

А.В.Струтынский

Электрокардиограмма: анализ и интерпретация

21-е издание



Москва
«МЕДпресс-информ»
2020

УДК 616.12-073.97
ББК 54.101
С87

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в любой форме и любыми средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Струтынский, Андрей Владиславович.

С87 Электрокардиограмма: анализ и интерпретация / А.В.Струтынский. – 21-е изд. – Москва : МЕДпресс-информ, 2020. – 224 с. : ил.
ISBN 978-5-00030-786-1

Книга посвящена электрокардиографии, которой в совершенстве должен владеть современный практический врач. Этот метод исследования биоэлектрической активности сердца является незаменимым в диагностике нарушений ритма и проводимости, гипертрофии миокарда желудочков и предсердий, ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда и других заболеваний сердца.

Для практических врачей – терапевтов, кардиологов, врачей других специальностей и студентов медицинских вузов.

УДК 616.12-073.97
ББК 54.101

ISBN 978-5-00030-786-1 © Струтынский А.В., 1999
© Оформление, оригинал-макет. Издательство «МЕДпресс-информ», 2012, 2019
© Иллюстрации. Издательство «МЕДпресс-информ», 2002

Оглавление

Предисловие	9
Сокращения	11
Глава 1. Биоэлектрические основы электрокардиографии	13
1.1. Трансмембранный потенциал действия	14
1.2. Основные функции сердца	16
1.3. Дипольные свойства волны возбуждения. Понятие об электрическом поле источника тока	22
Глава 2. Методика регистрации электрокардиограммы	29
2.1. Электрокардиографические отведения	30
2.1.1. Стандартные отведения	32
2.1.2. Усиленные отведения от конечностей	34
2.1.3. Шестиосевая система координат (по Бейли)	36
2.1.4. Грудные отведения	38
2.1.5. Дополнительные отведения	40
2.2. Техника регистрации электрокардиограммы	42
2.2.1. Условия проведения электрокардиографического исследования	42
2.2.2. Наложение электродов	42

2.2.3. Подключение проводов к электродам	43
2.2.4. Выбор усиления электрокардиографа	44
2.2.5. Запись электрокардиограммы	44
Глава 3. Формирование нормальной электрокардиограммы	45
3.1. Деполяризация предсердий (зубец Р)	46
3.2. Сегмент Р–Q(R)	48
3.3. Деполяризация желудочков	50
3.4. Сегмент RS–Т	56
3.5. Реполяризация желудочков	58
3.6. Электрическая систола желудочков (интервал Q–Т)	60
Глава 4. Анализ электрокардиограммы	61
Общая схема (план) расшифровки ЭКГ	62
4.1. Анализ сердечного ритма и проводимости	63
4.2. Определение положения электрической оси сердца (во фронтальной плоскости)	70
4.3. Определение поворотов сердца вокруг продольной оси	82
4.4. Определение поворотов сердца вокруг поперечной оси	88
4.5. Анализ предсердного зубца Р	88
4.6. Анализ комплекса QRS	89

4.7. Анализ сегмента RS–T	89
4.8. Анализ зубца Т	90
4.9. Анализ интервала Q–Т	90
4.10. Электрокардиографическое заключение	90
Глава 5. Электрокардиограмма при нарушениях ритма сердца	91
Классификация аритмий сердца	92
5.1. Синусовая тахикардия	94
5.2. Синусовая брадикардия	96
5.3. Синусовая аритмия	98
5.4. Медленные (замещающие) выскальзывающие ритмы и комплексы	100
5.5. Ускоренные эктопические ритмы (непароксизмальная тахикардия)	102
5.6. Миграция суправентрикулярного водителя ритма	104
5.7. Экстрасистолия	106
5.7.1. Предсердная экстрасистолия	110
5.7.2. Экстрасистола из АВ-соединения	112
5.7.3. Желудочковая экстрасистолия	114
5.8. Пароксизмальная тахикардия	117
5.8.1. Предсердная пароксизмальная тахикардия	118

5.8.2. Пароксизмальная тахикардия из АВ-соединения	120
5.8.3. Желудочковая пароксизмальная тахикардия	122
5.9. Трепетание предсердий	124
5.10. Мерцание (фибрилляция) предсердий	126
5.11. Трепетание и мерцание (фибрилляция) желудочков	130
Глава 6. Электрокардиограмма при нарушениях проводимости	133
6.1. Синоатриальная блокада	134
6.2. Межпредсердная (внутрипредсердная) блокада	136
6.3. Атриовентрикулярные блокады	138
6.3.1. Атриовентрикулярная блокада I степени	140
6.3.2. Атриовентрикулярная блокада II степени	142
6.3.3. Атриовентрикулярная блокада III степени (полная)	146
6.4. Синдром Фредерика	148
6.5. Блокада ножек и ветвей пучка Гиса	150
6.5.1. Полная блокада правой ножки (ветви) пучка Гиса	152
6.5.2. Неполная блокада правой ножки (ветви) пучка Гиса	154
6.5.3. Блокада левой передней ветви пучка Гиса	156
6.5.4. Блокада левой задней ветви пучка Гиса	158
6.5.5. Полная блокада левой ножки пучка Гиса	160
6.5.6. Неполная блокада левой ножки пучка Гиса	162

6.5.7. Блокада правой ножки и левой передней ветви пучка Гиса . . .	164
6.5.8. Блокада правой ножки и левой задней ветви пучка Гиса	166
6.5.9. Блокада трех ветвей пучка Гиса (трехпучковая блокада)	168
6.6. Синдромы преждевременного возбуждения желудочков	170
6.6.1. Синдром Вольфа–Паркинсона–Уайта (синдром WPW)	170
6.6.2. Синдром укороченного интервала P–Q(R) (синдром CLC)	172

Глава 7. Электрокардиограмма при гипертрофии предсердий

и желудочков	175
7.1. Гипертрофия левого предсердия	176
7.2. Гипертрофия правого предсердия	178
7.3. Острая перегрузка предсердий	178
7.4. Гипертрофия левого желудочка	180
7.5. Гипертрофия правого желудочка (rSR'-тип)	182
7.6. Гипертрофия правого желудочка (qR-тип)	184
7.7. Гипертрофия правого желудочка (S-тип)	186
7.8. Комбинированная гипертрофия желудочков	188
7.8.1. Умеренная гипертрофия правого желудочка на фоне преобладающей гипертрофии левого желудочка	188
7.8.2. Умеренная гипертрофия левого желудочка на фоне преобладающей гипертрофии правого желудочка	190

7.9. Острая перегрузка желудочков	192
Глава 8. Электрокардиограмма при ишемической болезни сердца	193
8.1. Острый крупноочаговый инфаркт миокарда	194
8.1.1. Инфаркт миокарда передней стенки левого желудочка	198
8.1.2. Инфаркт миокарда задней стенки левого желудочка	202
8.2. Мелкоочаговый инфаркт миокарда	206
Глава 9. Электрокардиограмма при некоторых заболеваниях сердца и синдромах	209
9.1. Электрокардиограмма при перикардитах	210
9.2. Электрокардиограмма при миокардитах	212
9.3. Острое легочное сердце	214
9.4. Синдром ранней реполяризации желудочков	216
9.5. Синдром слабости синоатриального узла	218
9.6. Нарушения электролитного обмена	219
9.6.1. Гипокалиемия	219
9.6.2. Гиперкалиемия	219
9.6.3. Гипокальциемия	220
9.6.4. Гиперкальциемия	220
9.7. ЭКГ при передозировке сердечных гликозидов	222

Предисловие

Среди многочисленных инструментальных методов исследования, которыми в совершенстве должен владеть современный практический врач, ведущее место справедливо принадлежит электрокардиографии. Этот метод исследования биоэлектрической активности сердца является незаменимым в диагностике нарушений ритма и проводимости, гипертрофии миокарда желудочков и предсердий, ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда и других заболеваний сердца.

Подробное описание теоретических основ электрокардиографии, механизмов формирования электрокардиографических изменений при перечисленных выше заболеваниях и синдромах приведено в многочисленных современных руководствах и монографиях по электрокардиографии (В.Н.Орлов, М.И.Кечкер, А.Б.Де Луна, Ф.Циммерман, В.В.Мурашко и А.В.Струтынский и др.). Поэтому в настоящем учебном пособии мы ограничимся лишь общими сведениями о методике и технике традиционной электрокардиографии в 12 отведениях, основных принципах анализа ЭКГ и наиболее важных критериях диагностики вышеуказанных электрокардиографических синдромов и заболеваний сердца.

Наша книга была задумана как своеобразное наглядное справочное руководство по практической электрокардиографии для студентов медицинских институтов. Однако мы надеемся, что оно окажется полезным и для практических

врачей — терапевтов, кардиологов, врачей других специальностей, ежедневно сталкивающихся с необходимостью анализа и интерпретации электрокардиограмм. Хочется верить, что знакомство с этой книгой поможет Вам быстрее овладеть техникой этого сложного инструментального метода исследования.

Желаем успехов в Вашей работе!

ГЛАВА 1

Биоэлектрические основы электрокардиографии

1.1. Трансмембранный потенциал действия

Наружная поверхность невозбужденной миокардиальной клетки заряжена положительно, а внутренняя – отрицательно (рис. 1.1). Возбуждение сердечной мышцы сопровождается возникновением *трансмембранного потенциала действия (ТМПД)* – изменяющейся разности потенциалов между наружной и внутренней поверхностью клеточной мембраны. Различают несколько фаз ТМПД миокардиальной клетки:

Фаза 0 – во время которой происходит быстрая (в течение 0,01 с) перезарядка клеточной мембраны: внутренняя ее поверхность заряжается положительно, а наружная – отрицательно.

Фаза 1 – небольшое начальное снижение ТМПД от +20 mV до 0 или чуть ниже (*фаза начальной быстрой реполяризации*).

Фаза 2 – относительно продолжительная (около 0,2 с) *фаза плато*, во время которой величина ТМПД поддерживается на одном уровне.

Фаза 3 (*конечной быстрой реполяризации*), в течение которой восстанавливается прежняя поляризация клеточной мембраны: наружная ее поверхность заряжается положительно, а внутренняя – отрицательно (–90 mV).

Фаза 4 (*фаза диастолы*). Величина ТМПД сократительной клетки сохраняется примерно на уровне –90 mV. Происходит восстановление исходной концентрации K^+ , Na^+ , Ca^{2+} и Cl^- благодаря работе Na^+-K^+ -насоса.

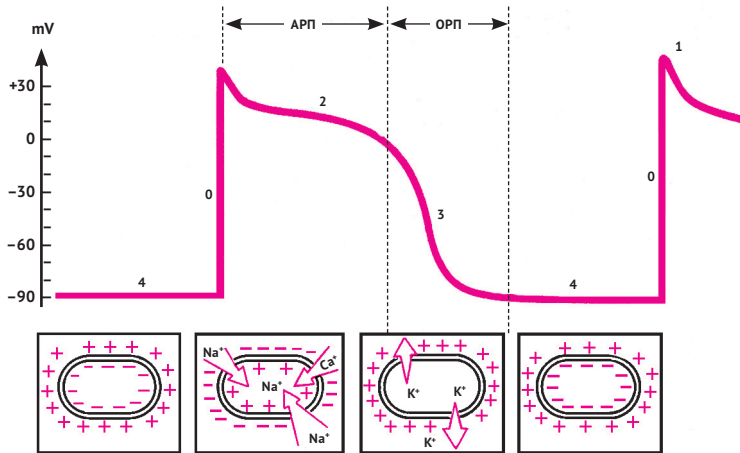


Рис. 1.1. Трансмембранный потенциал действия. Объяснение в тексте. АРП и ОРП – абсолютный и относительный рефрактерный периоды.

ГЛАВА 2

Методика регистрации электрокардиограммы

2.1. Электрокардиографические отведения

Электрокардиограмма – это запись колебаний разности потенциалов, возникающих на поверхности возбудимой ткани или в окружающей сердце проводящей среде при распространении волны возбуждения по сердцу. Запись ЭКГ производится с помощью электрокардиографов и различных систем отведений ЭКГ. Каждое отведение регистрирует разность потенциалов, существующую между двумя определенными точками электрического поля сердца, в которых установлены электроды (рис. 2.1).

Электроды подключаются к гальванометру электрокардиографа. Один из электродов присоединяют к положительному полюсу гальванометра (это **положительный, или активный, электрод** отведения), второй – к его отрицательному полюсу (**отрицательный, или индифферентный, электрод** отведения).

В настоящее время в клинической практике наиболее широко используют 12 отведений ЭКГ, запись которых является обязательной при каждом электрокардиографическом обследовании больного: 3 стандартных отведения, 3 усиленных однополюсных отведения от конечностей и 6 грудных отведений.

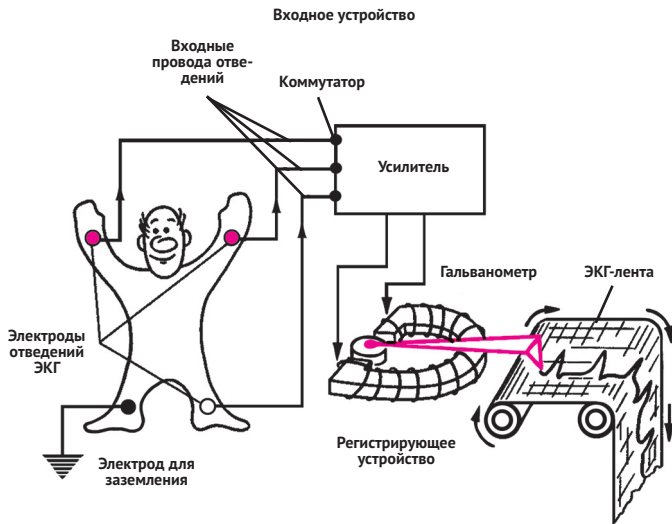


Рис. 2.1. Устройство электрокардиографа (схема).

2.1.1. Стандартные отведения

Электроды накладывают (рис. 2.2) на правую руку (красная маркировка), левую руку (желтая маркировка) и на левую ногу (зеленая маркировка). Эти электроды попарно подключаются к электрокардиографу для регистрации каждого из трех стандартных отведений. Четвертый электрод устанавливается на правую ногу для подключения заземляющего провода (черная маркировка).

Стандартные отведения от конечностей регистрируют при следующем попарном подключении электродов:

I отведение – левая рука (+) и правая рука (-);

II отведение – левая нога (+) и правая рука (-);

III отведение – левая нога (+) и левая рука (-).

Как видно на рисунке 2.2, три стандартных отведения образуют равносторонний треугольник (треугольник Эйнтховена), в центре которого расположен электрический центр сердца, или единый сердечный диполь. Перпендикуляры, проведенные из центра сердца, т.е. из места расположения единого сердечного диполя, к оси каждого стандартного отведения, делят каждую ось на две равные части: положительную, обращенную в сторону положительного (активного) электрода (+) отведения, и отрицательную, обращенную к отрицательному электроду (-).

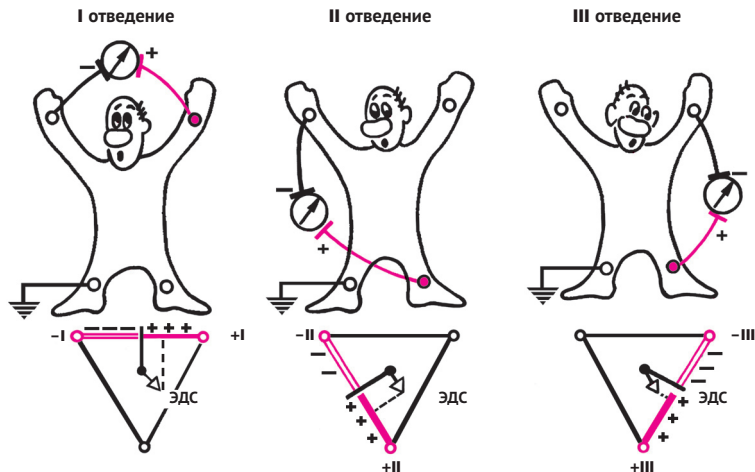


Рис. 2.2. Формирование трех стандартных электрокардиографических отведений от конечностей. Внизу – треугольник Эйнтовена, каждая сторона которого является осью того или иного стандартного отведения.

2.1.2. Усиленные отведения от конечностей

Усиленные отведения от конечностей регистрируют разность потенциалов между одной из конечностей, на которой установлен активный положительный электрод данного отведения, и средним потенциалом двух других конечностей (рис. 2.3). В качестве отрицательного электрода в этих отведениях используют так называемый объединенный электрод Гольдбергера, который образуется при соединении через дополнительное сопротивление двух конечностей.

Три усиленных однополюсных отведения от конечностей обозначают следующим образом:

aVR – усиленное отведение от правой руки;

aVL – усиленное отведение от левой руки;

aVF – усиленное отведение от левой ноги.

Как видно на рисунке 2.3, оси усиленных однополюсных отведений от конечностей получают, соединяя электрический центр сердца с местом наложения активного электрода данного отведения, т.е. фактически – с одной из вершин треугольника Эйнтховена. Электрический центр сердца как бы делит оси этих отведений на две равные части: положительную, обращенную к активному электроду, и отрицательную, обращенную к объединенному электроду Гольдбергера.

ГЛАВА 8

Электрокардиограмма
при ишемической болезни сердца

8.1. Острый крупноочаговый инфаркт миокарда

Крупноочаговый инфаркт миокарда (ИМ) развивается при остром нарушении коронарного кровообращения, обусловленном тромбозом или (реже) выраженным и длительным спазмом коронарной артерии. Согласно представлениям Бейли, такое нарушение кровообращения в сердечной мышце приводит к формированию трех зон патологических изменений: вокруг участка некроза располагаются зоны ишемического повреждения и ишемии (рис. 8.1). В отведениях, активный электрод которых расположен непосредственно над областью ИМ, каждая из этих зон участвует в формировании следующих ЭКГ-изменений:

1. *Зона некроза* – патологический зубец Q и уменьшение амплитуды зубца R (при нетрансмуральном ИМ) или комплекс QS и исчезновение зубца R (при трансмуральном ИМ).
2. *Зона ишемического повреждения* – смещение сегмента RS–T выше (при субэпикардальном или трансмуральном ИМ) или ниже изолинии (при субэндокардиальном поражении сердечной мышцы).
3. *Зона ишемии* – коронарный (равносторонний и остроконечный) зубец T (высокий положительный при субэндокардиальном ИМ, а отрицательный – при субэпикардальном или трансмуральном ИМ).

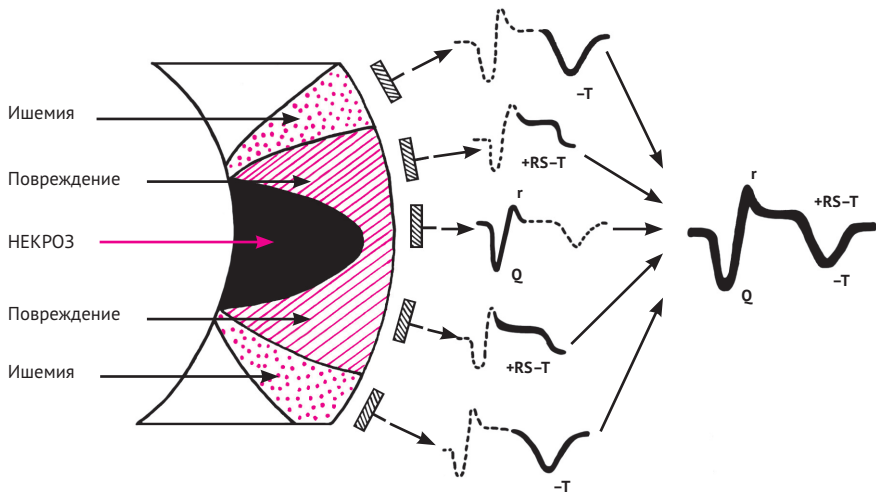


Рис. 8.1. Схема морфологических изменений в сердечной мышце при остром инфаркте миокарда. Объяснение в тексте.

ЭКГ изменяется в зависимости от времени, прошедшего от начала формирования ИМ, в течение которого различают: 1) острую стадию – от нескольких часов до 14–16 сут. от начала ангинозного приступа; 2) подострую стадию, длящуюся примерно от 15–20 сут. от начала инфаркта до 1,5–2 мес.; 3) рубцовую стадию.

Динамика ЭКГ в зависимости от стадии инфаркта представлена на рисунке 8.2.

Острая стадия характеризуется быстрым, в течение 1–2 сут., формированием патологического зубца Q или комплекса QS, смещением сегмента RS–T выше изолинии и сливающегося с ним вначале положительного, а затем отрицательного зубца T. Через несколько дней сегмент RS–T приближается к изолинии, а на 2-й неделе заболевания становится изоэлектричным. Отрицательный коронарный зубец T резко углубляется и становится симметричным и заостренным (повторная инверсия зубца T).

В **подострой стадии** ИМ регистрируется патологический зубец Q или комплекс QS (некроз) и отрицательный коронарный зубец T (ишемия), амплитуда которого начиная с 20–25-х суток инфаркта миокарда постепенно уменьшается. Сегмент RS–T расположен на изолинии.

Рубцовая стадия ИМ характеризуется сохранением в течение многих лет патологического зубца Q или комплекса QS и наличием слабоотрицательного, сглаженного или положительного зубца T.

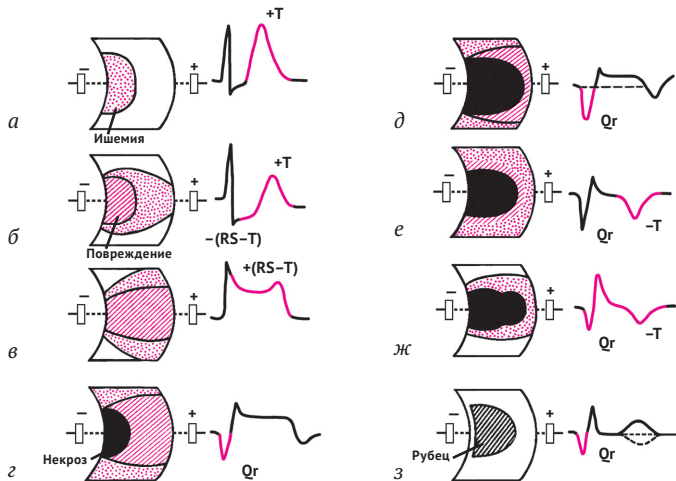


Рис. 8.2. Динамика изменений ЭКГ в различных стадиях инфаркта миокарда: а–е – острая стадия; ж – подострая стадия; з – рубцовая стадия. Объяснение в тексте.

8.1.1. Инфаркт миокарда передней стенки левого желудочка

Прямыми признаками острой стадии ИМ передней стенки ЛЖ являются: 1) патологический зубец Q (или комплекс QS); 2) элевация (подъем) сегмента RS–T; 3) отрицательный (коронарный) зубец T. В зависимости от локализации ИМ и его распространенности эти изменения обнаруживаются в следующих отведениях (рис. 8.3–8.5):

1. *Переднеперегородочный ИМ* – V_1 – V_3 .
2. *Передневерхушечный ИМ* – V_3 , V_4 .
3. *Переднебоковой ИМ* – I, aVL, V_5 , V_6 .
4. *Распространенный передний ИМ* – I, aVL, V_1 – V_6 .
5. *Высокий передний ИМ* – V_4^2 – V_6^2 и/или V_4^3 – V_6^3 . Диагностика высоких передних ИМ, как правило, возможна только при использовании дополнительных отведений V_4^2 – V_6^2 и/или V_4^3 – V_6^3 , электроды которых располагают на 1–2 межреберья выше обычного уровня V_4 – V_6 . При распространенном переднем ИМ в отведениях III и aVF нередко встречаются так называемые *реципрокные* («зеркальные») изменения ЭКГ: депрессия сегмента RS–T и высокий положительный остроконечный и симметричный (коронарный) зубец T.

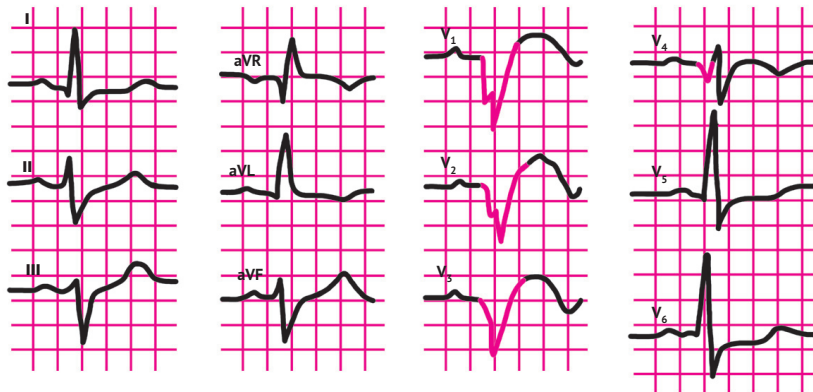


Рис. 8.3. ЭКГ при переднеперегородочном и верхушечном инфаркте миокарда.

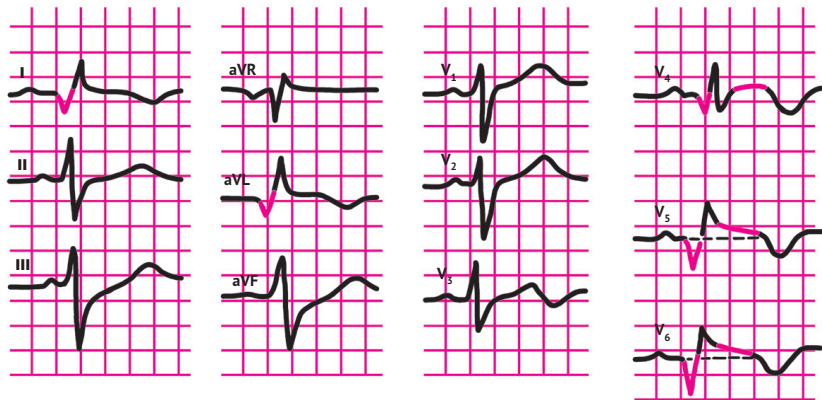


Рис. 8.4. ЭКГ при переднебоковом инфаркте миокарда.

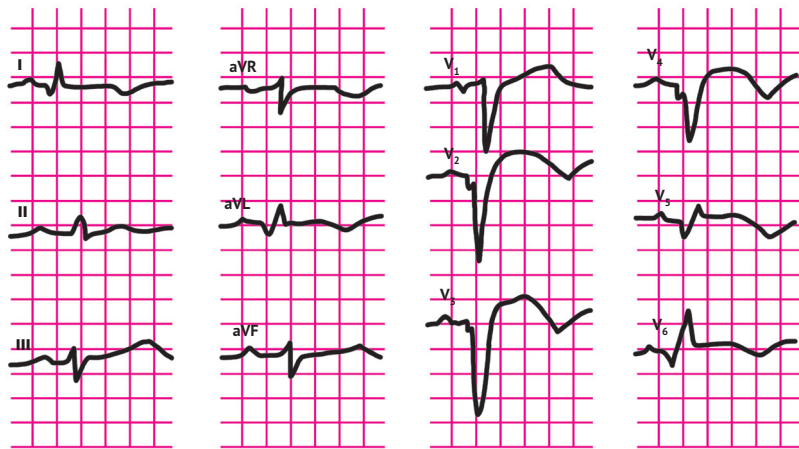


Рис. 8.5. ЭКГ при распространенном переднем трансмуральном инфаркте миокарда (переднеперегородочной области, верхушки и переднебоковой стенки левого желудочка).

8.1.2. Инфаркт миокарда задней стенки левого желудочка

Прямые признаки острой стадии ИМ задней стенки ЛЖ (патологический зубец Q или комплекс QS, элевация [подъем] сегмента RS–T и отрицательный [коронарный] зубец T) обнаруживаются в следующих отведениях:

1. *Заднедиафрагмальный (нижний) ИМ* – III, aVF, II.
2. **Заднебазальный ИМ** – V_7-V_9 .
3. *Заднебоковой ИМ* – V_5, V_6 , III, aVF.
4. *Распространенный задний ИМ* – III, aVF, II, V_5, V_6, V_7-V_9 .

При *заднебазальном ИМ* типичные изменения можно выявить лишь в дополнительных отведениях V_7-V_9 (не всегда). Предположение о наличии заднебазального ИМ возникает при регистрации в обычных грудных отведениях V_1-V_3 реципрокных изменений ЭКГ: увеличения амплитуды зубцов R, выраженной депрессии сегмента RS–T и формирования высоких положительных зубцов T. Реципрокные изменения ЭКГ в грудных отведениях V_1-V_3 нередко встречаются и при других локализациях ИМ задней стенки ЛЖ (особенно при распространенном заднем ИМ).

ЭКГ при ИМ задней стенки ЛЖ представлены на рисунках 8.6–8.8.

9.6. Нарушения электролитного обмена

9.6.1. Гипокалиемия

Причины: недостаточное поступление калия с пищей, обезвоживание при неукротимой рвоте, поносе, приеме диуретиков. Болезнь Иценко–Кушинга, длительное применение кортикостероидов, передозировка сердечных гликозидов и т.д.

ЭКГ-признаки (рис. 9.5, б):

- 1) горизонтальное снижение сегмента RS–T ниже изолинии;
- 2) сглаженный, отрицательный или двухфазный (+/-) зубец T;
- 3) увеличение амплитуды зубца U;
- 4) увеличение длительности интервала Q–T.

9.6.2. Гиперкалиемия

Причины: хроническая почечная недостаточность, ацидоз, передозировка препаратов калия и др.

ЭКГ-признаки (рис. 9.5, в):

- 1) высокие, узкие и заостренные положительные зубцы T;
- 2) постепенное укорочение интервала Q–T;
- 3) нарушения внутрижелудочковой и АВ-проводимости;
- 4) синусовая брадикардия.

9.6.3. Гипокальциемия

Причины: гипофункция паращитовидных желез, авитаминоз D, рахит, почечная недостаточность, значительная потеря жидкости и др.

ЭКГ-признаки (рис. 9.5, з):

- 1) прогрессирующее удлинение интервала Q–T;
- 2) снижение амплитуды или отрицательный зубец T;
- 3) укорочение интервала P–Q (R);
- 4) склонность к экстрасистолии.

9.6.4. Гиперкальциемия

Причины: гиперпаратиреоз, гипервитаминоз D, миеломная болезнь, злокачественные опухоли с поражением костей и др.

ЭКГ-признаки (рис. 9.5, д):

- 1) укорочение интервала Q–T;
- 2) сглаженный, двухфазный или отрицательный зубец T;
- 3) склонность к синусовой брадикардии;
- 4) замедление АВ-проводимости;
- 5) иногда возникновение мерцательной аритмии.

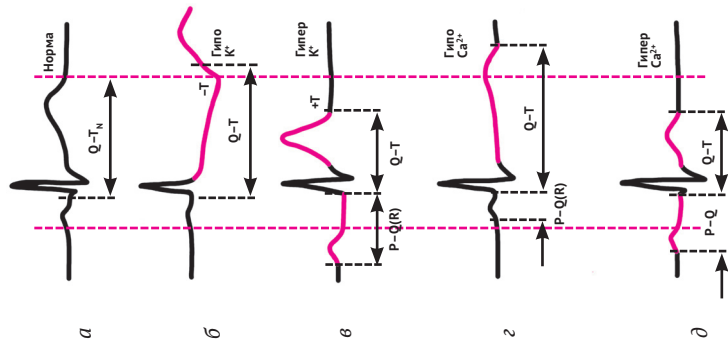


Рис. 9.5. Изменения ЭКГ при нарушениях электролитного обмена: *a* – норма; *б* – гипокалиемия; *в* – гиперкалиемия; *г* – гипокальциемия; *д* – гиперкальциемия.

9.7. ЭКГ при передозировке сердечных гликозидов

Механизмы: уменьшение содержания внутриклеточного калия и увеличение концентрации кальция в клетке, что приводит к уменьшению автоматизма синусового узла и АВ-соединения, ухудшению синоатриальной, внутрипредсердной и АВ-проводимости.

Причины: передозировка сердечных гликозидов.

ЭКГ-признаки (рис. 9.6):

- 1) корытообразное смещение сегмента RS–T ниже изолинии;
- 2) двухфазный (+/–) или отрицательный асимметричный зубец T;
- 3) желудочковая экстрасистолия по типу бигеминии, тригеминии или квадригеминии, реже – другие нарушения ритма сердца (пароксизмальная желудочковая тахикардия, суправентрикулярная тахикардия с АВ-блокадой, мерцание (фибрилляция) желудочков и другие аритмии);
- 4) синусовая брадикардия;
- 5) замедление АВ-проводимости (АВ-блокады I степени, реже – II или III степени).

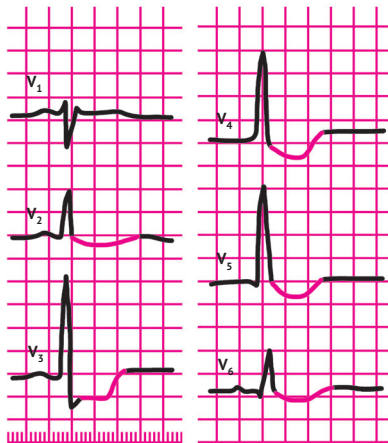


Рис. 9.6. ЭКГ при насыщении сердечными гликозидами. В отведениях V_2 - V_6 заметно ко-рытообразное смещение сегмента RS-T ниже изолинии.