

СПбГПМУ  
Кафедра пропедевтики внутренних болезней

**ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ СИНДРОМЫ В  
КЛИНИКЕ ВНУТРЕННИХ БОЛЕЗНЕЙ.  
Часть I. ОСНОВЫ ЭКГ-ДИАГНОСТИКИ. ПРИЗНАКИ  
ГИПЕРТРОФИИ КАМЕР СЕРДЦА**

(учебно-методическое пособие для студентов педиатрического, лечебного и  
медико-профилактического факультетов)

Санкт-Петербург – 2024

**Авторы:** профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней д.м.н. Тимофеев Евгений Владимирович, ассистент Булавко Яна Эдуардовна, доценты к.м.н. Реева Светлана Вениаминовна, д.м.н. Суханов Дмитрий Сергеевич, к.м.н. Парфенова Нина Николаевна.

**Рецензенты:**

Профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней СПбГПМУ д.м.н. Малев Эдуард Геннадиевич,

Профессор кафедры гериатрии, медико-социальной экспертизы с курсом общей врачебной практики ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России д.м.н. профессор Позднякова Оксана Юрьевна

Учебно-методическое пособие содержит необходимую информацию по методике регистрации ЭКГ и оценке записи, начиная с определения качества и пригодности для формирования заключения, а также определение водителя ритма сердца, положения электрической оси сердца, нормативы измерений зубцов и интервалов. Включена также информация о признаках гипертрофии камер сердца, из которых выбраны наиболее простые и информативные.

## **ВВЕДЕНИЕ**

История появления электрокардиографии уходит далеко в прошлое. Еще в 1856 г немецкие ученые И. Мюллер и Р. Келликер обнаружили электрические явления, возникающие во время сокращения сердца. Первые исследования проводились на животных, на открытом сердце. В 1887 г Август Уоллер сконструировал аппарат, состоящий из капиллярного электрометра, прикрепленного к проектору. Во время сердцебиения след проецировался на фотопластинку, которая была прикреплена к игрушечному поезду. В этот год впервые была зарегистрирована электрокардиограмма (ЭКГ) человека. Таким образом появилась возможность регистрировать сердцебиение в режиме реального времени. Однако прототип современного кардиографа был изобретен в 1901 г голландским ученым Виллемом Эйнтховеном. Им же были предложены стандартные двухполюсные отведения. Нельзя переоценить вклад этого ученого в развитие электрокардиографии, что было отмечено медицинским сообществом, и в 1924 г В. Эйнтховену была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине за «открытие механизма электрокардиограммы». На этом совершенствование метода не закончилось. Десятью годами позднее Вильсон разработал отведения, регистрирующие разность потенциалов с поверхности грудной клетки. А в 1942 г Гольдбергом предложены усиленные однополюсные отведения от конечностей. Подробнее об отведениях рассказано далее.

В современном мире сложно представить диагностику заболеваний сердца без электрокардиографии. С помощью этого метода можно не только оценить нормальную работу сердца, но и быстро и достоверно определить нарушения ритма и проводимости (аритмии), ишемические изменения, и др.

## **МЕТОДИКА РЕГИСТРАЦИИ И ЭКГ-ОТВЕДЕНИЯ**

Электрокардиограмма представляет собой графическое отображение электрических потенциалов, возникающих в миокарде. Запись ЭКГ производится с помощью специальных приборов – электрокардиографов, которые регистрируют разность потенциалов между двумя точками в электрическом поле сердца во время его возбуждения. Прибор состоит из блока, включающего фильтры сигнала, усилители, гальванометр и блок питания. Электроды, присоединенные к электрокардиографу проводами, улавливают электрические потенциалы с поверхности тела человека. Различают стационарные и портативные ЭКГ-аппараты. Последние оснащены встроенным аккумулятором и термопринтером, которые позволяют производить исследование в любом месте, что особенно важно для передвижных

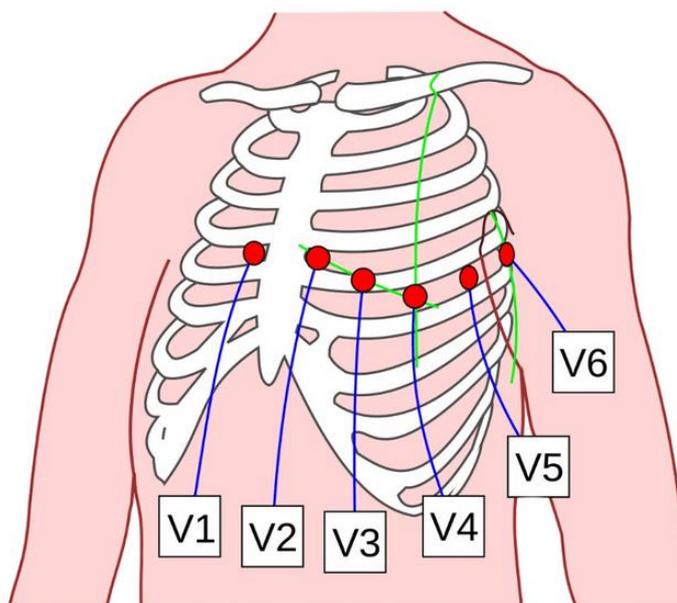
диагностических кабинетов и служб экстренной помощи. Постоянно меняющиеся величины и направления получаемого сигнала отображаются на бумаге, экране электрокардиографа или компьютера в виде кривой линии — графической электрокардиограммы.

В настоящее время стандартом является запись ЭКГ в 12-ти общепринятых отведениях: три стандартных двухполюсных и три усиленных однополюсных отведений от конечностей и шесть грудных отведений. Каждое отведение регистрирует разность потенциалов между двумя точками, в которых установлены электроды.

Для регистрации ЭКГ в 12-ти общепринятых отведениях используется 10 электродов. 4 электрода устанавливаются на конечности: красный – правая рука, жёлтый – левая рука, зелёный – левая нога, чёрный (заземление) – правая нога. 6 грудных электродов фиксируются на грудной клетке пациента.

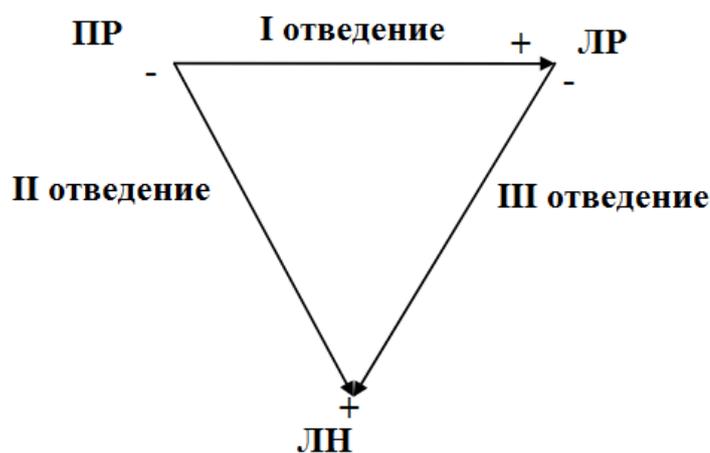
#### Маркировка и расположение электродов на грудной клетке

Отведение	Цветовая маркировка электрода	Расположение на грудной клетке
V1	Красный	IV межреберье у правого края грудины
V2	Желтый	IV межреберье у левого края грудины
V3	Зеленый	посередине между V2 и V4
V4	Коричневый	V межреберье по срединно-ключичной линии
V5	Черный	V межреберье по передней подмышечной линии
V6	Фиолетовый	V межреберье по средней подмышечной линии



Расположение грудных электродов на поверхности грудной клетки

Стандартные отведения (обозначаются римскими цифрами I, II, III) были предложены В. Эйнтховеном в 1913 г. Усиленные отведения от конечностей, предложенные Голдбергом – однополюсные, их запись проводится с использованием тех же электродов, что и для стандартных отведений, но по другой электрической схеме записи. Они обозначаются с помощью аббревиатуры с английского языка, где *a* – augmented (усиленный), *V* – voltage (потенциал), *R* – right (правый), *L* – left (левый), *F* – foot (нога). **aVR** — усиленное однополюсное отведение от правой руки, **aVL** — усиленное однополюсное отведение от левой руки, **aVF** — усиленное однополюсное отведение от левой ноги. Стандартные и усиленные отведения регистрируют электрическую активность сердца во фронтальной плоскости. Регистрация электрической активности сердца в горизонтальной плоскости была предложена Вилсоном в 1934 г. с помощью грудных электродов.



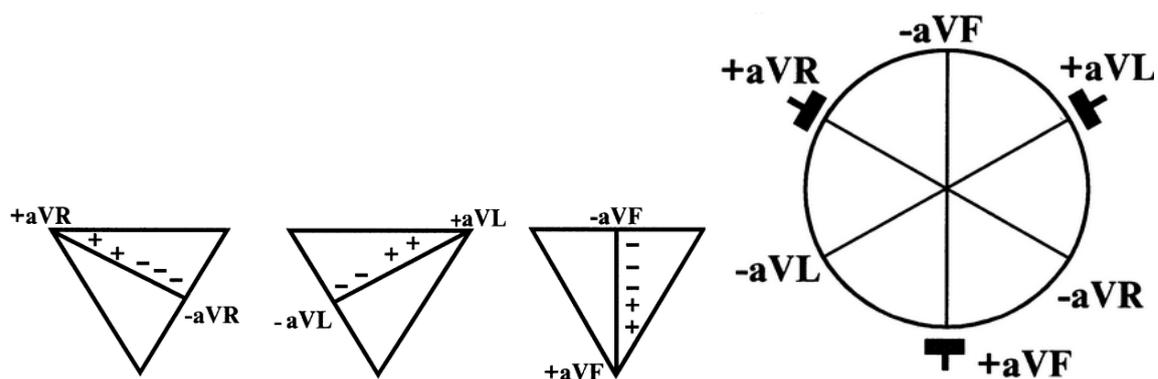
Стандартные отведения формируют треугольник Эйнтховена

Методика регистрации усиленных отведений:

**aVR** – правая рука получает положительный полюс, отрицательный полюс формирует объединенный электрод от левой руки и левой ноги;

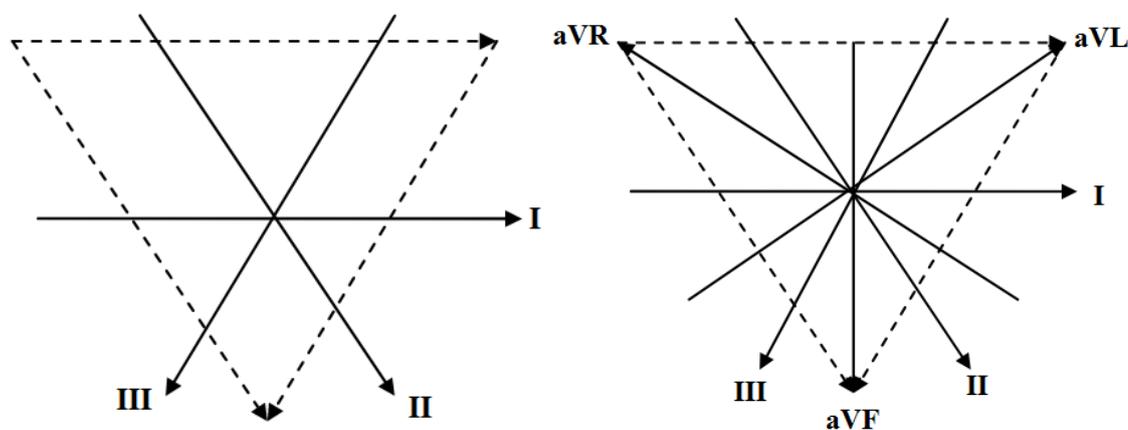
**aVL** – левая рука получает положительный полюс, отрицательный формирует объединенный электрод от правой руки и левой ноги;

**aVF** – левая нога получает положительный полюс, отрицательный формирует объединенный электрод от верхних конечностей.



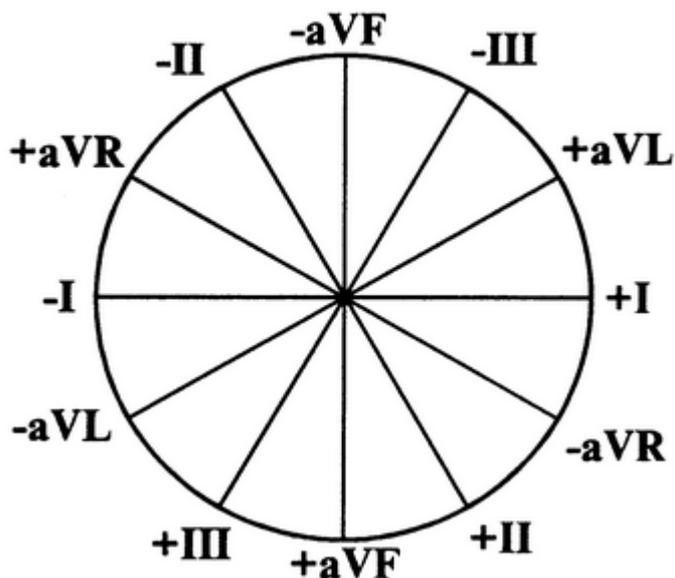
Формирование усиленных отведений

Далее оси стандартных отведений I, II, III совмещают с усиленными отведениями aVR, aVL, aVF – формируется система координат во фронтальной плоскости.



Формирование шестиосевой системы координат – совмещение стандартных и усиленных отведений, проходящих через центральную точку

С помощью окружности и осей 6 отведений от конечностей формируется итоговая шестиосевая система Бейли. Расставляются значения углов – за ноль принимается I стандартное отведение с + на левом его полюсе; отведение aVR перпендикулярно I, ему присваивают значение  $90^\circ$ , с положительным полюсом в сторону направления этого отведения – то есть вниз. Шестиосевая система Бейли используется для определения электрической оси сердца (*методика описана далее*)



Шестиосевая система Бейли с указанием полярности отведений

### АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ЭКГ

1. Оценка качества и технических параметров записи – наличие записи всех 12 общепринятых отведений, оценка артефактов записи, сопоставление контрольного милливольта (стандартный милливольт = 10 мм) с амплитудой ЭКГ-кривой, скорости регистрации ЭКГ (50 мм/с или 25 мм/с),
2. Оценка ритма сердца – определение источника ритма, регулярности сердечных сокращений, подсчет ЧСС.
3. Определение положения электрической оси сердца (ЭОС).
4. Измерение зубцов и интервалов.
5. Электрокардиографическое заключение.

#### 1. Оценка качества и технических параметров записи

При расшифровке ЭКГ прежде всего необходимо оценить качество пленки. Часто на ЭКГ определяются помехи – наводка, причинами которой может быть: повышенный мышечный тонус, форсированное дыхание больного, кашель, икота, чиханье, случайный толчок аппарата или кушетки, нарушение режима питания аппарата. Низкий вольтаж зубцов иногда вызывается плохим контактом электродов с кожей. Выделяют три типа наводки:

1. наводные токи: сетевая наводка в виде правильных колебаний с частотой 50 Гц, соответствующие частоте переменного электрического тока в розетке;
2. «плавание» (дрейф) изолинии по причине плохого контакта электрода с кожей;
3. наводка, обусловленная мышечной дрожью (видны неправильные частые колебания).

При наличии значимых артефактов записи, затрудняющих дальнейшую детальную оценку ЭКГ, отсутствии каких-либо отведений (например, грудных при гипсовой иммобилизации при переломе верхней конечности) говорят об низком качестве записи, отмечая это в самом начале заключения, при этом удовлетворительное качество записи в заключении не отражается.



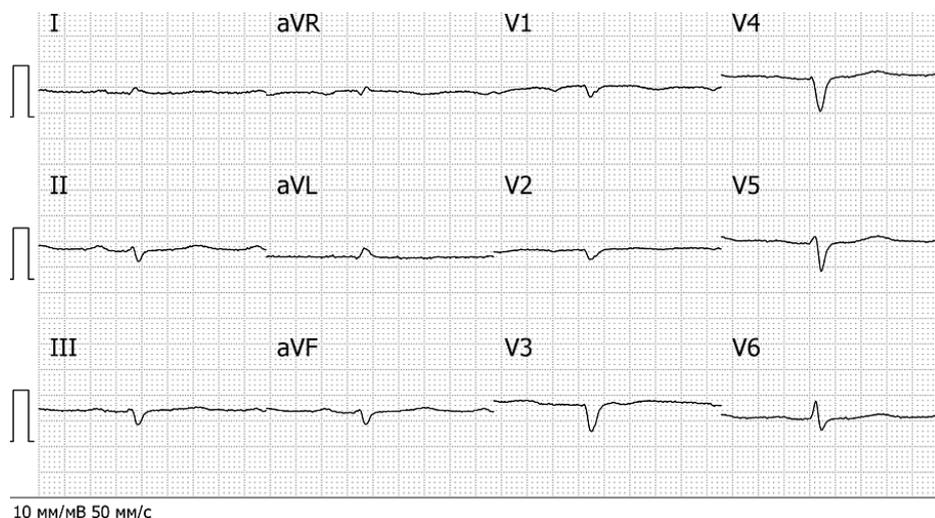
Пример ЭКГ низкого качества: видны артефакты записи – мышечная дрожь, мешающая достоверной верификации сердечного ритма

При записи ЭКГ стандартное напряжение на входе составляет 1 милливольт (1 мВ), что соответствует отклонению в 10 мм. Таким образом по вертикали откладывается вольтаж импульса (1 маленькая клетка равна 0,1 милливольт, 1 большая – 0,5 милливольт).

В заключении отмечается низкий или высокий вольтаж ЭКГ.

Высокий вольтаж отмечается при выраженной гипертрофии миокарда желудочков, у худых молодых людей.

Низкий вольтаж ЭКГ в отведениях от конечностей определяется при выраженных периферических отеках, выраженном кардиосклерозе (в том числе постинфарктном), в грудных отведениях – при скоплении жидкости в полости перикарда. Критериями низковольтажной ЭКГ являются снижение амплитуды зубцов в отведениях от конечностей менее 5 мм, в грудных отведениях – менее 10 мм.



Низкий вольтаж  
12-ти отведений  
ЭКГ

Традиционно ЭКГ снимают со скоростью 25 и 50 мм/с. При скорости ЭКГ **25 мм/с** длительность 1 большой клетки = 0,2 с, длительность 1 маленькой клетки = 0,04 с. При скорости записи ЭКГ **50 мм/с** длительность 1 большой клетки = 0,1 с, длительность 1 маленькой клетки = 0,02 с.

Регистрация ЭКГ со скоростью 50 мм/с дает возможность более детально оценить морфологию предсердно-желудочкового комплекса, в том время при скорости 25 мм/с регистрируется большее количество сердечных циклов за одну ту же единицу времени, что позволяет судить о наличии возможных аритмий.



Нормальный ритм из синоатриального узла (синусовый ритм), запись на скорости 25 мм/с



Та же запись ЭКГ, синусовый ритм, скорость 50 мм/с

## 2. Оценка ритма сердца

Регулярность сокращений сердца оценивают по продолжительности интервалов RR между последовательно зарегистрированными комплексами. Ритм считают правильным (регулярным), если продолжительность интервалов RR одинакова или разница не превышает 10 % от средней продолжительности интервала. В остальных случаях сердечный ритм называют нерегулярным (неправильным).

Подсчет ЧСС в минуту производится по формуле:  $ЧСС = 60 : RR (с)$ .

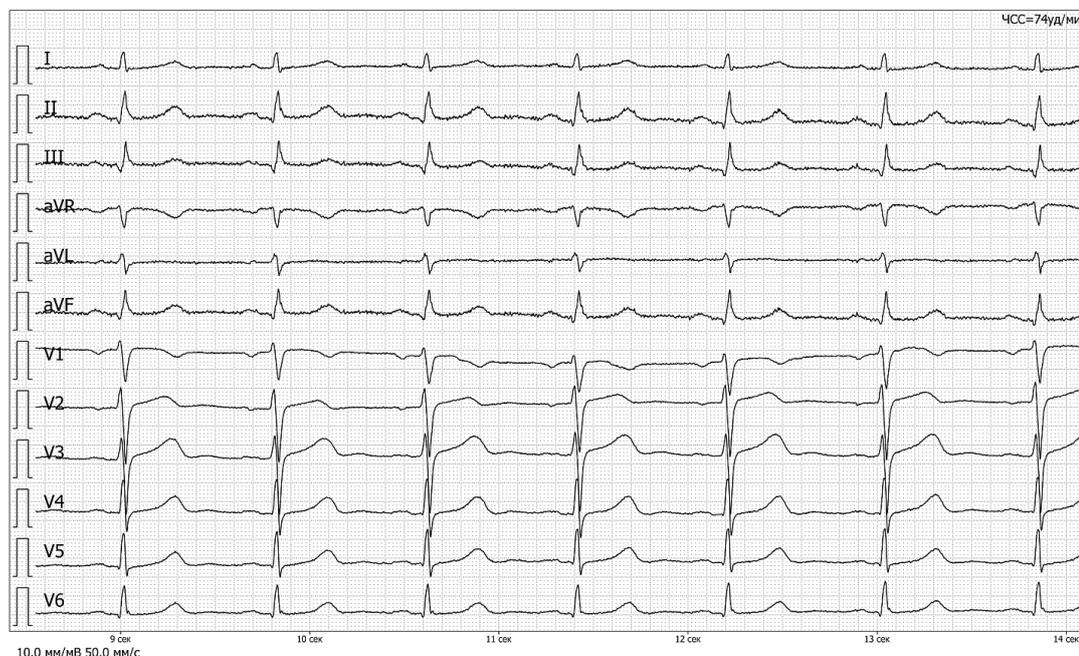
При неправильном ритме измеряют наибольший и наименьший зарегистрированный интервал RR с последующим подсчетом ЧСС в минуту для каждого из интервалов (разброс ЧСС). Либо используют усредненный интервал RR (среднее из продолжительности 3-5 последовательных RR-интервалов).

### ЭКГ признаки синусового ритма

Синусовым ритмом называют ритм сердца, исходящий из синусового (синоatriального) узла. У здоровых взрослых людей частота синусового ритма в покое составляет от 60 до 90 (100) в мин.

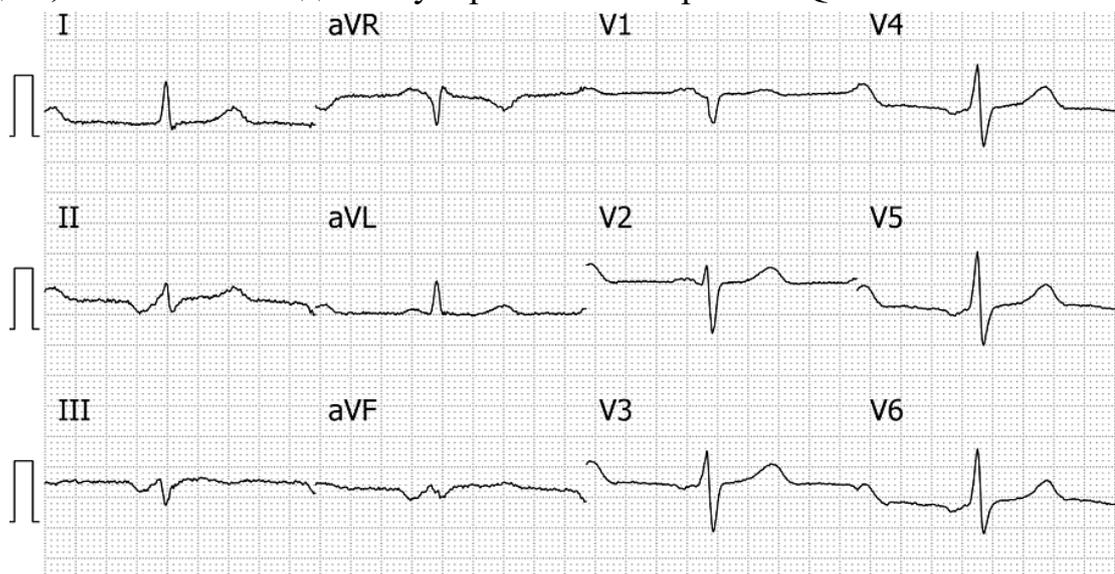
Признаками синусового ритма на ЭКГ являются:

- 1) наличие зубца P перед каждым комплексом QRS;
- 2) зубец P всегда положительный в отведении II и отрицательный в aVR;
- 3) постоянная продолжительность интервала PQ.



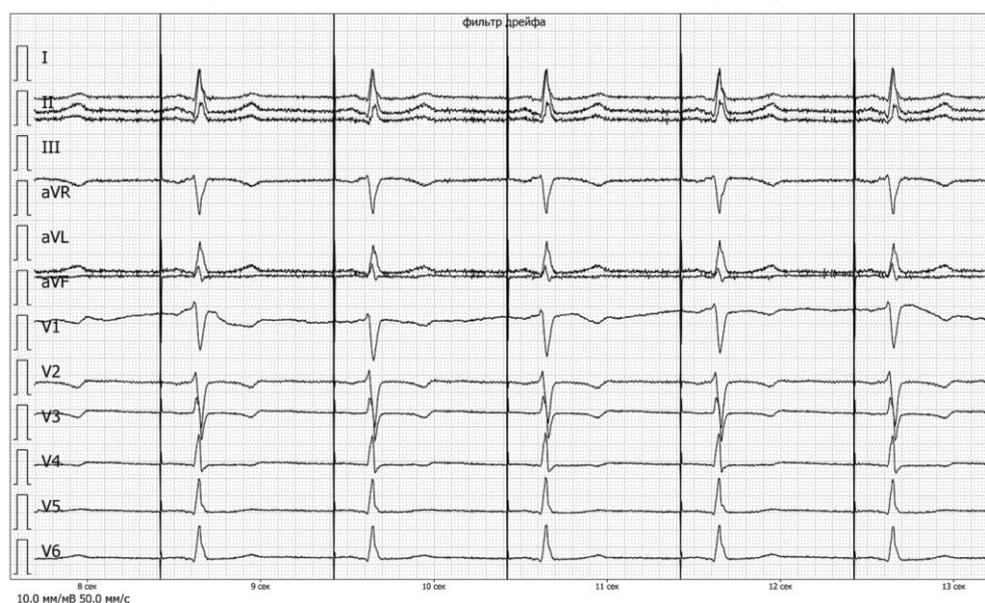
Синусовый ритм. Видны зубцы P перед каждым комплексом QRS, на равном от него расстоянии, они одинаковы в пределах одного отведения, положительны в II, отрицательны в aVR

При визуализации зубцов Р, не удовлетворяющих указанным требованиям, говорят о предсердном ритме. При этом кроме изменения формы и полярности зубца Р, обычно наблюдается укорочение интервала PQ.



Нижнепредсердный ритм (отрицательные зубцы Р в II и III отведениях, положительные Р в aVR, укороченный интервал PQ (источник ритма ближе к АВ-узлу))

В некоторых случаях при отсутствии собственной электрической активности синоатриального и атриовентрикулярного узлов (блокады) пациенту имплантируют постоянный электрокардиостимулятор (ПЭКС). Ритм кардиостимулятора характеризуется появлением перед зубцами Р и/или комплексами QRS вертикального узкого сигнала – артефакт стимуляции).



Ритм кардиостимулятора – стимуляция предсердий (виден артефакт стимуляции, после которого появляется зубец р, желудочки возбуждаются обычным путем – комплекс QRS не изменен)



Ритм кардиостимулятора – стимуляция желудочков (после артефакта стимуляции появляются деформированные комплексы QRS, видны мелкоамплитудные волны f – фибрилляция предсердий)

### 3. Определение положения электрической оси сердца (ЭОС)

Электрическая ось сердца (ЭОС) представляет собой проекцию среднего результирующего вектора QRS на фронтальную плоскость. Существует несколько способов определения ЭОС. Направление ЭОС выражается в градусах угла  $\alpha$ .

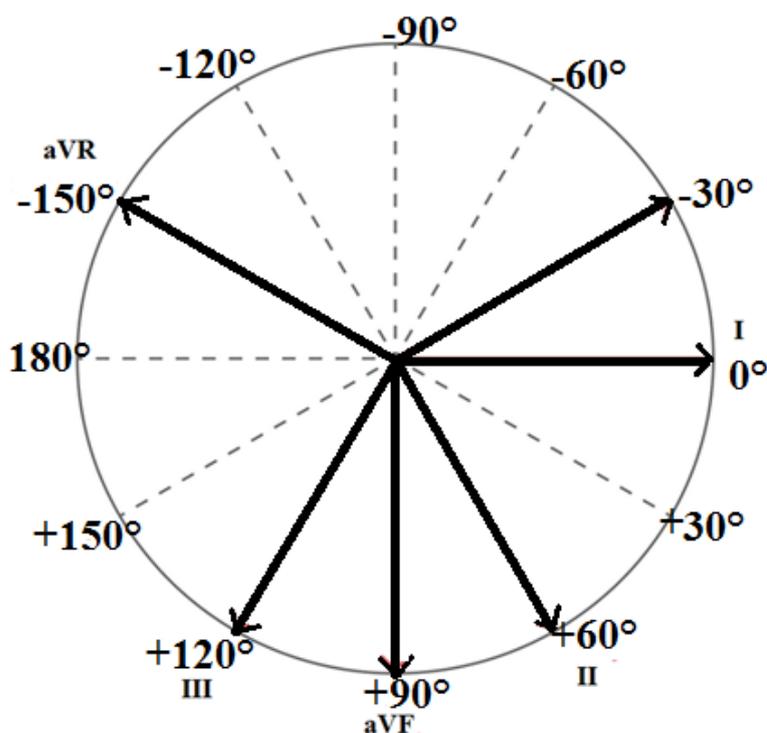
**Графический.** Один из вариантов – с помощью шестиосевой системы Bayley. Угол  $\alpha$  образуют ЭОС и горизонтальная линия, проведённая через условный электрический центр сердца (ось I отведения принята за 0). Находят алгебраическую сумму амплитуд Q, R, S зубцов в I отведении и наносят на ось I отведения треугольника Эйнтховена. Далее находят алгебраическую сумму амплитуд R, Q, S зубцов aVF отведения и наносят на ось aVF отведения. Из полученных точек проводят перпендикулярные к осям отведений линии. Линия, проведённая из центра треугольника к точке пересечения перпендикуляров, представляет ЭОС. Для определения ЭОС графическим методом можно использовать два любых отведения от конечностей.

**Визуальный.** Оценивают амплитуду зубцов комплекса QRS во всех 6 отведениях от конечностей.

1. Выбирают отведение, где зубец R наибольший – ЭОС наиболее близка направлению этого отведения.

2. Далее определяют отведение, где регистрируется эквивалентный ( $R=S$ ), нулевой или низкоамплитудный (амплитуда QRS 1-2 мм) комплекс. ЭОС перпендикулярна направлению этого отведения.

Нормальное положение ЭОС определяется при  $R \max$  во II отведении, эквивалентный комплекс в aVL (+60).



Шестиосевая система координат Бейли для определения направления ЭОС визуальным способом

### Варианты положения ЭОС

Различают три варианта конституционально обусловленного положения ЭОС:

- нормальное (нормограмма) – угол  $\alpha$  от  $+30^\circ$  до  $+70^\circ$ ;
- горизонтальное – угол  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $+30^\circ$ ;
- вертикальное – угол  $\alpha$  от  $+70^\circ$  до  $+90^\circ$ .

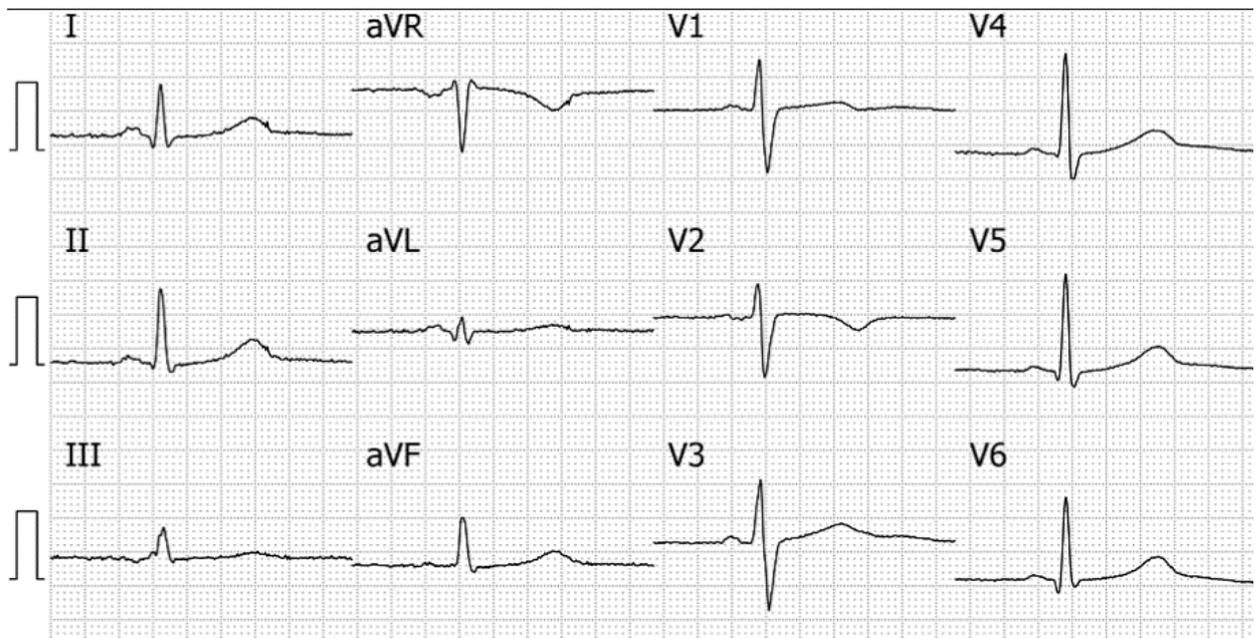
Патологические варианты положения ЭОС:

- отклонение влево – угол  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $-90^\circ$ ;
- отклонение вправо – угол  $\alpha$  от  $+90^\circ$  до  $\pm 180^\circ$

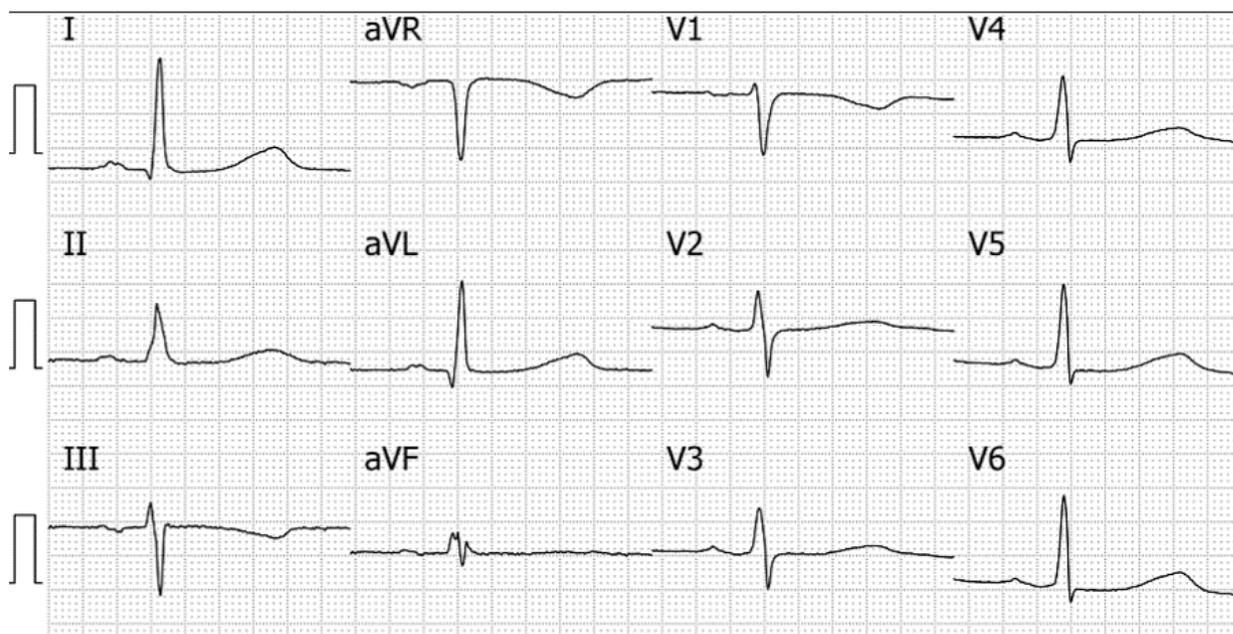
Неопределенная электрическая позиция – угол  $\alpha$  от  $-90^\circ$  до  $\pm 180^\circ$ .



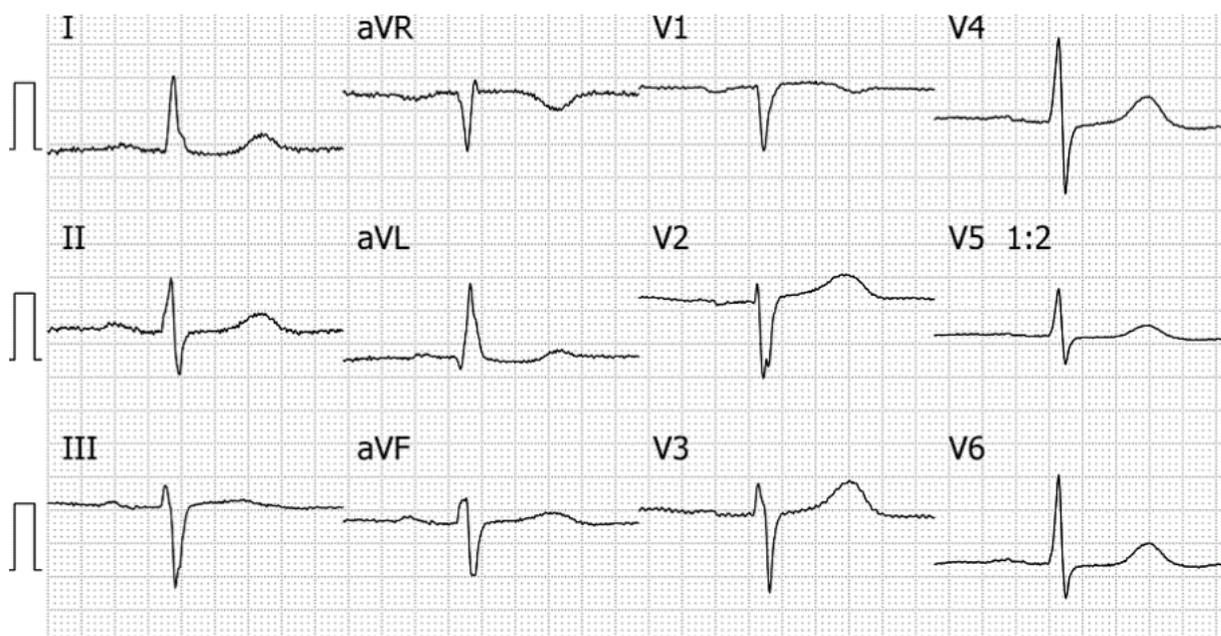
Варианты положения ЭОС в норме и патологии



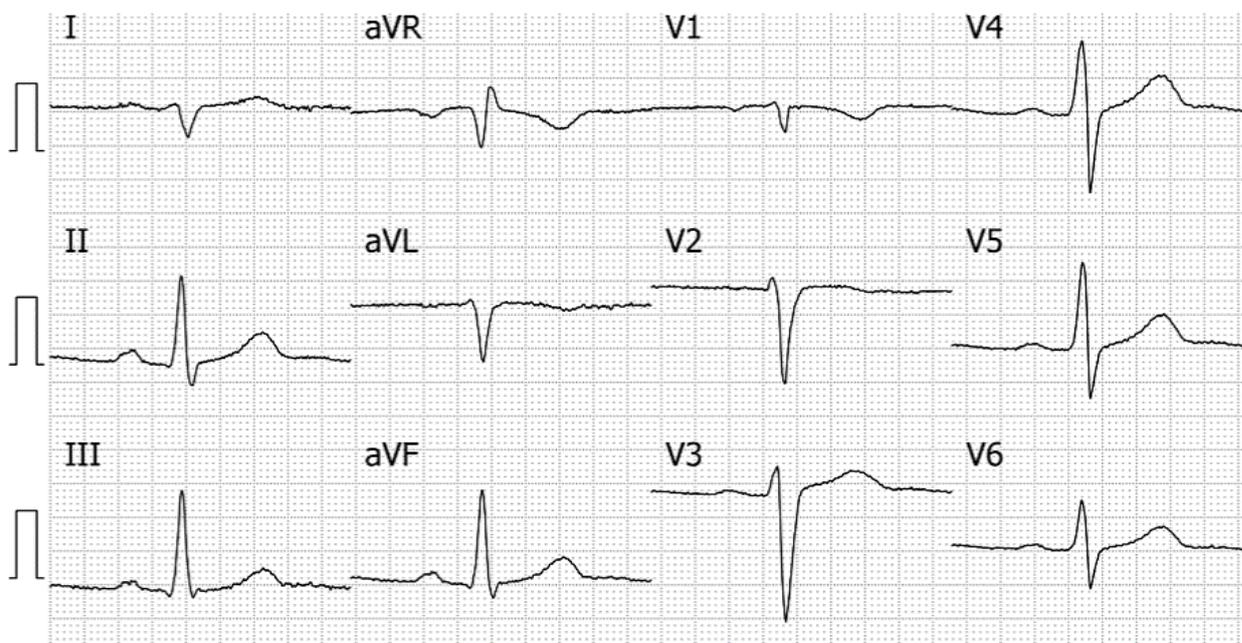
Нормальное положение ЭОС (угол  $\alpha + 60^\circ$ : R max во II отведении, aVL низкомплитудно)



Горизонтальное положение ЭОС (угол  $\alpha$   $0^\circ$ : R max в I отведении, aVF отведение низкоамплитудно)



Отклонение ЭОС влево (угол  $\alpha$   $-30^\circ$ : R max во aVL отведении, II отведение имеет эквифазный вид R=S)



Отклонение ЭОС вправо (угол  $\alpha +105^\circ$ : одинаковая амплитуда R в отведениях III и aVF, ЭОС расположена между осями этих отведений).

#### 4. Измерение зубцов и интервалов

**Зубец P** отражает процесс деполяризации правого и левого предсердий. В норме по высоте не превышает 2,5 мм, продолжительность от 0,07 до 0,1 с. При синусовом ритме обязательно положительный в II отведении и отрицательный в aVR. Увеличение амплитуды P характерно для увеличения правого предсердия, расширение его – для левого.

**Интервал PQ** отражает время от начала возбуждения предсердий до начала возбуждения желудочков, включает зубец P и участок изолинии (атриовентрикулярная задержка). Продолжительность 0,12 – 0,2 с (при брадикардии допускается до 0,21 с). У детей нормативы смещены в меньшую сторону (у новорожденных в диапазоне 0,07-0,14 с). Удлинение интервала PQ – признак АВ-блокады, укорочение встречается при синдромах предвозбуждения желудочков (например, феномен и синдром WPW – Вольфа-Паркинсона-Уайта).

**Комплекс QRS** отражает деполяризацию желудочков, продолжительность в норме составляет 0,06-0,1 с. Расширение QRS – признак внутрижелудочковой блокады (блокады правой или левой ножки пуска Гиса). Состоит из трех зубцов:

Зубец Q – первый отрицательный зубец комплекса QRS, отражает возбуждение межжелудочковой перегородки. В норме продолжительность не превышает 0,03 с, амплитуда не более  $\frac{1}{4}$  амплитуды зубца R в этом же отведении (кроме отведения aVR, где в норме всегда широкий и глубокий). В

норме отсутствует в правых грудных отведениях V1-V2. Появление глубокого широкого зубца Q характерно для инфаркта миокарда.

Зубец R – положительный зубец комплекса, отражает деполяризация миокарда обоих желудочков (передней, боковых стенок, верхушки). Обычно высокий в стандартных отведениях (при нормальном положении ЭОС максимален в II отведении) и грудных отведениях с V3 по V6 (максимален в V4).

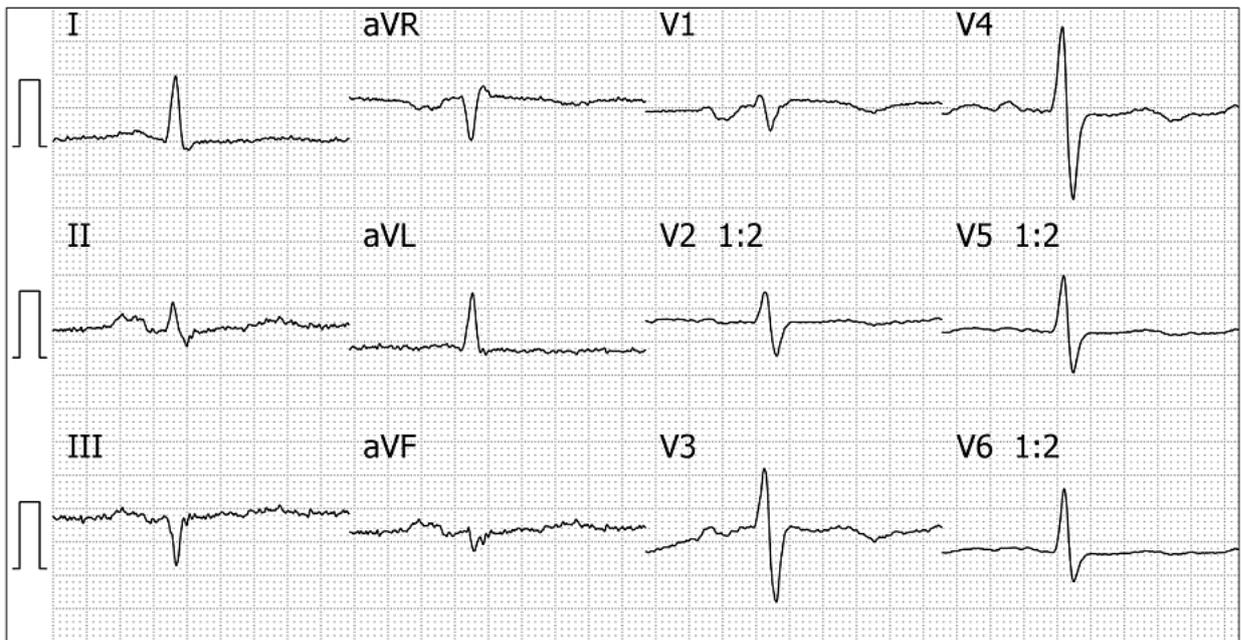
Зубец S – деполяризация задне-базальных отделов миокарда желудочков. Зубец S максимальный в грудных отведениях V1-V2, постепенно уменьшается к V4 и имеет малую амплитуду, либо полностью отсутствует в V5-V6.

Отмечается нарастание зубца R с V1 до V4, с максимумом в V4, с дальнейшим уменьшением в V5-V6. В грудных отведениях выделяют переходную зону (в норме V3), где зубцы R и S равны по амплитуде.

Сегмент ST – участок между окончание комплекса QRS и началом зубца T, в норме располагается на изолии. Отклонение ST выше (элевация) или ниже (депрессия) изолии являются признаками ишемии миокарда желудочков.

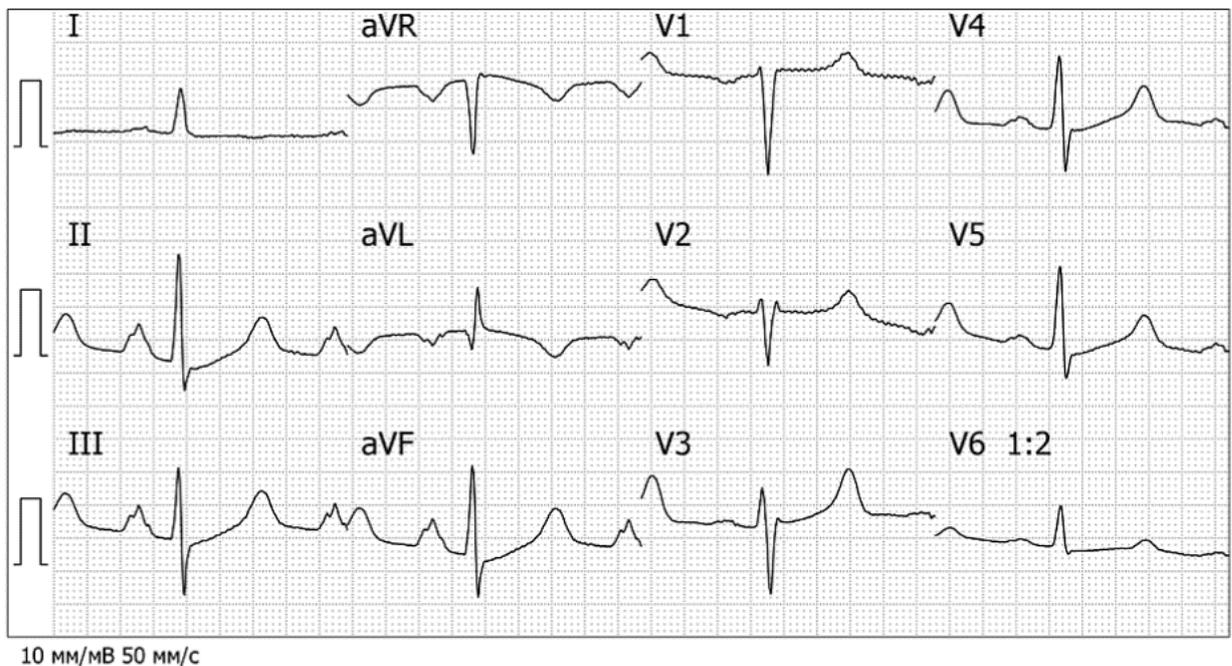
**Интервал QT** от начала комплекса QRS до конца зубца T – электрическая систола желудочков. Продолжительность зависит от ЧСС: чем больше ЧСС, тем короче QT. Удлинение и укорочение интервала QT ассоциировано с высоким риском жизнеугрожающих аритмий.





P-mitrale

**Гипертрофия правого предсердия** характеризуется появлением узкого высокоамплитудного заостренного зубца P, продолжительность не превышает 0,1 с в отведениях II, III, aVF, V1-V2. Увеличение правого предсердия характерно для хронического легочного сердца при заболеваниях дыхательной системы, поэтому закрепилось историческое название P-pulmonale.



P-pulmonale (пример 1)



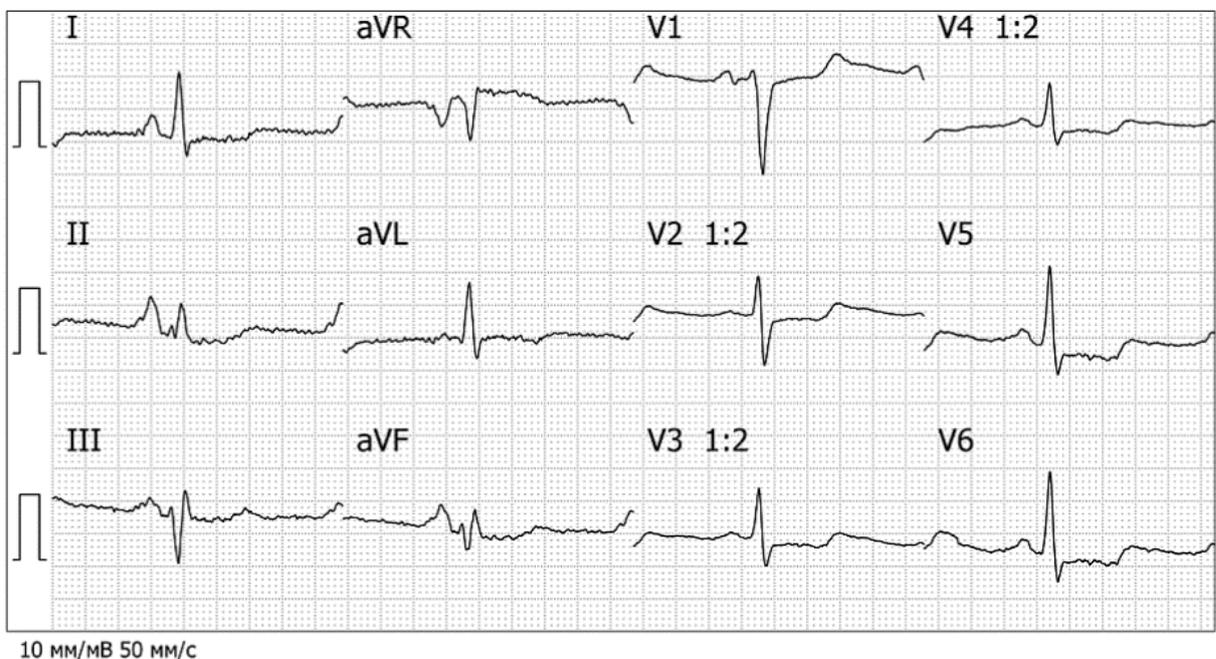
P-pulmonale (пример 2)

### Гипертрофия желудочков

**Гипертрофия левого желудочка (ГЛЖ)** является результатом длительной перегрузки ЛЖ, например, на фоне гипертонической болезни, митральной недостаточности, аортальных пороков сердца и др.

Основными ЭКГ-признаками являются:

- отклонение ЭОС влево
- увеличение амплитуды зубца R в левых грудных отведениях (V5, V6), так что  $R_{V4} < R_{V5} < R_{V6}$
- косонисходящая депрессия с выпуклостью, обращенной кверху, в левых отведениях (I, aVL, V5-V6)
- отрицательный или двухфазный зубец T в левых отведениях.



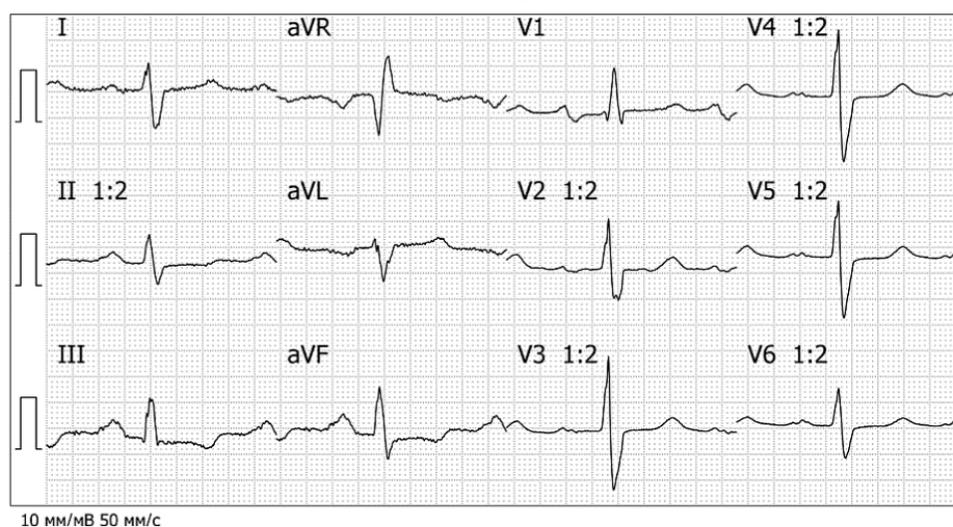
Гипертрофия левого желудочка и признаки увеличения правого предсердия

**Гипертрофия правого желудочка (ГПЖ)** наблюдается при хроническом легочном сердце, митральном стенозе, трикуспидальной недостаточности. Так как масса миокарда правого желудочка в несколько раз меньше массы миокарда

левого, классические ЭКГ-признаки появляются только при значительной гипертрофии, обычно возникающие лишь при пороках сердца с перегрузкой правых камер.

ЭКГ-признаки ГПЖ:

- Отклонение вправо электрической оси сердца
- Увеличение амплитуды зубца R в правых грудных отведениях (V1, V2), так что  $R_{V1} \geq 7$  мм
- Депрессия сегмента ST в правых грудных отведениях



Гипертрофия правого желудочка

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гришкин Ю.Н., Журавлева Н.Б. Основы клинической электрокардиографии. – Издательство "ФОЛИАНТ", 2008. – 160 с.
2. Кардиология по Херсту. В 3 т. Т.1/ под ред. Валентина Фустера, Роберта А. Харрингтона, Джагата Нарулы, Зубина Дж. Ипена. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2023
3. Мурашко В.В. Электрокардиография: учебное пособие. – 14-е изд., перераб. - М. : МЕДпреоинформ, 2017. – 360 с.
4. Орлов В.Н. Руководство по электрокардиографии – 9-е изд., испр.–М. : ООО «Медицинское информационное агентство», 2017. – 560 с.
5. Факультетская терапия (избранные разделы). Учебник для медицинских вузов. Том III. Болезни органов дыхания. Болезни органов пищеварения. Болезни органов кроветворения. Болезни сердца и сосудов. 2024. Изд-во: СпецЛит. 431 с

## ОГЛАВЛЕНИЕ

МЕТОДИКА РЕГИСТРАЦИИ И ЭКГ-ОТВЕДЕНИЯ .....	3
АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ЭКГ .....	7
1. Оценка качества и технических параметров записи .....	7
2. Оценка ритма сердца .....	10
ЭКГ признаки синусового ритма.....	10
3. Определение положения электрической оси сердца (ЭОС).....	12
4. Измерение зубцов и интервалов.....	16
ЭКГ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ (ГИПЕРТРОФИИ) КАМЕР СЕРДЦА .....	18