая активность любых структур нервной системы в ответ на стимуляцию периферических отделов сенсорных систем (экзогенный ВП) или возникающая в связи с какими-либо событиями в мозге (эндогенный ВП)
- Основные области применения ВП: оценка расстройств зрительного пути объективное тестирование функций слуха оценка состояния сенсомоторной области нарушения коры мозга локализация нарушений ствола мозга состояние когнитивных функций мозга нарушения периферических нервов нарушение движений глаз и процессов в сетчатке нарушения в проводящих путях спинного мозга

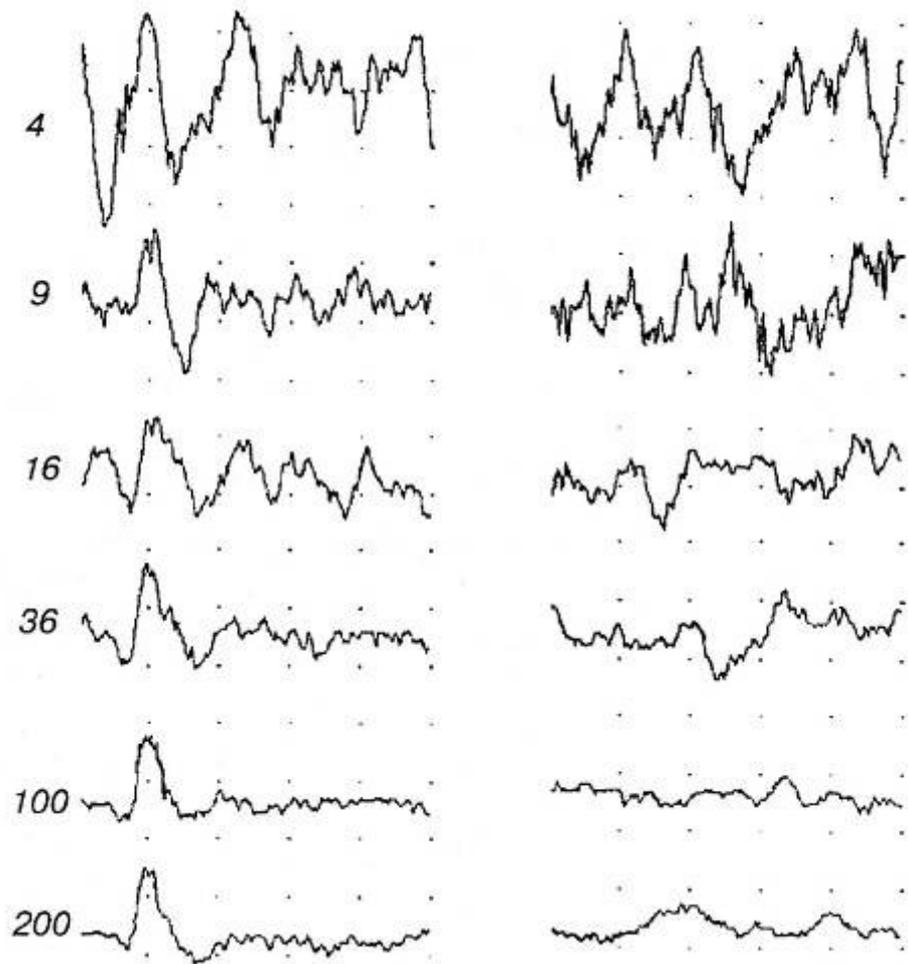


На одиночных записях вызванный потенциал обычно не виден, т.к. замаскирован спонтанной активностью мозга.

Накопление и усреднение записей реакции на одинаковые стимулы позволяет выявлять **вызванные потенциалы**.

Формирование вызванного потенциала путем усреднения фрагментов при непрерывной регистрации ЭЭГ сигнала





**Вызванные потенциалы (ВП)** – это колебания потенциала ЭЭГ, возникающие в ответ на сенсорные стимулы. Поскольку на одиночных записях ВП обычно слабо выделяются на фоне спонтанных колебаний ЭЭГ, их выделяют методом синхронного (когерентного) усреднения нескольких десятков записей ЭЭГ.

На рисунке показано усреднение относительно момента включения стимула, справа – относительно случайных моментов времени. Цифры – число усредненных записей. Видно, что по мере усреднения ВП проявляется все более отчетливо, а спонтанные колебания ЭЭГ взаимоуничтожаются.

Также ВП условно разделяют на

∧ 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 (=ССВП)

- когнитивный ВП (P3, P300)

- условная негативная волна (волна ожидания, E-волна)  
(CNV – contingent negative variation, expectancy wave);

- негативность рассогласования  
(MMN – mismatch negativity)

- потенциал готовности и др. потенциалы, связанные с движением  
и др.

Форма ВП и его компонентный состав зависят от:

^ **свойств стимула и способов их предъявления:**

- модальность стимулов (слуховые, зрительные, соматосенсорные и др.)
- характеристики стимулов (яркость, громкость, паттерн, свойства изображенного объекта и др.)
- межстимульные интервалы, правила чередования стимулов и др.

^ **индивидуальности испытуемого:**

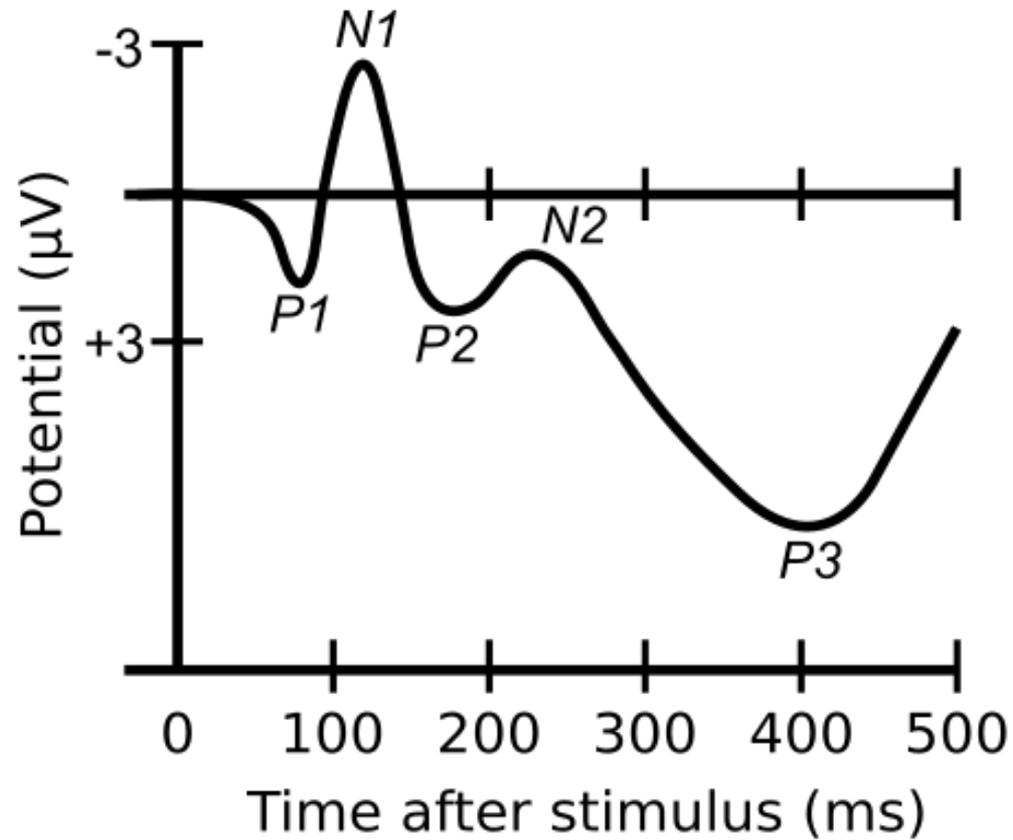
- индивидуальные особенности мозговых и психических процессов
- индивидуальные особенности геометрии мозга и черепа
- функциональное состояние испытуемого (бодрость, усталость, сонливость, наркоз, кома и т.п.)

^ **отведения** на голове испытуемого

^ **особенностей когнитивной задачи и инструкции**, предъявленной испытуемому в эксперименте (включая мотивацию)

^ **технических особенностей регистрации и обработки** (выбор референтного электрода, частотная фильтрация и др.)

^ **случайных факторов** (наложение шума и артефактов) – зависит от числа реализаций в усреднении и от качества записи



Основные поздние компоненты вызванного потенциала. Каждый компонент разделяют на субкомпоненты (на рисунке не показано). Иногда говорят о семействе компонентов с той или иной латентностью (например, семейство компонентов N2).

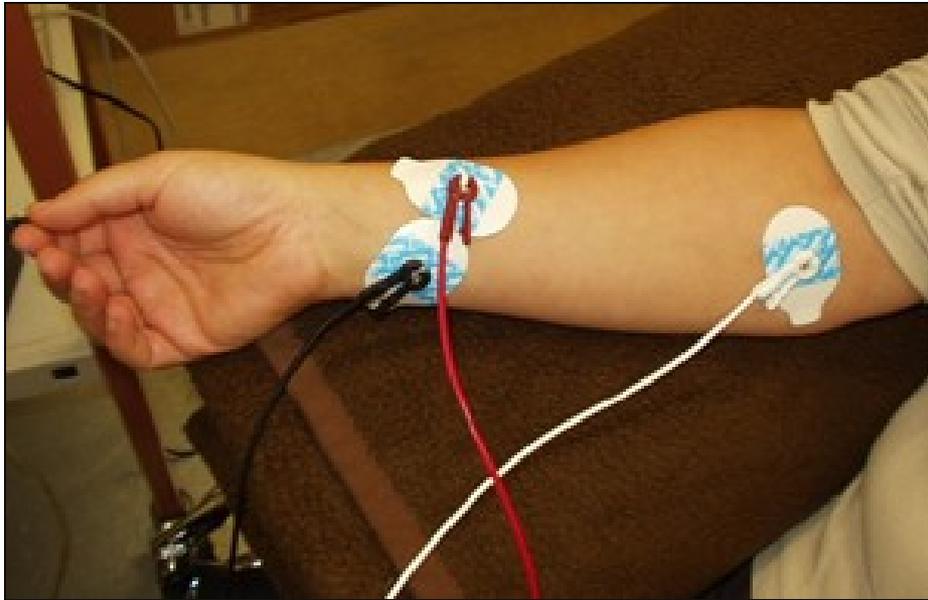
# Электромиография



**Электромиография (ЭМГ)** — метод с помощью которого исследуется электрическая активность мышц.

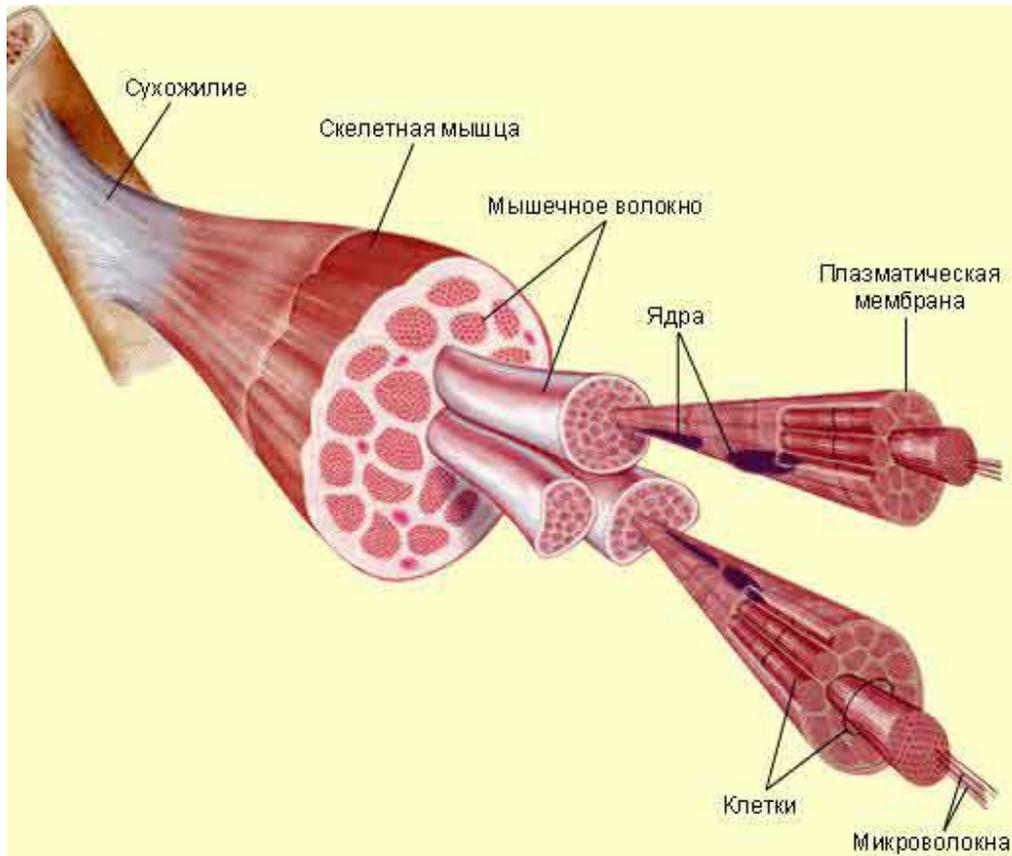
В зависимости от целей, стоящих перед исследователем, применяются два основных метода регистрации биоэлектрических потенциалов — **локальный** и **глобальный**.

Локальное отведение осуществляется с помощью игольчатых электродов, вводимых в мышцу.



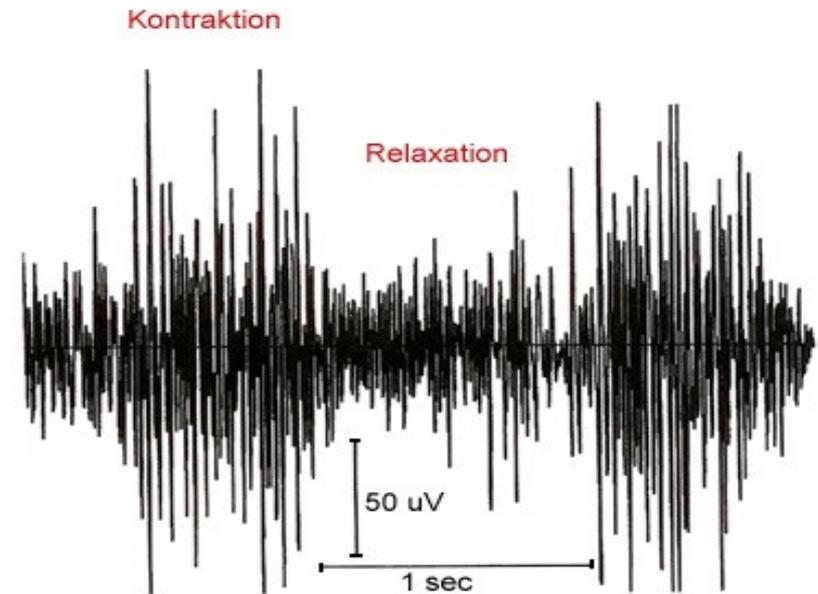
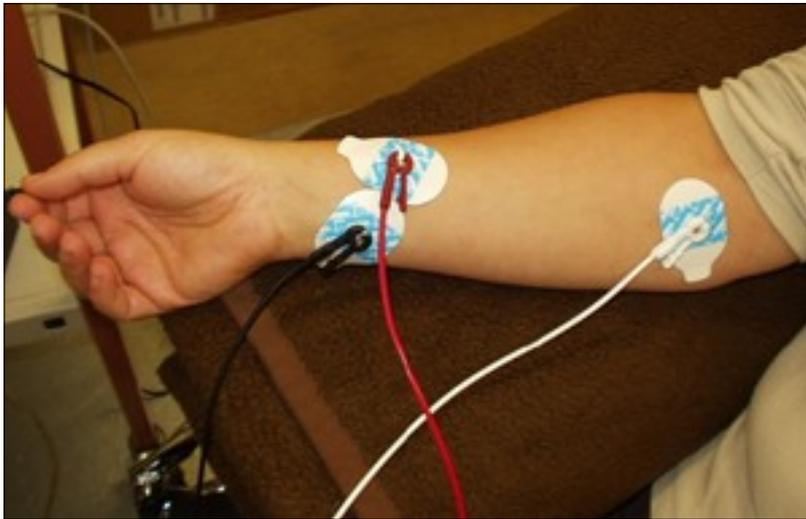
- Глобальный метод регистрации осуществляется поверхностными электродами. Он дает возможность выявить закономерности центральной организации и координации возбуждения многих иннервируемых мышц, сегментарных и ядерных мотонейронов и изучить особенности биоэлектрических процессов в мышцах в условиях нормы и при разных двигательных расстройствах. Биоэлектрическая активность мышц регистрируется в покое и при максимальных по силе сокращениях.

# Строение мышцы



На основании данных ЭМГ можно судить только об уровне поражения двигательных единиц, об определенном синдроме, а не о нозологической форме заболевания.

# EMG - Electromyogram



**EMG surface (glue-) electrodes**

**EMG - signal (up to 3mV, 1kHz)**

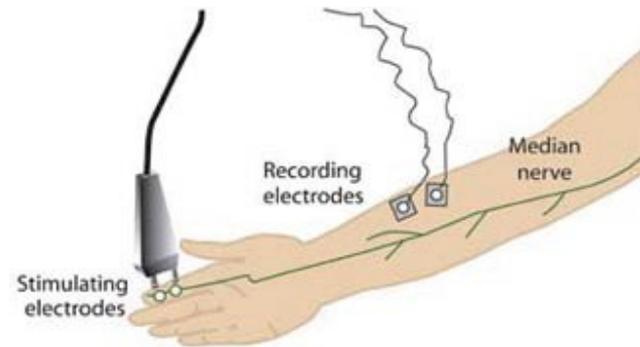
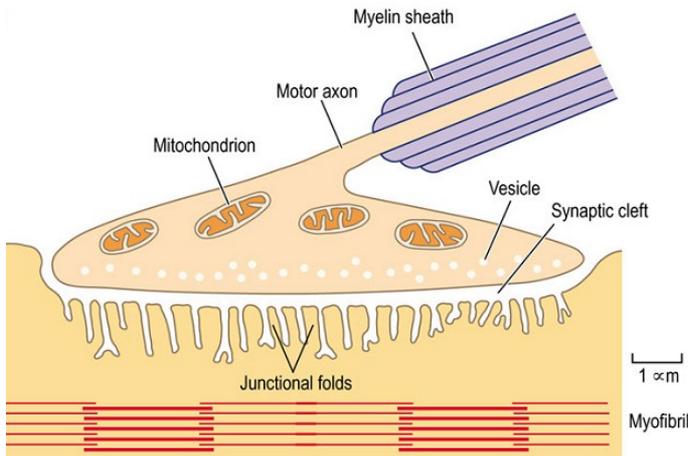
При анализе электромиограммы, зарегистрированной при помощи поверхностных электродов, учитываются амплитуда, длительность и частота биоэлектрических потенциалов, общая структура миограммы.

С учетом частоты , амплитуды и последовательности ритмов выделяют следующие основные типы поверхностных электромиограммы :

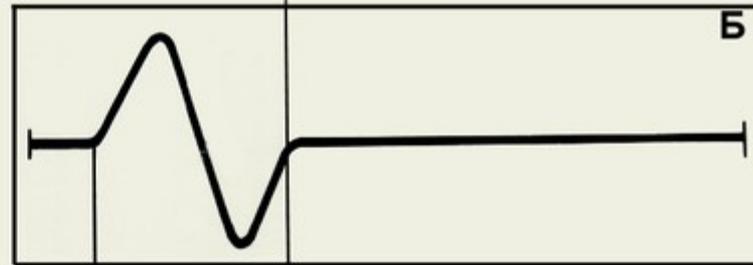
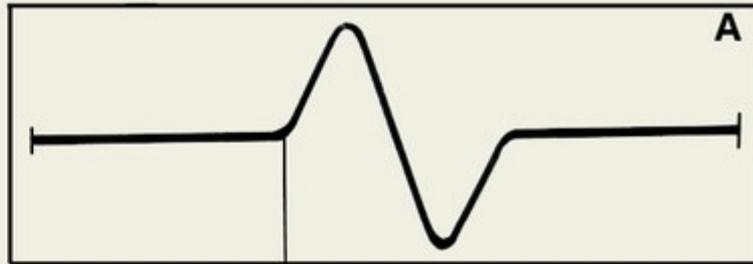
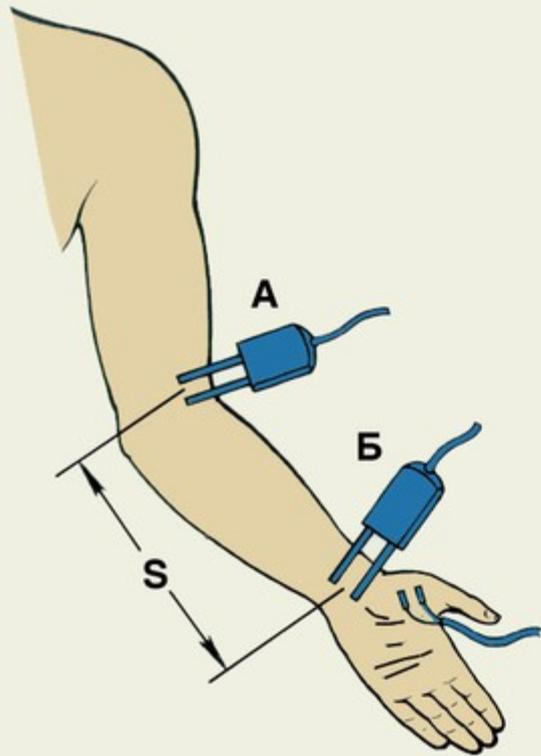
- тип I - частые ( до 50-100 кругов / с ) , меняющиеся по амплитуде колебания потенциалов при произвольном сокращении мышц ;
- тип II - редкие (до 20-40 кругов / с ) , выразительные по ритму колебания потенциалов в виде " частокола " . Наряду с высокоамплитудными регистрируются меняющиеся по ритму потенциалы относительно низкой амплитуды. В зависимости от частоты и устойчивости ритма в этом типе электромиограммы выделяют подтип IIa - очень редко ( 5-15 в 1 с ) , с пониженной амплитудой (50-150 мкВ ) , относительно постоянные по ритму колебания и подтип IIб - колебания с частотой до 20 -40 в 1 с , амплитуда которых иногда достигает 3000-5000 мкВ ;
- тип III - высокие по амплитуде по сравнению с нормой колебания в состоянии покоя и при тонической напряжении мышц , ритмично повторяющиеся " залпы " частых осцилляций ;
- тип IV - полное биоэлектрической молчания в покое, при тонической напряжении или попытке к произвольному сокращению.

# стимулирующая электромиография

Стимулирующая электромиография позволяет определить скорость проведения возбуждения по двигательным и чувствительным нервам и может служить прогностическим тестом, так как скорость проведения возбуждения увеличивается и достигает нормы по мере выздоровления больного.

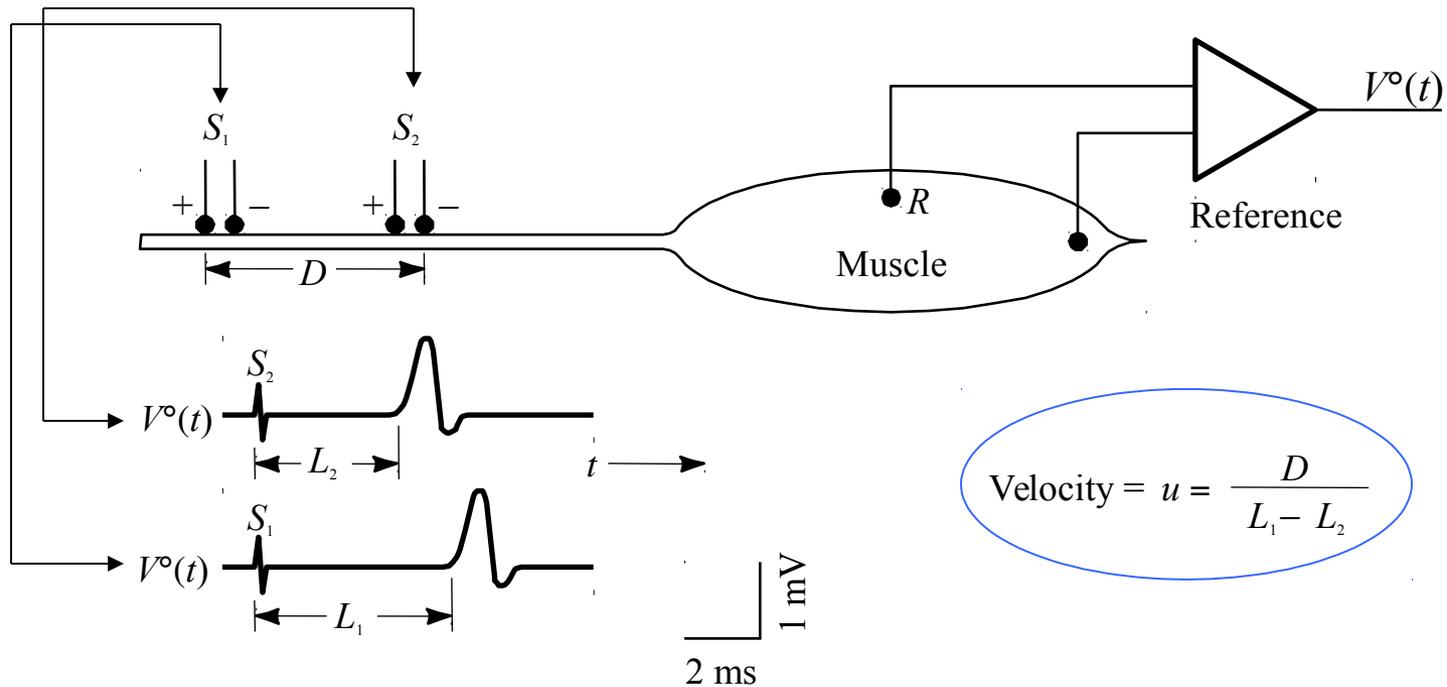


*Исследование проводится на локтевом, срединном, малоберцовом и большеберцовом нервах и лицевом нерве. Для исследования необходим электромиограф и стимулятор.*



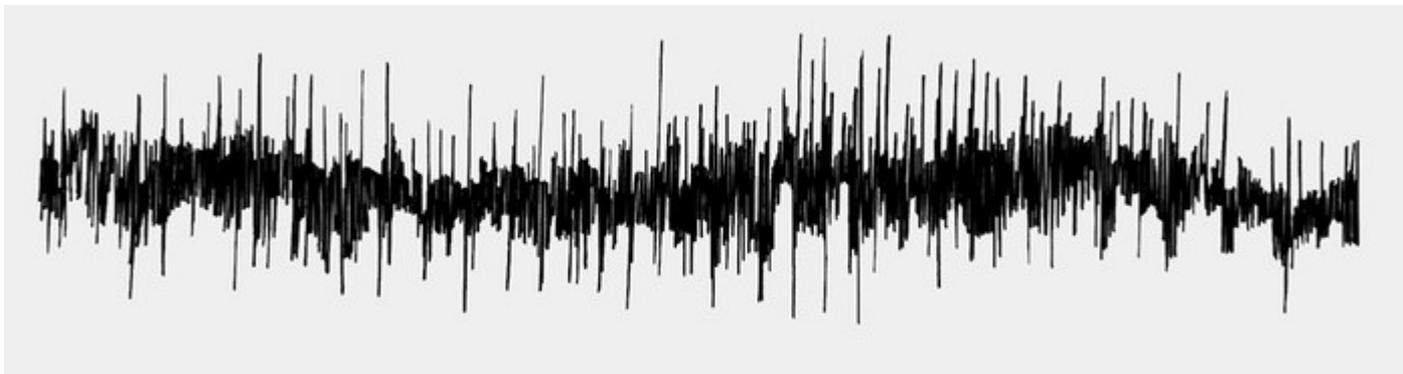
T

# Electroneurogram(ENG)

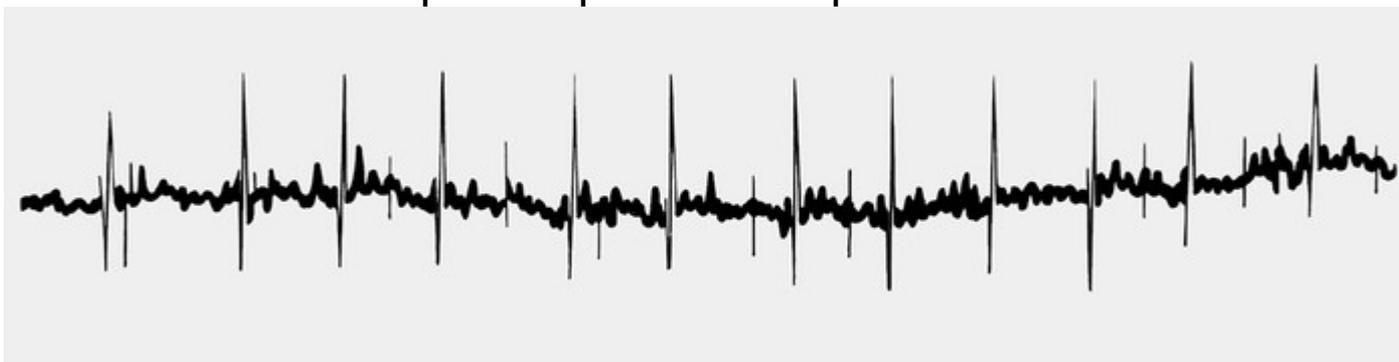


Нормальная скорость проведения возбуждения: для локтевого нерва — 60 мс, для срединного нерва — 58—60 мс, для малоберцового — 50 мс, для большеберцового — 50 мс.

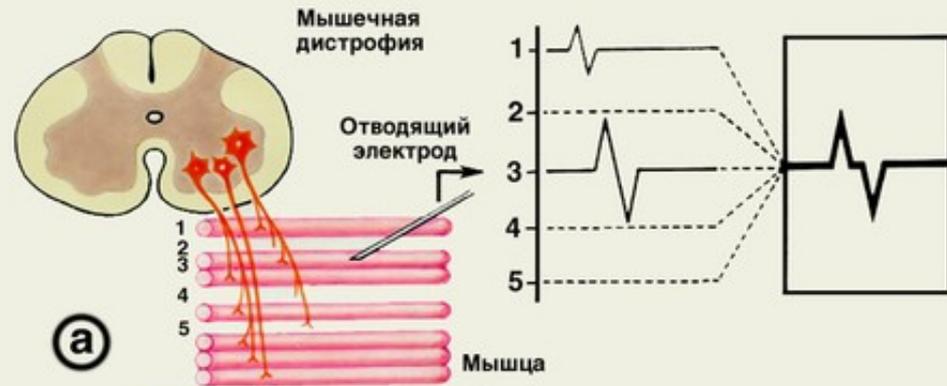
- Мышцу можно раздражать не только через нерв не прямое раздражение, но и непосредственно — прямое раздражение. Возбуждение нерва и мышцы происходит лишь в момент замыкания и размыкания электрической цепи, причем при замыкании — под отрицательным полюсом (катодом), а при размыкании — под положительным (анодом). Эта закономерность носит название **закона полярного раздражения**.
- При гибели нерва происходит отклонение от закона полярного раздражения, а именно: при замыкании цепи возбуждение возникает не под катодом, а под анодом.



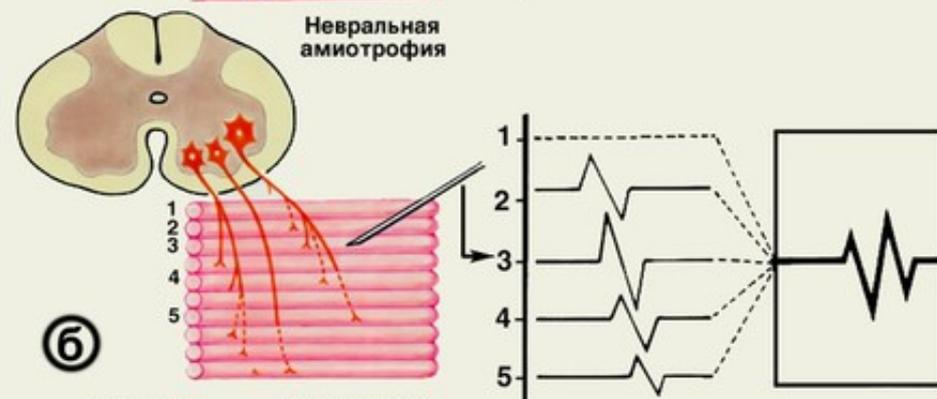
Электромиограмма в норме.



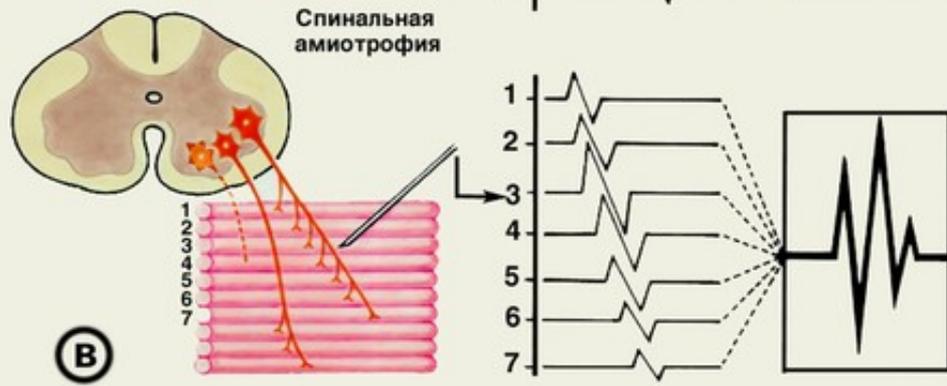
Электромиограмма при невропатии.



**а**

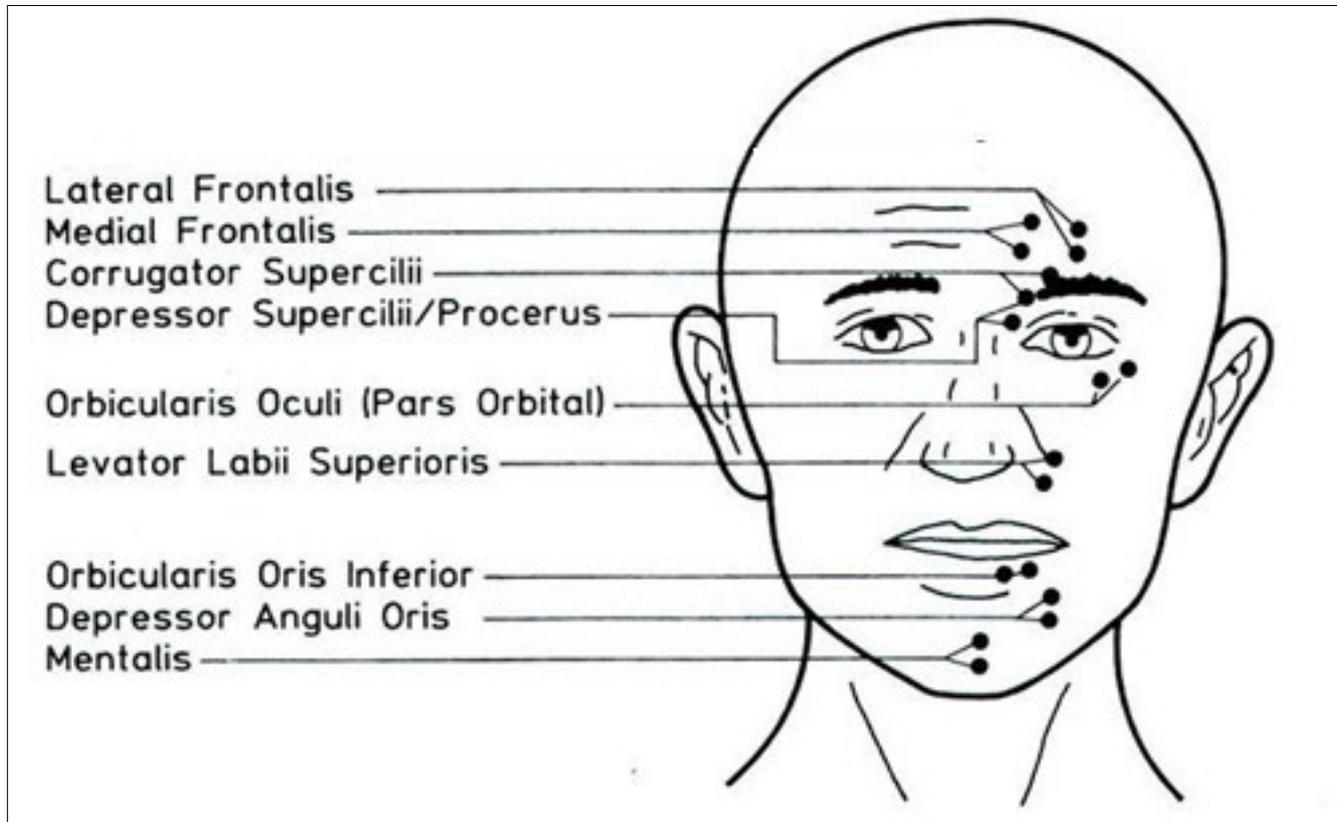


**б**



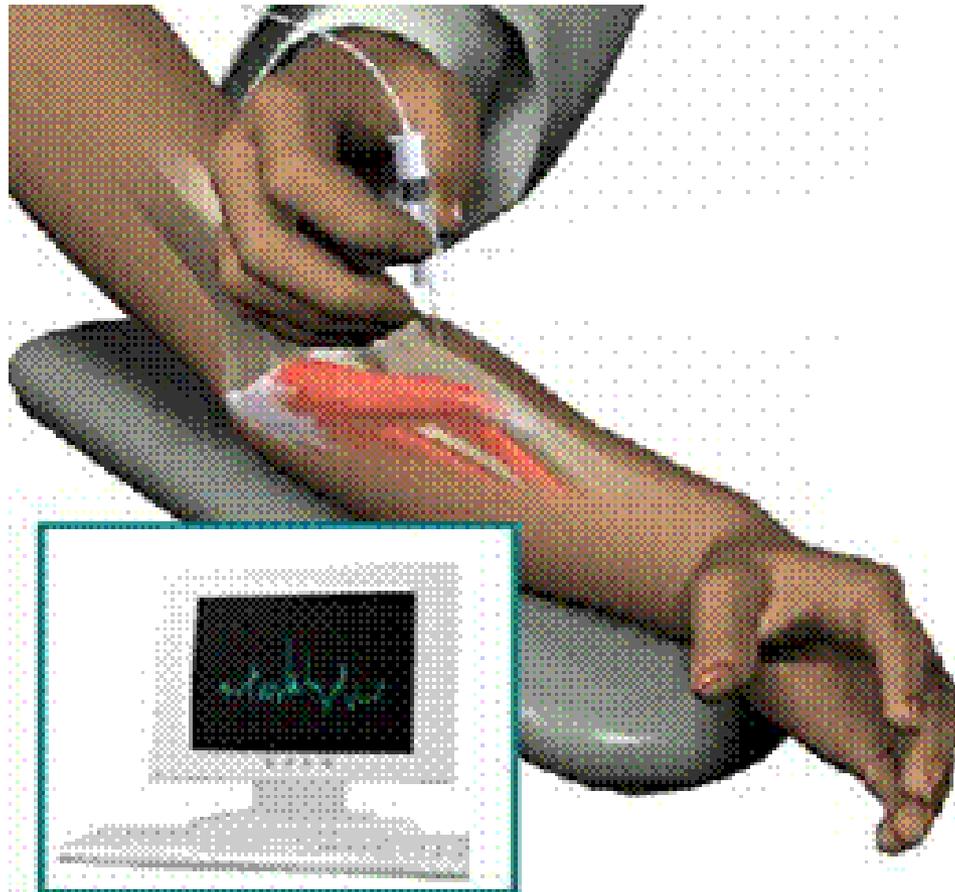
**в**

- На основании данных ЭМГ можно судить только об уровне поражения двигательных единиц, об определенном синдроме, а не о нозологической форме заболевания.
- В зависимости от уровня поражения нервной и нервно-мышечной систем при ЭМГ выявляются дифференцированные изменения. При первичном мышечном поражении (прогрессирующие мышечные дистрофии, миозиты и др.) отмечается снижение амплитуды осцилляций, соответствующее тяжести атрофии мышц и снижению их силы (до 20—150 *мкВ* при максимальном усилии). В начальных стадиях заболевания и при медленно прогрессирующем процессе максимальная амплитуда осцилляций может длительное время сохраняться субнормальной (до 500 *мкВ*). На локальной электромиограмме обнаруживается нормальное общее число потенциалов действия, но уменьшенных по амплитуде и длительности, что обусловлено уменьшением количества мышечных волокон, способных к активации.



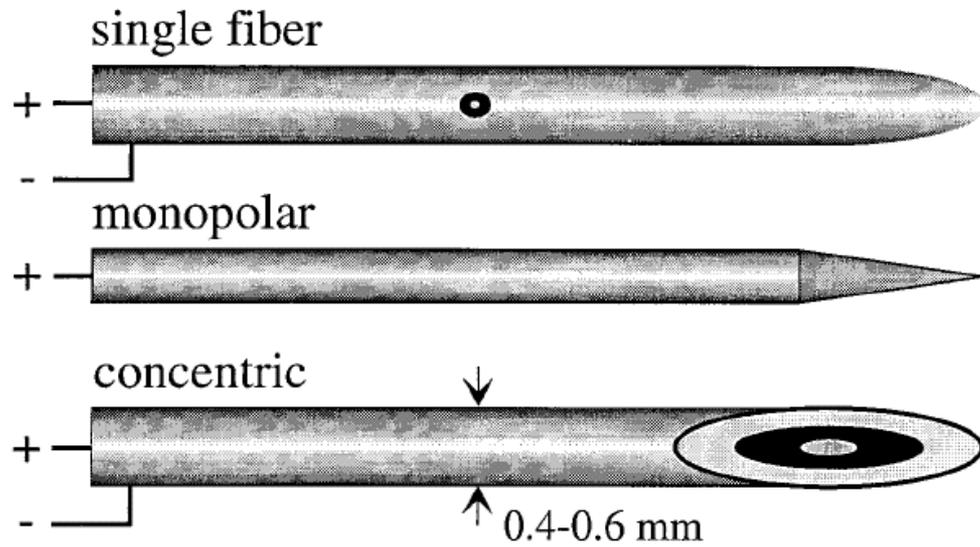
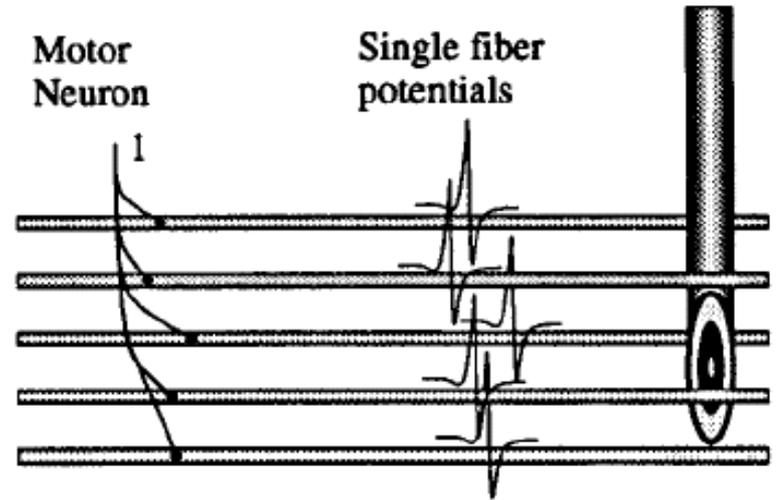
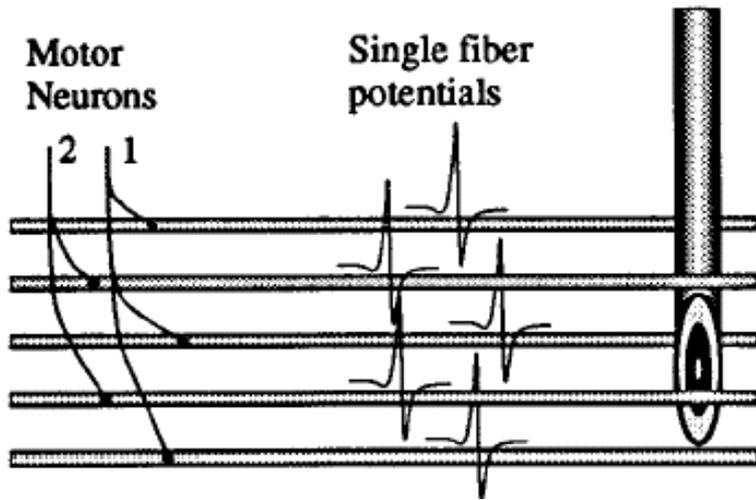
## Recording locations for facial EMG

# Локальная электромиография

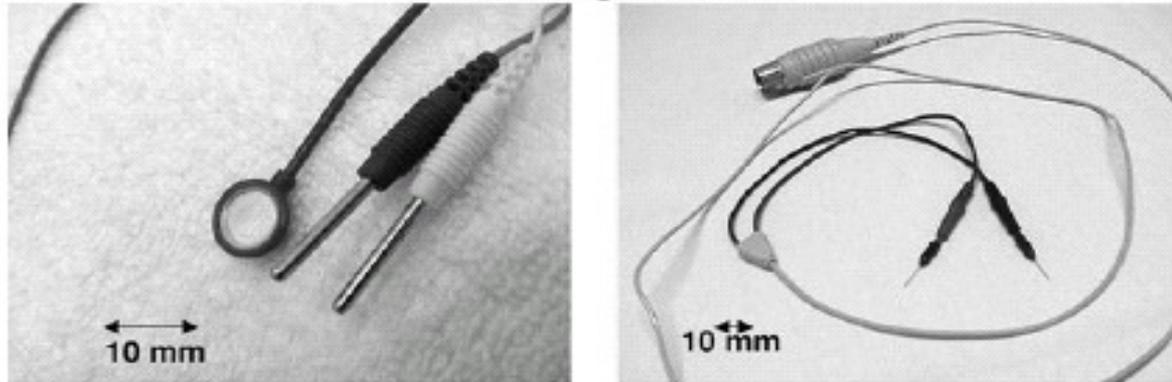


A

B

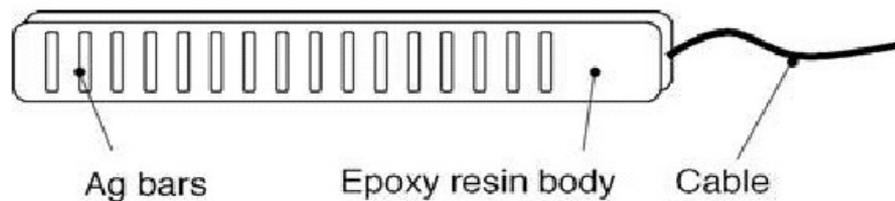


EP recording electrodes

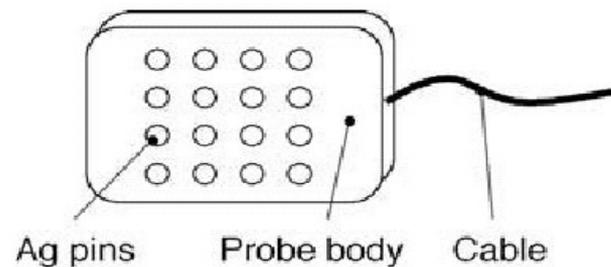


Electrode pair used for somatosensory stimulation

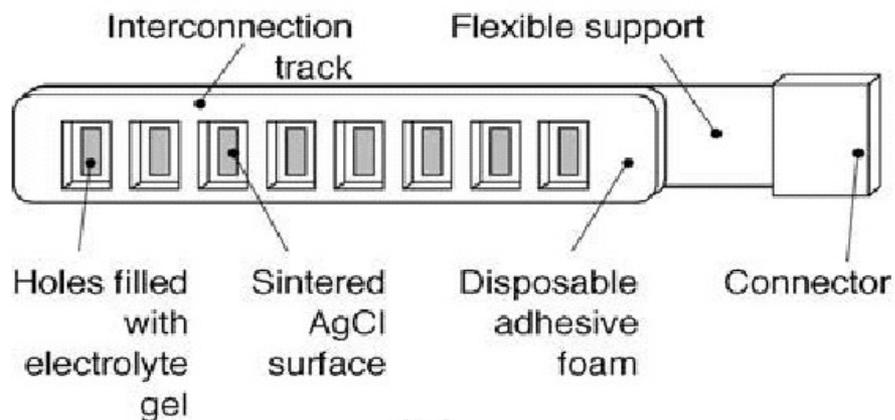




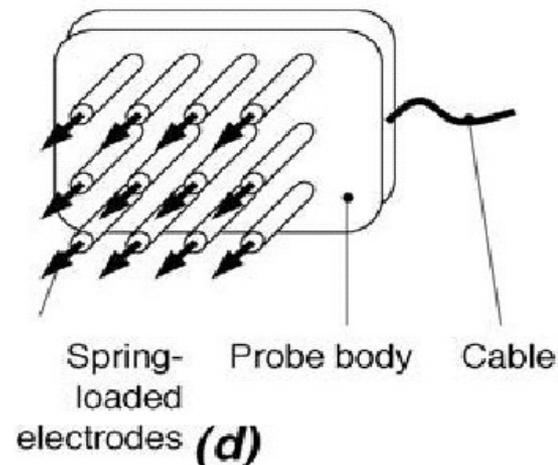
**(a)**



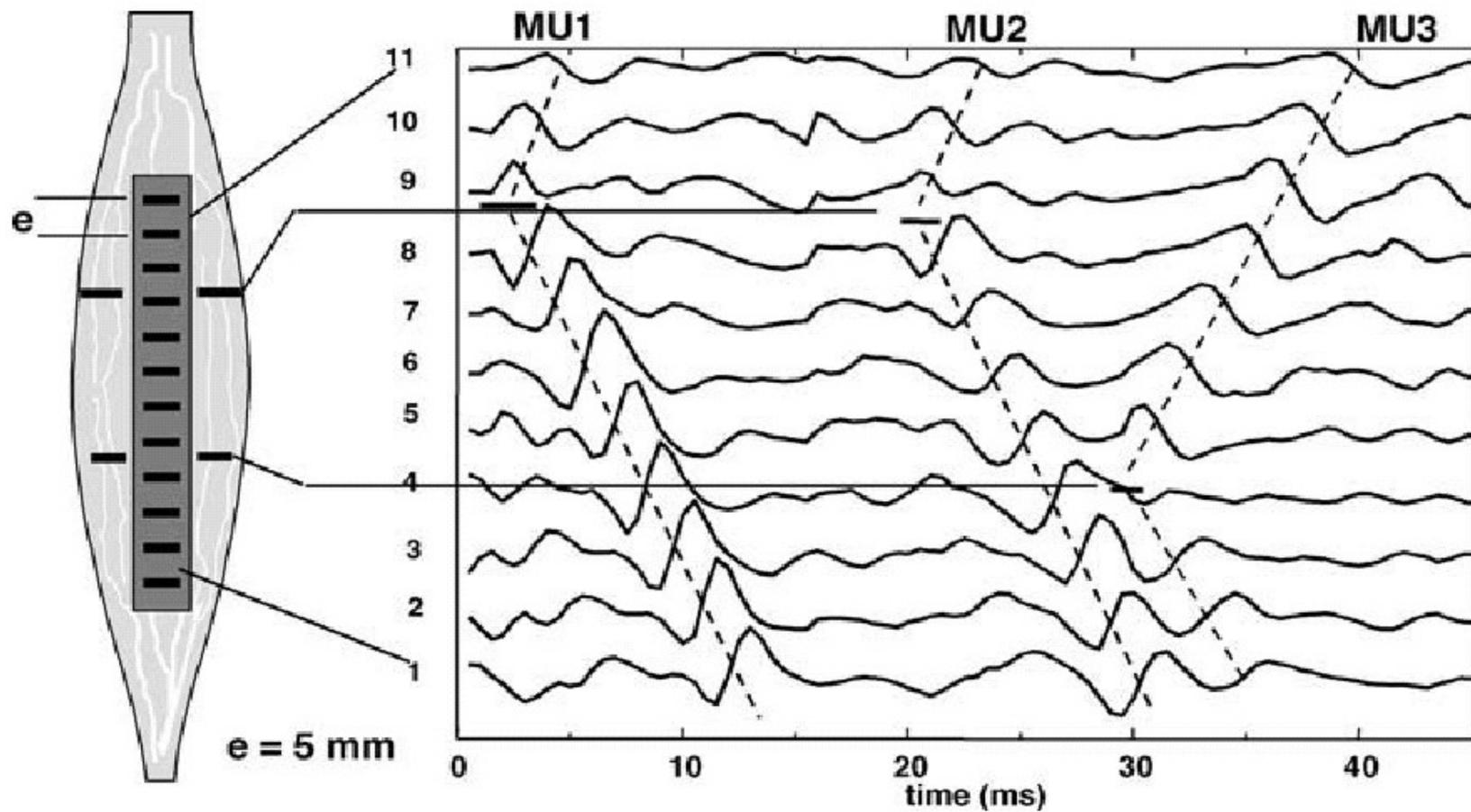
**(c)**



**(b)**



**(d)**



# Topographical maps

