

POCKET TUTOR

# ECG

# INTERPRETATION

FIRST EDITION

**Simon James** MBBS MRCP  
Consultant Electrophysiologist  
James Cook University Hospital  
Middlesbrough, UK

**Katharine Nelson** MBBS MRCP  
Specialty Trainee in Cardiology  
James Cook University Hospital  
Middlesbrough, UK



Саймон Джеймс, Катарина Нельсон

# КАРМАННЫЙ СПРАВОЧНИК ПО ЭКГ

Перевод с английского

под редакцией

М.В. Писарева



Москва  
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА  
«ГЭОТАР-Медиа»  
2020

# Оглавление

Список сокращений и условных обозначений .....	7
Предисловие .....	8
Введение .....	9
<b>Глава 1. Основные понятия .....</b>	<b>11</b>
1.1. Анатомия .....	11
1.2. Физиология .....	17
1.3. Физиологические процессы внутри клетки .....	20
1.4. Регистрация электрофизиологических процессов в миокарде .....	21
<b>Глава 2. Анализ нормальной электрокардиограммы .....</b>	<b>24</b>
2.1. Введение .....	24
2.2. Отведения от конечностей .....	26
2.3. Грудные отведения .....	28
2.4. Ориентация отведений электрокардиограммы .....	29
2.5. Термины в электрокардиографии .....	31
<b>Глава 3. Интерпретация данных ЭКГ: метод шести шагов .....</b>	<b>37</b>
3.1. Шаг 1: регистрируется ли электрическая активность миокарда? .....	38
3.2. Шаг 2: с какой частотой возбуждаются желудочки? .....	38
3.3. Шаг 3: регулярный ли ритм? .....	40
3.4. Шаг 4: комплекс QRS узкий (нормальный) или широкий? .....	41
3.5. Шаг 5: регистрируется ли электрическая активность предсердий? .....	43
3.6. Шаг 6: имеется ли связь электрической активности предсердий (зубец P) с электрической активностью желудочков (комплекс QRS)? .....	44
3.7. Словарь электрокардиографических терминов .....	46
<b>Глава 4. Брадиаритмии, часть I: нарушение функции синоатриального узла .....</b>	<b>50</b>
4.1. Синусовая брадикардия .....	50
4.2. Паузы синусового ритма с выскальзывающими узловыми импульсами .....	52
<b>Глава 5. Брадиаритмии, часть II: нарушения проводимости .....</b>	<b>55</b>
5.1. Атриовентрикулярная блокада I степени .....	55
5.2. Атриовентрикулярная блокада II степени с периодической Самойлова–Венкебаха, или тип Мобитц 1 .....	57
5.3. Атриовентрикулярная блокада II степени, тип Мобитц 2 .....	60
5.4. Атриовентрикулярная блокада II степени с проведением 2:1 .....	62
5.5. Атриовентрикулярная блокада III степени (полная) с узкими комплексами QRS .....	64
5.6. Атриовентрикулярная блокада III степени (полная) с широкими комплексами QRS .....	66

## 6 Оглавление

5.7. Блокада правой ножки пучка Гиса .....	68
5.8. Блокада левой ножки пучка Гиса .....	70
<b>Глава 6. Экстрасистолия .....</b>	<b>73</b>
6.1. Предсердная экстрасистолия .....	73
6.2. Желудочковая экстрасистолия .....	75
6.3. Экстрасистолы из АВ-соединения и основного ствола пучка Гиса .....	77
<b>Глава 7. Предсердные нарушения ритма .....</b>	<b>80</b>
7.1. Предсердная тахикардия .....	80
7.2. Многофокусная предсердная тахикардия .....	83
7.3. Трепетание предсердий .....	85
7.4. Фибрилляция предсердий .....	87
7.5. Фибрилляция предсердий с блокадой левой ножки пучка Гиса ....	89
<b>Глава 8. Тахиритмии с узким комплексом QRS (наджелудочковые тахикардии) .....</b>	<b>91</b>
8.1. Атриовентрикулярная узловая re-entry тахикардия .....	91
8.2. Атриовентрикулярная реципрокная тахикардия .....	93
8.3. Синдром Вольфа–Паркинсона–Уайта с правым дополнительным проводящим путем .....	95
8.4. Синдром Вольфа–Паркинсона–Уайта с левым дополнительным проводящим путем .....	97
8.5. Синдром Вольфа–Паркинсона–Уайта с задним дополнительным проводящим путем .....	99
8.6. Синдром Вольфа–Паркинсона–Уайта в сочетании с фибрилляцией предсердий .....	101
<b>Глава 9. Тахиритмии с широкими комплексами QRS .....</b>	<b>104</b>
9.1. Мономорфная желудочковая тахикардия .....	105
9.2. Полиморфная желудочковая тахикардия .....	107
9.3. Двухнаправленная веретенообразная желудочковая тахикардия (torsade de pointes) .....	109
9.4. Фибрилляция желудочков .....	111
9.5. Наджелудочковая тахикардия с блокадой ножек пучка Гиса .....	113
<b>Глава 10. Ишемия и инфаркт миокарда .....</b>	<b>116</b>
10.1. Депрессия сегмента ST (ишемия миокарда) .....	118
10.2. Острая ишемия миокарда: инверсия зубцов T и синдром левой передней нисходящей коронарной артерии .....	120
10.3. Передний инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST .....	122
10.4. Нижний инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST .....	124
10.5. Задний инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST .....	127
10.6. Период рубцевания инфаркта миокарда .....	129
<b>Глава 11. Наследственные аритмии .....</b>	<b>131</b>
11.1. Гипертрофическая кардиомиопатия .....	131
11.2. Аритмогенная дисплазия правого желудочка .....	133
11.3. Синдром удлиненного интервала Q–T .....	135
11.4. Синдром Бругада .....	137

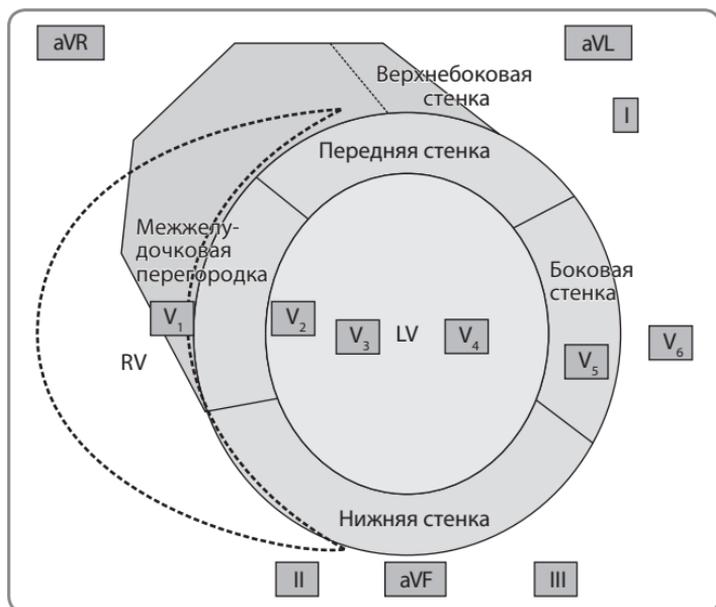
<b>Глава 12. Другие состояния</b> .....	140
12.1. Перикардит .....	140
12.2. Гипертрофия левого желудочка .....	142
12.3. Гипертрофия правого желудочка .....	144
12.4. Тромбоэмболия легочной артерии .....	146
12.5. Электрокардиостимулятор .....	148
12.6. Гиперкалиемия .....	150
12.7. Гипокалиемия .....	152
12.8. Гиперкальциемия .....	154
12.9. Гипокальциемия .....	156
 Предметный указатель .....	 158

## Список сокращений и условных обозначений

- ♦ — торговое название лекарственного средства
- ® — лекарственное средство, не зарегистрированное в РФ
- АТФ — аденозинтрифосфорная кислота
- АВ — атриовентрикулярный
- СА — синоатриальный
- ЧСС — частота сердечных сокращений
- ЭКГ — электрокардиограмма

## 2.1. Введение

При возбуждении кардиомиоцитов электродвижущие силы (потенциалы действия) распространяются в разных направлениях. Эти электродвижущие силы можно обнаружить на поверхности тела пациента с помощью электродов и зарегистрировать в виде электрокардиограммы.



**Рис. 2.1.** Расположение 12 отведений ЭКГ: V<sub>1</sub>–V<sub>6</sub> — грудные отведения; LV — левый желудочек; RV — правый желудочек, I–III — стандартные отведения от конечностей. Усиленные отведения от конечностей: aVF — усиленное отведение от левой ноги; aVL — усиленное отведение от левой руки. Обратите внимание: усиленное отведение от правой руки aVR на данной схеме представлено быть не может

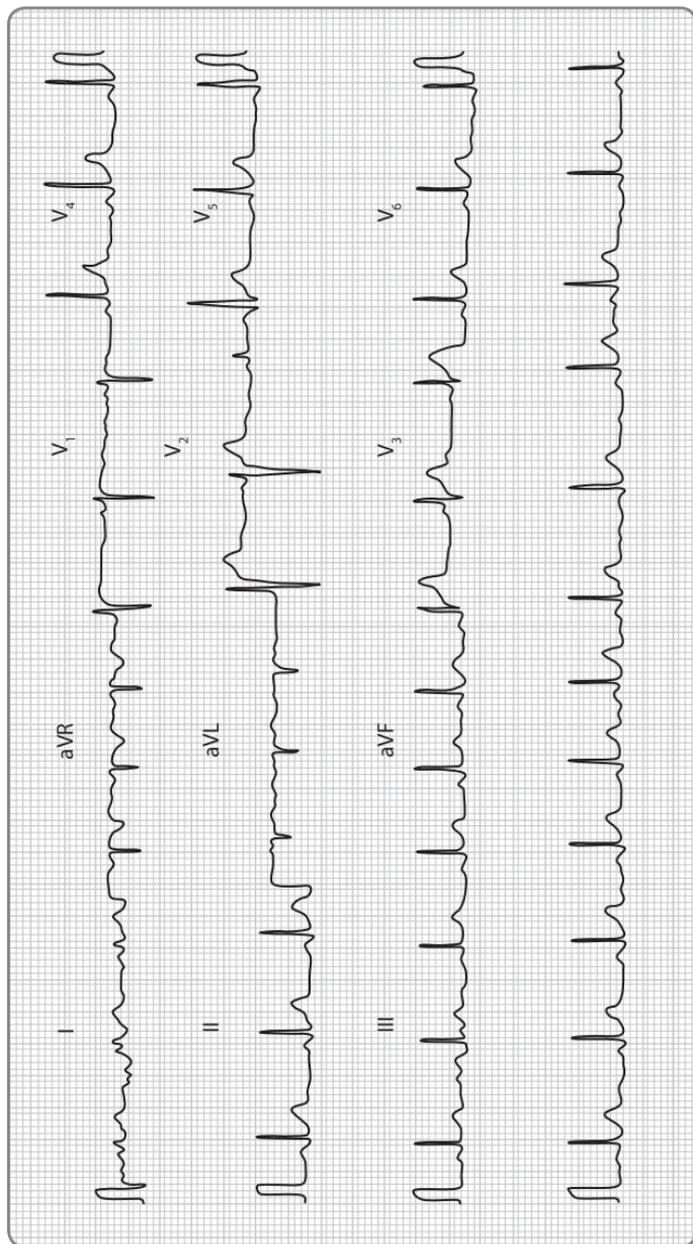


Рис. 2.2. 12 отведений нормальной ЭКГ

Электрокардиографическое отведение образовано парой электродов — отрицательно и положительно заряженных. Каждое отведение регистрирует электродвижущие силы определенного участка миокарда (рис. 2.1). Размещая электроды на различных участках тела, можно определить электрофизиологическую активность разных отделов сердца.

Следует помнить, что каждое отведение может зарегистрировать только суммарную электродвижущую силу, направленную к электроду в определенный момент времени. Следовательно, если все электродвижущие силы направлены к электроду, на ЭКГ регистрируется высокоамплитудный положительный зубец. Если основные электродвижущие силы направлены к электроду, но небольшая их часть отклоняется, то амплитуда положительного зубца на ЭКГ уменьшается. При меньшей величине электрического сигнала (к примеру, при тонкой стенке миокарда или направлении основных электродвижущих сил под углом к электроду) амплитуда положительного зубца на ЭКГ будет еще меньше.

На показатели ЭКГ оказывают влияние не только состояние и размеры сердечной мышцы, но и расположение электродов. Имеются международно утвержденные стандарты расположения электродов для снятия 12 отведений для получения 12-канальной ЭКГ (рис. 2.2). При правильной регистрации ЭКГ ее можно достоверно интерпретировать независимо от места ее регистрации.

12 отведений ЭКГ состоят из шести отведений от конечностей и шести грудных или прекардиальных отведений.

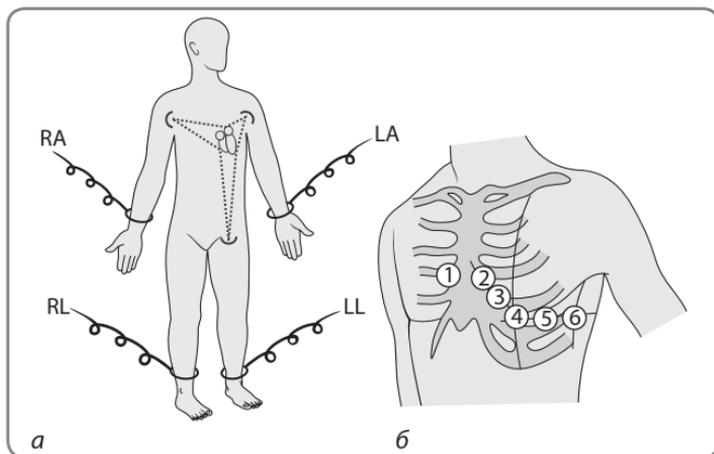
---

## 2.2. Отведения от конечностей

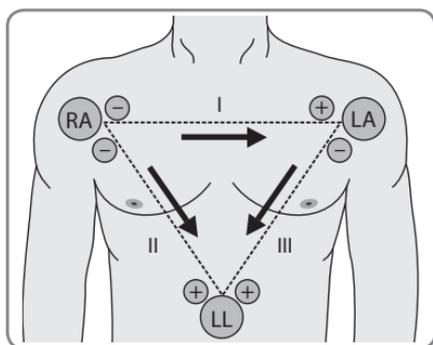
Отведения от конечностей регистрируют, накладывая электроды на верхние и нижние конечности. Электроды располагаются на правой руке, левой руке и левой ноге. Дополнительный электрод на правой ноге используется в качестве «заземляющего» (рис. 2.3). Регистрируя движение электрических сил между разными парами электродов, можно получить шесть отведений — три стандартных отведения от конечностей и три усиленных отведения от конечностей.

### Стандартные отведения от конечностей

Стандартные отведения от конечностей регистрируют кривую движения электрических сил между двумя конечностями в определенный момент времени. В связи с этим их также называют *биполярными отведениями*. При регистрации этих отведений на одной конечности размещают положительно заряженный электрод, на другой — отрицательно заряженный. Имеется



**Рис. 2.3.** Расположение электродов для записи ЭКГ. Отведения от конечностей (а): RA — правая рука; LA — левая рука; RL — правая нога; LL — левая нога. Грудные отведения (б):  $V_1$ – $V_6$

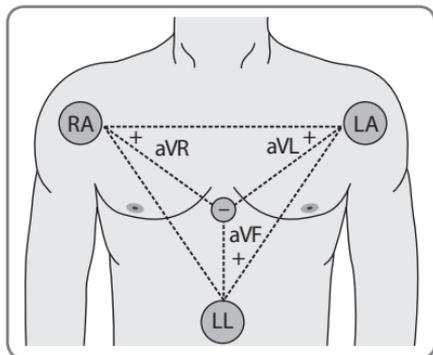


**Рис. 2.4.** Три стандартных отведения от конечностей (биполярные отведения) I–III: LA — левая рука; LL — левая нога; RA — правая рука

три стандартных отведения — I, II и III (рис. 2.4), где LA обозначает левую руку, LL — левую ногу, RA — правую руку.

### Усиленные отведения от конечностей

Усиленные отведения от конечностей регистрируют кривую биопотенциалов от одной конечности в определенный момент времени и носят название однополюсных. В этих отведениях на одной конечности размещен положительно заряженный электрод, в качестве отрицательно заряженного электрода выступают три остальных электрода, объединенные в электрический центр, потенциал которого равен нулю. На рис. 2.5 представлены три усиленных отведения от конечностей: aVR — усиленное отведение



**Рис. 2.5.** Три однополюсных отведения от конечностей: aVR, aVL и aVF. LA — левая рука; LL — левая нога; RA — правая рука

от правой руки, aVL — усиленное отведение от левой руки, aVF — усиленное отведение от левой ноги.

### 2.3. Грудные отведения

Грудные отведения регистрируются при наложении электродов на поверхность грудной клетки в прекардиальной области. Электроды размещаются в шести стандартных положениях преимущественно на левой половине грудной клетки, у каждого отведения — свое местоположение (см. рис. 2.1):

$V_1$  — в четвертом межреберном промежутке, справа от грудины;

$V_2$  — в четвертом межреберном промежутке, слева от грудины;

$V_3$  — в точке на середине расстояния между  $V_2$  и  $V_4$  ( $V_4$  см. ниже);

$V_4$  — в пятом межреберном промежутке по срединно-ключичной линии;

$V_5$  — по передней подмышечной линии, на уровне  $V_4$ ;

$V_6$  — по средней подмышечной линии, на уровне  $V_4$  и  $V_5$ .

Иногда грудные отведения дополняются электродами, расположенными на правой стороне грудной клетки, которые называют  $V_{1R}$ ,  $V_{2R}$ ,  $V_{3R}$ ,  $V_{4R}$ ,  $V_{5R}$  и  $V_{6R}$ . Они располагаются зеркально по отношению к левым грудным отведениям:

$V_{1R}$  — в четвертом межреберном промежутке, слева от грудины;

$V_{2R}$  — в четвертом межреберном промежутке, справа от грудины;

$V_{3R}$  — в точке на середине расстояния между  $V_{2R}$  и  $V_{4R}$ ;

$V_{4R}$  — в пятом межреберном промежутке по срединно-ключичной линии;

$V_{5R}$  — по передней подмышечной линии, на уровне  $V_{4R}$ ;

$V_{6R}$  — по средней подмышечной линии, на уровне  $V_{4R}$  и  $V_{5R}$ .

Правые грудные отведения позволяют получить данные о состоянии правого желудочка.

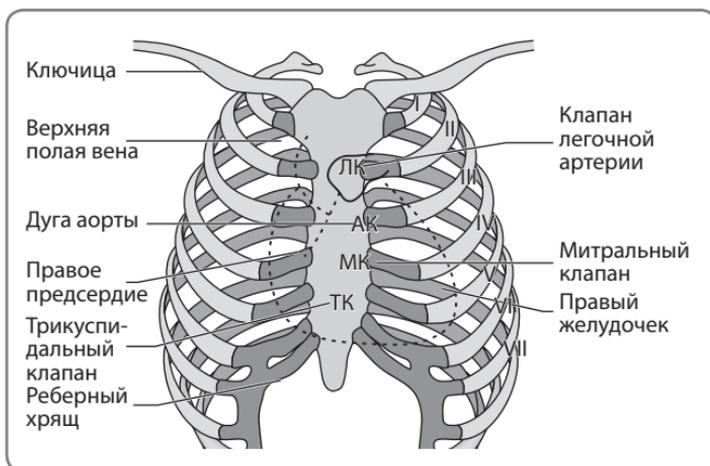
## 2.4. Ориентация отведений электрокардиограммы

На стандартной ЭКГ различают следующие 12 отведений (записываемых одновременно): I, II, III, aVR, aVL, aVF, V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>, V<sub>5</sub>, V<sub>6</sub>.

Принимая во внимание строение сердечной мышцы (рис. 2.6), можно отметить, что большинство отведений накладывается на места проекции левого желудочка как доминирующего и клинически более значимого. Разные отведения отражают состояние различных отделов левого желудочка, как показано в табл. 2.1.

**Таблица 2.1.** Стенки левого желудочка, представленные отведениями ЭКГ

Отведения ЭКГ	Стенки левого желудочка
V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub>	Перегородочная
V <sub>3</sub> , V <sub>4</sub>	Передняя
V <sub>5</sub> , V <sub>6</sub>	Боковая
От V <sub>1</sub> до V <sub>4</sub>	Переднеперегородочная
От V <sub>3</sub> до V <sub>6</sub>	Переднелатеральная
I, aVL	Высокая боковая
II, III, aVF	Нижняя



**Рис. 2.6.** Строение сердца, вид снаружи. Римскими цифрами обозначены ребра. ЛК — легочный клапан; АК — аортальный клапан; МК — митральный клапан; ТК — трикуспидальный клапан

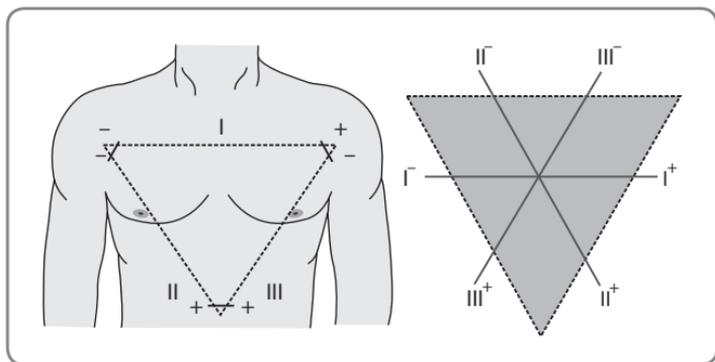
## Треугольник Эйнтховена

Стандартные отведения от конечностей регистрируются от двух конечностей в определенный момент времени. На одной конечности расположен положительно заряженный электрод, на другой — отрицательно заряженный. Оси трех стандартных отведений (I, II, III) образуют равносторонний треугольник, в центре которого находится сердце. Это — *треугольник Эйнтховена* (рис. 2.7).

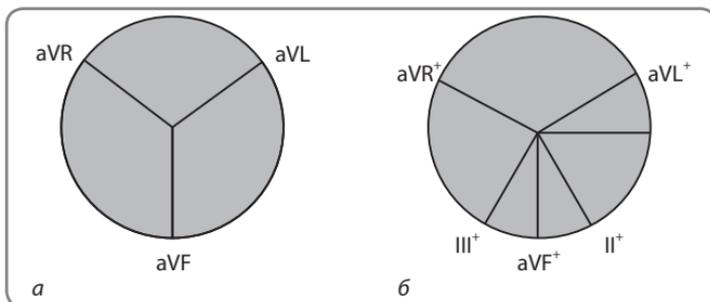
Для облегчения графического представления электродвижущих сил в миокарде три конечности можно представить в виде вершин треугольника Эйнтховена, при этом оси трех отведений разделяют друг друга пополам, проходя через общую точку в центре. В результате образуется трехосевая система координат, где каждая ось находится под углом  $60^\circ$  друг к другу, а полярность отведений (положительные и отрицательные полюса) и ориентация (направление) остаются прежними (см. рис. 2.7).

Известно, что усиленные отведения от конечностей регистрируются от одной конечности в определенный момент времени, на этой конечности расположен положительно заряженный электрод, а отрицательный полюс находится в центральной точке. Три усиленных отведения от конечностей (aVR, aVL, aVF) формируют иную трехосевую систему координат, где каждая ось находится под углом  $60^\circ$  друг к другу (рис. 2.8, а).

Когда трехосевая система координат однополюсных отведений накладывается на трехосевую систему координат стандартных отведений от конечностей, получается шестиосевая система координат, где каждая ось находится под углом  $30^\circ$  друг к другу.



**Рис. 2.7.** Треугольник Эйнтховена, составленный из осей стандартных отведений от конечностей. Трехосевая система координат



**Рис. 2.8.** Трехосевая система координат (а) однополюсных отведений. Шестиосевая система координат (б) из осей стандартных отведений от конечностей и однополюсных отведений

Каждое из шести отведений сохраняет свою полярность (положительный и отрицательный полюса) и ориентацию (направление отведения).

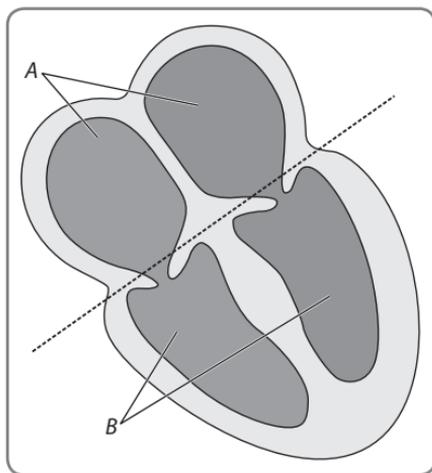
Шестиосевая система координат важна для определения основного направления движения электрических сил сердца. Как мы увидим далее, такое направление называют электрической осью комплекса QRS. Используя такой подход, можно определить конкретную локализацию патологических изменений, ведь ЭКГ можно рассматривать как сокращенную трехмерную карту электрической активности сердца.

## 2.5. Термины в электрокардиографии

ЭКГ состоит из ряда отклонений от изолинии, или зубцов. Расстояния между последовательными зубцами по временной оси называются интервалами. Участки изоэлектрической линии (изолинии) между зубцами носят название сегментов.

При анализе ЭКГ и электрофизиологических исследованиях сердце можно рассматривать как двухкамерное, состоящее из условных предсердия и желудочка (рис. 2.9), поскольку предсердия возбуждаются вместе, а желудочки сокращаются одновременно. В связи с этим на ЭКГ возбуждение предсердий представлено одним зубцом, а возбуждение желудочков — одним комплексом зубцов.

Волна возбуждения синхронизирована таким образом, что предсердия и желудочки сокращаются и расслабляются в ритмичной последовательности «деполяризация предсердий → реполяризация предсердий (почти совпадает по времени с деполяризацией желудочков) → реполяризация желудочков».



**Рис. 2.9.** Двухкамерная теория строения сердца: *A* — предсердная камера; *B* — желудочковая камера

Сокращение миокарда (систола) и расслабление (диастола) — это механические процессы, связанные с электрофизиологическими изменениями в сердечной мышце. Деполяризация непосредственно предшествует систоле, реполяризация — диастоле.

## Зубцы ЭКГ

Каждый зубец на ЭКГ обозначается буквой латинского алфавита. Полный комплекс одного сердечного цикла последовательно обозначается буквами *P*, *Q*, *R*, *S*, *T* и *U* (рис. 2.10). Каждый зубец представляет различные части сердечного цикла:

- зубец *P* — деполяризация предсердий;
- комплекс *QRS* — деполяризация желудочков;
- зубец *Q* — первый отрицательный зубец перед зубцом *R*;
- зубец *R* — первый положительный зубец после зубца *Q*;
- зубец *S* — первый отрицательный зубец после зубца *R*;
- зубец *T* — реполяризация желудочков;
- зубец *U* — реполяризация волокон Пуркинью (рис. 2.11).

Реполяризация предсердий не регистрируется на ЭКГ, поскольку совпадает по времени с деполяризацией желудочков и потому «скрывается» в большем по амплитуде комплексе *QRS*.

Зубцы *P*, *T* и *U* всегда обозначаются заглавными буквами. Зубцы *Q*, *R* и *S* обозначаются заглавными или строчными буквами в зависимости от их абсолютной или относительной величины. Зубцы, амплитуда которых больше 5 мм, обозначаются заглавными

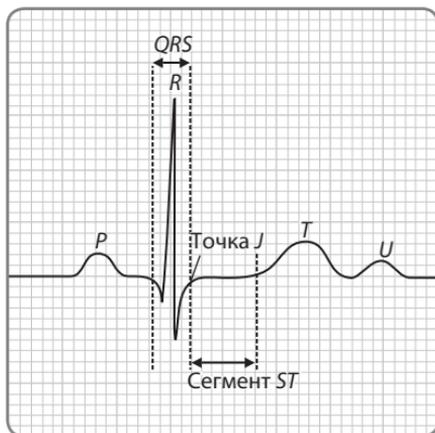


Рис. 2.10. Зубцы нормальной ЭКГ

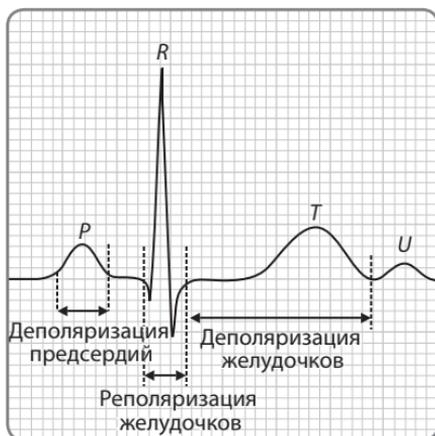


Рис. 2.11. Отражение процессов деполаризации и реполяризации на ЭКГ. Обратите внимание: зубец реполяризации предсердий «скрыт» в комплексе QRS

буквами Q, R, S, зубцы с амплитудой менее 5 мм — строчными буквами q, r, s.

Таким образом, комплекс QRS с маленьким зубцом q, за которым следует высокий зубец R, обозначается как комплекс qR, с глубоким зубцом Q и следующим за ним маленьким зубцом r — комплекс Qr (рис. 2.12). Аналогично, комплекс QRS с маленьким зубцом r и следующим за ним глубоким зубцом S обозначается как комплекс rS, с большим зубцом R и маленьким зубцом s — комплекс Rs. Если все зубцы комплекса QRS отрицательные, то он обозначается как комплекс QS.

Кроме того, если в комплексе QRS присутствуют два положительных зубца, второй положительный зубец обозначается как R', и комплекс носит название rSR' или RsR' в зависимости

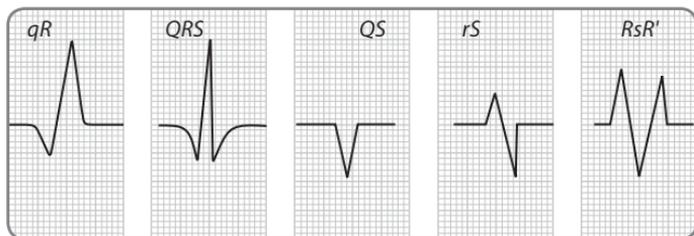


Рис. 2.12. Различные конфигурации комплексов QRS

от величины положительных зубцов ( $r$  или  $R$ ) и отрицательных зубцов ( $s$  или  $S$ ).

### Интервалы и сегменты ЭКГ

Анализ расстояний между определенными зубцами ЭКГ используется для установки временного соотношения между фазами сердечного цикла. Расстояния между зубцами откладываются по временной шкале и называются *интервалами ЭКГ*. Участки изоэлектрической линии (изолинии) между определяемыми зубцами называются *сегментами*. Интервалы и сегменты ЭКГ, описанные ниже, имеют большое клиническое значение.

#### Интервал P–R

Интервал P–R (в России чаще используется обозначение PQ. — Прим. ред. перев.) измеряется от начала зубца P до начала комплекса QRS, независимо от того, является ли первый зубец комплекса QRS отрицательным или положительным (рис. 2.13). Продолжительность зубца P включается в общую продолжительность интервала P–R.

Измерение интервала P–R позволяет оценить время проведения возбуждения от предсердий к желудочкам. Продолжительность интервала включает время деполяризации предсердий (зубец P), задержку проведения в атриовентрикулярном узле и время, необходимое импульсу для прохождения по волокнам проводящей системы желудочков до начала их деполяризации (начало комплекса QRS).

#### Сегмент PR

Сегмент PR — это участок изолинии между окончанием зубца P и началом комплекса QRS (рис. 2.14). Данный сегмент не включает зубец P. Воспалительные процессы (к примеру, перикардит) могут проявиться изменением расположения сегмента PR по отношению к изолинии.

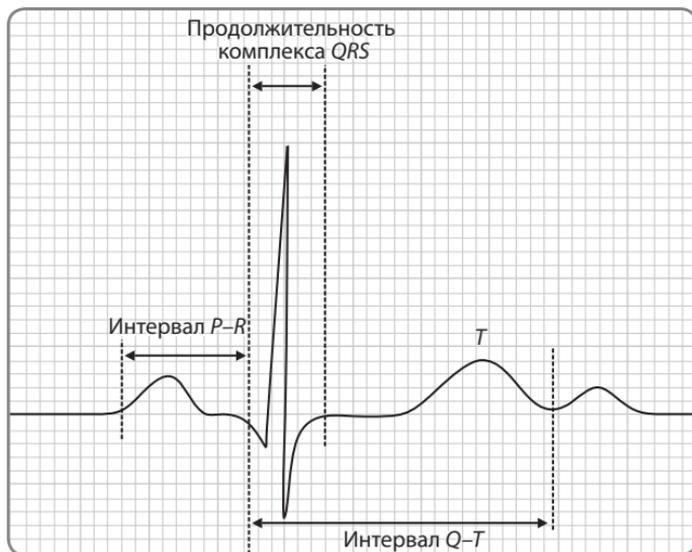


Рис. 2.13. Интервалы ЭКГ в норме

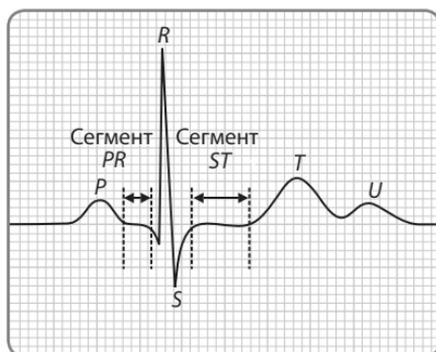


Рис. 2.14. Сегменты ЭКГ в норме

### Интервал Q-T

Интервал Q-T измеряется от начала зубца Q до окончания зубца T (см. рис. 2.13). Если измерение интервала Q-T проводится до окончания зубца U, интервал обозначается как интервал Q-U. В интервал Q-T входит общая продолжительность зубцов комплекса QRS, сегмента ST и зубца T. Поскольку зубцы комплекса QRS отражают процессы деполяризации желудочков, а зубец T — реполяризации желудочков, интервал Q-T можно считать отражением электрической систолы желудочков. Пример подсчета скорректированного интервала Q-T ( $Q-T_c$ ) приведен на рис. 2.15.

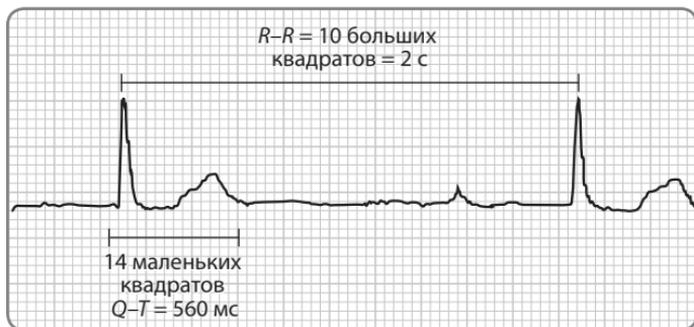


Рис. 2.15. Измерение интервала  $Q-T$

- Интервал  $Q-T$  в данном случае составляет 14 маленьких квадратов (длительность маленького квадрата — 40 мс), то есть 560 мс.
- Интервал  $R-R$  составляет 10 больших квадратов, то есть 2 с (интервал  $R-R$  измеряется в секундах)<sup>1</sup>:

$$Q-T_c = \frac{Q-T}{\sqrt{R-R}} = \frac{560}{\sqrt{2}} = \frac{560}{1,4} = 400 \text{ мс.}$$

Таким образом, в приведенном примере интервал  $Q-T$  удлиннен, но при коррекции с учетом очень медленного сердечного ритма (у данного пациента полная поперечная блокада сердца с числом сокращений желудочков 30 уд./мин) его значение составляет 400 мс и находится в пределах нормы.

Зубец  $U$  отражает процессы реполяризации волокон Пуркинье, поэтому анализ интервала  $Q-U$  позволяет дополнительно определить время реполяризации волокон системы Пуркинье.

### Сегмент $ST$

Сегмент  $ST$  — это отрезок изолинии между окончанием зубца  $S$  и началом зубца  $T$  (см. рис. 2.14). Точка на ЭКГ, в которой заканчивается комплекс  $QRS$  и начинается сегмент  $ST$ , называется *точкой соединения*, или *точкой J* (см. рис. 2.10). Изменения сегмента  $ST$  могут встречаться при различных патологических состояниях, включая ишемическую болезнь сердца.

<sup>1</sup> При подсчете длительности интервала  $Q-T$  принимают во внимание расстояние между зубцами  $R$  и используют специальную формулу. — Прим. ред. перев.