

# Биометрия

002

# Методы

- **Электрокардиография** – метод исследования электрической активности сердца, осуществляемый с помощью регистрации и последующей обработки электрокардиограммы (ЭКГ)
- **Электроэнцефалография** – метод исследования биоэлектрической активности мозга

- **Импедансная плетизмография** (электроплетизмография, реография) – метод исследования центральной и периферической гемодинамики, основанной на изучении сопротивления тканей переменному электрическому току. При мониторинге параметров гемодинамики (частоты сердечных сокращений (ЧСС), ударного объема, общего периферического сопротивления, параметров венозного отдела кровообращения и др.) оценивается пульсирующая составляющая сопротивления тканей, возникающая вследствие изменения интенсивности кровотока.

- **Фотоплетизмография** – метод исследования периферической гемодинамики, основанный на изучении поглощения света, проходящего через исследуемый участок ткани с пульсирующей кровью.

- **Осциллометрия** – метод исследования параметров периферической гемодинамики, осуществляемый путем регистрации и анализа пульсаций давления в окклюзионной манжетке, окружающей исследуемый сосуд. Используется в клиническом мониторинге для слежения за параметрами артериального давления (АД)

- **Оксиметрия и капнометрия** – методы исследования функции внешнего дыхания, основанные на анализе состава выдыхаемых газов или газов крови исследуемых участков тканей. Используется в клиническом мониторинге с целью следящей оценки концентрации кислорода

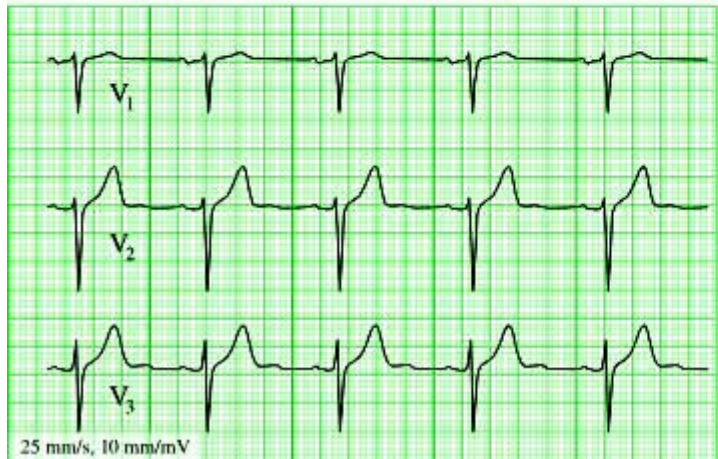
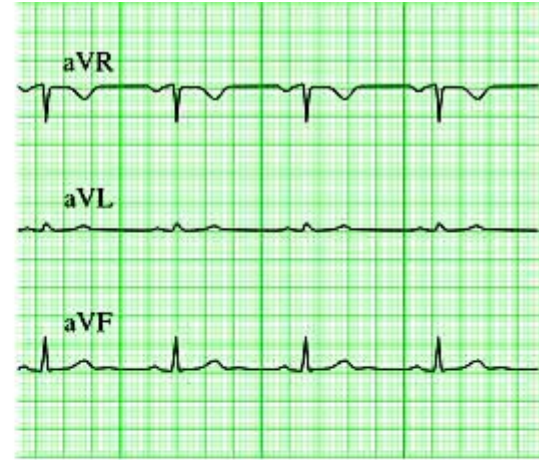
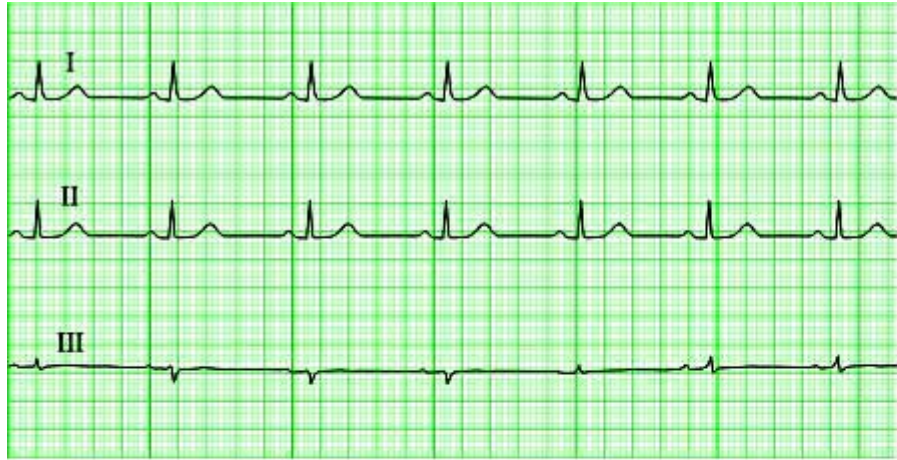
# Группы биометрических сигналов

- **Первая:** образование в организме физических полей биологического происхождения
- **Вторая:** биосигналы, связанные с изменениями физических характеристик участка биологической ткани происходящими под влиянием протекания физиологических процессов

# Электрокардиографический (ЭКГ)

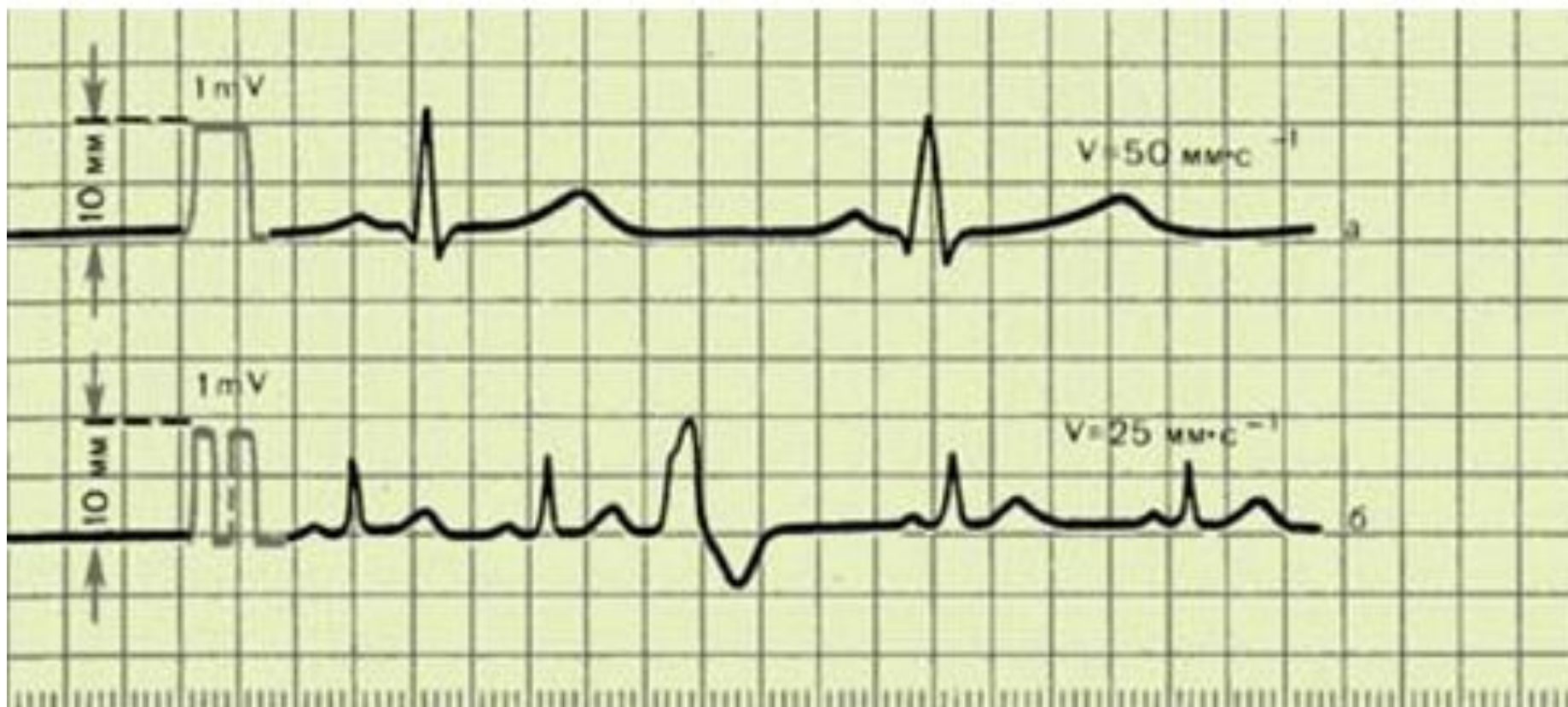
- Диапазон изменений амплитуды ЭКГ сигнала
- 0,3...3,0 мВ;
- частотный диапазон 0,05...300 Гц



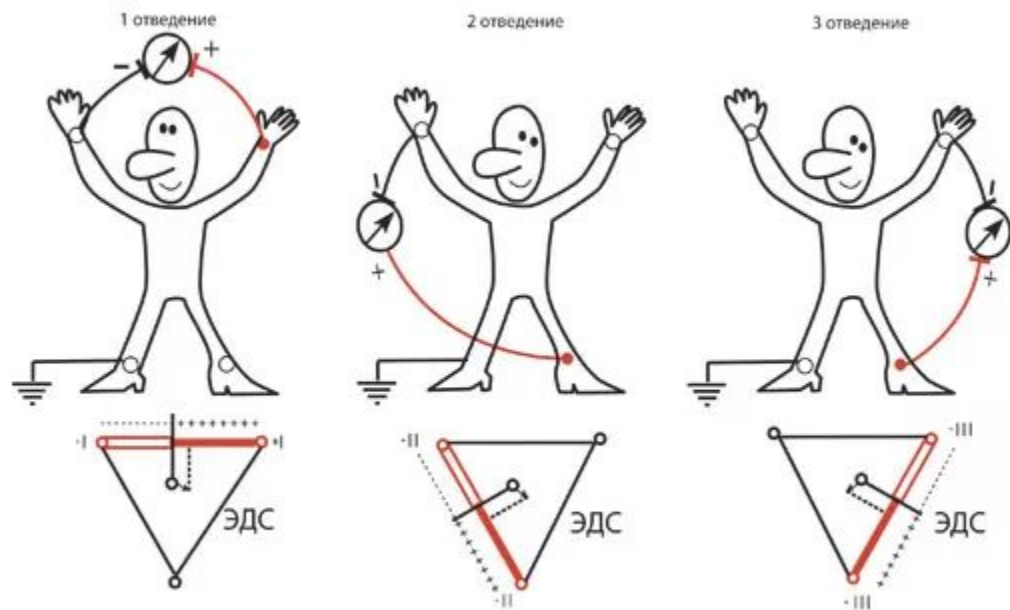


25 mm/s, 10 mm/mV

# Скорости вывода



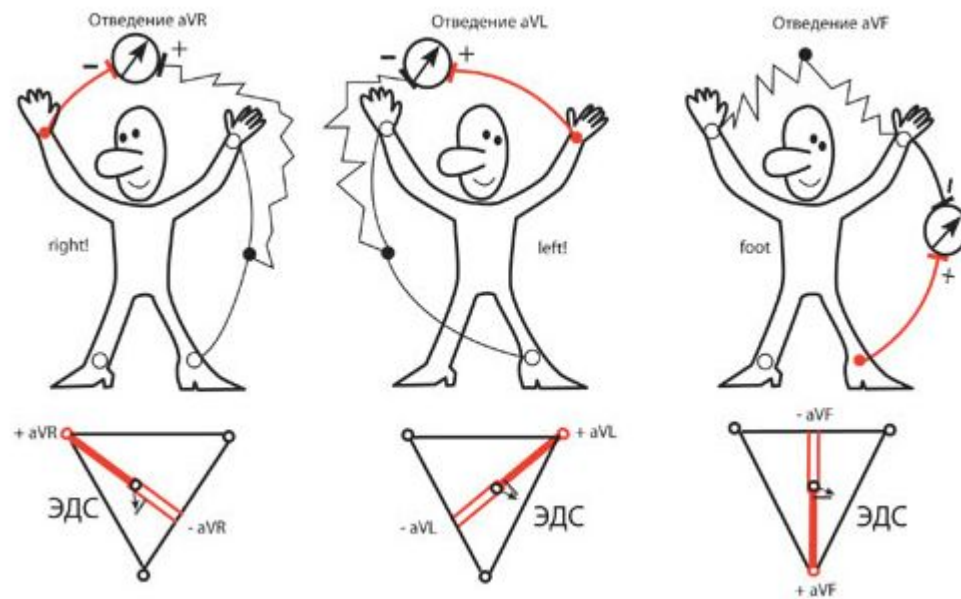
# ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ ОТВЕДЕНИЯ



треугольник  
Эйнтховена

- I отведение — левая (+) и правая (–) рука;
- II отведение — левая нога (+) и правая рука (–);
- III отведение — левая нога (+) и левая рука (–).
- Четвертый электрод устанавливается на правую ногу для подключения заземляющего провода (черная маркировка).

# Усиленные отведения от конечностей



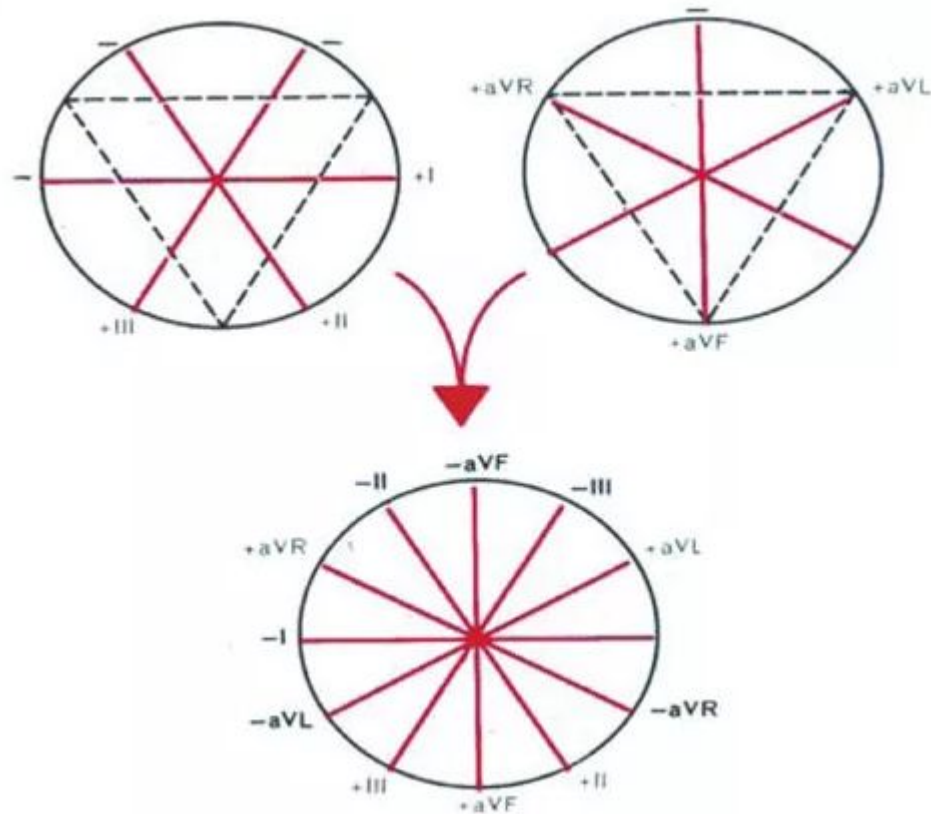
aVR — это усиленное отведение от правой руки;

aVL — усиленное отведение от левой руки;

aVF — усиленное отведение от левой ноги



# ШЕСТИОСЕВАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ (ПО БАУЛЕУ)

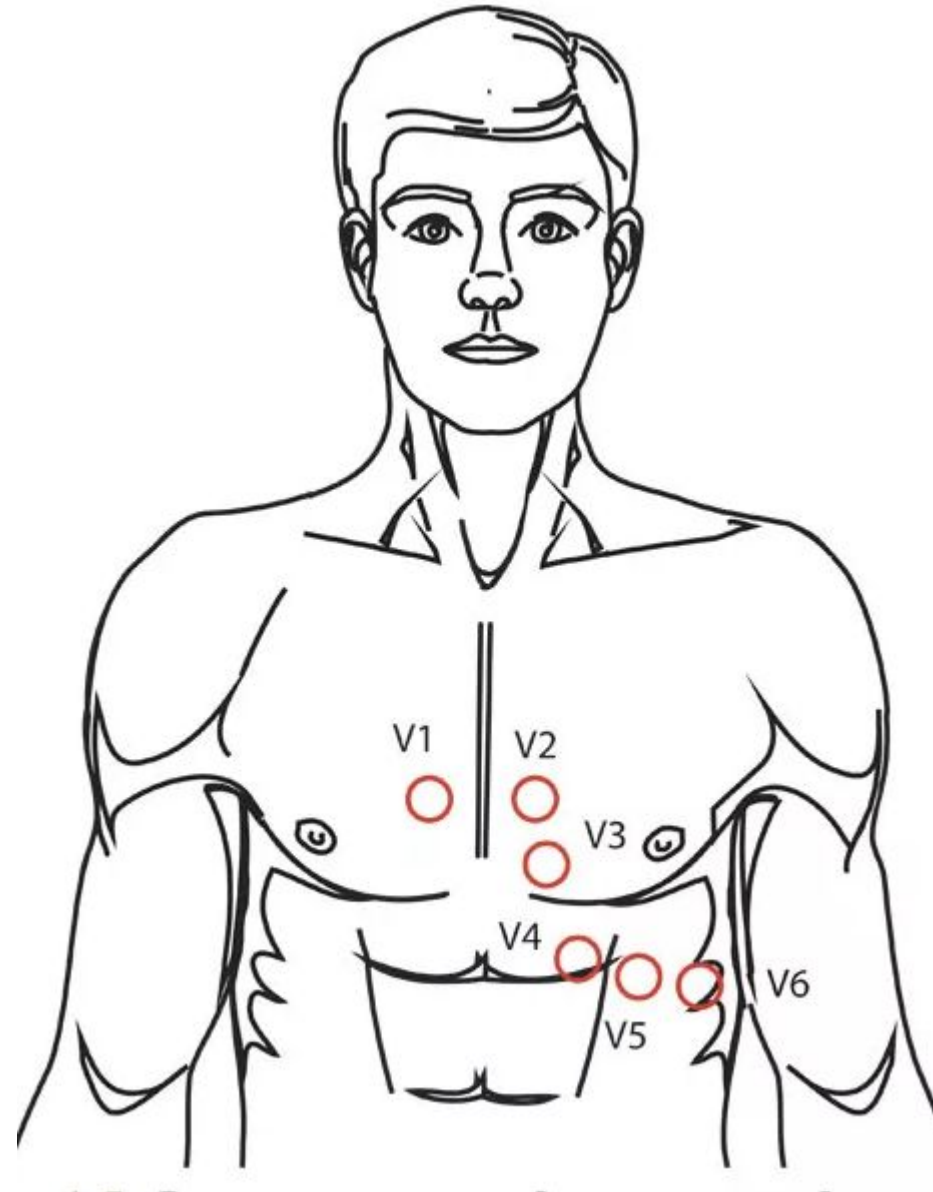


<https://compendium.com.ua/clinical-guidelines/cardiology/section-5/glava-1-osnovy-elektrokardiografii/>

# Грудные отведения

- Wilson в 1934 г., регистрируют разность потенциалов между активным положительным электродом, установленным в определенных точках на поверхности грудной клетки и отрицательным объединенным электродом Вильсона

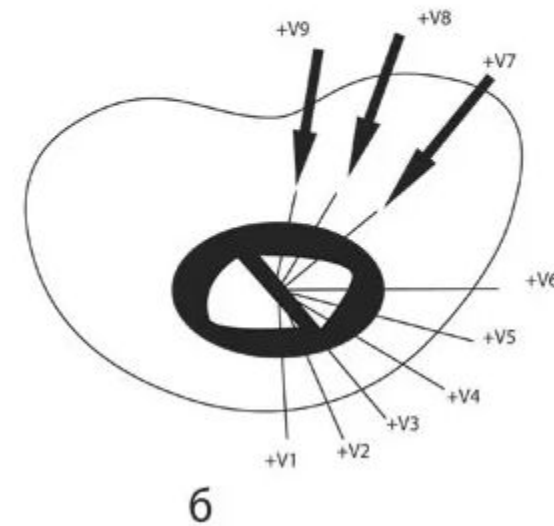
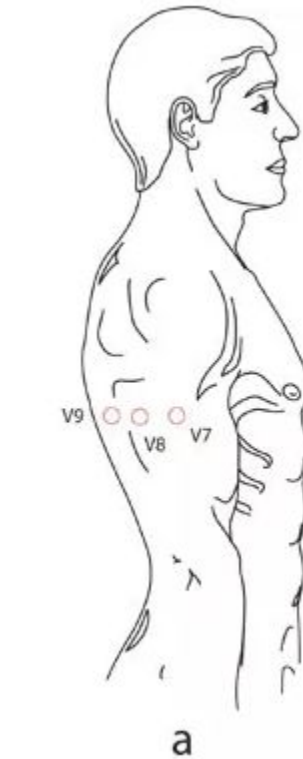
- отведение  $V_1$  — в четвертом межреберье<sup>1</sup> по правому краю грудины;
- отведение  $V_2$  — в четвертом межреберье<sup>2</sup> по левому краю грудины;
- отведение  $V_3$  — между позициями  $V_2$  и  $V_4$ , примерно на уровне четвертого ребра по левой парастернальной линии;
- отведение  $V_4$  — в пятом межреберье по левой срединно-ключичной линии;
- отведение  $V_5$  — на том же уровне по горизонтали, что и  $V_4$ , по левой передней подмышечной линии;
- отведение  $V_6$  — по левой средней подмышечной линии на том же уровне по горизонтали, что и электроды отведений  $V_4$  и  $V_5$ .
- 





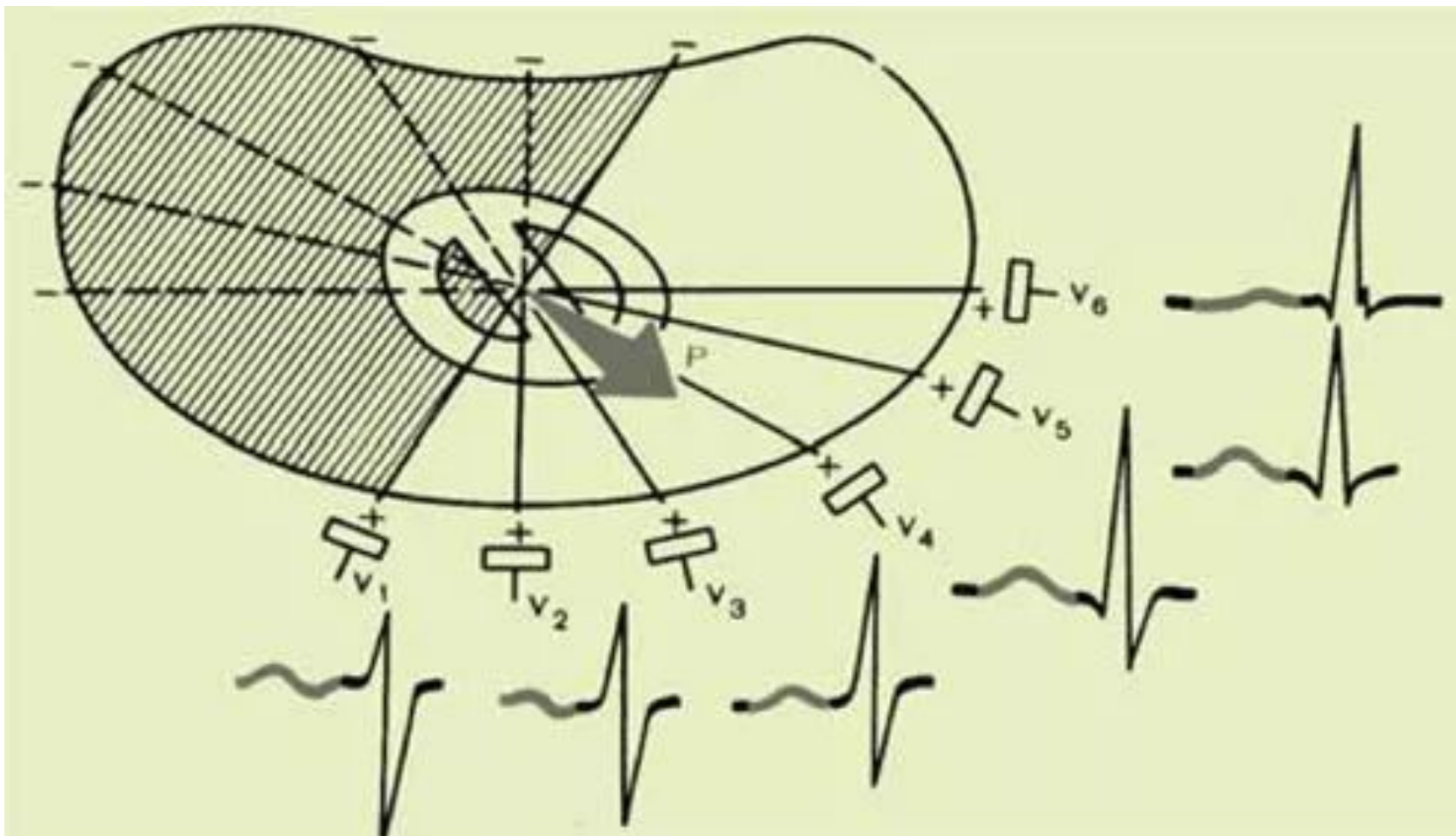
# Дополнительные отведения

- Отведения  $V_7-V_9$ .  
Активный электрод устанавливают по задней подмышечной ( $V_7$ ), лопаточной ( $V_8$ ) и паравертебральной ( $V_9$ ) линиях на уровне горизонтали, на которой расположены электроды  $V_4-V_6$ . Эти отведения обычно используют для более точной диагностики очаговых изменений миокарда в заднебазальных отделах ЛЖ.



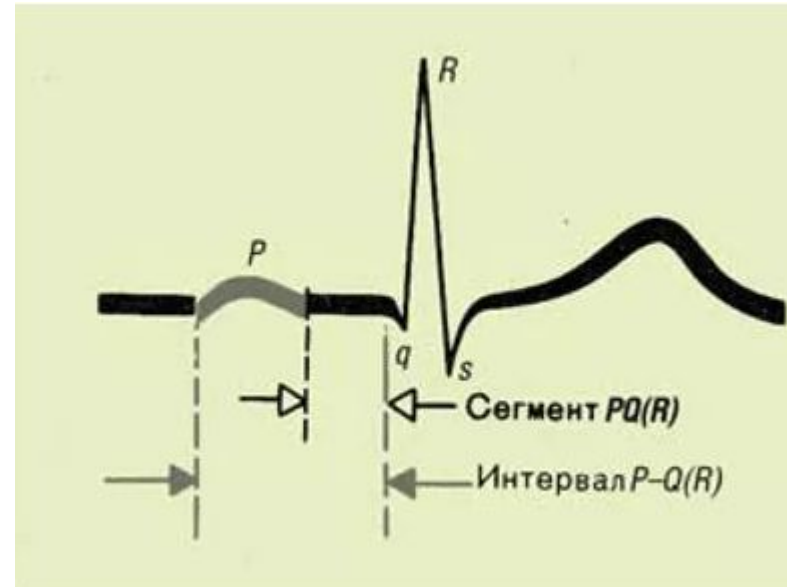


# R-зубец в грудных отведениях



# ИНТЕРВАЛ P–Q(R)

- Интервал  $P–Q(R)$  измеряется от начала зубца  $P$  до начала желудочкового комплекса  $QRS$  (зубца  $Q$  и ли  $R$ ). Он отражает продолжительность AV-проведения, то есть время распространения возбуждения по предсердиям, AV-узлу, пучку Гиса и его разветвлениям



Длительность интервала  $P–Q(R)$  колеблется от 0,12 до 0,20 с и у здорового человека зависит в основном от ЧСС: чем она выше, тем короче интервал  $P–Q(R)$ .

# ЖЕЛУДОЧКОВЫЙ КОМПЛЕКС QRST

- *QRST* отражает процесс распространения (комплекс *QRS*) и угасания (сегмент *RS–T* и зубец *T*) возбуждения по миокарду желудочков.
- Если амплитуда зубцов комплекса *QRS* велика и превышает 5 мм, их обозначают заглавными буквами латинского алфавита *Q, R, S*
- если мала (менее 5 мм) — строчными буквами *q, r, s*

# Зубец R

- Зубцом  $R$  обозначают любой положительный зубец, входящий в состав комплекса  $QRS$ .
- Если имеется несколько таких положительных зубцов, их обозначают соответственно как  $R, R', R''$
- Отрицательный зубец комплекса  $QRS$ , непосредственно предшествующий зубцу  $R$ , обозначают буквой  $Q$  ( $q$ ),
- отрицательный зубец, следующий сразу после зубца  $R$ , —  $S$  ( $s$ ).

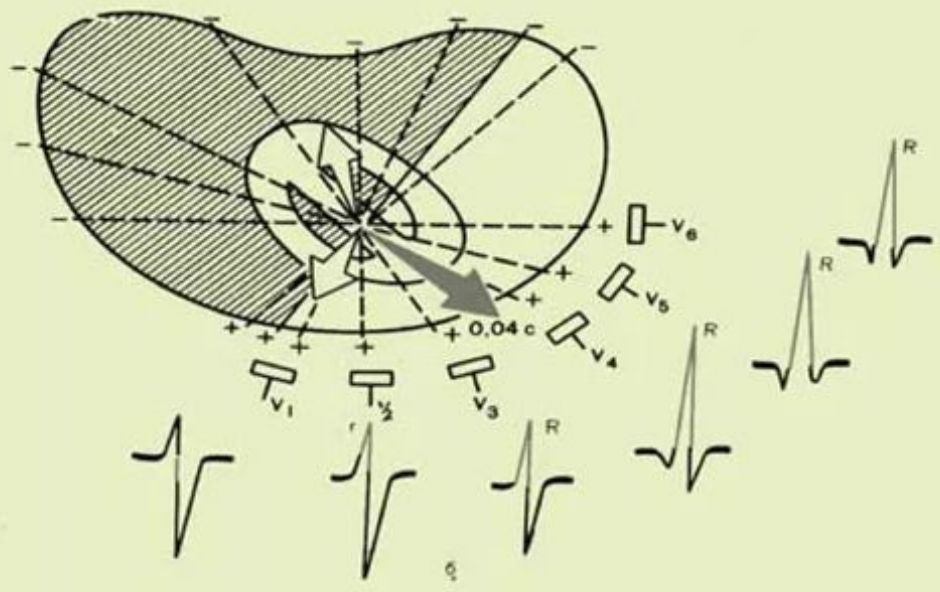
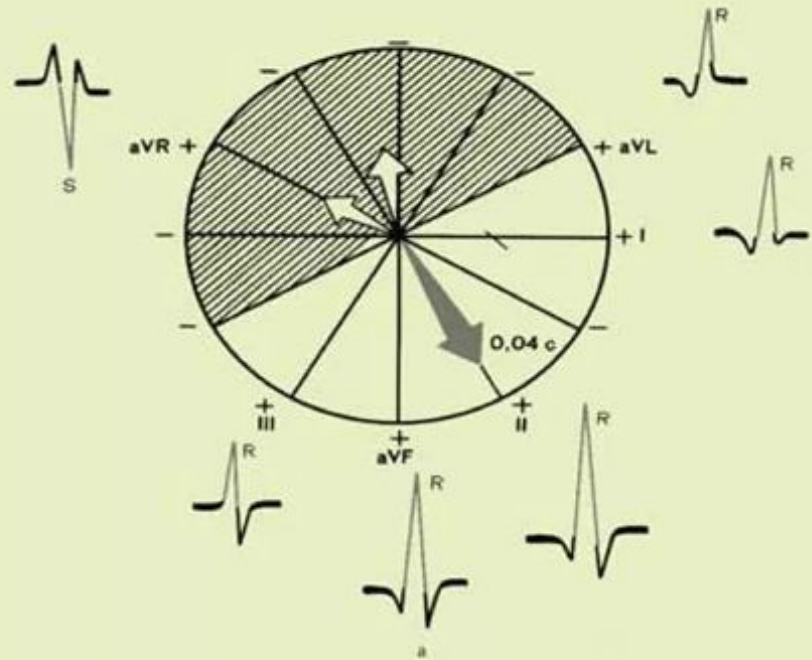
# Зубец Q

- формирование зубца Q обусловлено начальным моментным вектором деполяризации межжелудочковой перегородки,
- до 0,03 с.
- В норме зубец Q может быть зарегистрирован во всех стандартных и усиленных однополюсных отведениях от конечностей и в грудных отведениях  $V_4-V_6$ .
- Амплитуда нормального зубца Q во всех отведениях, кроме aVR, не превышает  $1/4$  высоты зубца R, а его продолжительность — 0,03 с.

# Зубец R

- Зубец R во всех отведениях, за исключением правых грудных отведений ( $V_1, V_2$ ) и отведения aVR,
- вектора 0,04 с.
- Вектор 0,04 с отражает процесс дальнейшего распространения возбуждения по миокарду ПЖ и ЛЖ. Но, поскольку ЛЖ является более мощным отделом сердца, вектор R ориентирован влево и вниз, то есть в сторону ЛЖ.

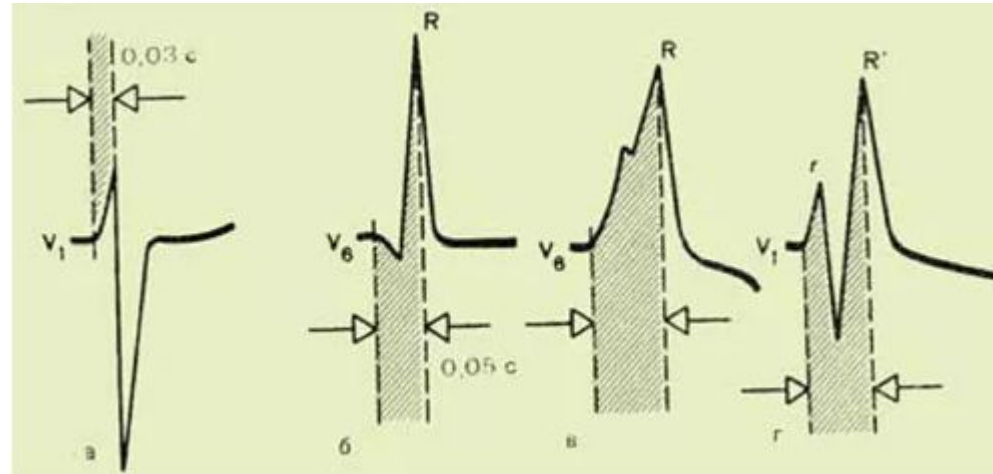




- амплитуда зубца  $R$  постепенно увеличивается от отведения  $V_1$  к отведению  $V_{4'}$ ,
- несколько уменьшается в отведениях  $V_5$  и  $V_6$ .
- Высота зубца  $R$  в отведениях от конечностей не превышает обычно 20 мм, а в грудных отведениях — 25 мм.
- у здоровых людей зубец  $r$  в  $V_1$  столь слабо выражен, что желудочковый комплекс в отведении  $V_1$  приобретает вид  $QS$

# Изменение интервала внутреннего отклонения

- Для сравнительной характеристики времени распространения волны возбуждения от эндокарда до эпикарда ПЖ и ЛЖ принято определять так называемый интервал внутреннего отклонения (intrinsic deflection) соответственно в правых ( $V_1$ ,  $V_2$ ) и левых ( $V_5$ ,  $V_6$ ) грудных отведениях. Он измеряется от начала желудочкового комплекса а (зубца Q или R) до вершины зубца R в соответствующем отведении



# Зубец S

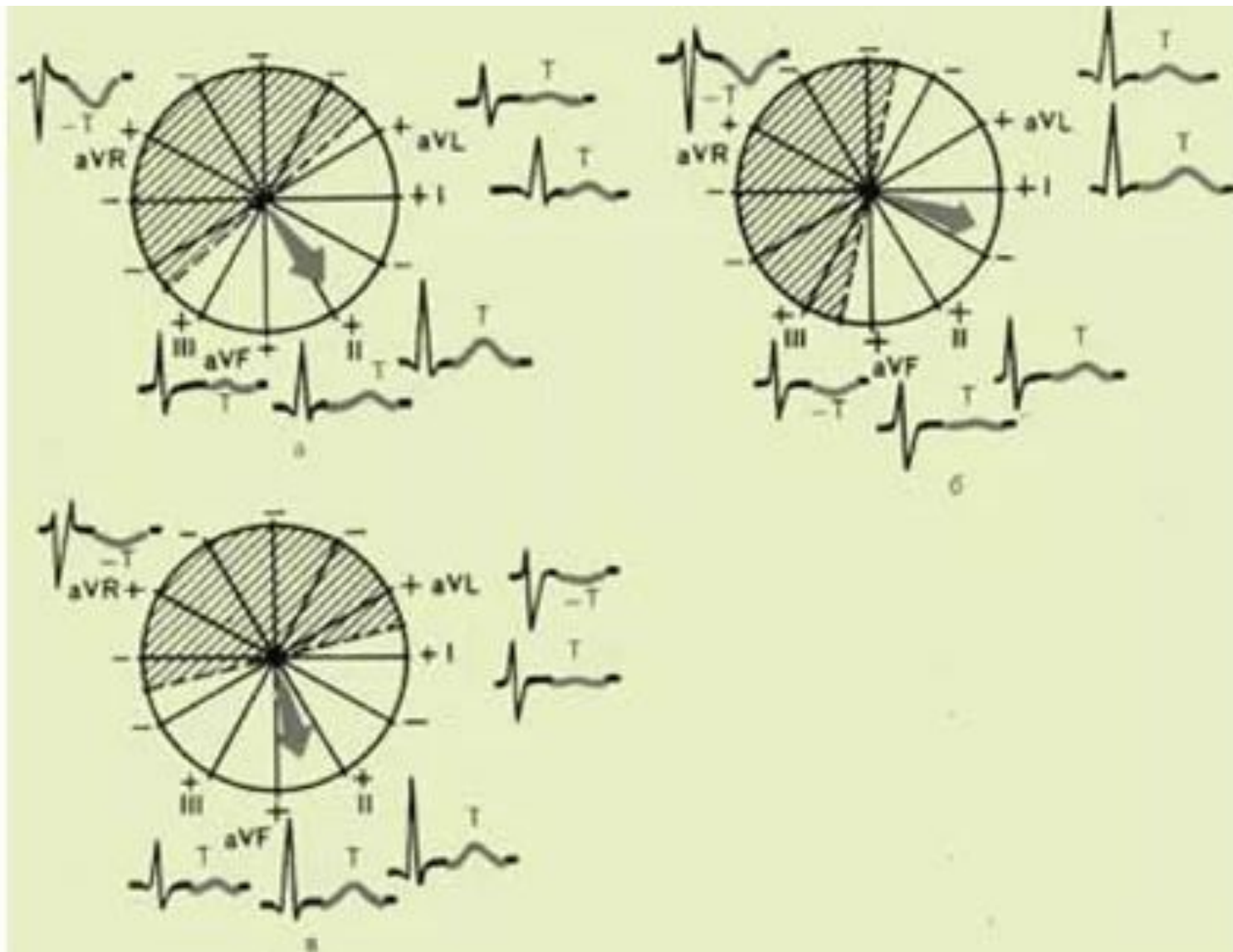
- амплитуда зубца S в разных ЭКГ-отведениях колеблется не превышая 20 мм.
- При нормальном положении сердца в грудной клетке в отведениях от конечностей амплитуда S мала, кроме отведения aVR.
- В грудных отведениях зубец S постепенно уменьшается от  $V_1$ ,  $V_2$  до  $V_4$ , а в отведениях  $V_5$ ,  $V_6$  имеет малую амплитуду или отсутствует.
- Равенство зубцов R и S в грудных отведениях (переходная зона) обычно регистрируется в отведении  $V_3$  или (реже) между  $V_2$  и  $V_3$  или  $V_3$  и  $V_4$ .
- Максимальная продолжительность желудочкового комплекса не превышает 0,10 с (чаще 0,07–0,09 с).
- Амплитуда и соотношение положительных (R) и отрицательных зубцов (Q и S) в различных отведениях во многом зависят от поворотов оси сердца вокруг трех его осей: переднезадней, продольной и сагиттальной.

# Сегмент $RS-T$

- Сегмент  $RS-T$  — отрезок от конца комплекса  $QRS$  (конца зубца  $R$  или  $S$ ) до начала зубца  $T$ .
- соответствует периоду полного охвата возбуждением обоих желудочков, когда разность потенциалов между различными участками сердечной мышцы отсутствует или мала.
- в норме в стандартных и усиленных однополюсных отведениях от конечностей, электроды которых расположены на большом расстоянии от сердца, сегмент  $RS-T$  расположен на изолинии и его смещение вверх или вниз не превышает 0,5 мм.
- В грудных отведениях ( $V_1-V_3$ ) небольшое смещение сегмента  $RS-T$  вверх от изолинии (не более 2 мм).
- В левых грудных отведениях сегмент  $RS-T$  на уровне изолинии — так же, как в стандартных ( $\pm 0,5$  мм).
- Точка перехода комплекса  $QRS$  в сегмент  $RS-T$  обозначается как  $j$ .
- Отклонения точки  $j$  от изолинии часто используют для количественной характеристики смещения сегмента  $RS-T$ .

# Зубец $T$

- отражает процесс быстрой конечной реполяризации миокарда желудочков (фаза 3 трансмембранного ПД).
- суммарный результирующий вектор желудочковой реполяризации (вектор  $T$ ) обычно имеет почти такое же направление, как и средний вектор деполяризации желудочков (0,04 с).
- В большинстве отведений, где регистрируется высокий зубец  $R$ , зубец  $T$  имеет положительное значение, проецируясь на положительные части осей электрокардиографических
- При этом наибольшему зубцу  $R$  соответствует наибольший по амплитуде зубец  $T$
- В отведении  $aVR$  зубец  $T$  всегда отрицательный



# Интервал $Q-T$ ( $QRST$ )

- измеряется от начала комплекса  $QRS$  (зубца  $Q$  или  $R$ ) до конца зубца  $T$ .
- называют электрической систолой желудочков. Во время электрической систолы возбуждаются все отделы желудочков сердца.
- Продолжительность интервала  $Q-T$  зависит от частоты ритма сердца. Чем выше частота ритма, тем короче должный интервал  $Q-T$ .
- Нормальная продолжительность интервала  $Q-T$  определяется по формуле
- $Q-T = K\sqrt{R-R}$ ,
- $K$  — коэффициент, равный 0,37 для мужчин
- 0,40 для женщин;
- $R-R$  — продолжительность одного сердечного цикла..



- Поскольку длительность интервала  $Q-T$  зависит от ЧСС (удлиняясь при его замедлении), для оценки она должна быть откорректирована относительно ЧСС, поэтому для расчетов применяется
- формула Базетта:  $QTc = Q - T / \sqrt{R - R}$

# зубец $U$

- Иногда на ЭКГ, особенно в правых грудных отведениях, сразу после зубца  $T$  регистрируется небольшой положительный зубец  $U$ , происхождение которого до сих пор неизвестно.
- Есть предположения, что зубец  $U$  соответствует периоду кратковременного повышения возбудимости миокарда желудочков (фаза экзальтации), наступающему после окончания электрической систолы ЛЖ

# АНАЛИЗ ЭКГ

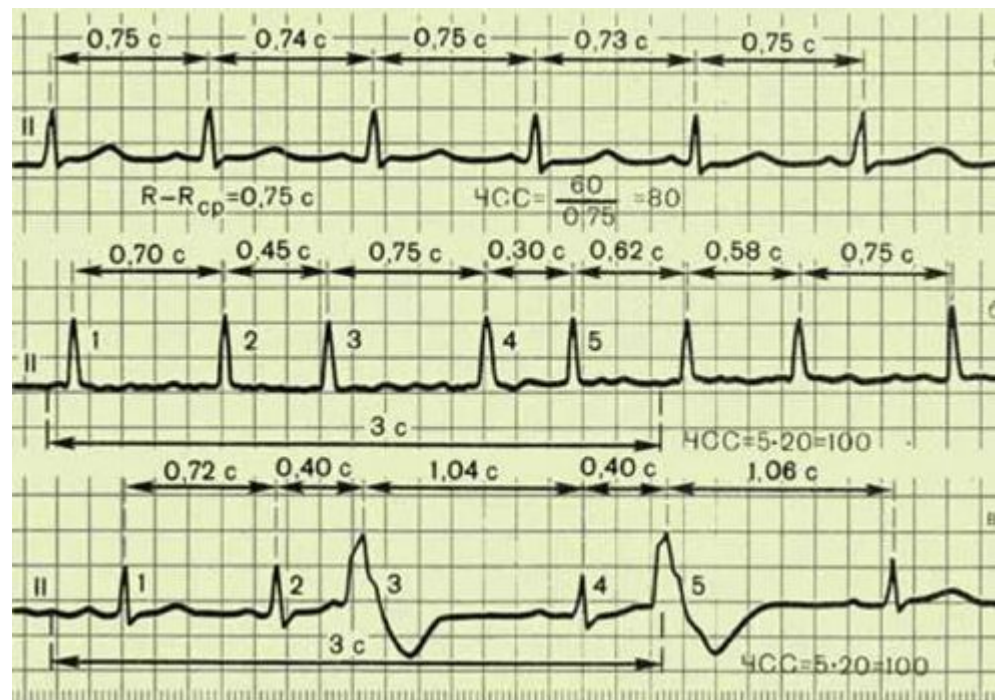
- При записи ЭКГ со скоростью  $50 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$  1 мм на бумажной ленте соответствует отрезку времени 0,02 с, 5 мм — 0,1 с, 10 мм — 0,2 с; 50 мм — 1,0 с.
- В этом случае ширина комплекса *QRS* обычно не превышает 4–6 мм (0,08–0,12 с), а интервал *Q–T* — 20 мм (0,4 с).
- При записи ЭКГ со скоростью  $25 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$  1 мм соответствует временному интервалу 0,04 с (5 мм — 0,2 с), следовательно, ширина комплекса *QRS*, как правило, не превышает 2–3 мм (0,08–0,12 с), а интервала *Q–T* — 10 мм (0,4 с).

# ОБЩАЯ СХЕМА (ПЛАН) РАСШИФРОВКИ ЭКГ

- **I. Анализ сердечного ритма и проводимости:**
  - 1) оценка регулярности сердечных сокращений;
  - 2) подсчет ЧСС;
  - 3) определение источника возбуждения;
  - 4) оценка функции проводимости.
- **II. Определение поворотов сердца вокруг переднезадней, продольной и поперечной осей:**
  - 1) определение положения электрической оси сердца во фронтальной плоскости;
  - 2) определение поворотов сердца вокруг продольной оси;
  - 3) определение поворотов сердца вокруг поперечной оси.
- **III. Анализ предсердного зубца *P*.**
- **IV. Анализ желудочкового комплекса *QRST*:**
  - 1) анализ комплекса *QRS*;
  - 2) анализ сегмента *RS–T*;
  - 3) анализ зубца *T*;
  - 4) анализ интервала *Q–T*.
- **V. Электрокардиографическое заключение.**

# Анализ регулярности сердечных сокращений

- Регулярность сердечных сокращений оценивается при сравнении продолжительности интервалов  $R-R$  между последовательно зарегистрированными сердечными циклами. Интервал  $R-R$  обычно измеряется между вершинами зубцов  $R$  (или  $S$ )
- разброс полученных величин не превышает  $\pm 10\%$  от средней продолжительности интервалов  $R-R$ .



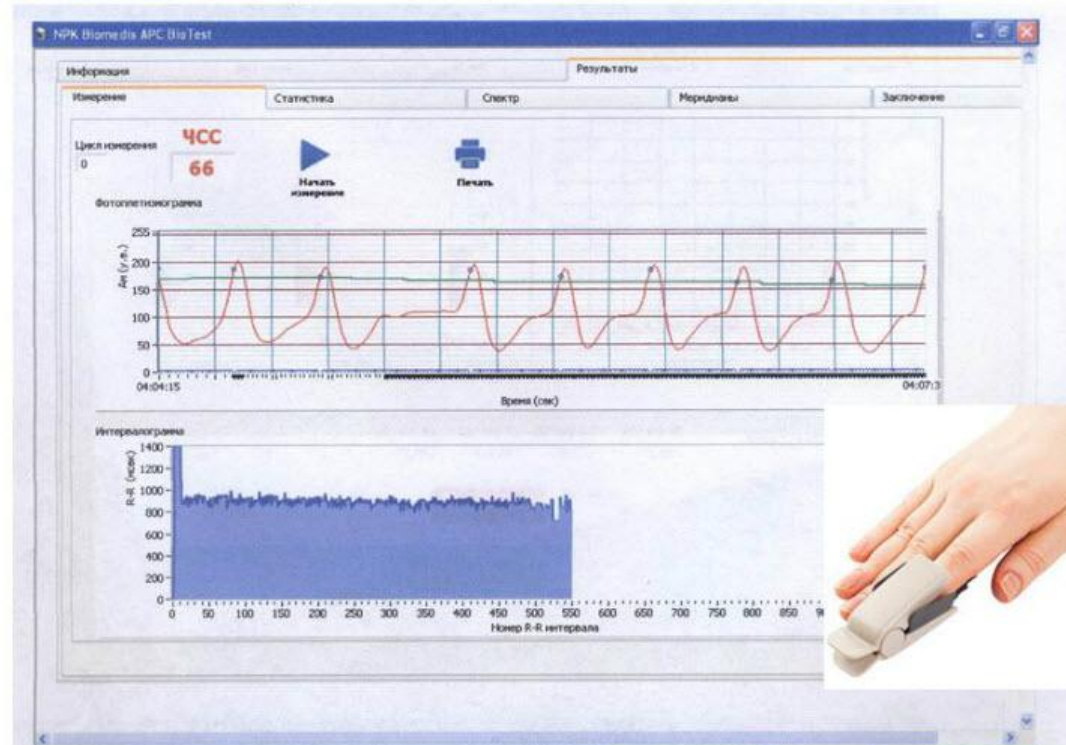
# Подсчет ЧСС

$$\text{ЧСС} = \frac{60}{R-R}$$

- где 60 — число секунд в минуте,  $R-R$  — продолжительность интервала, выраженная в секундах.
- При неправильном ритме ЭКГ в одном из отведений (наиболее часто во II стандартном) записывается дольше, чем обычно, например в течение 3–4 с.
- При скорости движения бумаги  $50 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$  это время соответствует отрезку кривой ЭКГ длиной 15–20 см. Затем подсчитывают количество комплексов  $QRS$ , зарегистрированных за 3 с (15 см бумажной ленты), и полученный результат умножают на 20.
- При неправильном ритме можно ограничиться также определением минимальной и максимальной ЧСС. Минимальная ЧСС определяется по продолжительности наибольшего интервала  $R-R$ , а максимальная ЧСС — по наименьшему интервалу  $R-R$ .
- У здорового человека в состоянии покоя ЧСС составляет от 60–90 уд./мин. Повышение ЧСС (более 90 уд./мин) называют тахикардией, а снижение (менее 60 уд./мин) — брадикардией.



# R-R фотоплетизмограмма и Интервалограмма





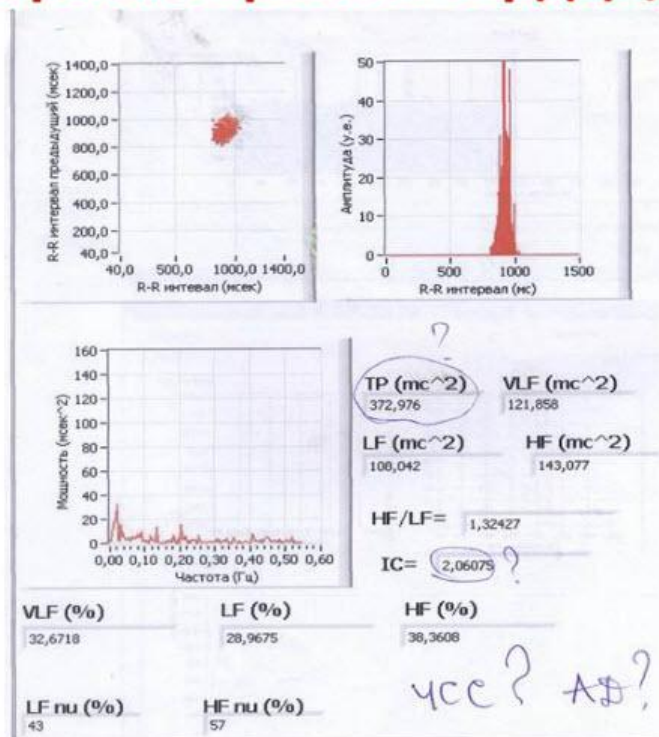


## Р.М.Баевский и параметры ВСП

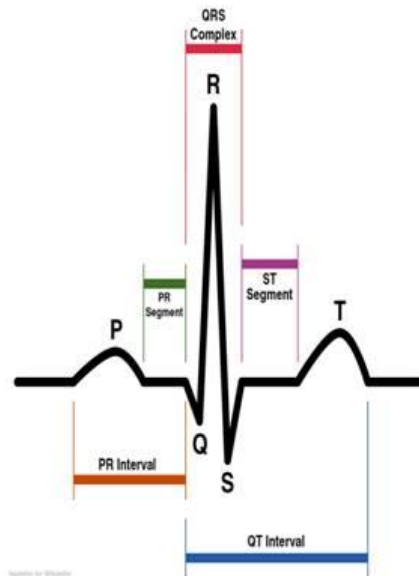
- **ВСП** – **В**ариация **С**ердечного **Р**итма или длительности **R-R** кардиоинтервала.
- **Мо** – мода, наиболее частый интервал. **0.7-0.9**.
- **АМо** – амплитуда моды. **30% – 50%** .
- **IC** – индекс напряжения **(LF + HF)/ VLF**. **1.0**.
- **ΔX** - вариационный размах. **0.15 – 0.45**.
- **TP = VLF + LF + HF (мс<sup>2</sup>)** – общая **мощность**.
- **VLF (500)** – сверхнизкая, **LF(700)** - низкая, **HF (1200)** - высокая **частота спектра**.
- **HF/LF** – дисбаланс ВНС (**< 1500** - истощение; **> 3000** - восстановление).



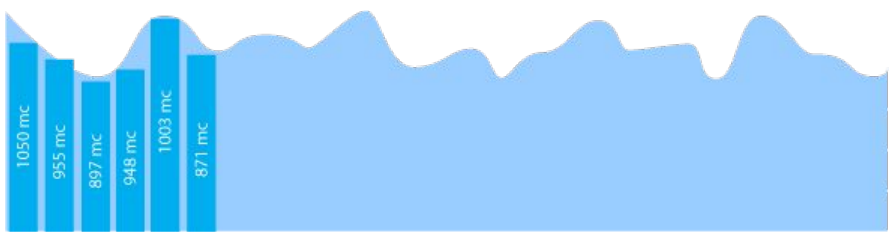
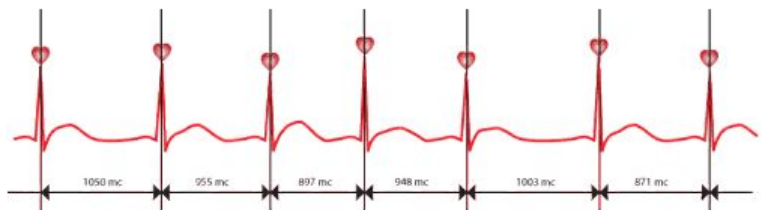
## Скатерграмма, гистограмма и спектрограмма ритма сердца, IC = 2.



# Баевский Р.М.



Индекс Баевского (другое название: индекс напряжения (ИН)) — индекс, показывающий степень централизации в управлении сердечным ритмом



# Методы анализа

- Кардиоинтервалография
- Вариационная пульсометрия
- Спектральный анализ
- Корреляционная ритмография

# Основные международные показатели ВСР

Показатель	Тип анализа	Математические характеристики	Психофизиологическое значение показателя и нормы
RRNN	временной, статистический	средняя длительность RR-интервалов, обратная величина его – ЧСС (частота сердечных сокращений)	конечный результат регуляции, баланс парасимпатического и симпатического влияний
SDNN	временной, статистический	Стандартное отклонение RR-интервалов	Суммарный эффект вегетативной регуляции (ВР) кровообращения, суммарная вариабельность сердечного ритма, показатель восстановления функциональных резервов организма 59,8±5,3: 54,5-65,1мс (из Михайлова, с.69) из статей – не менее 100 мс, 30-100мс (Безлюдова Н.)

<http://psydilab.univer.kharkov.ua/index.php/ru/uchjoba/23-category-ru/uchebnaya-deyatel/139-osnovnye-mezhdunarodnye-pokazately-vsr>

<https://compendium.com.ua/clinical-guidelines/cardiology/section-5/glava-4-variabelnost-serdechnogo-ritma-fiziologicheskie-mehanizmy-metody-issledovaniya-klinicheskoe-i-prognosticheskoe-znachenie/>

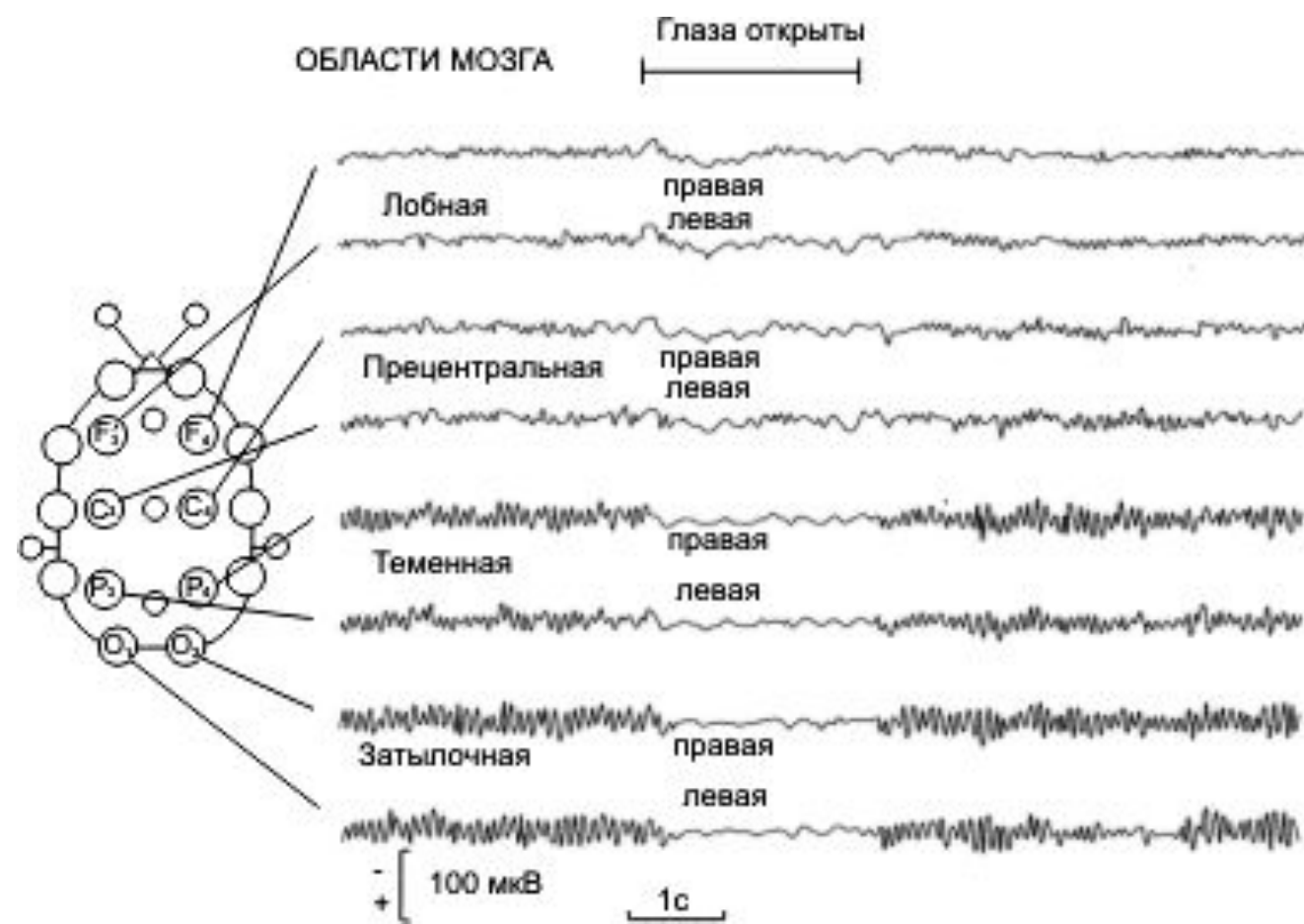
# Магнитокардиография

- изменение во времени магнитного поля, возникающего вследствие биоэлектрической активности сердца. Регистрируется бесконтактно с помощью магнитометров, преобразующих интенсивность магнитного поля в электрический сигнал.



# Электроэнцефалография

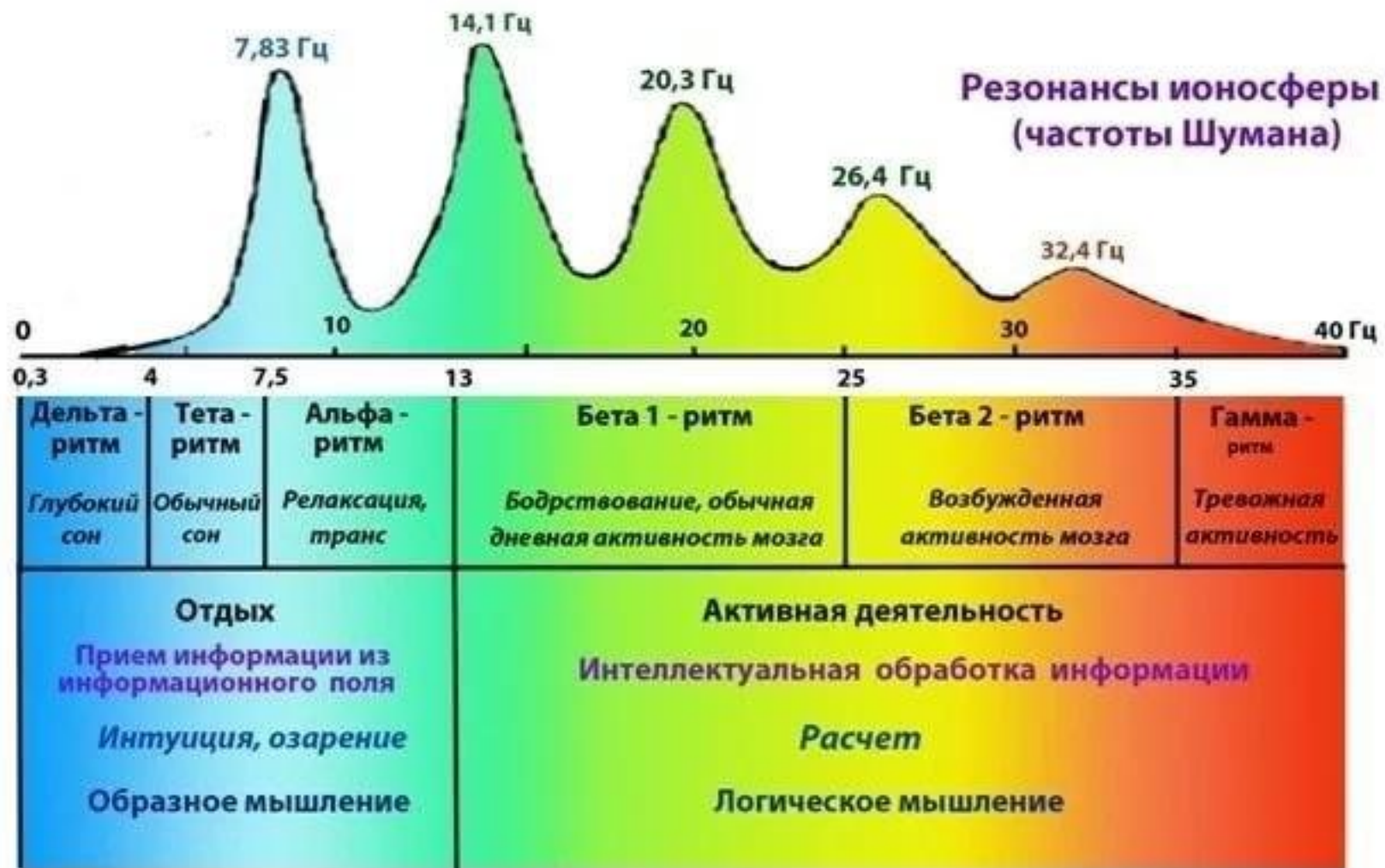
- изменение во времени электрического потенциала определенных участков кожи головы возникающее под действием биоэлектрической активности центральной нервной системы
- Диапазон изменений амплитуды ЭЭГ сигнала составляет 0,002...0,1 мВ; частотный диапазон сигнала составляет – 0,3...80 Гц



- Основными ритмами ЭЭГ сигнала являются:  
альфа-ритм (8...13 Гц),  
бета-ритм (13...35 Гц)  
гамма-ритм (35...80 Гц).



## Ритмы головного мозга человека



# Основные ритмы ЭЭГ человека

Ритм	Частота, Гц	Амплитуда, мкВ	Функциональное состояние
Гамма	30-120	< 10	Гамма-ритмы головного мозга человека самые быстрые, генерируются в обоих полушариях мозга и отражают пиковую деятельность сознания, когда человеку необходимо одновременно работать с разными видами информации и очень быстро связывать их между собой.
Бета	14–30	не более 20	Реакция активации (arousal).   Обычное бодрствующее состояние.
Альфа	8–13	не более 50	Спокойное бодрствование.   Медитация, состояние между сном и пробуждением, погружение в мечты и фантазии.
Тета	4–7,5	до 100–200	Сон со сновидениями, глубокая медитация.
Дельта	0,5–3,5	до 250	Очень глубокий сон, человек не видит сновидений, транс, гипнотическое состояние.



# Электрокортикография

- изменение во времени электрического потенциала определенных участков головного мозга с помощью электродов отводящих биопотенциалы непосредственно от коры головного мозга. Диапазон изменения амплитуды сигнала  
0,01...0,2 мВ,  
частотный диапазон 0,3...80 Гц.

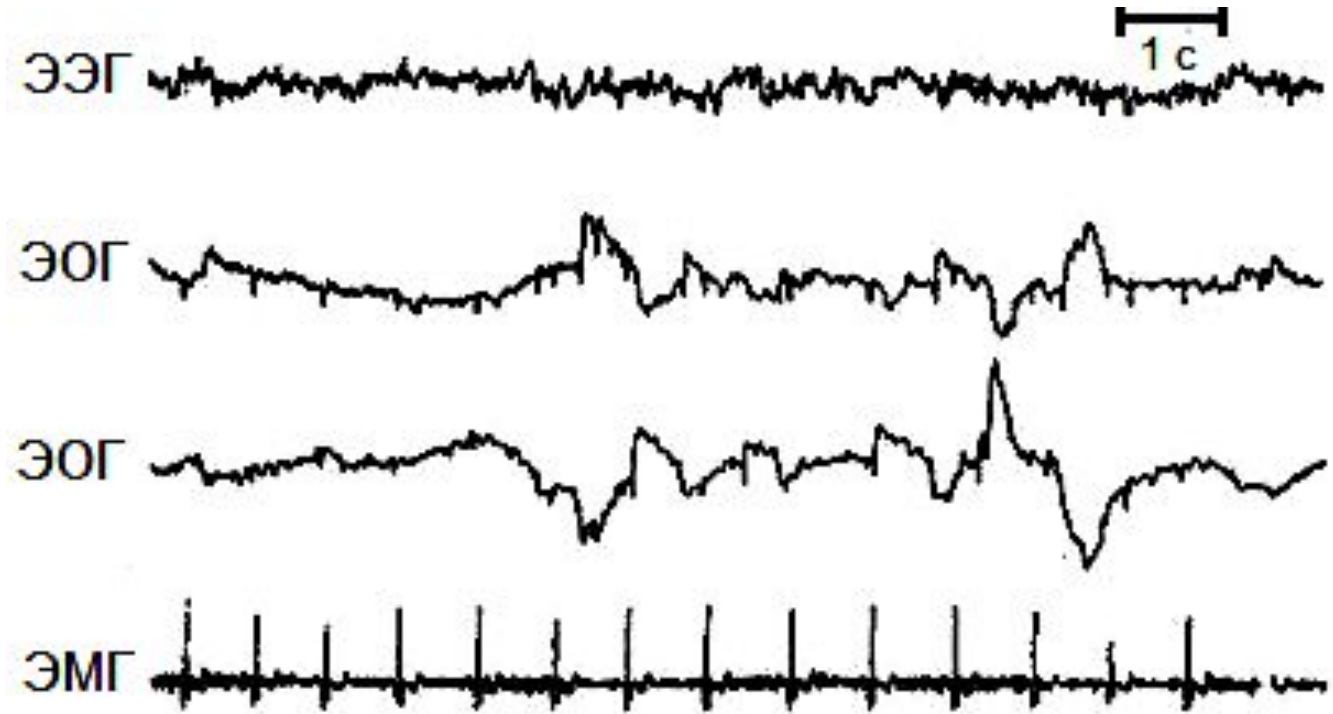


# Электромиография

- ЭМГ - изменение во времени электрического потенциала мышц. Регистрируется с помощью электродов накладываемых на кожу в проекции исследуемых мышц. Диапазон изменения амплитуды 0,02...3,0 мВ, частотный диапазон 0,1...1000 Гц.

# Электроокулография

- изменение во времени корнеоретинального электрического потенциала, вызываемого движением глазного яблока.
- Регистрируется с помощью электродов накладываемых на кожу в области век.
- Диапазон изменения амплитуды составляет 0,01...0,2 мВ,  
частотный диапазон 0,1...7 Гц.



Сон с быстрым движением глаз; сверху вниз: ЭЭГ сигнал; электроокулограмма обоих глаз; ЭМГ сигнал напряжения мышц подбородка

# Электрогастрография

- изменение во времени электрического потенциала, возникающего при работе желудочно-кишечного тракта. Регистрируется с помощью электродов накладываемых на кожу передней брюшной стенки.
- Диапазон изменения амплитуды электрогастрографического сигнала 0,2...1,0 мВ, частотный диапазон 0,05...2,0 Гц.



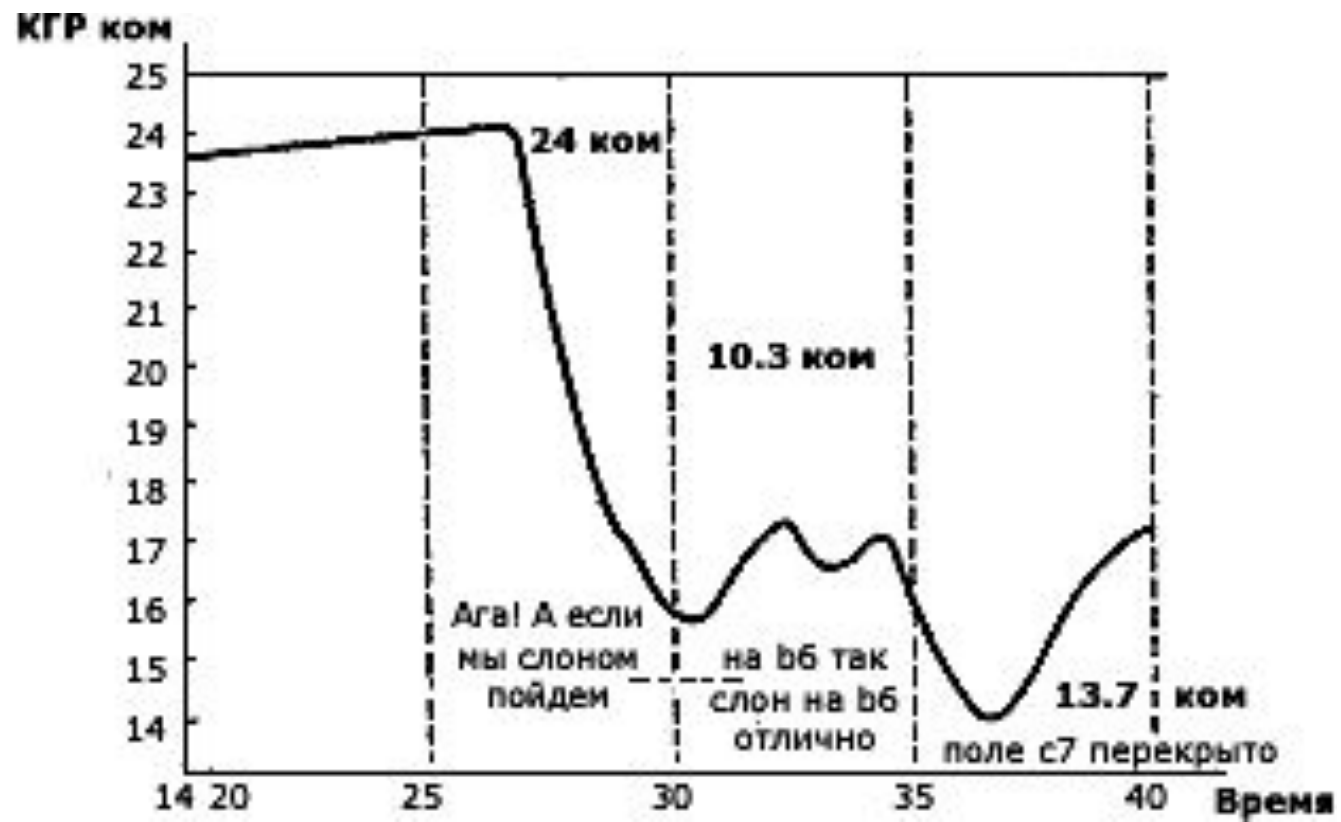
Электрогастрограммы больного  
язвенной болезнью желудка:  
1 — до лечения; 2 — после лечения

# КОЖНО-ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ

- **по Тарханову**
- представляет собой медленное изменение во времени электрического потенциала определенных участков кожи в ответ на психологические тесты.

## **По Фере**

- Проявляется в изменении электрокожного сопротивления.
- Диапазон изменения амплитуды 0,1...2 мВ, частотный диапазон
- составляет 0,1...10 Гц.

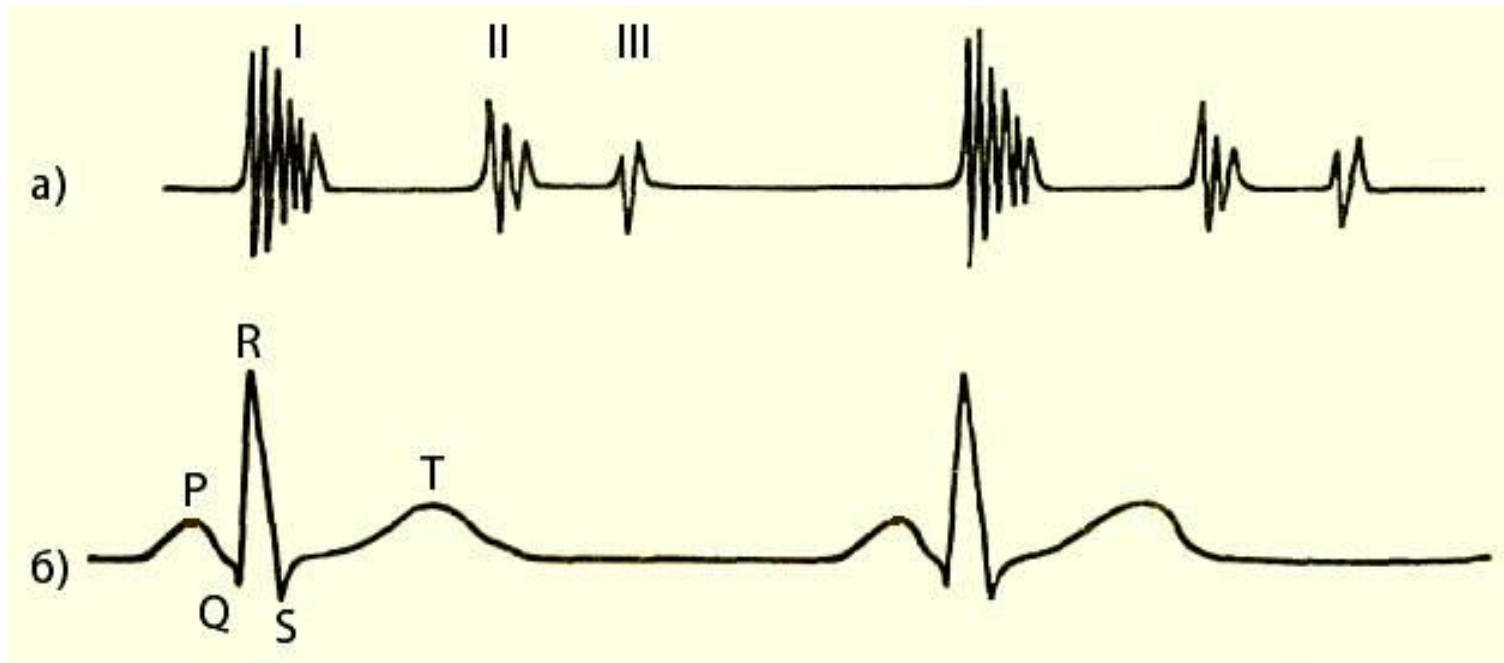


Динамика кожно-гальванической реакции в процессе решения мыслительной (шахматной) задачи (по О.К. Тихомирову)

# Фонокардиография

- изменение во времени акустических (звуковых) проявлений работы сердца. Регистрируется с помощью микрофона, накладываемого на грудь обследуемого в проекции сердца и преобразующего звуковые колебания в электрический сигнал.
- Диапазон изменения амплитуды в зависимости от типа используемого микрофона составляет 0,1...2 мВ, частотный диапазон составляет 20...800 Гц.





Фонокардиограмма (а), электрокардиограмма (б);  
систолический (I), диастолический (II), желудочковый (III) тон

# Сфигмография

- Изменение во времени колебаний сосудистой стенки. Регистрируется с помощью датчиков давления преобразующих колебания сосудистой стенки в электрический сигнал, накладываемых на кожу в местах пролегания сосудов в непосредственной близости от поверхности кожи.
- Диапазон изменения амплитуды в зависимости от применяемого датчика 0,1...2 мВ, частотный диапазон 0,3...70 Гц.

# Вторая группа биосигналов

- требует для своей регистрации приложения к биологическим тканям внешних физических полей

# Реография

- изменение во времени электрического сопротивления участка биологической ткани, расположенного между измерительными электродами.
- Для регистрации реографического сигнала через участок исследуемых биологических тканей пропускается переменный электрический ток с частотой порядка сотен кГц и амплитудой не превышающей 1 мА.
- Амплитуда сигнала измеряется как падение напряжения на участке биологических тканей, расположенных между измерительными электродами и составляет не менее 1 мВ.  
Частотный диапазон биосигнала составляет 0,3...70 Гц.
- определения параметров центрального кровотока (по Тищенко), (величины сердечного выброса с помощью дифференциальной реограммы, параметров периферического кровотока, **формы пульсовой волны**).

# Фотоплетизмография

- изменение во времени объема кровеносного сосуда под действием пульсовых волн.
- Для регистрации сигнала через исследуемый участок биологических тканей пропускается поток излучения оптического или инфракрасного диапазона. Величина сигнала измеряется как ослабление излучения, проходящего через исследуемый участок биологической ткани, содержащей кровеносный сосуд (или отраженного от участка, исследуемой биологической ткани).
- Амплитуда сигнала при использовании широкополосного
- фотоприемника не менее 0,1 мВ.
- Частотный диапазон составляет 0,3...70 Гц.

# Плетизмография

- Изменение во времени давления в компрессионной манжетке, охватывающей исследуемый кровеносный сосуд (плечевой манжеткой).
- Для регистрации плетизмографического сигнала в компрессионной манжетке создается окклюзионное давление воздуха. Величина сигнала измеряется с помощью датчика давления воздуха, подключаемого к манжетке.
- Амплитуда изменения порядка 0,1 мВ.  
Частотный диапазон составляет 0,3...70 Гц.

