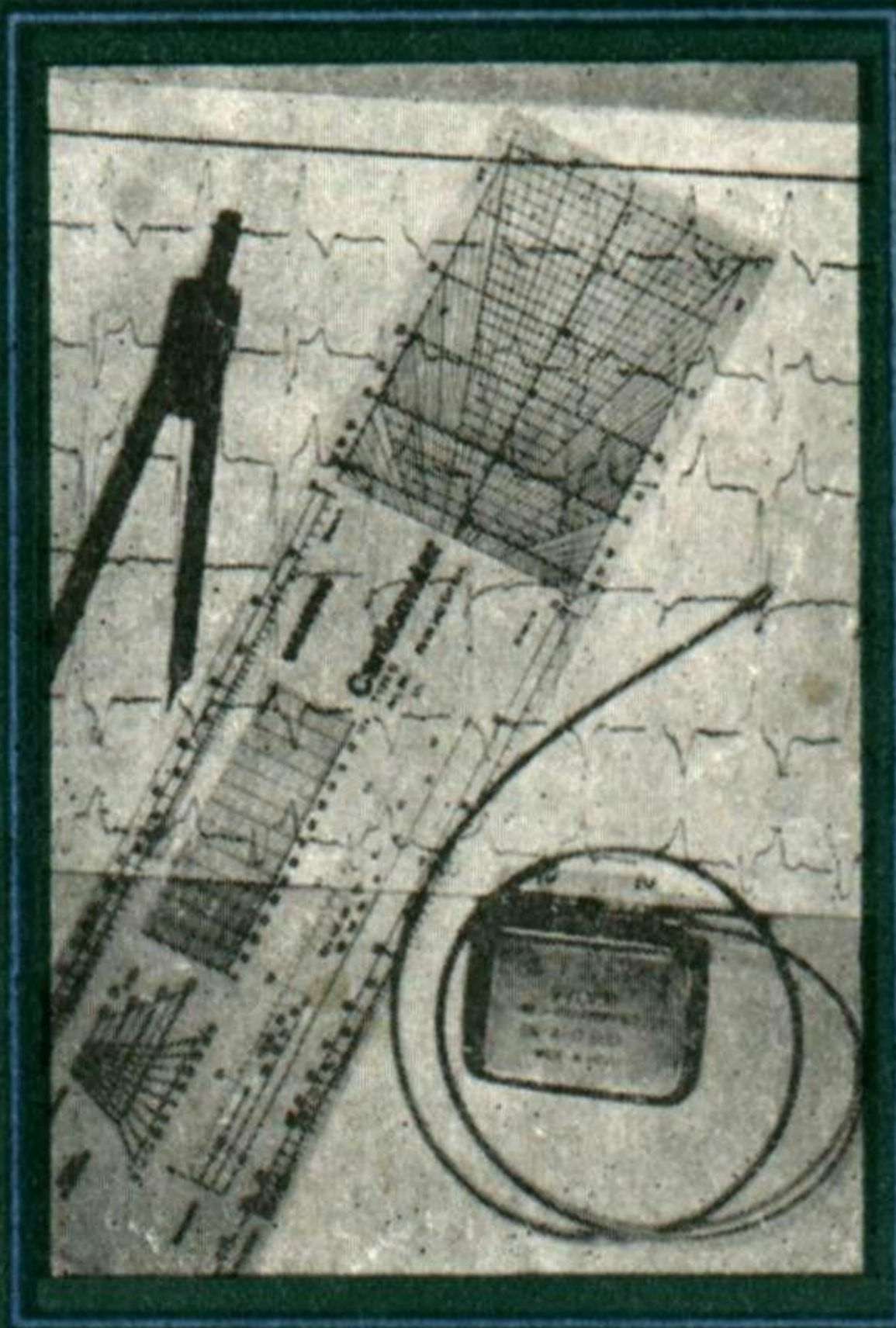


С. С. Григоров  
Ф. Б. Вотчал  
О. В. Костылева

# ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ВОДИТЕЛЕ РИТМА СЕРДЦА



«Медицина»  
1990

Б Б К 54.1

Г83

УДК 616.12-089.843-77:621.3.035.2] -073.97

**Рецензент доктор мед. наук В. Л. Дощин**

Григоров С. С., Вотчал Ф. Б., Костылева О. В.

Г83 Электрокардиограмма при искусственном водителе ритма сердца. — М.: Медицина, 1990. — 240 с: ил. ISBN 5—225—01155—1.

**В монографии представлены данные об электрической стимуляции сердца, используемых методиках и типах электростимуляторов. Рассмотрены ЭКГ при функционировании каждого стимулятора в разных режимах его работы. Большое внимание уделено изменению конечной части желудочкового комплекса и вопросам диагностики инфаркта миокарда на фоне стимуляции.**

**Книга предназначена для терапевтов, кардиологов.**

Г  $\frac{4108040100-205}{039(01)-90}$  98—90

Б Б К 54.1

ISBN 5—225—01155-1

**С. С. Григоров, Ф. Б. Вотчал,  
О. В. Костылева, 1990**

## О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	4
Введение	6
<b>Глава I. Электрокардиографическая характеристика искусственно вызванного желудочкового комплекса .</b>	<b>. 11</b>
Артефакт импульса электрокардиостимулятора .	. 11
Конфигурация искусственного желудочкового комплекса в зависимости от точки приложения стимулятора	17
Выводы	36
<b>Глава II. Типы кардиостимуляторов и режимы стимуляции .</b>	<b>37</b>
<b>Глава III. Диагностика инфаркта миокарда на фоне эндокардиальной стимуляции</b>	<b>99</b>
Влияние электрической стимуляции на конечную часть спонтанного желудочкового комплекса .	. 101
Критерии диагностики инфаркта миокарда при электрической стимуляции сердца	103
Анализ начальной части искусственно вызванного желудочкового комплекса	106
Анализ конечной части искусственно вызванного желудочкового комплекса	114
Анализ спонтанных желудочковых комплексов .	. 121
Выводы	134
<b>Глава IV. Диагностика нарушений в системе стимуляции .</b>	<b>. 136</b>
Нарушение работы электрокардиостимулятора .	. 138
Нарушения в системе стимуляции, обусловленные повышением сопротивления в системе электрокардиостимулятор — электрод — сердце	148
Нарушения, связанные с изменением чувствительности к сердечным сигналам	171
<b>Глава V. Нарушения ритма, обусловленные кардиостимуляцией</b>	<b>180</b>
Выводы	219
Термины, связанные с электрокардиостимуляцией .	. 221
<b>Заключение</b>	<b>224</b>
<b>Список литературы</b>	<b>. 231</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Электрическая стимуляция сердца является наиболее эффективным и перспективным методом лечения нарушений проводимости и ритма. Это самостоятельное направление, разрабатывающее научные и практические вопросы на стыке медицины и техники, хирургии (кардиохирургии) и терапии (кардиологии). Учитывая актуальность проблемы, Политбюро ЦК КПСС на заседании 7.03.85 г. одобрило разработанные правительством мероприятия по более широкому применению в медицинской практике хирургического лечения заболеваний сердца методом электростимуляции. Планируется расширение сети центров по электрокардиостимуляции, увеличение выпуска электрокардиостимуляторов (ЭКС) и электродов, разработка новых электрокардиостимуляторов с более широкими функциональными возможностями. Необходимо учитывать, что количество больных с имплантированными ЭКС будет увеличиваться, будут внедряться все более сложные их модели, в том числе многофункциональные программируемые. Больные с имплантированными ЭКС будут наблюдаться не только в специализированных центрах, но и в больницах и поликлиниках общей сети. Следовательно, на всех этапах наблюдения и лечения к врачам предъявляются большие требования: они должны уметь правильно оценить состояние больного с ЭКС, выявить, есть ли нарушения в системе стимуляции и при необходимости оказать больному квалифицированную помощь.

В ведущих центрах имеется импортная и разрабатывается отечественная аппаратура для контроля работы ЭКС до и после имплантации. Однако в большинстве республиканских и межобластных центров, в поликлиниках, кардиологических кабинетах и отделениях такой аппаратуры пока нет. Простым и доступным методом контроля эффективности электростимуляции сердца и состояния стимулирующей системы (ЭКС — электроды) в практике здравоохранения является электрокардиография. Предлагаемая читателю работа посвящена анализу ЭКГ при электрической стимуляции сердца. Материал в книге располо-

жен таким образом, чтобы широкий круг врачей мог овладеть методикой анализа ЭКГ при электрокардиостимуляции. Дается основное представление о форме желудочкового комплекса при эндокардиальной стимуляции правого желудочка, анализируются различные факторы (исходное состояние внутрижелудочковой проводимости, местоположение электрода), оказывающие влияние на форму искусственного комплекса. Проводятся различные варианты нормальной ЭКГ при навязанном ритме и характеристика конечной части желудочкового комплекса на его фоне. Предложены и детально описаны дифференциально-диагностические признаки нарушений в системе электростимуляции (переломы электродов, истощение источника питания и нарушения в электронной схеме ЭКС). Обсуждаются критерии, позволяющие дифференцировать изменения, обусловленные стимуляцией, с изменениями, связанными с возникновением острой коронарной недостаточности. Все главы снабжены большим иллюстративным материалом с обстоятельной интерпретацией данных.

Книга является первым отечественным руководством, в котором обобщен многолетний опыт работы авторов по электрической стимуляции сердца.

Мы с благодарностью примем все критические замечания и предложения.

А в т о р ы

## ВВЕДЕНИЕ

Начало клинической электростимуляции обычно связывают с именем американского доктора А. Нуман. В 1930 г. он начал работу по созданию специального аппарата, целью которого являлось нанесение электрического импульса на сердце при его остановке. В мае 1932 г. такой прибор был создан и использован для стимуляции предсердий при отказе синусового узла в эксперименте на животных. Позже А. Нуман назвал свой аппарат «artificial pacemaker» — искусственный водитель ритма, и этот термин получил всемирное распространение и признание. Он не сделал сообщений об исследованиях на человеке, возможно, из-за того, что в то время было слишком много противников «отехничивания» медицины, а эксперименты на людях рассматривались как кощунственные вмешательства.

Однако в своих работах А. Нуман ссылаясь на более ранние исследования в этом направлении. В 1929 г. австралийский врач М. С. Lidwell совместно с физиком М. Booth разработали и применили аппарат для стимуляции сердца. Исследования проводились на мертворожденных младенцах. Один, монополярный, электрод вводили прямо в сердце, другой, индифферентный, прикладывали непосредственно к коже после предварительного смачивания его в физиологическом растворе. В одном случае, когда обычные реанимационные мероприятия были безуспешны, стимуляция желудочков позволила реанимировать младенца. Через 10 мин стимуляция была прекращена, у ребенка появились признаки жизни. Он выжил. Вероятно, именно этот случай следует считать первым клиническим опытом применения кардиостимуляции.

Современная эра искусственной стимуляции сердца относится к началу 50-х годов и одновременно с этим начинается «золотая декада» кардиостимуляции. Неоценимый вклад в развитие ее принадлежит американскому врачу Р. М. Zoll. В экспериментах на животных он установил, что электрический импульс, нанесенный на наружную поверхность грудной клетки, может быть использован для

стимуляции сердца. В неоднократно повторенных опытах была доказана простота, безопасность и быстрота восстановления сердечной деятельности после нанесения электрических импульсов определенной характеристики через накожные электроды. Это послужило основанием к использованию данного метода у человека для устранения асистолии желудочков. В ноябре 1952 г. Р. М. Zoll опубликовал выдающуюся работу, в которой сообщил об успешном восстановлении сердечной деятельности у двух больных с остановкой сердца при помощи наружной кардиостимуляции. Электрическая стимуляция сердца через закрытую грудную клетку требовала значительно большего напряжения и силы тока, чем при прямом наложении электродов на эпикардальную поверхность желудочков. Однако необходимость выполнения торакотомии в ургентных ситуациях делала этот способ неприемлемым для широкого практического применения. Временное использование наружной стимуляции сердца и первый клинический успех Р. М. Zoll явились мощным толчком к дальнейшему развитию и разработке новых способов электрической стимуляции.

В ноябре 1953 г. J. F. Dammann, M. Darsie, Ch. Smith применили наружную кардиостимуляцию у больного с полной атриовентрикулярной блокадой, развившейся после хирургического вмешательства на клапанах, и осуществляли ее в течение 62 ч. Данный случай не был опубликован, но был представлен в виде сообщения на 2-м Всемирном конгрессе кардиологов. По-видимому, он является первым случаем использования стимуляции при блокадах травматического происхождения.

Популяризатором портативных стимуляторов на электронной основе, а также техники миокардиального способа введения электродов стала большая группа специалистов во главе с С. W. Lillehei. Он и его сотрудники сделали многое для того, чтобы кардиостимуляция стала обычной процедурой при лечении атриовентрикулярной блокады сердца, возникшей вследствие кардиохирургических операций. Кроме того, они пропагандировали методику введения миокардиальных электродов через кожу в экстремальных ситуациях при развитии приступа Морганьи — Адамса — Стокса. В январе 1957 г. такой переносной стимулятор для временной миокардиальной стимуляции был создан и внедрен в клинику. Активный электрод при этом вводили в миокард правого желудочка, индифферентный укрепляли на коже. В том же году F. Olsted, W. J. Kolff, D. B. Effler

выполнили стимуляцию с фиксацией обоих электродов в миокарде правого желудочка.

Не вызывал сомнений тот факт, что выведение больного из приступа Морганьи — Адамса — Стокса остается трудной задачей. Было очевидно, что надо не только устранять развившийся приступ потери сознания, но и предупреждать его возникновение. Это возможно только при осуществлении постоянной кардиостимуляции. Ряд лабораторий занялись разработкой технических средств для непосредственной стимуляции сердца, которые выдавали бы импульсы с относительно низкой энергией, безопасной для больного.

В 1958 г. S. Furman, G. Robinson, J. V. Schwedel впервые осуществили временную эндокардиальную стимуляцию при помощи монополярного электрода, расположенного в полости правого желудочка, и индифферентного электрода, введенного под кожу грудной клетки. Стимуляция проводилась без осложнений в течение 96 дней. Недостатком такой стимуляции было ее проведение от громоздкого стимулятора, расположенного на специальном столике.

Однако временная стимуляция и аппараты для ее выполнения не решали проблемы и имели много недостатков. Было очевидно, что назрела необходимость в создании имплантируемых кардиостимуляторов. Появление их явилось значительным достижением биоинженерии, чему в определенной степени способствовало производство миниатюрных батареек, транзисторов, инертных пластиков, а также сплавов, устойчивых к различным воздействиям.

В том же году A. Senning и R. Elmqvist создали миниатюрную батарейку и имплантировали больному систему для постоянной кардиостимуляции, состоящую из миокардиальных электродов и стимулятора, расположенного в эпигастральной области. Стимулятор периодически подзаряжался извне.

В 1959 г. S. Hunter впервые имплантировал разработанный N. Roth миокардиальный электрод с «площадкой», который функционировал много месяцев. В том же году W. Chardack и W. Greatbatch разработали первый стимулятор, питание которого полностью осуществлялось от вмонтированной в него ртутной батарейки. В апреле 1960 г. такой стимулятор был имплантирован и подсоединен к электродам Hunter—Roth. Это был стимулятор асинхронного типа.

Первые попытки применения стимуляторов, работающих «по требованию», были сделаны еще в 1953 г.



J. F. Dammann и соавт. Разработанный ими наружным стимулятором выделял спонтанные желудочковые электрические сигналы, а при их отсутствии наносил стимул на желудочек. Этот вариант стимулятора стал предшественником класса стимуляторов, называемых «demand», «standby», «ventricular-inhibited», «R-stop», «ventricular-triggered», т. е. работающих «по требованию», или, как часто мы говорим, в режиме «диманд». Серия стимуляции сердца в режиме «диманд» от наружного аппарата была осуществлена в 1956 г. A. Leatham, P. Cook, J. G. Davies. Использование имплантируемых «диманд» стимуляторов началось в 1963 г., когда F. Zaccouto, A. Jr. Costellanos, L. Lemberg, B. Berkovitz провели ряд операций с использованием подобных аппаратов. С этого времени стимуляция биоуправляемыми стимуляторами стала операцией выбора.

В 1962 г. D. A. Nathan, S. Center, C. J. Wu произвели имплантацию первого бифокального стимулятора — Р-синхронизированного, разработанного J. Keller, тем самым открыв эру физиологической стимуляции.

В СССР в эксперименте вопросы стимуляции впервые разработаны Н. С. Джавадяном, Е. Б. Бабским и Л. С. Ульянинским (1959—1960), а первые имплантации кардиостимуляторов (ЭКС) миокардиальным способом произведены в 1962 г. под руководством академика А. Н. Бакулева. Большой вклад в развитие метода электрической стимуляции сердца внесли факультетская хирургическая клиника имени А. С. Спасокукоцкого II ММИ (В. С. Савельев, Ю. Ю. Бредикис, Б. Д. Савчук, И. Г. Костенко, С. Н. Игнатенко, А. А. Спиридонов) и ИССХ имени А. Н. Бакулева (А. С. Ровнов, С. С. Григоров, Ф. Б. Вотчал, П. М. Гирихиди). Были разработаны первые отечественные ЭКС (асинхронный аппарат ЭКС-2 «Москит», R-запрещаемый и Р-волновый стимуляторы). Однако миокардиальная стимуляция связана с рядом технических трудностей, что ограничивало применение данного метода. Хотя уже в то время был известен способ трансвенозного введения электрода в полость сердца, эндокардиальный доступ не получал широкого признания в связи с рядом осложнений, связанных с введением электрода (в частности, дислокация электрода и пенетрация его в миокард). В 1962 г. Lagergreen и Johansson создали надежно функционирующие системы для эндокардиальной стимуляции, которые позволили широко внедрить данный метод.

В нашей стране первая постоянная стимуляция сердца посредством введения электрода через v. cervicalis выполнена

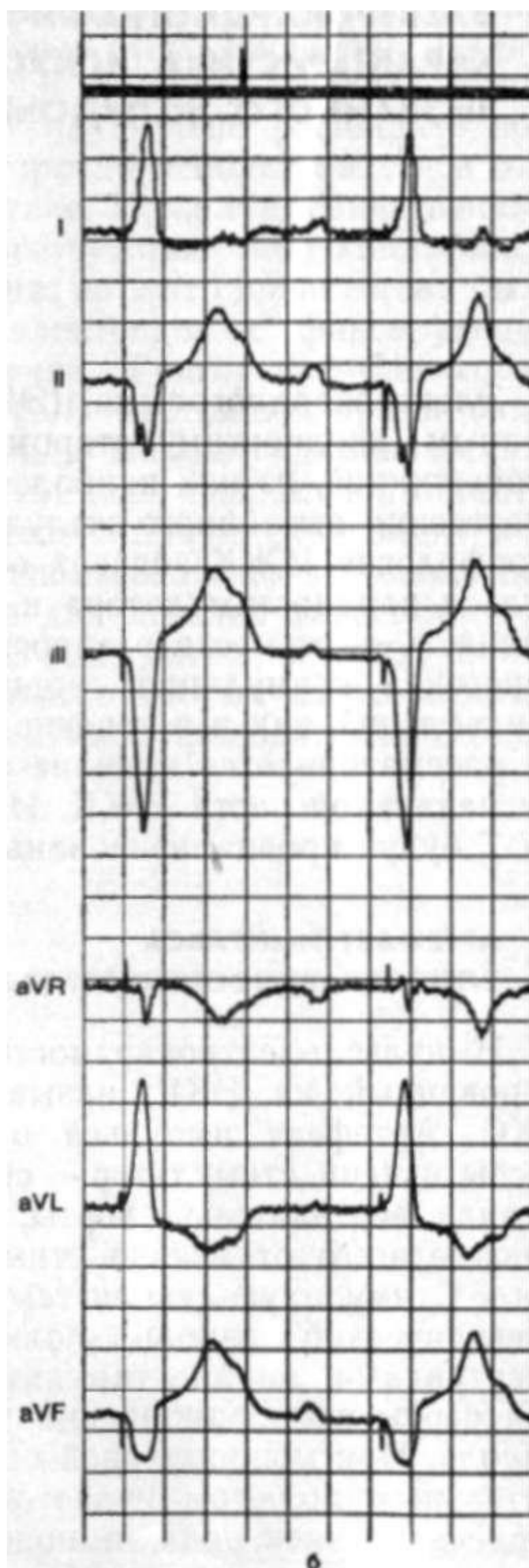
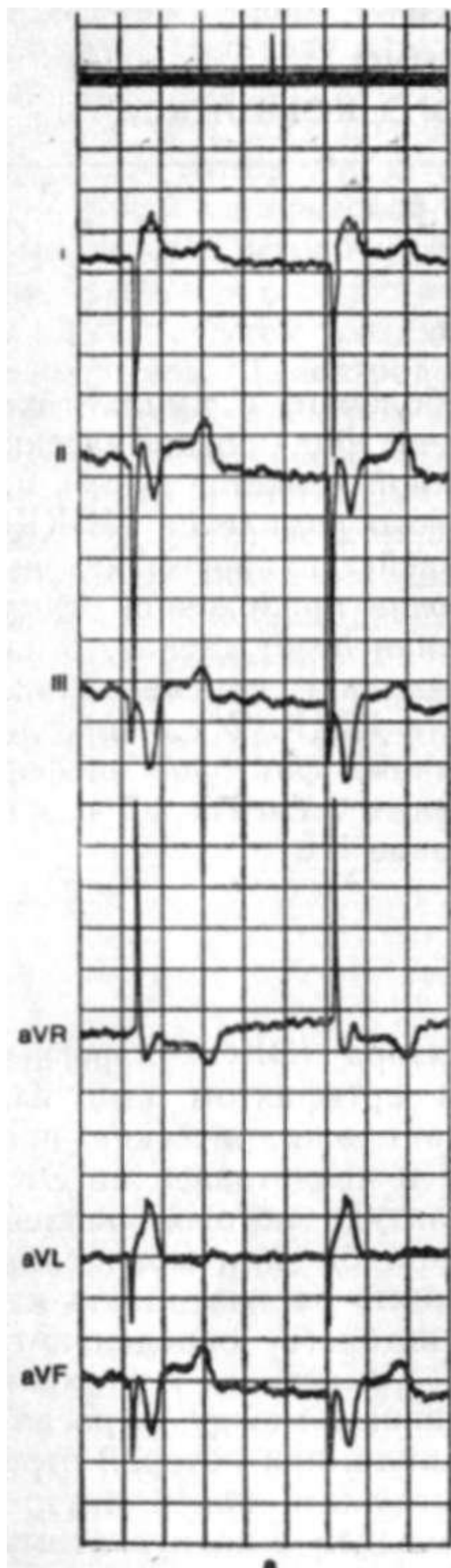
нена в 1966 г. С. С. Григоровым и др. С этого момента начинается бурное развитие и широкое внедрение в клиническую практику электрической стимуляции при различных нарушениях проводимости и ритма сердца. Новая техника операции позволила значительно расширить возможности метода, и он стал прочно использоваться в отечественной клинической практике. Пожалуй, единственным недостатком метода является отсутствие надежной фиксации электрода в полости сердца, но и это препятствие было устранено путем создания электродов с фиксирующим устройством (электрод-буравчик Григорова — Назырова, серповидный электрод и др.). В настоящее время эндокардиальный способ стимуляции широко применяется во всем мире и составляет 95% от всех операций имплантации ЭКС. Простота и надежность применения электрической стимуляции позволяет использовать ее не только для борьбы с брадикардией, но и для лечения тахисистолических пароксизмальных нарушений ритма, в связи с чем электрическая стимуляция прочно заняла место в комплексном лечении нарушений ритма и проводимости сердца.

## **ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИСКУССТВЕННО ВЫЗВАННОГО ЖЕЛУДОЧКОВОГО КОМПЛЕКСА**

Электрокардиограмма (ЭКГ) больного с имплантированным кардиостимулятором имеет ряд специфических особенностей, из них наиболее важной является форма искусственно вызванного желудочкового комплекса (ИЖК). Морфология ИЖК зависит от воздействия артефакта импульса кардиостимулятора и от точки приложения стимуляции, т. е. от места распространения возбуждения. Электрическая стимуляция сердца вызывает изменения как в начальной, так и в конечной части ИЖК. В данной главе рассматривается влияние различных факторов на форму начальной части ИЖК. Изменения сегмента *ST* и зубца *T* будут проанализированы в главе III.

### **АРТЕФАКТ ИМПУЛЬСА ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРА**

Импульс электрокардиостимулятора (ЭКС), зарегистрированный на ЭКГ, называется артефактом импульса ЭКС. Артефакт импульса отражает электрические процессы в цепи стимулятор — сердце и представлен на ЭКГ в виде вертикальной черты, амплитуда которой зависит прежде всего от метода стимуляции: би- или монополярного. Стимулирующую систему принято рассматривать как электрический диполь, полюса которого определяются электродами кардиостимулятора. Амплитуда вертикальной черты пропорциональна расстоянию между полюсами диполя. При монополярной стимуляции, при которой отрицательным полюсом является дистальный конец внутрисердечного электрода, а положительным — корпус стимулятора, амплитуда артефакта значительно больше, чем при биполярной стимуляции, при которой оба полюса находятся в дистальной части электрода на расстоянии нескольких сантиметров друг от друга (рис. 1). На ЭКГ, зарегистрированной с поверхности тела, амплитуда арте-



**Рис. 1. Различная величина амплитуды артефакта при монополярной (а) и биполярной (б) стимуляции правого желудочка.**

факта при монополярной стимуляции составляет 1 — 3 мВ, при биполярной — меньше 1 мВ, поэтому во втором случае искажение комплекса *QRS* будет значительно меньше, чем при монополярной стимуляции. Амплитуда артефакта импульса на ЭКГ зависит от конституции больного, фазы дыхания, технических показателей выходного каскада кардиостимулятора и т. д. Следует отметить, что в ближайшем послеоперационном периоде наблюдается выраженная динамика амплитуды артефакта импульса: она значительно увеличивается к 3—4-му дню после начала стимуляции и

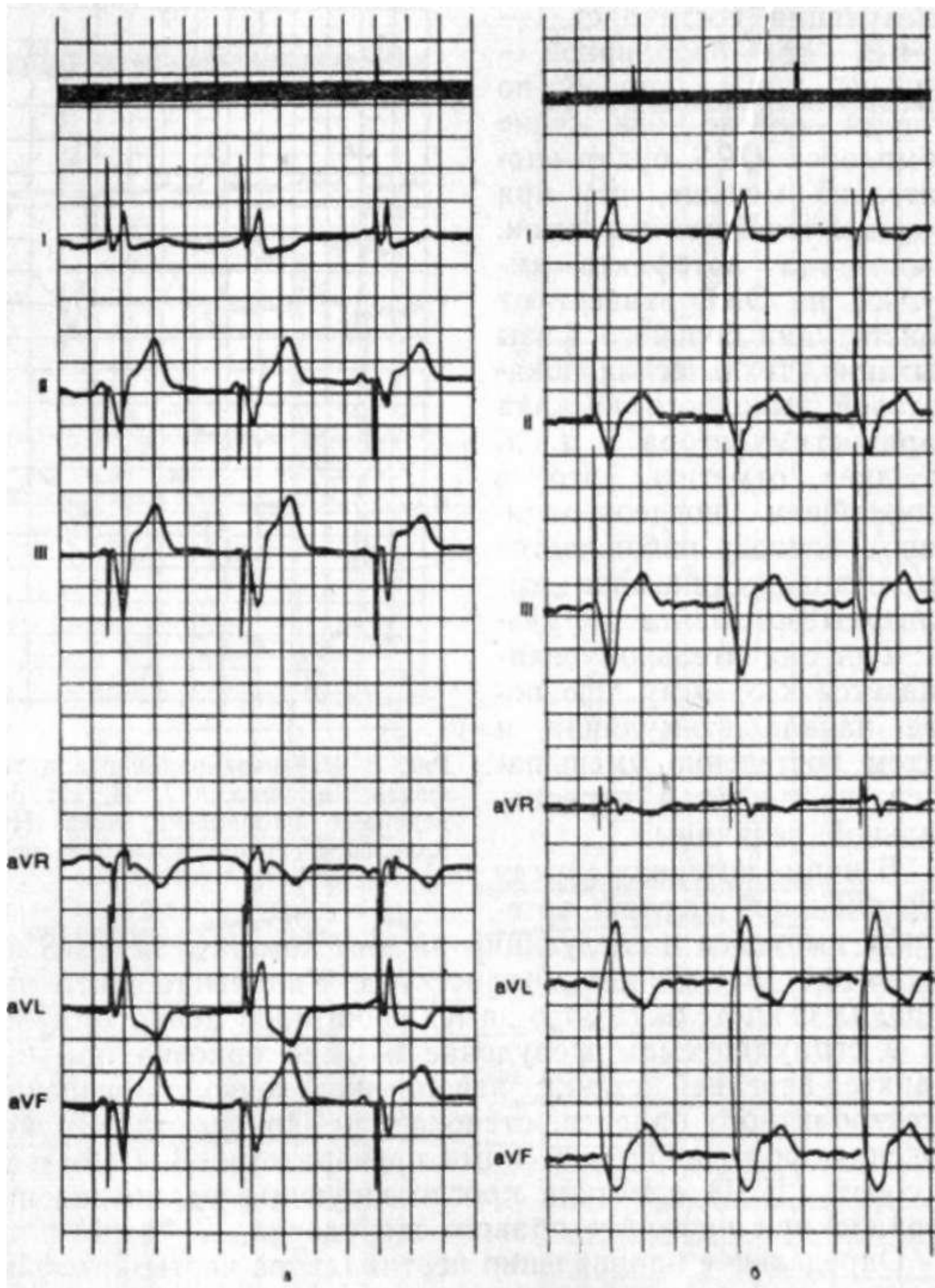


затем постепенно уменьшается, не достигая первоначальной величины.

В норме интервал между вертикальной чертой артефакта импульса и следующим за ним комплексом *QRS* не превышает нескольких миллисекунд. Удлинение этого интервала свидетельствует о замедлении проведения импульса в стимулируемом желудочке и было описано при инфаркте передней стенки левого желудочка, нарушении электролитного баланса, стенокардии Принцметала и интоксикации антиаритмическими препаратами. В. Belhasseh и соавт. (1981) отметили прогрессирующее удлинение интервала при инфаркте правого желудочка.

Определение направления вертикальной черты артефакта импульса по отношению к изоэлектрической линии в трех стандартных отведениях ЭКГ позволяет приблизительно вычислить направление вектора артефакта во фронтальной плоскости, который определяется пространственным положением полюсов стимулирующей системы по отношению друг к другу. Артефакт импульса имеет направление от отрицательного к положительному адёддрдГ ческону полюсу.

**Рис. 2. Вертикальная черта артефакта импульса в I, II, III отведениях направлена вниз. Направление вектора артефакта равно  $-115^\circ$ .**



**Рис. 3. Направление вектора артефакта импульса при декстрокардии. Дистальный конец электрода расположен в верхушке правого желудочка, корпус ЭКС — в правой дельтовидно-пекторальной области.**

а — наложение электродов обычное. Вертикальная черта артефакта импульса в I отведении направлена вверх, в III отведении — вниз. Направление вектора артефакта импульса равно  $-30^\circ$ ; б — зеркальное наложение электродов (красный — на левую руку, желтый — на правую; черный — на левую ногу, зеленый — на правую). Вертикальная черта артефакта импульса в I отведении направлена вниз, в III отведении — вверх. Направление вектора артефакта импульса равно  $+125^\circ$

При монополярной стимуляции направление артефакта импульса зависит от положения ЭКУ. При наличии дистального конца электрода в верхушке правого желудочка и расположении корпуса стимулятора в правой дельтовидно-пекторальной области направление вектора артефакта импульса находится в пределах  $-75-150^\circ$  (рис. 2). Естественно, это положение справедливо для обычного расположения сердца в грудной клетке, при декстрокардии направление вектора артефакта импульса будет таким же, как при расположении ЭКС в левой дельтовидно-пекторальной области (рис. 3, а, б).

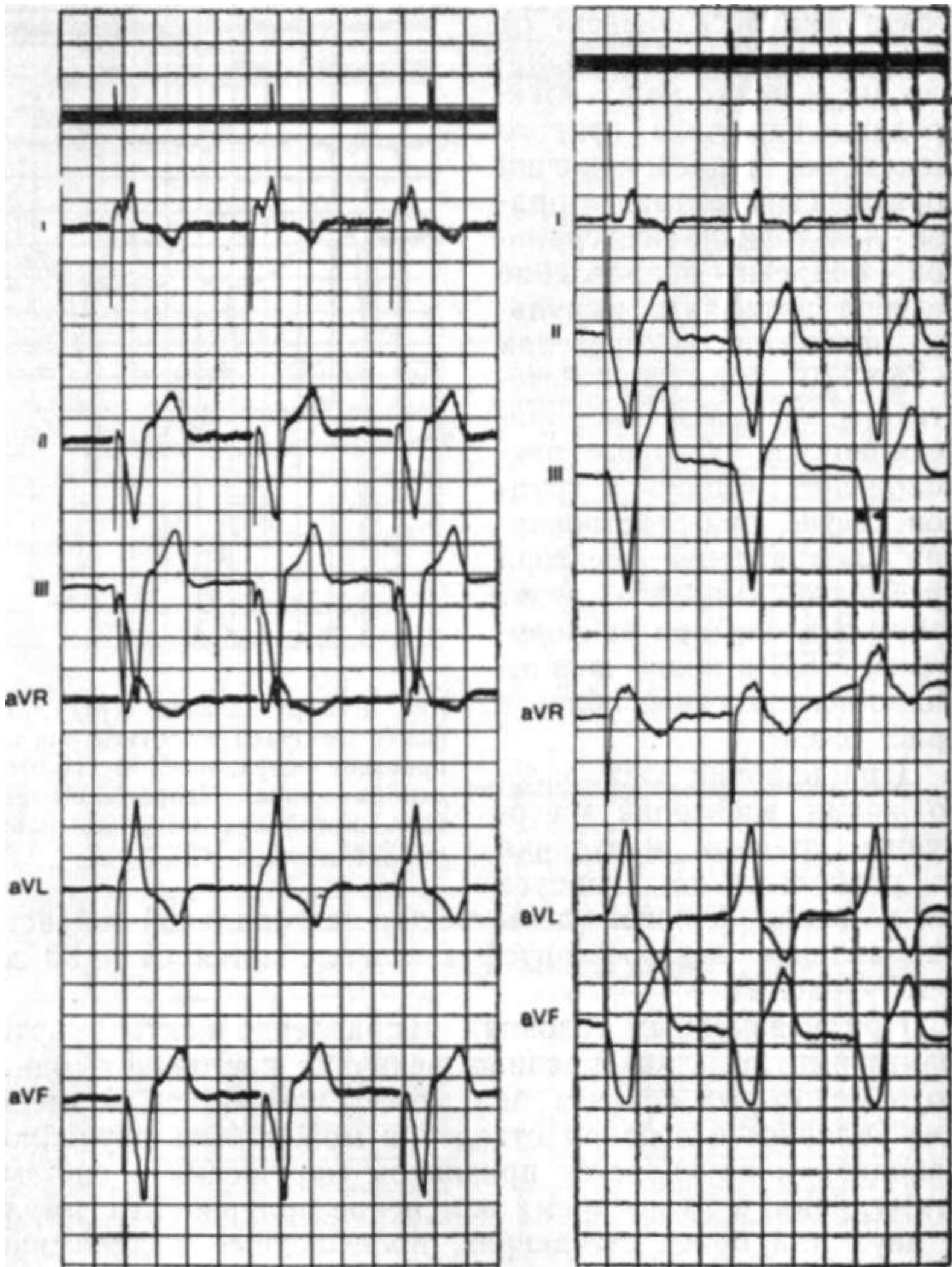
При наличии дистального конца электрода в верхушке правого желудочка и расположении корпуса стимулятора в левой дельтовидно-пекторальной области направление вектора артефакта колеблется от  $+30$  до  $-30^\circ$  (рис. 4).

При неизменных условиях направление вектора артефакта импульса, как правило, величина постоянная, однако в некоторых случаях она может изменяться. Изменение полярности в одном отведении может быть случайной находкой и не является признаком нарушения в системе стимуляции, в то же время изменение полярности стимула в двух или более отведениях, происшедшее в динамике, обычно указывает на неисправность в системе стимуляции (рис. 5, а, б).

Прежде чем перейти к описанию вариантов ИЖК, отметим необходимость регистрации ЭКГ во всех 12 общепринятых отведениях, так как использование только стандартных отведений может привести к диагностическим ошибкам.



Рис. 4. Вертикальная черта артефакта импульса в I отведении направлена вверх, во II и III отведениях — вниз. Направление вектора артефакта импульса равно  $-30^\circ$ .



**Рис. 5. Изменение направления вектора артефакта импульса, связанное с нарушением изоляции электрода.**

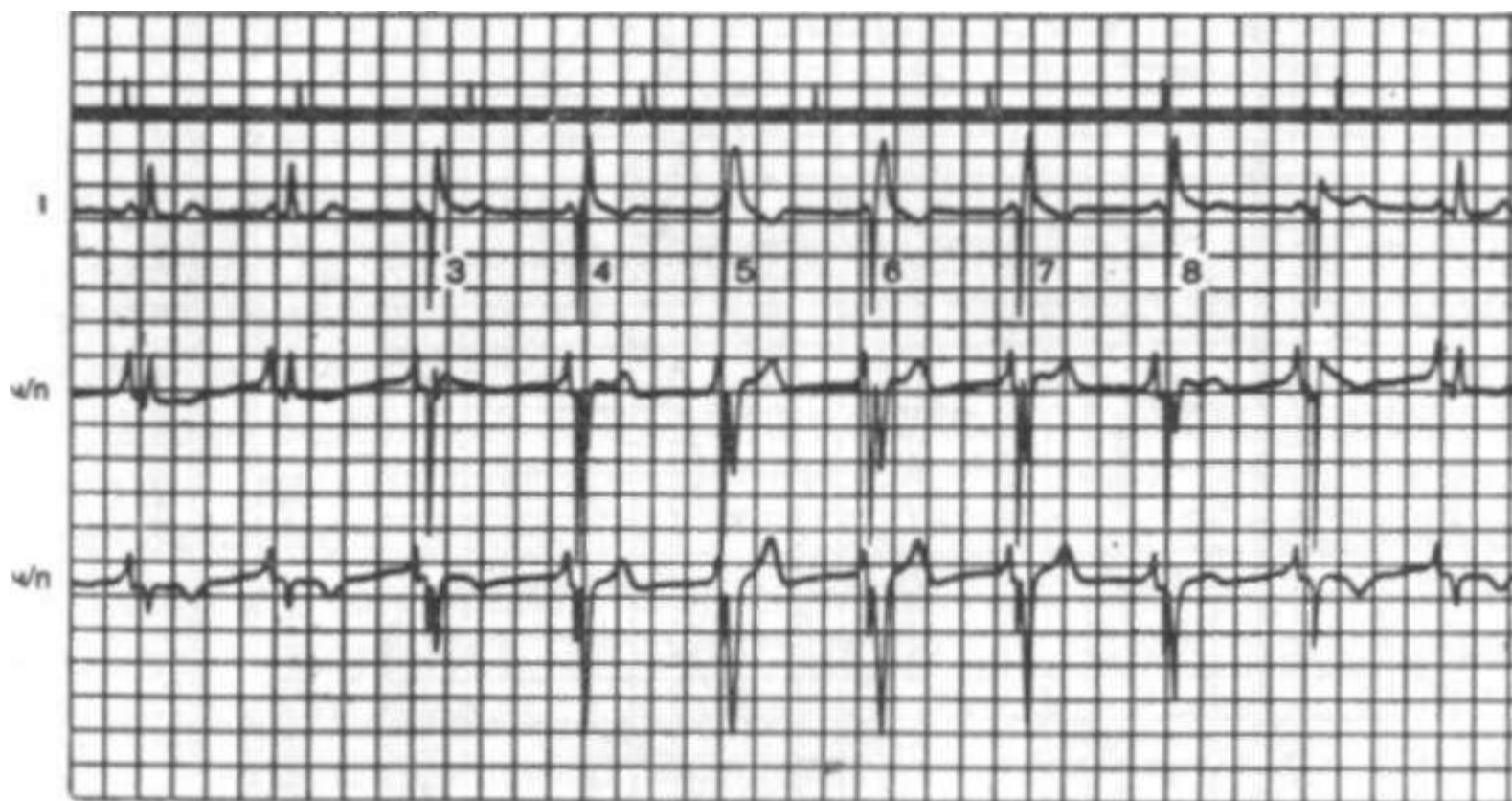
**а** — на первоначально зарегистрированной ЭКГ артефакт стимула во всех стандартных отведениях, кроме aVR, направлен вниз; **б** — на ЭКГ, снятой через 35 мес, артефакт стимула в этих же отведениях направлен вверх.



## КОНФИГУРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ЖЕЛУДОЧКОВОГО КОМПЛЕКСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЧКИ ПРИЛОЖЕНИЯ СТИМУЛЯТОРА

Анализ ЭКГ у больного с имплантированным ЭКС следует начинать с оценки комплексов и интервалов между ними, при этом могут регистрироваться спонтанные, искусственно вызванные, сливные и псевдосливные желудочковые комплексы. Искусственно вызванный желудочковый комплекс отражает активацию миокарда желудочков электрическим импульсом кардиостимулятора. Каждый импульс ЭКС, попавший вне рефрактерного периода миокарда, должен вызвать активацию сердца. При стимуляции желудочков сразу же за артефактом импульса следует комплекс *QRS*, расширенный и деформированный по типу блокады ножки пучка Гиса (НПГ).

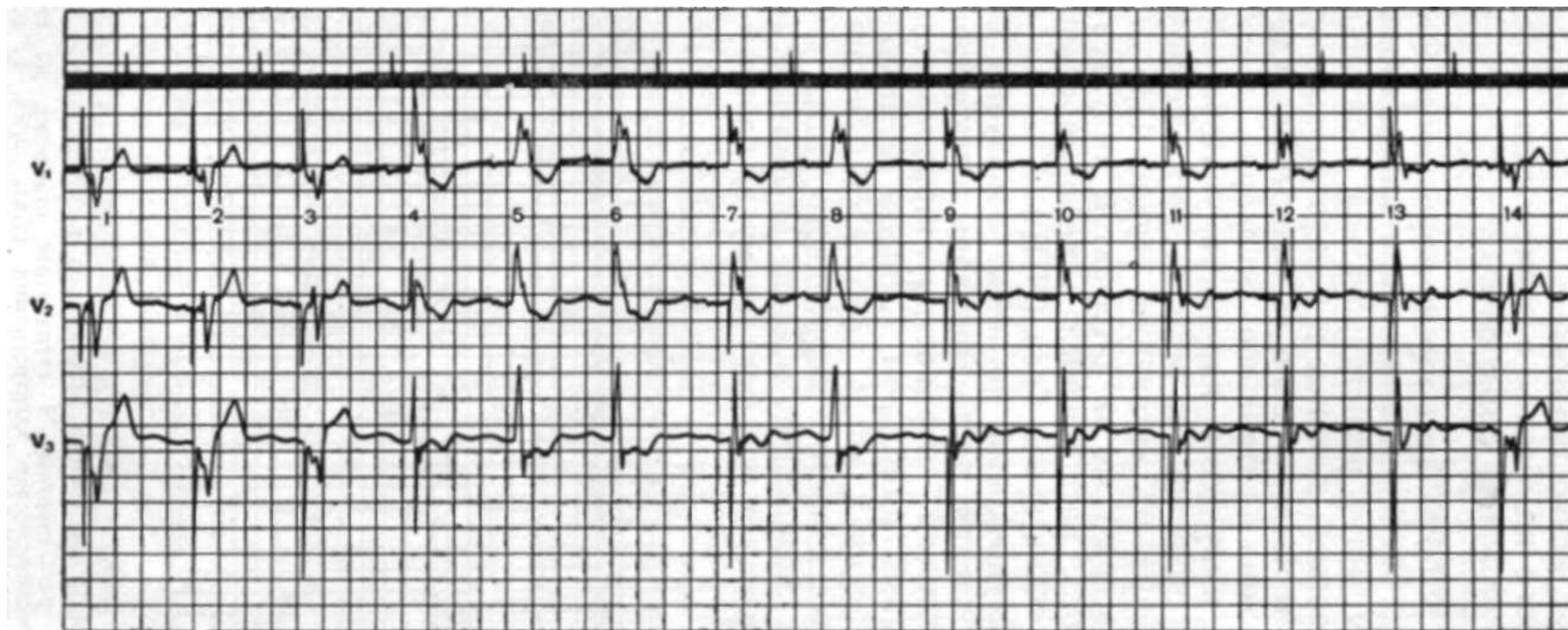
Сливной желудочковый комплекс образуется за счет двойного возбуждения: часть миокарда желудочков активируется импульсом кардиостимулятора, оставшаяся часть — спонтанным импульсом. Сливные комплексы возникают в тех случаях, когда частота стимуляции равна или очень близка к частоте спонтанного ритма. Спонтанному комплексу, возникшему в конце автоматического интервала, предшествует артефакт стимула, поэтому форма



**Рис. 6.** Изменение конфигурации ИЖК в зависимости от степени слияния спонтанного и искусственно вызванного возбуждения.

На верхней кривой регистрируется I стандартное отведение, на средней и нижней кривой — чреспищеводная электрограмма (ч/п); 3, 4, 5, 6, 7, 8 — сливные комплексы различной формы.

На ч/п хорошо видно наличие различной продолжительности интервалов P — Sf.



**Рис. 7. Конфигурация желудочкового комплекса при исходной блокаде правой ножки пучка Гиса (НПГ) и различной степени возбуждения желудочков электрическим импульсом.**

1, 2, 3, 14 — навязанные комплексы, вызванные искусственным возбуждением; 5, 6, 8 — спонтанные комплексы с полной блокадой правой НПГ; 4 — псевдосливной комплекс; 7, 9, 10, 11, 12, 18 — сливные комплексы с различной степенью слияния.

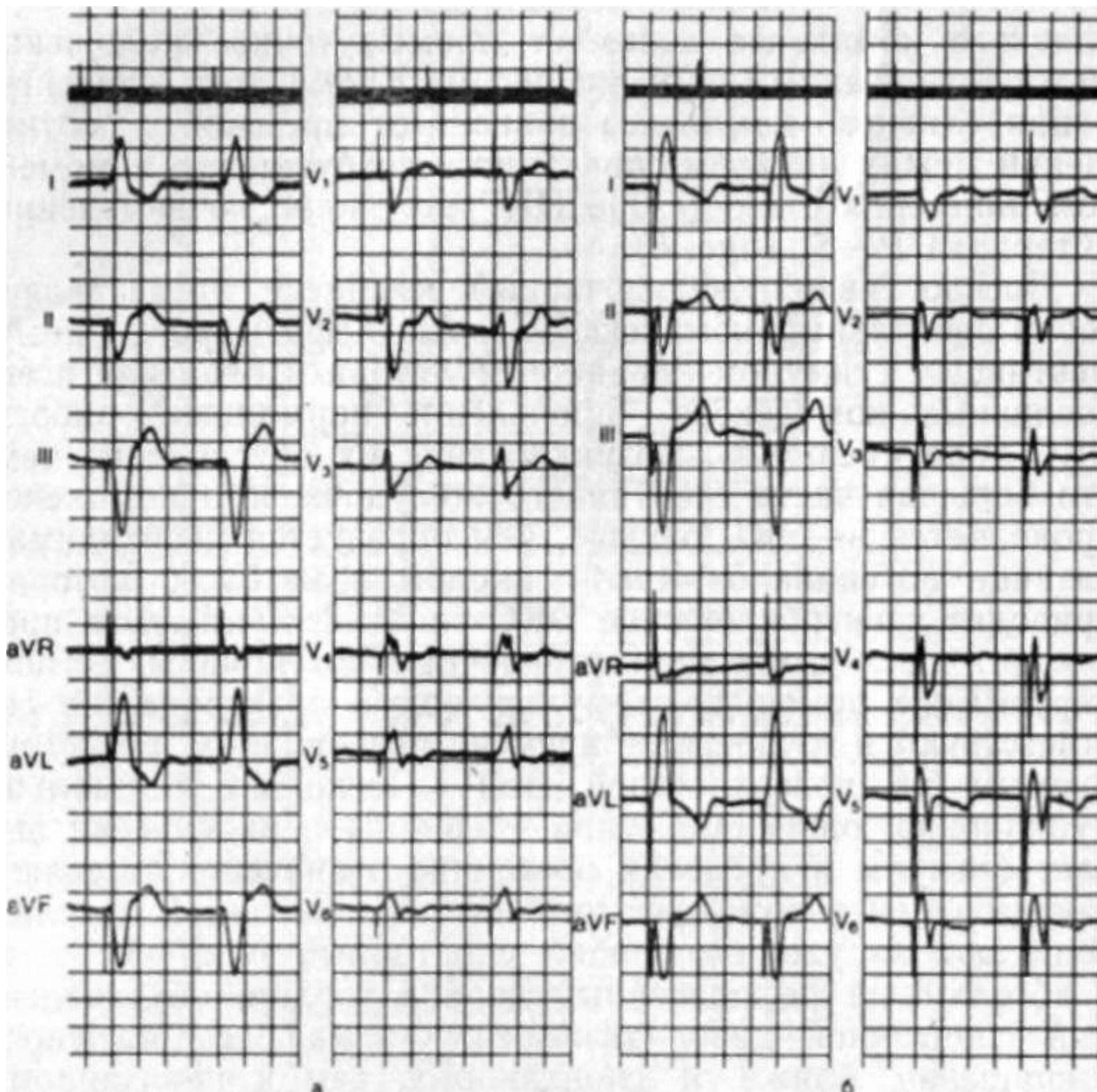
сливного комплекса занимает промежуточное положение между спонтанным и навязанным. Кроме того, конфигурация сливного комплекса зависит от временных соотношений между началом спонтанного возбуждения и моментом нанесения стимула. На ЭКГ это видно по изменению интервала  $P-St$  (рис. 6).

Псевдосливной желудочковый комплекс представляет собой спонтанный комплекс, который деформирован неэффективным стимулом кардиостимулятора. Появление псевдосливных комплексов — проявление нормальной работы ЭКС типа «demand». Возникновение их обусловлено тем, что большая часть спонтанного желудочкового комплекса проявляется на ЭКГ раньше, чем образуется необходимая разница потенциалов между анодом и катодом, которая приводит к ингибированию ЭКС типа «demand». Это происходит потому, что внутрисердечные потенциалы, регистрируемые с помощью стимулирующего электрода, не соответствуют в точности по времени потенциалам, регистрируемым на поверхностной ЭКГ. Поскольку нормально функционирующий ЭКС типа «demand» периодически выдает стимулы в пределах постоянного значения выскакивающего или автоматического интервалов, они (стимулы) попадают на уже возникший спонтанный комплекс т. е. в абсолютный рефрактерный период сердца, обусловленный спонтанной деполяризацией. Форма псевдосливного

сокращения ближе к спонтанному, чем к навязанному комплексу. Подобные комплексы отчетливо видны при блокаде правой ножки пучка Гиса (НПГ) или экстрасистолии из левого желудочка (рис. 7). Практически важно подчеркнуть, что наличие неэффективного стимула в псевдосливных комплексах не является признаком нарушения в системе стимуляции.

Морфология ИЖК отличается значительной вариабельностью, что связано прежде всего с местом стимуляции и особенностями активации межжелудочковой перегородки (МЖП) и желудочков. Общеизвестно, что при стимуляции правого желудочка форма комплекса  $QRS$  приобретает черты, характерные для полной блокады левой НПГ, а при стимуляции левого желудочка — правой НПГ, независимо от того, происходит ли стимуляция эндо- или миокардиальным способом (рис. 8, а, б).

При электрической стимуляции желудочка активация сердца происходит в необычной последовательности, не по физиологическим путям проведения, чем и определяется измененная форма комплекса  $QRS$ . Некоторые авторы вы-



**Рис. 8. Форма ИЖК при миокардиальной (а) и эндокардиальной (б) стимуляции правого желудочка.**

сказывают мнение о том, что при стимуляции сердца электрический импульс не достигает проводящей системы желудочков и возбуждение распространяется главным образом непосредственно по мышечным волокнам, что вызывает появление расширенного комплекса *QRS* [Костенко И. Г. и др., 1970; Mower M. M. et al., 1967].

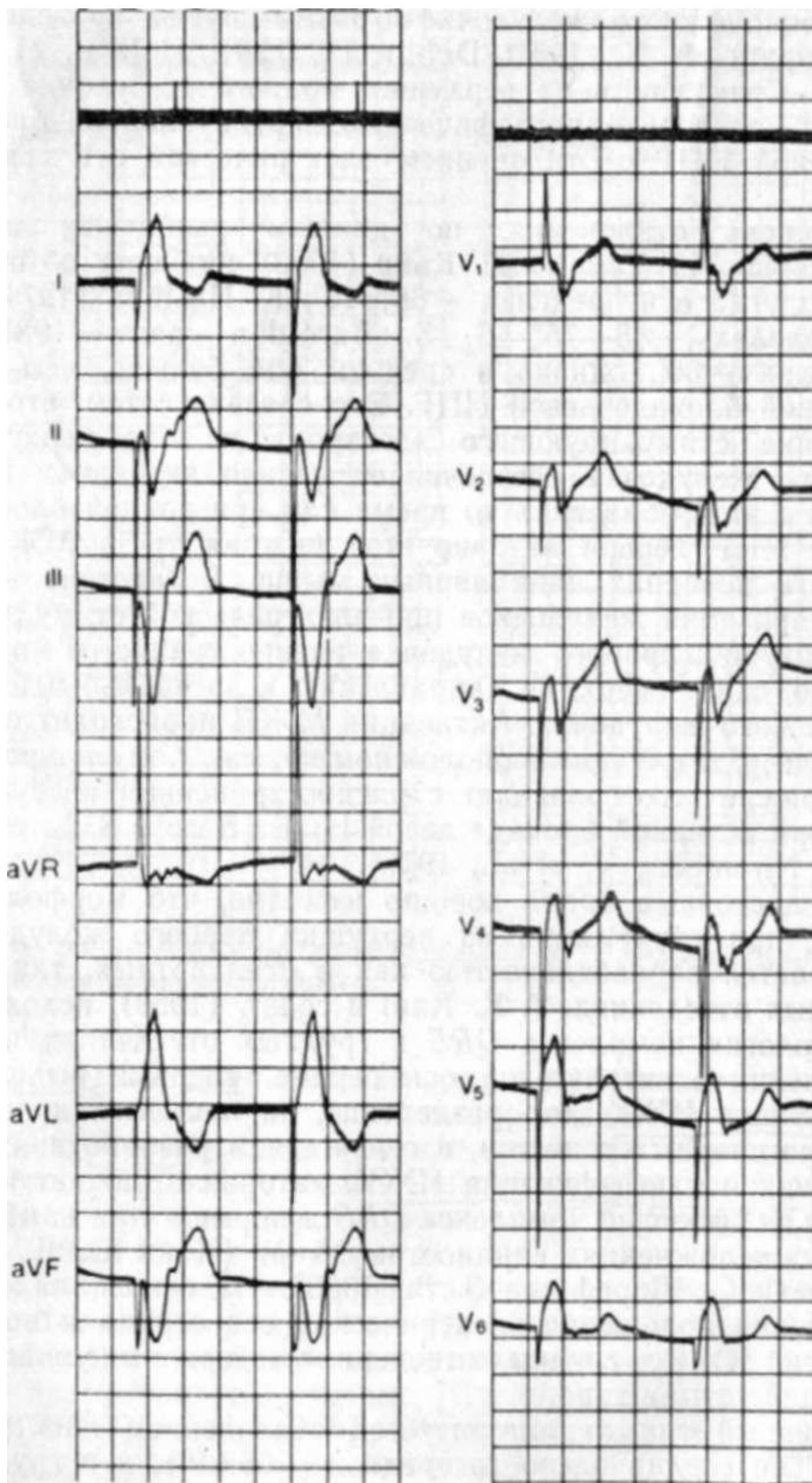
Более обоснованной представляется точка зрения других авторов, которые рассматривают формирование ИЖК как совокупность распространения возбуждения по миокарду и по проводящей системе [Castellanos A. et al., 1968; Zoneraich O. et al., 1968]. Соотношение массы миокарда, деполяризуемого через систему Гиса — Пуркинье, определяет продолжительность и форму комплекса *QRS*, но тип деформации последнего обусловлен местом стимуляции: стимуляция из разных мест желудочка вызывает активацию

противоположного желудочка по разным путям проведения Дегенринг Ф. Х., 1981; Dublin D., 1981; Holt P. et al., 1981]. Стимуляция из верхушки правого желудочка вызывает электрокардиографическую картину полной блокады левой НПГ с отклонением электрической оси сердца влево.

Степень отклонения, по данным различных авторов, варьирует. Так, Ю. Л. Кайк (1982) сообщает об изменениях угла  $\alpha$  в пределах  $-68 \pm 10^\circ$ , К. Hashiba (1974) — в пределах  $-45-75^\circ$ , S. S. Barold и соавт. (1981) в пределах  $-80^\circ$ , однако в среднем она больше, чем при истинной блокаде левой НПГ. Это связано с тем, что положение стимулирующего электрода в зоне верхушки правого желудочка обеспечивает начало активации миокарда в этой области, в то время как при полной блокаде левой НПГ первой активируется нижняя треть МЖП в области передних папиллярных мышц. Вследствие этого деполяризация желудочков при электрической стимуляции из верхушки правого желудочка распространяется справа налево, снизу вверх, по направлению к латеральным отделам левого желудочка. Активация МЖП происходит справа налево, т. е. в противоположном нормальном направлению, после чего совпадает с распространением возбуждения при истинной блокаде левой НПГ [Barold S. S. et al., 1976; Niremberg V. et al., 1977].

В настоящее время хорошо известно, что морфология ИЖК при стимуляции из верхушки правого желудочка отличается вариабельностью как в стандартных, так и в грудных отведениях. Т. К. Kaul и соавт. (1980), исходя из морфологии комплекса *QRS* в грудных отведениях и направления электрической оси сердца, введя, выделили семь типов ИЖК. Это разделение, на наш взгляд, имеет немало спорных аспектов, в связи с чем разработана отечественная классификация ИЖК, которая отражает изменения морфологии комплекса *QRS* в норме и при наиболее частых осложнениях кардиостимуляции [Кайк Ю. Л., Григоров С. С., Дорофеева З. З., 1983]. На основании сопоставления положения электрической оси сердца и конфигурации ИЖК в грудных отведениях авторы выделили следующие четыре типа.

Первый тип характеризуется отклонением электрической оси сердца влево, зубец  $Sv^{1,2}$  — при минимальной амплитуде зубца  $rv^{1,2}$ , либо комплекс  $QS^{V1,2}$  и выраженный зубец  $R^{V5,6}$  (рис. 9).



**Рис. 9. Первый тип ИЖК.**

**В грудных отведениях картина полной блокады левой НПГ.**

Второй тип характеризуется отклонением электрической оси сердца влево (в среднем  $-68 \pm 10^\circ$ ). В грудных отведениях ИЖК имеет форму  $QSv^{1-6}$ , либо  $rSv^{5,6}$  т. е. преобладает зубец S как в правых, так и в левых грудных отведениях (рис. 10, а, б).

Третий тип характеризуется отклонением электрической оси сердца влево (в среднем  $-65 \pm 9^\circ$ ). В грудных отведениях ИЖК имеет признаки полной блокады правой НПГ либо представлен в виде высокого зубца  $Rv^{1-3}$  ( $Rv^1 + Rv^2 + Rv^3 > 0,8$  мВ) (рис. 11). ИЖК данного типа регистрируется только при стимуляции из верхушки правого желудочка.

Четвертый тип характеризуется наличием выраженного зубца  $QS^{I,II,III}$ . В грудных отведениях ИЖК имеет признаки полной блокады левой НПГ либо представлен в виде  $QSv^{1-6}$ . (рис. 12).

Первый и второй типы ИЖК являются наиболее характерными, «типичными», при стимуляции из верхушки правого желудочка и встречаются в большинстве случаев (примерно в 90% всех случаев). Третий и четвертый типы ИЖК регистрируются значительно реже, встречаясь примерно с одинаковой частотой.

Описанные типы ЭКГ могут встречаться как при исходно нормальной, так и при нарушенной внутрижелудочковой проводимости. Исходное состояние внутрижелудочковой проводимости существенно влияет на возникновение только третьего типа ИЖК, который встречается в 6 раз чаще при нарушенной внутрижелудочковой проводимости [Кайк Ю. Л. и др., 1983]. Следовательно, при прочих равных условиях исходное состояние внутрижелудочковой проводимости является существенным фактором для возникновения только третьего типа ИЖК.

Рассмотрим более подробно возможные причины регистрации «нетипичных» ИЖК с нарастанием амплитуды зубца R в правых грудных отведениях или с конфигурацией полной блокады правой НПГ. «Нетипичные» ИЖК, по данным разных авторов, встречаются с частотой от 2 до 18% [Kozłowski J. W., 1977; Ishikawa K. et al., 1980; Kaul T. K. et al., 1980]. Столь большой разброс в частоте мы склонны объяснить отсутствием четких критериев «выраженности» зубца R и, возможно, различным состоянием внутрижелудочковой проводимости. S. S. Barold и соавт. (1969) описали больного с изменениями исходной ЭКГ по типу блокады правой НПГ, у которого при электростимуляции из верхушки правого желудочка ИЖК приобретал

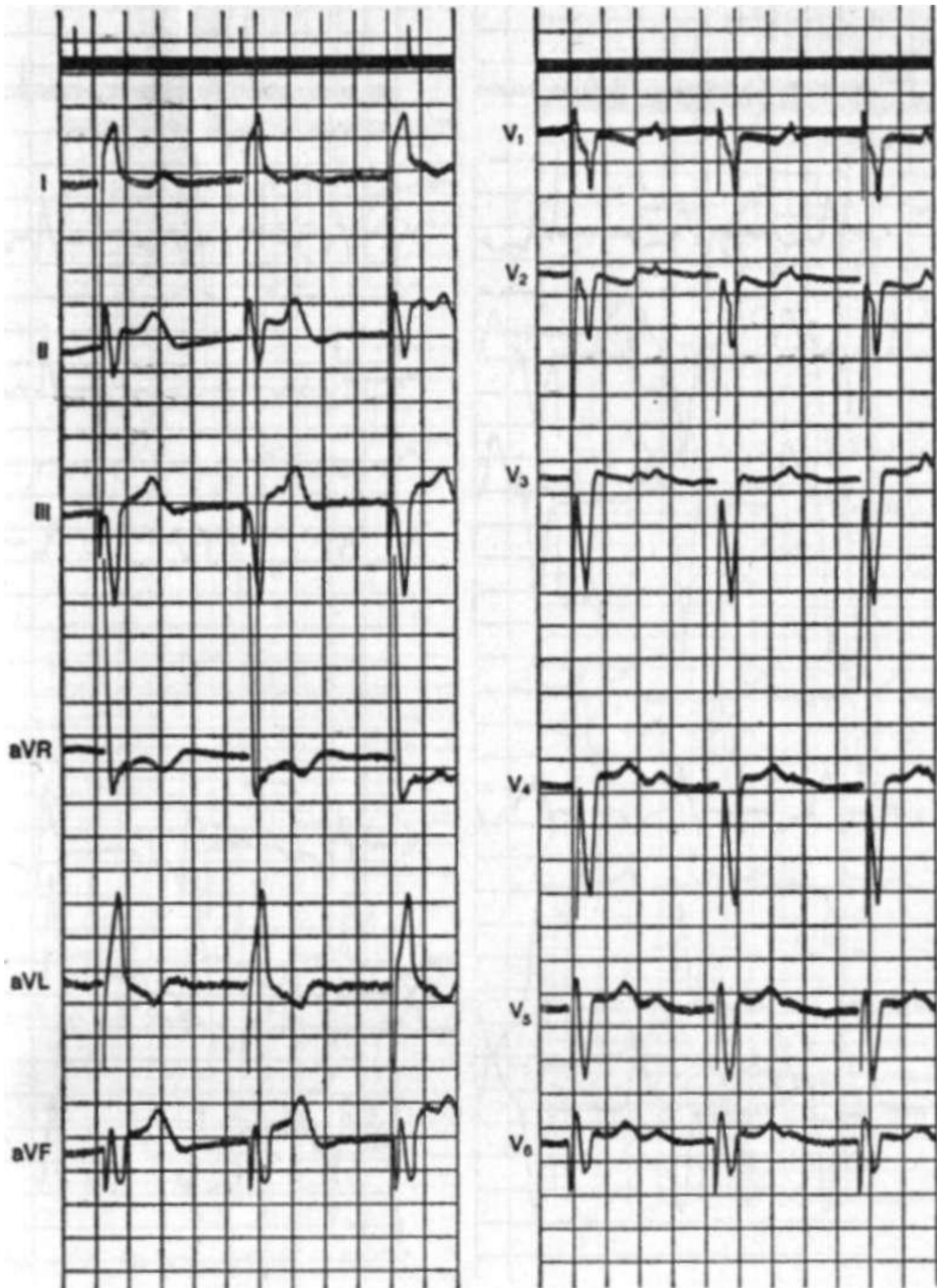


**Рис. 10. Второй тип ИЖК.**

а — в отведениях  $V^1-V^6$  комплекс  $QRS$  представлен в виде  $QS$ ;

форму полной блокады правой НПГ. Такую атипичность ИЖК авторы объяснили тем, что вследствие предшествующего повреждения проводящей системы возбуждение в правом желудочке распространяется медленно и преимущественно через мышечные пути, в то время как при поступлении в левый желудочек оно распространяется как по сократительным волокнам миокарда, так и по проводя-

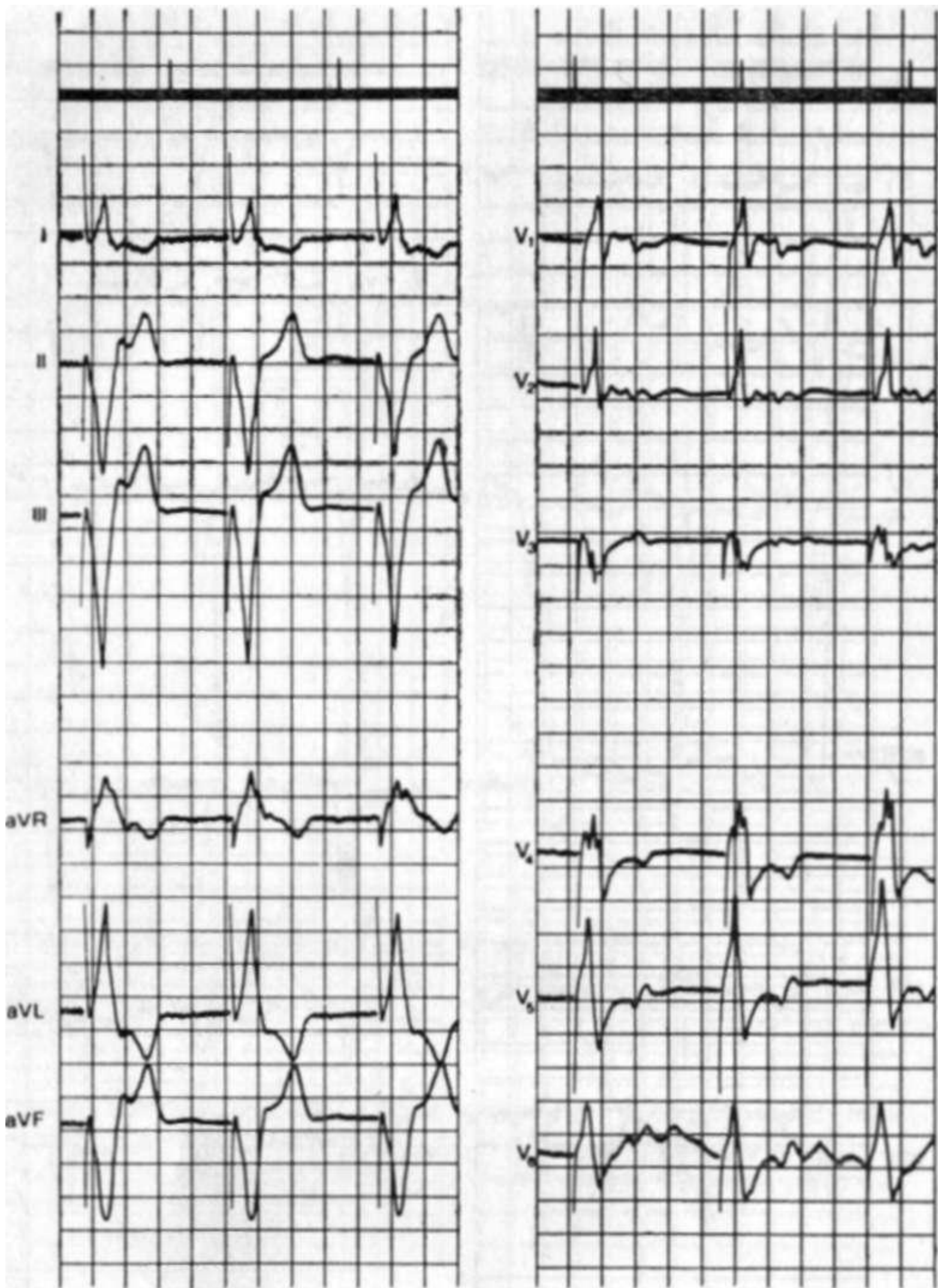




**Рис. 10. Продолжение.**

**б** — в отведениях  $V^5$ — $V^6$  комплекс  $QRS$  в виде  $QS$  (данная ЭКГ зафиксирована при исходной полной блокаде правой НПГ).

щей системе. Данные литературы и собственные наблюдения позволяют считать, что предшествующее нарушение внутрижелудочковой проводимости, особенно по типу блокады правой НПГ, замедляет, а, возможно, в ряде случаев прямо блокирует проведение импульса по специализи-



**Рис. 11. Третий тип ИЖК.**

**В отведениях  $V_1$ — $V_2$  комплекс  $QRS$  представлен высоким зубцом  $R$ .**

рованными структурами правого желудочка, что способствует преимущественному распространению возбуждения по мышечным путям и приводит к возбуждению левого желудочка раньше, чем правого. Таким образом, можно сделать вывод, **ЧТО** наличие ИЖК с выраженными зубцами  $R$  в правых грудных отведениях (при стимуляции из верхуш-

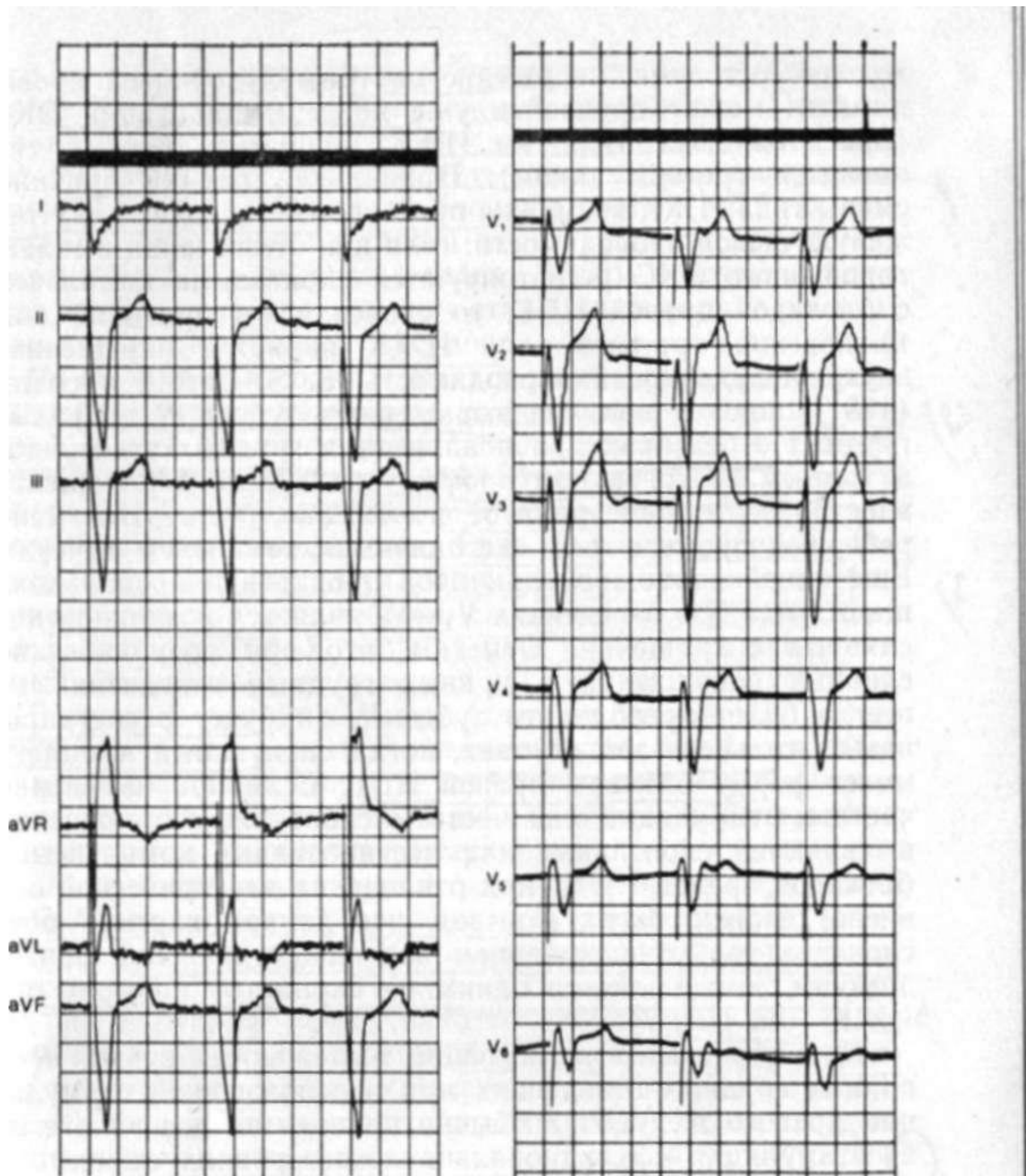


Рис. 12. Четвертый тип ИЖК.

ки правого желудочка) в сочетании с отклонением электрической оси сердца влево является показателем неосложненной стимуляции у больных с нарушением внутрижелудочковой проводимости, особенно с блокадой правой НПГ.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся причины регистрации ИЖК с выраженными зубцами R в правых грудных отведениях (при стимуляции из вершины правого желудочка). Помимо наличия блокады правой НПГ в ис-

ходом состояния, нарушение внутрижелудочковой проводимости может произойти уже после имплантации ЭКС, (при этом изменится тип ИЖК: например, первый тип сменится третьим типом). Правильная оценка причины смены типа ИЖК возможна при анализе состояния внутрижелудочковой проводимости: если при отключении имплантированного ЭКС регистрируются спонтанные комплексы с блокадой правой НПГ, то скорее всего причиной возникновения третьего типа ИЖК является нарушенная внутрижелудочковая проводимость. S. S. Barold и соавт. (1981) описали наличие выраженных зубцов *R* в правых грудных отведениях при локализации грудных электродов в третьем межреберном промежутке. После перемещения электродов и общепринятое понижение (четвертый межреберный промежуток) «нетипичные» комплексы исчезли. Еще одной возможной причиной проявления преобладающего зубца *R* в отведениях  $V^1—V^3$  является возникновение сливных сокращений. Отметим, что при возникновении сливных сокращений в правых грудных отведениях не всегда будет преобладать зубец *R*, он будет регистрироваться только в тех случаях, когда спонтанный комплекс имеет форму блокады правой НПГ. Если при изменении частоты стимуляции или частоты спонтанных сокращений выявляются спонтанные или псевдосливные комплексы с блокадой правой НПГ (при отклонении электрической оси влево), можно сделать вывод, что данная картина обусловлена только нарушением внутрижелудочковой проводимости, т. е. является одним из вариантов нормального ИЖК (см. рис. 7).

Для объяснения регистрации выраженных зубцов *R* в правых грудных отведениях при неосложненной стимуляции правого желудочка обычно приводятся две гипотезы:

а) стимуляция «функционально левосторонних сегментов» правой МЖП и б) вход импульса в проводящие пути желудочка и ретроградное распространение возбуждения.

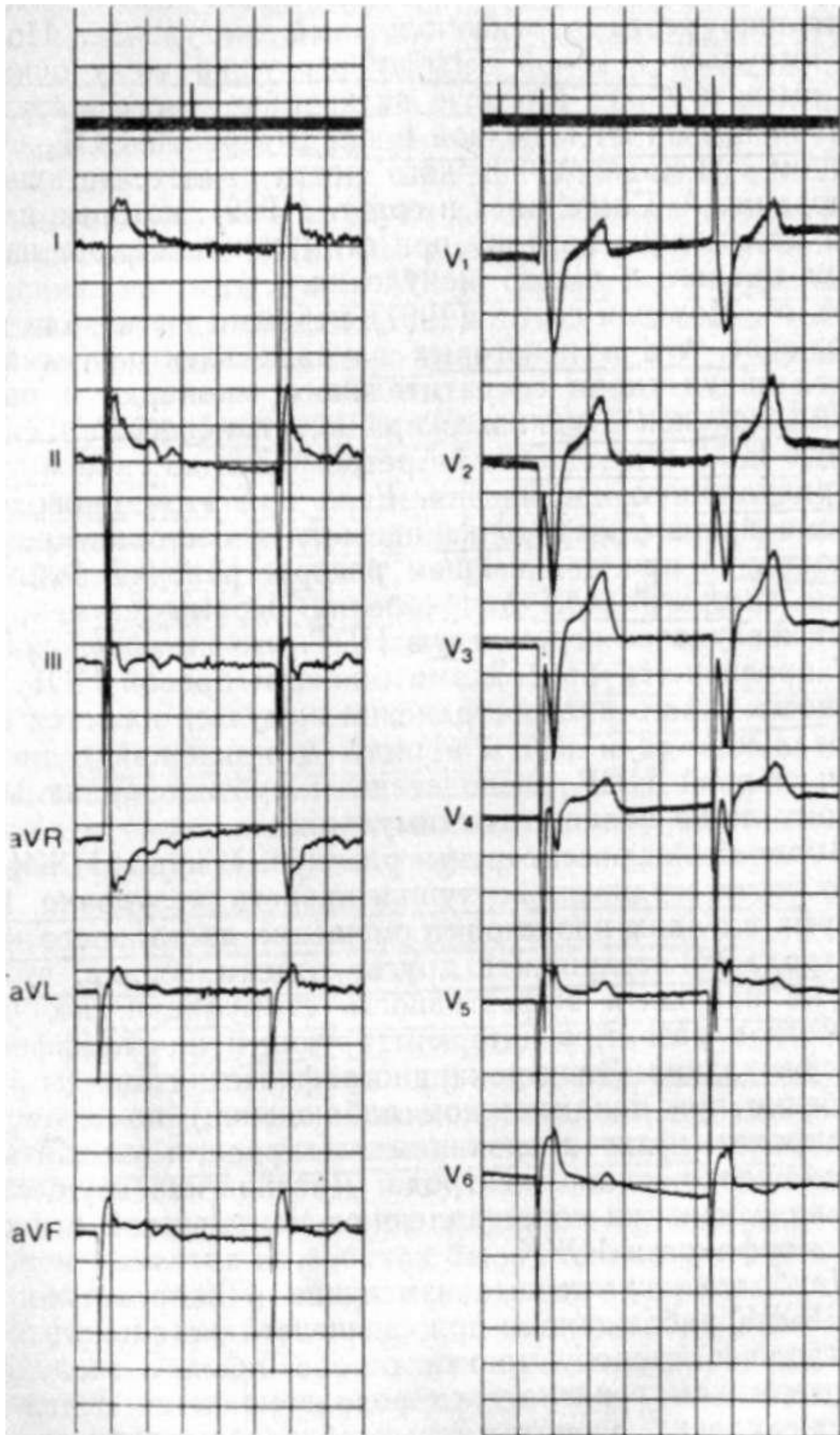
В экспериментах на собаках было показано, что отдельные сегменты МЖП, которые анатомически расположены на правой стороне перегородки, функционально относятся к левому желудочку («функционально левосторонние сегменты»). Их стимуляция может вызвать активацию левого желудочка в первую очередь [Castellanos A. et al., 1969; Ishikawa K. et al., 1980]. В то же время S. S. Barold (1969), Т. К. Kaul и соавт. (1980) считают, что в верхушке сердца имеется своего рода, мост из волокон Пуркинье, который, соединяя образования проводящей системы пра-

вого и левого желудочка, обеспечивает более быструю активацию через противоположный желудочек. Попадание импульса в такой сегмент верхушки желудочка может вызвать более быструю активацию левого желудочка и появление на ЭКГ полной блокады правой НПГ. О возможном существовании такого моста свидетельствуют исследования А. Castellanos и соавт. (1969), которые наблюдали идентичную картину при стимуляции сердца из верхушки правого и левого желудочка.

М. М. Mower и соавт. (1967) первыми высказали предположение, что в некоторых случаях электрический импульс, минуя ткани сократительного миокарда и разветвления волокон Пуркинье, проникает непосредственно в правую НПГ и продвигается ретроградно до тканей атрио-вентрикулярного соединения. Если при этом проводящая система правого желудочка перешла в состояние рефрактерности, то при дальнейшем распространении возбуждения в антероградном направлении первым активируется левый желудочек через левую НПГ, что на поверхностной ЭКГ проявляется признаками блокады правой НПГ. Возможность такого распространения импульса кажется вполне реальной, если иметь в виду, что верхняя и нижняя части правой НПГ располагаются субэндокардиально и поэтому легко поддаются стимуляции.

Выше были рассмотрены различные виды ИЖК при стимуляции сердца из верхушки правого желудочка. В некоторых случаях происходит смещение дистального конца электрода из верхушки в другие отделы сердца, что может не нарушить эффективность стимуляции, но, чаще, привести к развитию интермиттирующей или неэффективной стимуляции. Электрокардиографический анализ ИЖК (особенно при динамическом наблюдении) помогает диагностировать факт дислокации электрода и уточнить место смещения конца электрода, диагностика осуществляется на основании сопоставления электрической оси сердца и морфологии ИЖК.

Наиболее выраженные изменения в направлении вектора ИЖК наблюдаются при смещении дистального конца электрода в сторону тракта оттока правого желудочка. Под термином тракт оттока подразумевается отдел правого желудочка, расположенный вблизи легочной артерии. При стимуляции сердца из нижней части тракта оттока (над клапаном легочной артерии) регистрируется нормальное положение электрической оси сердца вместо характерного отклонения влево, при стимуляции сердца из верхнем



**Рис. 13. ЭКГ при стимуляции сердца из нижней части тракта оттока.**  
 Нормальное положение электрической оси сердца ( $\alpha = +42^\circ$ ). В отведениях I, II, III и aVL комплекс *QRS* представлен в виде преобладающего зубца R, в грудных отведениях — картина полной блокады левой НПГ.

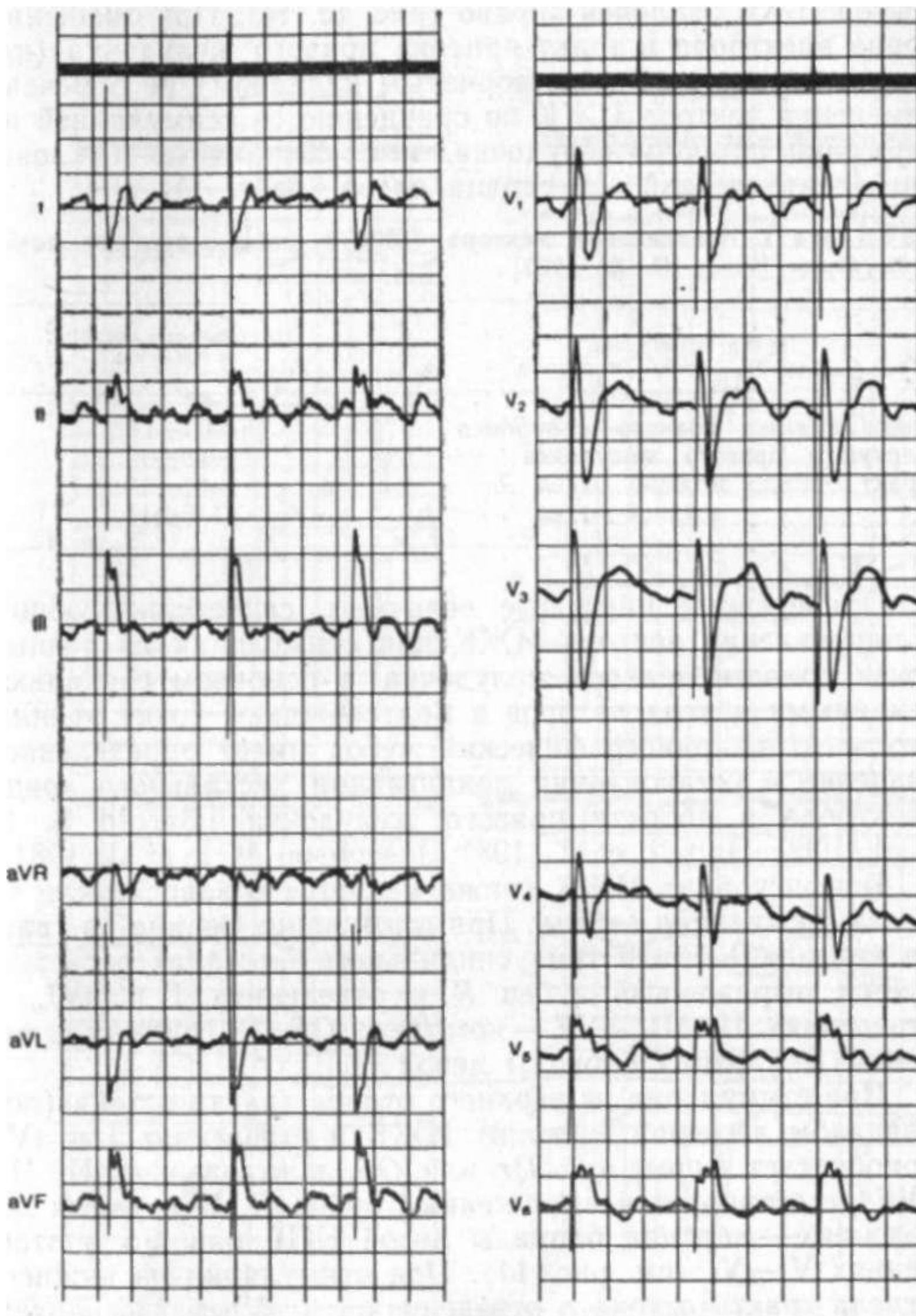
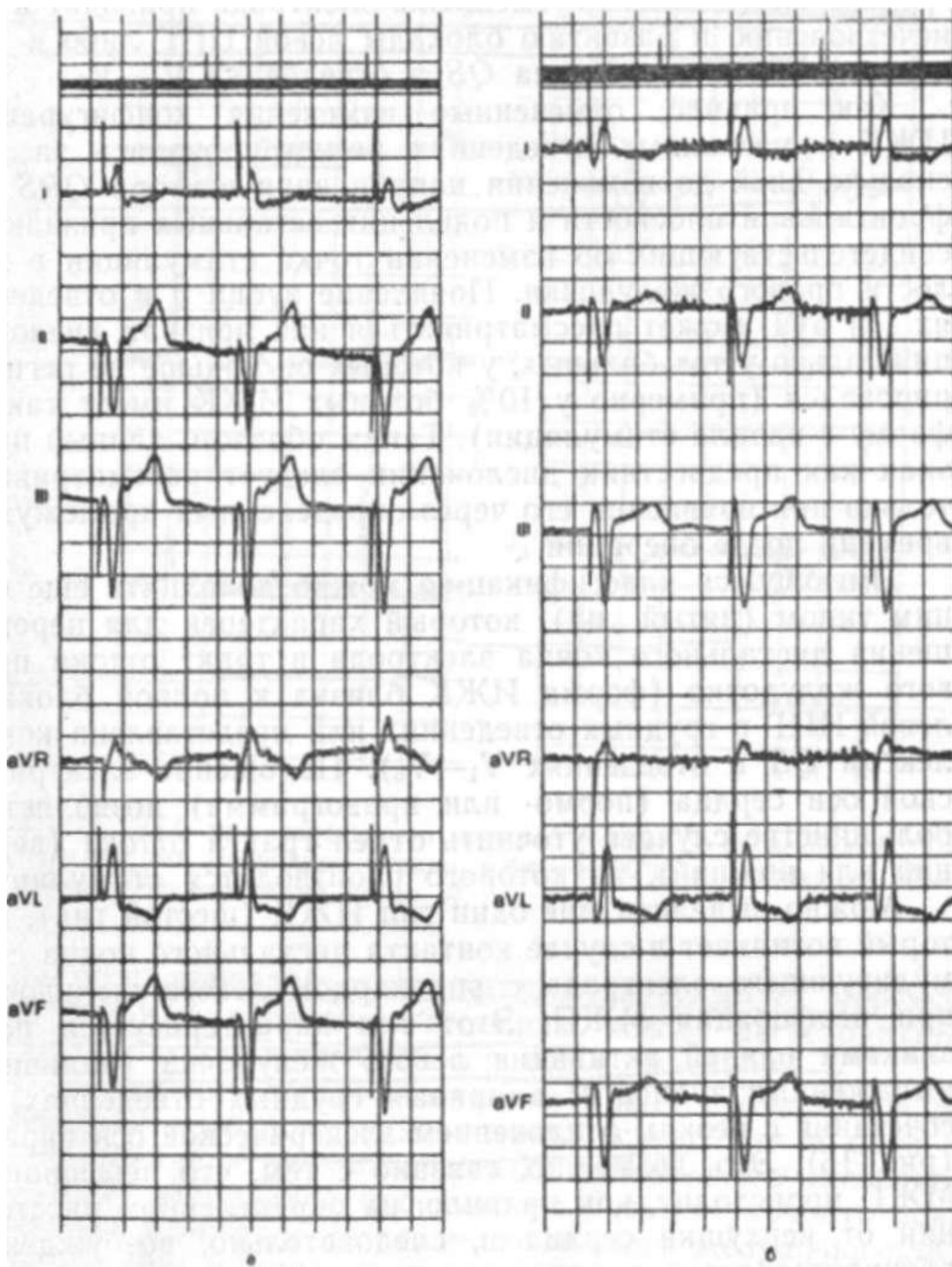


Рис. 14. ЭКГ при стимуляции сердца из верхней части тракта оттока.

Отклонение электрической оси сердца вправо ( $\alpha - +117^\circ$ ). В отведениях I и aVL комплекс QRS представлен в виде Qr, в отведениях II, III, aVF выражен зубец R. В грудных отведениях — картина полной блокады левой НПГ.







**Рис. 15. ЭКГ при смещении дистального конца электрода из верхушки правого желудочка в тракт оттока.**

**а** — исходная ЭКГ (электрод в верхушке правого желудочка). Электрическая ось отклонена влево ( $\alpha = -83^\circ$ ); **б** — ЭКГ при дислокации электрода. Сохраняется отклонение электрической оси влево ( $\alpha = -67^\circ$ ), в отведениях I и aVL появился зубец  $q'$  который ранее не регистрировался.

$qR$ ), в то время как в отведениях II, III, aVF оставались характерные комплексы  $QS$  или  $rS$  (рис. 15, а, б).

При наличии в ИЖК выраженных зубцов  $R$  в правых грудных отведениях перемещение электрода приводит к их исчезновению и развитию блокады левой НПГ либо к появлению комплексов типа  $QS$  в отведениях  $V^1—V^6$

Как правило, отмеченные изменения конфигурации ИЖК в названных отведениях регистрировались за несколько дней до изменения направления вектора  $QRS$  во фронтальной плоскости и появления остальных признаков, свидетельствующих об изменении точки стимуляции в полости правого желудочка. Появление зубца  $q$  в отведениях I и aVL может рассматриваться как признак дислокации только у тех больных, у которых он раньше не регистрировался (примерно у 10% больных ИЖК имеет такую форму с начала стимуляции). Таким образом, данный признак как предвестник дислокации следует рассматривать только при появлении его через определенный промежуток времени после операции.

Имеющуюся классификацию можно дополнить еще одним типом (пятый тип), который характерен для перемещения дистального конца электрода в тракт оттока правого желудочка (форма ИЖК близка к полной блокаде левой НПГ в грудных отведениях или представлена комплексом  $QS$  в отведениях  $V^1—V^6$ ). Положение электрической оси сердца (нормо- или правограмма) позволяет в большинстве случаев уточнить отдел тракта оттока (верхний или нижний), из которого производится стимуляция.

Можно выделить еще один тип ИЖК (шестой тип), который возникает в случае контакта дистального конца стимулирующего электрода с эндокардом левого желудочка при перфорации МЖП. Этот тип характеризуется признаками ранней активации левого желудочка (наличием выраженных зубцов  $R$  в правых грудных отведениях) в сочетании с резким отклонением электрической оси вправо (рис. 16). Это, возможно, связано с тем, что перфорация МЖП происходит, как правило, на определенном расстоянии от верхушки сердца и, следовательно, возбуждение распространяется в направлении как базальных отделов, так и к верхушке сердца. Мы, как и другие авторы, считаем, что отклонение электрической оси сердца вправо в сочетании с высоким зубцом  $R$  в отведениях  $V^1—V^6$  следует рассматривать как патогномный признак перемещения стимуляции в левый желудочек {Barold S. S. et al., 1981; Goldschlager N. et al., 1984}. Следует отметить, что

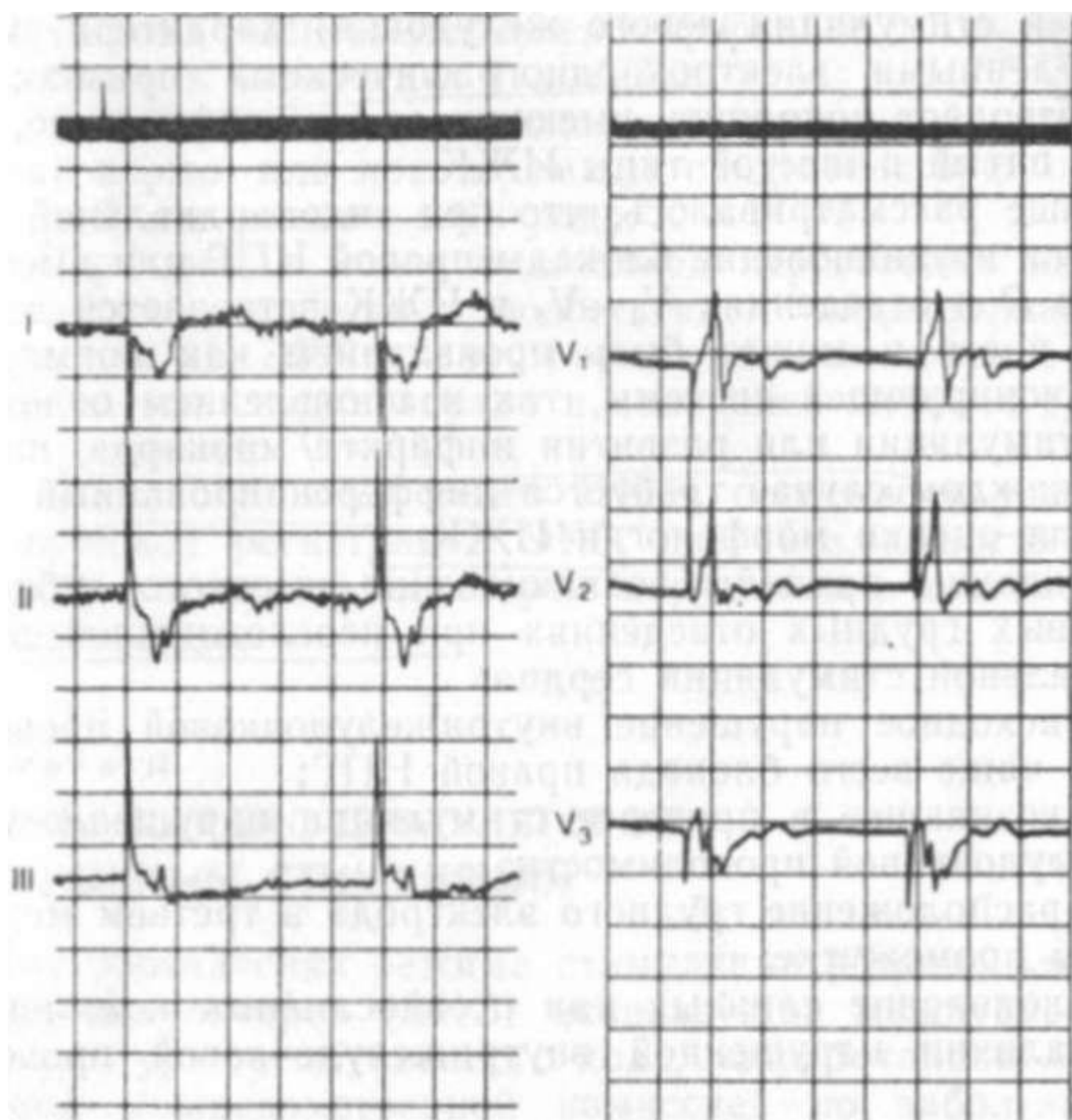


Рис. 16. ЭКГ при перфорации межжелудочковой перегородки. Электрическая ось отклонена вправо (угол  $\alpha = + 180^\circ$ ), в отведениях  $V_1—V_2$  регистрируется высокий зубец  $R$ .

при неосложненной стимуляции, независимо от морфологии ИЖК в грудных отведениях, всегда регистрируется отклонение электрической оси только влево.

Стимуляция левого желудочка может произойти и при смещении электрода в коронарный синус или в один из его притоков. С помощью рентгенологического исследования в переднезадней проекции не удастся уточнить локализацию электрода (в верхушке правого желудочка или в коронарном синусе), поэтому необходимо исследование в боковой проекции, которое обычно выявляет смещение электрода кзади. При нахождении электрода глубоко в коронарном синусе первым активируется левый желудочек, в связи с чем комплекс  $QRS$  принимает форму блокады правой НПГ.

Итак, некоторые осложнения эндокардиальной стимуляции (смещение электрода в тракт оттока, перфорация

МЖП и стимуляция левого желудочка) характеризуются определенными электрокардиографическими признаками, что позволяет дополнить имеющуюся классификацию, выделив пятый и шестой типы ИЖК.

Выше рассматривалось, что при эндокардиальной стимуляции возникновение блокады правой НПГ или высоких зубцов *R* и отведениях  $V^1—V^3$  в ИЖК встречается достаточно часто и может быть проявлением как нормально функционирующей системы, так и проявлением осложнений стимуляции или развития инфаркта миокарда, поэтому в каждом случае требуется дифференцированный подход для оценки морфологии ИЖК.

Приводим причины возникновения высокого зубца *R* в правых грудных отведениях при неосложненной эндокардиальной стимуляции сердца:

- 1) исходное нарушение внутрижелудочковой проводимости, чаще всего блокада правой НПГ;
- 2) возникшее в процессе стимуляции нарушение внутрижелудочковой проводимости;
- 3) расположение грудного электрода в третьем межреберном промежутке;
- 4) появление сливных или псевдосливных комплексов при наличии нарушенной внутрижелудочковой проводимости;
- 5) инфаркт миокарда заднебазальной локализации.

При осложнениях эндокардиальной стимуляции:

- 1) перфорация межжелудочковой перегородки и стимуляция левого желудочка;
- 2) стимуляция эпикардиальной поверхности левого желудочка при смещении электрода в коронарный синус или в среднюю сердечную вену.

## **Выводы**

1. При неосложненной эндокардиальной стимуляции из верхушки правого желудочка регистрируются четыре типа ИЖК. Независимо от типа ИЖК всегда отмечается отклонение электрической оси сердца влево.

2. ИЖК первого и второго типов являются наиболее характерными для эндокардиальной стимуляции, встречаясь одинаково часто как при нормальной, так и при нарушенной внутрижелудочковой проводимости; ИЖК третьего типа чаще всего встречается при наличии исходной блокады правой НПГ.

3. Первым признаком дислокации электрода в сторону

тракта оттока является изменение формы ИЖК — появление зубца  $q$  в отведениях  $I$  и  $aVL$

4. Изменение положения электрической оси сердца (появление нормо- или правограммы) свидетельствует о произошедшей дислокации электрода.

5. Перфорация межжелудочковой перегородки является наиболее серьезным осложнением эндокардиальной стимуляции. На ЭКГ при этом отмечается отклонение электрической оси сердца вправо и появление высоких зубцов  $R$  в отведениях  $V^1—V_3$ .

6. Знание основных типов ИЖК, особенно в условиях динамической регистрации ЭКГ, дает возможность своевременно распознать некоторые нарушения в системе стимуляции сердца.

## Глава II

### ТИПЫ КАРДИОСТИМУЛЯТОРОВ И РЕЖИМЫ СТИМУЛЯЦИИ

Для обозначения режима стимуляции и типов электрокардиостимуляторов (ЭКС) используется международная номенклатура трехбуквенного кода, разработанная Американской межведомственной комиссией по заболеваниям сердца (Intersociety Commission for Heart Disease Resources). Код называется ICHD. Первая буква кода обозначает стимулируемую камеру сердца [ $V$  — ventricle,  $A$  — atrium,  $D$  — dual (и предсердие, и желудочек)]; вторая буква кода указывает камеру сердца, из которой воспринимается управляющий сигнал ( $V$  — ventricle,  $A$  — atrium,  $D$  — dual,  $0$  — управляющий сигнал не воспринимается ни из одной камеры); третья буква кода обозначает способ реакции ЭКС на воспринимаемый сигнал [ $I$  — inhibited (запрещаемый),  $T$  — triggered (триггерный),  $D$  — dual (запрещаемый и триггерный),  $0$  — отсутствие способности воспринимать сигналы и реагировать на них] (табл. 2).

С развитием более сложных систем стимуляции, введения программирования, использования ЭКС для лечения тахикардии трехбуквенный код был расширен до пятибуквенного; четвертая буква обозначает характер программирования ( $P$  — простое программирование частоты и/или выходных параметров,  $M$  — множественное программирование параметров частоты, выходных параметров, чувствительности, режима стимуляции и т. д.,  $O$  — отсутствие программируемости); пятая буква обозначает вид стиму-

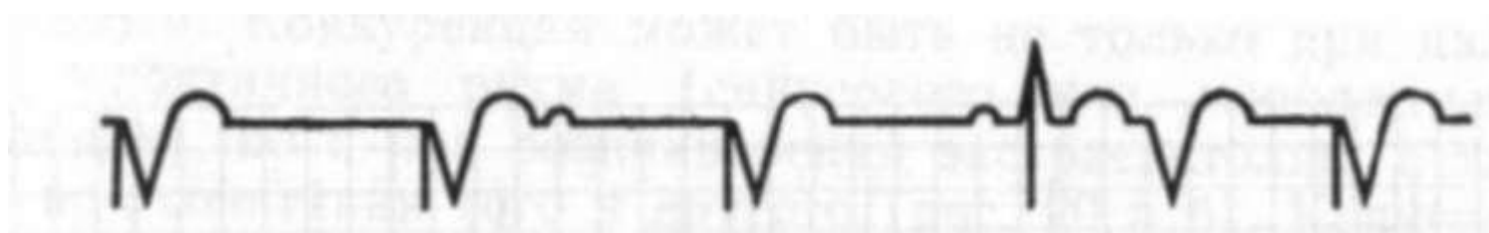
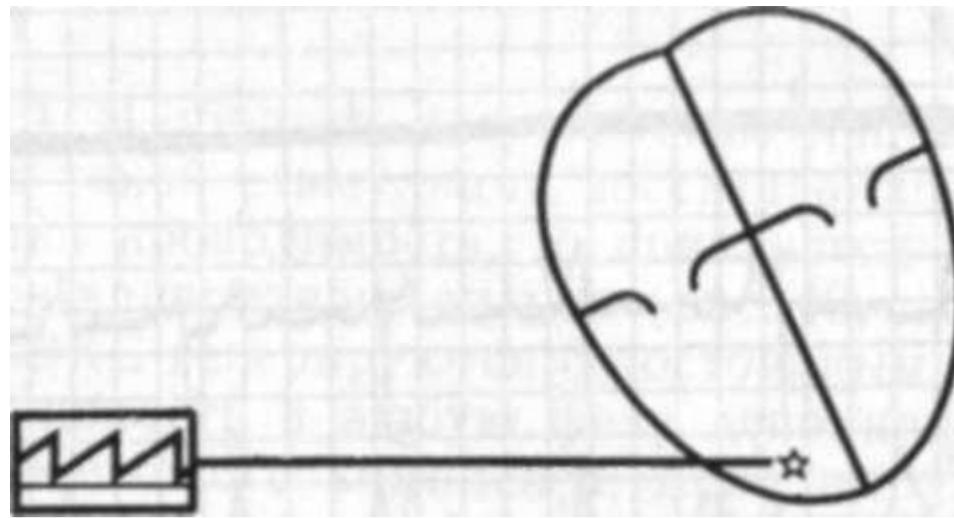
ляции при воздействии на тахикардию [B — Burst stimuli (нанесение «пачки импульсов»), N — normal rate competition (конкурентная стимуляция), S — single or double-timed stimuli (нанесение одиночного или парного экстра-стимула), E — externally controlled (регуляция стимулятора осуществляется снаружи) [Zipes D., 1982].

**Таблица 2. Типы кардиостимуляторов согласно буквенному коду**

Стимулируемая камера сердца	Камера сердца, из которой воспринимается управляющий сигнал	Способ реакции ЭКС на воспринимаемый сигнал	Вид стимуляции
V	0	0	Стимуляция с фиксированной частотой, асинхронная стимуляция
A	0	0	
D	0	0	Последовательная атриовентрикулярная стимуляция с фиксированной частотой
A	A	I	Стимуляция предсердий, запрещаемая волной P
V	V	I	Стимуляция желудочков, запрещаемая волной R
V	V	T	Стимуляция желудочков, / <sup>^</sup> -повторяющая
v	A	T	Стимуляция желудочков, синхронизированная с волной P
V	D	D	Стимуляция желудочков, синхронизированная с волной P и запрещаемая волной R
D	V	I	Последовательная атриовентрикулярная стимуляция, запрещаемая волной R
V D	D	D	Последовательная атриовентрикулярная стимуляция, запрещаемая волной P и R

Сокращения при обозначении камер сердца: V — желудочек, A — предсердие, D — желудочек и предсердие.

Способ реакции ЭКС на воспринимаемый сигнал: 0 — сигнал от сердца не воспринимается аппаратом, I — стимуляция запрещается сигналом от сердца, T — стимуляция происходит синхронно с сигналом от сердца (триггерный режим), D — сочетание запрещаемого и триггерного режимов.



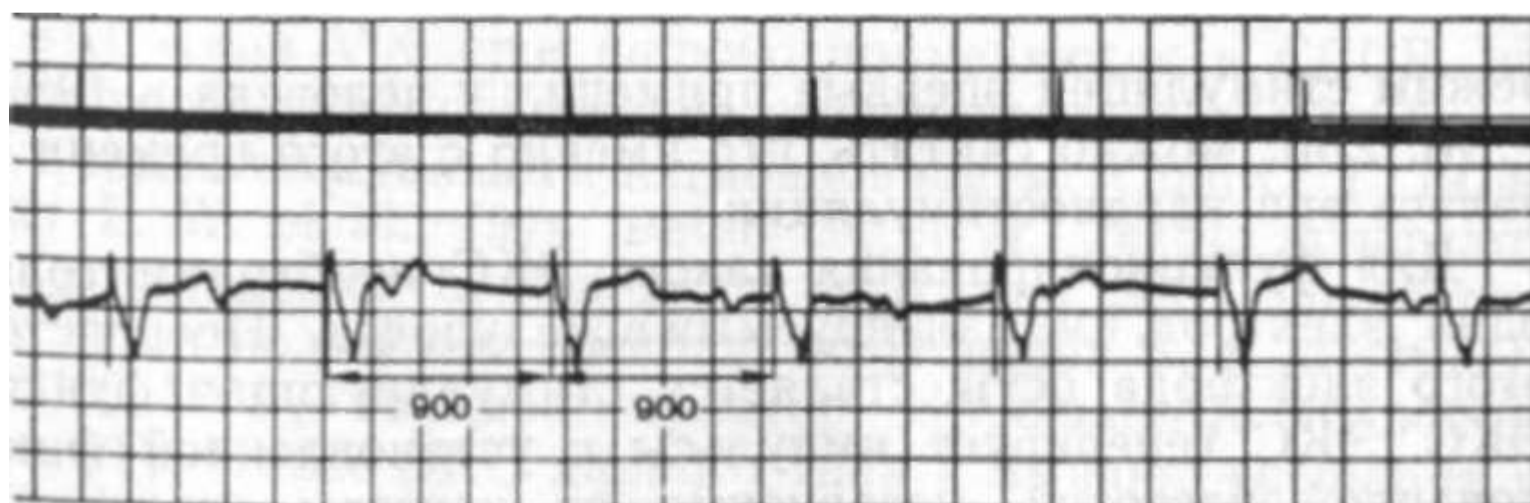
**Рис. 17. Функционирование ЭКС в фиксированном режиме (схема). Звездочкой обозначена стимуляция желудочков. Здесь и ниже схемы взяты из «Overheads», 1985. Siemens—Elema.**

Трехбуквенный код, однако, остается наиболее распространенным и общепризнанным, поэтому в дальнейшем мы будем им пользоваться.

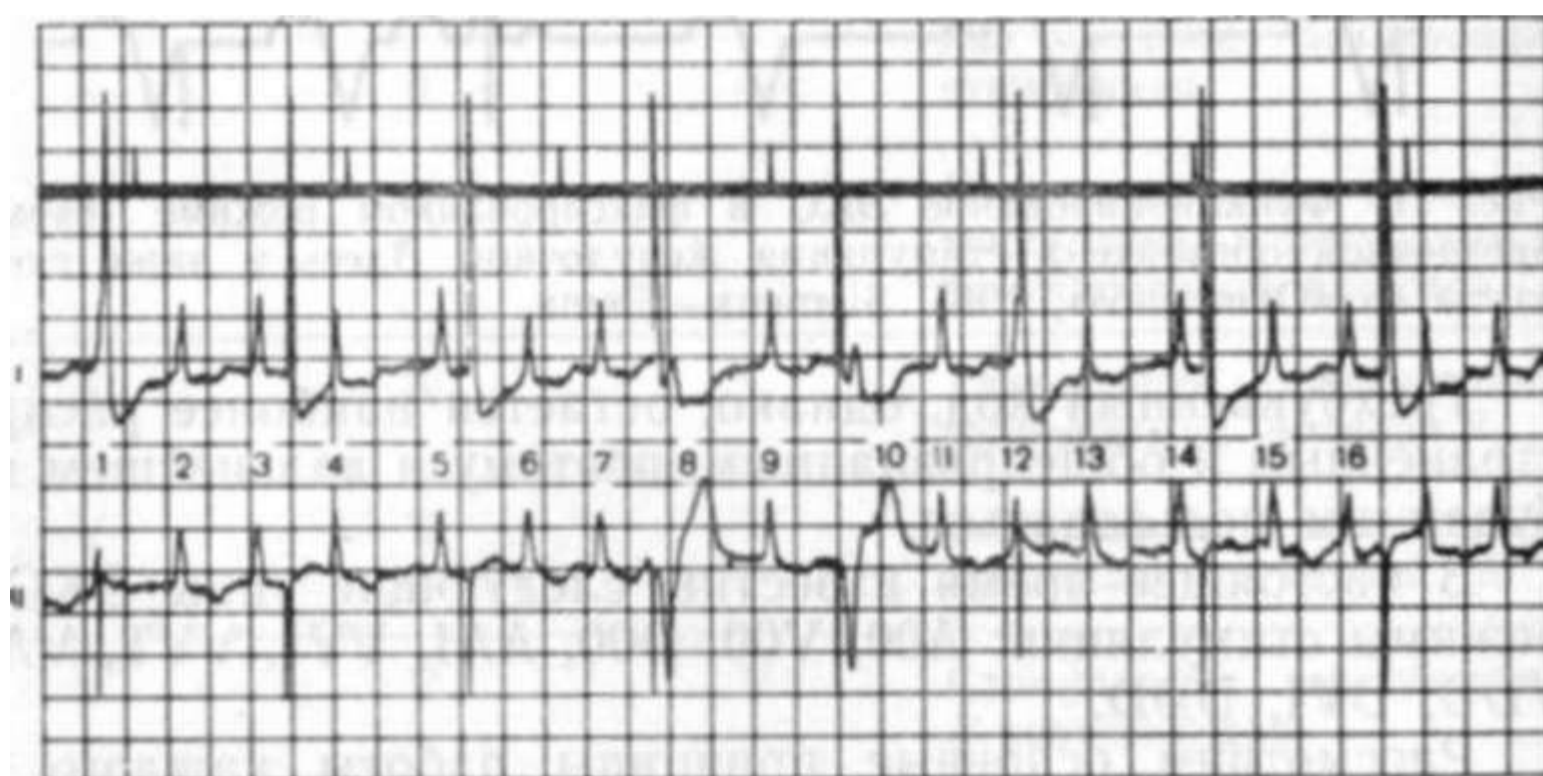
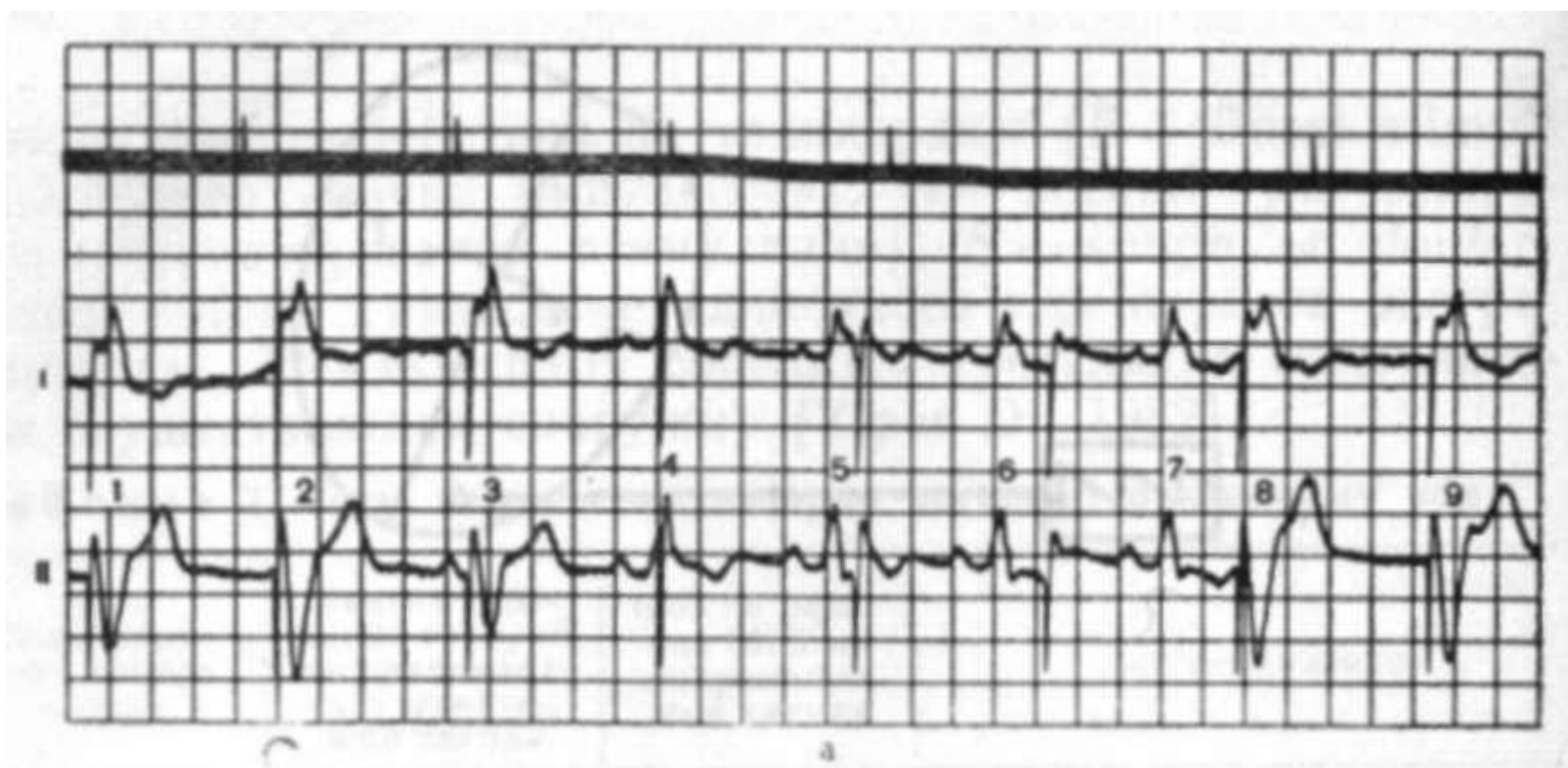
В настоящее время известны следующие типы ЭКС и режимы стимуляции: A00, V00, D00, AAI, VVI, WT, VAT, VDD, DVI, DDD.

Рассмотрим основные принципы работы каждого из указанных ЭКС

Стимулятор типа V00 (асинхронный) осуществляет стимуляцию желудочков в фиксированном режиме, т. е. независимо от спонтанного ритма больного (рис. 17). Этот



**Рис. 18. Стимуляция желудочка в фиксированном режиме. Межимпульсный интервал составляет 900 мс, что соответствует стимуляции с частотой 66 имп/мин.**



6

**Рис. 19.** Конкуренция ритмов при стимуляции в асинхронном режиме. а — навязанные комплексы (1, 2, 8, 9) чередуются с синусовыми (4, 5, 6, 7). Стимулы 4, 5, 6 не вызвали деполяризации желудочков, поскольку попали в абсолютный рефрактерный период; б — асинхронная стимуляция при мерцании предсердий. Навязанные комплексы (8, 10) чередуются со спонтанными (2—7, 9, 11, 13—16) и псевдосливными комплексами (1, 12).

режим стимуляции впервые применил у человека в 1952 г. Р. М. Zoll; можно считать, что именно с этого времени началась эра кардиостимуляции.

Для функционирования такого ЭКС необходим только один электрод, имплантируемый в желудочек. Посредством этого электрода осуществляется стимулирующая функция ЭКС. ЭКС генерирует импульсы с установленной фиксированной частотой, независимо от частоты спонтанного ритма сердца. Время между стимулами называется межимпульсным интервалом, а также автоматическим интервалом или интервалом стимуляции, выражается в милли-

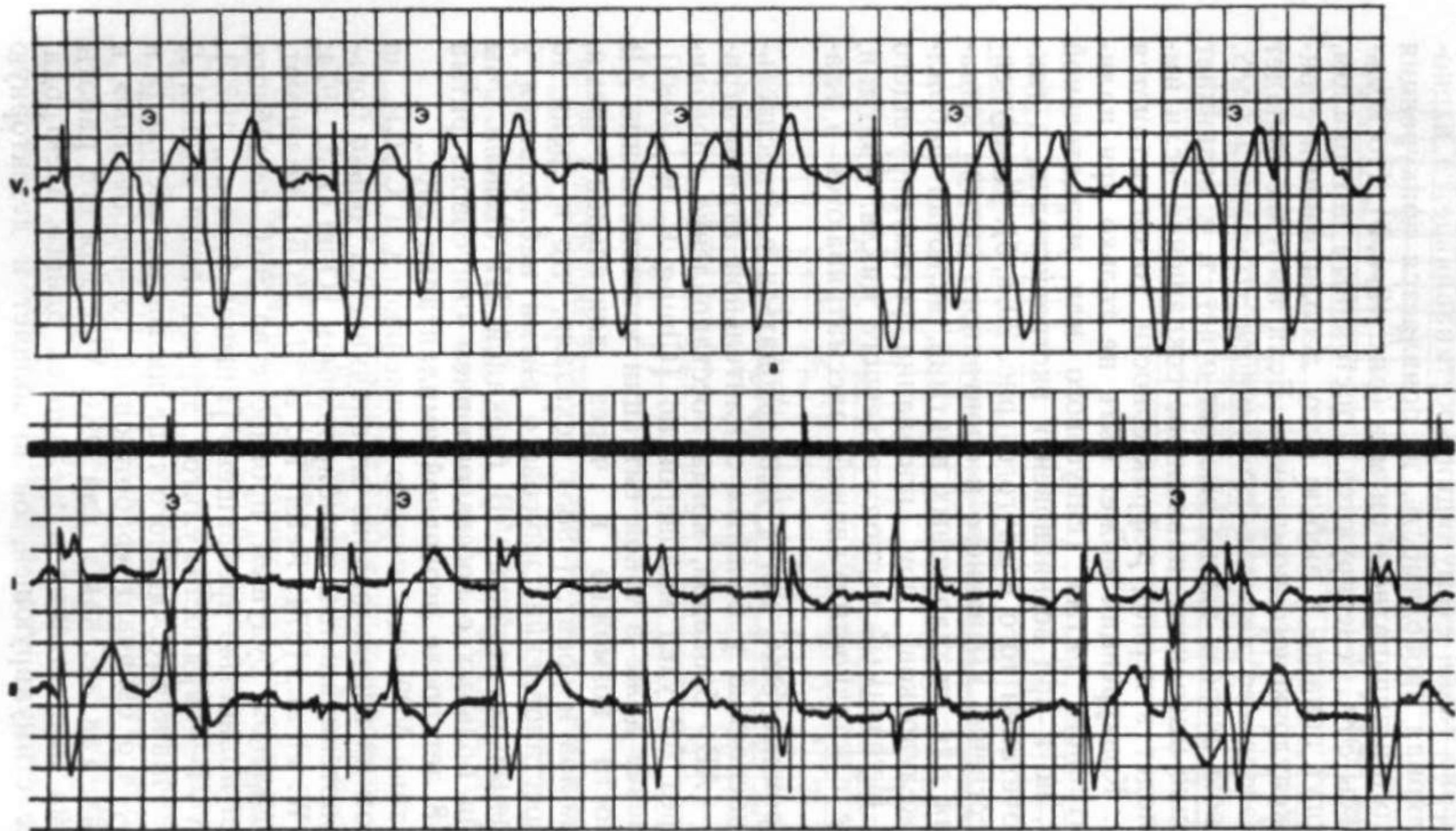


секундах (мс) и обратно частоте стимуляции (рис. 18). Пели на фоне такой стимуляции восстанавливается атрио-вентрикулярная проводимость, то появляется конкуренция собственного и аппаратного ритмов (рис. 19, а, б). Поскольку импульсы ЭКС генерируются с постоянным интервалом, то они могут попасть в любую фазу деполяризации спонтанного желудочкового комплекса. Если импульс попадет вне рефрактерного периода спонтанного комплекса *ORS*, то он в свою очередь также вызовет ответ, т. е. возникнет искусственно вызванное, навязанное сокращение; если импульс попадет в период рефрактерности, то он останется холостым. Конкуренция может быть не только при наличии спонтанного ритма (синусового или мерцательной аритмии), но и при возникновении экстрасистолии, а также при сочетании того и другого (рис. 20, а, б). Конкуренция искусственно вызванного и спонтанного ритмов создает условия для желудочковых аритмий, включая фибрилляцию желудочков, при попадании стимулирующего импульса в уязвимый период сердечного цикла. Аритмии, связанные с кардиостимуляцией, рассматриваются в главе V.

Асинхронные ЭКС могут использоваться с относительной безопасностью у больных с длительной атриоventрикулярной (АВ) блокадой, когда восстановление проводимости через АВ узел маловероятно [Chung E. K., 1983]. Тем не менее даже в такой ситуации восстановление АВ проводимости возможно и через длительное время. С. С. Соколов и соавт. (1985) показали, что в сроки до 1,5 лет восстановление синусового ритма наблюдается у 21% больных со стойкой АВ блокадой III степени. Мы наблюдали больных с восстановлением синусового ритма через 4—8 лет после первичной имплантации ЭКС.

ЭКС типа V00 еще широко применяются в СССР, но за рубежом их использование ограничивается только борьбой с миопотенциальным ингибированием [Ohm O. J., 1974; RSheg L. W. et al., 1974; Peter Th. et al., 1976]; полагают, что в недалеком будущем производство ЭКС подобного типа будет полностью прекращено [Furman S. et al., 1977].

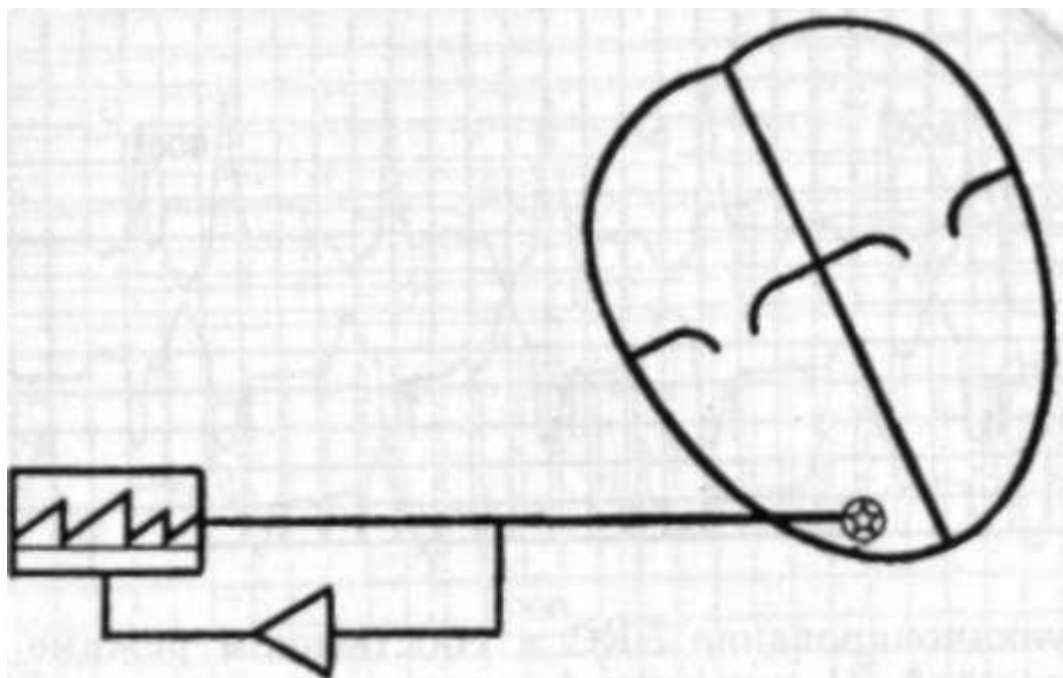
ЭКС VVI — кардиостимулятор, запрещаемый волной R (рис. 21). Иначе ЭКС данного типа называют «demand» и «standby», что означает «работающий по требованию» и «запасной». Так же, как и для ЭКС V00, для его работы необходима имплантация в желудочек одного электрода, но, кроме стимулирующей, он выполняет и детекторную роль.



б

**Рис. 20. Варианты конкуренции ритмов.**

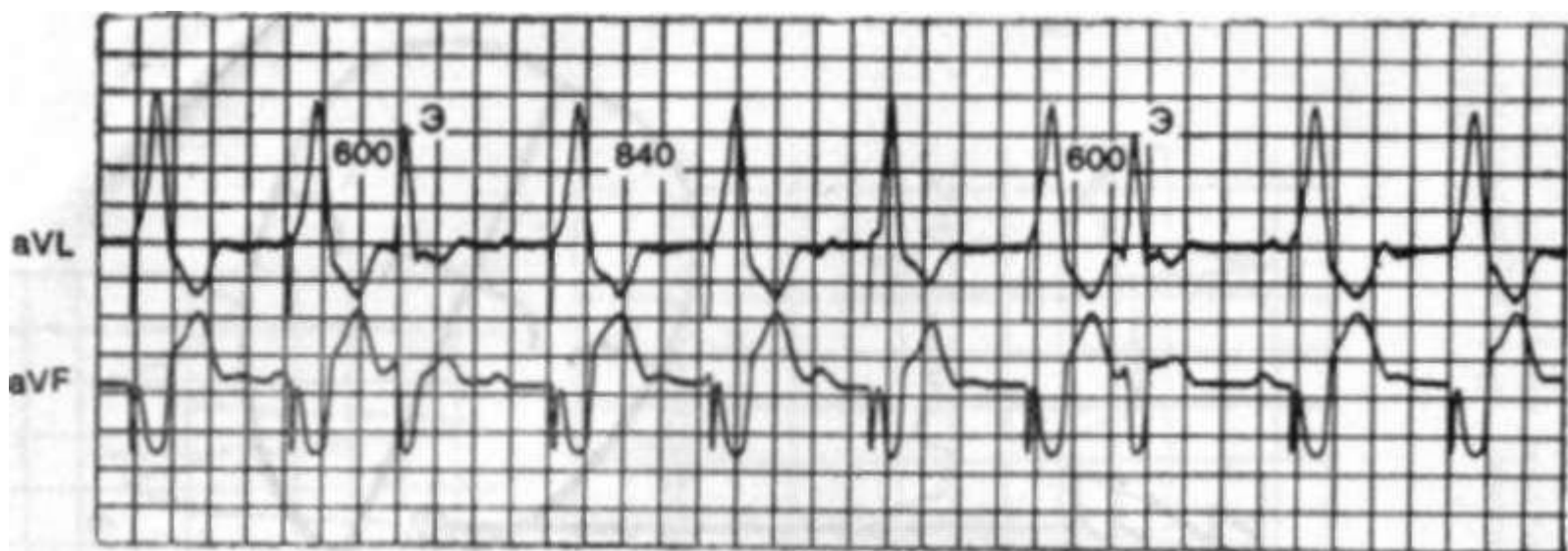
**а** — мониторинг записи, отведение  $V_1$ . Частая желудочковая экстрасистолия при асинхронной стимуляции. Экстрасистолический комплекс расположен между двумя навязанными; **б** — конкуренция ритмов, связанная с восстановлением синусового ритма и наличием желудочковых экстрасистол.



**Рис. 21. Функционирование ЭКС в режиме VVI (схема). Знаком звездочка в кружке обозначено восприятие управляющего сигнала и стимуляция.**

ЭКС типа VVI имеет два режима работы: собственный и фиксированный.

При отсутствии собственных сердечных сокращений ЭКС генерирует импульсы с установленной для него частотой. При появлении спонтанной деполяризации желудочков вне рефрактерного периода стимулятора аппарат воспринимает ее и генерирование стимулирующего импульса блокируется (рис. 22). Очередной импульс может возникнуть только после установленного интервала, который и определяет частоту стимуляции. Иными словами, если в течение определенного времени спонтанная волна *R* не будет воспринята стимулятором, то произойдет генерирование стимулирующего импульса; если такая ситуация будет сохраняться долго, то ЭКС станет работать постоянно с присущей ему базовой частотой. Этот режим работы называется собственным (рис. 23). Поясняя принцип работы ЭКС, мы специально не говорим, что «стимулятор начинает генерировать импульсы тогда, когда собственная частота сердечных сокращений ниже частоты стимуляции», хотя такое объяснение нередко встречается в литературе. Это не совсем правильно, так как частота собственных сокращений может быть и меньше, но отдельные сокращения, попадающие в упомянутый выше интервал, бу-



**Рис. 22.** Функционирование ЭКС в собственном режиме работы. Ритм связан с частотой 71 имп/мин (интервал стимуляции 840 мс). Желудочковая экстрасистола возникла после навязанного комплекса через 600 с, была воспринята ЭКС, генерирования очередного стимула не произошло.



**Рис. 23.** Функционирование ЭКС в собственном режиме работы. Чередование спонтанных комплексов (трепетание предсердий с различным коэффициентом проведения) с навязанными. Частота стимуляции 73 имп/мин (интервал стимуляции 848 мс). Интервал между спонтанными сокращениями менее 848 мс.

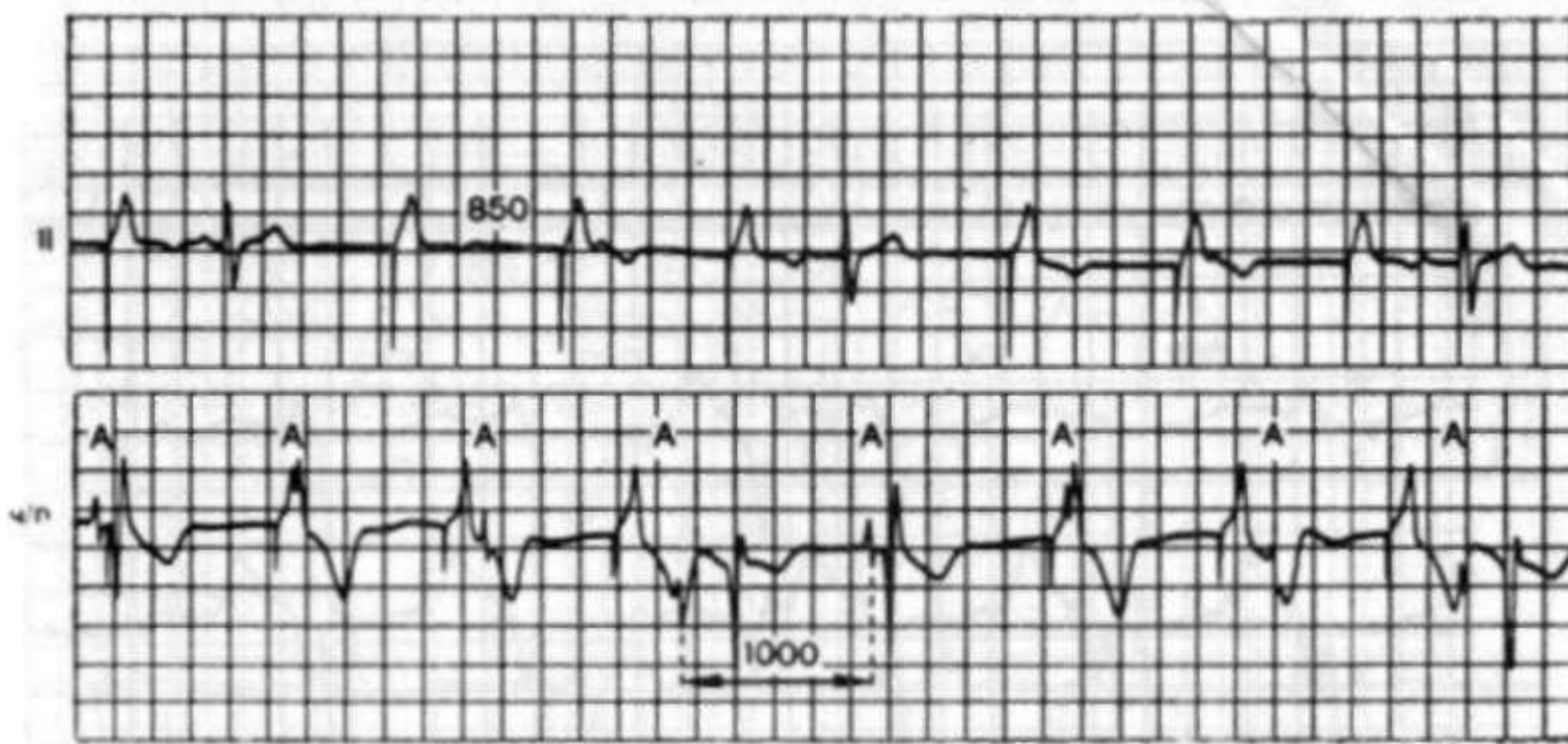
дуг восприниматься ЭКС и блокировать нанесение стимулирующего импульса (рис. 24).

В ЭКС типа VVI выделяют следующие интервалы: автоматический, выскакивающий и интервал асинхронной стимуляции.

Автоматический интервал, или интервал стимуляции: интервал между двумя последовательными навязанными комплексами.

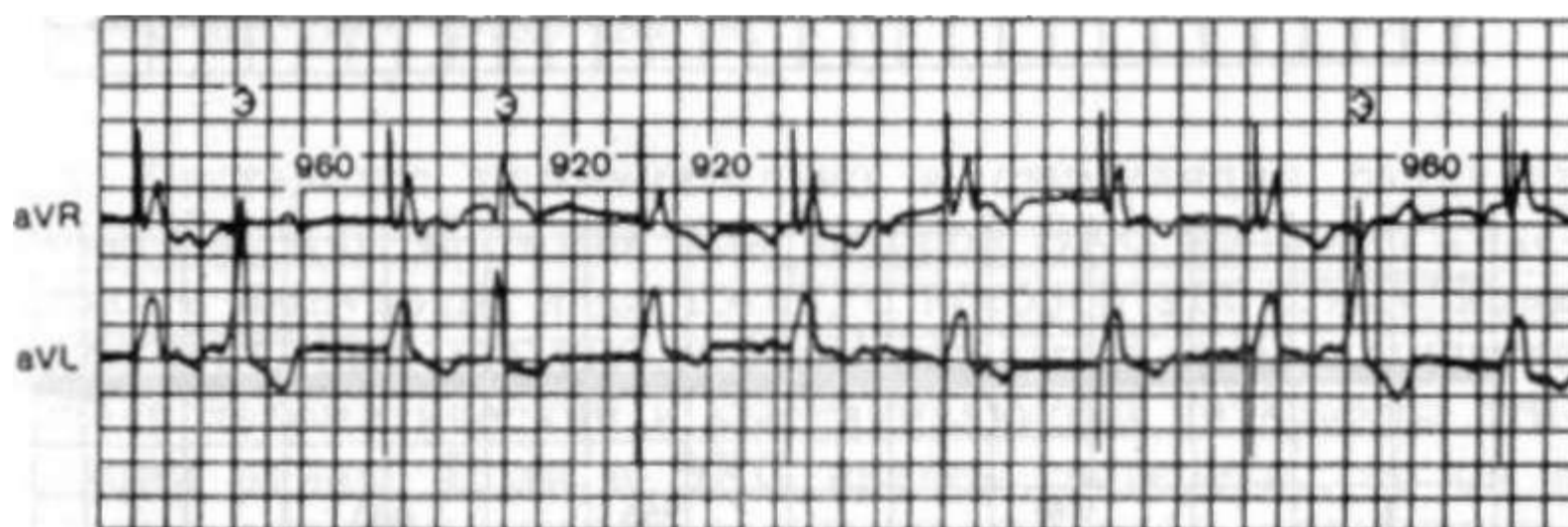
Выскакивающий интервал стимуляции: интервал между спонтанным (синусовым или экстрасистолическим) и последующим навязанным комплексами.

В большинстве ЭКС типа VVI выскакивающий интервал стимуляции соответствует автоматическому интервалу.



**Рис. 24. Стимуляция в режиме VVI.**

Верхняя кривая — ЭКГ во II стандартном отведении; нижняя кривая — чреспищеводная регистрация предсердных потенциалов (ч/п). Частота стимуляции 70 имп/мин (интервал стимуляции 850 мс), частота синусового ритма 60 в 1 мин (интервал  $P - P$  1000 мс).

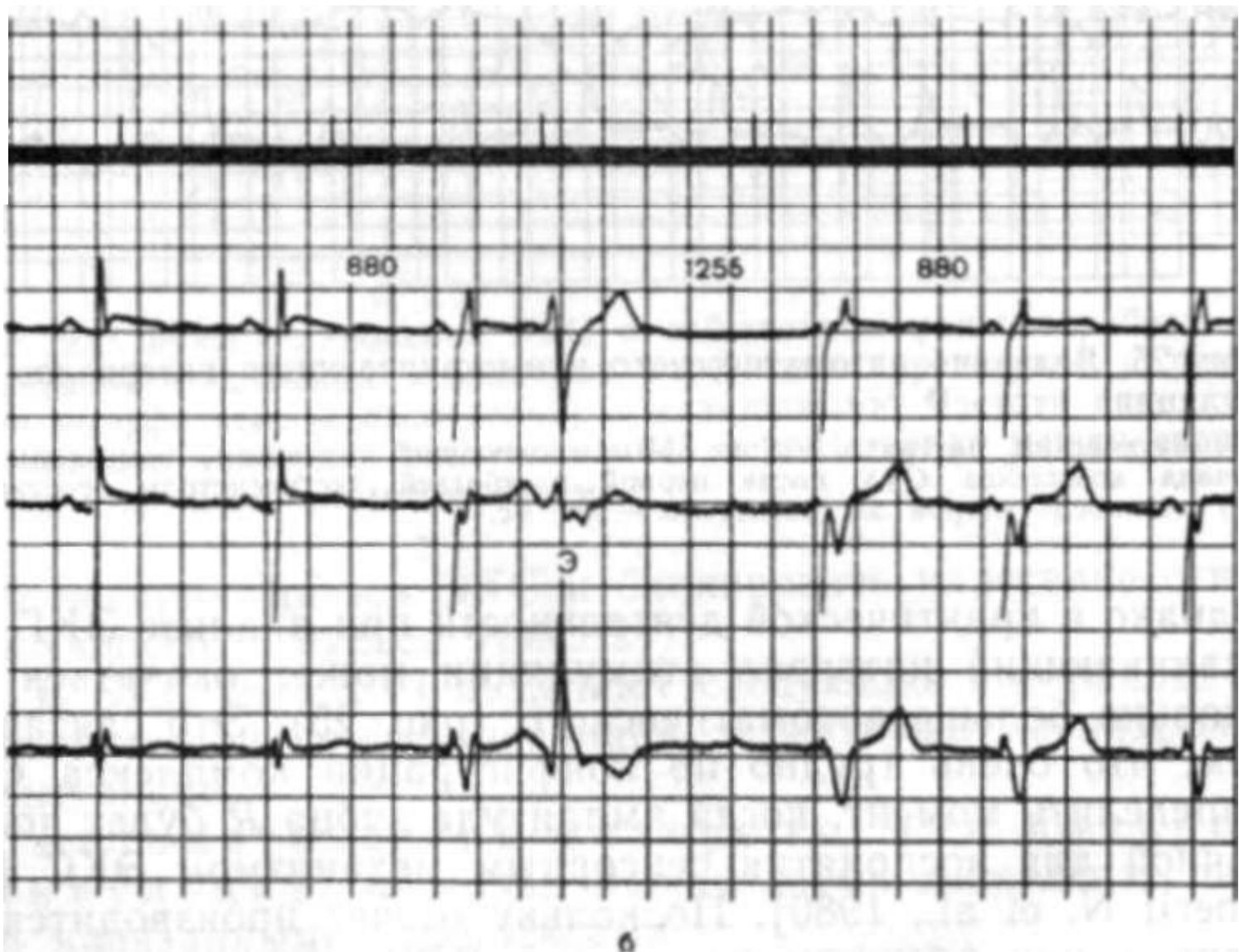
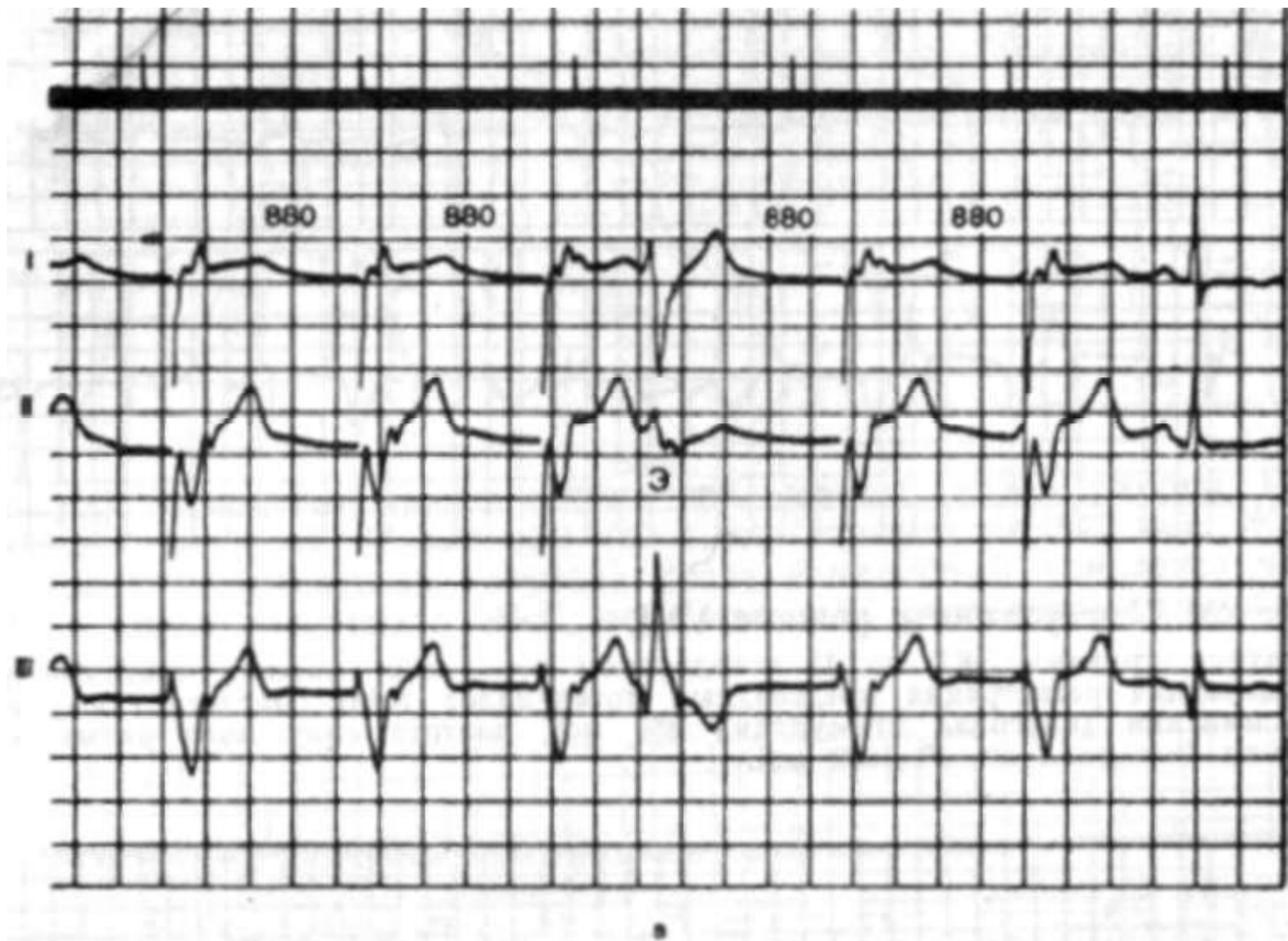


**Рис. 25. Величина автоматического и выскакивающего интервалов стимуляции.**

Автоматический интервал 920 мс. Выскакивающий интервал, измеренный от начала комплекса  $QRS$  после первой и третьей экстрасистолы, составляет 960 мс, после второй экстрасистолы — 020 мс.

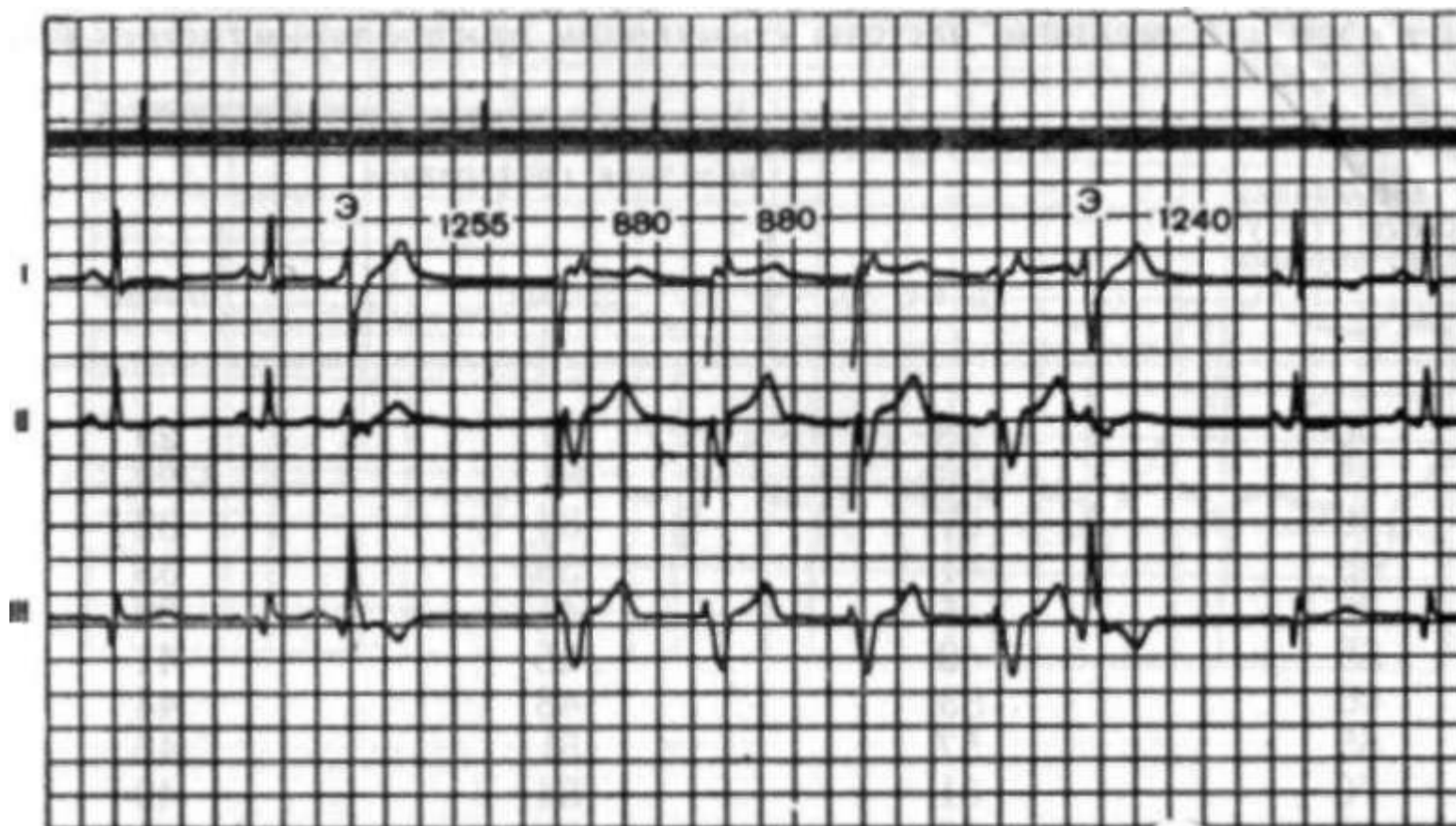
Однако в практической деятельности при анализе ЭКГ выскакивающий интервал стимуляции может оказаться несколько больше автоматического (рис. 25). Это связано с тем, что очень трудно по конфигурации комплекса  $QRS$  определить момент, когда амплитуда зубца  $R$  будет достаточной для восприятия сенсорным механизмом ЭКС [E1-Sherif N. et al., 1980]. Поскольку отсчет производится от начала или вершины комплекса  $QRS$  то возможно расхождение в определении истинного значения автоматического интервала.

В последние годы в СССР и за рубежом выпускают программируемые ЭКС, в частности по значению гистерезиса.



**Рис. 26. Изменение величины выскакивающего интервала при введении значения гистерезиса.**

**а** — исходная ЭКГ (значение гистерезиса не введено). Автоматический и выскакивающий интервалы равны; **б** — введено значение гистерезиса величиной 375 мс. Выскакивающий интервал увеличился до 1255 мс ( $880 + 375$ ).



**Рис. 27. Выскакивающий интервал увеличен до 1255 мс за счет введения гистерезиса. После желудочковой экстрасистолы синусовый комплекс возникает через 1240 мс.**

зиса. Гистерезис применительно к стимуляции означает разницу между частотой, при которой ЭКС начинает генерировать импульсы, и частотой, с которой эта стимуляция происходит. Как мы уже упоминали выше, в большинстве случаев автоматический и выскакивающий интервалы стимуляции равны. Если в ЭКС введен гистерезис, то он и составит разницу между выскакивающим и автоматическим интервалом. Другими словами, в случае положительного гистерезиса выскакивающий интервал стимуляции будет больше автоматического (рис. 26, а, б) [Friedberg H. D. et al., 1973; El-Sherif N. et al., 1980]. Значение гистерезиса в том, что он позволяет максимально сохранить более выгодный гемодинамически синусовый ритм (рис. 27). Распознавание гистерезиса очень важно во избежание ошибочной диагностики нарушения в системе стимуляции. В СССР выпускают аппараты ЭКС-500, имеющие значение гистерезиса. Для упрощения анализа ЭКГ в табл. 3 приведено соответствие частоты начала стимуляции и частоты, с которой эта стимуляция осуществляется, при различных значениях гистерезиса.

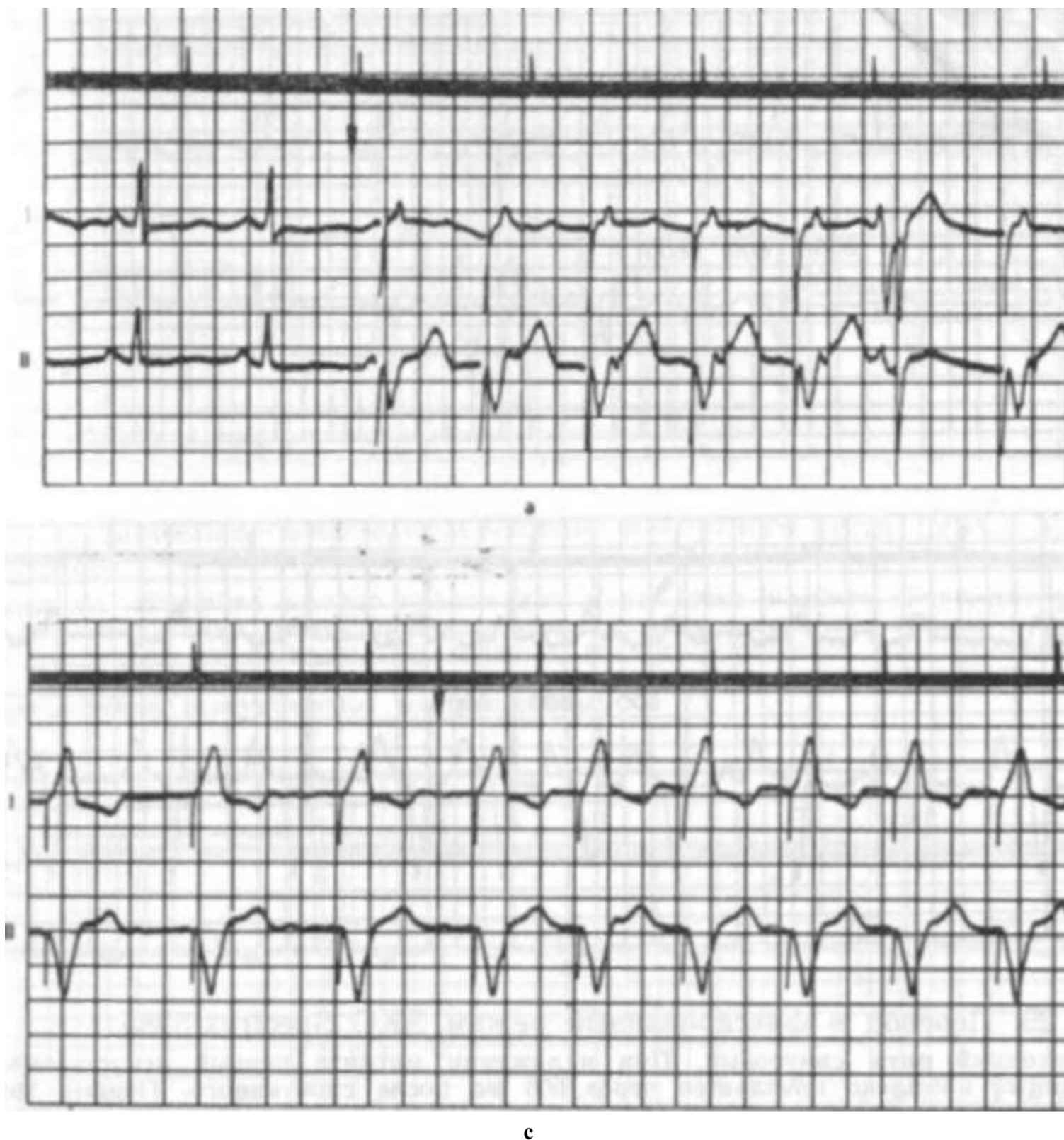
**Интервал асинхронной стимуляции:** это автоматический интервал, который регистрируется при переходе ЭКС в фиксированный режим под воздействием магнитных полей. Перевод аппарата в фиксированный режим работы осуществляется при поднесении внешнего

**Т а б л и ц а 3. Изменение частоты стимуляции при введении гистерезиса**

Установленная частота стимуляции, имп/мин	Истинная частота стимуляции при различной		
	125 мс	250 мс	375 мс
30	28	27	25
35	33	31	29
40	37	34	32
45	41	38	35
50	45	41	38
55	49	45	41
60	53	48	44
65	57	51	46
70	61	54	49
75	65	57	51
80	69	60	53
85	72	68	56
90	76	65	58
95	79	68	60
100	83	71	62
105	86	73	63
110	90	75	65
115	93	78	67
120	96	80	69
125	99	82	70
130	102	84	72
135	105	86	73
140	108	88	75
145	111	90	76
150	114	92	77

магнита к месту имплантации ЭКС. При этом интервал асинхронной стимуляции может стать короче автоматического, что приводит к увеличению частоты стимуляции. Подобное изменение частоты стимуляции при наложении магнита называется магнитным тестом. Частота стимуляции при проведении магнитного теста зависит от модели ЭКС. Так, например, у ЭКС-222 частота стимуляции изменяется незначительно, и эту разницу можно выявить только с помощью специальной аппаратуры контроля. У ЭКС-500 и Siemens — Elema-668 (фирмы Siemens — Elema) частота стимуляции увеличивается до 100 имп/мин (рис. 28, а, б). У аппарата «Spectraх-5985» (фирмы Medtronic) частота изменяется только в первых трех комплексах, увеличиваясь до 100 имп/мин, остальные комплексы следуют с частотой, равной базовой (рис. 29, а, б). Магнитный тест прекращается сразу же после удаления магнита. При ис-



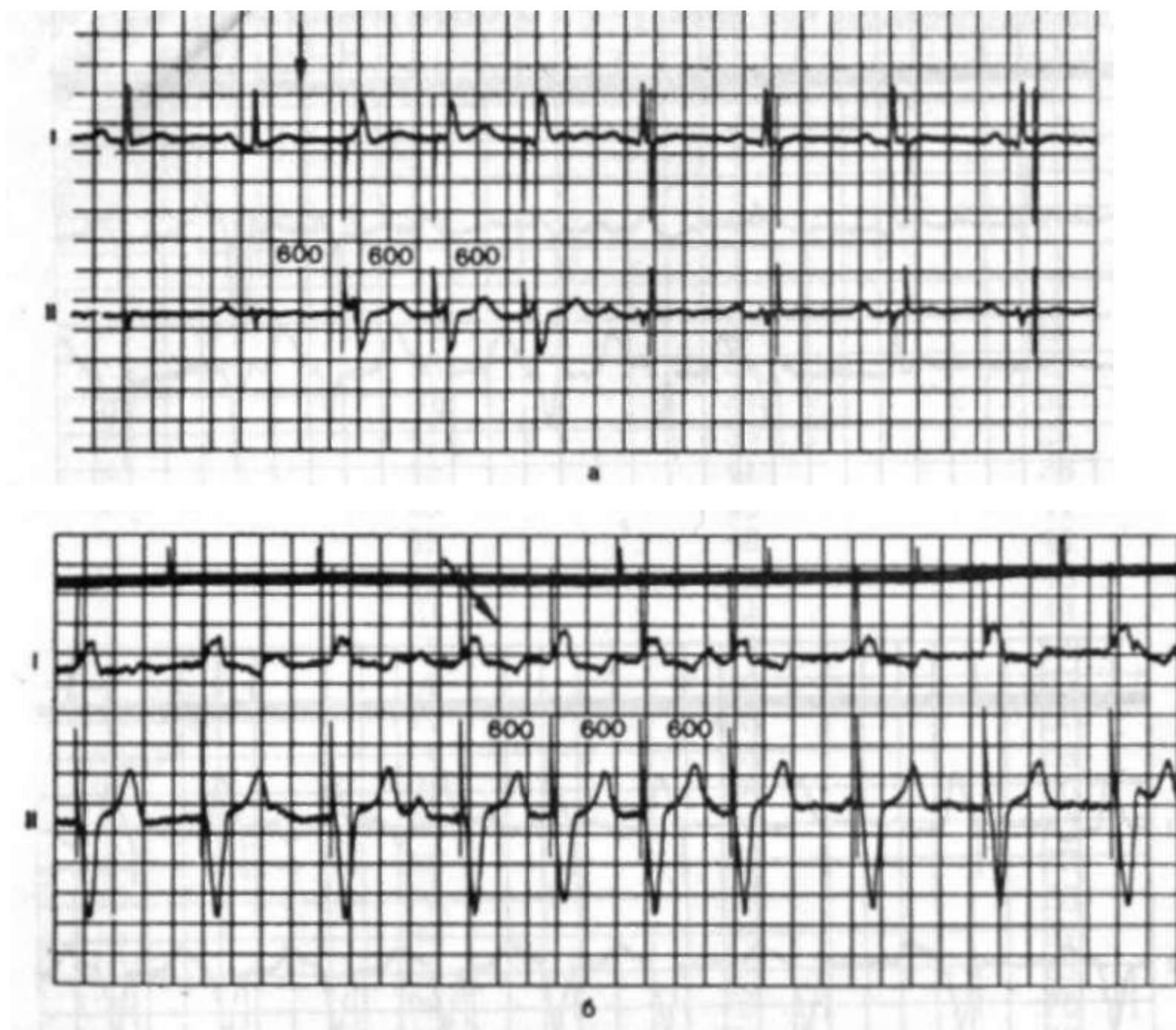


с

**Рис. 28. Перевод ЭКС-500 в фиксированный режим. При наложении магнита (стрелка) аппарат функционирует в фиксированном режиме стимуляции с частотой 100 имп/мин.**

**а — исходный ритм синусовый; б — исходный ритм навязанный.**

пользовании аппарата «Spectraх-5985» преждевременное устранение магнита приводит к неполной реализации магнитного теста (рис. 30). Частота стимуляции при проведении магнитного теста зависит от состояния источника питания, в связи с чем данный тест используется для определения энергетического состояния источника питания. В процессе эксплуатации ЭКС частота стимуляции при выполнении магнитного теста уменьшается (рис. 31). Уменьшение частоты генерируемых импульсов ниже критической величины, указанной в паспорте, свидетельствует об угрожающем истощении источника питания и даже при эффективной стимуляции требует замены ЭКС.

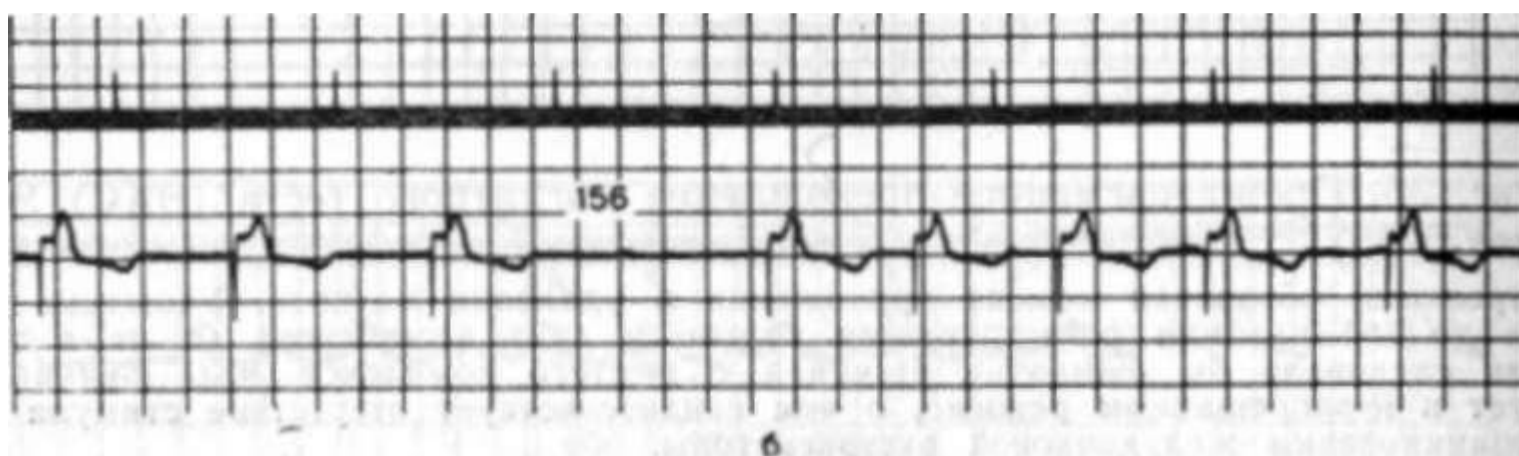
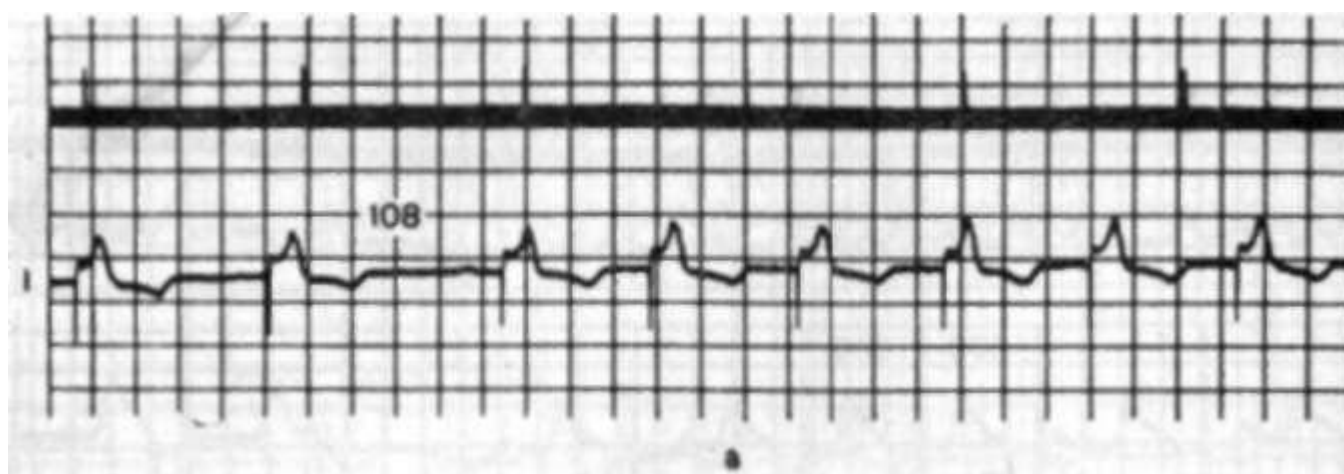


**Рис. 29. Перевод в фиксированный режим ЭКС Spectraх-5985.**

**а** — исходный ритм синусовый. При наложении магнита первый искусственно вызванный комплекс появляется через 600 мс после спонтанного. Первые три навязанных комплекса следуют с частотой 100 имп/мин. Последующие импульсы ЭКС регистрируются с частотой базового ритма стимуляции 69 имп/мин, попадая в рефрактерный период желудочков, они не вызывают их деполяризации. Интервал асинхронной стимуляции 600 мс регистрируется только дважды, так как отсчет начат от синусового комплекса; **б** — исходный ритм навязан ЭКС. Базовая частота стимуляции 70 имп/мин. При наложении магнита первый искусственно вызванный комплекс появляется через 600 мс. Последующие три комплекса следуют с частотой 100 имп/мин, после чего вновь осуществляется стимуляция с частотой 70 имп/мин.

В некоторых типах ЭКС, работающих в режиме VVI, при наложении магнита на область ЭКС или снятии его происходит увеличение автоматического интервала за счет ингибирования ЭКС (рис. 32) [Barold S. S. et al., 1973; Driller J. et al., 1976; Phorman J., 1977]. Данный факт объясняют изменением разницы электромеханических потенциалов между внутрисердечным электродом и заземляющей пластиной. Каждый раз, когда магнитоуправляемая контактная цепь открывается или закрывается в ответ на воздействие магнитом, эта разница потенциалов меняется, ЭКС воспринимает ее и ингибируется [Driller J. et al., 1976; Thorman J. et al., 1977]. Считается, что подоб-





**Рис. 32. Магнитный тест (ЭКС фирмы Vitatron).**

Учащение стимуляции до 90 имп/мин происходит через паузу, величина которой может изменяться.

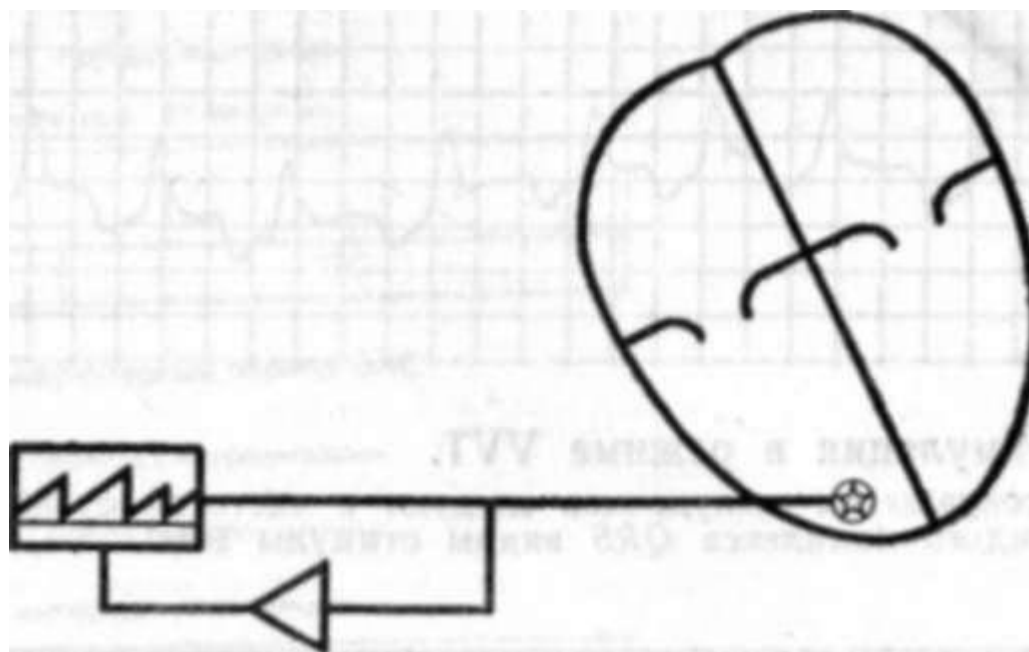
а — длительность паузы 108 мс; б — длительность паузы 156 мс.

го, но и после каждого «отловленного» спонтанного комплекса. Как правило, рефрактерный период в различных моделях ЭКС колеблется от 200 до 500 мс. Спонтанный желудочковый комплекс, возникающий в интервале, соответствующем величине рефрактерного периода, не будет выделяться аппаратом, и следующий навязанный комплекс появится спустя заданный автоматический интервал. Аппарат воспринимает только те комплексы, в которых амплитуда внутрисердечного потенциала не менее 2–2,5 мВ. Если амплитуда волны *R* менее указанной величины (часто это бывает, когда на ЭКГ регистрируется низкоамплитудный желудочковый комплекс), данный комплекс не будет воспринят ЭКС и следующий импульс появится через заданный автоматический интервал.

Стимуляция в режиме VVI является основным видом лечения при синдроме слабости синусового узла (СССУ) и нарушениях АВ проводимости.

Стимулятор VVT — это R-повторяющий ЭКС; стимулятор, синхронизированный с волной *R* (рис. 33).

ЭКС этого типа, так же как и ЭКС типа VVI, имеет и сенсорный, и стимулирующий механизмы. И сенсорная, и стимулирующая функции осуществляются посредством одного электрода, имплантируемого в желудочек.



**Рис. 33. Функционирование ЭКС в режиме VVT (схема). Знаком звездочка в кружке обозначено восприятие управляющего сигнала и стимуляция.**

ЭКС типа VVT имеет такие же интервалы, как и ЭКС типа VVI. Точно так же, как и /<sup>^</sup>-запрещаемый ЭКС, /<sup>^</sup>-повторяющий ЭКС воспринимает активность сердца, но не блокирует генерирование стимулирующего импульса, а, наоборот, стимулирующий импульс появляется в ответ на «отловленный» внутрисердечный желудочковый потенциал [Furman S. et al., 1968; Sowton E., 1968]. Стимулы, как правило, попадают в начальную часть комплекса *QRS*, но они не могут вызвать деполяризации желудочков, поскольку желудочки в это время находятся в состоянии абсолютной рефрактерности (рис. 34). Если в период автоматического интервала спонтанная деполяризация желудочков не произойдет, то следующий комплекс будет навязанным от ЭКС (рис. 35). Если частота спонтанного ритма близка к базовой частоте, то могут возникнуть сливные сокращения (рис. 36). Иногда стимулирующий импульс может возникнуть не в начале комплекса *QRS*, а чуть позже, в случаях расщепления желудочкового комплекса при нарушениях внутрижелудочковой проводимости.

Аппарат имеет рефрактерный период, в течение которого он не воспринимает ни один сигнал, поэтому в ответ на потенциалы, зарегистрированные в этом интервале, генерирования импульсов не происходит. Особенность работы



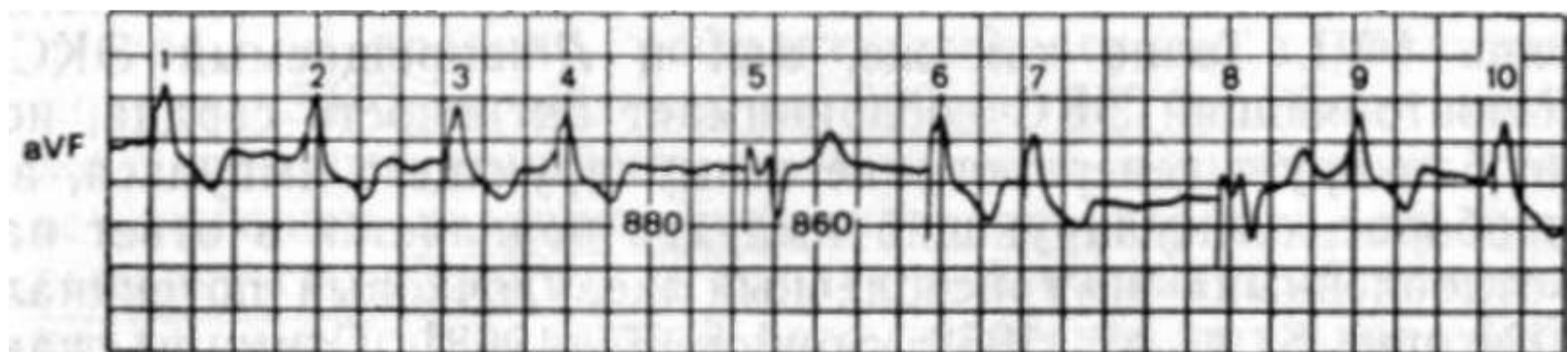
**Рис. 34. Стимуляция в режиме VVT.**

Спонтанные сокращения желудочков следуют с частотой от 83 до 120 в 1 мин. В начале каждого комплекса *QRS* видны стимулы ЭКС.



**Рис. 35. Стимуляция в режиме WT.**

Комплексы 2, 3, 7 навязаны от ЭКС, так как в автоматическом интервале, равном 880 мс, спонтанных сокращений не возникло. Остальные комплексы спонтанные, в начале каждого из них регистрируется стимулирующий импульс.

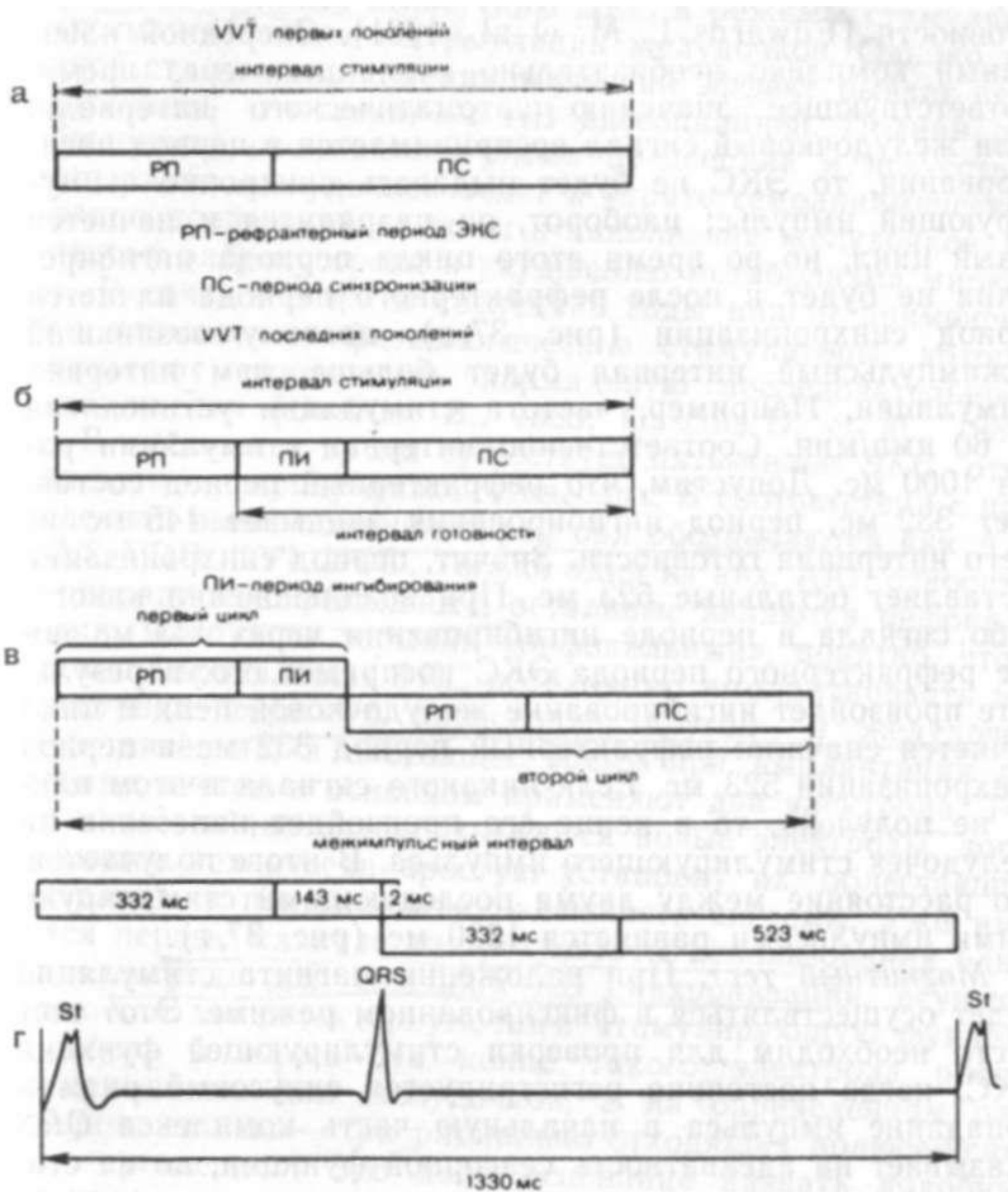


**Рис. 36. Стимуляция в режиме VVT.**

1, 2, 3, 4, 7, 9, 10 — комплексы спонтанные; 5 и 8 — искусственно вызванные; 6 — сливной. Расстояние между сливным и предшествующим навязанным равно 860 мс, т. е. близко к величине автоматического интервала, равной 880 мс.

данного типа ЭКС заключается в том, что возникновение импульса в ответ на спонтанный комплекс происходит только до определенной частоты, величина которой зависит от рефрактерного периода. Например, при рефрактерном периоде 400 мс эта частота будет соответствовать 150 имп/мин.

Рассмотренный выше вариант *R* — повторяющегося ЭКС относится к аппаратам первых поколений. В них величина интервала стимуляции складывается из величины рефрактерного периода ЭКС и интервала, в котором осуществлялось нанесение синхронизированного импульса,



**Рис. 37. Функционирование ЭКС типа VVT первых и последних поколений (схема). Объяснение в тексте.**

так называемого периода синхронизации (рис. 37,а). Очередной навязанный желудочковый комплекс всегда возникал с фиксированным интервалом, равным интервалу стимуляции. В современных зарубежных ЭКС данного типа интервал стимуляции состоит из трех интервалов: рефрактерного периода, периода ингибирования, т. е. периода, в котором происходит ингибирование ЭКС воспринимаемым сигналом, и периода синхронизации (рис. 37,б). Период ингибирования всегда короче периода синхронизации и вместе они составляют так называемый интервал

готовности [Edwards L. M. et al., 1981]. Очередной навязанный комплекс обязательно возникнет через время, соответствующее значению автоматического интервала. Если желудочковый сигнал воспринимается в период ингибирования, то ЭКС не будет выдавать синхронно стимулирующий импульс; наоборот, он разрядится и начнется новый цикл, но во время этого цикла периода ингибирования не будет и после рефрактерного периода начнется период синхронизации (рис. 37, в), поэтому возникший межимпульсный интервал будет больше, чем интервал стимуляции. Например, частота стимуляции установлена на 60 имп/мин. Соответственно интервал стимуляции равен 1000 мс. Допустим, что рефрактерный период составляет 332 мс, период ингибирования занимает 145 мс из всего интервала готовности. Значит, период синхронизации составляет остальные 523 мс. При возникновении какого-либо сигнала в периоде ингибирования через 143 мс после рефрактерного периода ЭКС воспримет его, в результате произойдет ингибирование желудочковой цепи и цикл начнется сначала: рефрактерный период 332 мс и период синхронизации 523 мс. Если никакого сигнала в этом цикле не получено, то в конце его произойдет нанесение на желудочек стимулирующего импульса. В итоге получается, что расстояние между двумя последующими стимулирующими импульсами равняется 1330 мс (рис. 37, г).

*Магнитный тест.* При наложении магнита стимуляция будет осуществляться в фиксированном режиме. Этот тест часто необходим для проверки стимулирующей функции ЭКС, когда постоянно регистрируется синусовый ритм и попадание импульса в начальную часть комплекса *QRS* указывает на адекватность сенсорной функции, но не стимуляции.

ЭКС типа VVT в настоящее время применяется редко, во-первых, потому, что срок службы их мал ввиду большого потребления энергии, а во-вторых, в связи с трудностями при интерпретации ЭКГ. Это особенно относится к ЭКС VVT последних поколений, которые были описаны выше, поскольку при недостаточном опыте легко допустить ошибку и диагностировать ложное нарушение в системе стимуляции.

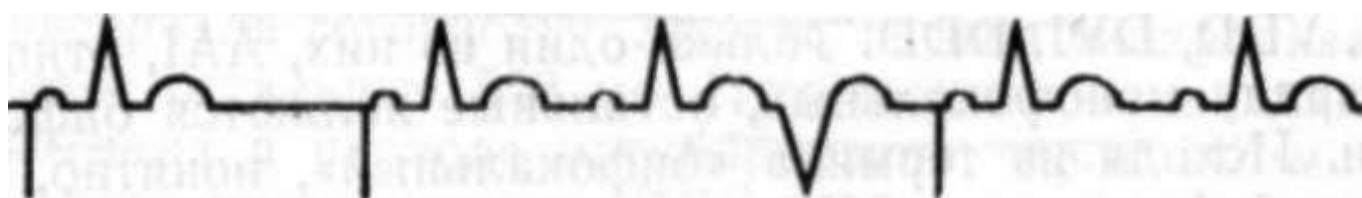
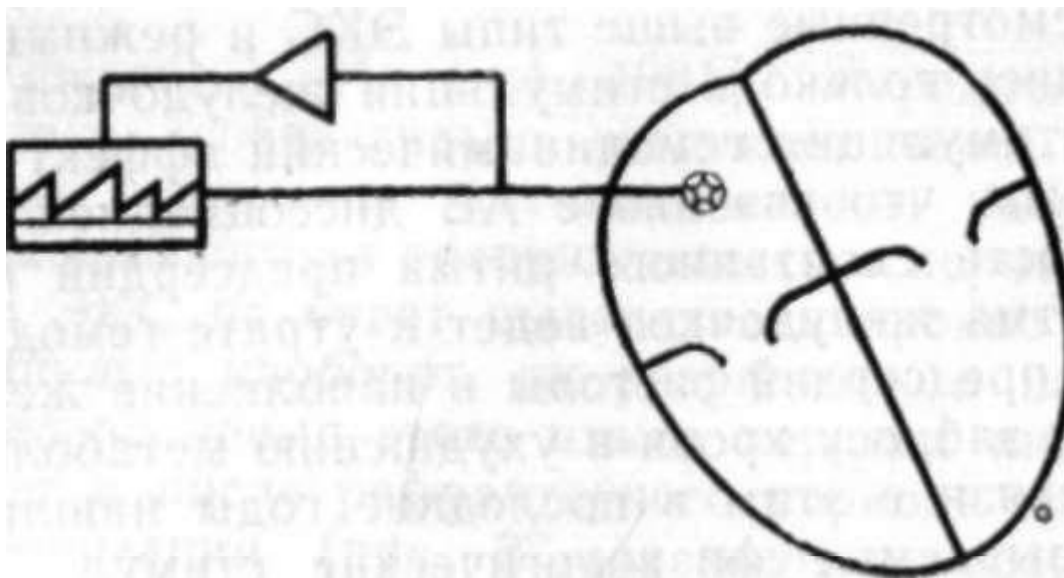
Тем не менее этот режим можно использовать в программируемых ЭКС, в случае миопотенциального ингибирования, так как риск учащения ритма и его последствия меньше, чем риск развития асистолии желудочков [Mumin D. et al., 1973; Ohm J., 1974; Edwards L. M., 1981].



Рассмотренные выше типы ЭКС и режимы стимуляции относились только к стимуляции желудочков. Однако при такой стимуляции гемодинамический эффект бывает недостаточным, что связано с АВ диссоциацией. Полная разобщенность спонтанного ритма предсердий и искусственного ритма желудочков ведет к утрате гемодинамического вклада предсердий систолы в наполнение желудочков, обратному забросу крови и ухудшению метаболизма миокарда. В связи с этим в последние годы нашли применение так называемые физиологические стимуляторы, которые позволяют имитировать нормальную последовательность возбуждения [Dodinot В., 1983; Gascon D. et al., 1985].

В настоящее время существует пять типов ЭКС, относящихся к разряду физиологических. В соответствии с приведенной выше номенклатурой они обозначаются как ААІ, VАТ, VDD, DVI, DDD. Только один из них, ААІ, относится к разряду монофокальных, остальные являются бифокальными. Исходя из термина «бифокальный», понятно, что в случае бифокальных ЭКС необходимо имплантировать два электрода: один — в предсердие, другой — в желудочек. Действительно, в настоящее время при имплантации подобных систем в основном применяют два электрода. Тем не менее сейчас разрабатываются новые электроды, допускающие технически простую установку их, облегчающие операцию и повышающие надежность системы. Уже имеются первые клинические результаты использования одного электрода для создания АВ синхронизации, осуществляющего как детекторную, так и стимулирующую функции в обеих камерах. На конце такого электрода расположен полюс для желудочков, а на определенном расстоянии от него — три радиально отходящих полюса-усика для предсердия. Это дало основание назвать подобный электрод «венцом из шипов» [Wainwright R. et al., 1983].

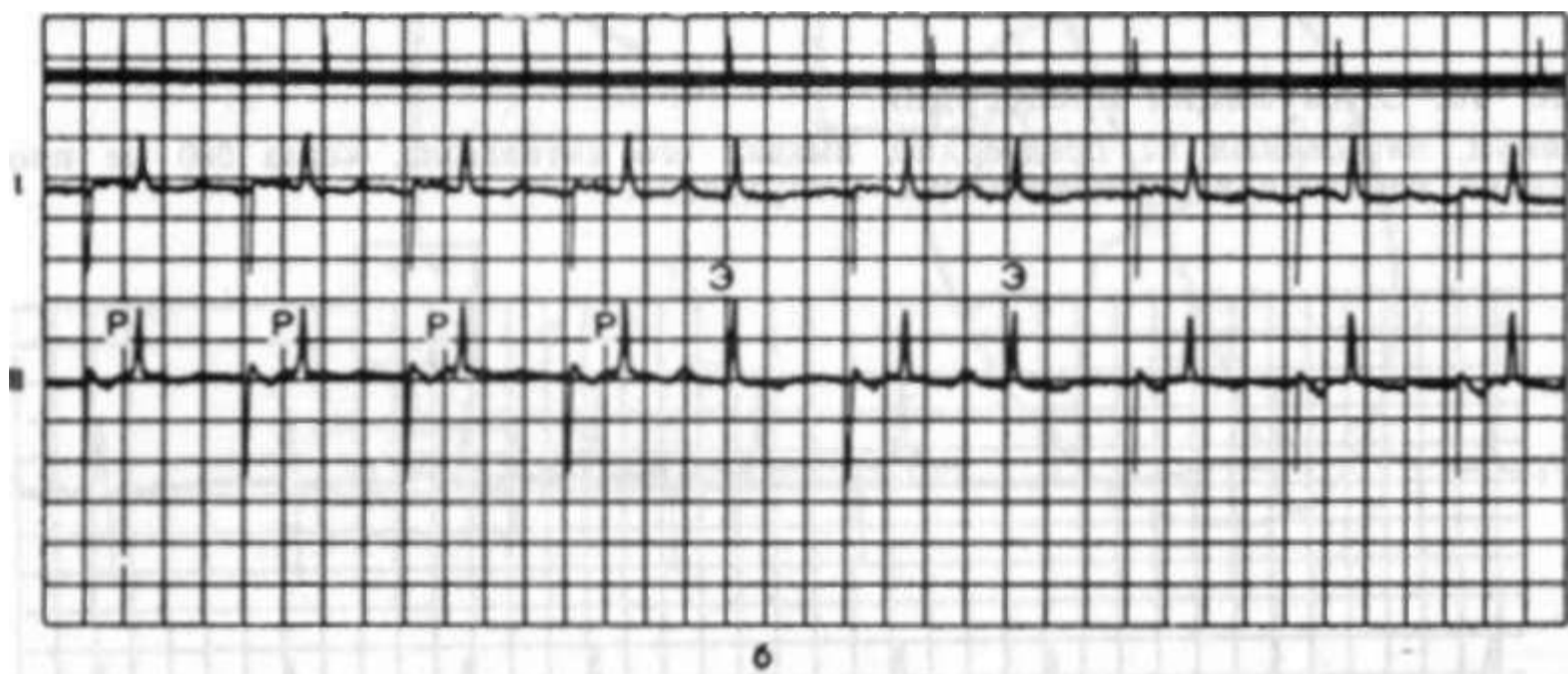
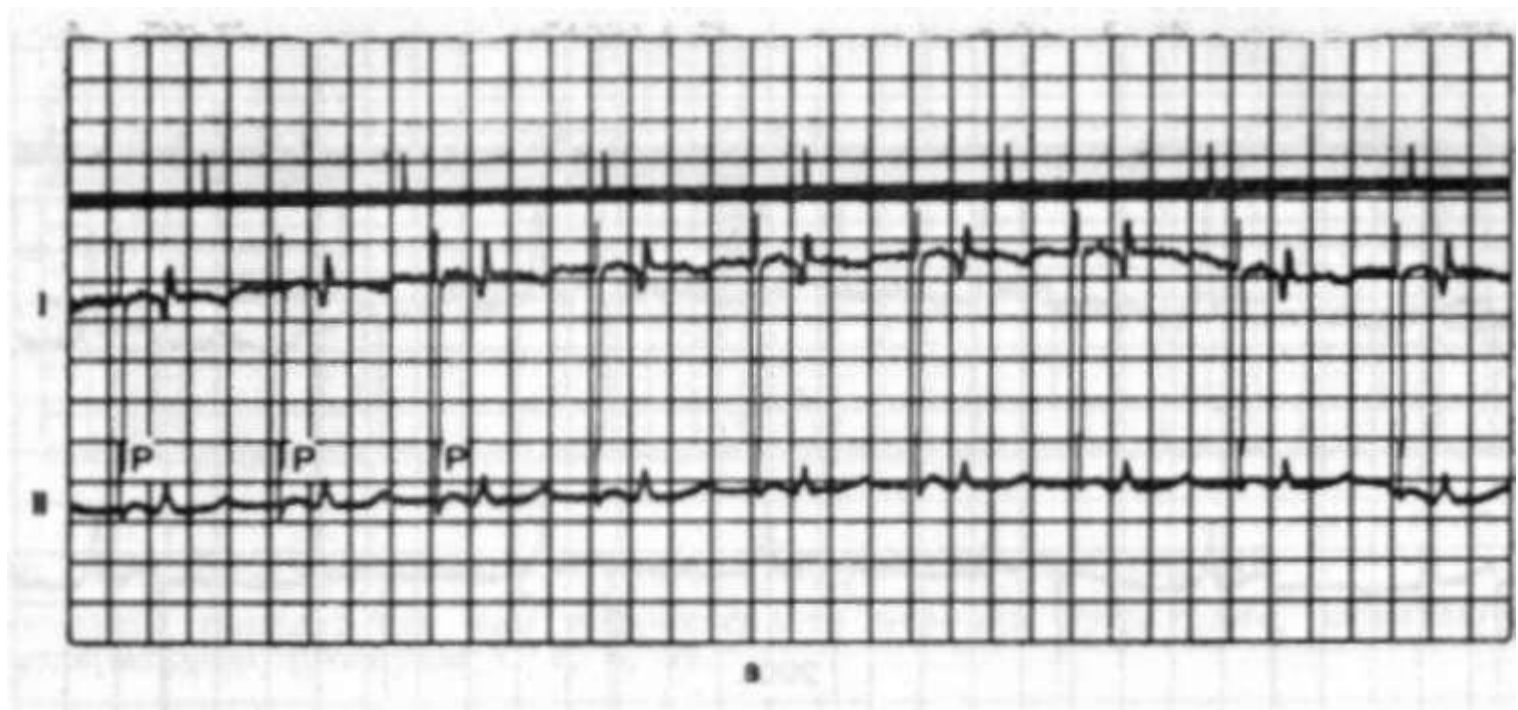
Истоки бифокальной стимуляции относятся к началу 60-х годов. В 1963 г. D. Nathan и соавт. произвели имплантацию ЭКС, синхронизировавшего деятельность желудочка с синусовым ритмом при полной АВ блокаде, а в 1969 г. В. Verkovits и соавт. имплантировали первый секвенциальный ЭКС. Бифокальные стимуляторы сначала имплантировали редко из-за дороговизны систем стимуляции и недостаточно развитой технологии производства предсердных электродов, однако с начала 80-х годов в связи с прогрессом в производстве электродов, источников питания и электронных цепей имплантация бифокальных стимуляторов возросла менее чем с 1 до 20%, а в некоторых веду-



**Рис. 38.** Функционирование ЭКС в режиме ААI (схема). Знаком звездочка в кружке обозначено восприятие управляющего сигнала и стимуляция.

щих центрах кардиостимуляции—даже до 50% [Dodnot В., 1983].

Стимулятор ААI — Р-запрещаемый ЭКС (рис. 38). Это единственный из всех физиологических ЭКС, для работы которого необходим только один электрод, имплантируемый в предсердие или коронарный синус [Furman S., 1973; Greenberg P. et al., 1979]. В зависимости от места установки электрода в правом предсердии конфигурация искусственно вызванного зубца Р может быть положительной или отрицательной (рис. 39, а, б). При стимуляции из коронарного синуса зубец Р будет инвертирован в отведениях II, III и аvF. Посредством этого электрода осуществляется как детекторная, так и стимулирующая функции аппарата (аналогично VVI). ЭКС воспринимает спонтанную активность предсердий, и если частота предсердных сокращений становится меньше установленной частоты стимуляции, то наносит стимул на предсердие. Вслед за возникающим предсердным комплексом, через интервал, равный времени проведения по АВ узлу, происходит сокращение желудочков (рис. 40). Если частота спонтанных сокращений предсердий превысит заданную частоту стимуляции, то аппарат перейдет в состояние «слежения»:



**Рис. 39. Режим ААI.**

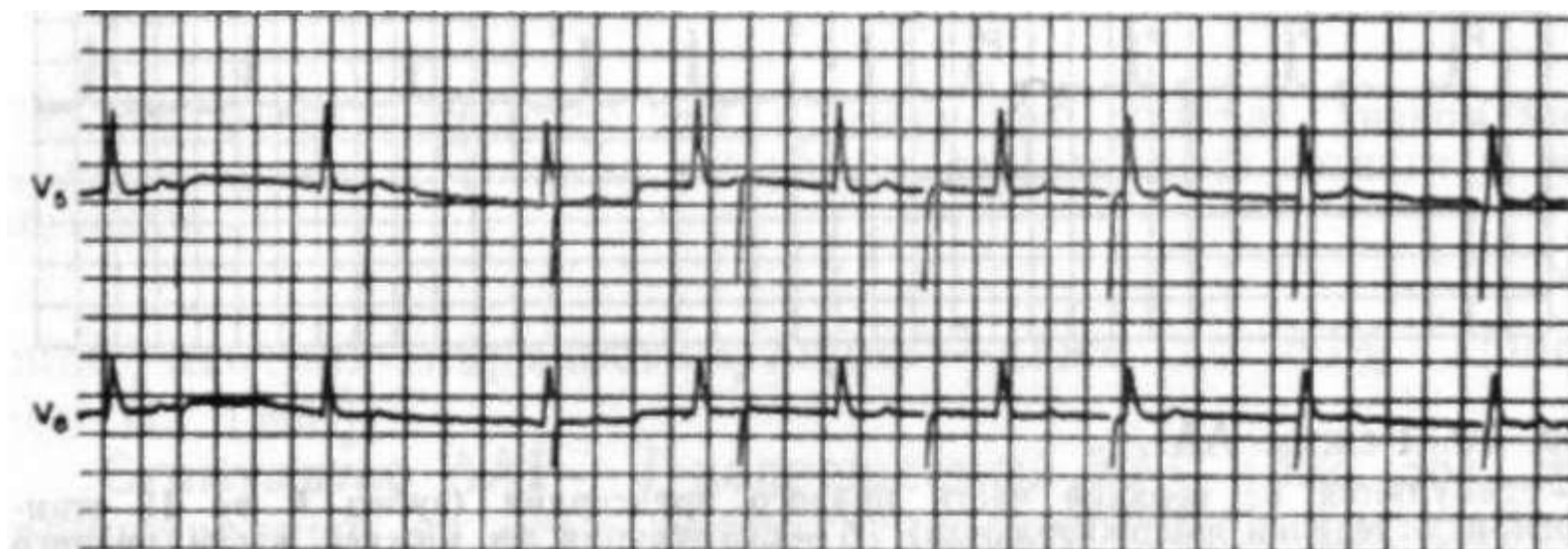
**а**—стимуляция из верхней части правого предсердия (зубец *P* во II стандартном отведении положительный); **б**—стимуляция из нижней части правого предсердия (зубец *P* во II стандартном отведении отрицательный). В экстра-систолическом комплексе зубец *P* положительный.

на ЭКГ будет регистрироваться спонтанный ритм до тех пор, пока частота сокращений предсердий не снизится, т. е. пока не появятся условия для начала стимуляции. Очевидно, что для такой стимуляции обязательно сохранение нормальной АВ проводимости; в противном случае проведение предсердных импульсов на желудочки будет невозможным. Кроме того, необходимо, чтобы предсердие могло отвечать на стимуляцию; это условие отсутствует при «молчащем» предсердии и при мерцательной аритмии (рис. 41). Для правильной работы ЭКС необходимо, чтобы амплитуда волны *P* в области головки электрода была достаточной; если амплитуда волны *P* будет мала, аппарат не воспримет ее и начнет подавать стимулы на предсердие асинхронно с заданной частотой без всякой связи с регистрируемой на поверхностной ЭКГ активностью предсердий. В том случае, когда амплитуда воспринимае-



**Рис. 40. Стимуляция предсердий.**

Стимул, нанесенный на предсердие, вызвал его активацию, через 200 мс происходит спонтанная деполяризация желудочков.



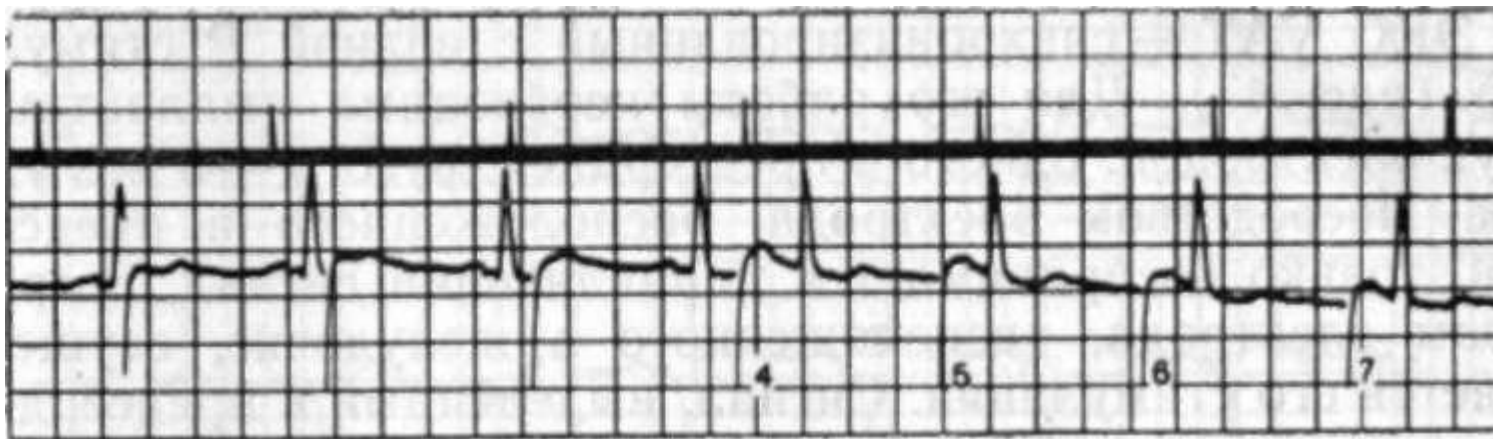
**Рис. 41. Стимуляция предсердий на фоне мерцательной аритмии (режим ААI).**

Амплитуда волн *P* настолько мала, что не может быть воспринята ЭКС, поэтому импульсы наносятся с постоянно заданной частотой стимуляции, не вызывая деполяризации предсердий.

мышвнутрипредсердных потенциалов разная, может наблюдаться хаотичное нанесение импульсов на предсердие, что связано с периодически возникающим сигналом столь малой амплитуды; которая не вызывает ингибирования ЭКС.

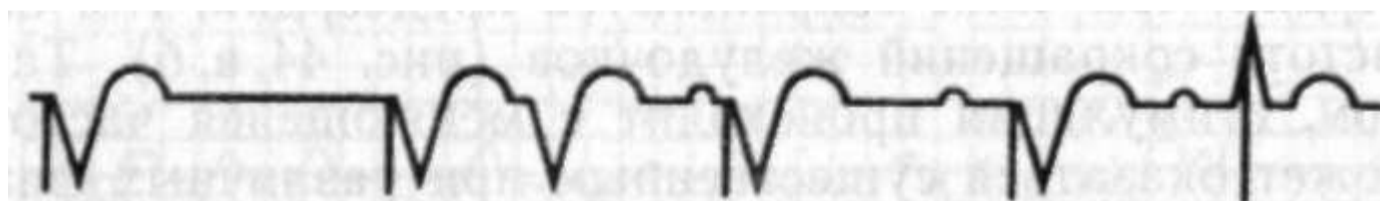
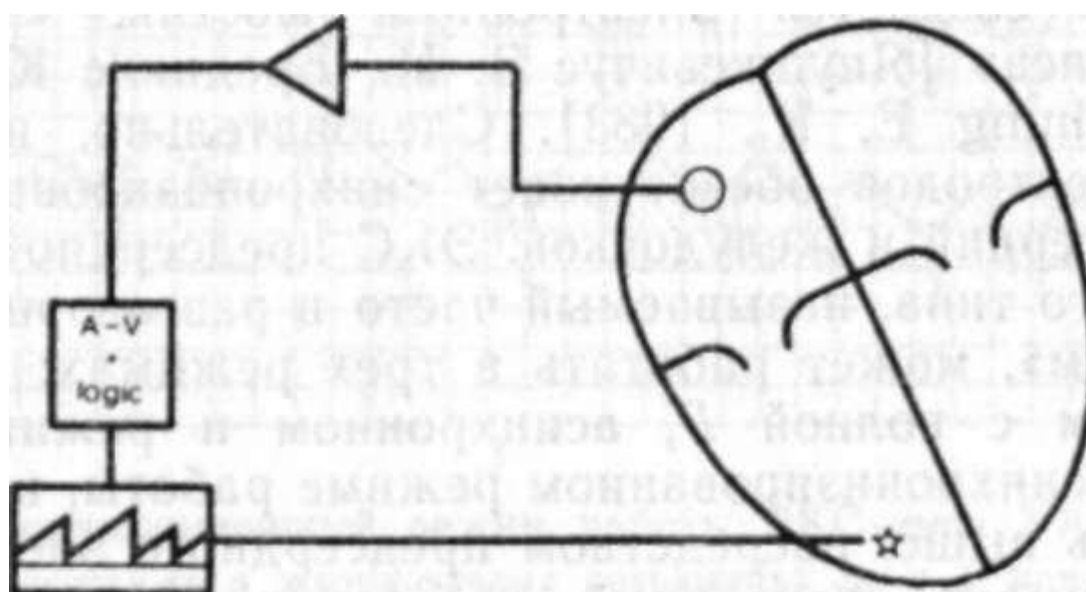
При наложении магнита на область стимулятора он переходит в фиксированный режим работы А00, при котором стимуляция происходит с заданной частотой независимо от спонтанной активности предсердий (рис. 42). Этот тест используется для проверки работы ЭКС.

Многие современные ЭКС типа VVI имеют программируемую чувствительность, поэтому они используются для



**Рис. 42. Фиксированный режим стимуляции предсердий.**

Импульсы, попадающие вне рефрактерного периода предсердий, вызывают их деполяризацию (стимулы 4, 5, 6, 7).



**Рис. 43. Функционирование ЭКС типа VVI (схема).**

O — восприятие управляющего сигнала. Звездочка — стимуляция желудочка.

стимуляции предсердий. При этом остаются справедливыми все положения, характерные для работы ЭКС типа VVI. Показания и противопоказания к имплантации ЭКС для стимуляции предсердий представлены ниже:

**Показания  
к имплантации**

- Остановка синусового узла
- Синусовая брадикардия
- Синоатриальная блокада
- Синдром брадитахикардии
- Синдром каротидного синуса

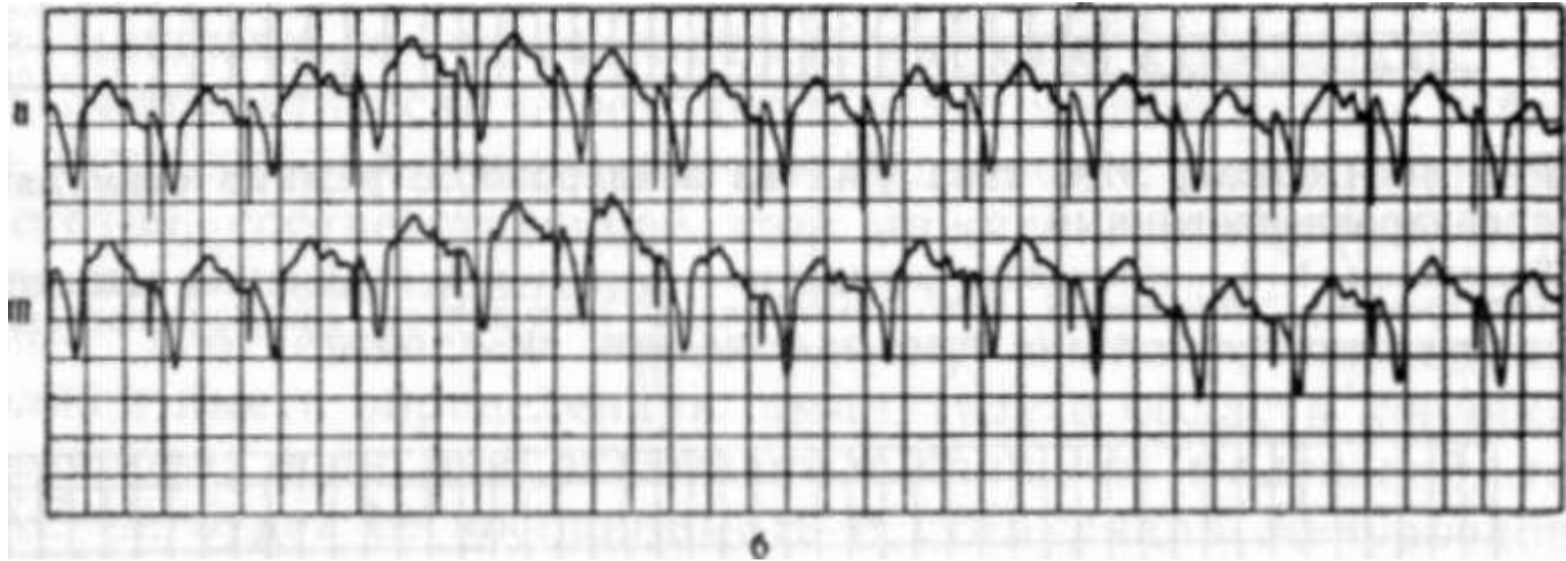
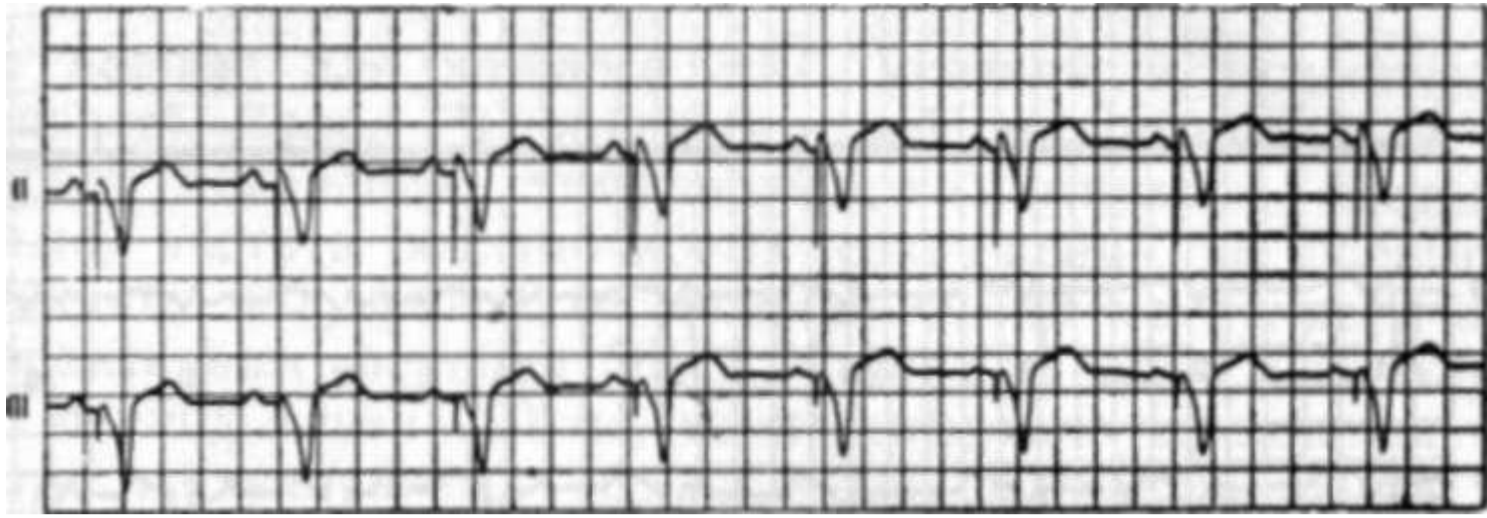
**Противопоказания  
к имплантации**

- АВ блокада или нарушение проводимости в системе Гиса — Пуркинье
- Остановка предсердий
- Мерцание или трепетание предсердий с малой частотой сердечных сокращений

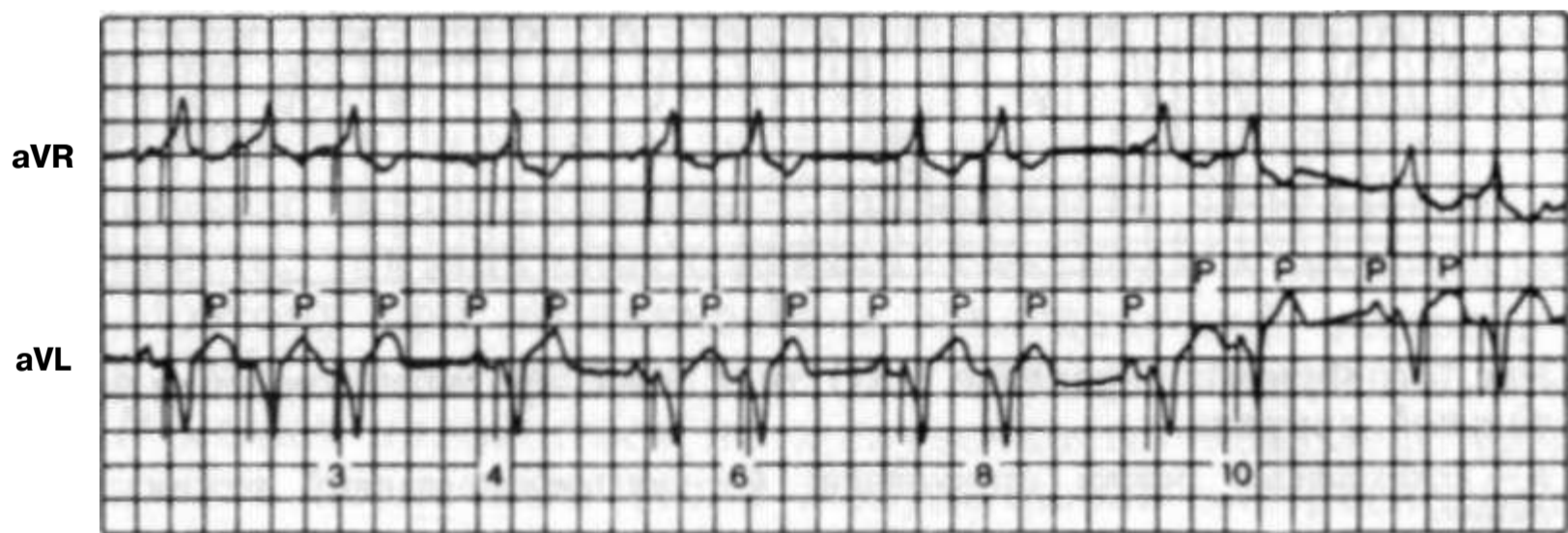
ЭКС VАТ - синхронизированный с волной *P* стимулятор (рис. 43). Для его работы необходима имплантация двух электродов: одного в предсердие, другого — в желудочек. Посредством электрода, расположенного в предсердии, только воспринимается управляющий сигнал, посредством электрода, расположенного в желудочке, осуществляется его стимуляция. Сигнал, выделенный в предсердии, задерживается на определенное время, соответствующее времени проведения по АВ узлу и называемое технической АВ задержкой, и в виде стимулирующего импульса направляется по другому электроду в желудочек. Таким образом создается электронный мостик, «электронный пучок Гиса» [Янушкевичус З. И., Бредикис Ю. Ю. и др., 1984; Chung E. K., 1983]. Следовательно, имплантация двух электродов обеспечивает синхронизированную работу предсердий и желудочков. ЭКС предсердно-синхронизированного типа, называемый часто в разговорной речи «*P*-волновым», может работать в трех режимах: синхронизированном с волной *P*, асинхронном и режиме деления.

При синхронизированном режиме работы, как уже указывалось выше, посредством предсердного электрода ЭКС воспринимает спонтанный предсердный сигнал и через определенный отрезок времени подает стимулирующий импульс по другому электроду к желудочку, вызывая его деполяризацию. При этом режиме стимуляции частота сокращений желудочков зависит от частоты сокращений предсердий: чем чаще сокращаются предсердия, тем больше частота сокращений желудочков (рис. 44, а, б). Таким образом, стимуляция происходит с меняющейся частотой, что может оказаться существенным при различных физиологических состояниях. При восстановлении АВ проводимости зубец *P* даст начало как спонтанной деполяризации желудочков, так и возникновению стимулирующего импульса. В зависимости от соотношения скорости проведения возбуждения по АВ-системе и «электронному мостику» могут наблюдаться навязанные, сливные и псевдосливные сокращения.

В каждом ЭКС при функционировании в режиме синхронизации заложен диапазон изменения частот выходных импульсов, который у различных ЭКС данного типа находится в определенных пределах (у отечественного ЭКС-320 — около 70—140 имп/мин). Другими словами, если частота предсердных сокращений находится между 70—140 сокращениями в минуту, стимуляция желудочков будет осуществляться с коэффициентом проведения 1:1.

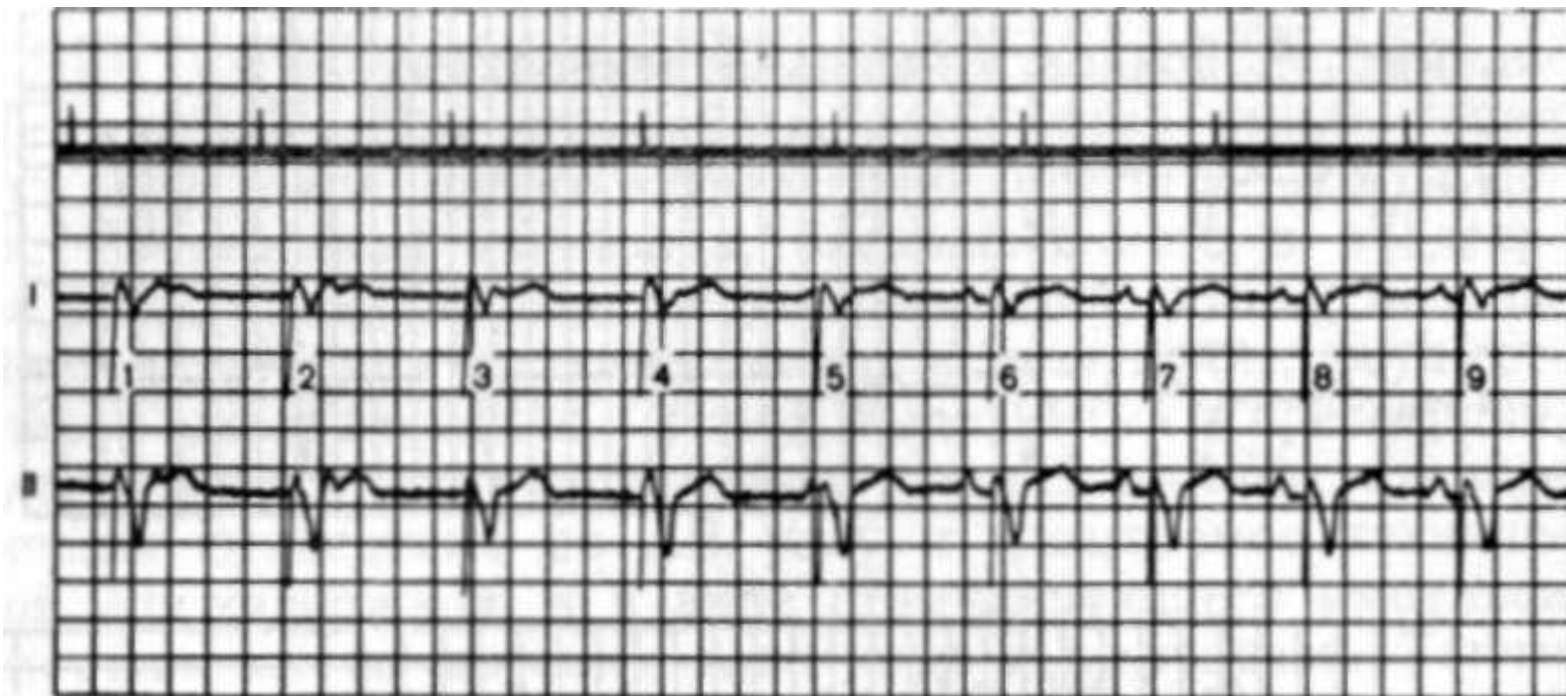


**Рис. 44. Синхронизированный режим работы ЭКС типа VAT.**  
 а — частота предсердных и желудочковых сокращений 65 в 1 мин; б — то же (после нагрузки) — 115 мич.



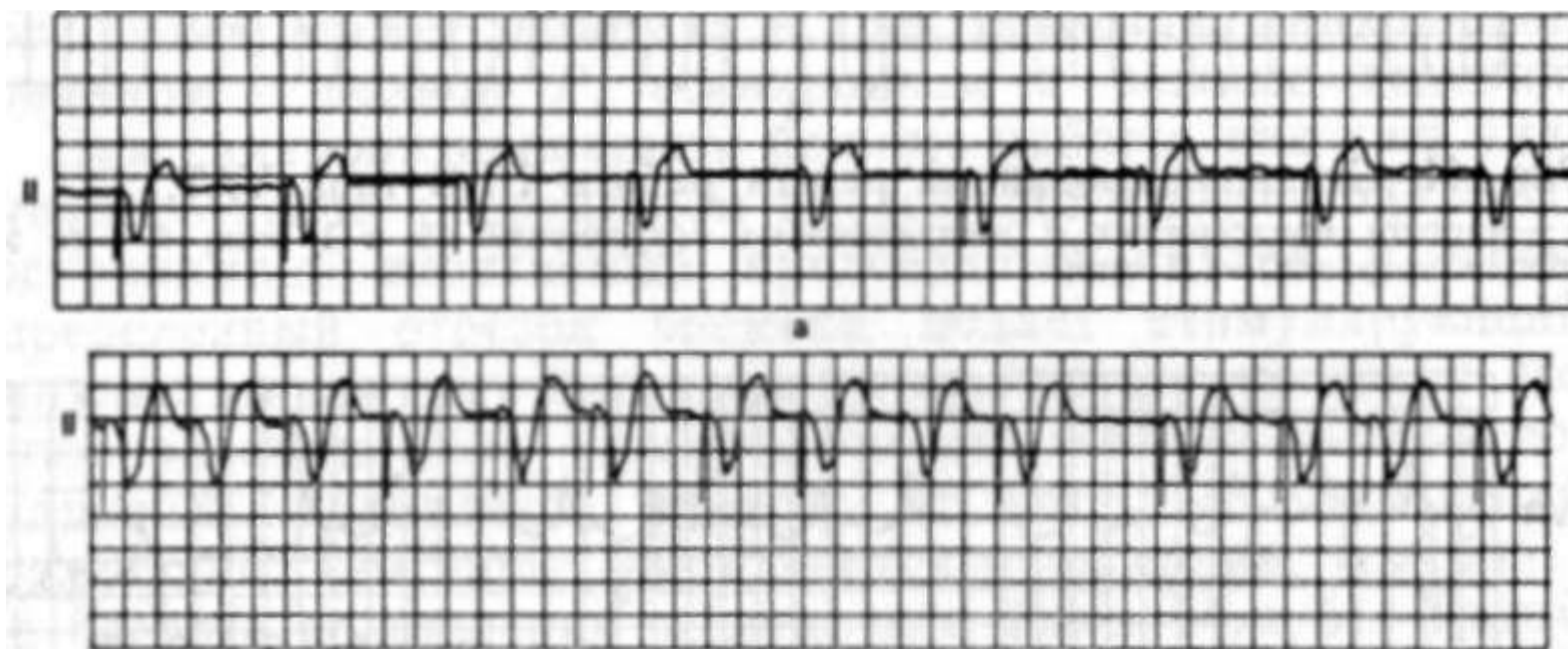
**Рис. 45. Функционирование ЭКС типа VAT в режиме деления.**  
 Возникновение импульса отсутствует после комплексов 3, 4, 6, 8, 10, что связано с попаданием волны *P* в рефрактерный период ЭКС.

Верхний частотный предел необходим для ограничения частоты сокращений желудочков: при возникновении наджелудочковой тахикардии, трепетания предсердий частота желудочковых сокращений не превысит этого предела. Если бы такого ограничения не было, то возникновение суправентрикулярной тахикардии неизбежно привело бы к желудочковой тахикардии, а возникновение трепетания — даже к фибрилляции желудочков.



**Рис. 46. Переход ЭКС типа VVI из асинхронного режима стимуляции в синхронизированный.**

Комплексы 1—5 — стимуляция желудочков с частотой 65 имп/мин (асинхронный режим); комплексы 6—9 — стимуляция желудочков синхронизирована с предшествующими зубцами *P*, частота которых 74 в 1 мин.



**Рис. 47. Функционирование ЭКС типа VVI при возникновении мерцательной аритмии.**

а — асинхронный режим стимуляции; б — синхронизированный режим стимуляции.

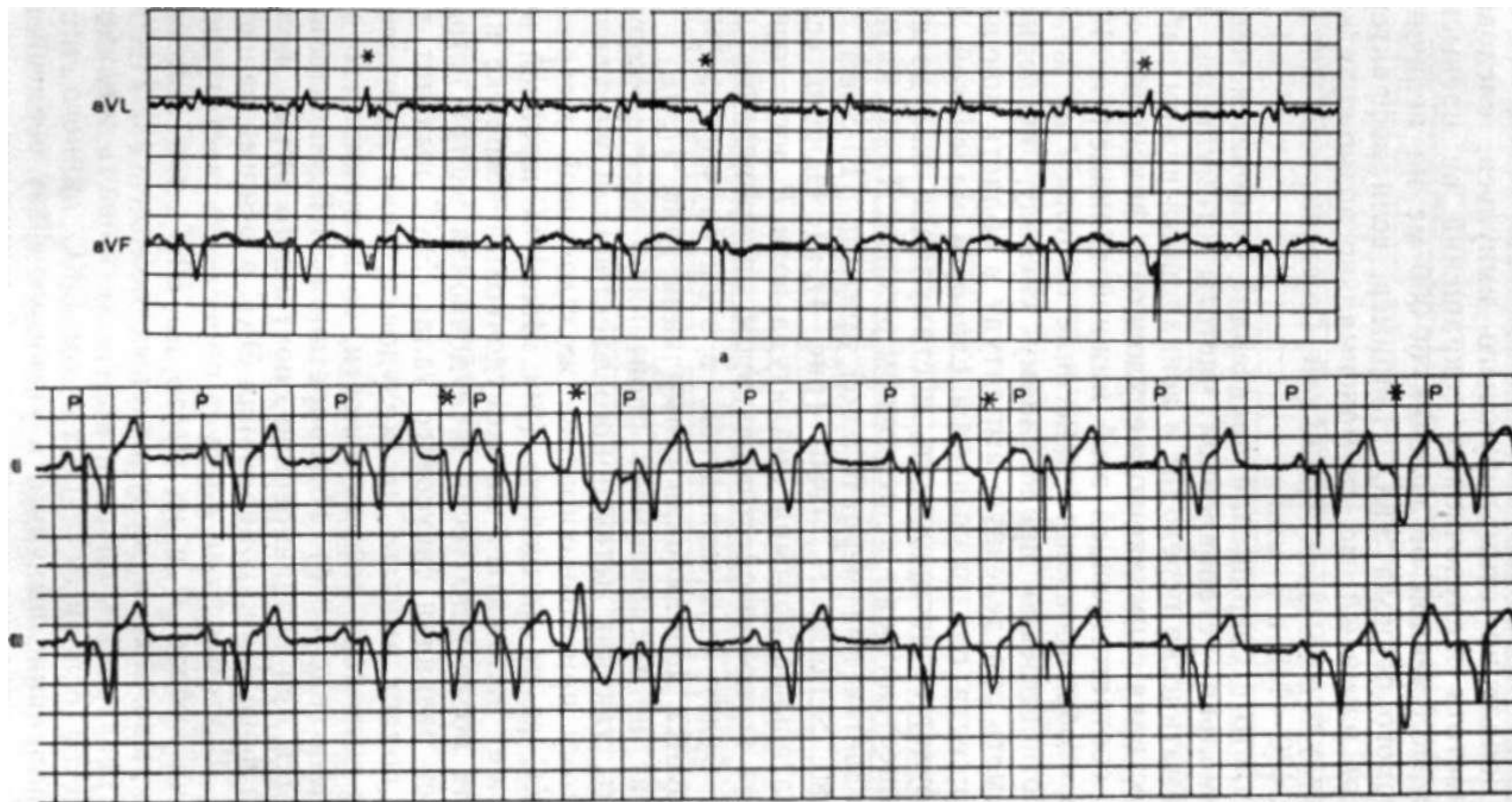
Если частота сокращений предсердий превысит максимально установленную частоту стимуляции, то ЭКС автоматически перейдет в режим деления, при котором выходной импульс генерируется в ответ не на каждую волну *P*, а через одну, две и т. д., иными словами, возникнет частичная блокада по типу АВ блокады II степени Мобитца II или периодов Венкебаха, так называемый технический блок (рис. 45). Режим деления обусловлен рефрактерным периодом ЭКС, который исчисляется от момента распознавания волны *P* и составляет около 400—480 мс (конкрет-



ные данные для каждого ЭКС указаны в техническом паспорте). Волна Я, попавшая в рефрактерный период, не вызовет появления стимулирующего импульса, следовательно, частота желудочковых сокращений не превысит величины, полученной от деления 60 000 мс на величину рефрактерного периода ЭКС. Например, если рефрактерный период равен 420 мс, то максимально возможная частота желудочковых сокращений составит  $60\,000\text{ мс} (1\text{ мин}) : 420 = 140$  в 1 мин.

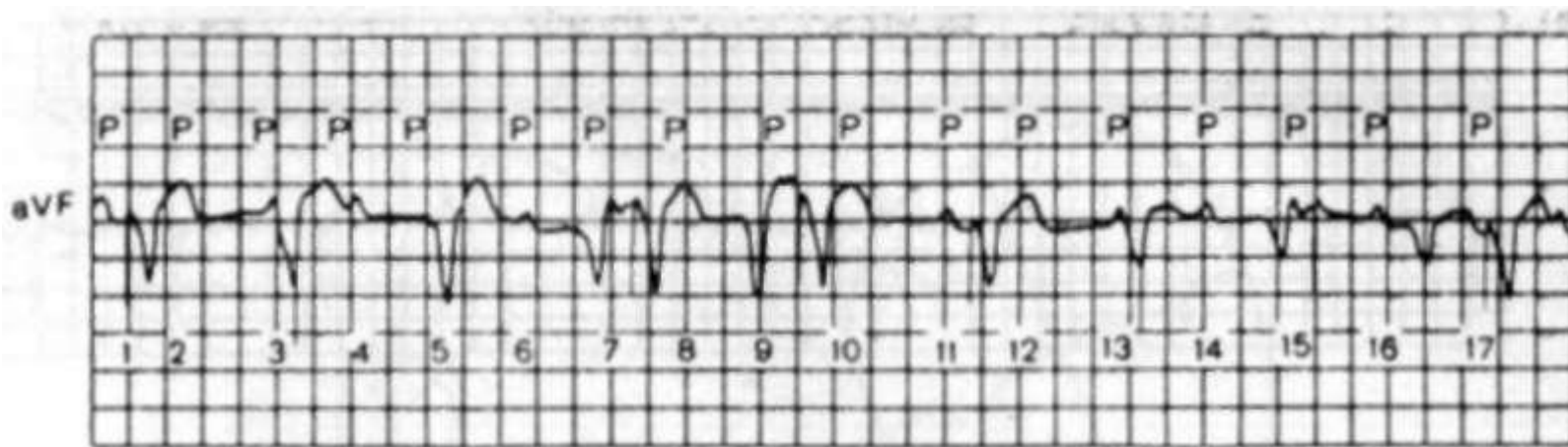
Если частота сокращений предсердий становится меньше минимально установленной частоты стимуляции, то ЭКС автоматически переходит в асинхронный режим работы, осуществляя стимуляцию желудочков с фиксированной частотой, соответствующей этой нижней границе (рис. 46). Для того чтобы произошло нанесение импульса на желудочек соответственно предсердному сигналу, последний должен иметь определенную амплитуду в области кончика электрода; если она оказывается слишком маленькой, то ЭКС не будет ее воспринимать и стимуляция желудочков будет осуществляться в асинхронном режиме. Такая картина наблюдается при мерцательной аритмии [El-Sherif N. et al., 1980; Schuller H., 1980] (рис. 47, а). Однако, если при мерцательной аритмии амплитуда волн *P* достаточна, чтобы быть воспринятой стимулятором, синхронизация желудочков будет осуществляться, в этом случае на ЭКГ регистрируется неритмичная стимуляция (рис. 47, б).

Аппарат не воспринимает спонтанную желудочковую активность, так как детекторного электрода в желудочке нет. Поэтому при возникновении желудочковой экстрасистолы ЭКС ее не «выделит» (рис. 48, а). Очередной зубец *P* может наложиться на желудочковый комплекс или возникнуть после него (если желудочковая экстрасистола не вызовет разрядки синусового узла). ЭКС выделит зубец *P* и подаст импульс на желудочки; если желудочек вышел из состояния рефрактерности, то возникнет его деполяризация (рис. 48, б). Интерпретация ЭКГ значительно усложняется при возникновении спонтанного ритма желудочков на фоне функционирования ЭКС в режиме деления (рис. 49). В этом случае следует определить частоту возникновения зубцов *P* и их место на ЭКГ, так как они могут «скрываться» в желудочковых комплексах. Неспособность реагировать на спонтанную активность желудочков является основным недостатком ЭКС данного типа, так как попадание импульса в уязвимую фазу сердечного цикла может привести к желудочковой тахикардии и даже



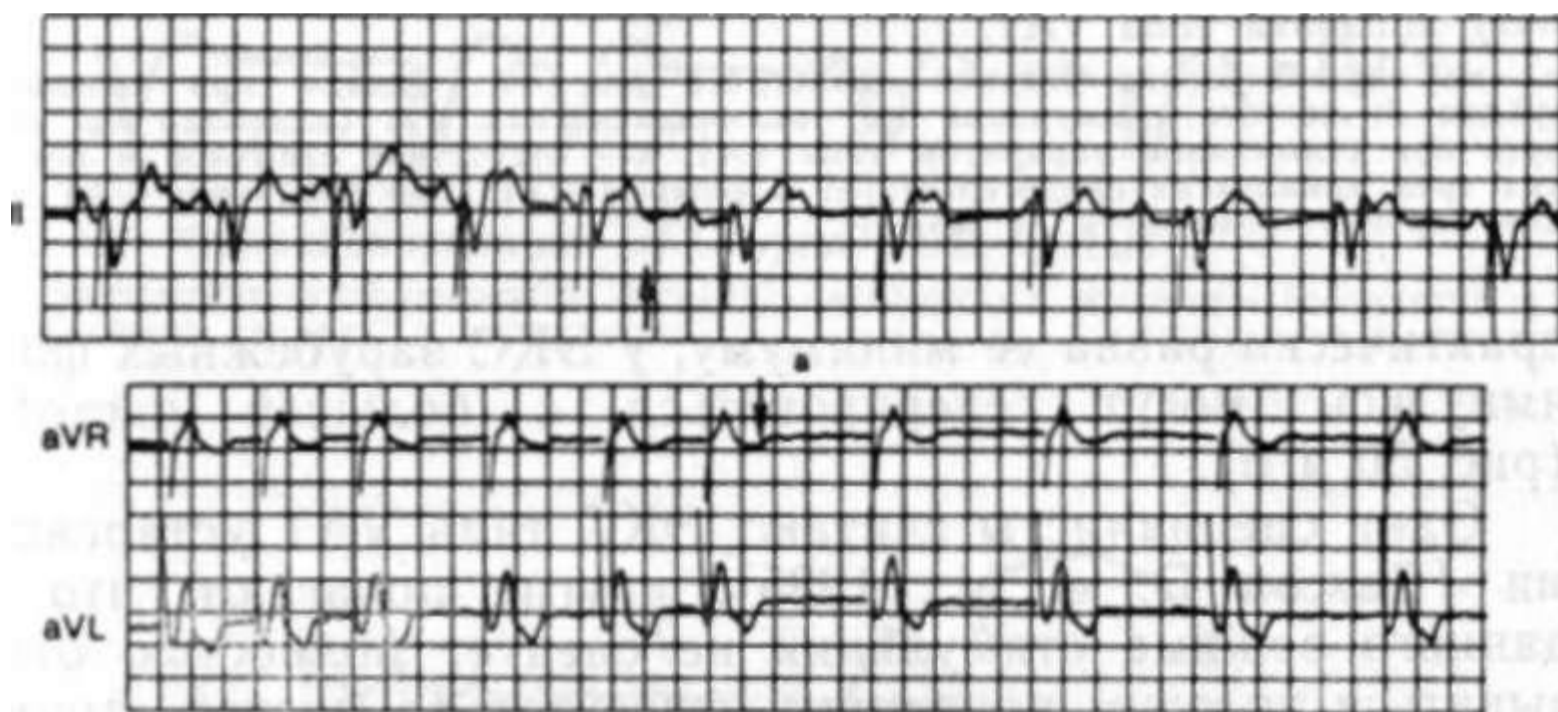
**Рис. 48. Функционирование ЭКС типа VAT при возникновении желудочковой экстрасистолии.**

**а** — стимулы, возникающие после экстрасистолических комплексов (звездочка), не вызывают ответной деполяризации, так как приходится на рефрактерный период желудочков; **б** — стимулы, возникающие после экстрасистолических комплексов, вызывают деполяризацию желудочков.



**Рис. 49.** Возникновение спонтанного ритма желудочков на фоне функционирования ЭКС типа VAT в режиме деления.

ЭКС функционирует в режиме деления (частота спонтанных зубцов *P* 140 в 1 мин, частота стимуляции 70 имп/мин; 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16-й зубцы *P* попадают в рефрактерный период ЭКС и не воспринимаются аппаратом). На этом фоне возникает спонтанный! ритм желудочков с частотой 75 в 1 мин. Стимулы после 3, 5, 13, 15-го зубца *P* не вызывают деполяризации желудочков, так как попали в рефрактерный период спонтанного комплекса.

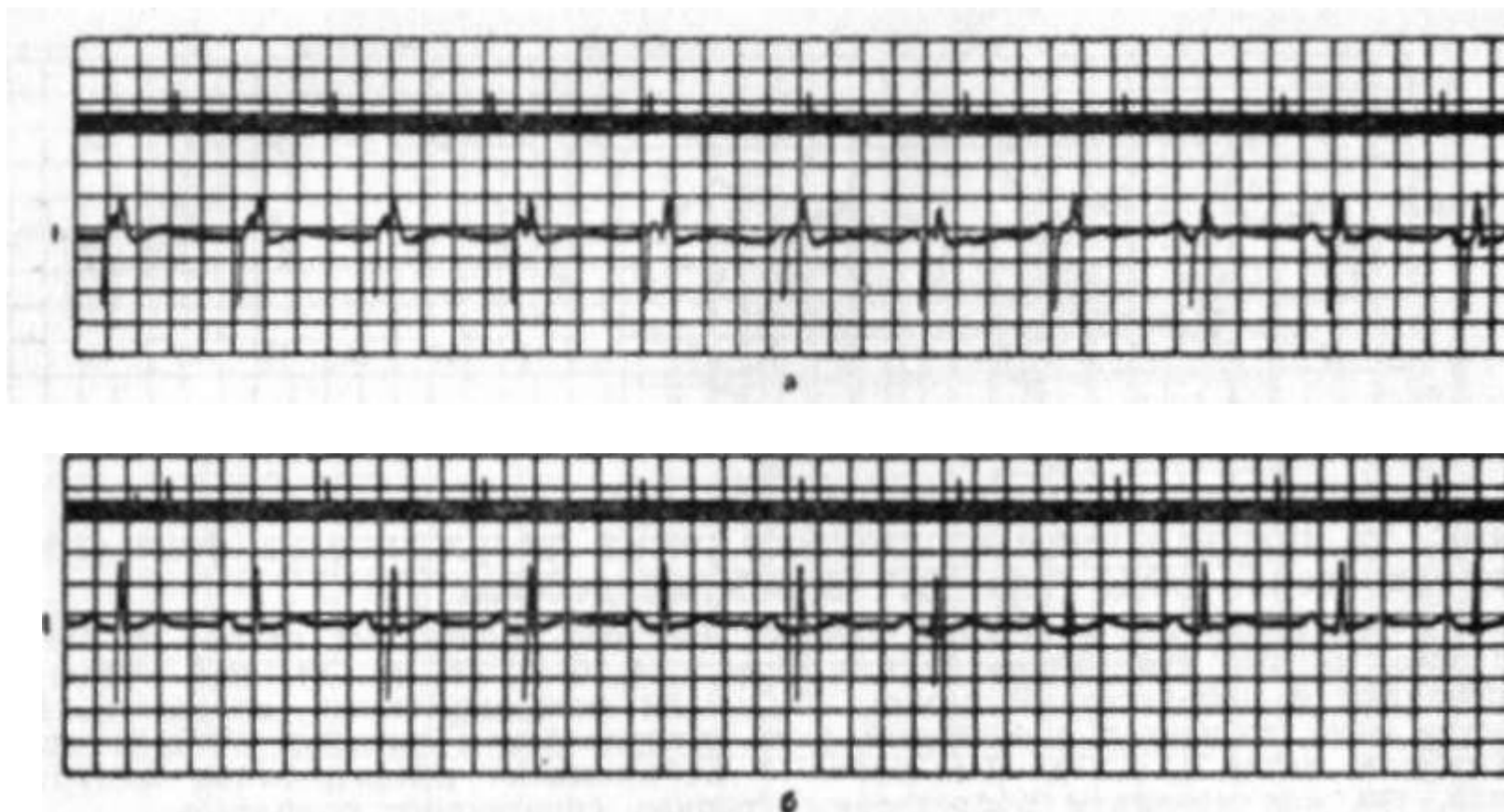


**Рис. 50.** Проведение магнитного теста (ЭКС типа VAT).

а — исходный ритм синусовый. Стимуляция желудочков осуществляется с частотой 81 имп/мин соответственно частоте зубцов *P*. При приложении магнита (стрелка) частота стимуляции желудочков стала 65 в 1 мин, в то время как предсердия сокращаются с прежней частотой; б — исходный ритм — мерцание предсердий. Стимуляция желудочков осуществляется с частотой 80—100 имп/мин. При наложении магнита частота стимуляции 58 имп/мин.

фибрилляции [Zipes D., 1982]. Следует отметить, что ретроградная активация предсердий после навязанного желудочкового комплекса или желудочковой экстрасистолы также может вызвать стимуляцию желудочков [Дрогайцев А. Д. и др., 1986; Castellanos A. J. et al., 1968; Kastor J. A. et al., 1970].

При наложении магнита ЭКС переходит в фиксированный режим. Стимуляция осуществляется с частотой, свойственной конкретному ЭКС. Например, у отечественного ЭКС-320 частота стимуляции в фиксированном режиме



**Рис. 51. Стимуляция желудочков аппаратом VVI, имитирующая работу аппарата типа VAT.**

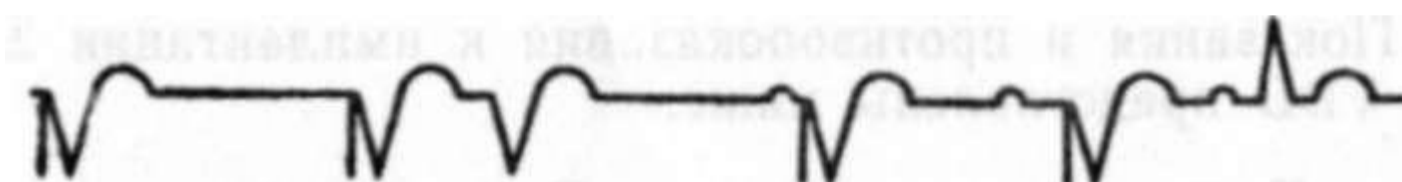
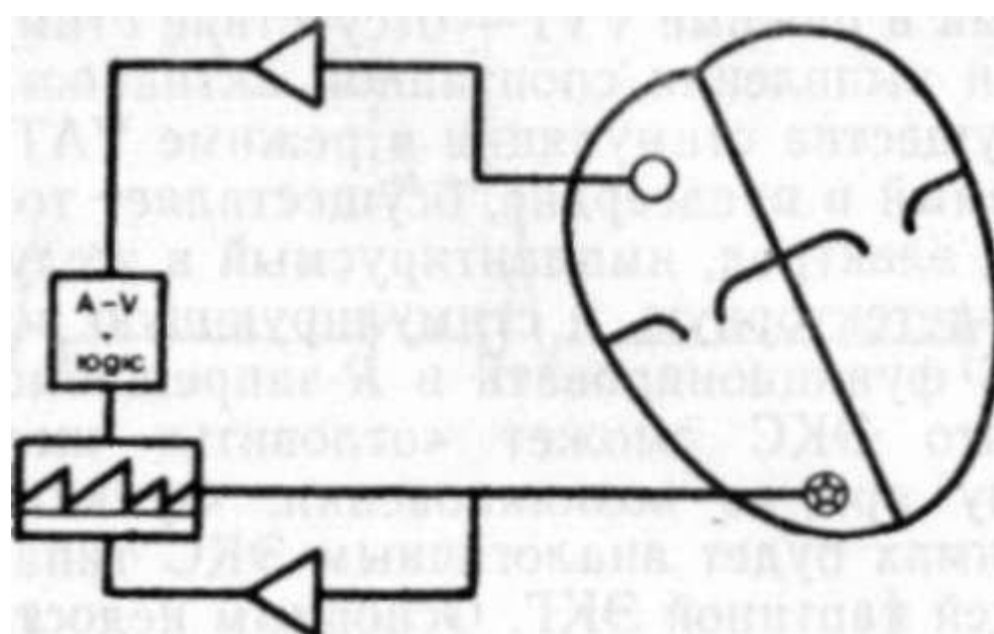
г — на первый взгляд рисунок аналогичен рис. 46. Однако при появлении зубцов *P*, частота стимуляции не увеличилась, как это следовало бы ожидать при стимуляции аппаратом типа VAT; б — отсутствие стимулов в последних трех комплексах свидетельствует о режиме VVI (при ЭКС типа VAT данная картина возникнуть не может).

практически равна ее минимуму, у ЭКС зарубежных фирм импульсы могут генерироваться с большей частотой (рис. 50, а, б).

Одни специалисты считают ЭКС типа VAT устаревшими [Gascon D. et al., 1985], другие полагают, что от данного режима стимуляции не следует полностью отказываться по двум причинам: относительно низкой стоимости ЭКС и небольшого риска возникновения «пейсмекерной тахикардии», так как у стимулятора типа VAT, как правило, большой рефрактерный период, что в данном случае является преимуществом системы [Dodinot B., 1983].

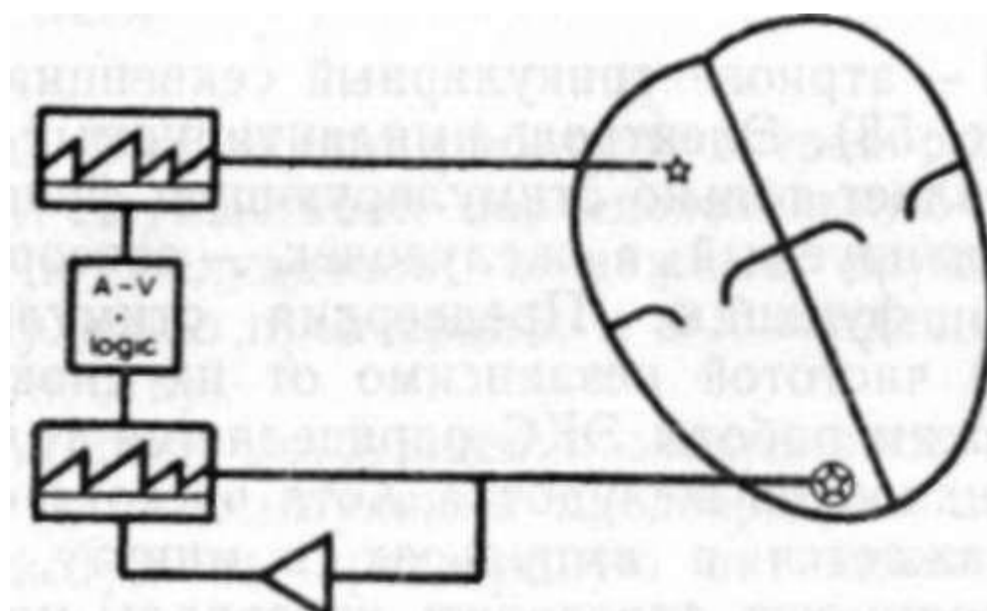
При анализе ЭКГ надо помнить, что картина «ложной *P*-синхронизированной стимуляции» может наблюдаться у больных с ЭКС типа VVI при регистрации псевдосливных или сливных комплексов. В таких случаях необходимо удостовериться в типе имплантированного аппарата, кроме того, снятие более длинного отрезка ЭКГ может существенно помочь в диагностике режима стимуляции (рис. 51, а, б).

ЭКС VDD — синхронизированный с волной *P* *R*-запрещаемый стимулятор (рис. 52). Его создание было обусловлено серьезным недостатком ЭКС VAT — неспособностью воспринимать желудочковые сигналы. Дополнение сенсорным устройством на желудочковом уровне ЭКС VAT привело к созданию режима VDD. Следовательно, стимуляция



**Рис. 52. Функционирование ЭКС типа VDD (схема).**

О — восприятие управляющего сигнала, звездочка в кружке — восприятие управляющего сигнала и стимуляция.



**Рис. 53. Функционирование ЭКС типа DV1 (схема).**

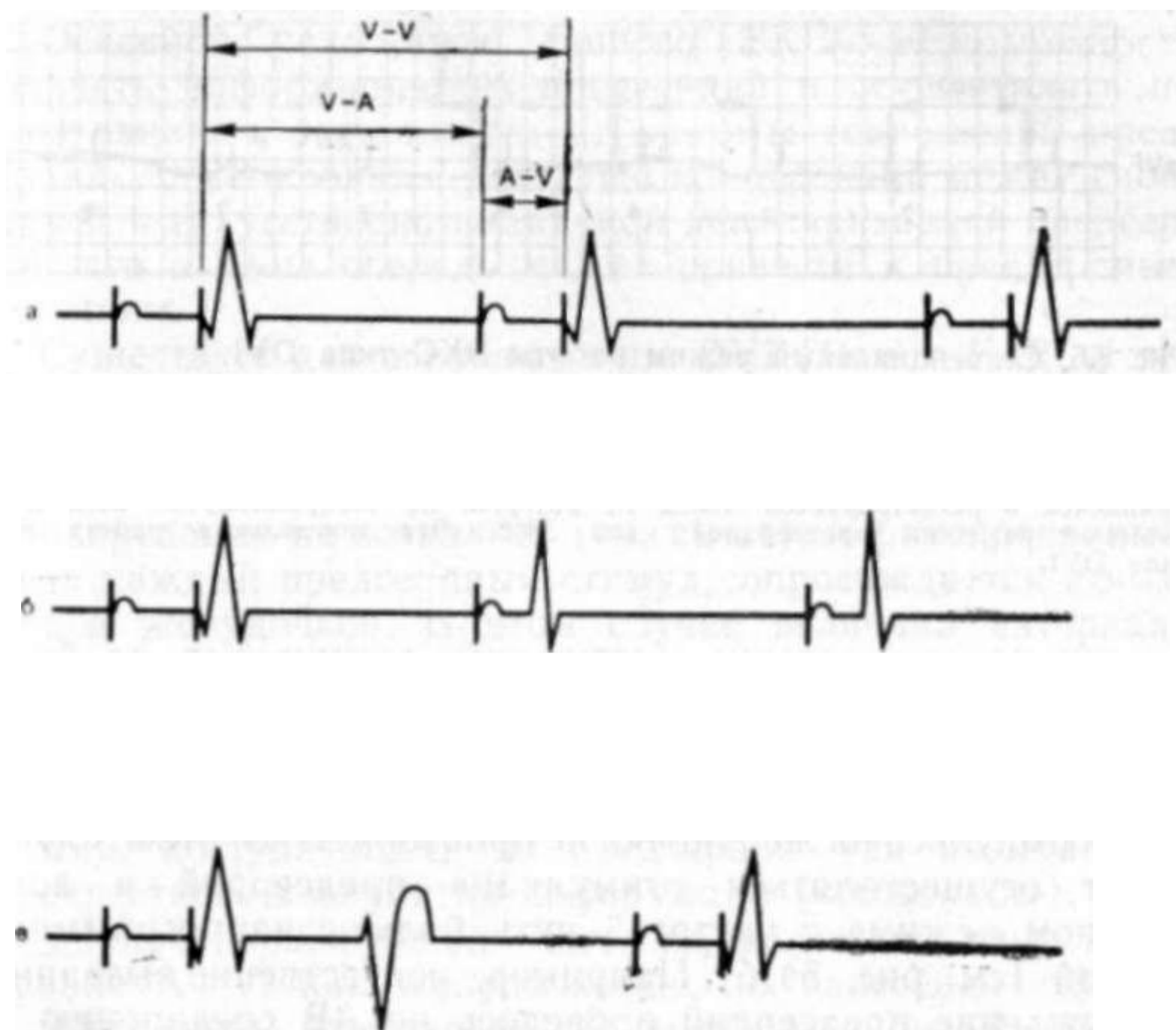
Звездочка — стимуляция предсердия, звездочка в кружке — восприятие управляющего сигнала и стимуляция.

в режиме VDD теоретически включает в себя преимущества стимуляции в режиме VVI — отсутствие стимуляции желудочков при выявлении спонтанной активности желудочков и преимущества стимуляции в режиме VAT. Электрод, имплантируемый в предсердие, осуществляет только детекторную роль, электрод, имплантируемый в желудочек, осуществляет и детекторную, и стимулирующую роль, что позволяет ЭКС функционировать в  $\Delta$ -запрещаемом режиме. Очевидно, что ЭКС сможет «отловить» желудочковую экстрасистолю при ее возникновении. Функционирование во всех режимах будет аналогичным ЭКС типа VAT с соответствующей картиной ЭКГ. Основным недостатком ЭКС типа VDD является возможность развития «пейсмейкерных тахикардий» при коротком рефрактерном периоде аппарата, что имело место в моделях, выпускаемых в 80-х годах. Показания и противопоказания к имплантации ЭКС типа VDD представлены ниже:

Показания к имплантации	Противопоказания к имплантации
<ul style="list-style-type: none"> <li>— АВ блок (перемежающийся или постоянный) при нормальной функции синусового узла</li> <li>— Тахикардия с механизмом кругового движения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Мерцание или трепетание предсердий</li> <li>— Предсердные тахиаритмии</li> <li>— Замедленное ретроградное проведение</li> </ul>

ЭКС DVI — атриовентрикулярный секвенциальный стимулятор (рис. 53). Электрод, имплантируемый в предсердие, осуществляет только стимулирующую функцию, электрод, имплантируемый в желудочек, — сенсорную и стимулирующую функцию. Предсердия стимулируются с определенной частотой независимо от их спонтанной активности. Режим работы ЭКС определяется только управляющим сигналом из желудочка. Хотя частота стимуляции обычно выражается в импульсах в минуту, часто возникает необходимость определить интервалы между сокращениями, знание которых весьма важно для понимания принципов работы физиологических ЭКС.

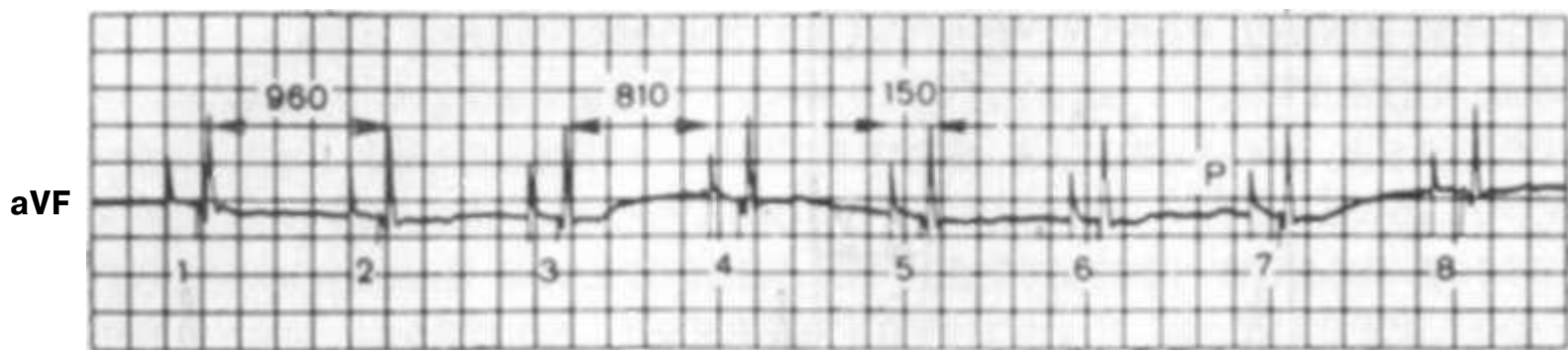
Интервал между спонтанным или навязанным желудочковым комплексом и предсердным навязанным комплексом называется предсердным выскакивающим интервалом, или **интервалом V—A**. Интервал между предсердным комплексом и последующим желудочковым навязанным комплексом называется АВ-задержкой, или **интервалом A—V**. В сумме они составляют желудочковый выскакивающий интервал, или **интервал V—V**.



**Рис. 54. Режимы работы физиологических стимуляторов (схема).  
Объяснение в тексте.**

ЭКС типа DVI может работать в трех режимах: секвенциальном, осуществляя последовательную стимуляцию предсердий и желудочков; в режиме, осуществляющем только стимуляцию предсердий; и в R-запрещаемом режиме (рис. 54, а, б, в).

При отсутствии возбуждения желудочков в интервале V—A начинается стимуляция предсердий с заданной частотой, несмотря на предсердную активность (рис. 55). Если после искусственно вызванной деполяризации предсердий и до окончания интервала A—V не произойдет спонтанного возбуждения желудочков, то через заданное время АВ задержки начнется их стимуляция. Это секвенциальный режим работы (см. рис. 54, а). Например, частота, заложенная в ЭКС, равна 60 имп/мин, что соответствует интервалу V—V 1000 мс. АВ задержка 200 мс. Следовательно, интервал V—A равен 800 мс. Если в пределах 800 мс спонтанного сокращения желудочков не произойдет, на предсердие будет подан сигнал, который вызовет их деполяризацию, а если и в последующие 200 мс



**Рис. 55. Секвенциальный режим работы ЭКС типа DVI.**

Частота стимуляции 61 имп/мин (интервал  $V - V - 960$  мс, интервал  $A - V - 150$  мс, интервал  $V - A - 810$  мс). Спонтанная деполяризация желудочков в интервале  $V - A$  отсутствует, поэтому начинается стимуляция предсердий. Через 150 мс (время АВ задержки) возникают псевдислинные сокращения. После комплекса 6 регистрируется зубец  $P$ , который не воспринимается ЭКС и не вызывает разрядки предсердной цепи ЭКС. Это нормальная работа ЭКС типа DVI.

спонтанное сокращение желудочков отсутствует, то будет осуществлена их искусственная активация.

Если деполяризация желудочков возникнет до окончания интервала  $A - V$ , то ЭКС «выделит» зубец  $R$  и нанесения импульса на желудочки не произойдет. В этом случае будет осуществляться стимуляция предсердий в асинхронном режиме с частотой чуть больше запрограммированной (см. рис. 54, б). Например, искусственно вызванное возбуждение предсердий проведено по АВ соединению на желудочки в течение 150 мс, вызвав их деполяризацию, поэтому нанесения стимула на желудочки не будет. Новый цикл отсчета начнется от этого желудочкового комплекса, следующее искусственно вызванное возбуждение предсердий произойдет через 800 мс (время, равное интервалу  $V - A$ ). Так как возбуждение желудочков происходит на 50 мс раньше окончания интервала  $A - V$ , то действительное значение интервала  $V - V$  оказывается не 1000 мс, а 950 мс ( $800 + 150$  мс), следовательно, частота стимуляции равна 65 имп/мин.

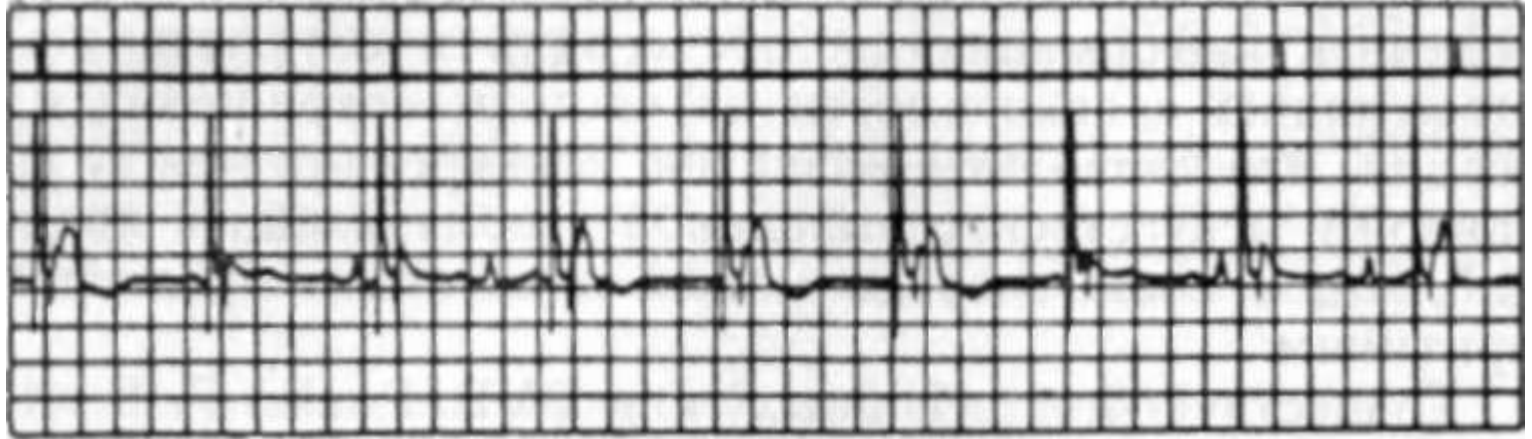
Если спонтанное сокращение желудочков возникнет в интервале  $V - A$ , то произойдет ингибирование и предсердной, и желудочковой стимуляции. Новый цикл отсчета начнется от спонтанного желудочкового комплекса. Это  $R$ -запрещаемый режим (см. рис. 54, в). Например, спонтанный желудочковый комплекс возник через 600 мс от предшествующего, т. е. в период интервала  $V - A$ . Этот возникший преждевременно комплекс заблокирует подачу импульса на предсердие, а поскольку стимул на предсердие не нанесен, то не будет нанесен стимул и на желудочек. Очередная искусственно вызванная деполяризация начнется через 800 мс,



Основной недостаток данного ЭКС — невозможность получать информацию из предсердий и осуществлять их стимуляцию в зависимости от частоты сокращений предсердий. Это приводит к развитию конкуренции между спонтанной и искусственно вызванной деполяризацией предсердий, что в свою очередь может привести к предсердным аритмиям.

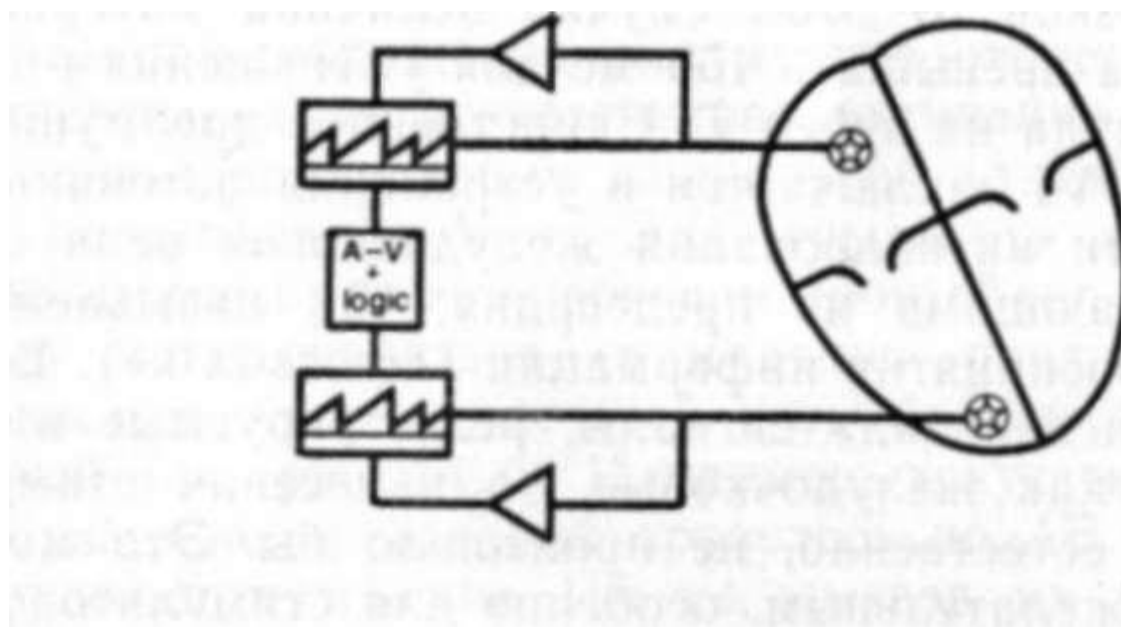
Существует два основных типа DVI [Poulin F. R. et al., 1981; Dodinot B., 1983]: нефиксированный, когда стимуляция желудочков осуществляется после стимуляции предсердий, если в установленном интервале A—V спонтанная деполяризация не возникнет (см. выше), и фиксированный, когда каждый предсердный стимул сопровождается стимуляцией желудочков. В этом случае величина интервала A—V не должна превышать 150 мс для уменьшения риска попадания стимула на зубец T. Единственное преимущество этого типа DVI заключается в устранении потенциальной возможности ингибирования желудочковой цепи сигналами, поступающими из предсердия, так называемого перекрестного восприятия информации («cross-talk»). Если бы аппарат «расценивал» сигналы, регистрируемые в интервале A—V, как желудочковые, то нанесения стимула на желудочки, естественно, не произошло бы. Это могло быть весьма нежелательным, особенно для стимуляторовозависимых больных. Некоторые типы ЭКС работают и как «фиксированные», и как «нефиксированные», сочетая в себе преимущества двух указанных выше типов DVI. В течение определенного времени после нанесения импульса на предсердие (чаще менее 100—110 мс) любой сигнал, «отловленный» желудочковым электродом, вызовет ответную стимуляцию желудочков по истечении этого периода. При восприятии ложного сигнала стимул будет эффективным и вызовет деполяризацию желудочков через 110 мс после предсердного импульса. Наоборот, если этот сигнал окажется истинным желудочковым, то стимулирующий импульс попадет в его рефрактерный период и останется безответным. Если восприятие сигнала посредством желудочкового электрода произойдет позже, но в пределах установленной величины АВ задержки, то ответной подачи стимула и деполяризации желудочков не последует. Это промежуточный тип, называемый полуфиксированным [Dodinot B., 1983].

Данный режим стимуляции, как видно из приведенных выше данных, даже при нормальном функционировании может вызвать такие ЭКГ-проявления, которые могут при-

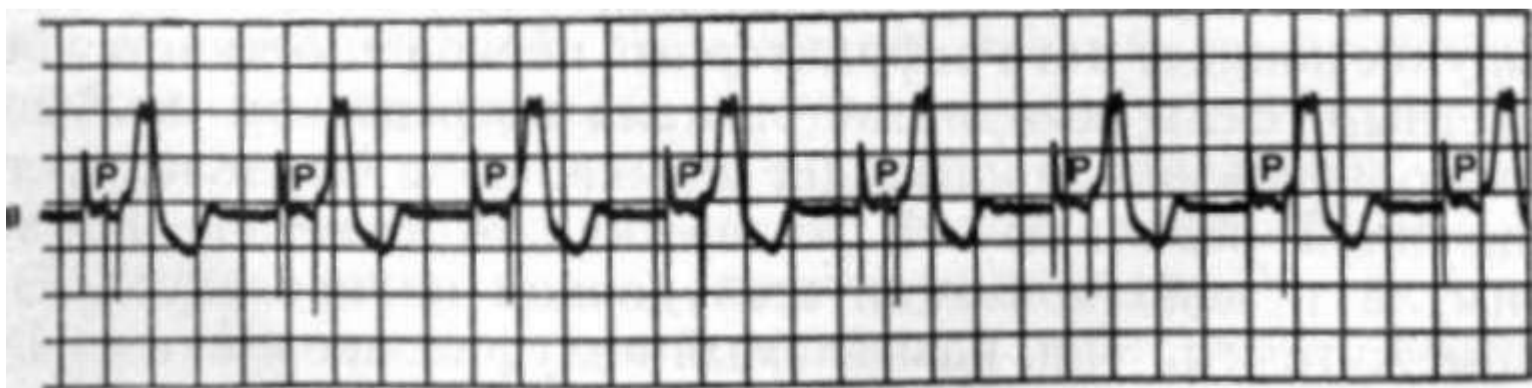


**Рис. 56. Функционирование ЭКС в режиме DDD.**

Стимуляция предсердий и желудочков происходит независимо от спонтанной сердечной активности.



**Рис. 57. Функционирование ЭКС типа DDD (схема).** Звездочка в кружке — восприятие управляющего сигнала из предсердия и стимуляция его, звездочка в кружке — восприятие управляющего сигнала из желудочков и стимуляция его.




**Рис. 58. Секвенциальный режим работы ЭКС типа DDD.**

вести в замешательство даже опытных в кардиостимуляции врачей. Изменения при нарушении функционирования стимулятора могут быть непредсказуемыми.

При наложении магнита ЭКС переходит в фиксированный режим D00. Это означает, что и предсердия, и желудочки стимулируются последовательно с установленным интервалом АВ задержки и заданной частотой независимо от спонтанной сердечной деятельности (рис. 56).

Показания для имплантации ЭКС типа DVI представлены ниже:

**показания  
к имплантации**

- Остановка синусового узла
  - Синусовая брадикардия
  - Синоатриальная блокада
  - Синдром брадикардии
  - Тахикардия с механизмом кругового движения
- 

независимо от состояния АВ проводимости

**Возможное осложнение**

- При конкуренции навязанного и спонтанного ритма может возникнуть мерцание предсердий.

ЭКС D D D — универсальный, полностью автоматический секвенциальный стимулятор (рис. 57). Имплантируемые предсердный и желудочковый электроды обладают и стимулирующей, и детекторной функцией. ЭКС назван «универсальным» потому, что обеспечивает наилучшие гемодинамические показатели при коррекции всех нарушений проводимости, если нет постоянных аритмий. В ЭКС типа DDD объединены лучшие качества, присущие ЭКС типа VDD и ЭКС типа DVI, что и обеспечивает его универсальность. ЭКС работает в P- и R-запрещаемом и триггерном режимах. У него, как и у ЭКС VDD, имеется диапазон допустимых частот, в пределах которого осуществляется синхронизация деятельности предсердий и желудочков.

Если спонтанная активность предсердий становится меньше установленной минимальной частоты, то на предсердие наносится импульс, а возникновение желудочкового комплекса (спонтанного или искусственно вызванного) зависит от соотношения времени проведения по АВ системе и величины АВ задержки. Если время проведения по АВ системе больше, то предсердия и желудочки начинают стимулироваться последовательно с частотой, равной установленной нижней границе; расстояние между предсердным и желудочковым комплексом соответствует величине АВ задержки. Это — секвенциальный режим работы (рис. 58).

Если время проведения по АВ системе меньше величины АВ задержки, то произойдет спонтанная деполяризация желудочков. При этом на ЭКГ регистрируется только стимуляция предсердий с частотой чуть больше минимально установленной (см. рис. 54,6). Электрокардиографическая картина будет аналогична изолированной стимуляции предсердия (см. рис. 40).

Когда частота спонтанных сокращений предсердий находится в диапазоне между верхним и нижним частотными предсердными пределами ЭКС, то стимуляции предсердий не происходит. Если при этом время проведения по АВ узлу больше времени АВ задержки, то начинает осуществляться стимуляция желудочков синхронизированно со спонтанными сокращениями предсердий. Это Р-синхронизированный режим работы. ЭКГ-картина аналогична представленной на рис. 44. При восприятии собственной предсердной активности интервал А—V может быть несколько больше его установленного значения. Это связано с тем, что предсердный электрод воспринимает локальную электрическую активность в некоторой точке волны Р. Эту точку можно определить, отсчитав величину интервала А—V от навязанного желудочкового сокращения [Wepditt D. G. et al., 1984]. Однако в некоторых ЭКС (например, Diplos 04 и Diplos 05 фирмы Biotronic, ФРГ) может быть введено программируемое значение времени уменьшения АВ задержки после «отловленного» спонтанного сердечного сигнала (А—V delay fall-back time). Это значение приводит к укорочению АВ задержки после спонтанного предсердного сокращения, но после навязанного предсердного сокращения величина АВ задержки остается неизменной. Подобная разница в величине интервала А—V предназначена для достижения оптимального вклада предсердной систолы в наполнение желудочков. Например, величина АВ задержки установлена на 175 мс, а величина уменьшения АВ задержки — на 50 мс. Следовательно, при секвенциальном режиме стимуляции интервал А—V будет 175 мс, а при Р-синхронизированном — только 125 мс.

Если частота сокращений предсердий больше минимальной и время проведения по АВ узлу меньше величины АВ задержки, то на ЭКГ будет регистрироваться спонтанный синусовый ритм.

При появлении желудочковой экстрасистолы вне желудочкового рефрактерного периода аппарата происходит ингибирование и желудочковой, и предсердной цепей сти-

мулятора. Новый цикл отсчета начинается от экстрасистолы. Возникшая желудочковая экстрасистола дает начало не только рефрактерному периоду желудочков, но и рефрактерному периоду предсердий. Появление предсердного рефрактерного периода рассчитано на предотвращение восприятия ретроградного зубца  $P$  после экстрасистолы и запуска «пейсмейкерной тахикардии». Следует помнить о том, что в некоторых моделях ЭКС, например, Versat-гах™7000 фирмы Medtronic (США), может быть более сложная реакция аппарата в ответ на экстрасистолу, поэтому требуется детальное ознакомление с техническими данными каждого нового стимулятора.

Величина интервала  $V-A$  после спонтанного желудочкового комплекса может быть несколько больше его установленного значения. Объяснение этого явления аналогично таковому при определении интервала  $A-V$  после спонтанного зубца  $P$  [Benditt D. et al., 1984].

Если частота сокращений предсердий превысит установленный верхний предел частоты, то ЭКС переходит в режим деления. Опасность развития частого желудочкового ритма может быть устранена за счет одного из следующих механизмов деления: 1) возникновения блокады 2:1; 2) возникновения периодики Венкебаха, т. е. удлинения АВ задержки таким образом, чтобы два последующих сокращения не превышали установленный частотный максимум; 3) fall-back — уменьшение стимуляции до определенной частоты в режиме VVI; 4) активации специального алгоритма [Medtronic Inc., 1983; Benditt D. et al., 1984; Gascon D. et al., 1985]. Следовательно, такое усложнение реакции ЭКС на повышение частоты сокращений предсердий сверх допустимого значения требует точного ознакомления с типом реакции, характерной для данного аппарата.

При наложении магнита ЭКС типа DDD переходит в режим D00. ЭКГ картина соответствует той, которая имеется при переводе ЭКС типа DVI в фиксированный режим (рис. 59).

Приводим некоторые варианты ЭКГ при стимуляции аппаратом DDD (рис. 60, 61, а, б, в).

Существование двух электронных цепей — предсердной и желудочковой — объясняет и наличие двух рефрактерных периодов: предсердного и желудочкового, т. е. интервалов, в течение которых предсердный и желудочковый каналы чувствительности становятся невосприимчивыми к электрическим сигналам. Предсердный рефрактерный пе-

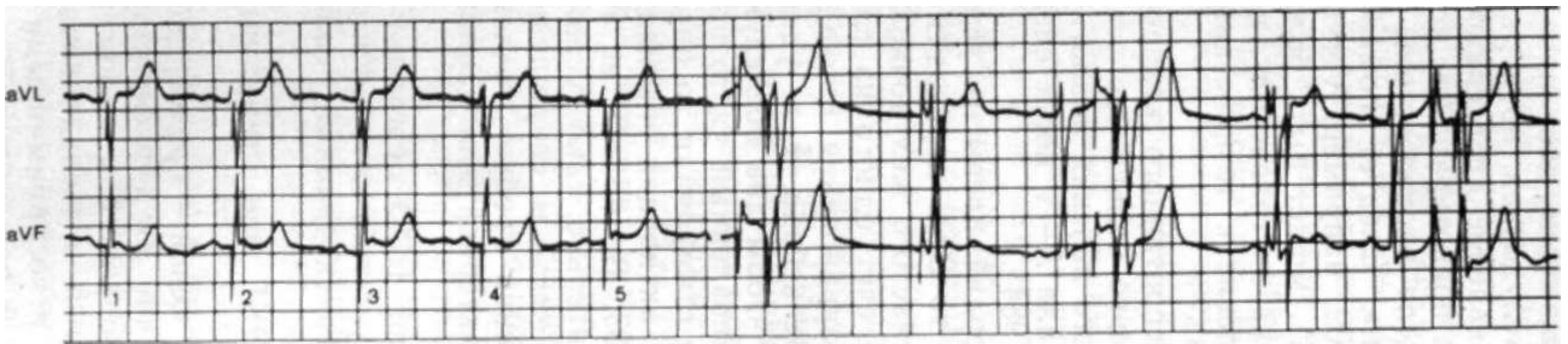


Рис. 59. Перевод аппарата типа DDD в фиксированный режим.

P-синхронизированный режим стимуляции (комплексы 1-5) при наложении магнита - режим D00 (импульсы на предсердие и желудочек наносятся хаотично, независимо от частоты спонтанного ритма).

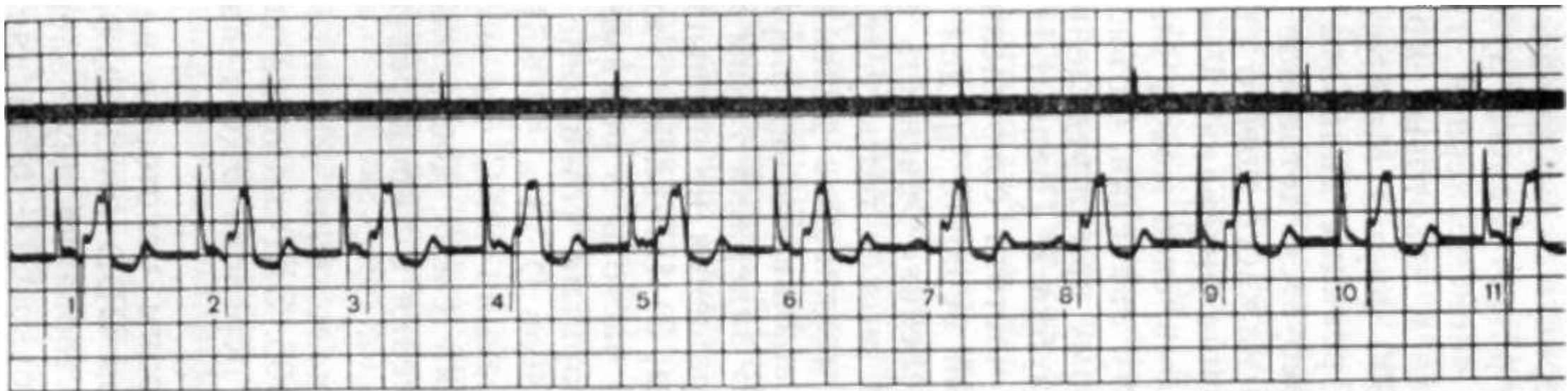


Рис. 60. Чередование секвенциального режима стимуляции (комплексы 1-6 и 9-11) с P-синхронизированным (комплексы 7 и 8) при работе ЭКС типа DDD.

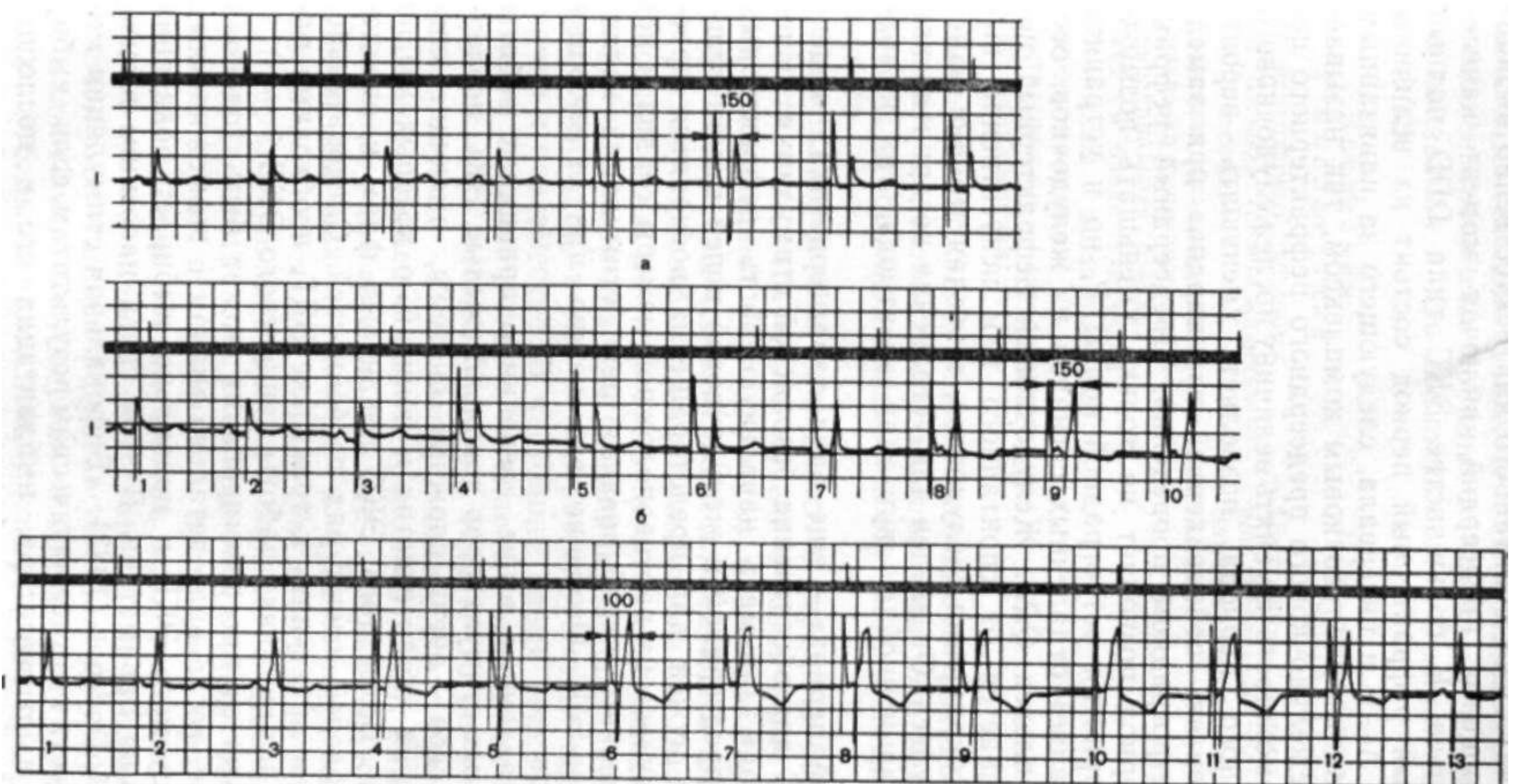


Рис. 61. Чередование P-синхронизированного режима и секвенциального.

а — все желудочковые комплексы псевдосливные. Величина АВ задержки 150 мс; б — начиная с комплекса 7 появляются сливные желудочковые комплексы. Величина АВ задержки 150 мс; в — АВ задержка уменьшена до 100 мс. Регистрируются сливные комплексы (1-6), навязанные (7-15) и вновь сливные (16-17). Отчетливо виден эффект концертина.

риод начинается от спонтанного или искусственно вызванного сокращения предсердий, включая момент нанесения импульса. В большинстве ЭКС типа DDD полный предсердный рефрактерный период состоит из величины интервала А—V и интервала, следующего за навязанным или спонтанным желудочковым комплексом, так называемого послежелудочкового предсердного рефрактерного периода. Возможность изменять величину послежелудочкового рефрактерного периода позволяет уменьшать вероятность развития «пейсмейкерной тахикардии» при замедленном ретроградном проведении. Предсердный рефрактерный период позволяет не только уменьшать возможность восприятия ретроградной волны Р, но и устранять «отлавливание» отдаленных сигналов из желудочков, особенно комплекса *QRS*. Желудочковый рефрактерный период начинается от спонтанного или искусственно вызванного сокращения желудочков, включая момент нанесения импульса. Он введен для устранения восприятия как постстимуляционной поляризации электрода, так и волны *T*.

«Слепой период» — еще одна характеристика, введенная в ЭКС для обеспечения безопасной стимуляции. «Слепой период» занимает начальную часть рефрактерных периодов предсердной и желудочковой цепей чувствительности. Он нужен для предотвращения восприятия артефакта импульса из противоположной камеры сердца и несоответственного ингибирования цепи стимуляции вследствие cross-talk. Особенно это важно при стимуляции желудочков.

Представленные выше сведения о принципах работы бифокальных стимуляторов довольно сжаты. ЭКС последних выпусков — очень сложные системы, имеющие еще много других характеристик и понятий, о которых мы не упоминали. Более того, ЭКС различных фирм и определенных моделей имеют ряд особенностей. Следовательно, прежде чем приступать к трактовке ЭКГ, необходимо разобраться в принципах работы конкретного ЭКС.

Выигрыш от программирования может быть только в том случае, когда врач детально знаком с возможностями имплантируемого ЭКГ и правильно выбирает показания к изменению параметров. В этой связи напомним высказывание В. Dodinot (1983): «Бифокальная стимуляция может привести к катастрофическим результатам, если выбор больного и стимулятора, имплантация его и послеоперационный контроль за больным осуществляются непра-

вильно. Имплантация таких систем должна выполняться в специализированных крупных центрах». Ниже представлены показания и противопоказания к имплантации ЭКС типа DDD.

<b>Показания к имплантации</b>	<b>Противопоказания к имплантации</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>— «Пейсмейкерный синдром»</li><li>— АВ блокада (перемежающаяся или постоянная)</li><li>— Синусовая брадикардия</li><li>— Остановка синусового узла</li><li>— Синоатриальная блокада</li><li>— Синдром бради-тахикардии</li><li>— Тахикардия с механизмом кругового движения</li><li>— Экстрасистолия (предсердная или желудочковая)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>— Постоянная форма мерцания или трепетания предсердий</li><li>— Замедленное ретроградное проведение</li></ul>

Большинство ЭКС, обеспечивающих «бифокальную стимуляцию», являются программируемыми. Это необходимо для того, чтобы «подгонять» работу ЭКС к потребностям больного.

Программирование начиналось в середине 60-х годов, когда стали разрабатывать модели с различными переменными параметрами. Правда, тогда моделировали или выходные параметры (амплитуда и длительность импульса), или частоту. Способы перепрограммирования были достаточно простыми, но некоторые требовали инвазивных вмешательств. Новая эра программирования началась с середины 70-х годов, когда о программируемости заговорили широко и повсеместно. В настоящее время неинвазивность является не единственным, но главным критерием программируемости [Parsonett V. et al., 1981]. Что же такое программирование? Программирование — это неинвазивное обратимое изменение параметров ЭКС. Программируемые ЭКС можно разделить на простые (программируются только один или два параметра) и мультипрограммируемые (программируются три параметра и более).

Программирование каждого параметра должно производиться в соответствии с индивидуальным состоянием больного с учетом информации, получаемой при дальнейшем наблюдении. Преимущества программирования сводятся к трем основным факторам: 1) «подгонке» стимулятора к меняющимся потребностям больного; 2) облегчению дальнейшего наблюдения за больным; 3) уменьшению числа проблем и осложнений, которые без программирования требовали бы хирургического вмешательства.

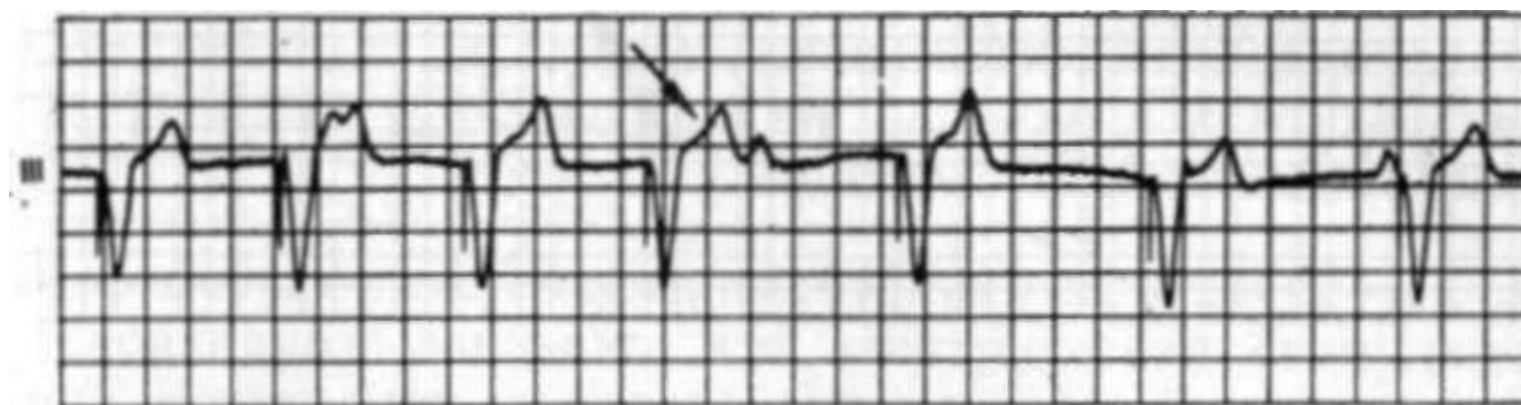


Для наиболее современных мультипрограммируемых ЭКС обычно используют программаторы двух типов: простой портативный прибор и компьютер, что позволяет не только производить программирование, но и осуществлять телеметрический контроль имплантированного ЭКС, вести «диалог» с ним и корригировать вводимую информацию. Каждая фирма создает свои программаторы, пригодные для работы только с собственными моделями ЭКС. Для устранения неудобств и сложностей, возникающих при работе с разными программаторами, а также при приобретении нескольких программаторов для одной клиники (что весьма дорого), пытались создать универсальный программатор для различных моделей. Однако пока такого единого программатора нет и в ближайшее время, вероятно, не будет [De Ogo G. et al., 1985]. Использовать несоответствующие данному ЭКС программаторы категорически запрещается, так как неизвестно, к чему такое программирование может привести.

Программируемые параметры можно подразделить на фундаментальные и второстепенные. К первым относятся частота стимуляции, длительность импульса и его амплитуда, а также чувствительность. Считают даже, что ЭКС нельзя имплантировать, если нет возможности программирования этих параметров [De Ogo G. et al., 1985].

К второстепенным программируемым параметрам относятся гистерезис, рефрактерный и слепой периоды, режим стимуляции и величина атриовентрикулярной задержки.

Программируемыми могут быть бифокальные стимуляторы и аппараты, предназначенные для стимуляции одной камеры сердца. Приступая к анализу ЭКГ больного с имплантированным ЭКС, в первую очередь необходимо знать, какие параметры в настоящее время введены в аппарат и варианты их изменения при перепрограммировании. Например, в ЭКС типа VVI («Medical Device», Италия) перепрограммирование частоты стимуляции осуществляется приложением магнита, что приводит к ступенчатому ее изменению (рис. 62). В данном случае, при незнании особенностей аппарата наложение магнита для проведения магнитного теста может привести к нежелательному перепрограммированию. В физиологических ЭКС, помимо режимов для бифокальной стимуляции, обязательно запрограммирован режим VVI, который вводится при возникновении аритмий на фоне сложных режимов стимуляции или нарушений в системе стимуляции (рис. 63).



**Рис. 62.** Перепрограммирование частоты стимуляции с помощью магнита (стрелка) ЭКС типа VVI (Medical Device). На рисунке представлено изменение частоты стимуляции от 70 до 50 имп/мин.



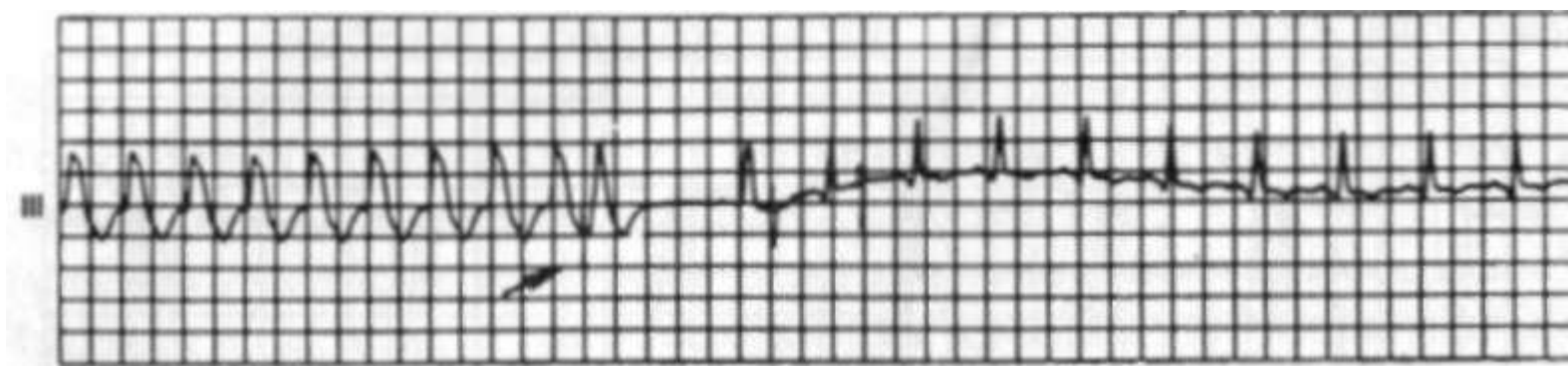
**Рис. 63.** Пейсмейкерная тахикардия на фоне стимуляции в режиме DDD (ЭКС Diplos 05) фирмы Biotronic. Перепрограммирование на режим VVI.

Тахикардия была обусловлена нарушением в электронной схеме и устранить ее не удавалось изменением АВ задержки и предсердного рефрактерного периода аппарата. Нарушение в электронной схеме подтверждено при технической экспертизе.

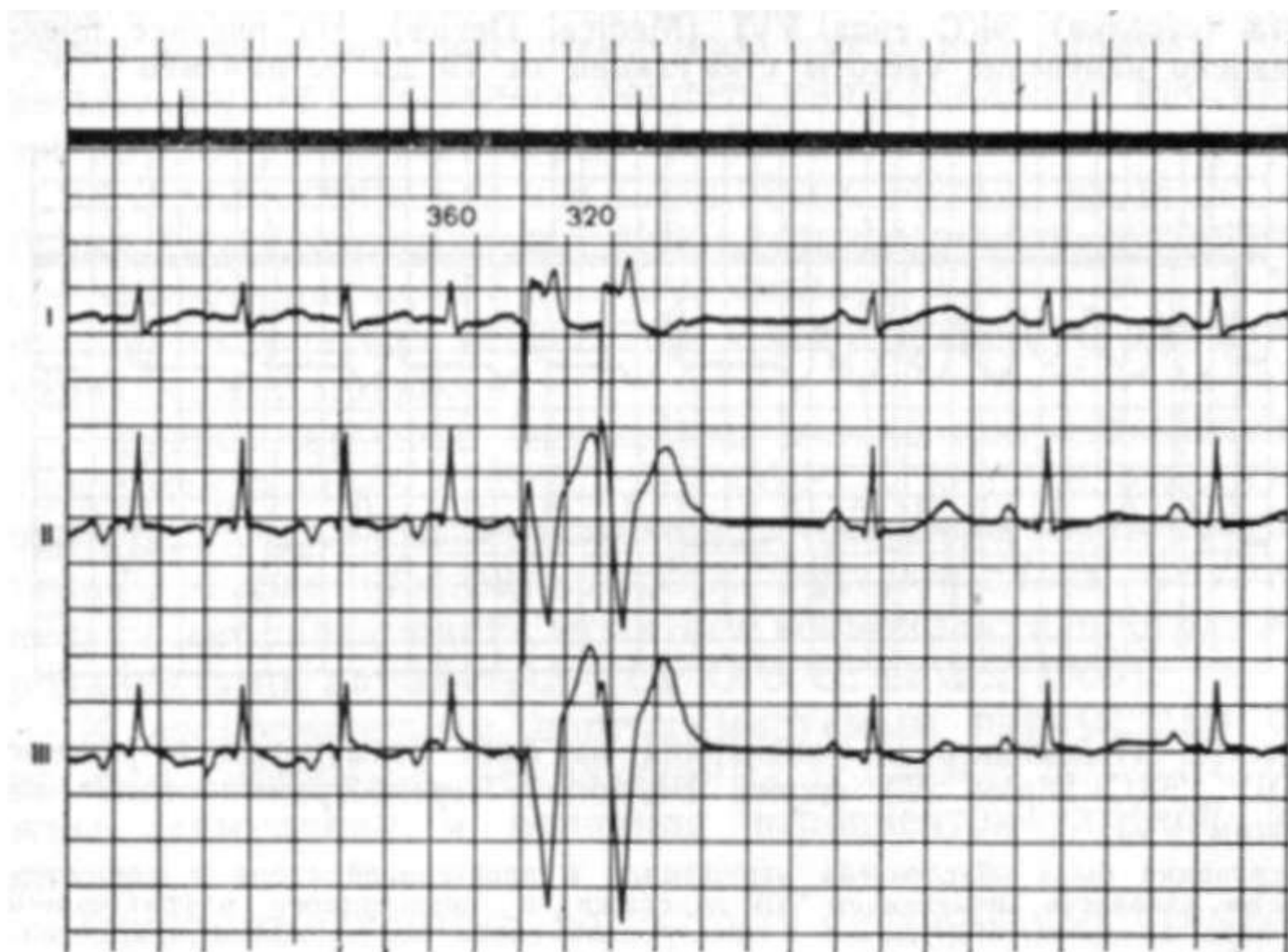
Таким образом, чем сложнее ЭКС, тем больше трудностей возникает при работе с ним. Мы считаем, что на данном этапе имплантация и дальнейшее ведение больного с программируемым ЭКС должно осуществляться врачами только специализированных отделений.

Последние 20 лет показания для кардиостимуляции расширились от АВ блокад, синдрома слабости синусового узла до разнообразных тахиаритмий, причем электрическая стимуляция может применяться не только для купирования приступов, но и для их профилактики [Григоров С. С. и др., 1982; Жданов А. М., 1984].

Купирование или профилактика пароксизма тахикардии методом электрической стимуляции сердца может проводиться как временная процедура наружным кардиостимулятором или быть постоянной с использованием имплан-



**Рис. 64. Купирование суправентрикулярной тахикардии нанесением одиночного экстрасистола на желудочек (стрелка).**



**Рис. 65. Купирование нижнепредсердной тахикардии нанесением двух экстрасистолов на желудочек с интервалом 360 и 320 мс.**

тируемого кардиостимулятора. Временная кардиостимуляция применяется, как правило, в экстренных ситуациях для купирования пароксизмов наджелудочковых и желудочковых тахикардии, которые наиболее часто встречаются у больных с острым инфарктом миокарда. Постоянная кардиостимуляция используется при тахикардиях, рефрактерных к профилактической антиаритмической терапии или не купируемых медикаментозно.

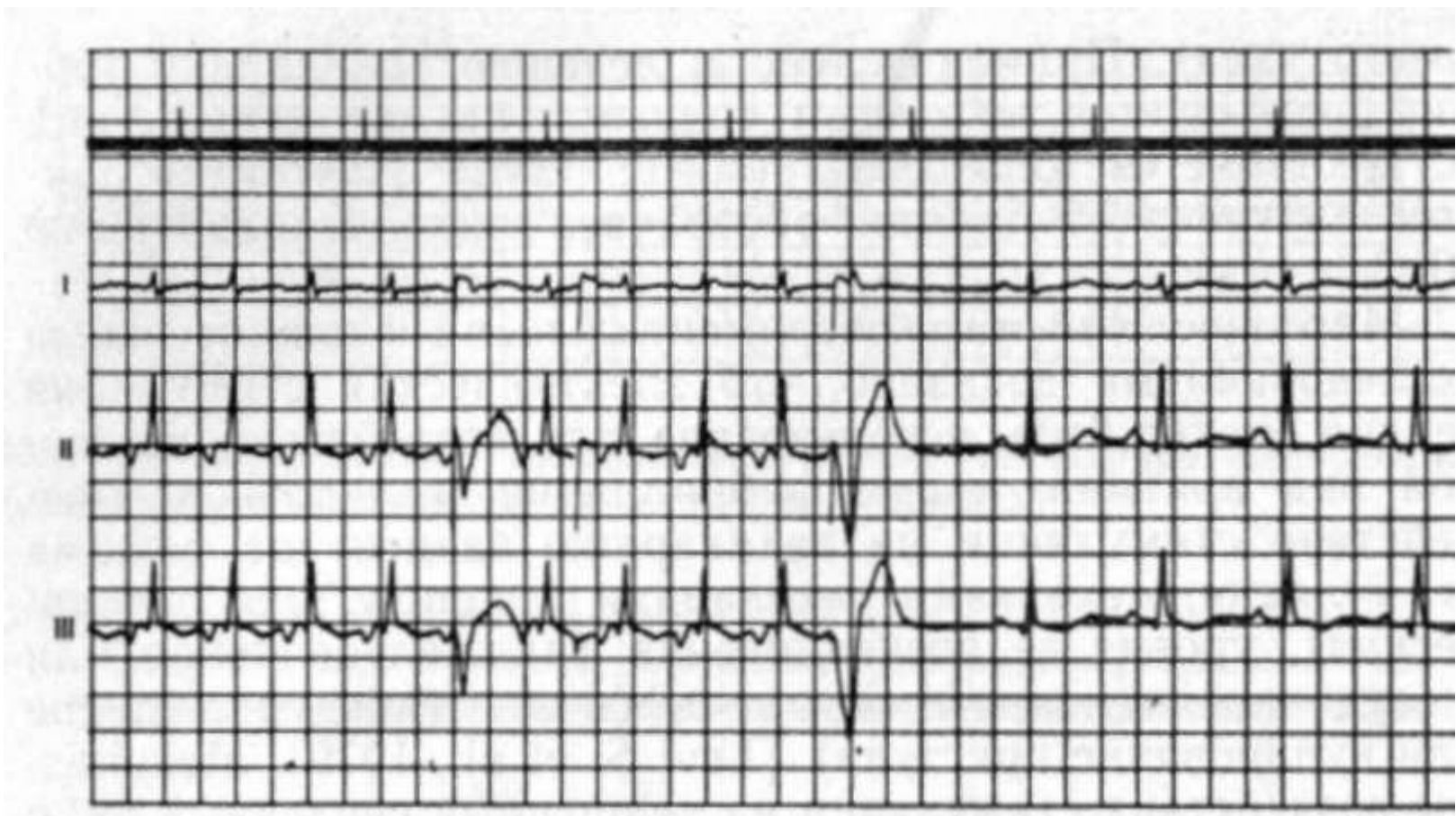
Строго говоря, термин постоянная стимуляция правомерен лишь в случаях, когда имплантированный ЭКС навязывает ритм в фиксированном или биоуправляемом режимах (при ЛВ блокаде или синдроме слабости синус-

сового узла). Применительно к лечению тахикардии термин оказывается не совсем точным, так как стимуляция осуществляется только во время приступа. Поэтому в данном случае этот термин обозначает лишь имплантацию ЭКС.

Многочисленными экспериментальными и клиническими исследованиями доказано, что электрическая стимуляция сердца может быть использована для воздействия на любой вид аритмии, кроме фибрилляции желудочков. Воздействие стимуляции на тахикардию зависит от режима стимуляции, механизма тахикардии (re-entry, или эктопическая), уровня ее возникновения (наджелудочковая или желудочковая) и желаемого эффекта (предупреждение или купирование приступа) [Levi S. et al., 1979]. Механизмы воздействия стимуляции на учащенный сердечный ритм схематично можно представить как прерывание циркуляции волны возбуждения, подавление эктопического очага, создание электромеханической диссоциации [Григоров С. С, 1980].

Тахикардию, обусловленную механизмом повторного входа волны возбуждения, можно купировать электрическим импульсом, нанесенным в определенную фазу сердечного цикла. Искусственно вызванная деполяризация в цепи re-entry создаст рефрактерность на данном участке к моменту поступления циркулирующей волны возбуждения, тем самым дальнейшее распространение ее будет невозможным. Импульс кардиостимулятора может купировать приступ только в том случае, если он попадет в точно ограниченную, «критическую» фазу цикла. Импульс, наносимый позже, проникает в круг re-entry, изменяя временные соотношения в нем, но не прерывая циркуляцию возбуждения.

Купирование тахикардии может быть осуществлено различными видами стимуляции: во-первых, одиночным экстрастимулом, нанесенным на предсердие или на желудочек. При этом возможно купирование тахикардии лишь с небольшим числом сердечных сокращений, когда рефрактерность различных участков в цепи re-entry достаточно продолжительна (рис. 64). Во-вторых, двумя или более экстрастимулами, нанесенными на предсердие или на желудочек для создания на пути волны возбуждения рефрактерного блока необходимой длительности (рис. 65). В-третьих, конкурентной стимуляцией, т. е. стимуляцией с меньшей частотой, чем частота тахикардии, так называемой *underdrive pacing*. Конкурентная стимуляция проис-



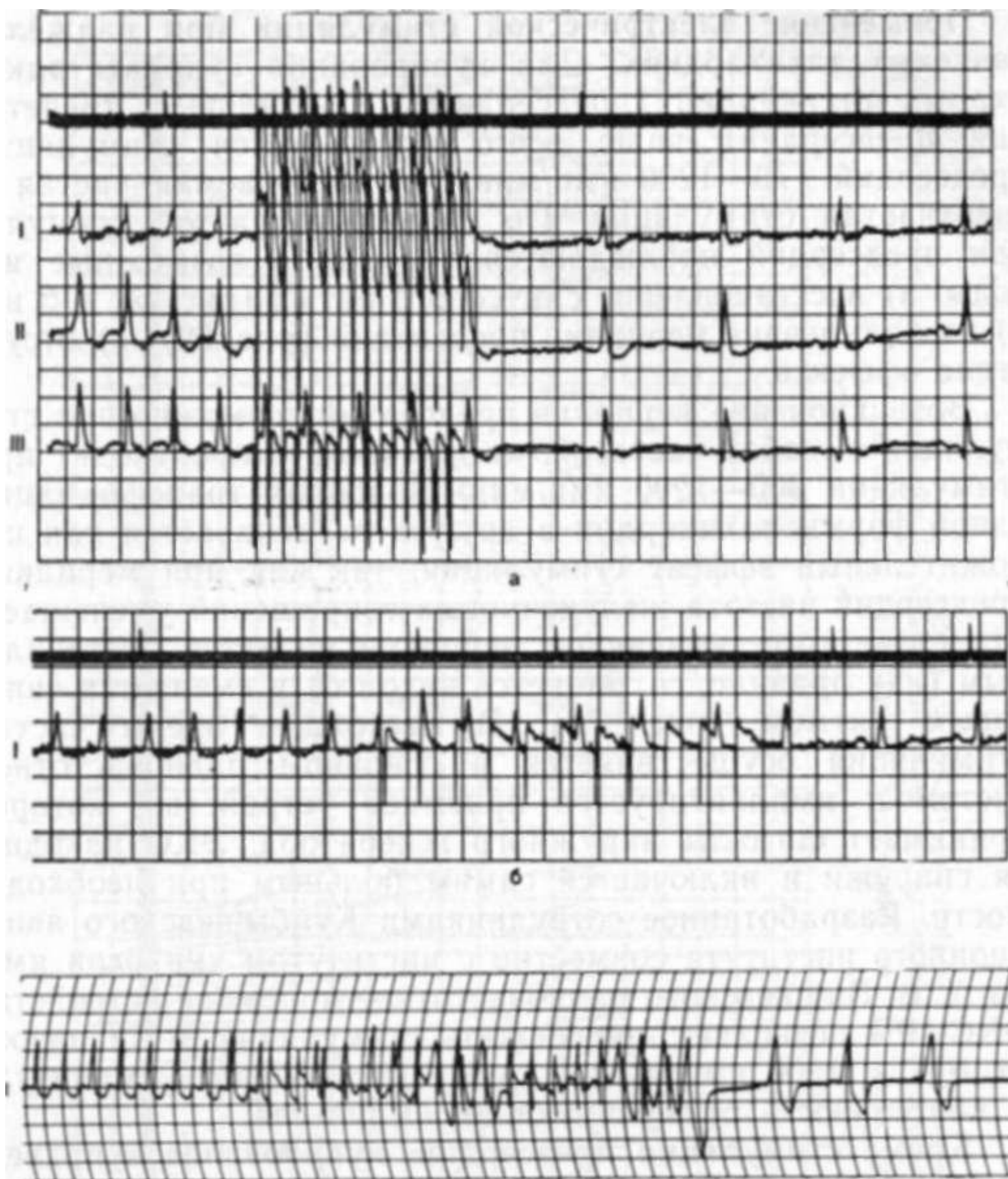
**Рис. 66. Купирование нижнепредсердной тахикардии конкурентной стимуляцией желудочков. Частота тахикардии 140 в 1 мин, частота стимуляции 85 имп/мин. После навязанного комплекса регистрируется синусовый ритм.**



**Рис. 67. Купирование пароксизма желудочковой тахикардии конкурентной стимуляцией желудочков.**

Желудочковая тахикардия с частотой 180 в 1 мин. Имплантированный ЭКС типа «Demand» переведен в асинхронный режим путем наложения магнита, частота стимуляции 85 имп/мин. После купирования тахикардии (звездочка) регистрируется конкуренция синусового и аппаратного ритмов (верхняя кривая). После удаления магнита (нижняя кривая)—только синусовый ритм.

ходит при переводе биоуправляемого ЭКС в асинхронный режим. При этом виде стимуляции сердечный цикл беспорядочно сканируется, один из импульсов рано или поздно попадает в «критическую» фазу цикла и прерывает циркуляцию возбуждения (рис. 66, 67). В-четвертых, стимуляцией с частотой, прерывающей частоту тахикардии, так называемой *overdrive pacing*, которая проводится несколько секунд или даже минут.



**Рис. 68. Купирование суправентрикулярной тахикардии частой стимуляцией предсердий.**

**а** — тахикардия с частотой 170 в 1 мин. Сверхчастая стимуляция 650 имп/мин в течение 1,4 с. По окончании стимуляции регистрируется синусовый ритм;  
**б** — тахикардия с частотой 170 в 1 мин. Частая стимуляция 250 имп/мин в течение 1,5 с. По окончании стимуляции регистрируется синусовый ритм;  
**в** — тахикардия с частотой 200 в 1 мин. Частая стимуляция 250 имп/мин в течение 4,3 с. По окончании стимуляции отмечаются признаки предвозбуждения желудочков.

Для решения вопроса о возможности постоянной кардиостимуляции при тахикардии необходимо предварительное электрофизиологическое исследование, при котором определяются состояние проводящей системы сердца, а также вид, параметры и точка приложения стимуляции.

Применение электрической стимуляции при наджелудочковых тахикардиях. Для купирования суправентрикулярных тахикардии (предсердных, АВ узловых, трепетания предсердий) чаще всего используется стимуляция предсердий 170—1200 имп/мин, так называемая частая и сверхчастая стимуляция. По окончании частой стимуляции предсердий наблюдаются различные возможные исходы: а) восстановление синусового ритма (рис. 68, а, б, в); б) возникновение мерцания предсердий (рис. 69); в) отсутствие эффекта.

Возникновение мерцания предсердий возможно при стимуляции с любой частотой, но обычно это происходит при стимуляции 300—1200 имп/мин. Подобная трансформация одной формы тахикардии в другую расценивается как положительный эффект стимуляции, так как при мерцании предсердий частота желудочковых сокращений уменьшается; кроме того, вызванное мерцание является нестабильным (как правило, сохраняется недолго) и сменяется синусовым ритмом (рис. 70). В настоящее время частая стимуляция осуществляется в основном радиочастотной системой: имплантируется приемное устройство, которое принимает сигналы наружного генератора. ЭКС находится снаружи и включается самим больным при необходимости. Разработанное сотрудниками Куйбышевского авиационного института совместно с институтом хирургии имени А. В. Вишневского радиочастотное приемное устройство ЭКС-1РЧ позволяет производить стимуляцию в диапазоне от 100 до 1200 имп/мин, а также регулировать амплитуду и длительность стимулирующих импульсов.

Кроме стимуляции предсердий, купирование суправентрикулярной тахикардии может быть осуществлено и различными видами стимуляции желудочков. Последняя обычно используется при узловой АВ тахикардии или при тахикардии, в механизме которой принимает участие дополнительный путь проведения (рис. 71, 72).

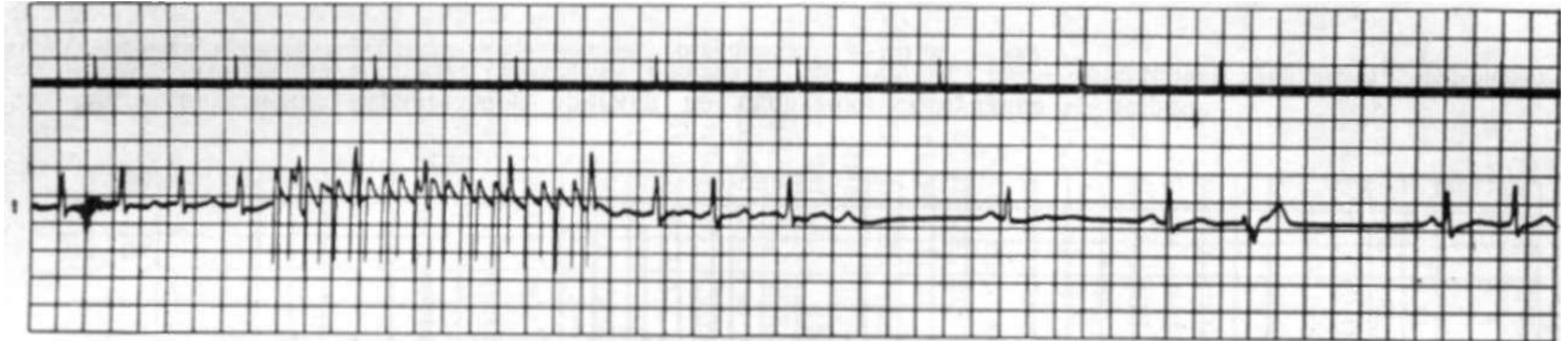
При наличии синдрома слабости синусового узла (бради-тахиформы) в ряде случаев требуется имплантация двух ЭКС: одного — для купирования тахикардии, другого — для обеспечения адекватной частоты сокращения желудочков после купирования приступа. Это связано с тем, что при дисфункции синусового узла частая стимуляция в значительной степени подавляет его автоматизм: после прекращения стимуляции возникает временная асистолия или брадикардия. Использование двух имплантированных ЭКС позволяет купировать тахикардию без опасения уре-



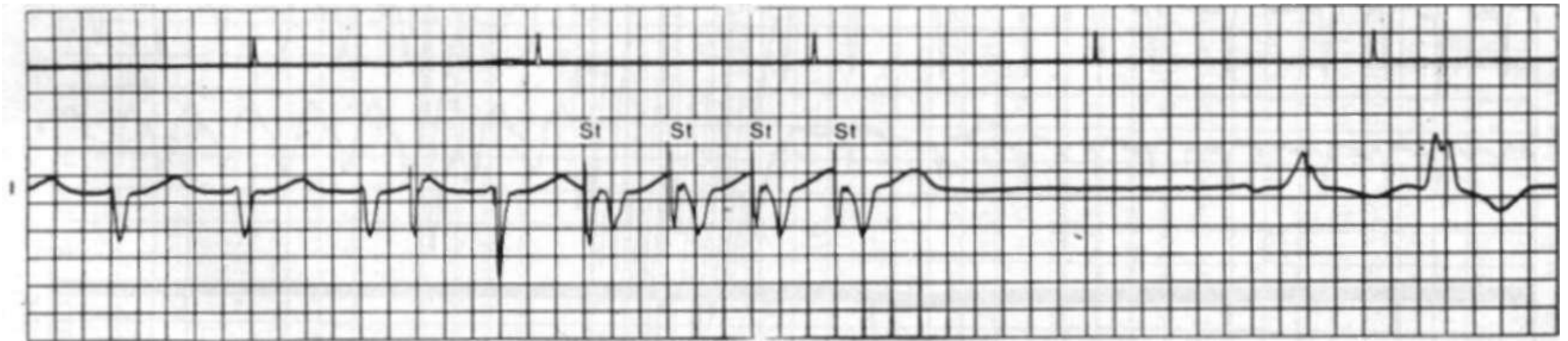
**Рис. 69. Возникновение мерцательной аритмии по окончании стимуляции предсердий.**

Тахикардия с частотой 160 в 1 мин. Сверхчастая стимуляция 650<sub>1</sub> имп/мин. После прекращения стимуляции регистрируется мерцательная аритмия с частотой желудочковых сокращений 115<sub>1</sub>—160 в 1 мин.



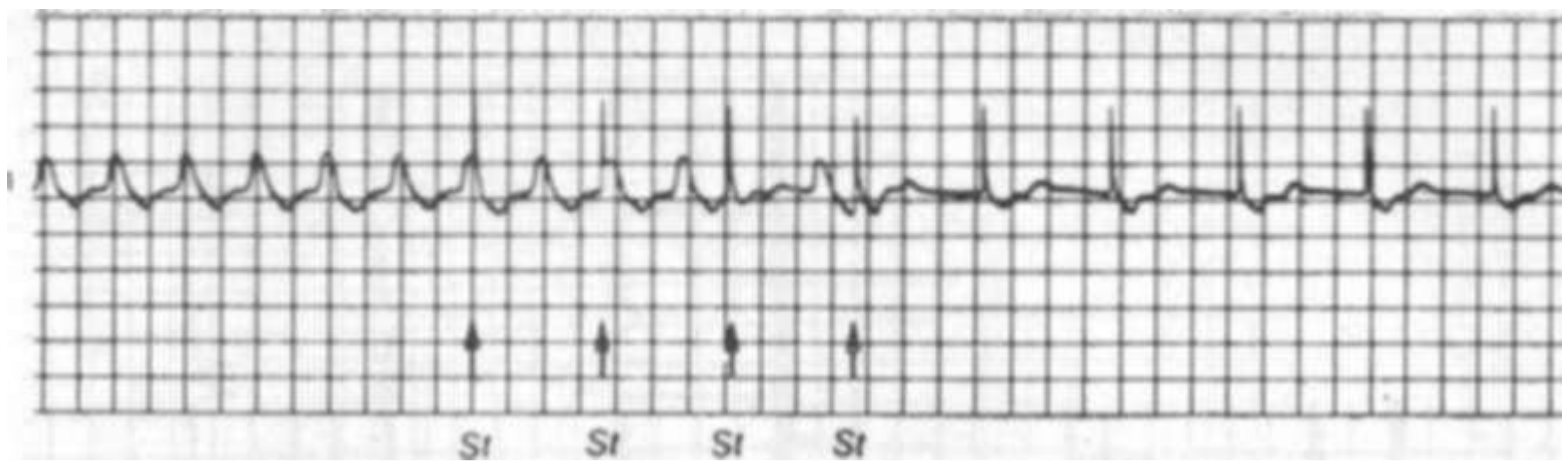


**Рис. 70.** По окончании частой стимуляции предсердий возникла мерцательная аритмия, которая через несколько секунд сменилась синусовым ритмом.



**Рис. 71.** Купирование суправентрикулярной тахикардии частой стимуляцией правого желудочка.

Тахикардия с частотой 130 в 1 мин, частота стимуляции 200 имп/мин. По окончании стимуляции регистрируется синусовый ритм, признаки предвозбуждения желудочков.

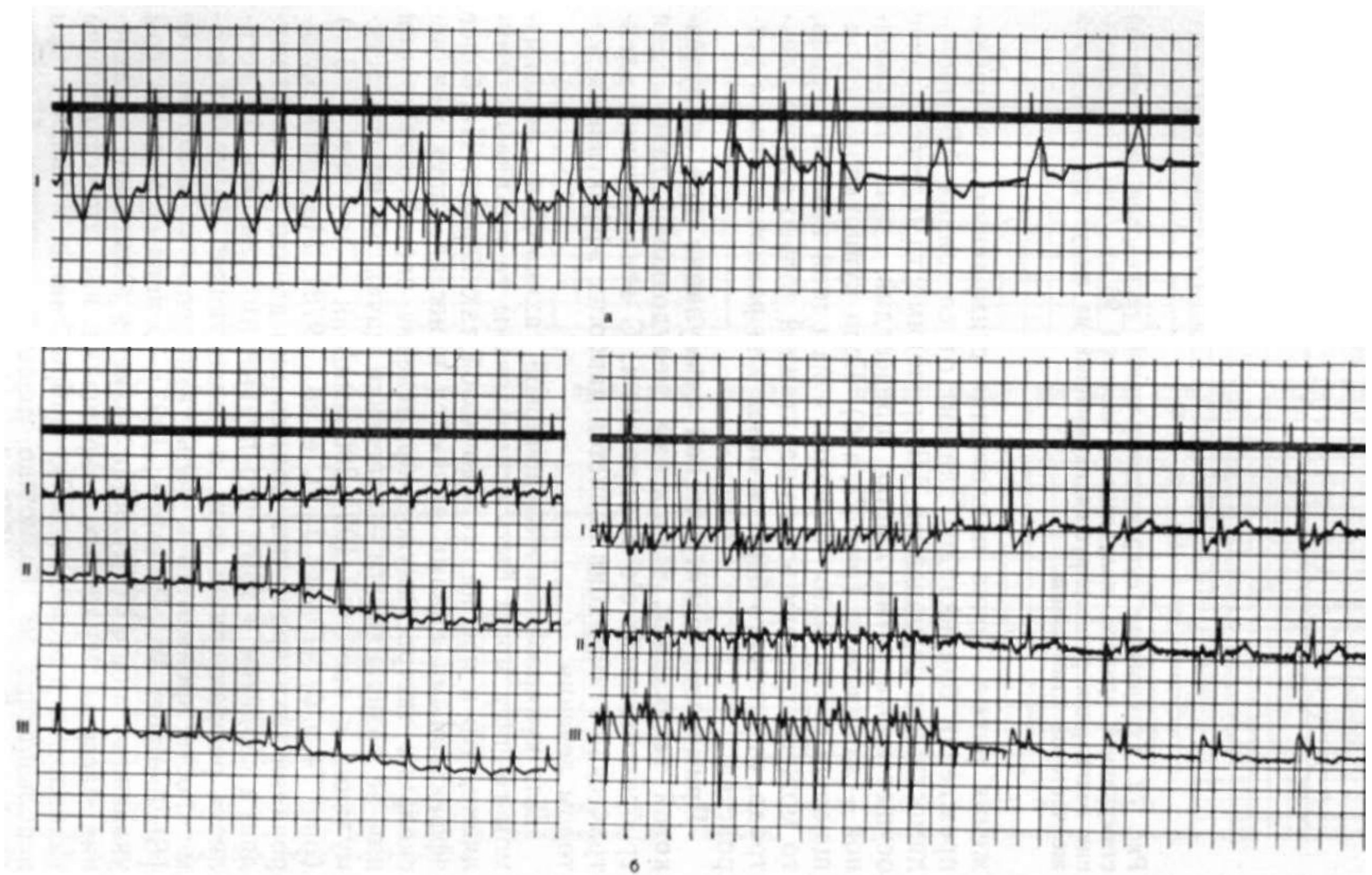


**Рис. 72.** Купирование суправентрикулярной тахикардии конкурентной стимуляцией правого желудочка с частотой 95 имп/мин. По окончании тахикардии регистрируется навязанный из желудочка ритм с той же частотой стимуляции.

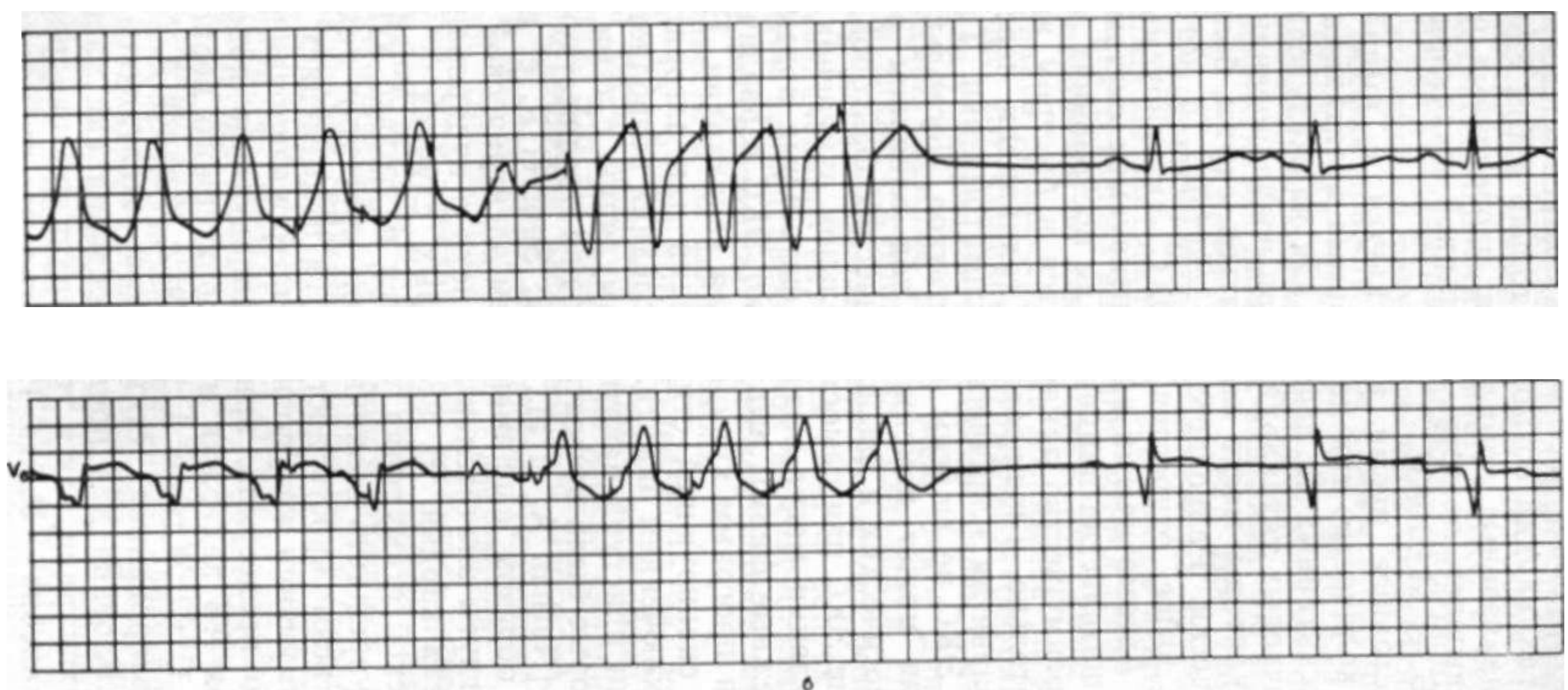
жения ритма. Точка приложения стимуляции для предупреждения брадикардии зависит от состояния АВ проводимости: при сохраненной АВ проводимости целесообразнее осуществлять стимуляцию предсердий, при нарушенной — желудочков (рис. 73, а, б). Если купирующая и учащающая стимуляция проводятся из одной камеры сердца, то можно ограничиться имплантацией только одного электрода, от которого берется отвод для радиочастотного устройства.

Применение электрической стимуляции при желудочковой тахикардии. Пароксизм желудочковой тахикардии требует быстрого купирования. С этих позиций электрическая стимуляция является наиболее эффективным методом лечения.

Для купирования желудочковой тахикардии с механизмом re-entry могут быть использованы те же виды стимуляции, что и при наджелудочковой тахикардии. Наиболее эффективными видами являются нанесение двух или нескольких экстрастимулов, применение частой стимуляции или ее разновидности — нанесении пачки импульсов (стимуляции с частотой 190—300 имп/мин в течение 1—3 с) (рис. 74, а, б) [Fisher J. D. et al., 1978]. Механизм купирования тахикардии при применении данных видов стимуляции сводится к тому, что первый импульс как бы «оголяет» рефрактерную зону, а последующие получают возможность проникнуть в цепь тахикардии и разорвать ее [Sheibelhofer W., Probst P., 1983]. Основным недостатком указанных видов стимуляции является возможное увеличение частоты сердечных сокращений или трансформация тахикардии в желудочковую фибрилляцию, в связи с чем использование их возможно лишь у немногих больных [Fisher J. D. et al., 1978; Josephson M. E. et al., 1979;



**Рис 73. Купирование тахикардии сверхчастой стимуляцией предсердия,**  
 а - по окончании стимуляции регистрируется навязанный из желудочка ритм; б - по окончании стимуляции регистрируется навязанный из предсердия ритм.



**Рис 74 Купирование желудочковой тахикардии стимуляцией желудочка.**  
 а - тахикардия с частотой 180 в 1 мин. Короткий залп с частотой 240 имп/мин. по окончании стимуляции регистрируется синусовый ритм б - тахикардия с частотой 170 в 1 мин. Короткий залп с частотой 200 имп/мин, по окончании стимуляции регистрируется синусовый ритм.

Roy D. et al., 1982]. Желудочковую тахикардию иногда удается купировать частой стимуляцией предсердий: купирование тахикардии возможно только в том случае, когда частота навязанных комплексов, проведенных на желудочки, превышает частоту спонтанной тахикардии [Waxman M. B. et al., 1983].

В настоящее время выпускается и имплантируется большое количество так называемых анитахикардических ЭКС, рассчитанных на лечение как наджелудочковых, так и желудочковых тахикардии. При возникновении приступа эти стимуляторы могут включаться самим больным или автоматически. Радиочастотные системы, о которых упоминалось выше, относятся к ЭКС, активируемым самим больным. Автоматически имплантируемые системы не требуют вмешательства пациента или посторонних лиц. Главное их преимущество заключается в быстром выявлении, а следовательно, и купировании тахикардии, нередко даже раньше развития клинической симптоматики. Тем не менее и эти ЭКС не лишены недостатков. Поскольку частота тахикардии может изменяться под влиянием различных фармакологических и физиологических факторов, то автоматические ЭКС при самостоятельном изменении параметров стимуляции могут вызвать фатальные аритмии.

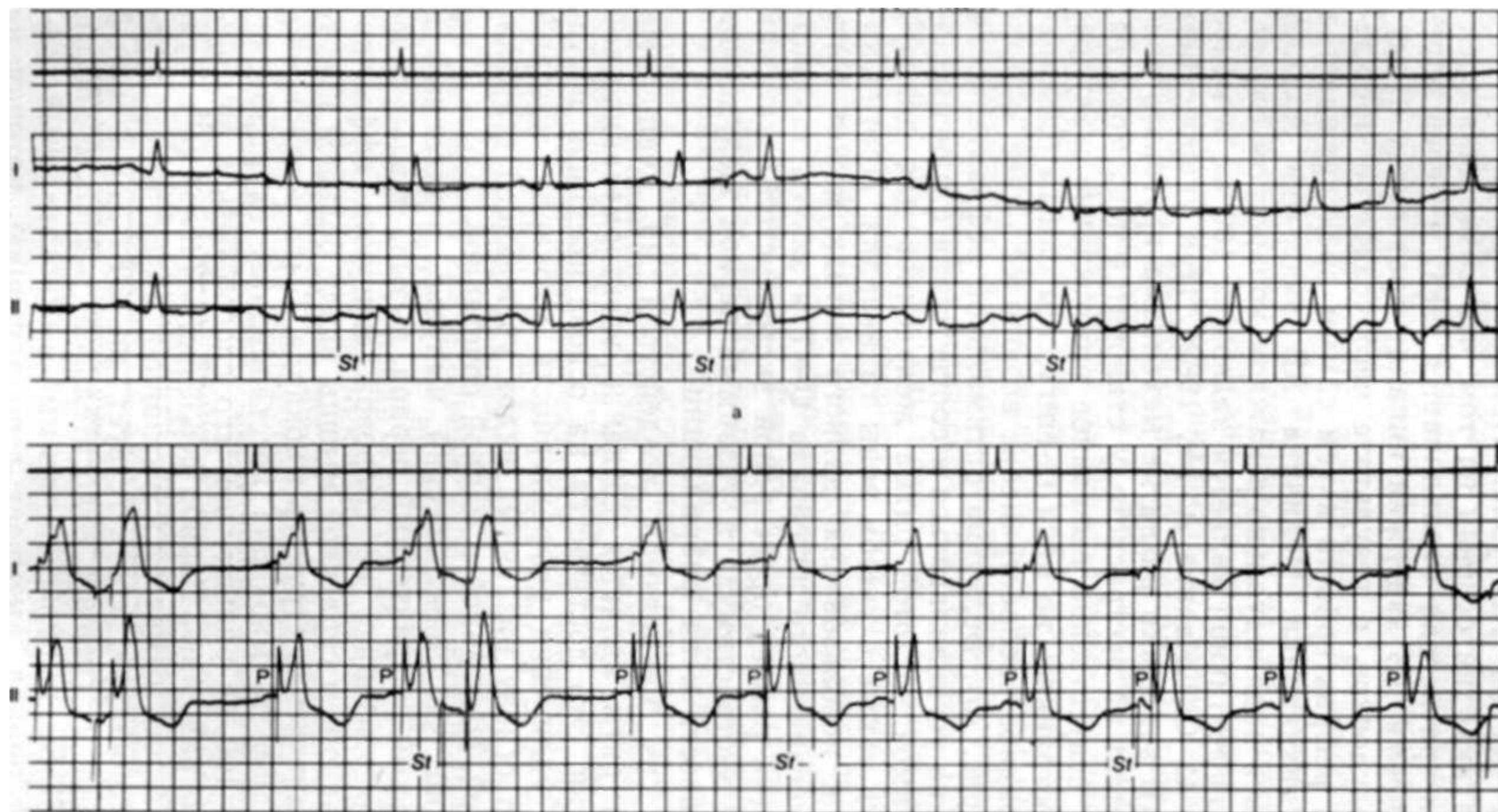
Зарубежные фирмы выпускают ЭКС с различными алгоритмами программ купирования тахикардии. Например, алгоритм сканирующей стимуляции или алгоритм стимуляции с включением памяти. Последний позволяет при возникновении приступа начать стимуляцию с теми параметрами, которые были эффективны при предшествующем пароксизме [Nathan A. et al., 1982; Spurrel R. et al., 1982].

Таким образом, с применением электрической стимуляции достигнуты значительные успехи в купировании пароксизмов тахикардии. В некоторых случаях с помощью электрической стимуляции удастся не только купировать, но и предупредить возникновение приступов тахикардии. Подобная возможность достигается применением электрической стимуляции желудочков, синхронизированной с деятельностью предсердий, при индивидуально подобранных параметрах АВ задержки и рефрактерного периода ЭКС [Григоров С. С., Жданов А. М., 1982; Жданов А. М., 1984]. Р-синхронизированная стимуляция желудочков может быть использована для предупреждения как пароксизмов узловой тахикардии, так и тахикардии при синдроме Вольфа — Паркинсона — Уайта. Известно, что пусковым моментом в развитии приступа тахикардии является предсерд-

ная экстрасистола, которая попадает в относительный рефрактерный период АВ узла. Принцип предупреждения re-entry тахикардии основан на том, что возникшая предсердная экстрасистола отлавливается ЭКС и через определенное время АВ задержки аппарат производит стимуляцию желудочков, в результате чего создается преждевременная рефрактерность и тем самым предупреждается развитие тахикардии. Величина АВ задержки должна определяться индивидуально в каждом конкретном случае, наиболее эффективной является задержка 100 мс и менее [Григоров С. С., Жданов А. М., 1982]. При укороченном времени АВ задержки развитие механизма кругового движения в ответ на экстрасистолу становится невозможным, поскольку искусственно вызванное возбуждение желудочка, распространяясь по цепи re-entry, тем самым блокирует ретроградное распространение возникшей ранее экстрасистолы (рис. 75). Величина оптимальной рефрактерности ЭКС должна устанавливаться в соответствии с максимально допустимой частотой ритма желудочков для данного больного, а также с учетом зоны тахикардии. Противопоказанием к использованию данного метода может быть синдром увеличенного интервала  $Q-T$  и запуск тахикардии от очень ранней предсердной экстрасистолы, так как попадание экстрасистимы в уязвимый период желудочков может привести к их фибрилляции.

Одним из механизмов воздействия на учащенный сердечный ритм является создание электромеханической диссоциации. Это достигается на основе принципа искусственного удлинения рефрактерности миокарда, который положен в основу различных видов урежающей стимуляции: парной, сочетанной и парной сочетанной.

Известно, что электрический импульс, нанесенный в относительный рефрактерный период, вызывает электрическую деполяризацию, не сопровождающуюся эффективным сокращением сердечной мышцы ввиду большей инертности механических структур миокарда. Было установлено, что возбудимость миокарда восстанавливается приблизительно на 100 мс раньше, чем его способность к механическому сокращению. Период сердечного цикла, на протяжении которого отмечается указанная "электромеханическая диссоциация", соответствует на ЭКГ нисходящей части зубца  $T$  (период относительной рефрактерности). Таким образом, импульс, наносимый в относительный рефрактерный период, вызывает деполяризацию, которая не сопровождается сокращением сердечной мышцы; после



**Рис. 75. Предупреждение возникновения пароксизма тахикардии путем проведения Р-синхронизированной стимуляции желудочка.**

а — возникновение тахикардии на фоне синусового ритма при конкурентной стимуляции предсердия; б — на фоне Р-синхронизированной стимуляции желудочка индуцирования тахикардии при той же частоте стимуляции не происходит.

этого вновь наступает период абсолютной и затем относительной рефрактерности. В результате увеличивается продолжительность периода, в течение которого миокард на способен отвечать механическим сокращением на раздражение.

При парной стимуляции кардиостимулятор генерирует парные импульсы. Изменяя частоту следования этих пар и длительность интервала между импульсами в каждой паре (т. е. задержку второго импульса относительно первого), можно подобрать такой режим стимуляции, при котором второй импульс в паре будет попадать в относительный рефрактерный период, вызванный первым импульсом. Второй же импульс, вызывая раннюю экстрасистолу, не сопровождается эффективным сокращением сердечной мышцы. Таким образом, каждой паре импульсов будет соответствовать только одно гемодинамически эффективное сокращение. Степень урежения частоты сердечных сокращений может быть различной, но не больше половины частоты исходного ритма. Для большего урежения сердечных сокращений можно использовать тройные электрические импульсы, однако такая методика не нашла клинического применения. Существенным недостатком «слепой» парной стимуляции является отсутствие синхронизации с сердечной деятельностью, что может привести к фибрилляции желудочков при попадании первого импульса очередной пары в «уязвимый» период спонтанной экстрасистолы, возникшей между двумя парами.

Более физиологической является стимуляция, синхронизированная с сердечным ритмом. В эту группу входят несколько видов урежающей стимуляции, но наибольшее распространение получили сочетанная и парная сочетанная стимуляция. Урежение ритма при этих видах стимуляции достигается в принципе таким же способом, как и при парной, однако синхронизация нанесения стимула с желудочковым или предсердным сигналом позволяет избежать основного недостатка парной стимуляции — фибрилляции желудочков.

Сочетанная стимуляция была предложена Р. Л. Frommer (1965), Р. Л. Frommer и соавт. (1966), W. M. Chardack (1965). При этом виде стимуляции импульсы наносятся с задержкой относительно желудочкового или предсердного сигнала. Изменяя величину этой задержки, можно подобрать такой режим стимуляции, при котором каждый импульс будет попадать в относительный рефрактерный период спонтанного цикла. Экстрасистола, вызы-

ваемая этим импульсом, не сопровождается сокращением миокарда. При сочетанной стимуляции сохраняется спонтанный водитель ритма, но частота эффективных сокращений уменьшается наполовину.

Парная сочетанная стимуляция была предложена группой сотрудников ВНИИМТ (А. В. Васильев, В. А. Михайлов, В. А. Беззубчиков) совместно с С. С. Григоровым в 1972 г. Принцип метода заключается в том, что «урежающий» импульс наносится с задержкой либо от первого импульса, как при парной стимуляции, либо от спонтанного комплекса, как при сочетанной стимуляции, когда тот возникает после предыдущей пары. Следовательно, при относительно небольшой частоте тахикардии стимуляция не отличается от простой парной стимуляции. Если же вслед за парой импульсов возникает спонтанный комплекс *QRS* (при учащении спонтанного ритма или экстрасистолии), кардиостимулятор блокирует первый импульс очередной пары и функционирует в режиме сочетанной стимуляции. Наиболее сложным является подбор оптимальной частоты и величины задержки при проведении урежающей стимуляции. Наиболее распространена следующая формула:

$$\text{Частота следования пар} = \frac{\text{число спонтанных сокращений сердца}}{2} + 10.$$

Задержка в паре может быть рассчитана как 0,9 интервала *Q—T* или 41—61% от интервала *R—R*.

Следует подчеркнуть, что предлагаемые для расчета временных параметров урежающей стимуляции формулы ориентировочны; оптимальные параметры необходимо уточнять у каждого больного в ходе стимуляции.

Все перечисленные виды урежающей стимуляции необходимо проводить под контролем частоты эффективных сердечных сокращений. Наиболее достоверным показателем эффективности урежающей стимуляции является совпадение пульсовых подъемов на кривой давления в полостях сердца с первым импульсом в паре (при парной стимуляции) или со спонтанным комплексом *QRS* (при сочетанной стимуляции) и соответственно отсутствие подъема давления в ответ на второй импульс ЭКС. При отсутствии возможности прямого измерения давления в полостях сердца контроль эффективности урежающей стимуляции можно осуществлять при параллельной регистрации



ЭКГ и ФКГ, а в экстренных случаях — посредством аускультации сердца.

Мы рассмотрели основные виды электрической стимуляции сердца, применяемые при нарушениях ритма. Дальнейший технологический прогресс создаст возможности для разработки новых более совершенных ЭКС

### Глава III

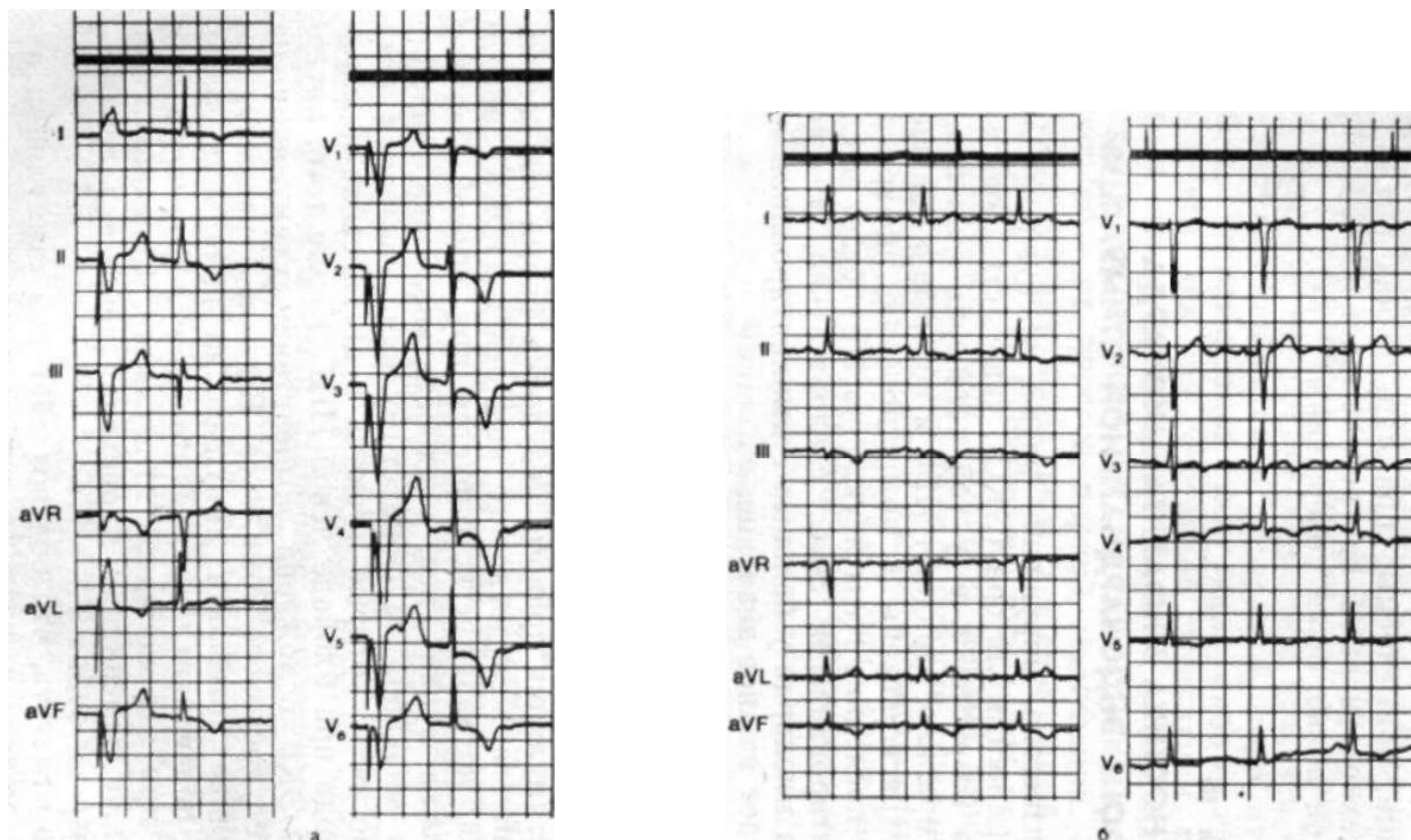
## ДИАГНОСТИКА ИНФАРКТА МИОКАРДА НА ФОНЕ ЭНДОКАРДИАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ

Как известно, нарушения ритма, требующие имплантации кардиостимулятора (ЭКС), чаще встречаются у лиц пожилого возраста, т. е. у той категории больных, которые, как правило, страдают ИБС и которые в большей степени предрасположены к возникновению инфаркта миокарда. В последние годы неуклонно возрастает число лиц с имплантированными ЭКС, следовательно, диагностика инфаркта миокарда у больных с имплантированными ЭКС приобретает важное значение.

Электрокардиографический метод является одним из ведущих в диагностике инфаркта миокарда у больных без ЭКС, метод также ценен и в выявлении инфаркта миокарда у больных с ЭКС, хотя в последнем случае имеются свои особенности и трудности.

При стимуляции правого желудочка форма искусственно вызванного желудочкового комплекса (ИЖК) аналогична той, которая регистрируется при полной блокаде левой ножки пучка Гиса, следовательно, распознавание инфаркта миокарда на фоне стимуляции связано с теми же трудностями, которые имеются в диагностике инфаркта миокарда при блокаде левой НПГ. Кроме того, интерпретация ЭКГ осложнена воздействием стимуляции на форму желудочкового комплекса. В главе I рассматривалось влияние артефакта импульса на начальную часть ИЖК и подчеркивалась значительная деформация его, особенно при монополярной стимуляции. Конечная часть ИЖК также изменяется: происходит депрессия сегмента *ST* и инверсия зубца *T*.

Важно отметить, что под воздействием стимуляции изменяется конечная часть и спонтанного желудочкового комплекса (СЖК), что может симулировать развитие ишемии или инфаркта миокарда [Gould et al., 1973; Dodi-



**Рис. 76. Синдром Шатерье при эндокардиальной стимуляции из вершины правого желудочка.**  
**а**—чередование искусственно вызванных и спонтанных комплексов. Изменения со стороны конечной части спонтанного желудочкового комплекса регистрируются в отведениях II, III, aVF, V<sub>1</sub>—V<sub>6</sub>; **б**—на момент регистрации ЭКГ искусственно вызванных желудочковых комплексов нет, но в спонтанных желудочковых комплексах выявляются вторичные изменения реполяризации (отведения II, III, aVF, V<sup>3</sup>—V<sup>6</sup>). Изменения конечной части СЖК выражены меньше, чем на рис. 76,а.

not V. et al., 1981; Lorincz J. et al., 1985]. В то же время изменения зубца *T*, вызванные ишемией, могут быть расценены как вторичные, т. е. как обусловленные стимуляцией [Dodinot V. et al., 1981]. Исходя из этого, прежде чем приступить к описанию ЭКГ признаков инфаркта миокарда, необходимо рассмотреть изменения конечной части спонтанного желудочкового комплекса на фоне стимуляции.

### **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА КОНЕЧНУЮ ЧАСТЬ СПОНТАННОГО ЖЕЛУДОЧКОВОГО КОМПЛЕКСА**

В 1969 г. К. Chatterjee и соавт. описали изменения конечной части СЖК у больных с эндокардиальной стимуляцией. Эти изменения характеризуются депрессией сегмента *ST* и инверсией зубца *T* и известны как синдром Шатерье (рис. 76, а, б). При стимуляции правого желудочка (как эндо-, так и миокардиальной) изменения сегмента *ST* СЖК особенно выражены в отведениях II, III, aVF, V<sub>2</sub>—V<sub>6</sub> [Григоров С. С. и др., 1982; Nevins M., 1974; Piwo-warska W. et al., 1980; Lorincz J. et al., 1985] (см. рис. 76, а). При миокардиальной стимуляции передней стенки левого желудочка изменения реполяризации наблюдаются в других отведениях: I, aVL, V<sub>5</sub>—V<sub>6</sub> [Lorincz J. et al., 1985]. При миокардиальной стимуляции нижней стенки левого желудочка синдром Шатерье регистрируется только в отведениях I и aVL, в отведениях II, III и aVF изменения носят реципрокный характер. При локализации электродов в верхушечной части левого желудочка изменения конечной части СЖК регистрируются в отведениях II, III, aVF, V<sub>2</sub>—V<sub>6</sub>; в отведениях I и aVL изменения носят реципрокный характер.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что проявление синдрома Шатерье неоднозначно и зависит от места и точки приложения стимуляции. Поскольку в настоящее время применяется не только эндокардиальный, но и миокардиальный (хотя и значительно реже) способы имплантации стимулирующей системы, при анализе ЭКГ обязательно следует учитывать место, из которого осуществляется стимуляция.

Вторичные изменения сегмента *ST* и зубца *T* зависят не только от места стимуляции, но и от ряда других факторов. Если место стимуляции влияет на локализацию синдрома Шатерье, то продолжительность стимуляции и

сила тока оказывают влияние м м . м  
мента  $ST$  и инверсии зубца  $t T V s O ]$

конецной части СЖК зависит <sup>6,11</sup> « ю н о с т ь и з м е н е н и е  
в е д е н и я с т и м у л я ц и и \* П р и Т р " " ^ « " " « ь н о с т ь н п р о -  
^ ^ -с ^ © к р а щ е н и и с т и м у л я ц и и н а -  
б л ю д а е т с я о б р а т н о е р а з в и т и е / b I 3 B a n H H X e ю и з м е н е н и и  
ч т о м о ж е т я в л я т ь с я к о с в е н н ы \* , д о к а з а т е л ь с т в о м ф у н к ц о -  
н а л ь н о г о х а р а к т е р а с и н д р о м а Ш а т е р ь е . О д н а к о с р о к и в  
к о т о р ы е п р о и с х о д и т и с ч е з н о в ^ и е и з м е н е н и й к о н е ч н о й ч а -

Гл" н ^ Ч е Г Х ' ь ш е **проЗ^Т^Z ИНДИВИДУ** -  
т е л ь и е е с о х р а н я л и с ь и з м е н е н и и ^ е , т м ^ Ж К Р с Т и  
с т и м у л я ц и я о с у щ е с т в л я е т с я п 0 с " И с и а д р о м ^ а т ^ Р ь "  
н е и с ч е з а е т . С л е д у е т п о д ч е р к ц ? ; д л я п о я в л е н и я „  
с о х р а н е н и я д а н н о г о с и н д р о м а Н е о б х о д и м о , ч т о б ы б о л ь ш и н -  
с т в о с о к р а щ е н и и м и о к а р д а б „ л 0 в ш в a i ' 0 э к с [ м  
m e h e t a l . , 1 9 8 1 ] . Н а н а ш в з г ф J \*  
ч е н и е , т а к к а к р е д к о е п о я в л е н „ e н \* э к г н \* в ы з а н н ы e x e T K 0 ^ п .  
л е к с о в м о ж е т н е с о п р о в о ж д а т ь р а з в и т и e м о п и с ы в а e м о г о  
с и н д р о м а ( р и с . 7 7 ) .

с т в е н н о м и х р о н и ч е с к и х и з м е Ч е н и й к о н е ч н 0 й ч а с т и и с к у с ,

ж а и ш е м п о с л е о п е р а ц и о н н о м „ н а б л ю д а е т с я о п р е -  
д е л е н н а я и х д и н а м и к а , п р и ч е м J M н а и б о л е е в ы р а ж е н а " у  
б о л ь н ы х п о с л е п е р в и ч н о й и м П л а н т а ц и и э к с „ о л ь к о J  
T O M с л у ч а е е с л и н а Э К Г р e g n c t p и р у е т с я п р е и м у щ е с т в е н н о  
н а в ы з а н н ы й р и т м . Е с л и ж е в о с н о в н о м р e g i c t p и р у е т с я  
с п о н т а н н ы й р и т м , и з м е н е н и я к о н e ч н о й ч а c т и ж е л у д о ч к о в о -  
г о к о м п л e к c a м o г у т б ы т ь в ы p a ж e н ы н e з н а ч и т е л ь н о и л и o т -  
с у т c t в o в а т ь [ I p и г o p o в C C . и д p 1 9 8 2 1

П р и э ф ф e к т и в н о й с т и м у л \* J J ж е л у д о ч к о в в п е р в ы е  
д н и п о с л e и м п л a n t a c и и c t и м у \* c и c t e m ы ^  
e т c я п o c t e п e н н о e c н и ж e н и e a M п л ^ т у д ы 3 б ц a т и ш

8 ^ 2 e M e и „ в e p c и и " o M н e н и ю c д o o п e р a c и o н н ы м  
Э К Г . И с c л e д o в a н и я , в ы п o л н e н н ы e в н a ш e й К л и н и ч e c k o j л а б o -  
з а л и , ч т o o c н o в н ы e и з м e н e н ^ э к г н e o c л o ж н e н н o й  
c т и м у л я ц и и п р и х o д я т c я н a п e р в ы e 1 Q \_ \ 4 й N a и б o л e e  
б ы c t p a я и x д и н a м и k a п p o и c \* O Д Й T в „ e 4 a k  
Ю — 1 4 - м у д н ю к a p т и н a п p a k т и ч e c k и c t a б и л и з и p у e т c я и в  
д a л ь н e й ш e м д и н a м и k и c o c t p o н ы c e г м e n t a 5 Г и з y б ц a T ,  
к a k п p a в и л o , н e o т м e ч а e т c я .

Н а и б o л e e в ы р а ж e н н ы e и з м e н e н и я н а б л ю д а ю т c я в o т в e -  
д c n и a v i ? y f 7 i y u n o n M . H e e B Ы P a ) H e n n ы e в  
[ Г р и г o p o в C . C . Г и и д p 1 9 8 2 ] c л e д у e т o б м e т и т ь ,  
ч т o e c л и д o н a ч a л a c t и м у л я ц ^ в 3 T H X o т в e \* e н и я x т ;

рировался сглаженный или отрицательный зубец  $T$ , то инверсия его может быть выражена в меньшей степени, а отрицательный зубец  $T$  в отведениях I и  $V^1—V^2$  часто становится положительным. Это обстоятельство особо следует учитывать при исходном нарушении внутрижелудочковой проводимости. Так, при блокаде правой ножки (в отведениях III,  $V^1—V^2$ ) или при полной блокаде левой ножки пучка Гиса (в отведениях I,  $V^5—V^6$ ) сдвиги сегмента  $ST$  и зубца  $T$  в послеоперационном периоде могут быть менее выраженными (рис. 78).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что изменения конечной части СЖК в первые две недели после начала стимуляции сердца могут отражать нормальную послеоперационную эволюцию сегмента  $ST$  и зубца  $T$ .

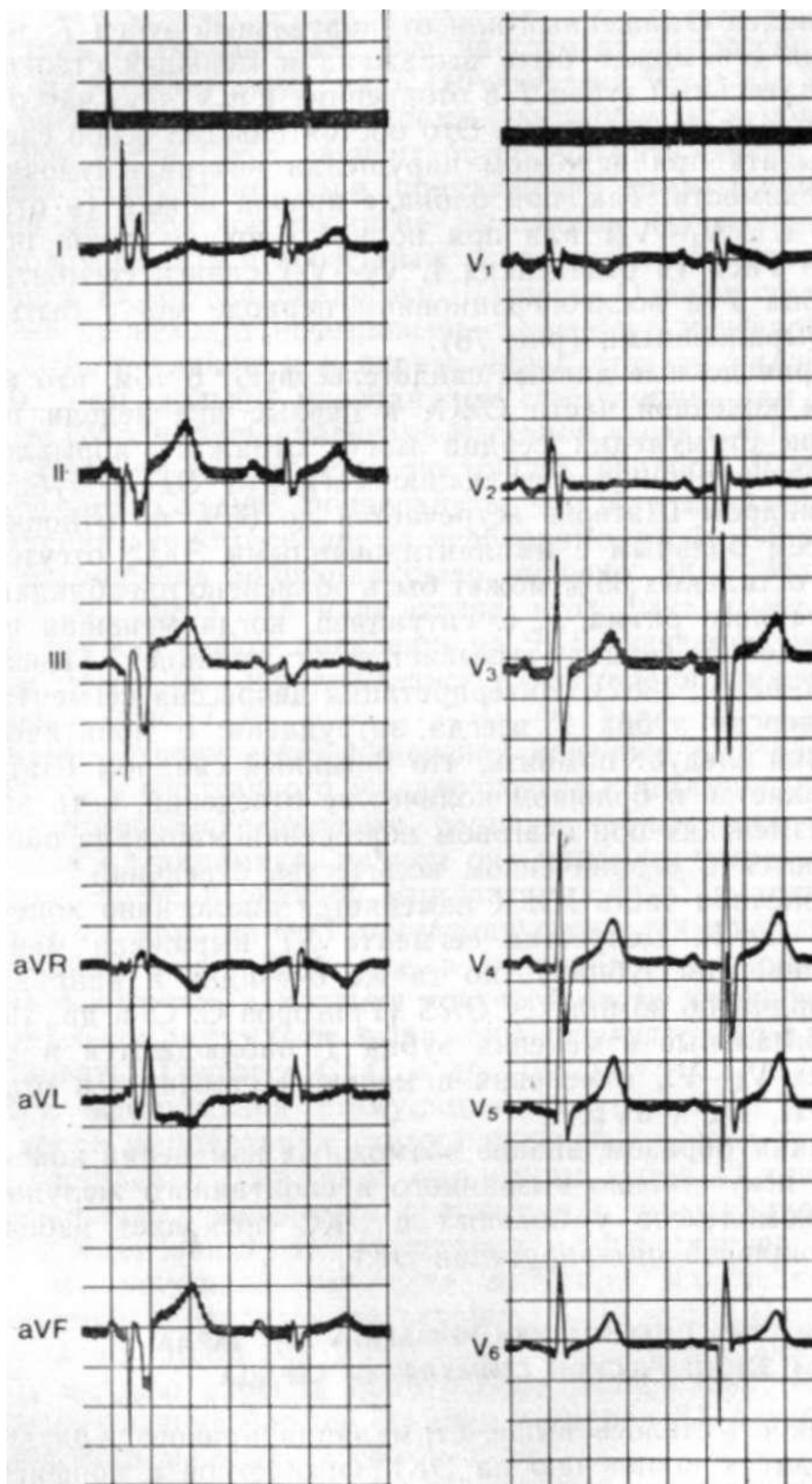
Синдром Шатерье встречается до 65% по отношению ко всем больным с имплантированными ЭКС, отсутствие его у остальных 35% может быть объяснено преобладанием спонтанного ритма, т. е. ситуацией, когда меньшая часть сокращений сердца вызывается стимуляцией [Kuczborski M. et al., 1982]. Интерпретация депрессии сегмента  $ST$  и инверсии зубца  $T$  всегда затруднена: с практических позиций следует помнить, что истинный синдром Шатерье проявляется в большом количестве отведений, в то время как изменения при очаговом поражении миокарда обнаруживаются в ограниченном количестве отведений.

Конечная часть ИЖК изменяется аналогично конечной части СЖК. Депрессия сегмента  $ST$  выражена меньше, чем инверсия зубца  $T$ , но также очевидна и направлена дискордантно комплексу  $QRS$  [Григоров С. С. и др., 1982]. Максимальные изменения зубца  $T$  наблюдаются в отведениях  $V_3—V_4$ , изменения в меньшей степени — в отведениях II, III и  $aVF$ .

Таким образом, знание возможных изменений конечной части искусственно вызванного и спонтанного желудочковых комплексов у больных с ЭКС позволяет избежать неправильной интерпретации ЭКГ.

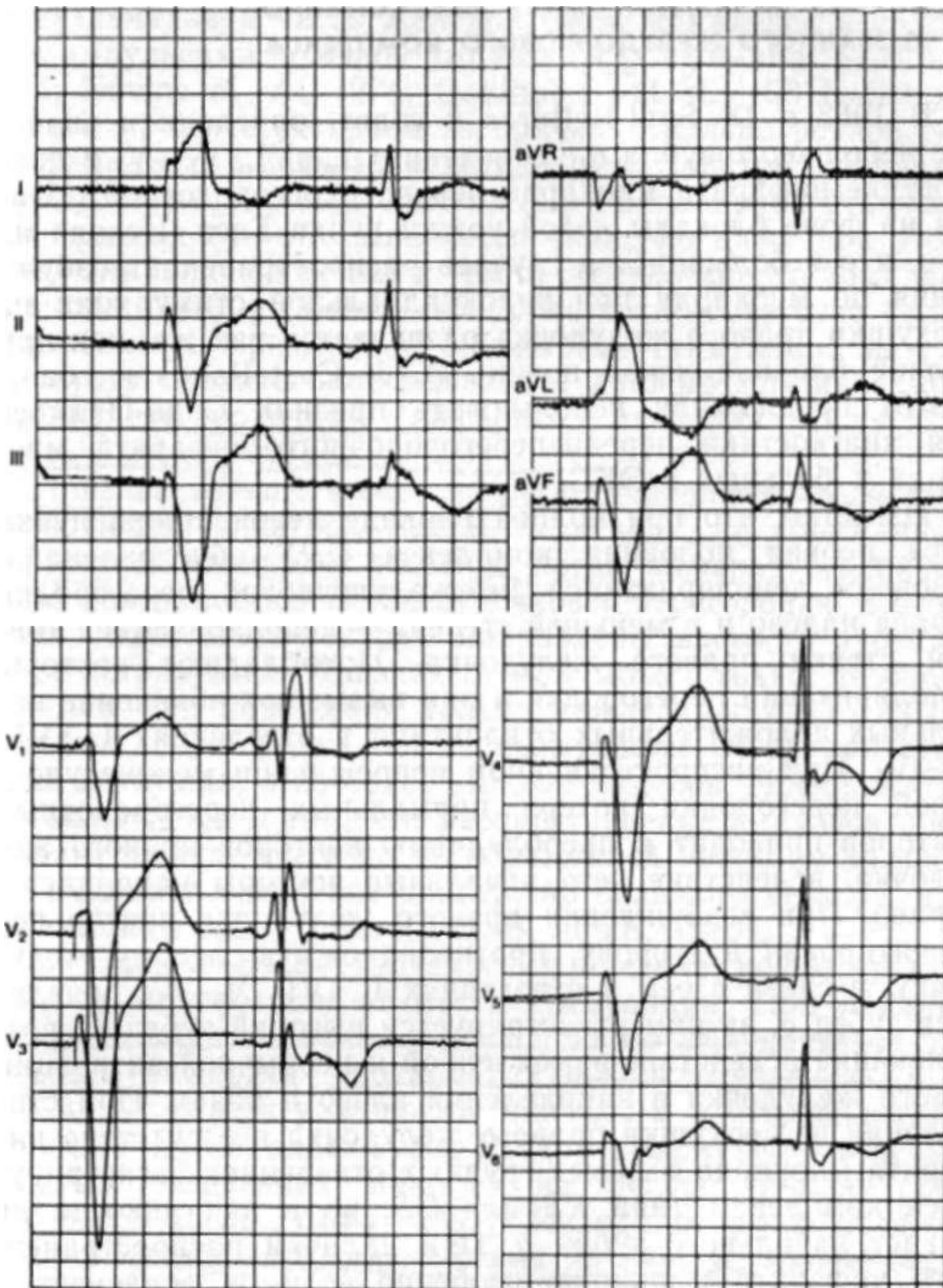
### **КРИТЕРИИ ДИАГНОСТИКИ ИНФАРКТА МИОКАРДА ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СЕРДЦА**

Как отмечалось выше, стимуляция правого желудочка приводит к появлению на ЭКГ комплексов с конфигурацией типа блокады левой ножки пучка Гиса. Следовательно, электрокардиографическая диагностика инфаркта миокарда у больных с эндокардиальной стимуляцией в прин-



**Рис. 77. Стимуляция из верхушки .правого желудочка.**

**В спонтанных желудочковых комплексах не наблюдается изменений конечной части.**



**Рис. 78. Синдром Шатерье на фоне блокады правой ножки пучка Гиса.**

ципе сводится к диагностике инфаркта на фоне блокады левой ножки пучка Гиса. Электрокардиографическая диагностика инфаркта миокарда у больных с ЭКС осуществляется путем анализа морфологии начальной части ИЖК, конечной части ИЖК, спонтанных желудочковых комплексов.

## АНАЛИЗ НАЧАЛЬНОЙ ЧАСТИ ИСКУССТВЕННО ВЫЗВАННОГО ЖЕЛУДОЧКОВОГО КОМПЛЕКСА

В 1963 г. D. Sodi-Pallares и соавт. определили значение небольшого зубца  $d$  в отведениях I, aVL, V<sub>5</sub>—V<sub>6</sub> в диагностике инфаркта миокарда переднеперегородочной области на фоне блокады левой ножки пучка Гиса. Исходя из того, что в большинстве случаев распространение возбуждения по миокарду при эндокардиальной стимуляции из верхушки правого желудочка развивается так же, как при полной блокаде левой ножки, А. J. Castellanos и соавт. (1973) предложили использовать признак Соди-Палярес для диагностики переднеперегородочного инфаркта миокарда у болы

Известно, что при полной блокаде левой ножки пучка Гиса первая половина комплекса *QRS* обусловлена в основном деполяризацией межжелудочковой перегородки справа налево и в меньшей степени — деполяризацией тонкой стенки правого желудочка. Преобладают векторы деполяризации перегородки и они вызывают появление начальных положительных отклонений в отведениях I, aVL, V<sub>5</sub>—V<sub>6</sub>. При распространенном повреждении межжелудочковой перегородки потеря нормальных перегородочных векторов приводит к преобладанию векторов правого желудочка, вследствие чего начальные векторы направлены вправо. При возбуждении правого желудочка вектор его ориентирован в сторону, противоположную левому желудочку, в связи с чем в отведениях I, aVL, V<sub>5</sub>—V<sub>6</sub> появляется зубец *q*. за ним регистрируется высокий зубец *R*, возникающий вследствие замедленной и необычной активации левого желудочка в направлении влево и назад. При стимуляции из верхушки правого желудочка в отсутствие инфаркта миокарда в левых грудных отведениях регистрируются комплексы типа *RS* или *QS*, но в них никогда не бывает начального зубца *q*. При наличии распространенного инфаркта миокарда, если он вовлекает участки миокарда вблизи стимуляционные векторы комплекса *QRS* отклоняются в таком же направлении, как и при инфаркте миокарда и полной блокаде левой ножки пучка Гиса. В результате в отведениях I, aVL, V<sub>5</sub>—V<sub>6</sub> также появляется зубец *q*. А. J. Castellanos и соавт. (1973) назвали подобную ЭКГ картину признаком *St—qR* и расценивали его как патогномоничный для переднеперегородочного инфаркта миокарда на фоне стимуляции. Оягаки признак *St—qR* может быть плохо вы-



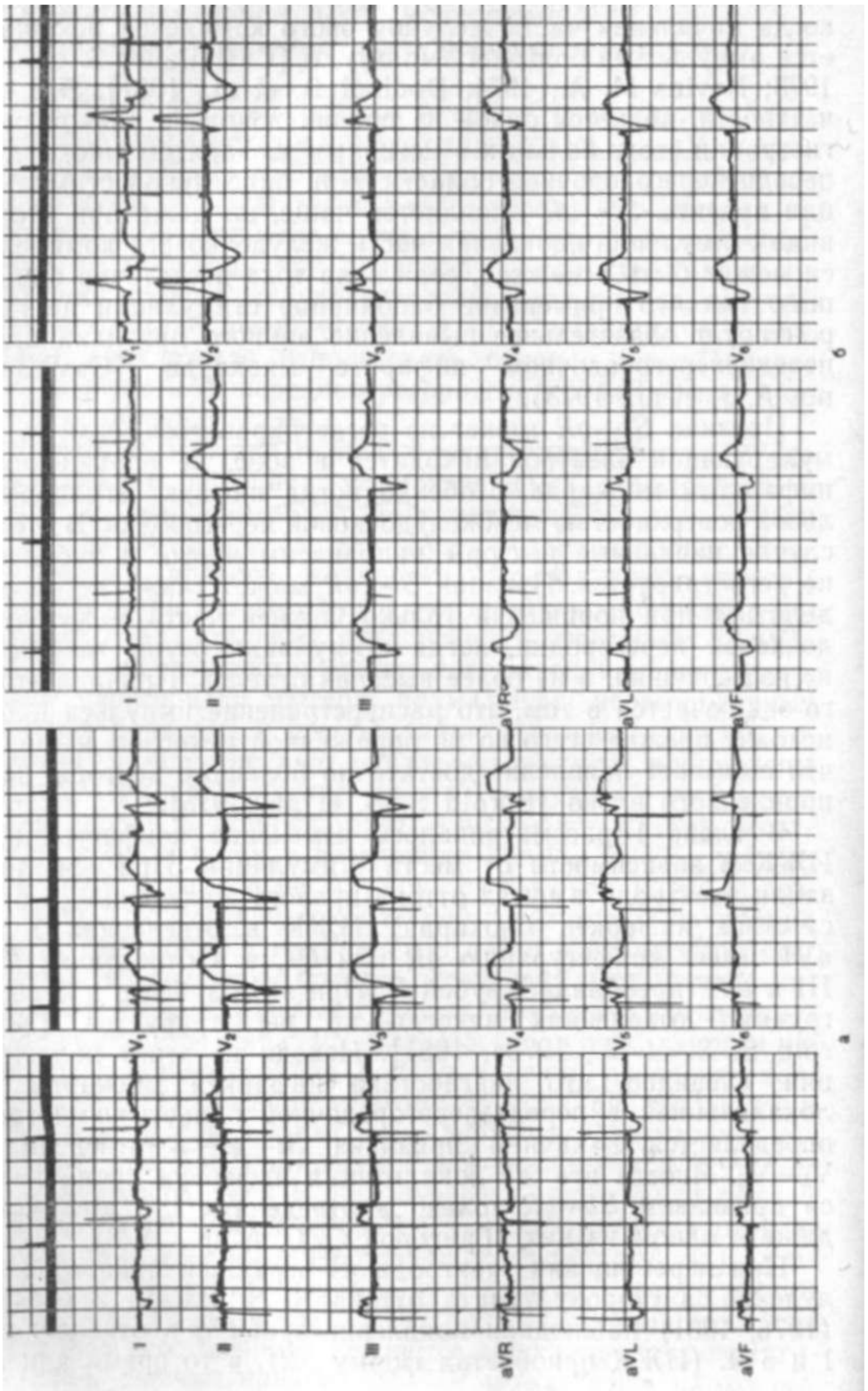
ражен или отсутствовать при монополярной стимуляции, когда начальная часть желудочкового комплекса искажается импульсами большой амплитуды [Castellanos S. et al., 1973; Nevins M. A., 1974; Dodinot B. et al., 1981]. Это, в частности, является одной из причин довольно редкой регистрации его у больных с истинным инфарктом миокарда переднеперегородочной области. При биполярной стимуляции признак  $S/-qR$  выявляется чаще, но даже при этом виде стимуляции начальная часть желудочкового комплекса может быть искажена, если сила тока достаточно большая. Так что применение биполярной стимуляции не гарантирует обязательное выявление данного признака при переднеперегородочном инфаркте миокарда [Castellanos A. J. et al., 1973].

Признак  $St-qR$  может не регистрироваться, если стимулирующий электрод находится в зоне пораженной инфарктом миокарда, особенно когда инфаркт ограничен левой поверхностью межжелудочковой перегородки. В этом случае начальные векторы направлены влево, и зубец  $q$  не регистрируется. Признак  $St-qR$  может также не определяться при поражении только нижней части межжелудочковой перегородки, когда стимуляция осуществляется не из верхушки, а из более высоких отделов. Причина этого заключается в том, что распространение импульса происходит прежде всего по не пораженной некрозом мышце, что вызывает появление достаточно большого вектора, направленного влево [Barold S. S. et al., 1976].

В главе I рассматривалось изменение конфигурации ИЖК в зависимости от места стимуляции. При локализации электрода в путях оттока правого желудочка (в отсутствие инфаркта миокарда) ИЖК в отведениях I и aVL имеет конфигурацию  $qR$  или  $Qr$ , а в отведениях II, III и aVF преобладает зубец  $R$ . При этом зубец  $q$  в левых грудных отведениях никогда не регистрируется [Barold S. S. et al., 1976a, 1981]. Исходя из этого положения, очевидно, что диагностика инфаркта миокарда с локализацией переднеперегородочной области во многом определяется наличием признака  $St - qR$  в отведениях  $V_5 - V_6$ . Иногда эта локализация инфаркта проявляется,

признаком  $St-qR$  только в отведениях I и aVL или даже в одном из них. [Григоров С. С. и др., 1978].

При перемещении электрода из верхушки правого желудочка в сторону тракта оттока S. S. Barold и соавт. (1976, 1981) наблюдали появление зубца  $q$  в отведениях I и aVL (ИЖК приобретал форму  $qR$ ), в то время как в



отведениях II, III, aVF оставались комплексы типа  $QS$  или  $rS$ . Следовательно, выявление зубца  $q$  в отведениях I и aVL при стимуляции из правого желудочка требует уточнения положения дистального конца электрода, так как появление его в динамике может свидетельствовать не только об инфаркте, но и быть предвестником начинающейся дислокации электрода [Кайк Ю. Л., 1982].

Признак  $St-qR$  может наблюдаться в виде незначительно удлиненного и зазубренного интервала между вертикальной чертой артефакта и зубцом R. С.С. Григоров и Ю.Л. Кайк (1983) показали, что такая модификация признака Кастеляноса встречается значительно чаще классического варианта (рис. 79, а, б).

Таким образом, несмотря на специфичность признака Кастеляноса для диагностики переднеперегородочного инфаркта миокарда у больных с ЭКС, он регистрируется далеко не всегда, в связи с чем имеет сравнительно небольшое диагностическое значение [Григоров С. С., Кайк Ю. Л., 1983].

В 1981 г. В. Dodinot и соавт. у больных с ЭКС предложили использовать признак Cabrega для диагностики инфаркта миокарда передней стенки левого желудочка, основываясь на его значимости в диагностике обширного инфаркта миокарда при полной блокаде левой ножки пучка Гиса. В классическом варианте признак Кабрера представляет зазубренность в отрицательном ИЖК в отведениях  $V_2-V_5$ . Зазубренность в положительном ИЖК имеет равноценное диагностическое значение и может расцениваться в качестве эквивалента признака Кабрера [Григоров С. С., Кайк Ю. Л., 1983]. Признак Кабрера при инфаркте миокарда передней стенки левого желудочка регистрируется почти в половине случаев, что делает его важным диагностическим признаком очагового поражения у больных

**Рис. 79. Острый инфаркт миокарда верхушки левого желудочка с распространением на все его стенки.**

а — ЭКГ на фоне стимуляции; б — ЭКГ того же больного, зарегистрированная при временном ингибировании имплантированного ЭКС.

Изменения начальной части ИЖК сводятся к появлению зубца  $q$  в отведениях I, aVL и удлиненного и зазубренного интервала  $St-R$   $V_5-V_6$  (признак Кастеляноса) и свидетельствуют об инфаркте миокарда переднеперегородочной области. В отведениях II, III, aVF отмечается зазубренность начальной части ИЖК как признак поражения нижней стенки левого желудочка, а в отведениях  $V_2-V_4$  зазубренность на нисходящем колене свидетельствует об инфаркте миокарда передней локализации (признак Cabrega).

Изменения конечной части ИЖК заключаются в выраженном подъеме сегмента  $ST$  в отведениях  $V_2-V_5$  и характерны для острой фазы инфаркта миокарда. Изменения начальной и конечной части СЖК подтверждают диагноз инфаркта миокарда с обширным поражением левого желудочка.

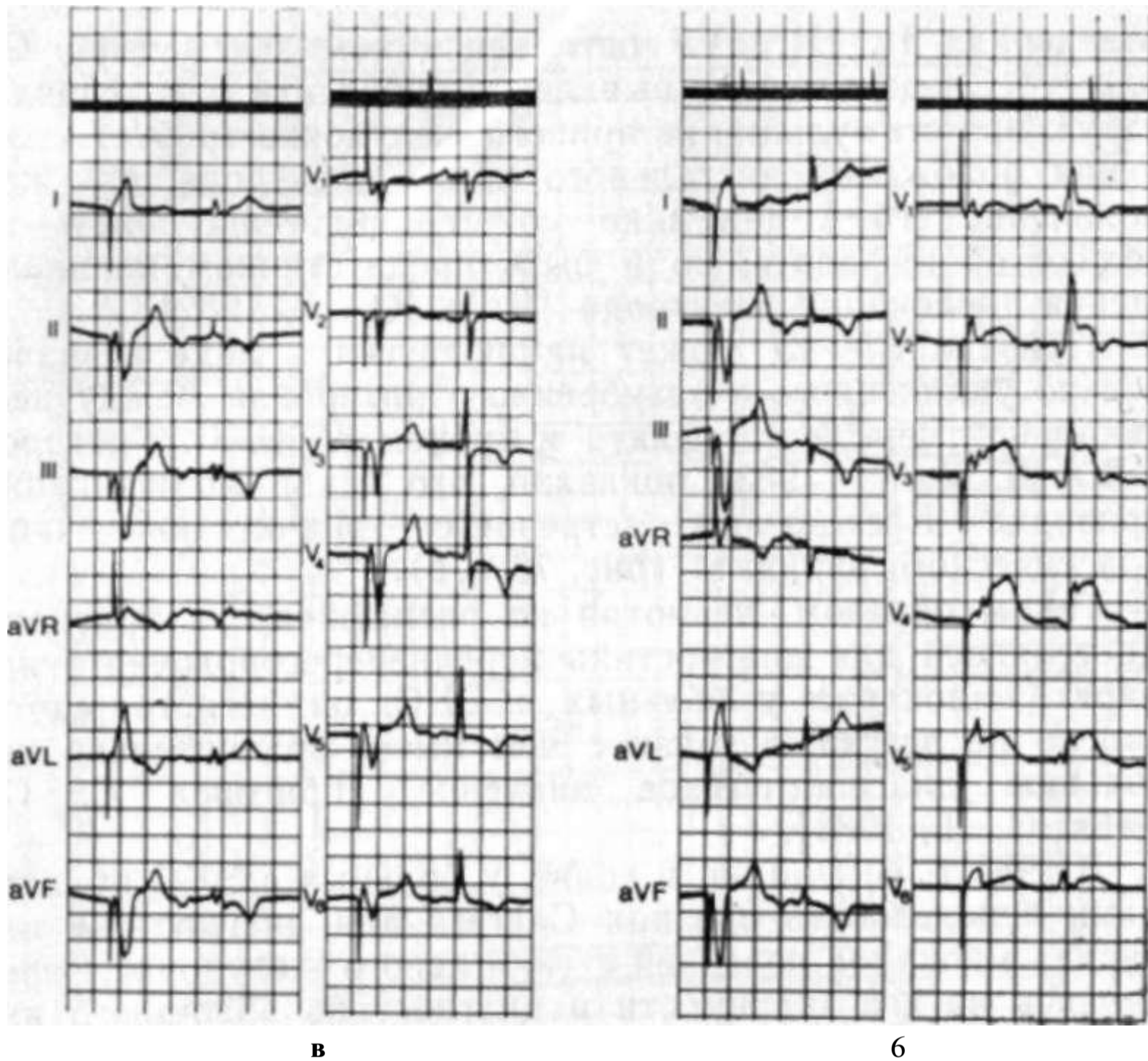
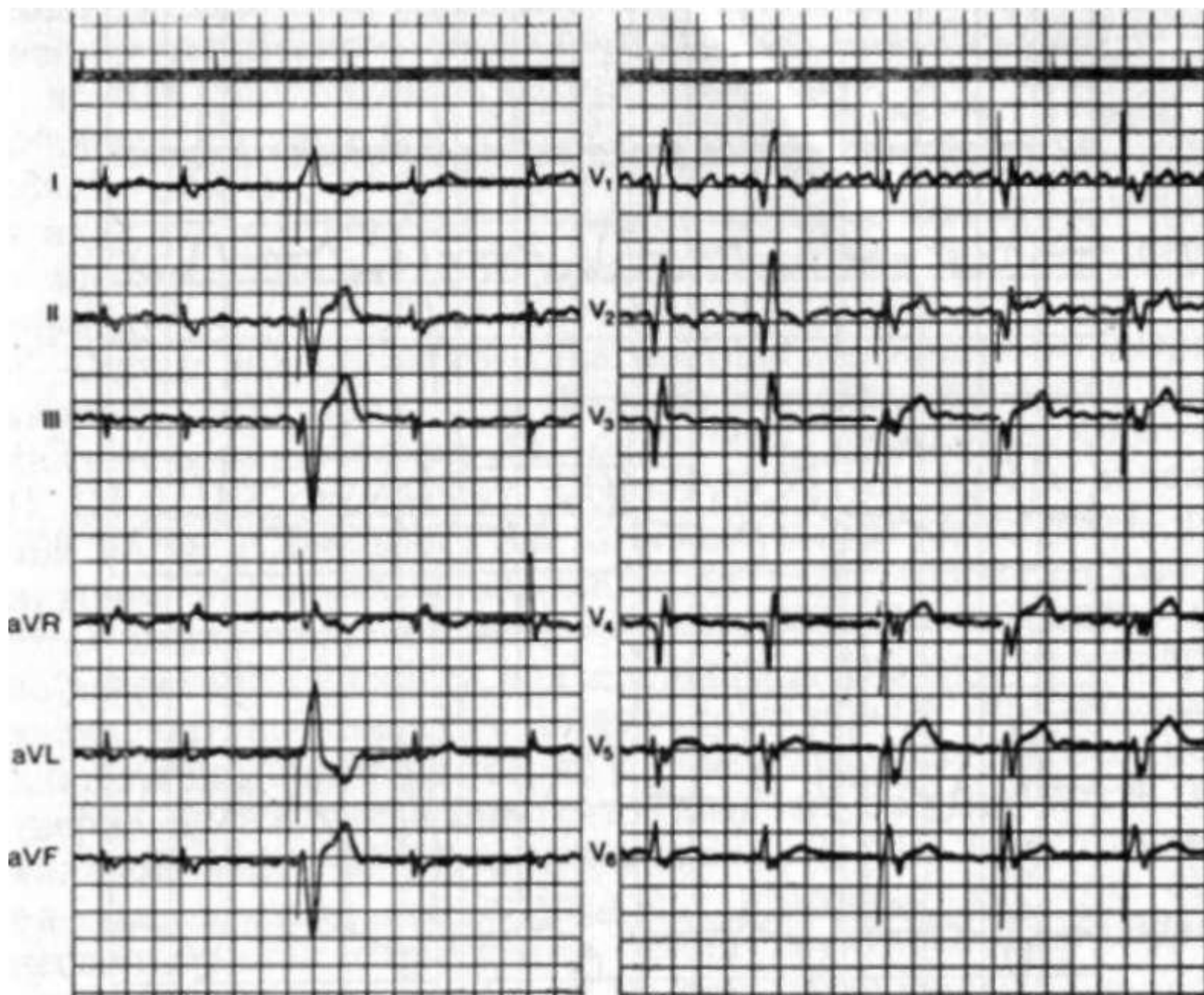


Рис. 80. Обширный инфаркт миокарда передней стенки

а — ЭКГ до развития инфаркта миокарда. ИЖК деформирован по типу бло- проявление синдрома Шатерье; б — ЭКГ в первые сутки после развития ин- тельная элевация сегмента *ST* в отведениях *V<sub>1</sub>-V<sub>5</sub>* спонтанных желудоч- ниях *V<sub>2</sub>-V<sub>5</sub>* и подъем сегмента *ST* в отведениях *V<sub>1</sub>-V<sub>6</sub>* по типу монофазно регистрируется глубокий зубец *q*. В этих же отведениях отмечается выра-

с ЭКС (рис. 80, а, б, в). Диагностическая ценность указан- ного признака снижается в связи с тем, что у больных с исходной блокадой правой ножки пучка Гиса на фоне стимуляции из правого желудочка может также регистри- роваться зазубренность комплекса *QRS* в грудных отведе- ниях. Однако при отсутствии инфаркта миокарда подобная зазубренность появляется одновременно с началом сти- муляции, а не в отдаленные сроки.

В 1972 г. М. L. Cardenas и соавт. [цит. по Niremberg V. et al., 1977] описали конфигурацию комплекса *QRS* по типу *RS* в отведениях *V<sub>5</sub>-V<sub>6</sub>* при инфаркте миокарда боко- вой стенки левого желудочка. Однако и этот признак, и наличие комплекса *QS* в отведениях *V<sub>5</sub>-V<sub>6</sub>* при инфарк- те миокарда передней стенки левого желудочка не могут однозначно приниматься в расчет у больных с ЭКС, так



левого желудочка.

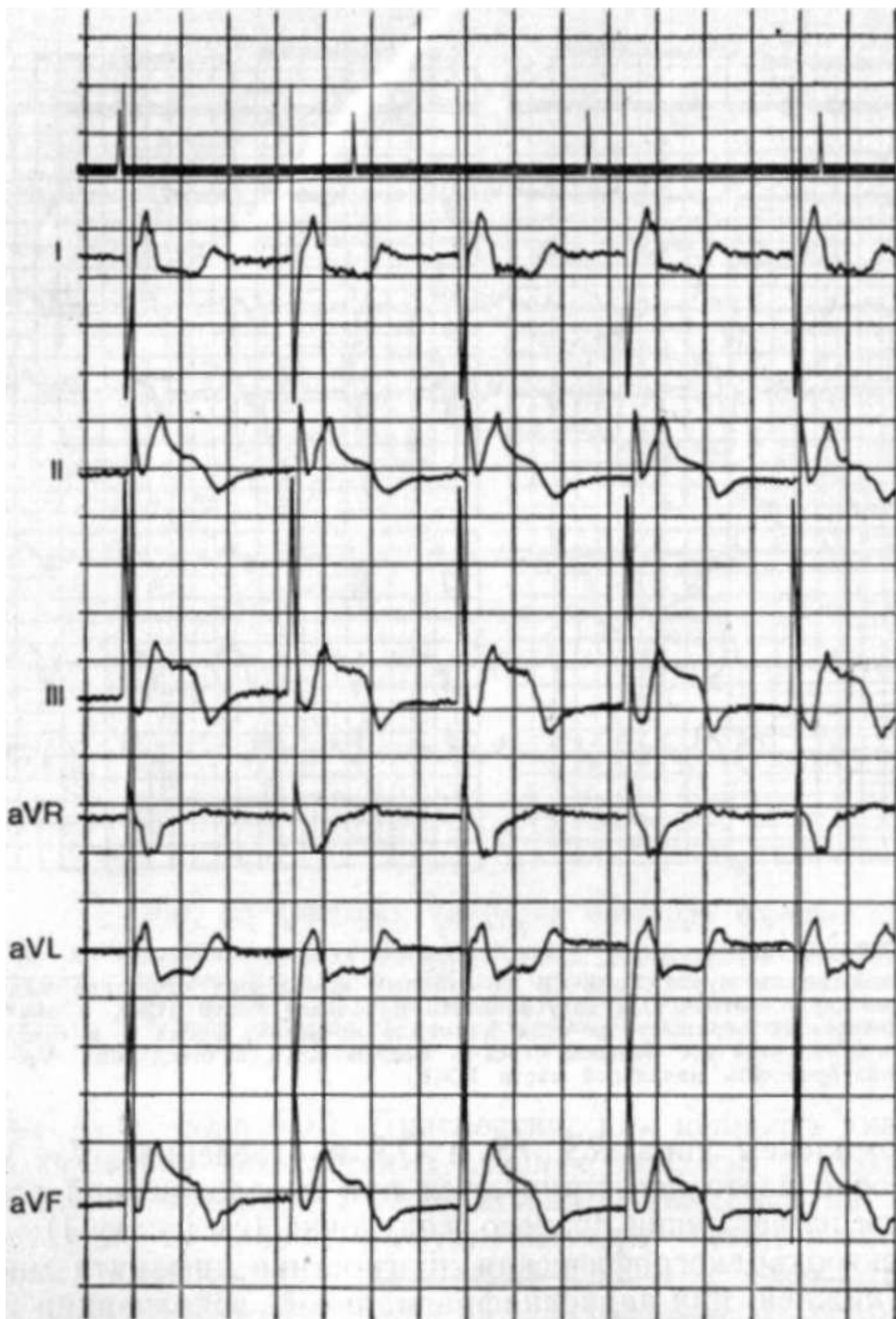
кады левой ножки пучка Гиса. В спонтанных комплексах отчетливо видно факта миокарда. Отмечается зазубренность начальной части ИЖК и значимых комплексах обращает на себя внимание появление зубца *q* в отведении кривой; в — ЭКГ той же больной через 6 мес. В СЖК в отведениях  $V_1$ — $V_6$  женная зазубренность начальной части ИЖК-

*i*

как комплексы типа *RS*, *rS* и *QS* в отведениях  $V_5$ — $V_6$  достаточно часто регистрируются при неосложненной стимуляции из верхушки правого желудочка (см. главу I).

*Г* > Эле2стгзокагшш^ра(^ическая диагностика инфаркта мио-  
£ КарТНТliН^Nefi.jjjiНj^^ на

фоне "эндокардиальной стимулТиПШ тггавого" желудочка представляет особые трудности. При стимуляции из верхушки правого желудочка в отведениях II, JД и ^адТ обычно регистрируются кбмплексы^типа^ТЭУ, в связи с чем признаки^фаркта миокарда нижней локализации нивелируются. На этом основании считается, что ЭКГ-диагностика инфаркта миокарда нижней локализации на фоне электрической стимуляции невозможна или крайне затруднительна [Григоров С. С. и др., 1978, 1983; Barold S. et al., 1976b].



**Рис. 81. Острая фаза инфаркта миокарда нижней стенки левого желудочка.**

**В отведениях III, aVF регистрируется признак *St-qR* и подъем сегмента *ST*.**

В 1976 г. S. S. Barold и соавт. описали случай инфаркта миокарда нижней локализации на фоне стимуляции из верхушки правого желудочка. На ЭКГ в отведениях II, III и aVF регистрировались комплексы *qR*. Авторы расценивают данный признак как специфический для

диагностики инфаркта миокарда нижней стенки, так как подобная **кати́на** никогда не наблюдается при неосложненной стимуляции из любого отдела правого желудочка (рис. 81). Этот признак встречается редко, что значительно снижает его диагностическую ценность. А. Н. Arcebal и соавт. (1981) указывают, что появление комплекса *QRS* в виде *qR* в отведении II может также свидетельствовать о значительном распространении зоны инфаркта на перегородку.

Одним из признаков диагностики инфаркта миокарда нижней локализации при блокаде левой ножки пучка Гиса является выраженная зазубренность комплекса *QRS*—во II, III и *aVF* отведениях. Подобную зазубренность начальной части ИЖК в тех же отведениях мы наблюдали при нижнем инфаркте миокарда и на фоне эндокардиальной стимуляции (рис. 82, а, б; см. рис. 79). В литературе мы не встретили описания приведенного диагностического признака, но поскольку в обоих собственных наблюдениях диагноз инфаркта миокарда нижней локализации был подтвержден на вскрытии, считаем, что зазубренность начальной части ИЖК в отведениях II, III и *aVF* может рассматриваться как эквивалент признака Кабрера. При неосложненной стимуляции такая электрокардиографическая картина нами ни разу не регистрировалась.

М. L. Cabrera и соавт. (1972) описали появление зубца *R* в отведениях *aVR* и *V<sup>1</sup>* при нижнем, заднем или заднебазальном инфаркте миокарда. Однако данный признак не может считаться специфичным, так как имеется много других причин для возникновения высокого зубца *Rv<sup>1</sup>* (подробно это разбирается в главе I). Хотя появление высокого зубца *R* в правых грудных отведениях рассматривалось как признак инфаркта задней стенки левого желудочка [Rothfeld E. L. и др., 1973; Kulbertus, Delwal, 1974; цит. по S. S. Barold, 1976], такая же картина может возникнуть и при инфаркте миокарда другой локализации, особенно если в исходном состоянии регистрировалась блокада правой ножки пучка Гиса [Григоров С. С., Кайк Ю. Л., 1983; Yanagisawa A., 1981]

Таким образом, анализ начальной части комплекса *QRS* особенно при инфаркте миокарда нижней локализации, нередко бывает малоинформативен и для уточнения диагноза необходим анализ конечной части ИЖК.



а

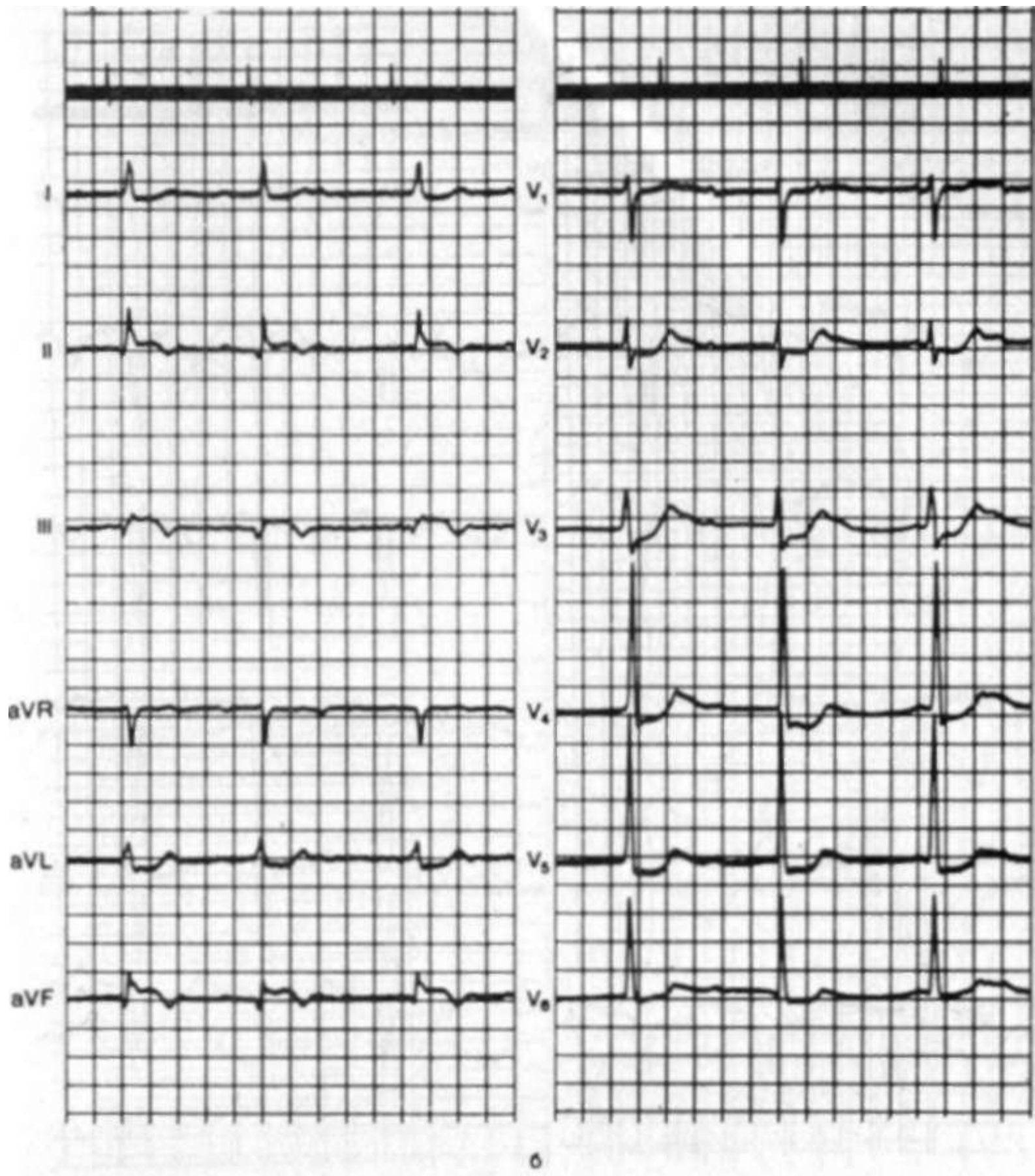
**Рис. 82. Инфаркт миокарда нижней локализации.**

а — ЭКГ на фоне стимуляции желудочков. В восходящей части ИЖК определенного ритма. В спонтанных желудочковых комплексах виден зубец *q* и ведениях  $V_2—V_6$

### **АНАЛИЗ КОНЕЧНОЙ ЧАСТИ ИСКУССТВЕННО ВЫЗВАННОГО ЖЕЛУДОЧКОВОГО КОМПЛЕКСА**

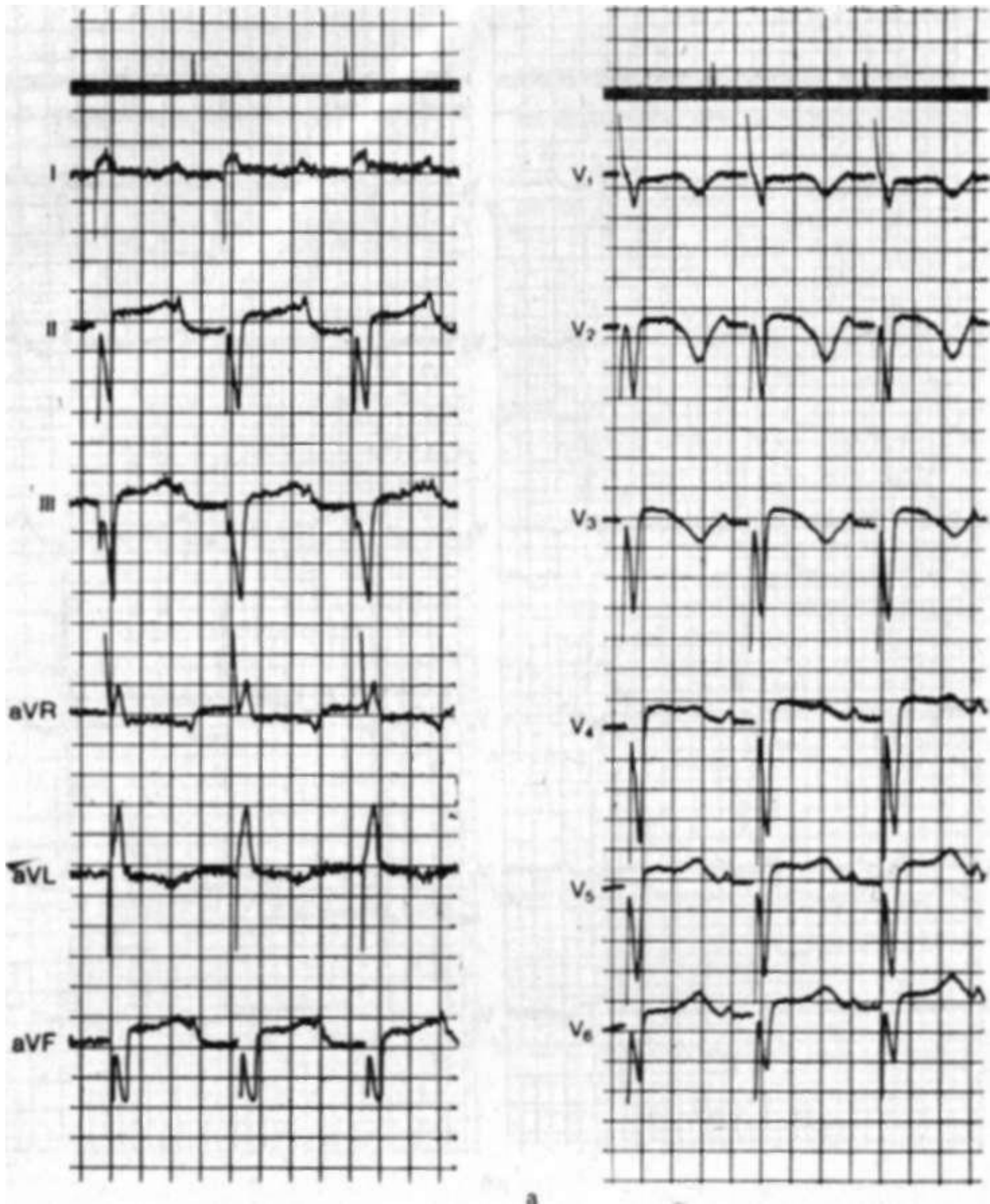
Преходящие изменения конечной части ИЖК иногда регистрируются при приступах стенокардии, особенно стенокардии Принцметала. Более продолжительные изменения сегмента *ST* и зубца *T* отмечаются при инфаркте миокарда. Е. L. Rothfeld и соавт. (1973) описали изменения сегмента *ST* и зубца *T* на фоне стимуляции при экспериментально вызванном инфаркте миокарда как передней, так и задней стенки левого желудочка, при этом существенных изменений со стороны комплекса *QRS* не было.





деляется зазубренность в отведениях II, III, aVF; б — ЭКГ на фоне спон-  
подъем сегмента *ST* в отведениях II, III, aVF, реципрокные изменения в от-

В исследовании, проведенном V. Nirenberg и соавт. (1977), подъем сегмента *ST* по ишемическому типу был выявлен в большом проценте случаев в острой фазе инфаркта миокарда у больных с ЭКС. Ишемическими изменениями авторы считали выпуклый подъем сегмента *ST* по крайней мере на 2 мм. При отсутствии инфаркта миокарда направление вектора начальной части желудочкового комплекса определяется деполяризацией межжелудочковой перегородки, от этого же фактора зависит и направление вектора сегмента *ST* и зубца *T*.



**Рис. 83.** Изменения конечной части желудочкового комплекса при инфаркте миокарда переднеперегородочной области.

**а** — ЭКГ после болевого синдрома на фоне стимуляции; **б** — ЭКГ после болевого синдрома на фоне спонтанного ритма при отключении имплантированного ЭКС наружным. Обращает внимание в ИЖК подъем сегмента *ST* в отведениях  $V_3$ — $V_6$  и наличие глубокого отрицательного зубца *T* в отведениях  $V_1$ — $V_3$ . В спонтанных желудочковых комплексах зубец *T* отрицательный в отведениях  $V_2$ — $V_6$ . Это может быть проявлением синдрома Шатерье или обусловлено ишемией миокарда; **в** — ЭКГ той же больной через 7 дней. Сегмент *ST* находится практически на изоэлектрической линии, зубец *T* отрицательный в отведениях  $V_2$ — $V_6$ ; **г** — ЭКГ той же больной через 18 дней. Отмечается формирование положительного зубца *T* в грудных отведениях.

В случае инфаркта миокарда направление вектора сегмента *ST* и его форма определяются местом зоны повреждения (эндокард или эпикард). Если оба вектора (первичный и вторичный) сегмента *ST* совпадают по направлению, то смещение сегмента *ST* будет более выражено.

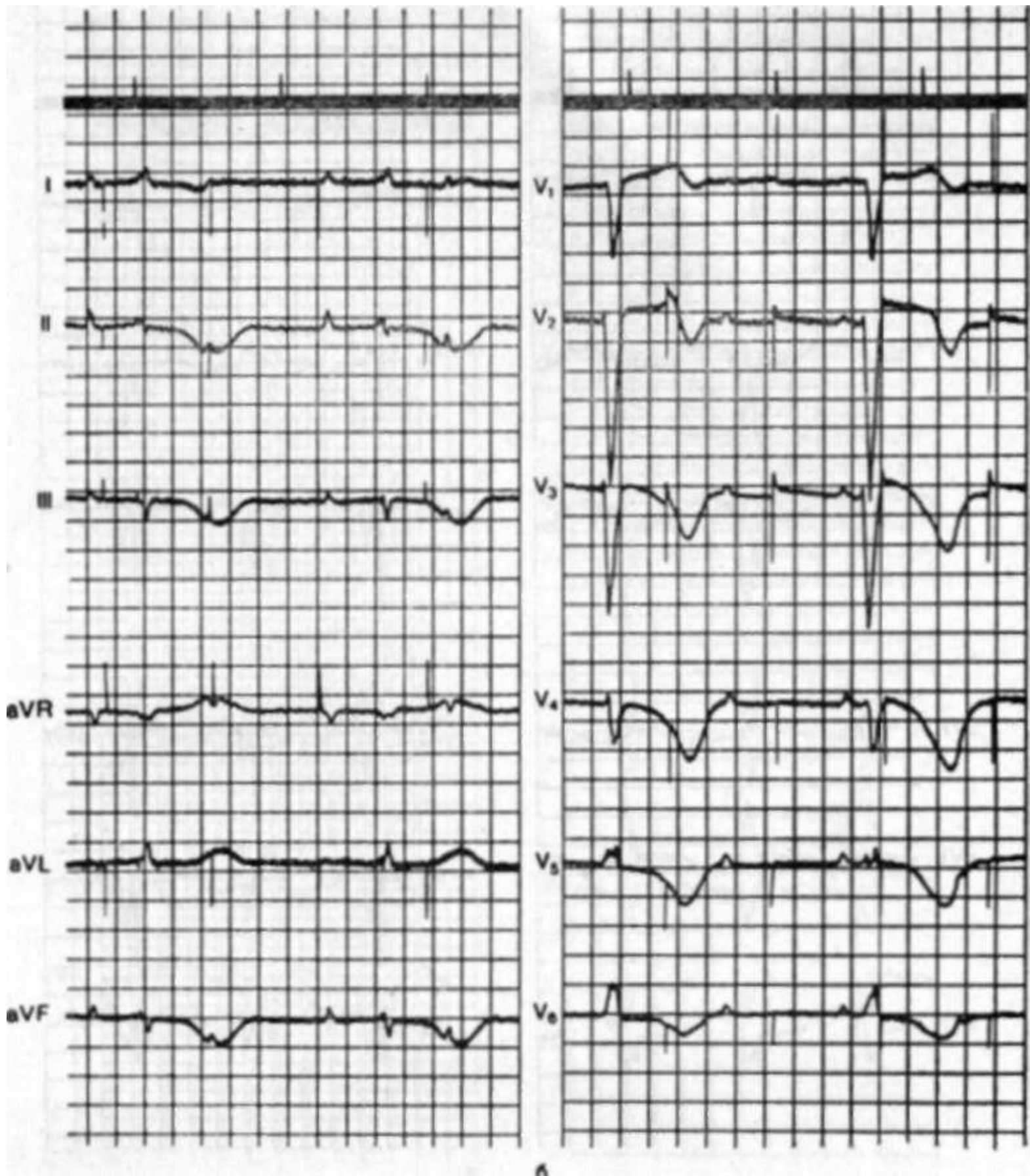


Рис. 83. Продолжение.

Например, у больных с инфарктом миокарда нижней локализации оба вектора направлены в одну сторону, что приводит к увеличению выпуклости сегмента *ST* (см. рис. 81). Подобные изменения могут наблюдаться и в отведениях  $V^1-V_4$  при переднем и переднеперегородочном инфаркте миокарда (см. рис. 79, 80). При разнонаправленном положении векторов смещение сегмента *ST* может уменьшиться или даже отсутствовать. Такая ситуация отмечается в острой стадии переднебокового инфаркта миокарда. В этом случае подъем сегмента *ST* может быть обнаружен только на ранних стадиях инфаркта, когда преобладает активность зоны повреждения.

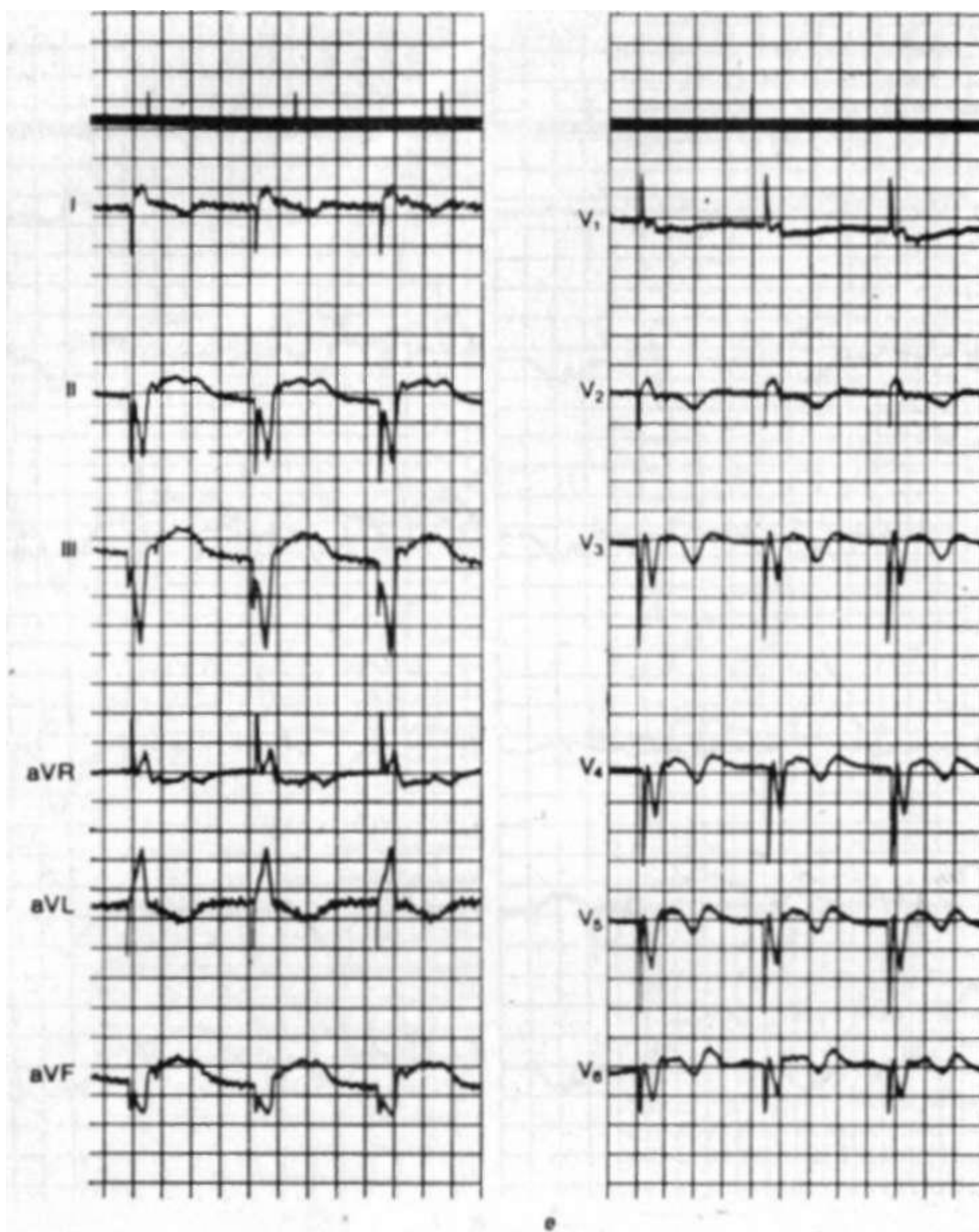


Рис. 83. Продолжение.

Исследования, проведенные в нашем отделении, выявили большую информативность конечной части ИЖК при инфаркте миокарда. У большинства больных отмечались изменения сегмента *ST*, которые характеризовались его подъемом или депрессией.

Подъем сегмента *ST* чаще всего наблюдался в 1-е сутки после развития инфаркта и уже на 5–6-й день мог не выявляться [Григоров С. С., Кайк Ю. Л., 1983]. Более быстрое снижение сегмента *ST* на фоне стимуляции скорее всего связано с нивелирующим влиянием стимуляции на конечную часть желудочкового комплекса. На ЭКГ, зарегистрированной на 4-й день возникновения инфаркта

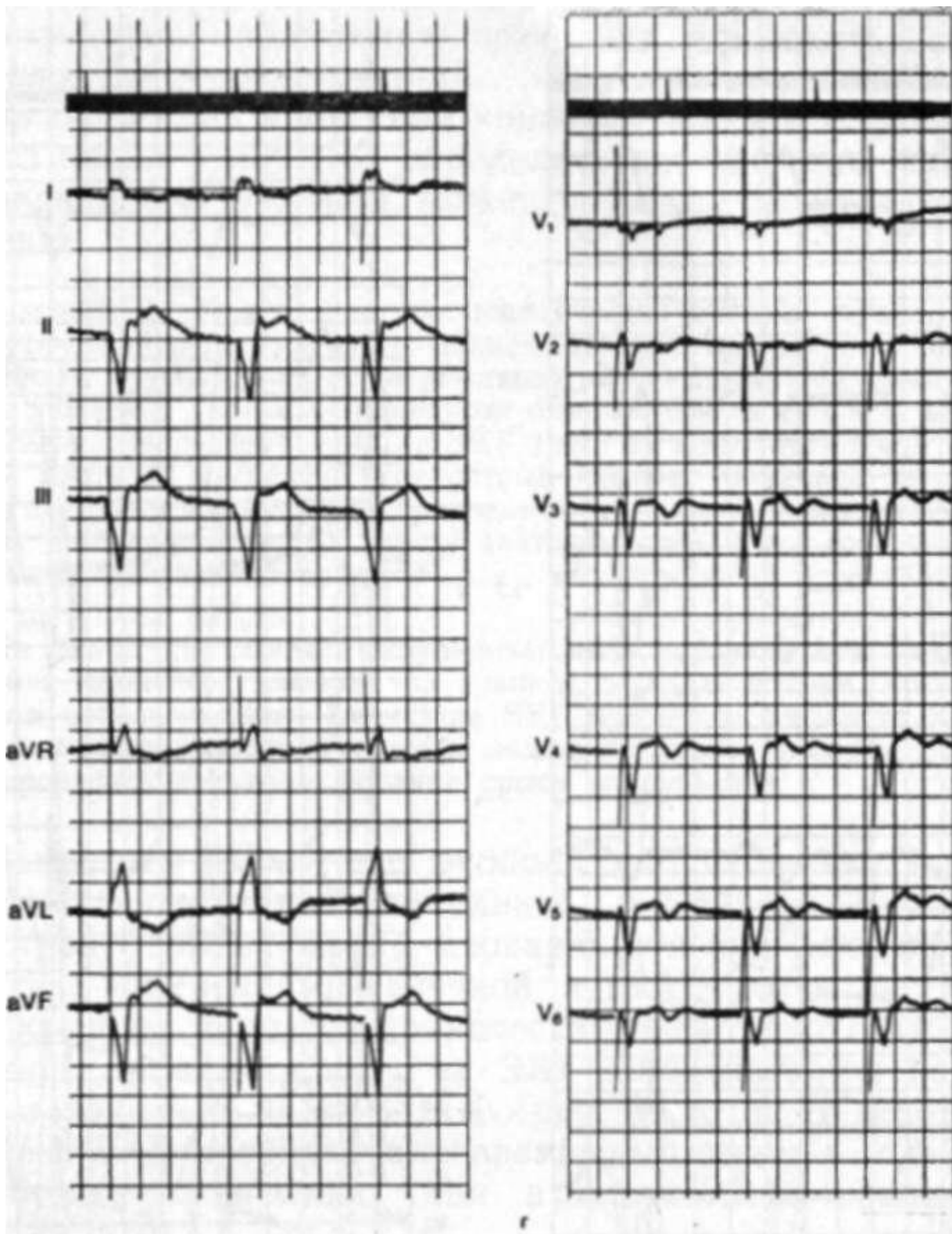
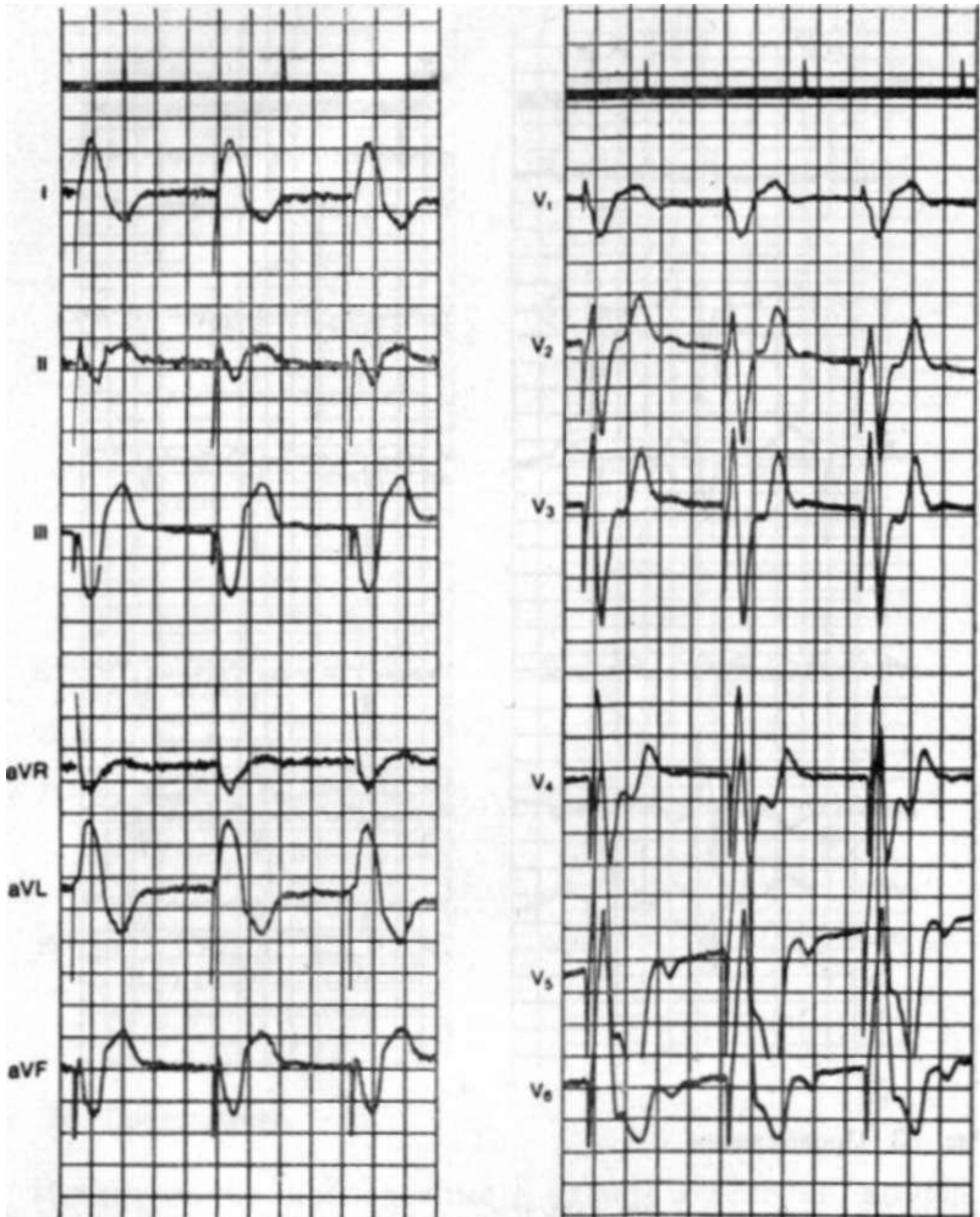


Рис. 83. Продолжение.

миокарда, сегмент *ST* ИЖК изоэлектричен и сохраняется только незначительная его приподнятость в СЖК (см. рис. 82). Следовательно, подъем сегмента *ST* всегда свидетельствует об острой фазе (I или II стадии) инфаркта миокарда.

Значительно сложнее трактовка депрессии сегмента *ST* и отрицательного зубца *T*, поскольку эти изменения могут быть обусловлены влиянием стимуляции, отражать реципрокность при инфаркте и свидетельствовать об ишемии миокарда (острой или хронической). Правильная оценка депрессии сегмента *ST* и отрицательного зубца *T* возможна только в динамике. Пример, в котором диагноз ин-



**Рис. 84. Изменения конечной части ИЖК при хронической коронарной недостаточности.**

В отведениях  $V^4-V^6$  — глубокий отрицательный зубец *T*. Отсутствие электрокардиологической динамики за несколько лет позволило исключить острое нарушение коронарного кровообращения.

фаркта миокарда мог быть установлен только на основании динамической оценки ЭКГ, приведен на рис. 83.

Динамическая регистрация ЭКГ позволяет также дифференцировать острые изменения от хронических. На рис. 84 отражены признаки, характерные для коронарной

недостаточности, стабильность ЭКГ картины в течение нескольких лет наблюдения позволяет исключить острую коронарную недостаточность.

На основании изменений конечной части ИЖК не всегда возможно правильно определить локализацию инфаркта миокарда. Примером может служить следующее наблюдение.

**Больной В., 73 лет. Диагноз: ишемическая болезнь сердца, атеросклеротический кардиосклероз, полная атриовентрикулярная блокада, постоянная эндокардиальная стимуляция. В течение 2 нед больной отмечал учащение типичных приступов стенокардии, в связи с чем был госпитализирован. Изменения на ЭКГ (рис. 85, а) в сочетании с клинической картиной расценены как острый инфаркт миокарда переднебоковой локализации. На фоне проводимой терапии и исчезновения приступов стенокардии на ЭКГ, снятой повторно через 4 дня (см. рис. 85, б), отмечалось углубление зубца  $7 \cdot v_4 - ve$ , на этом фоне через несколько дней наступила смерть.**

На вскрытии выявлен крупноочаговый рубцующийся (примерно месячной давности) инфаркт на границе передней стенки левого желудочка и перегородки. Отсутствие ЭКГ признаков инфаркта миокарда переднеперегородочной области можно объяснить тем, что ЭКГ регистрировались только в поздние сроки заболевания.

Изменения ИЖК при рубцовых поражениях сводятся к наличию признаков Кастеляноса и Кабрера. В отличие от острой фазы инфаркта миокарда эти признаки не сочетаются с изменениями конечной части ИЖК (см. рис. 80, в). Исключением является хроническая аневризма левого желудочка, проявляющаяся на ЭКГ изменениями и начальной, и конечной части ИЖК (рис. 86, а, б). В некоторых случаях ЭКГ признаки аневризмы выражены в ИЖК даже более убедительно, чем в спонтанных комплексах (рис. 87, а, б).

Диагностика инфаркта миокарда на основании анализа только ИЖК возможна далеко не всегда, поэтому необходимо анализировать и спонтанные желудочковые комплексы [Карнаухов Ю. Н. и др., 1982; Center S. et al., 1971; Barold S. S. et al., 1976a; Dodinot B., 1981].

### **АНАЛИЗ СПОНТАННЫХ ЖЕЛУДОЧКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Спонтанные желудочковые комплексы часто встречаются на фоне стимуляции, если же они не регистрируются, их можно выявить, отключив имплантированный ЭКС или уменьшив частоту стимуляции.

Рассматривая диагностические признаки инфаркта миокарда в ИЖК, мы подчеркивали, что эти признаки прояв-

ИЛ

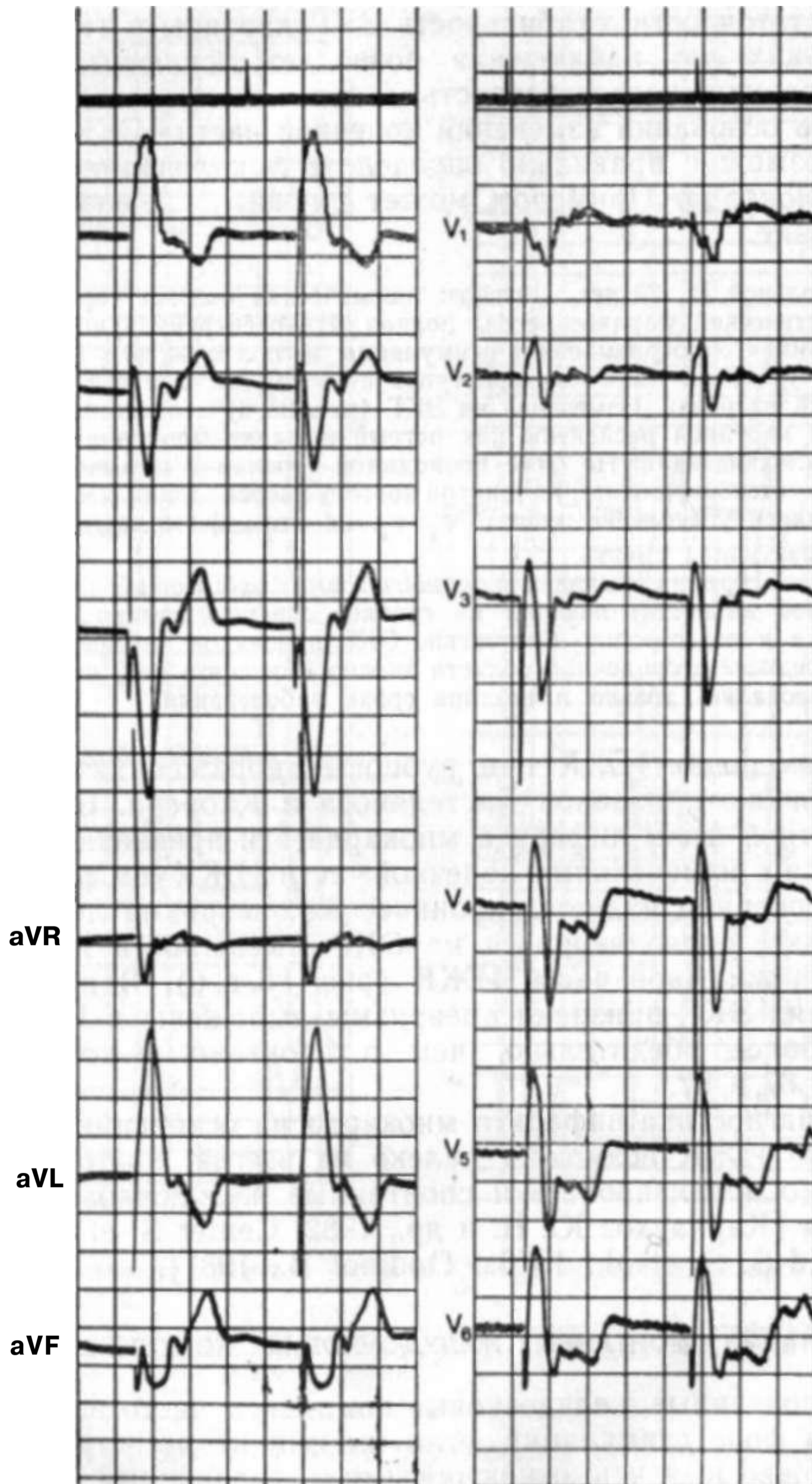
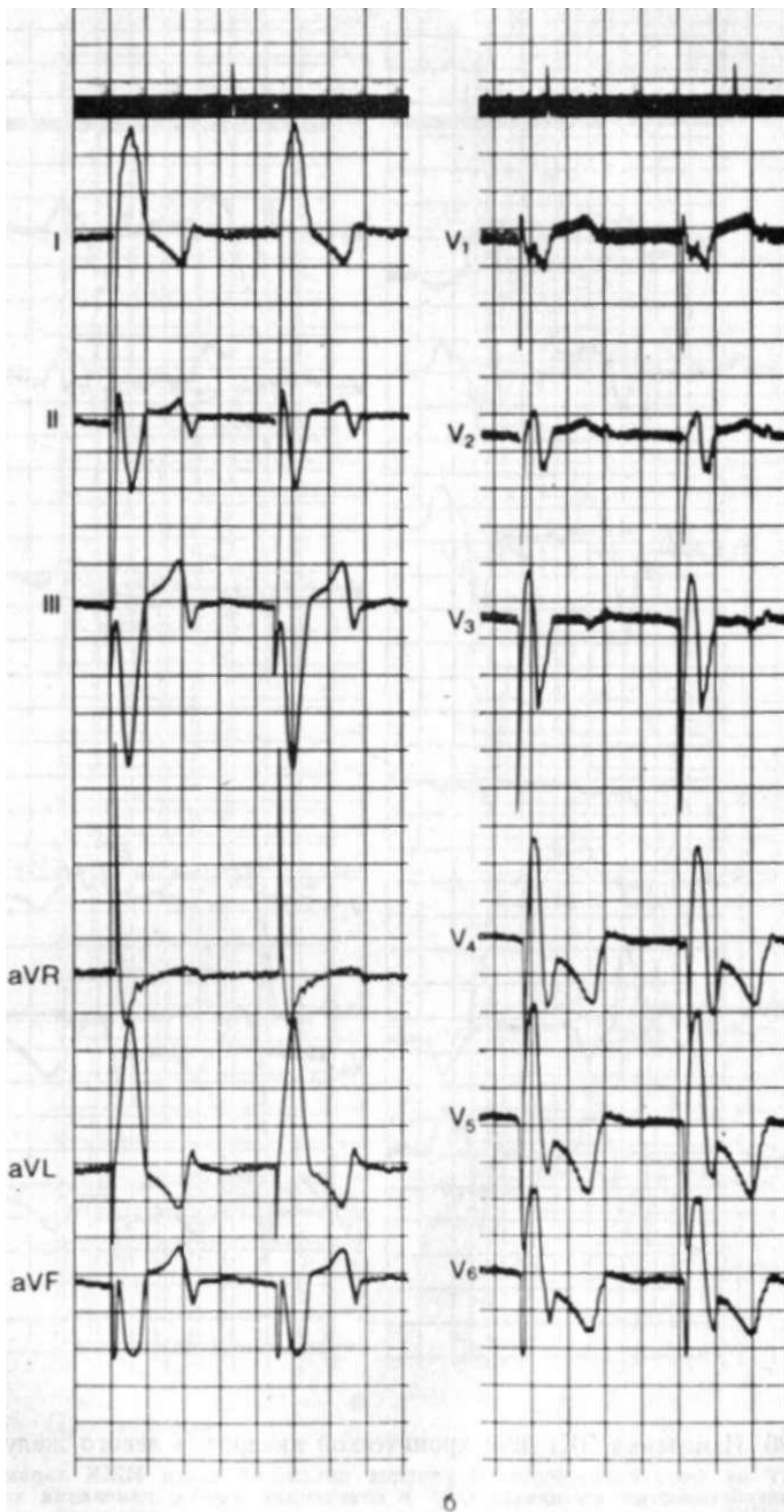


Рис. 85. Изменения конечной части ИЖК при инфаркте миокарда. Я — в отведениях  $V_1-V_6$  отмечается снижение сегмента *ST*, зубец *T* отриц





**Рис. 85. Продолжение.**

тельный; б — ЭКГ того же больного через 4 дня. Степень депрессии сегмента *ST* уменьшилась, наблюдается формирование глубокого отрицательного зубца *T*.

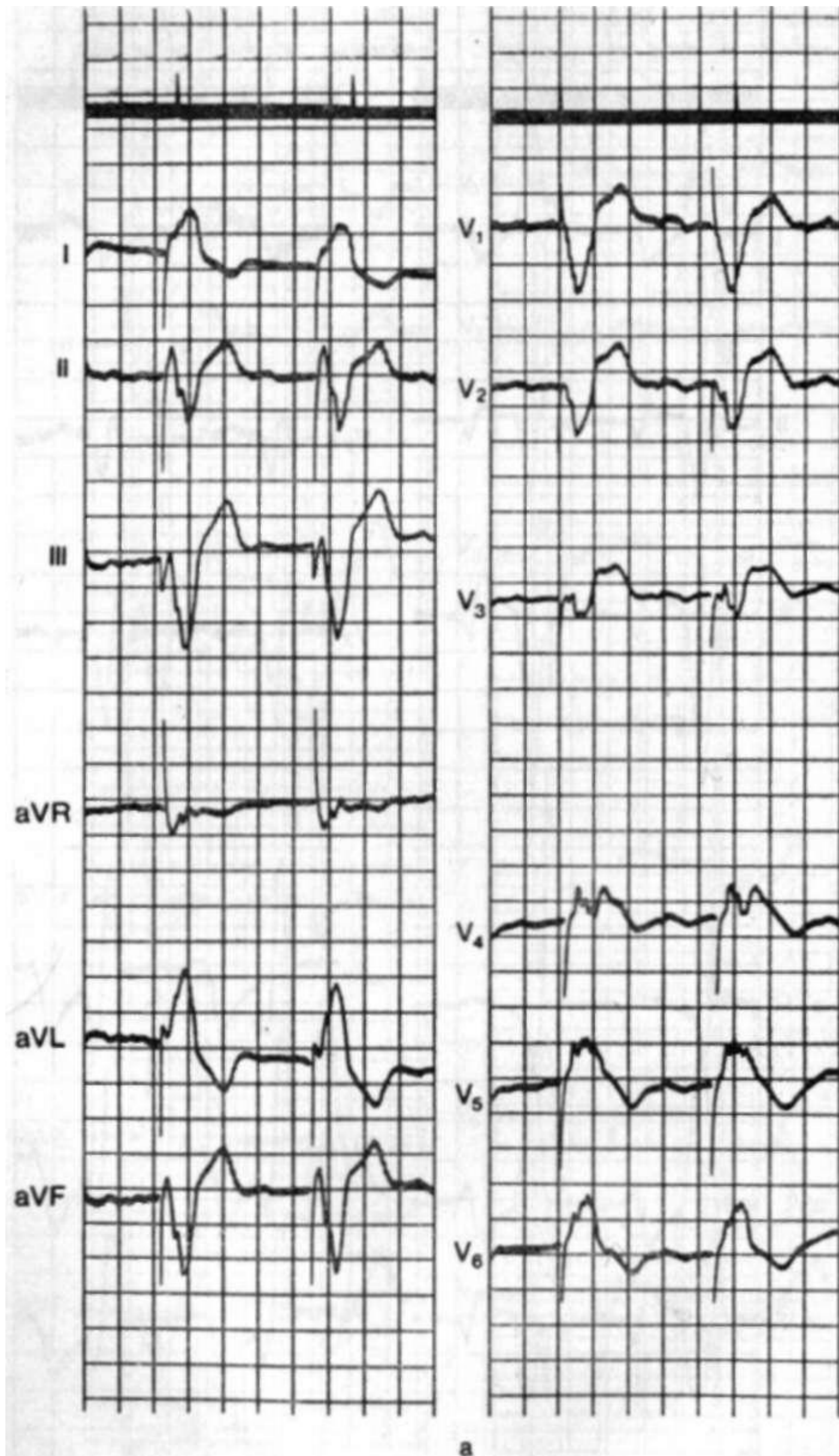


Рис. 86. Изменения ЭКГ при хронической аневризме левого желудочка. а — ЭКГ на фоне стимуляции. Изменения начальной части ИЖК характеризуются зазубренностью комплекса *QRS* в отведениях  $V_3$ — $V_6$ , изменения конечной части ИЖК характеризуются подъемом сегмента *ST* и инверсией зубца *T*; б — ЭКГ на фоне спонтанного ритма сердца.

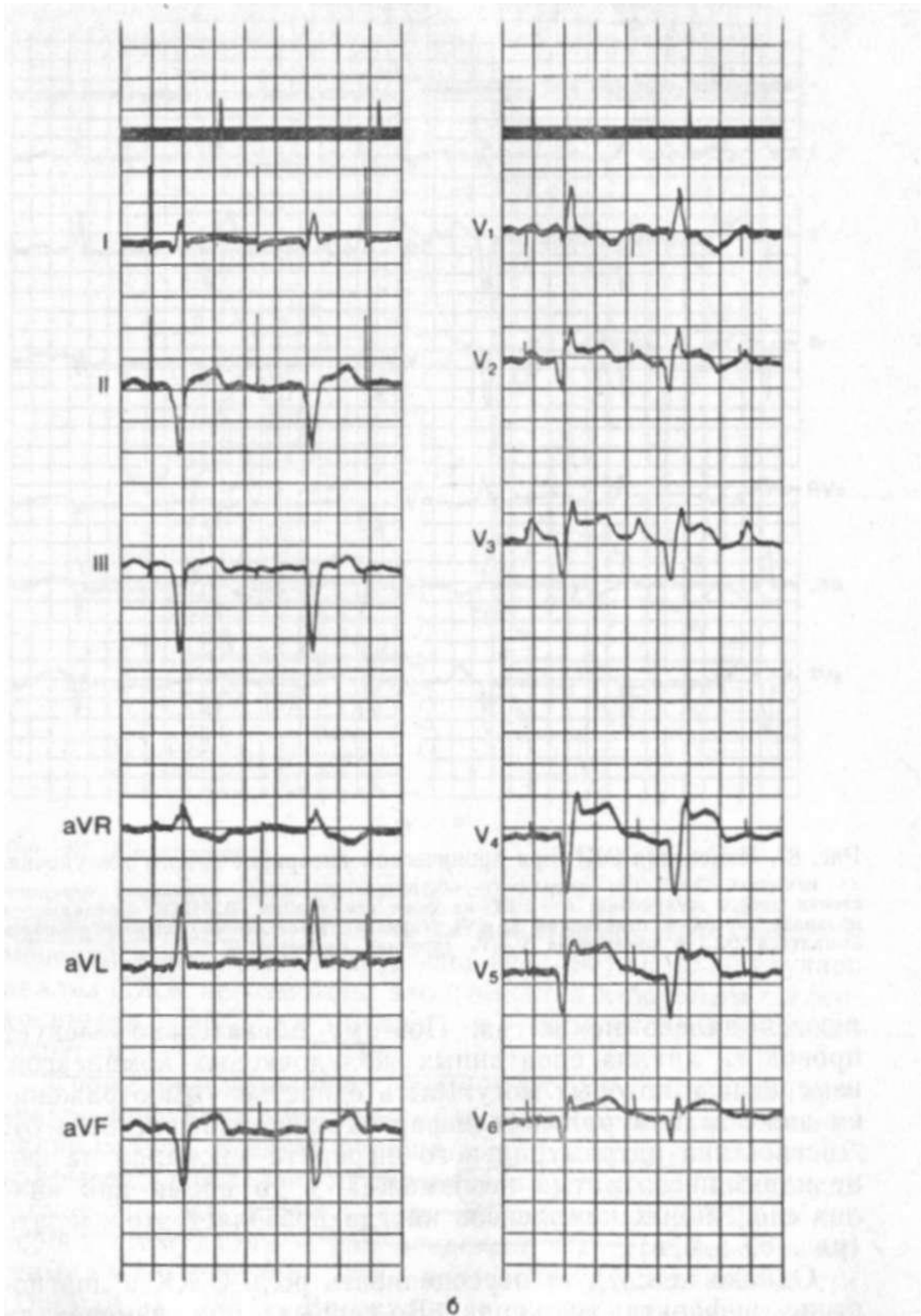
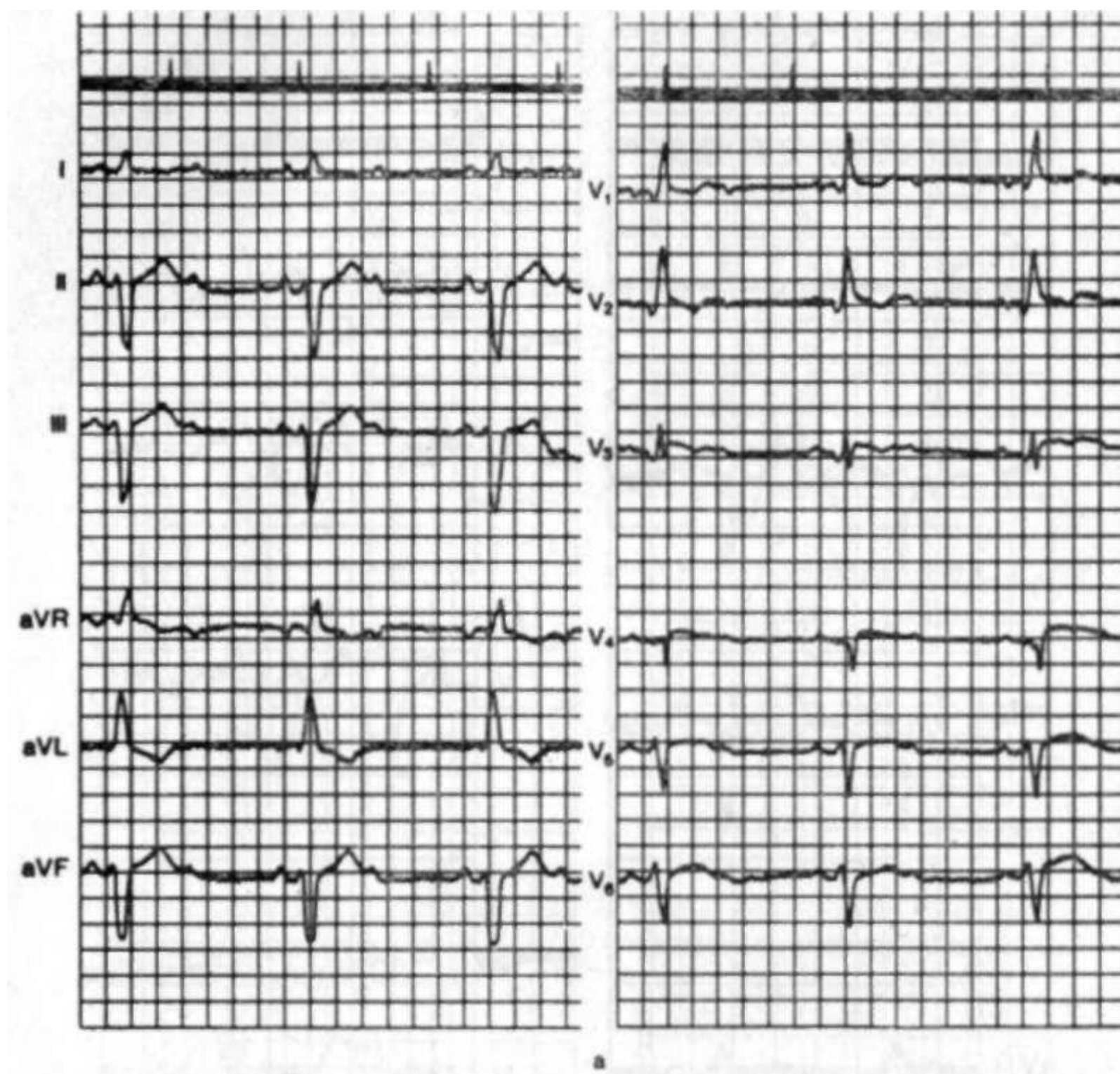


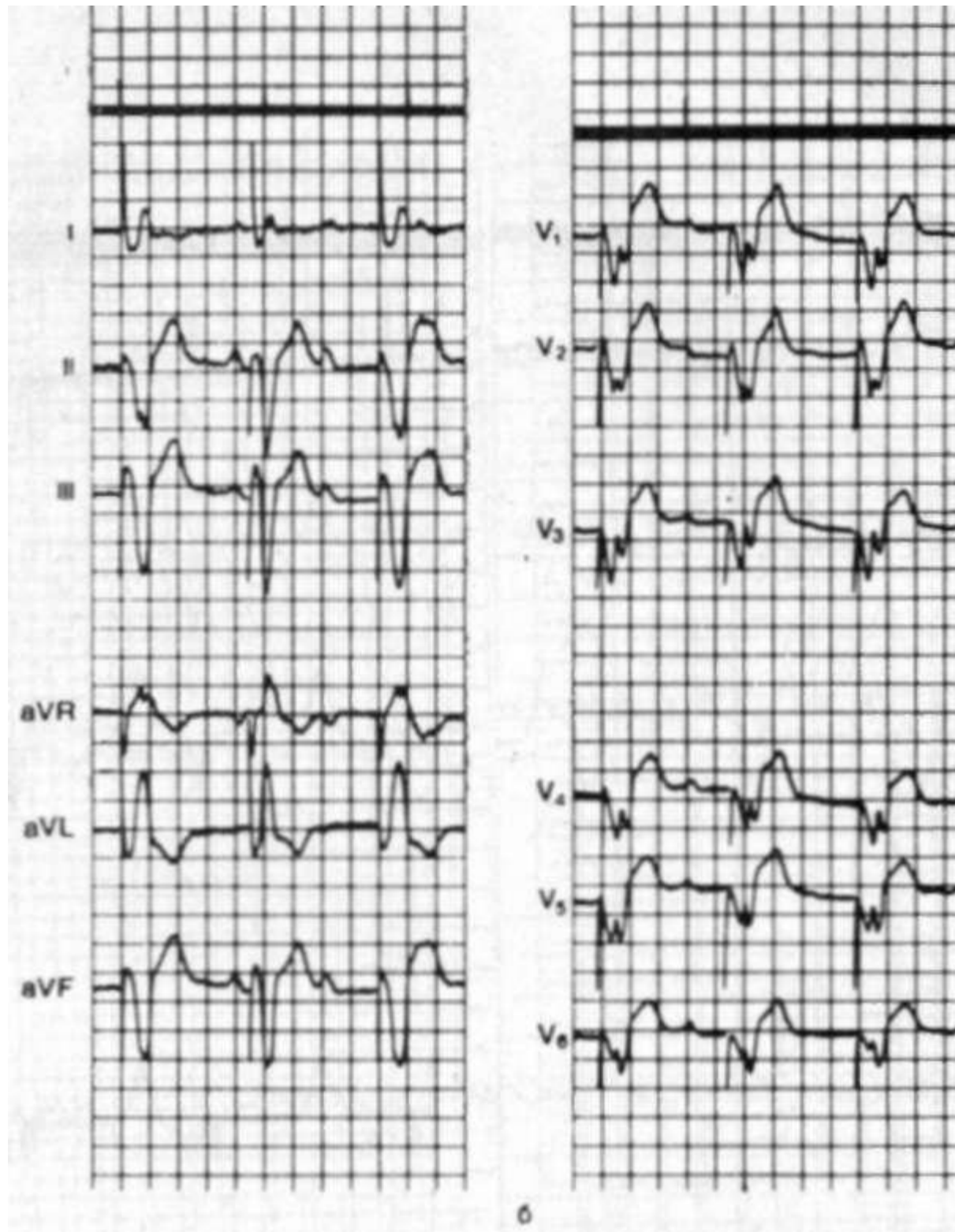
Рис. 86. Продолжение.



**Рис. 87.** Изменения ЭКГ при хронической аневризме левого желудочка. *а* — исходная ЭКГ (до операции)—обширные рубцовые изменения передней стенки левого желудочка; *б* — ЭКГ на фоне стимуляции. В ИЖК определяются признаки *St-qR* в отведениях I, aVL (признак Кастеляноса) и зазубренность комплекса *QRS* в отведениях  $V_1-V_6$  (признак Кабрера).

ляются далеко не всегда. Поэтому обязательно следует проводить анализ спонтанных желудочковых комплексов, изменения в которых могут быть единственным отражением даже трансмурального инфаркта миокарда (рис. 88, а, б). Диагностика интрамурального инфаркта миокарда на фоне навязанного ритма невозможна, в то время как анализ спонтанных комплексов иногда позволяет это сделать (рис. 89, а, б, в)

Однако не следует переоценивать роль СЖК в диагностике инфаркта миокарда. Во-первых, при изменениях только в его конечной части следует помнить о синдроме Шатерье и о тех трудностях, которые возникают при интерпретации сегмента *ST* и зубца *T*. Во-вторых, конфигурация СЖК может быть изменена за счет полной блокады



**Рис. 87. Продолжение**

левой ножки пучка Гиса, а, следовательно, трактовка изменений в них будет затруднена (рис. 90). В ряде случаев анализ СЖК невозможен: это относится к больным с асинхронными ЭКС, а также к стимуляторозависимым больным.

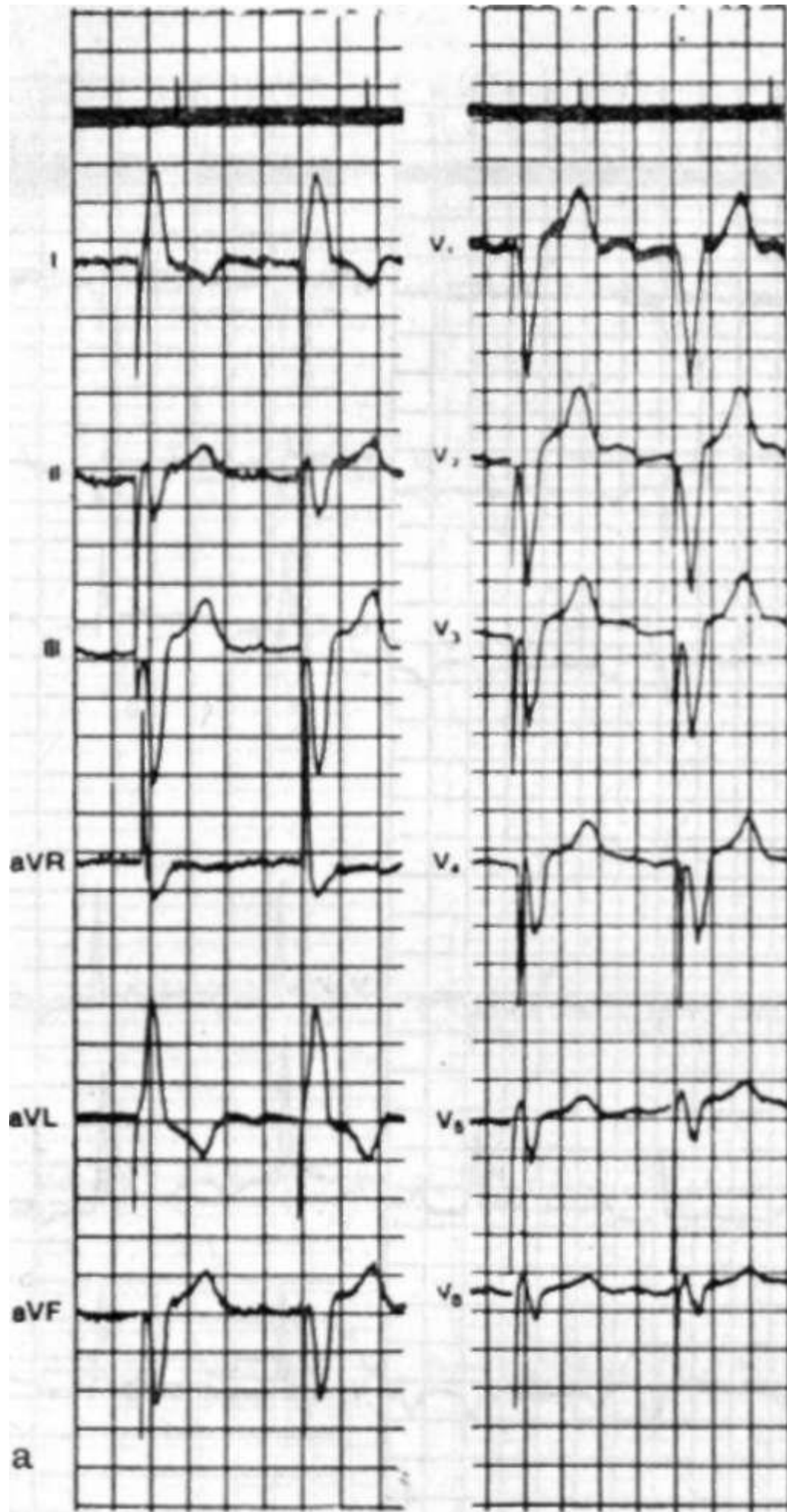
Кроме рассмотренных выше наиболее типичных признаков инфаркта миокарда на фоне электрической стимуляции сердца, следует обращать внимание и на косвенные критерии. Определенное значение имеет малая амплитуда зубцов *R* СЖК и ИЖК (рис. 91), временное повышение порога стимуляции и как следствие этого неэффективная стимуляция, потеря или нарушение чувствительности (Dodinot В., 1981]. Внезапное прекращение эффективной стимуляции (естественно, при исключении нарушений в системе стимуляции) может быть единственным проявлением острого инфаркта миокарда (см. рис. 90).



**Рис. 88. Инфаркт миокарда нижней стенки левого желудочка.**  
 а — ЭКГ на фоне навязанного ритма. Критериев инфаркта миокарда не выявлено; б — ЭКГ на фоне спонтанного ритма. В отведениях II, III, aVF выявляется зубец  $q'$  элевация сегмента ST и отрицательный зубец T. В трудных отведениях регистрируются реципрокные изменения.



Рис. 88. Продолжение.



**Рис. 89. Интрамуральный инфаркт миокарда.**

а — в период учащения приступов стенокардии в ИЖК признаков очагового поражения миокарда нет; б — СЖК отмечается отрицательный зубец *T* в отведениях II, III, V<sub>4</sub>—V<sub>6</sub>, что может быть расценено как синдром Шатерье. Амплитуда зубца *R* в отведениях V<sub>1</sub>—V<sub>3</sub> уменьшена, что было расценено как интрамуральный инфаркт миокарда; в — на ЭКГ через 2 мес отмечается увеличение амплитуды зубца *R* в правых грудных отведениях.





Рис. 89. Продолжение.

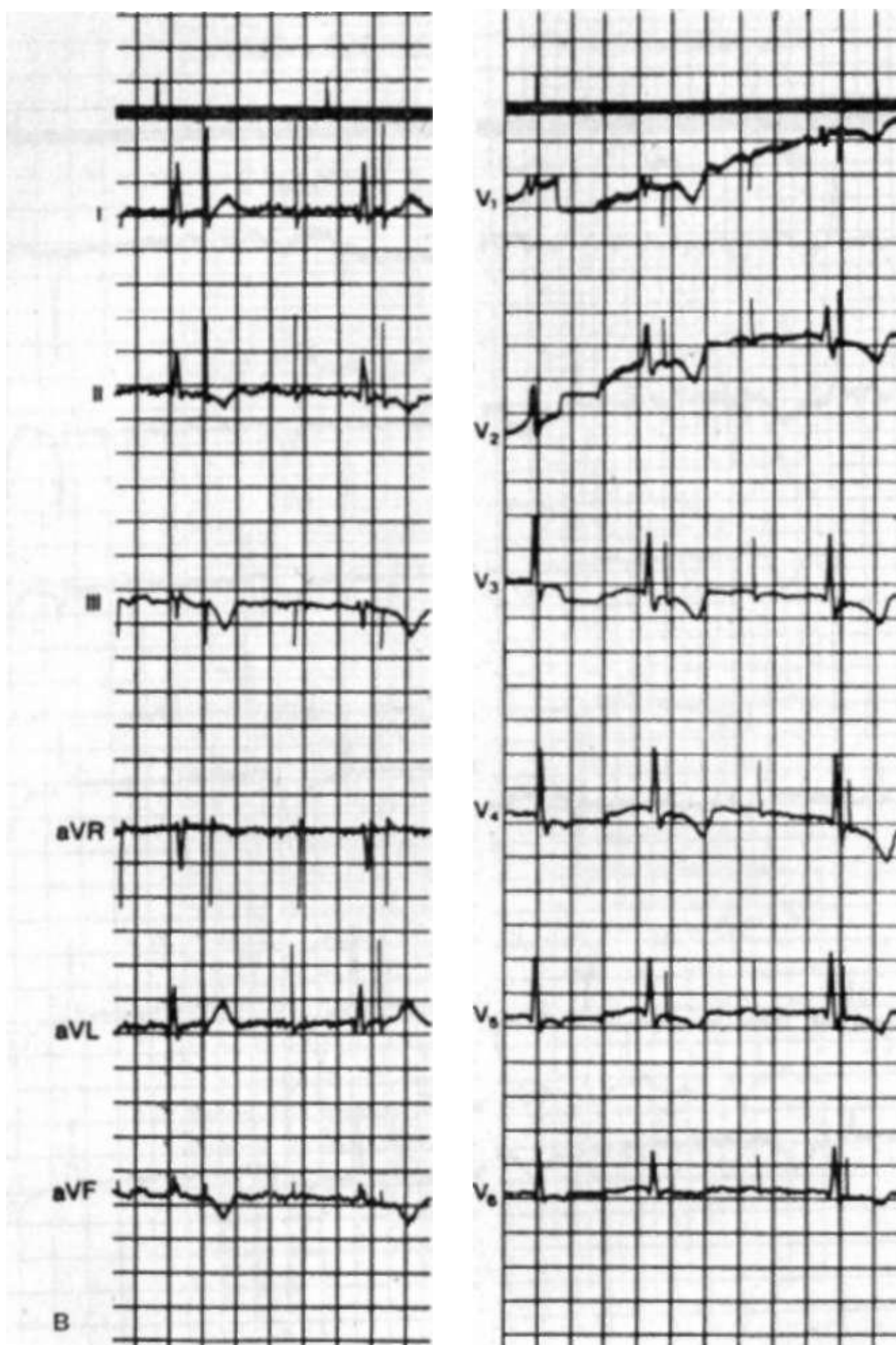
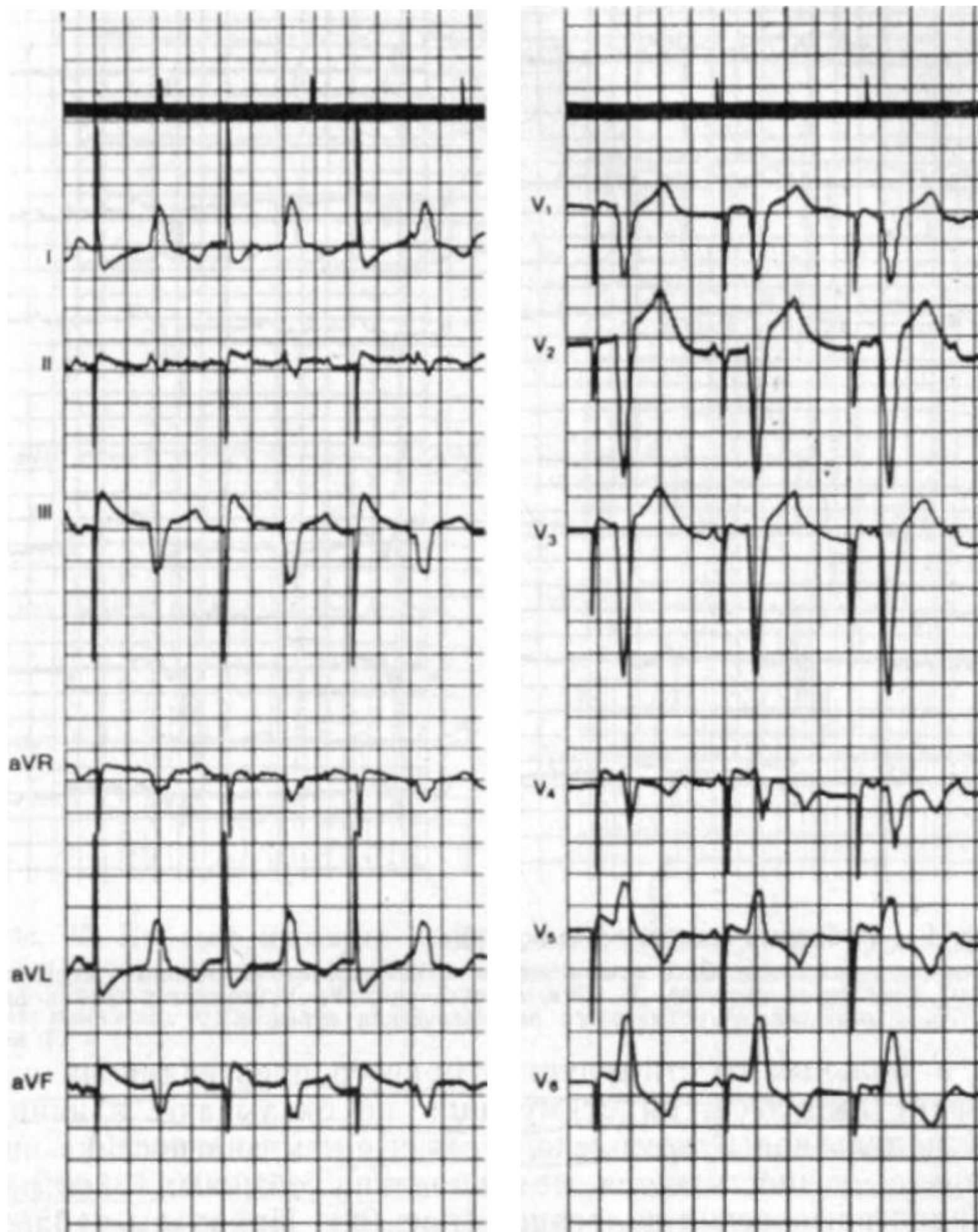
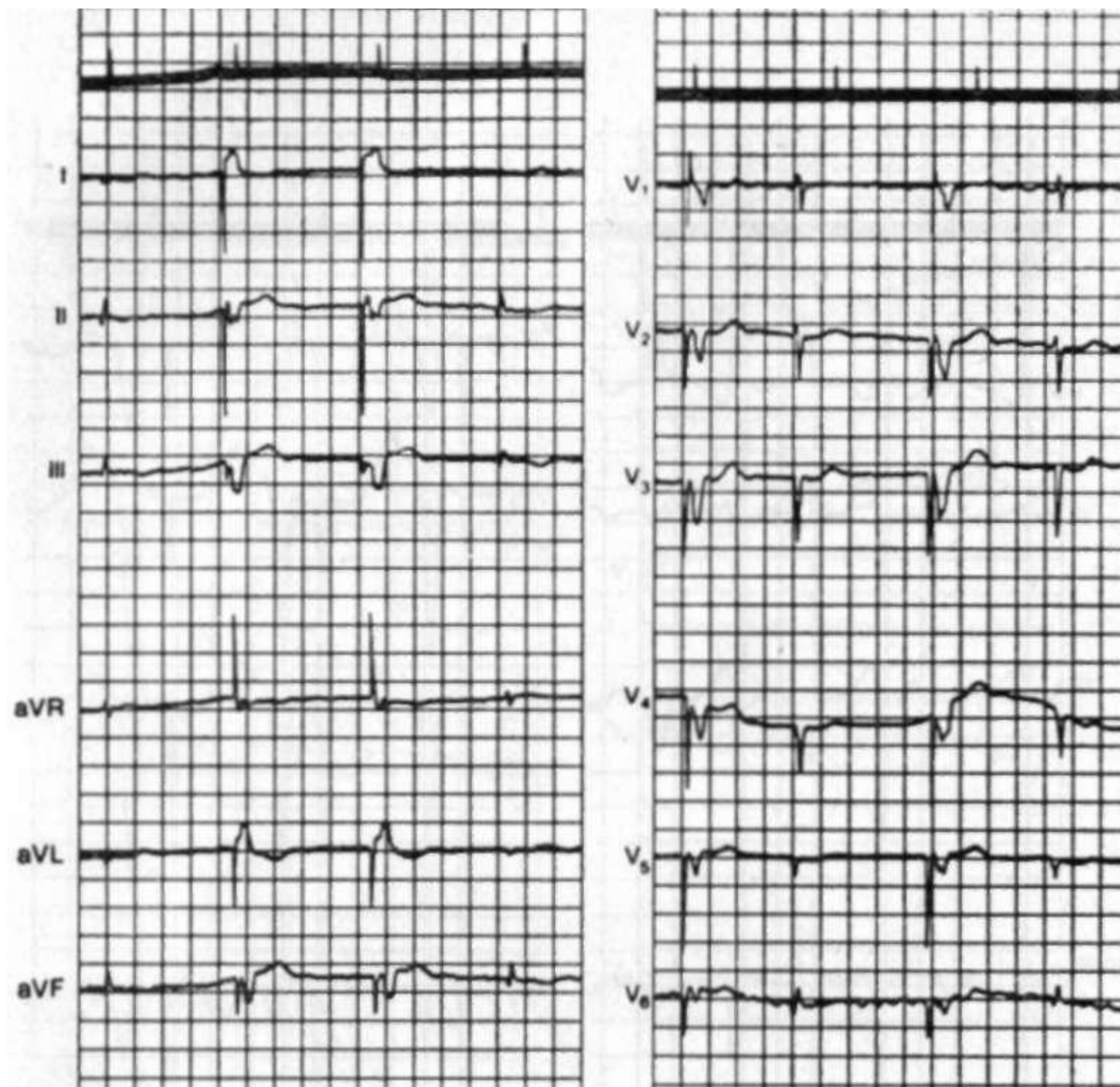


Рис. 89. Продолжение



**Рис. 90. Нераспознанный инфаркт миокарда на фоне неэффективной стимуляции правого желудочка.**

**В СЖК, имеющих конфигурацию, характерную для полной блокады левой ножки пучка Гиса, признаки инфаркта миокарда отсутствуют. Диагноз инфаркта миокарда установлен только на вскрытии.**



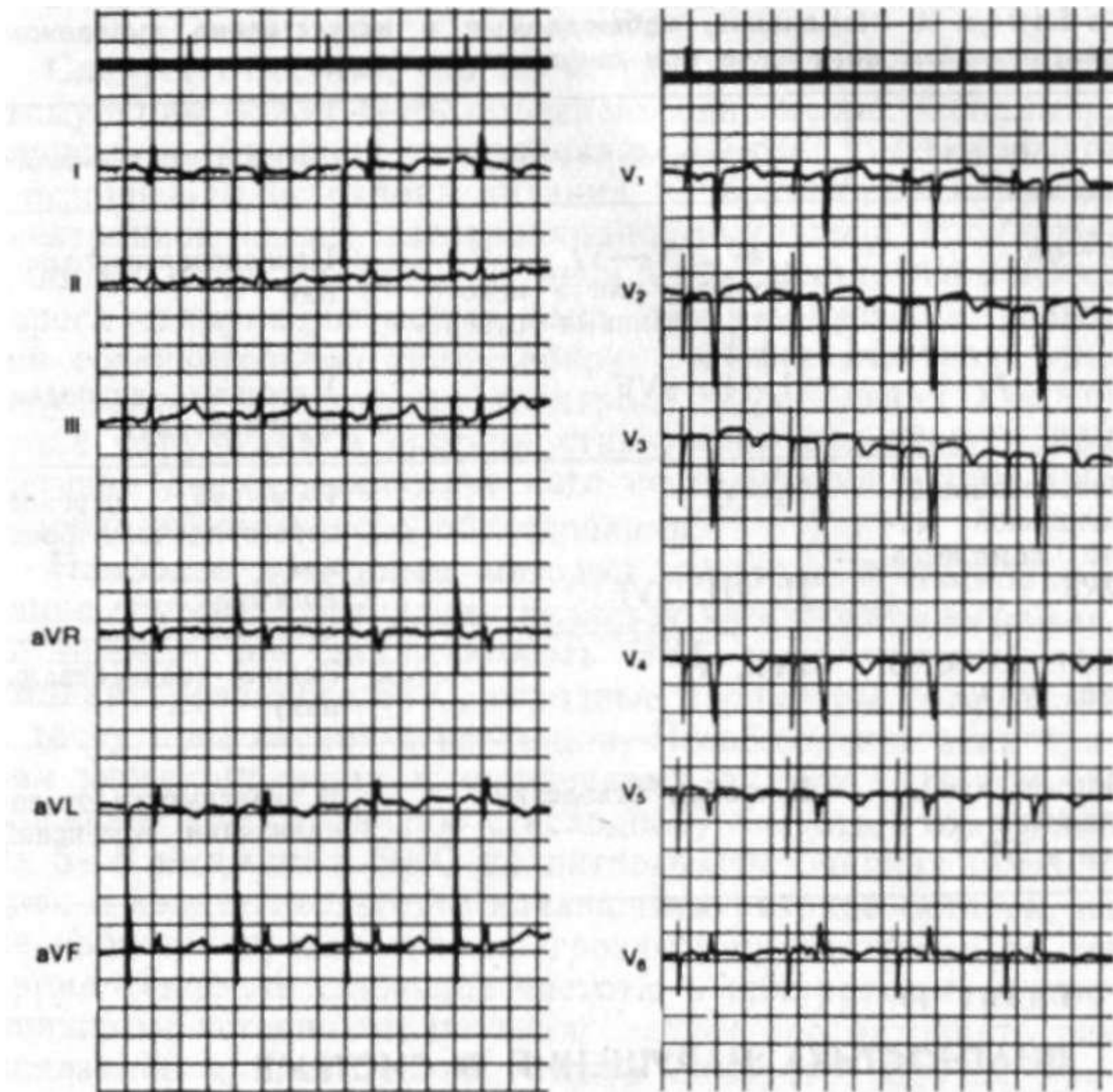
**Рис. 91. Рубцовые изменения миокарда.**

Амплитуда комплекса *QRS* в спонтанных и искусственно вызванных желудочковых комплексах снижена. В СЖК в отведениях  $V_3-V_6$  комплекс *QRS* в виде *QS* в отведении  $V_6$  отмечается патологический зубец *q*.

У больных со стимуляцией правого предсердия ни артефакт импульса, ни стимуляция не оказывает влияния на желудочковый комплекс, в связи с чем диагностика инфаркта осуществляется на основании обычных электрокардиографических критериев (рис. 92). Приводим табл.4, в которой суммированы наиболее характерные признаки инфаркта миокарда у больных с электрокардиостимулятором.

### Выводы

1. Диагностика инфаркта миокарда на фоне электрической стимуляции сердца должна осуществляться на основании анализа искусственного и спонтанного желудочкового комплексов.



**Рис. 92. Инфаркт миокарда на фоне стимуляции правого предсердия.** Артефакт импульса не деформирует желудочковый комплекс. В отведениях I, aVL, V<sub>6</sub> регистрируется зубец q. В отведениях V<sub>2</sub>—V<sub>5</sub> отмечается конфигурация комплекса QRS по типу QS, подъем сегмента ST и отрицательный зубец T.

2. Основными диагностическими критериями острого инфаркта миокарда являются признаки Кастеляноса и Кабрера, а также подъем или депрессия сегмента ST.

3. Основными диагностическими критериями рубцовых поражений являются изменения только начальной части Желудочкового комплекса. При отсутствии динамических изменений начальной и конечной части желудочкового комплекса можно предполагать наличие аневризмы.

4. Во многих случаях ЭКГ признаки инфаркта миокарда не определяются.

**Таблица 4. Изменения, наблюдаемые в искусственно вызванном желудочковом комплексе при инфаркте миокарда**

Признаки	Локализация изменений	Локализация инфаркта
<i>St-qR</i>	I, aVL, V <sup>5</sup> -V <sup>6</sup> (во всех или в некоторых указанных отведениях) II, III, aVF	Переднеперегородочная  Нижняя (заднедиафрагмальная)
Зазубренность начальной части комплекса <i>QRS</i>	V <sup>1</sup> -V <sup>6</sup>  II, III, aVF	Передняя, переднеперегородочная, боковая  Нижняя
Комплекс <i>QRS</i> типа <i>R</i> , <i>Rs</i>	aVR, V <sup>1</sup>	Задняя (заднебазальная)
Подъем или снижение сегмента <i>ST</i>	В любом отведении	В зависимости от локализации изменений

#### Глава IV

### ДИАГНОСТИКА НАРУШЕНИЙ В СИСТЕМЕ СТИМУЛЯЦИИ

Имплантированная система стимуляции состоит из трех основных частей: электрокардиостимулятор (ЭКС), электрод и сердце больного. Нарушение в системе стимуляции может произойти в любой из этих частей. Схематично все нарушения можно разделить на 3 группы: 1-я группа — нарушения, связанные с работой электрокардиостимулятора: истощение источника питания, нарушение работы электронной схемы; 2-я группа — нарушения, обусловленные повышением сопротивления в системе электрокардиостимулятор — электрод — сердце. К ним относятся нарушение целостности электрода или его изоляции, дислокация электрода, включая пенетрацию и перфорацию миокарда, неустойчивый контакт в месте прикрепления электрода к аппарату, повышение порога стимуляции. 3-я группа — нарушения, вызванные изменением чувствительности электрокардиостимулятора к внутрисердечным или внешним сигналам.

Следует отметить, что не всегда нарушение в системе стимуляции может быть объяснено однозначно. Например, нарушение функции синхронизации может быть связано с истощением источника питания, с нарушением в работе электронной схемы электрокардиостимулятора и с повышенным сопротивлением в цепи стимуляции; повышение порога стимуляции может быть при выраженном развитии соединительной ткани вокруг головки электрода или результатом дислокации электрода. Правильная диагностика нарушений в системе стимуляции облегчается при наличии данных динамического исследования и при проведении комплексного обследования.

Наиболее доступным методом контроля функционирования системы стимуляции является электрокардиография, но прежде чем анализировать ЭКГ надо уточнить тип имплантированного ЭКС, исходные параметры стимуляции и точку приложения стимуляции. Несоблюдение этих правил может привести к ошибочному диагнозу. Например, снижение (по сравнению с исходной) частоты стимуляции на 5—6 имп/мин в ЭКС на литиевых источниках питания хотя и свидетельствует о начавшемся разряде батареи, но не является прогностически грозным признаком, в то же время такое же снижение частоты в аппаратах с ртутно-цинковым источником питания следует рассматривать как показание для экстренной смены аппарата. Другой пример: наличие при мерцательной аритмии (брадиформе) безответных стимулов свидетельствует о нарушении в системе стимуляции только в случаях, когда точкой приложения стимуляции является желудочек, если же стимулируется предсердие, такая картина может быть вариантом нормы.

При анализе ЭКГ следует учитывать частоту и эффективность стимуляции, форму искусственно вызванного желудочкового комплекса (ИЖК), амплитуду импульса, сохранность функции синхронизации у биоуправляемых ЭКС и положение электрической оси сердца. Хотя ЭКГ и имеет большое значение в диагностике нарушений в системе стимуляции, однако часто электрокардиограмма позволяет только констатировать факт нарушения без указания конкретной причины, вызвавшей нарушение. Особо затруднена дифференциация нарушений в системе стимуляции, связанных с повышением сопротивления в цепи, поскольку четкие диагностические критерии отсутствуют. В иностранной литературе существует специальный термин «exit block» — блокада выхода, который употребляется, когда

неизвестна конкретная причина, вызвавшая появление безответных стимулов. Блокада выхода определяется как неспособность импульса, попадающего вне рефрактерного периода миокарда, вызвать его деполяризацию. Применительно к электрической стимуляции блокада выхода — это клиническое состояние, при котором стимулы от нормально функционирующей системы стимуляции не вызывают возбуждения сердца в связи с высоким порогом стимуляции [Янушкевичус З. И. и др., 1984; El-Sherif N. et al., 1980].

Часто трудности диагностики сопряжены с тем, что нарушения носят интермиттирующий характер и в период обследования может фиксироваться стабильно навязанный ритм. В таких случаях тщательный расспрос больного иногда помогает установить истинную причину, вызывающую нарушение стимуляции. Например, возникновение брадикардии в каком-либо определенном положении (лежа, сидя, на правом или левом боку, на высоте вдоха) скорее всего указывает на дислокацию или перелом электрода; возникновение головокружения или обморочных состояний при определенных движениях рукой — на миоэлектрическое ингибирование. Наконец, следует иметь в виду, что у больного с имплантированным ЭКС обморочные состояния могут быть результатом эпилепсии, пароксизмов желудочковой тахикардии, аортального порока сердца и др., но в первую очередь всегда необходимо исключить патологию со стороны системы стимуляции.

### **НАРУШЕНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРА**

Истощение источника питания ЭКС — наиболее частая причина нарушения системы стимуляции. Характерным проявлением истощения источника питания является изменение интервала стимуляции, т. е. частоты стимуляции. Следует помнить, что может быть ложное изменение частоты стимуляции, связанное с увеличением или уменьшением скорости лентопротяжного механизма электрокардиографа, следовательно, этот признак является достоверным только при регистрации ЭКГ на аппаратах, имеющих отметчик времени.

В современных отечественных стимуляторах на литиевых источниках питания (ЭКС-111, ЭКС-222) признаком начавшегося разряда батареи является уменьшение (по сравнению с исходной) частоты стимуляции на 5 имп/мин.

В ранних моделях ЭКС на ртутно-цинковых батареях



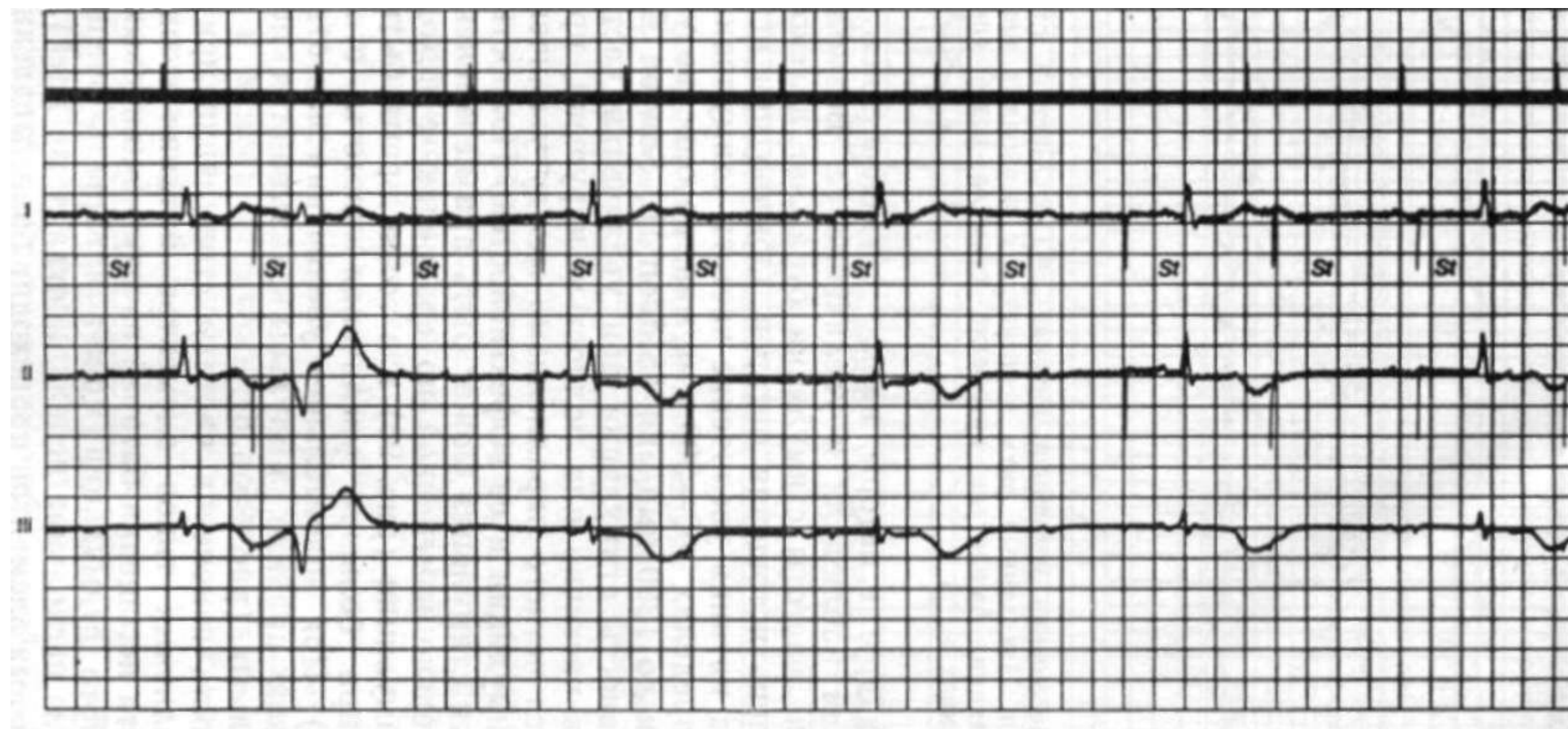
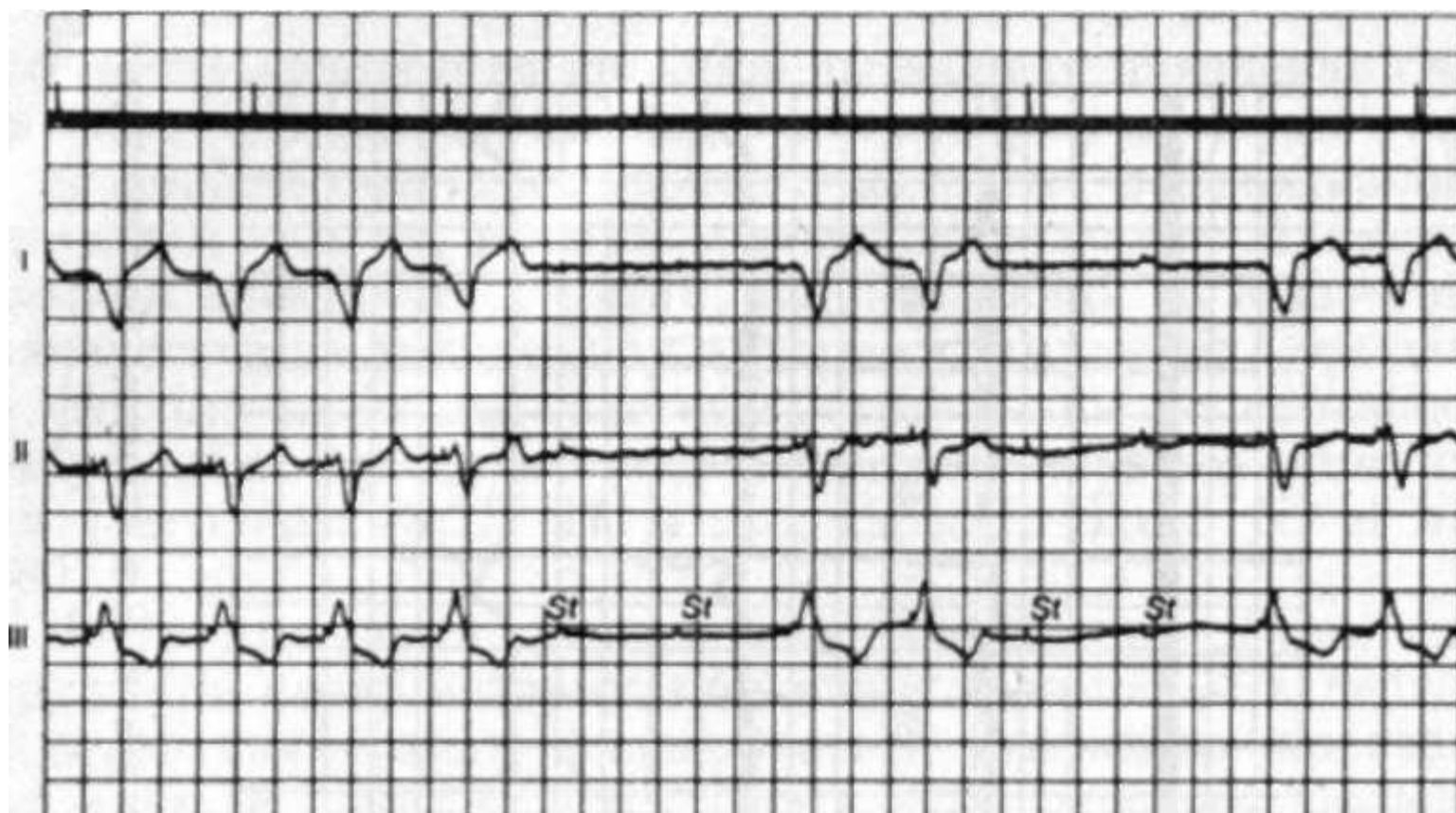


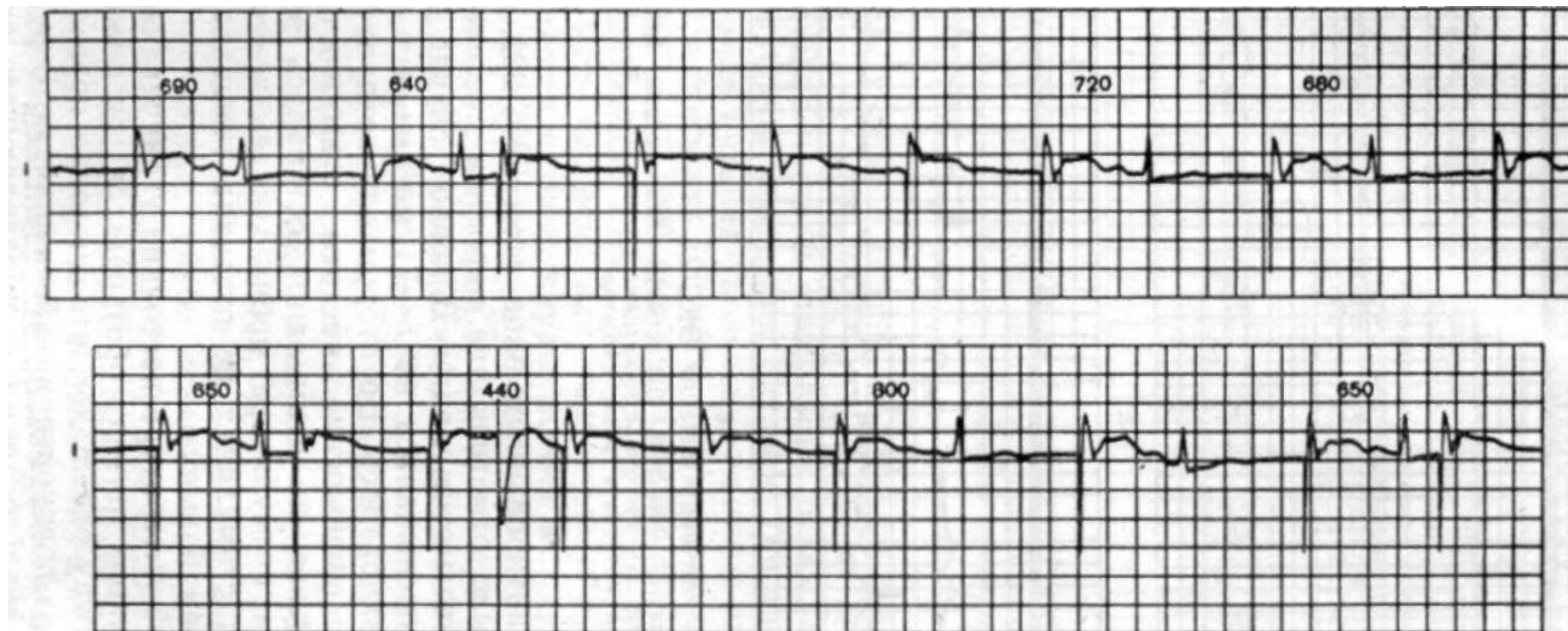
Рис. 93. Истощение источника питания ЭКС-2. Частота стимуляции 62 имп/мин. Все стимулы безответные.



**Рис. 94.** Истощение источника питания ЭКС-2. Частота стимуляции 100 имп/мин. Навязанный ритм чередуется с периодами неэффективной стимуляции. Амплитуда артефакта стимула резко снижена во всех отведениях.

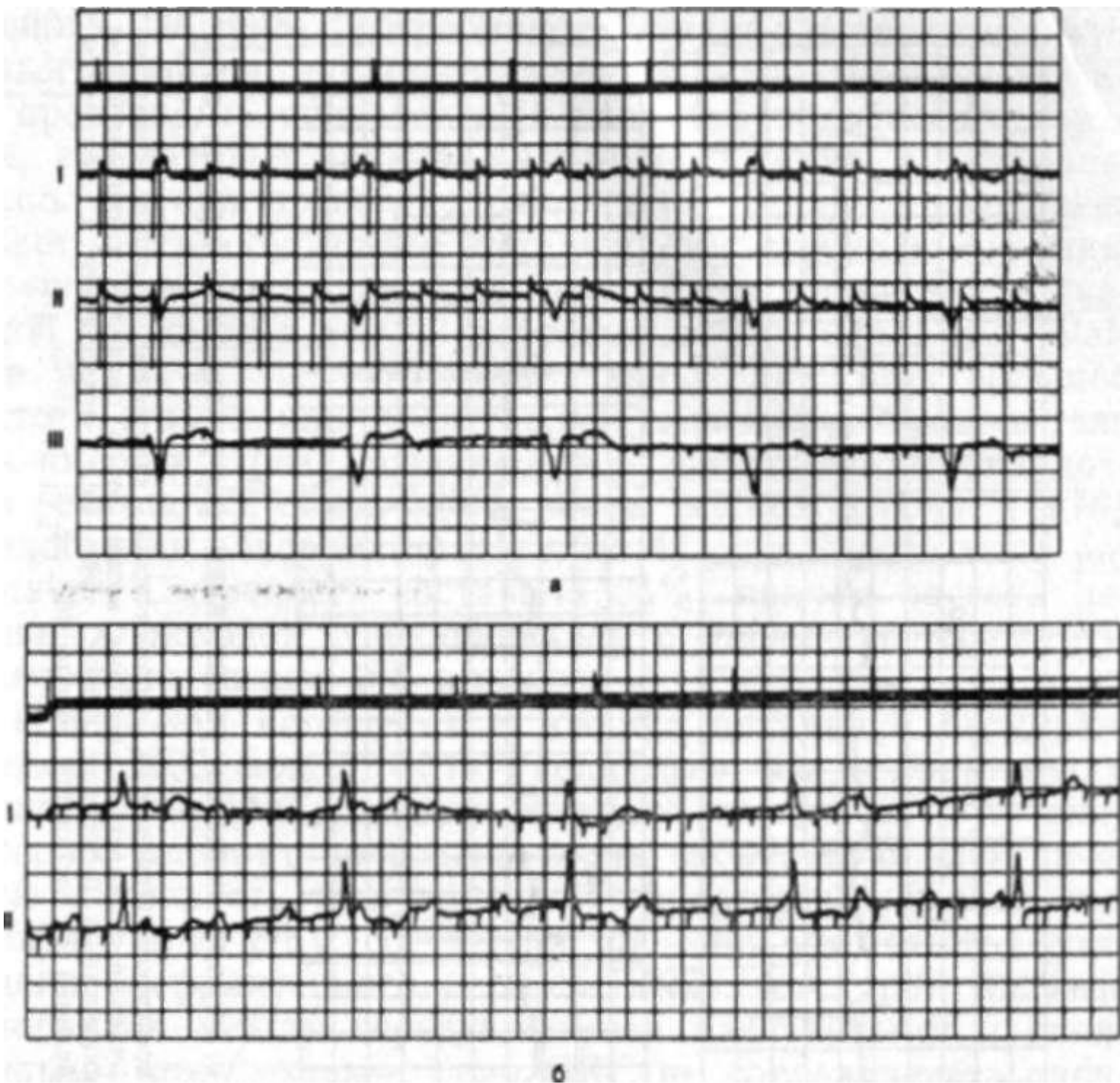
мы, как и другие авторы, наряду с уменьшением частоты стимуляции наблюдали и увеличение ее. Возможно, что увеличение частоты стимуляции отражает далеко зашедшую степень истощения батареи. Обычно при истощении источника питания увеличение частоты стимуляции происходит в пределах 100—300 имп/мин, но описано учащение до 1000 и до 1200 имп/мин [Siddon H., Sowton E., 1967]. Эффективность стимуляции при увеличении частоты может быть частично или полностью нарушена, причем не отмечается четкого параллелизма между увеличением частоты стимуляции и ее эффективностью. Полностью неэффективная стимуляция может быть при неизменной или незначительно измененной по сравнению с исходной частоте стимуляции (рис. 93) и в то же время быть эффективной при большем увеличении частоты стимуляции (рис. 94). При значительном увеличении частоты стимуляции, как правило, импульсы оказываются полностью безответными (рис. 95, а, б).

Скорость изменения частоты стимуляции при истощении различных типов элементов питания неодинакова. С момента истощения батарей на ртутно-цинковых элементах частота стимуляции может нарастать очень быстро (в течение нескольких недель, иногда даже дней), истощение литиевых элементов происходит более медленно [Стирбис П. П., Медзявичус П. А. Б., 1985]. Мы наблюдали



**Рис. 96. Истощение источника питания ЭКС-222, проявляющееся увеличением рефрактерного периода аппарата.**

На фоне навязанного ритма регистрируются спонтанные комплексы. Отмечается периодическое нарушение функции синхронизации, причем аппарат не выделяет только те желудочковые комплексы, которые возникают в пределах интервала 680 мс после предшествующего стимула. Комплексы *QRS*, возникающие в интервале свыше 680 мс, отлавливаются аппаратом. Можно сделать вывод, что рефрактерный период ЭКС увеличен и составляет около 680 мс.



**Рис. 95. Истощение источника питания ЭКС-2.**

а — частота стимуляции 153 имп/мин. Все стимулы безответные. Амплитуда артефакта не изменена; б — частота стимуляции 360 имп/мин. Все стимулы безответные. Амплитуда артефакта резко снижена.

больных с имплантированным аппаратом ЭКС-222, у которых можно было отметить два варианта постепенного уменьшения частоты стимуляции. В первом случае частота стимуляции уменьшалась на 5—7 имп/мин и в дальнейшем стабилизировалась. Во втором случае происходило постепенное уменьшение частоты стимуляции до 60 имп/мин и менее, но стимуляция оставалась эффективной и замена стимулятора производилась в связи с тем, что частота стимуляции не отвечала гемодинамическим потребностям больного.

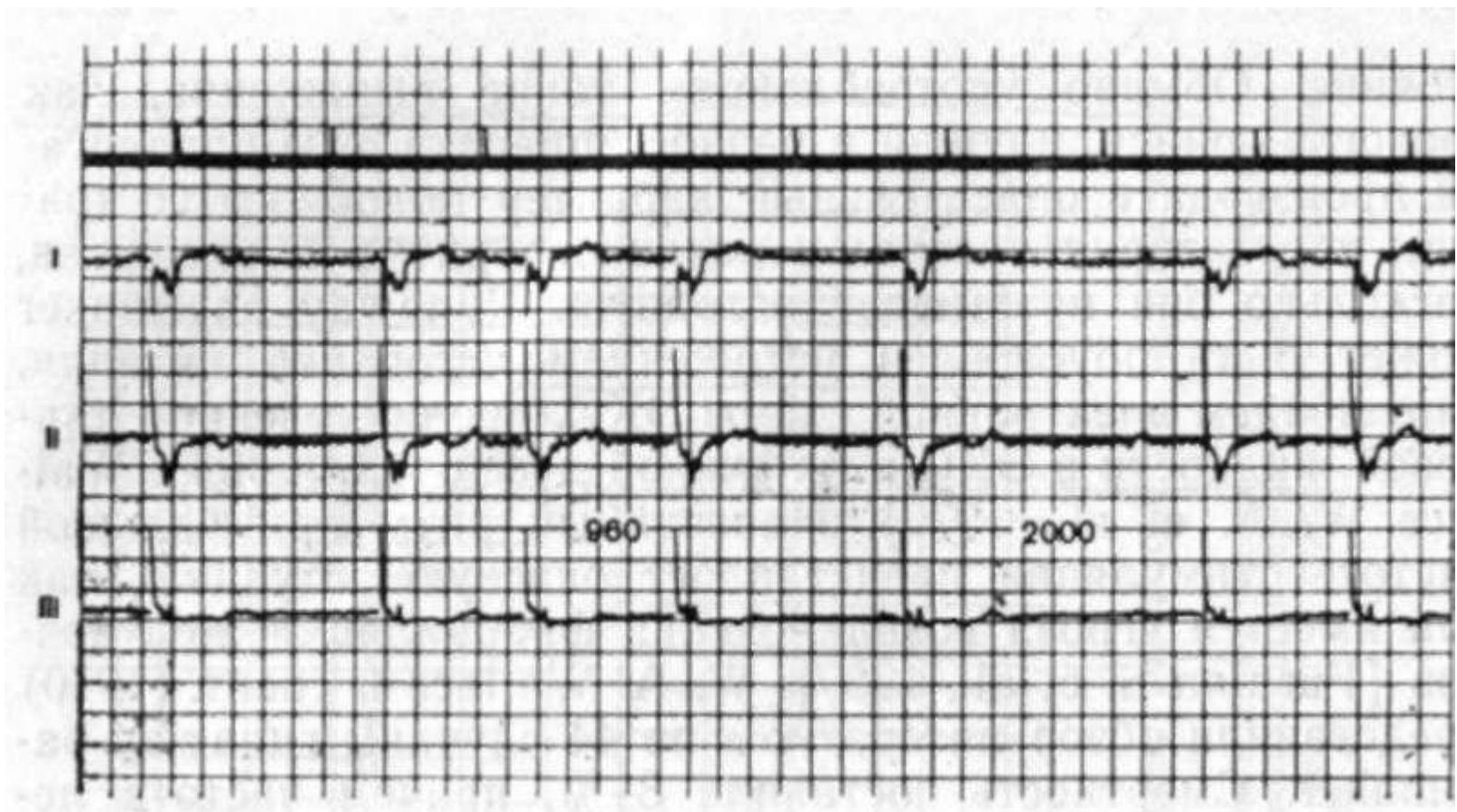
В иностранной литературе постоянно увеличивающаяся частота навязанного ритма обозначается специальным термином — runaway pacemaker, что дословно переводится как «вышедший из повиновения, взбесившийся». В русском языке нет аналогичного термина, определяющего это со-

стояние. Обычно употребляются такие выражения, как «разогнавшийся, идущий в разнос аппарат». Мы предлагаем производить описательный характер подобного состояния, констатируя частоту навязанного ритма и указывая, насколько она превышает исходную. Runaway pacemaker может быть обусловлен истощением источника питания, нарушением электронной схемы ЭКС, проникновением тканевой жидкости в ЭКС и наружной дефибрилляцией [Wallace W. A. et al., 1970]. Навязанный ритм при большой частоте стимуляции представляет опасную ситуацию, так как имеется угроза возникновения фибрилляции желудочков [Furman S. et al., 1969]. W. A. Wallace и соавт. (1970) представили обзор литературы по 44 случаям runaway pacemaker. Смертность составила 34%, причем частота летальных исходов увеличивалась с увеличением частоты стимуляции свыше 150 имп/мин.

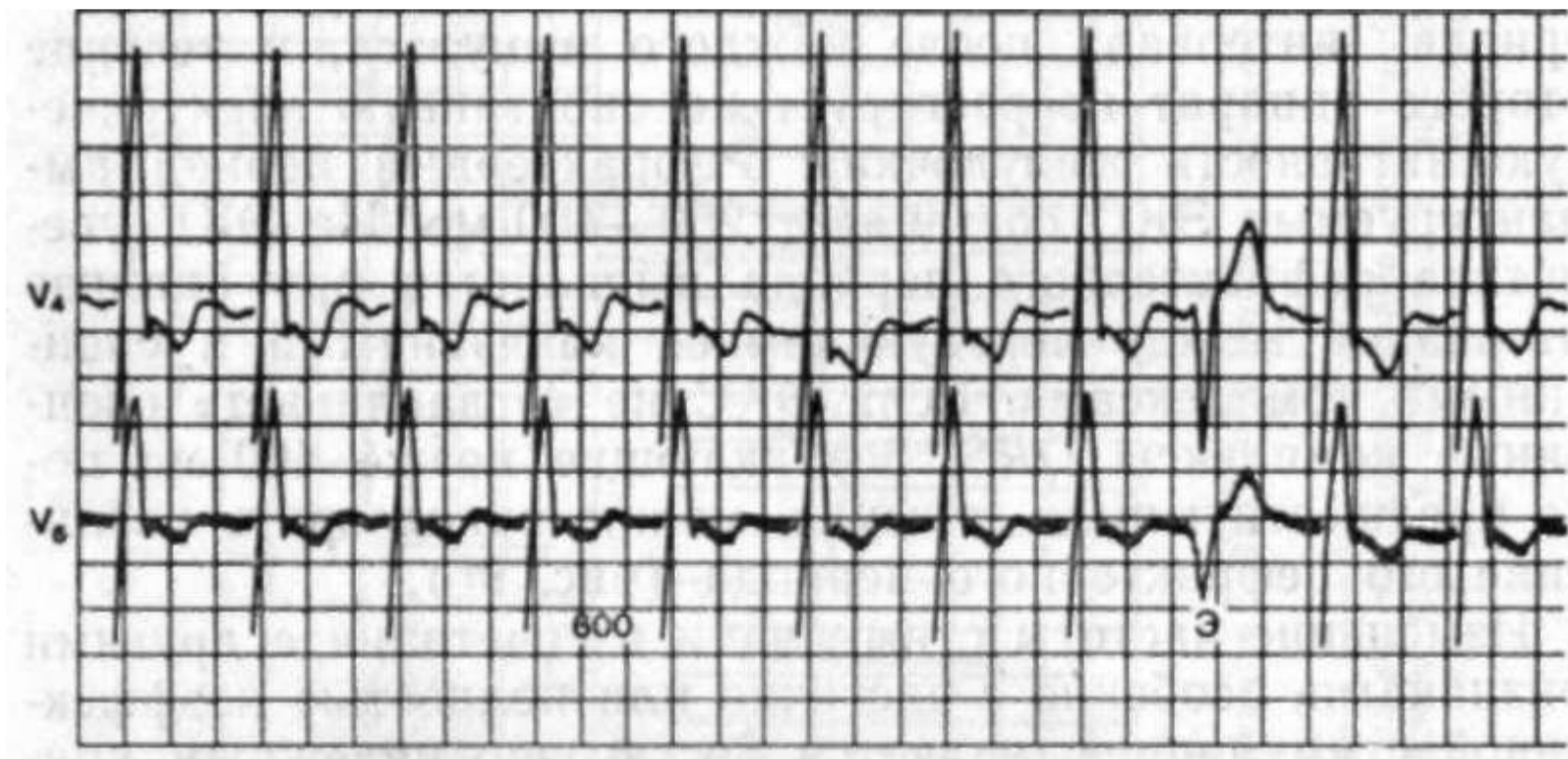
Признаком истощения источника питания в биоуправляемом ЭКС может быть увеличение его рефрактерного периода (интервала после каждого импульса, в течение которого аппарат не реагирует на спонтанную электрическую активность желудочка). Рефрактерный период имплантируемых ЭКС составляет 250—400 мс. На ЭКГ увеличение рефрактерного периода выявляется при анализе интервалов между чередующимися навязанными и спонтанными комплексами. Если ЭКС не «отлавливает» спонтанные комплексы *QRS*, возникающие позже 400 мс после предшествующего стимула, можно заподозрить увеличение его рефрактерного периода (рис. 96).

Изменение частоты стимуляции в сочетании с другими признаками, особенно с частично или полностью неэффективной стимуляцией, является достаточно надежным критерием диагностики истощения источника питания. Следует отметить, что при диагностике истощения источника питания необходимо ориентироваться не на отдельные признаки, а на их совокупность. Так, комбинация трех признаков (изменения частоты стимуляции, длительности импульса и снижения амплитуды артефакта импульса) наблюдается в 69% случаев истощения источника питания, комбинация двух признаков — в 29% и изменение одного показателя — только в 10% случаев [Parsonnet V. et al., 1970].

Нарушение в работе электронной схемы является второй причиной неисправности ЭКС. Наиболее характерным признаком этого нарушения является сохранение эффективной стимуляции при нерегулярном увеличении периода



**Рис. 97.** Нарушение в электронной схеме ЭКС-222. Ритм навязан, интервал стимуляции увеличен и колеблется от 960 до 2000 мс.



**Рис. 98.** Нарушение в электронной схеме ЭКС-222.

Ритм навязан, интервал стимуляции уменьшен по сравнению с исходным до 600 мс (исходный интервал стимуляции 850 мс). Функция синхронизации сохранена.

следования импульсов (рис. 97), не проходящее после перевода кардиостимулятора в асинхронный режим, что позволяет дифференцировать это нарушение от восприятия контактных потенциалов. Нарушение в электронной схеме может проявляться и уменьшением периода следования импульсов, который может оставаться стабильным (рис. 98). При наличии эффективной стимуляции функция синхронизации может быть сохранена (см. рис. 98) или нарушена (рис. 99). Если при этом восстанавливается спонтанный

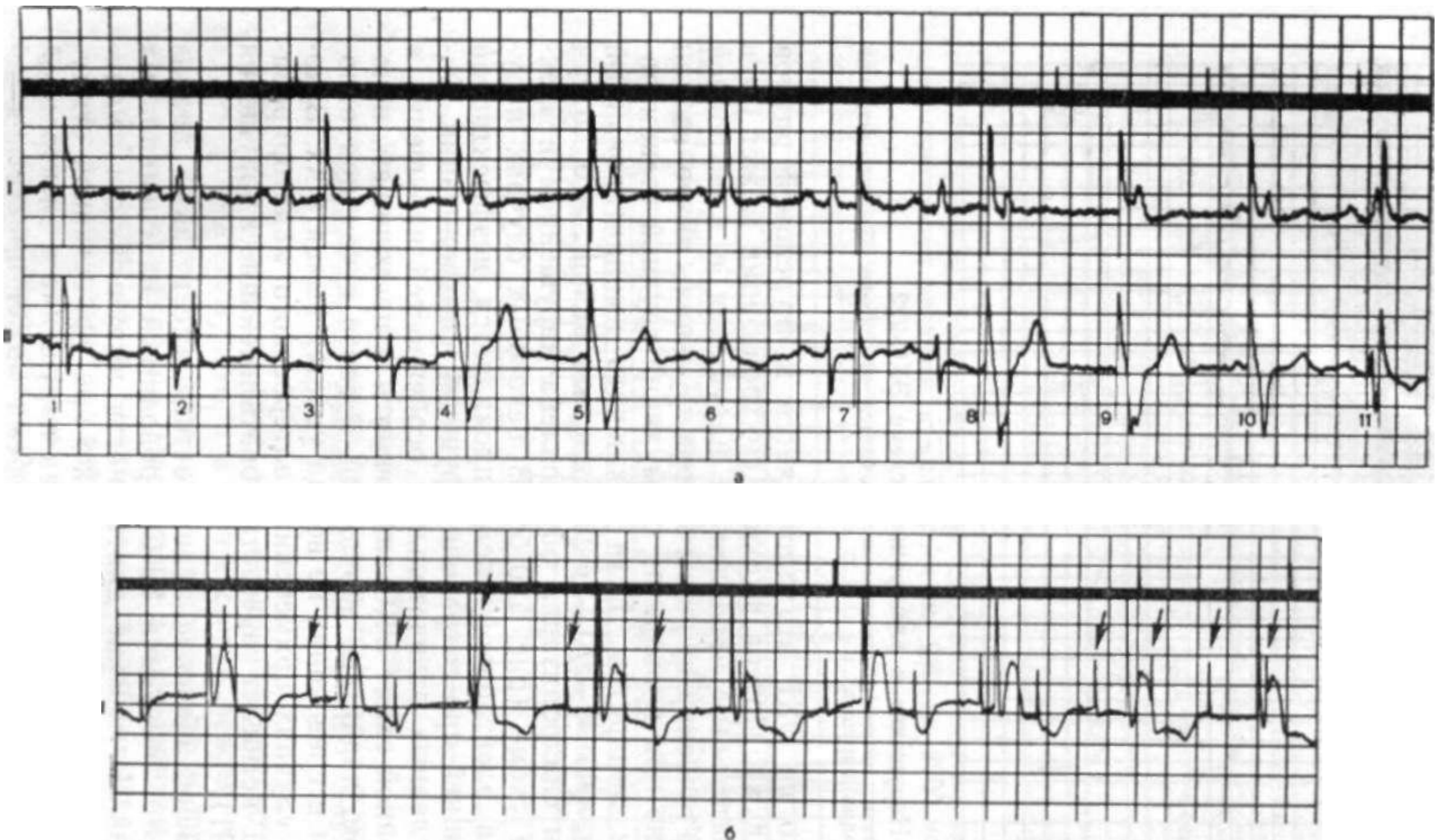


**Рис. 99. Нарушение в электронной схеме ЭКС-222.**

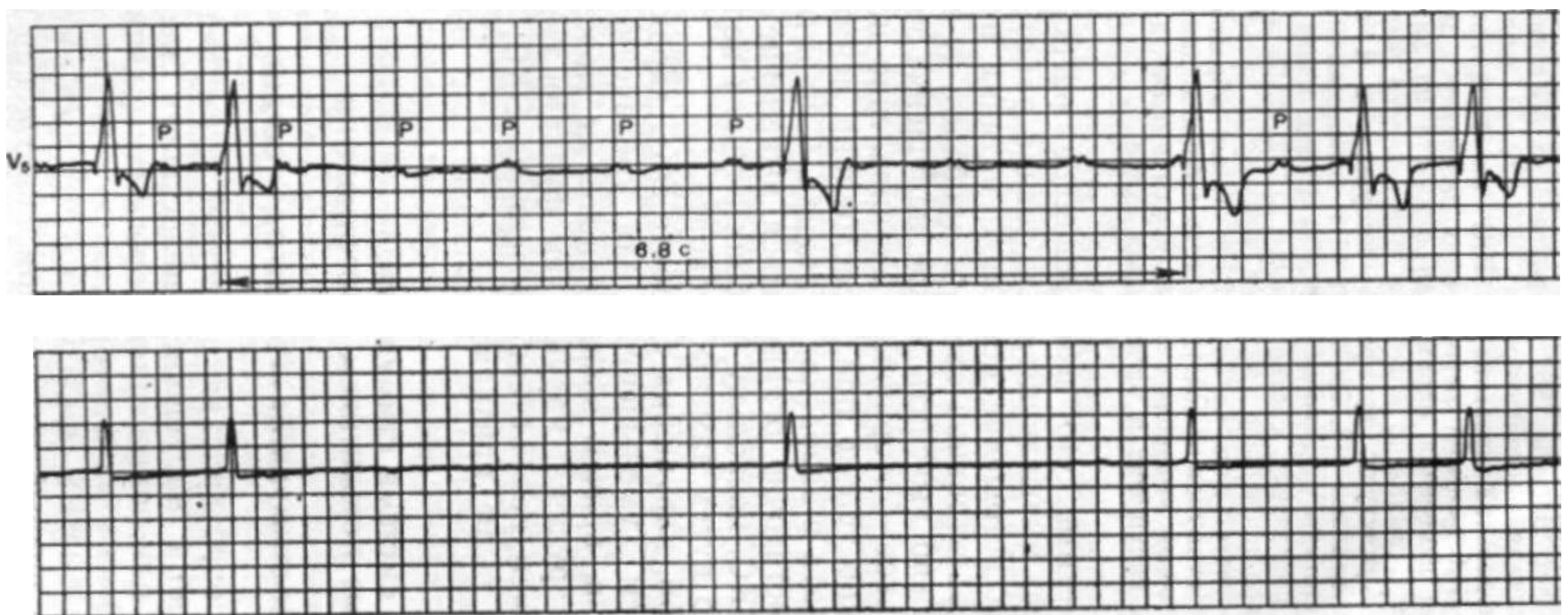
Ритм навязан, интервал стимуляции колеблется от 850 до 2300 мс. Функция синхронизации нарушена.

ритм, то на ЭКГ это проявляется конкуренцией ритмов (рис. 100, а). Потеря функции синхронизации может быть самостоятельным проявлением нарушения в электронной схеме. Уточнение причины потери функции синхронизации возможно при проведении стимуляции грудной стенки наружным аппаратом. Если отключить имплантированный биоуправляемый ЭКС не удастся, это значит, что потеря функции синхронизации обусловлена нарушением в электронной схеме (рис. 100, б). В некоторых случаях нарушение в электронной схеме проявляется неэффективной стимуляцией при сохранении функции синхронизации. Одна из главных отличительных особенностей нарушения в электронной схеме ЭКС заключается в преходящем, непостоянном, характере нарушений, в связи с чем при однократном исследовании не всегда удается выявить их. В подобных случаях применение холтеровского мониторирования ЭКГ помогает зарегистрировать имеющиеся нарушения (рис. 101).

Большое значение в диагностике имеет также анализ артефактов импульса ЭКС, проводимый на специальных приборах. Изменение длительности импульса или амплитуды артефакта импульса (даже при эффективной стимуляции) следует расценивать как нарушение в электронной схеме, которое в ближайшее время может привести к неэффективной стимуляции.



**Рис. 100.** Нарушение в электронной схеме ЭКС-222. Функционирование аппарата в асинхронном режиме. а—синусовые комплексы чередуются с искусственно вызванными. Стимулы 2, 3, 7, 11 не вызывают деполяризации желудочков, так как попадают в рефрактерный период спонтанного комплекса; б— тест стимуляции грудной стенки наружным аппаратом. От имплантированного ЭКС ритм навязан с частотой 70 имп/мин. Стимуляция наружным аппаратом с частотой 100—150 имп/мин (стимулы обозначены стрелками), но отключения имплантированного ЭКС не происходит.



**Рис. 101.** Нарушение в электронной схеме ЭКС-222. Запись выполнена на портативном магнифоне, в который введено специальное плато, позволяющее выделить артефакты стимулов ЭКС. Верхний канал—регистрация ЭКГ; нижний канал—регистрация артефактов стимулов (запись синхронная). После первых двух навязанных комплексов в течение 6,8 с ИЖК зарегистрирован лишь однажды.



Приводим следующее наблюдение.

Больной Г., 68 лет. В июле 1982 г. произведена постоянная эндокардиальная стимуляция — имплантирован ЭКС-222. В июле 1985 г. при очередной контрольной проверке на ЭКГ на фоне навязанного ритма с частотой 64,6 имп/мин периодически отмечалось отсутствие стимулов ЭКС. При измерении параметров аппарата на анализаторе контроля работы ЭКС выявлено колебание длительности импульса от 0,84 до 1,93 мс. Амплитуда артефакта импульса в I отведении 0,095 В, во II отведении — 0,108 В, в III отведении — 0,014 В. При измерении амплитуды артефакта импульса 16 мес назад были получены следующие показатели, соответственно: 0,152, 0,166 и 0,016 В. За прошедший период произошло снижение амплитуды артефакта в I и II отведениях соответственно на 38 и 35%. Таким образом, периодическое отсутствие стимулов в сочетании с колебанием длительности импульса и значительным уменьшением амплитуды артефакта позволило диагностировать нарушение в электронной схеме.

Следует отметить, что изолированное рассмотрение каждого фактора, вызывающего нарушение работы ЭКС, условно, так как истощение источника питания приводит к нарушению в электронной схеме и наоборот, т. е. практически невозможно выяснить, какое нарушение является первичным, а какое — вторичным. Установление истинной причины возможно только при исследовании деимплантированного аппарата в заводских условиях. С практической точки зрения достаточно ограничиться выявлением нарушения работы ЭКС, поскольку в обоих случаях коррекция возможна только путем замены аппарата.

Таким образом, нарушения в работе ЭКС характеризуются: изменением (уменьшением или увеличением) частоты стимуляции, причем эффективность ее может быть сохранена или нарушена; нарушением функции синхронизации; увеличением рефрактерного периода ЭКС; сочетанием указанных выше признаков.

#### **НАРУШЕНИЯ В СИСТЕМЕ СТИМУЛЯЦИИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПОВЫШЕНИЕМ СОПРОТИВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОР — ЭЛЕКТРОД — СЕРДЦЕ**

Повышение сопротивления в системе стимуляции может быть связано с нарушением целостности электрода, его дислокацией или повышением порога стимуляции. Рассмотрим каждый из этих факторов.

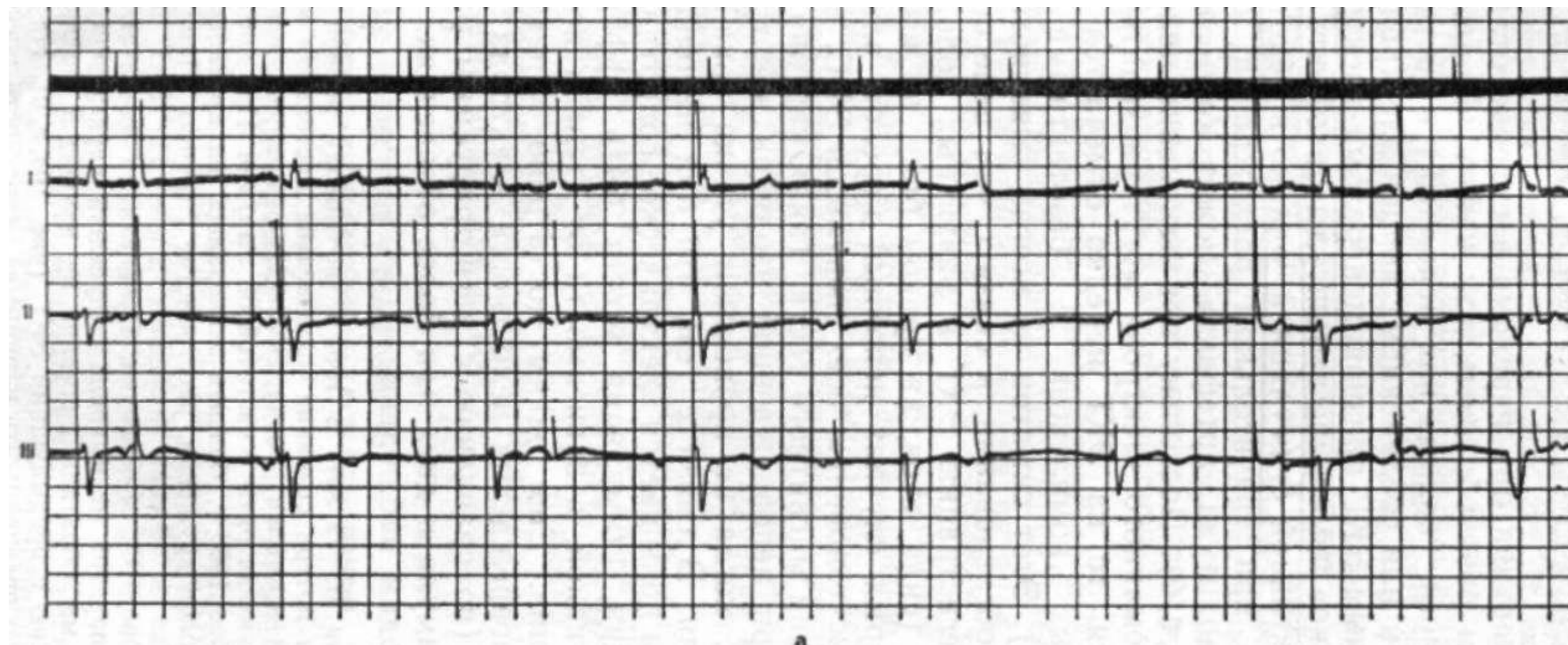
Под нарушением целостности электрода подразумевается полный его перелом (нарушение целостности проводника и ИЗОЛЯЦИИ), неполный (нарушение толь-

ко целостности проводника) или повреждение изоляции. Перелом электрода отмечается в среднем в 2—3% случаев.

ЭКГ картина при переломе электрода отличается значительным разнообразием, так как обусловлена характером перелома (полный или неполный) и состоянием (расхождением или соединением) концов электрода. Наиболее характерным ЭКГ признаком перелома электрода является внезапное изменение амплитуды артефакта в сочетании с неэффективной стимуляцией, однако в некоторых случаях даже при значительном расхождении концов электрода амплитуда артефакта может быть не изменена (рис. 102, а, б). Поскольку при изменении положения тела концы сломанного электрода могут расходиться или сопоставляться, то на ЭКГ нередко отмечается чередование навязанных комплексов с безответными стимулами (рис. 103). Этот симптом не всегда выявляется при однократном обследовании, в связи с чем целесообразно проводить регистрацию ЭКГ в различных положениях тела больного (сидя, стоя, на правом боку, на высоте вдоха). В некоторых случаях неполный перелом электрода приводит к исчезновению всех импульсов ЭКС, даже при использовании магнитного теста. Такая картина может быть только при неповрежденной изоляции электрода, т. е. в ситуации, когда не происходит утечки тока в окружающие ткани. В связи с тем, что при неполном переломе электрода повышается электрическое сопротивление в цепи стимуляции, стимуляция может быть эффективной или неэффективной, в зависимости от степени повышения сопротивления. Еще одним достаточно характерным признаком повреждения целостности электрода является изменение (по сравнению с регистрируемым ранее) полярности стимула в двух или более отведениях.

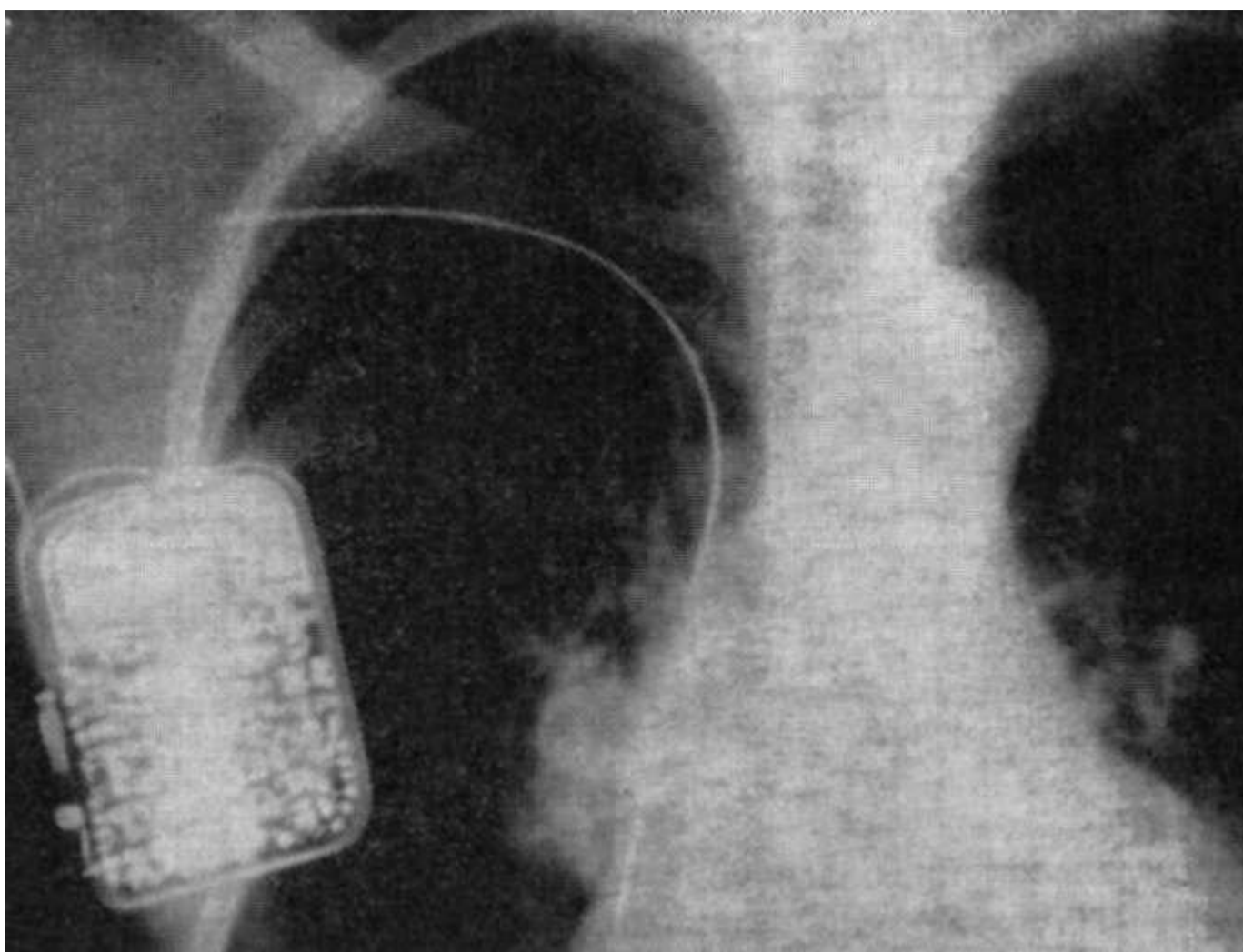
Приводим наблюдение.

Больная Б., 72 лет. В 1982 г. по поводу полной АВ блокады с приступами потери сознания произведена постоянная эндокардиальная стимуляция — имплантирован ЭКС-222 в правую дельтопекторальную область. Навязан ритм с частотой 68 имп/мин. При контрольном осмотре в декабре 1986 г. больная жаловалась на кратковременные эпизодические головокружения, расстройства сознания. Данную симптоматику отмечала в течение последних 2 мес. На ЭКГ ритм навязан с заданной частотой стимуляции. Проверка на анализаторе имплантированных аппаратов не выявила нарушений параметров ЭКС. При анализе ЭКГ мы обратили внимание на изменение полярность-стимулов по сравнению с предыдущими ЭКГ (рис. 104, а, б). На этом основании можно было предположить нарушение целостности электрода. Поскольку при разовой регистрации ЭКГ нарушения в системе стимуляции не



**Рис. 102. Нарушение целостности электрода.**

**а — ЭКГ при переломе электрода. Все стимулы безответные. Амплитуда артефакта не изменена;**



**Рис. 102. Продолжение.**

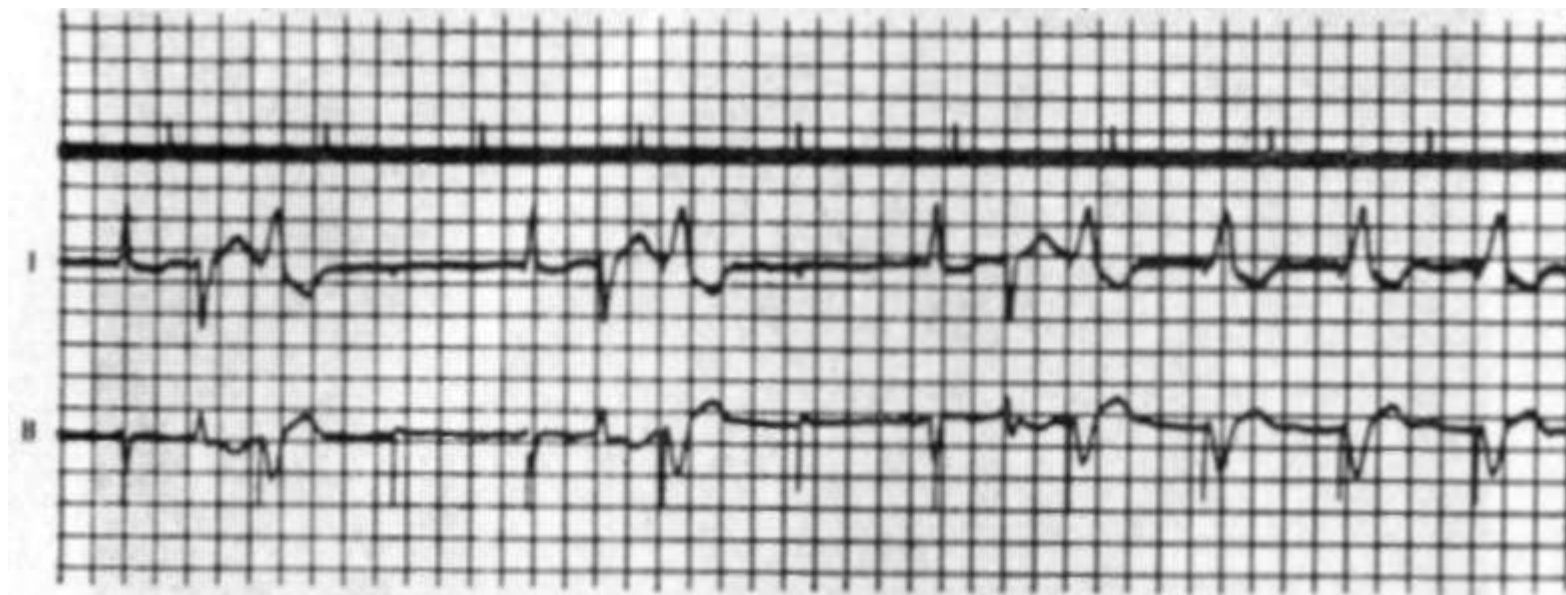
**б — рентгенограмма при переломе электрода.**

зарегистрированы, проведено холтеровское мониторирование, которое выявило периодическое отсутствие стимулов аппарата (рис. 105). Произведена смена стимулирующей системы. При ревизии обнаружен неполный перелом электрода.

В данном примере изменение полярности артефакта оказалось единственным признаком, на основании которого заподозрено нарушение в системе стимуляции, в частности повреждение целостности электрода. Однако этот признак не всегда налицо и диагностику нередко приходится осуществлять только путем анализа тех или иных ЭКГ-изменений, сопоставляя их с другими методами обследования.

Приводим еще одно наблюдение.

Больная И., 55 лет. В декабре 1984 г. по поводу синдрома слабости синусового узла произведена постоянная эндокардиальная стимуляция — имплантирован ЭКС-222. Через месяц после имплантации отмечена конкуренция синусового и навязанного ритмов, т. е. имелась потеря чувствительности, которая может быть результатом нарушения в электронной схеме, дислокации или повреждения целостности электрода. Нарушение в электронной схеме, как возможную причину потери функции синхронизации, мы исключили на основании того, что при проведении стимуляции грудной стенки наружным аппаратом удавалось отключить имплантированный ЭКС. Не было оснований пред-



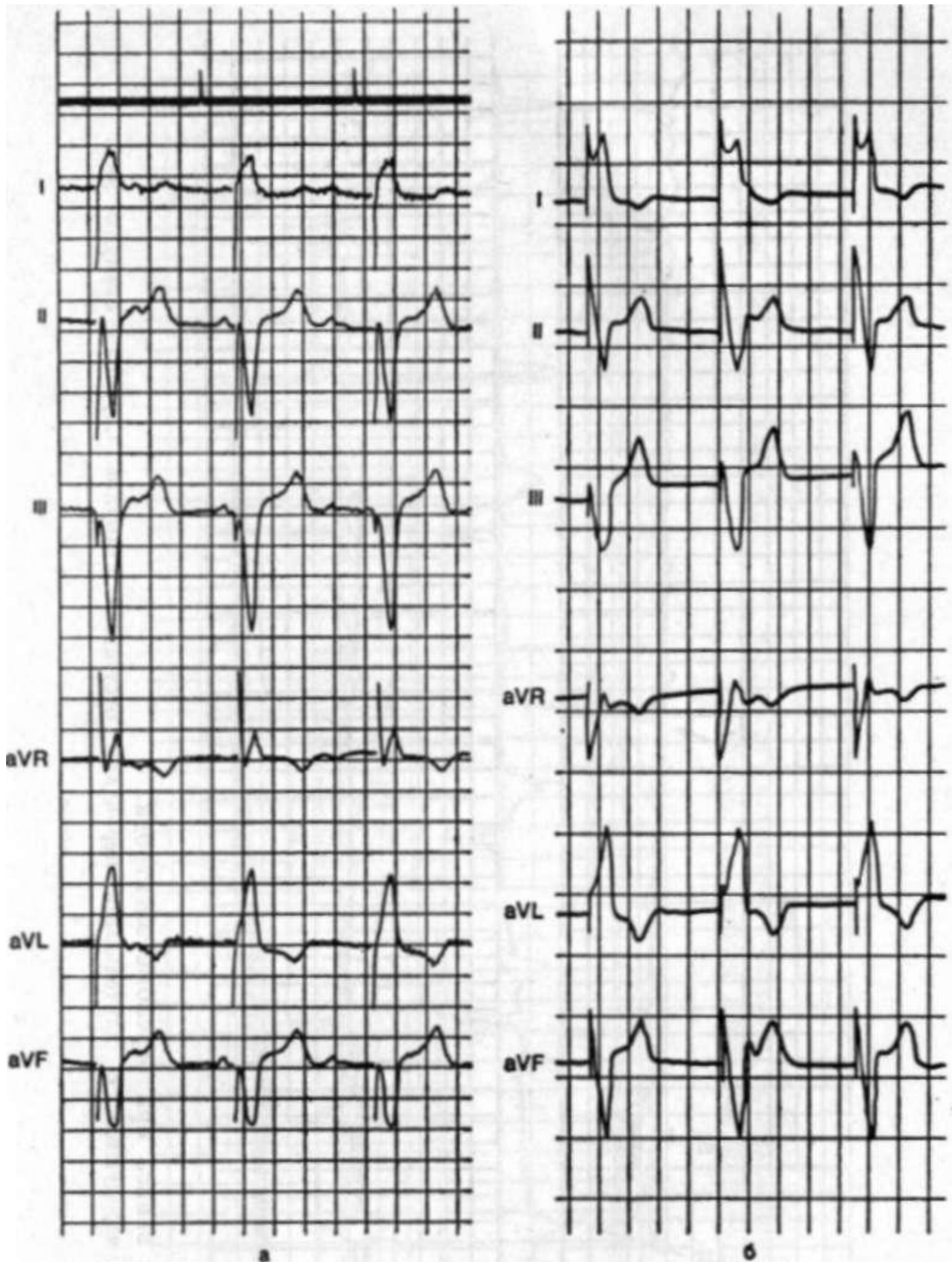
**Рис. 103. Перелом электрода при миокардиальной стимуляции. ЭКС типа V00.**

Чередование навязанных комплексов с безответными стимулами. При ревизии системы стимуляции обнаружен перелом недалеко от места соединения электрода с ЭКС.

полагать и дислокацию электрода, так как рентгенологически расположение электрода было характерным, и на ЭКГ регистрировался стабильно навязанный ритм. Кроме того, дислокация обычно происходит в ближайшие дни после операции, развитие ее через месяц маловероятно. Итак, путем анализа имеющихся данных можно было предположить, что скорее всего потеря чувствительности обусловлена повреждением целостности электрода. Действительно, на операции выявлено нарушение изоляции недалеко от места соединения электрода с ЭКС. После устранения этого дефекта нарушения функции синхронизации не отмечено.

Изолированное повреждение изоляции электрода всегда вызывает утечку тока в окружающие ткани, в результате чего через конец электрода проходит меньшее количество тока. Отразится ли это на функционировании системы стимуляции, зависит от степени и места повреждения изоляции. При небольшой утечке тока стимуляция остается эффективной, при большой утечке стимуляция нарушается.

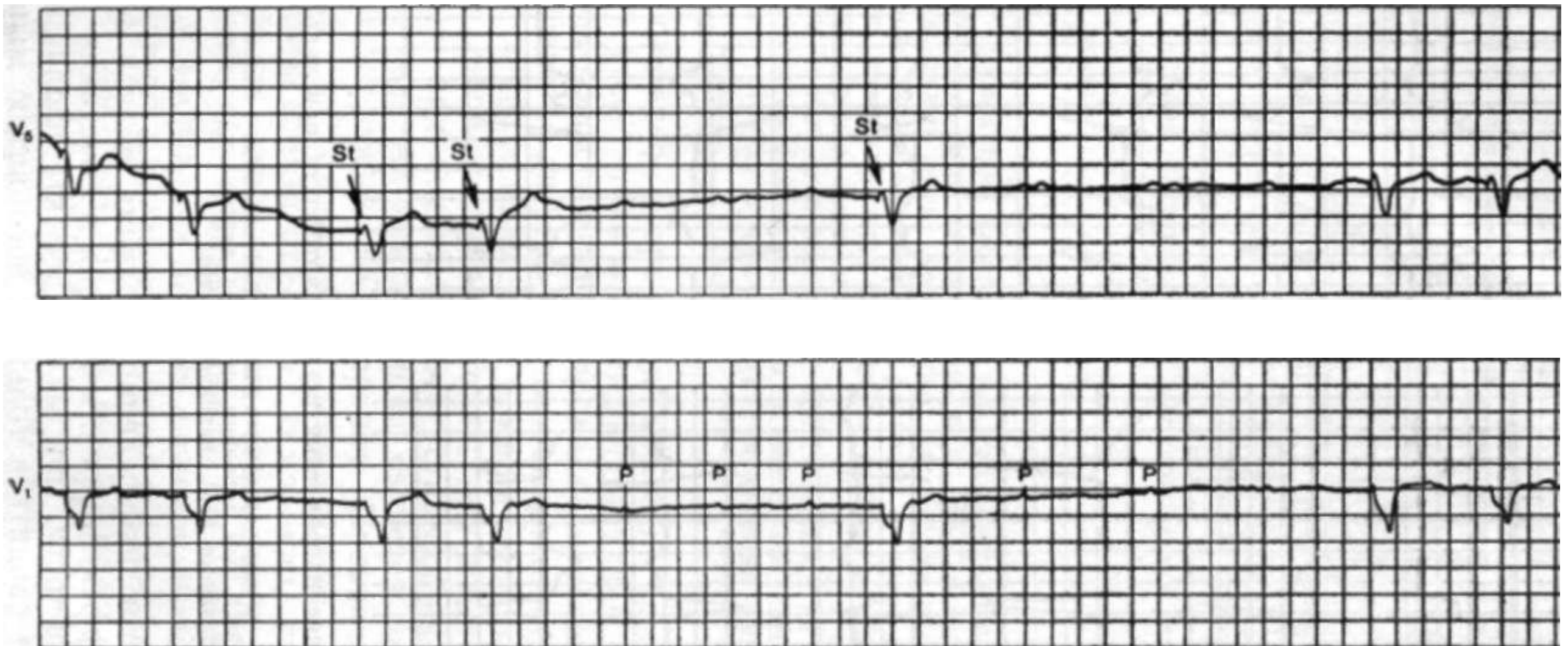
Место повреждения изоляции является другим фактором, определяющим ЭКГ картину. Практически следует различать внутрисердечное повреждение изоляции и повреждение вблизи от ЭКС. Как правило, при внутрисердечном повреждении изоляции стимуляция остается эффективной, единственным проявлением может быть патологическое восприятие ложных сигналов, вызываемых разностью потенциалов между местом повреждения изоляции и концом электрода. Аппарат воспринимает эту разность потенциалов, что проявляется на ЭКГ наличием нерегулярных интервалов между стимулами. Если восприятие происходит в непрерывной последовательности, то ЭКС может перейти в режим запрета.



**Рис. 104. Изменение направления вектора артефакта при неполном переломе электрода.**

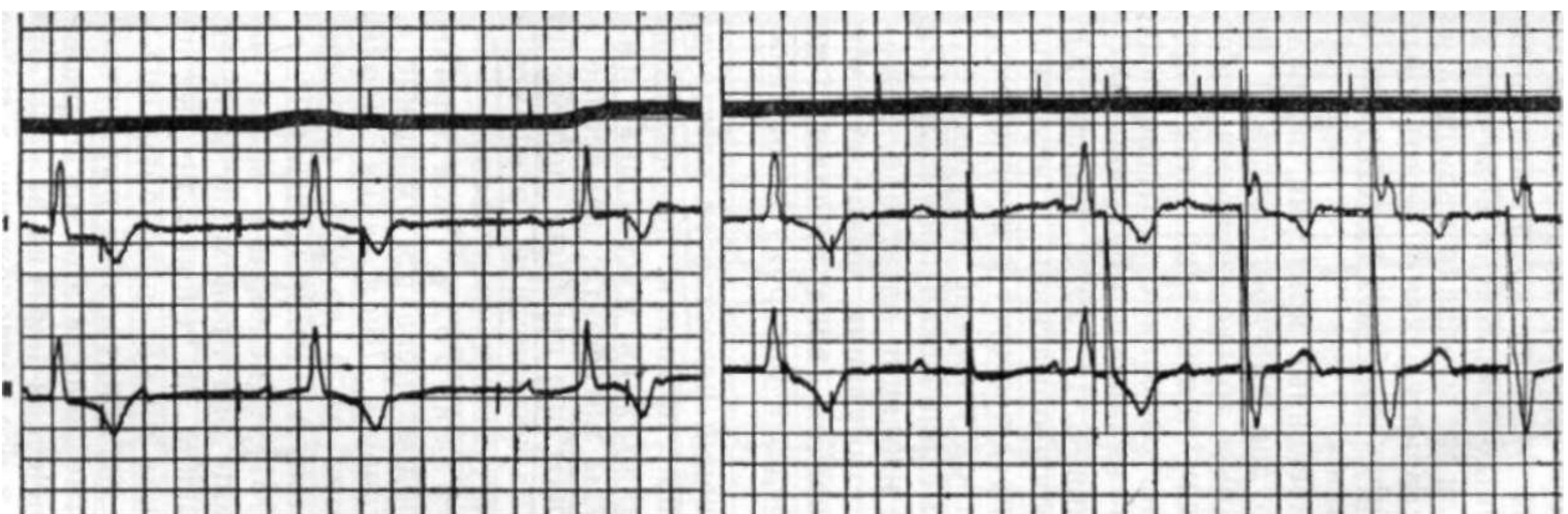
**а** — исходная ЭКГ: вектор артефакта во всех отведениях, кроме aVR, направлен вниз; **б** — ЭКГ при неполном переломе электрода: вектор артефакта во всех отведениях, кроме aVR, направлен вверх.

При большом повреждении изоляции вблизи ОТ ЭКС возникает неэффективная стимуляция в сочетании с потерей чувствительности, при малом дефекте изоляции ЭКГ картина может сводиться только к восприятию мышечных потенциалов.



**Рис. 105. Мониторная запись при переломе электрода.**

Навязанные комплексы чередуются с длительными периодами отсутствия стимулов. Стрелки — стимулы ЭКС.



**Рис. 106. Нарушение изоляции электрода вблизи от ЭКС.**

Стимуляция носит интермиттирующий характер. Амплитуда артефакта в безответных стимулах резко снижена,, в навязанных комплексах — не изменена.

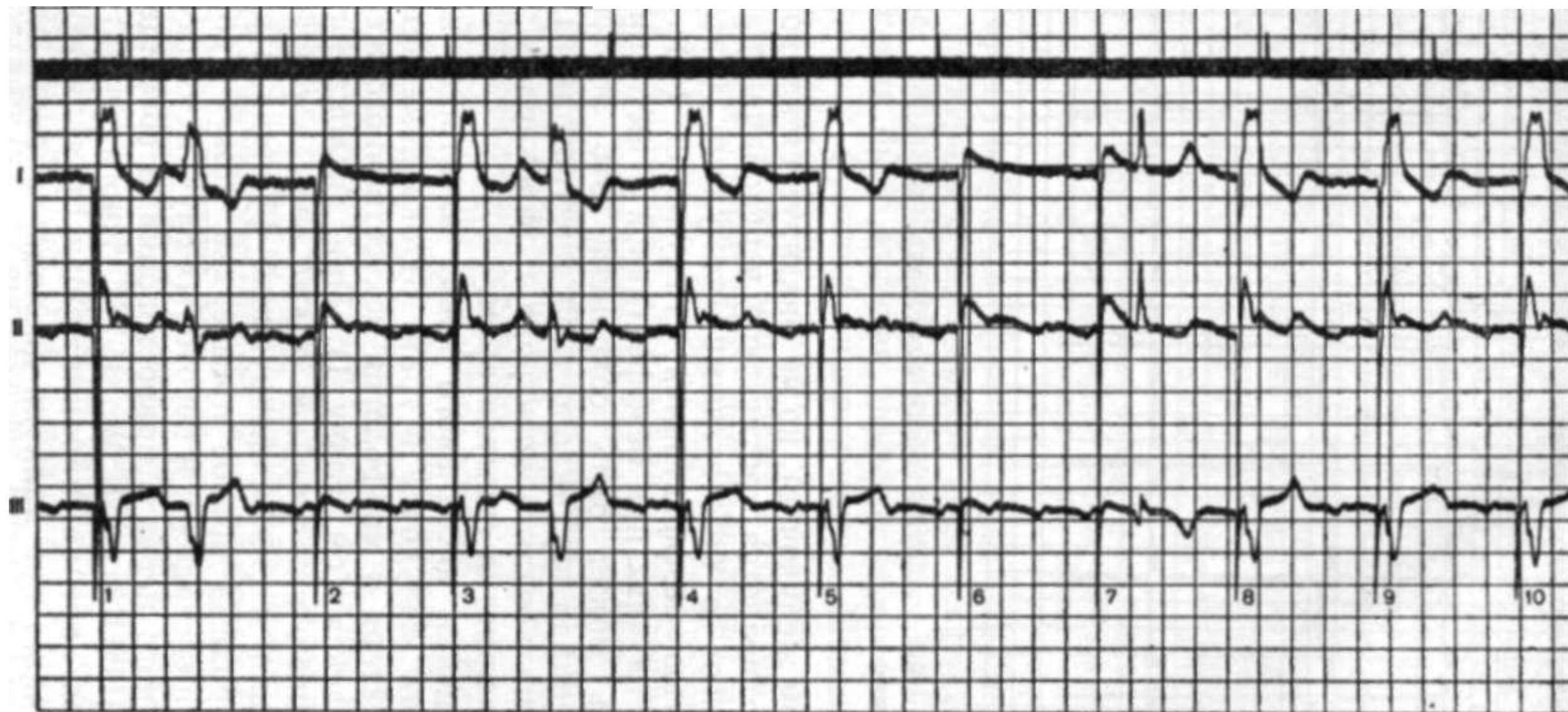
Место повреждения изоляции определяет величину артефакта. Если изоляция нарушена вблизи от ЭКС, то амплитуда артефакта будет резко снижена в безответных стимулах, в навязанных комплексах величина ее не изменится (рис. 106); если же изоляция нарушена в отдалении от ЭКС, то амплитуда артефакта в безответных стимулах и в навязанных комплексах будет практически одинаковой и достаточной величины.

Несмотря на приведенные критерии, повреждение изоляции электрода трудно диагностировать и нередко это оказывается возможным только во время операции. Наиболее точным методом диагностики этого нарушения является совместное использование рентгенологического метода и векторного анализа импульсов ЭКС [Дубровский И. Д., Осташкин С. П., 1979; Карпов Ю. Г., 1982], другие методы малоинформативны. Нарушение изоляции электрода нередко предшествует его перелому, так как в месте дефекта электрод усиленно корродирует, вследствие чего снижается его механическая прочность [Parsonnet V., 1979]. Повреждение изоляции электрода, даже при сохранении эффективной стимуляции, вызывает избыточное потребление тока аппаратом (ввиду появления дополнительного контура), что ведет к быстрому истощению источника питания.

Итак, для нарушения целостности электрода наиболее характерны следующие признаки: неэффективная или интермиттирующая стимуляция в сочетании (или без) со снижением амплитуды артефакта; изменение электрокардиологической картины при перемене положения тела; изменение векторной характеристики артефакта в двух или более отведениях; отсутствие импульсов.

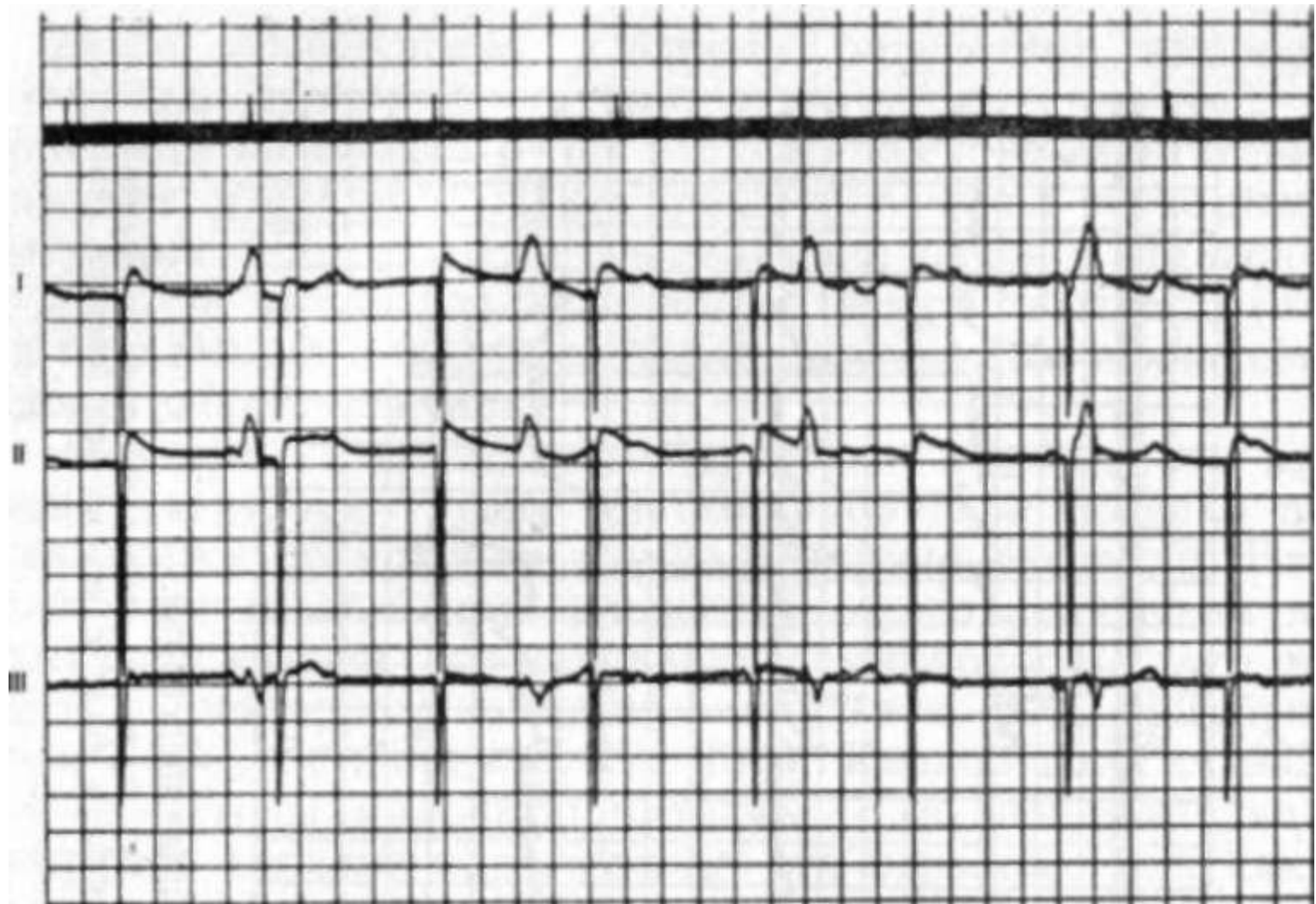
**Дислокация электрода.** Под термином «дислокация» электрода подразумевается смещение его с места первоначальной установки. Дислокация эндокардиального электрода встречается от 3 до 25% случаев первичной имплантации [Preston A., 1973; Charles R. et al., 1977; Perris E. et al., 1981]. Дислокация может произойти в любое время, но чаще она происходит в течение первого месяца и, как правило, в течение первых суток после операции. Дислокация может произойти при сохранении электрода в камере первоначальной имплантации или при смещении его в другие полости или магистральные сосуды. Электрокардиографическая картина зависит от места дислокации электрода и его расположения в полости сердца. Если электрод остается в камере первоначальной имплан-





**Рис. 107. Дислокация желудочкового электрода на фоне трепетания предсердий.**

**Чередование навязанных комплексов с безответными стимулами (2, 6, 7). Функция синхронизации сохранена. Спонтанный комплекс после стимула 7 попал в рефрактерный период ЭКС, в связи с чем не был выделен аппаратом.**



**Рис. 108. Дислокация желудочкового электрода.**  
**Все стимулы безответные.**

тации (правом желудочке), но не фиксируется к эндокарду, то на ЭКГ отмечается хаотическое чередование навязанных комплексов с безответными стимулами (рис. 107) или полностью неэффективная стимуляция (рис. 108). В некоторых случаях при неэффективной стимуляции чувствительность может быть сохранена, это объясняется тем, что потенциал внутриполостной электрограммы, даже при отсутствии контакта электрода с эндокардом, достаточен для восприятия стимулятором.

При смещении дистального конца электрода из верхушки правого желудочка в тракт оттока изменяется направление вектора и морфология искусственного желудочкового комплекса (см. главу I). При дислокации электрода в верхнюю или нижнюю полые вены нарушается и стимулирующая, и синхронизирующая функции. При смещении электрода в правое предсердие может произойти стимуляция предсердия и в некоторых случаях стимуляция диафрагмального нерва с правосторонними сокращениями диафрагмы [Harthorne J. W., 1977]. Иногда электрокардиологическая картина, напоминающая стимуляцию предсердия, возникает при наличии дислоцированного электрода в правом желудочке.

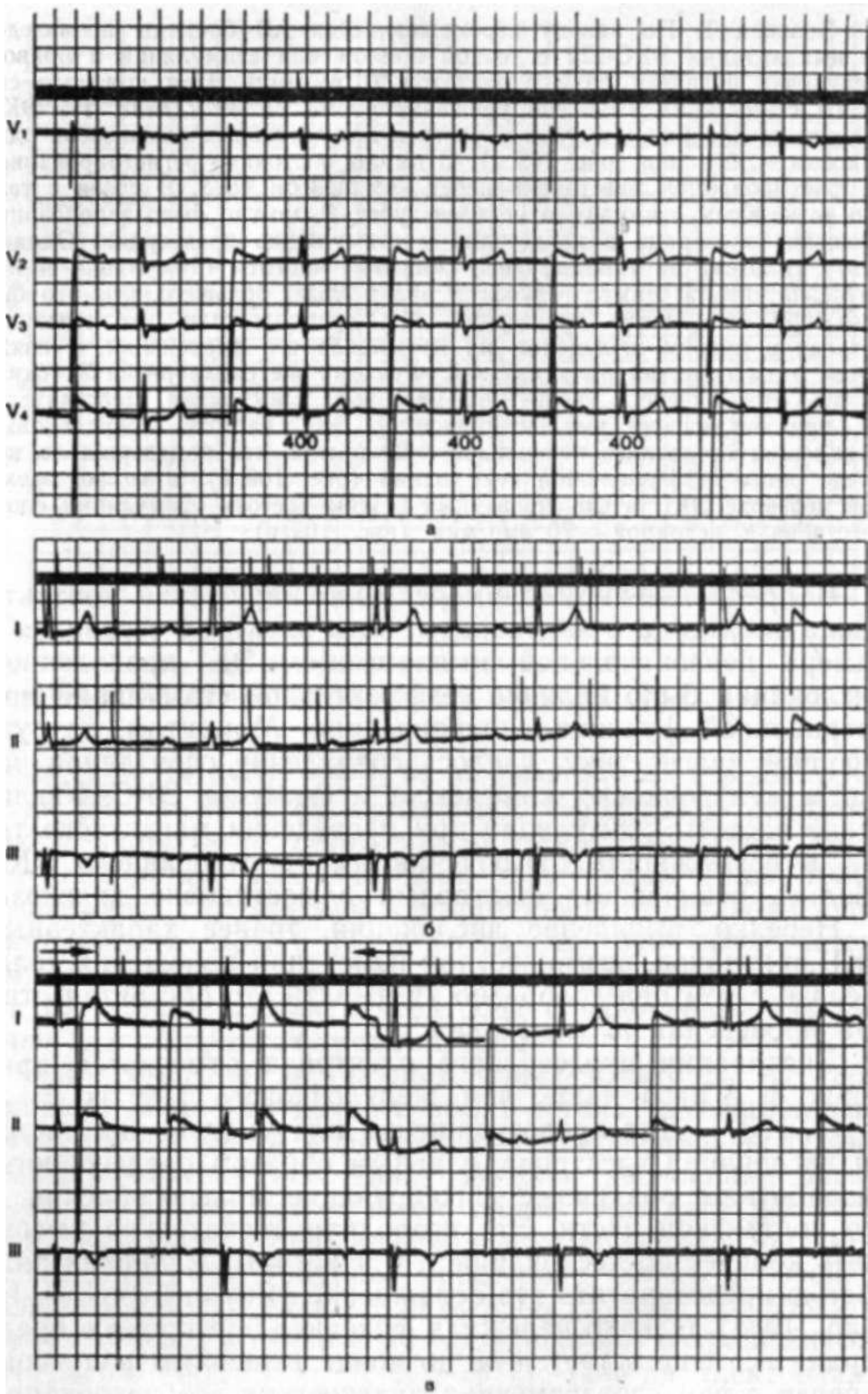
Приводим наблюдение.

Больная Т. По поводу перемежающейся АВ блокады произведена имплантация ЭКС-222 с точкой приложения стимуляции в правом желудочке. Навязан ритм с частотой 70 имп/мин. При контроле системы стимуляции выявлено урежение ритма до 39 уд/мин. На ЭКГ частота следования стимулов и частота желудочковых комплексов одинаковая—39 в мин (рис. 109, а). Стимулы постоянно регистрировались на фиксированном расстоянии перед комплексом *QRS*. В связи с тем, что за каждым стимулом отмечался зубец Р, можно было заподозрить смещение электрода в предсердие и стимуляцию предсердия. Однако в эту гипотезу не укладывалось снижение частоты стимуляции и наличие интервала стимул — зубец Р значительно большего, чем это бывает при стимуляции предсердия. Мы предположили, что электрод остался в правом желудочке, но произошла его дислокация, в связи с чем ритм перестал быть навязан. Функция же синхронизации сохранилась, что привело к увеличению интервала стимуляции. Действительно, при отключении имплантированного ЭКС частота желудочковых комплексов оставалась неизменной — 39 в мин, что подтверждало наличие ранее неэффективной стимуляции (рис. 109, б), в то же время при переводе ЭКС в фиксированный режим частота стимуляции соответствовала исходной — 70 имп/мин (рис. 109, в).

В представленном примере было нарушение контакта конца электрода с эндокардом, хотя электрод оставался в камере первоначальной имплантации. ЭКГ-проявлением дислокации было наличие неэффективной стимуляции при сохраненной функции синхронизации. Моментом, затрудняющим диагностику, явилось совпадение спонтанной частоты желудочковых комплексов и стимулов ЭКС. Увеличение частоты стимуляции при проведении магнитного теста и возможность отключения имплантированного ЭКС явились решающими факторами в постановке диагноза.

Нередко выявление дислокации, точнее характерных ЭКГ признаков, возможно при изменении положения тела, в связи с чем целесообразно учитывать это обстоятельство при проведении исследования.

Дислокация предсердного электрода отмечается примерно в 3 раза чаще, чем желудочкового [Perris E. J. et al., 1981]. Для предотвращения или уменьшения частоты дислокации электрода, главным образом предсердного, разработаны различные фиксирующие приспособления в его контактной части. Это позволило значительно уменьшить количество дислокаций, а в некоторых клиниках полностью предотвратить это осложнение [Янушкевичус З. И. и др., 1984]. Однако надежная фиксация электрода в предсердии все еще остается не до конца решенным вопросом, в связи с чем своевременная диагностика его дислокации является актуальной. ЭКГ картина будет различной в зависимости от стадии дислокации. Возможны следующие варианты: в начальной стадии эффективность стимуляции со-



**Рис. 109. Дислокация электрода в правом желудочке.**

а — синусовый ритм. Частота синусовых комплексов и частота стимуляции одинаковая — 39 в 1 мин. Интервал *P—Q* увеличен до 400 мс. Функция синхронизации сохранена; б — отключение имплантированного ЭКС наружным. Частота стимуляции наружным аппаратом 88 имп/мин, частота синусового ритма не меняется — 39 уд/мин; в — перевод имплантированного ЭКС в фиксированный режим. Период наложения магнита отмечен стрелками. Частота стимуляции 70 имп/мин, частота синусового ритма не изменилась.

храняется, но происходит нарушение чувствительности (рис. ПО), в дальнейшем стимуляция становится неэффективной и сочетается с нарушением или потерей чувствительности (рис. 111). Наличие неэффективной стимуляции в сочетании с потерей чувствительности может быть и при нарушении в электронной схеме ЭКС, отличительным признаком дислокации является неизменная (по сравнению с базовой) частота стимуляции. При использовании бифокальных ЭКС диагностика дислокации электрода становится более трудной, точнее более трудной делается трактовка (оценка) ЭКГ картины. Например, дислокация предсердного электрода приводит к нарушению чувствительности и, как следствие этого, — к потере синхронизации между деятельностью предсердий и желудочков. На рис. 112 представлены ЭКГ при дислокации предсердного электрода.

Перфорация миокарда электродом встречается в 2—7% случаев от общего количества первичных имплантаций [Barold S. S. et al., 1969; Furman S. et al., 1969; Bernstein V. et al., 1971]. Чаще всего перфорация миокарда диагностируется во время операции, но может быть и поздняя перфорация, спустя различное время после установки электрода. Описана перфорация в сроки от нескольких дней до нескольких лет после операции [Ramirez M. et al., 1982; Pieniak M. et al., 1983]. Нередко перфорация миокарда не вызывает гемодинамических нарушений и клинически может не проявляться. В литературе имеются сообщения о многолетней эффективной стимуляции при перфорации желудочка, выявленной только на вскрытии [Harthorne J. W., 1977; Ramirez M. et al., 1982].

Проявления перфорации на ЭКГ зависят от места смещения электрода. Если электрод находится в полости перикарда, то стимуляция будет неэффективной, функция синхронизации частично или полностью нарушенной. При перфорации межжелудочковой перегородки и смещении электрода в левый желудочек стимуляция может быть частично или полностью неэффективной. Характерным признаком перфорации является изменение направления вектора и морфологии ИЖК. Появление выраженных зубцов *R* в правых грудных отведениях одновременно с правограммой свидетельствует о стимуляции левого желудочка вследствие перфорации межжелудочковой перегородки. Приводим случай диагностики перфорации межжелудочковой перегородки концом электрода

<sup>1</sup> Данное наблюдение было опубликовано в журнале «Кардиология» [Григоров С. С., Каик Ю. Л., Карпов Ю. Г., 1983, № 5].

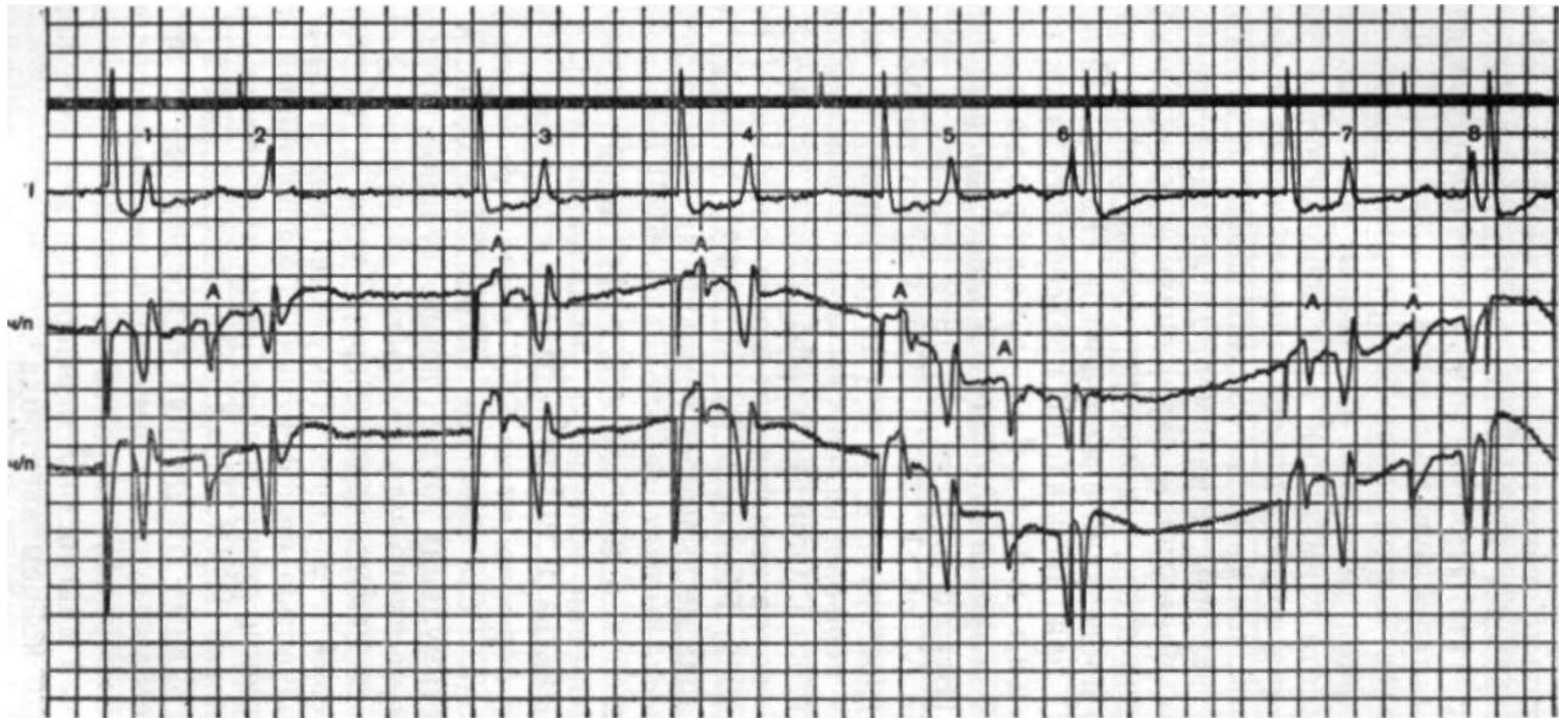


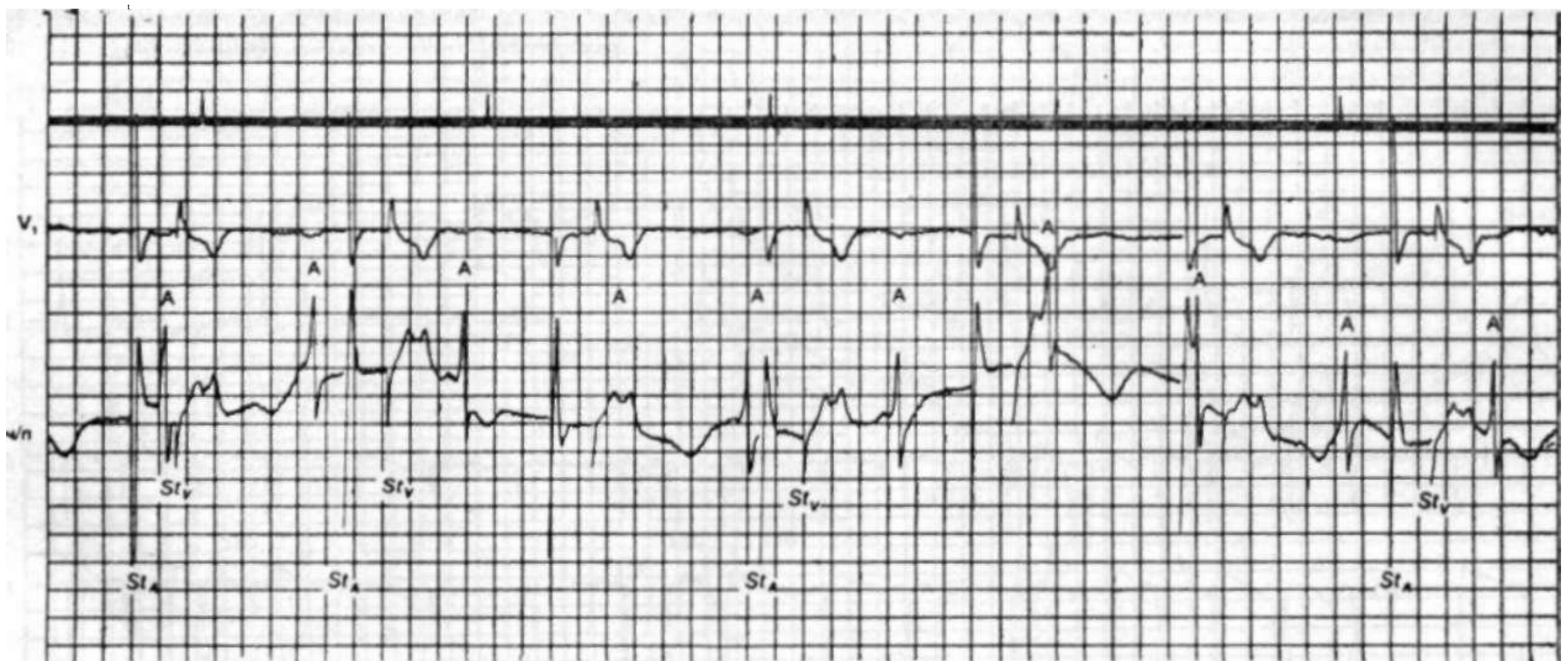
Рис. 10. Стимуляция предсердий. Нарушение функции чувствительности.

Первый канал — запись I отведения, второй и третий каналы — запись с чреспищеводного электрода. Ритм навязан на предсердие, интервал стимуляции 700 мс. Комплексы 2, 6, 8 — спонтанные, чувствительность к зубцу *P* нарушена: в спонтанном комплексе 2 ЭКС воспринял зубец *R* и после него с интервалом в 700 мс нанес очередной стимул, спонтанные комплексы 6 и 8 не были восприняты ЭКС, в связи с чем стимуляция осуществляется в фиксированном режиме. Зубец *A* — потенциал предсердий.



Рис. 111. Дислокация предсердного электрода.

Ритм на предсердие не навязан (после стимула зубец *P* не регистрируется, интервал *St — QRS* различный). Интервал стимуляции 720 мс. Чувствительность к зубцу *P* нарушена. В спонтанных комплексах 5, 8 и 12 ЭКС воспринимает зубец *R* и после него с интервалом 720 мс следует очередной стимул.



**Рис. 112. Дислокация предсердного электрода. ЭКС типа DDD.**

Верхний канал — отведение  $V_1$  нижний канал — запись с чреспещеводного электрода (ч/п). Предсердный потенциал обозначен буквой *A*. Ритм на предсердие не навязан. Это хорошо видно при регистрации чреспещеводной электрограммы: после стимула зубец *A* не регистрируется. Стимуляция желудочков происходит асинхронно с сокращениями предсердий.

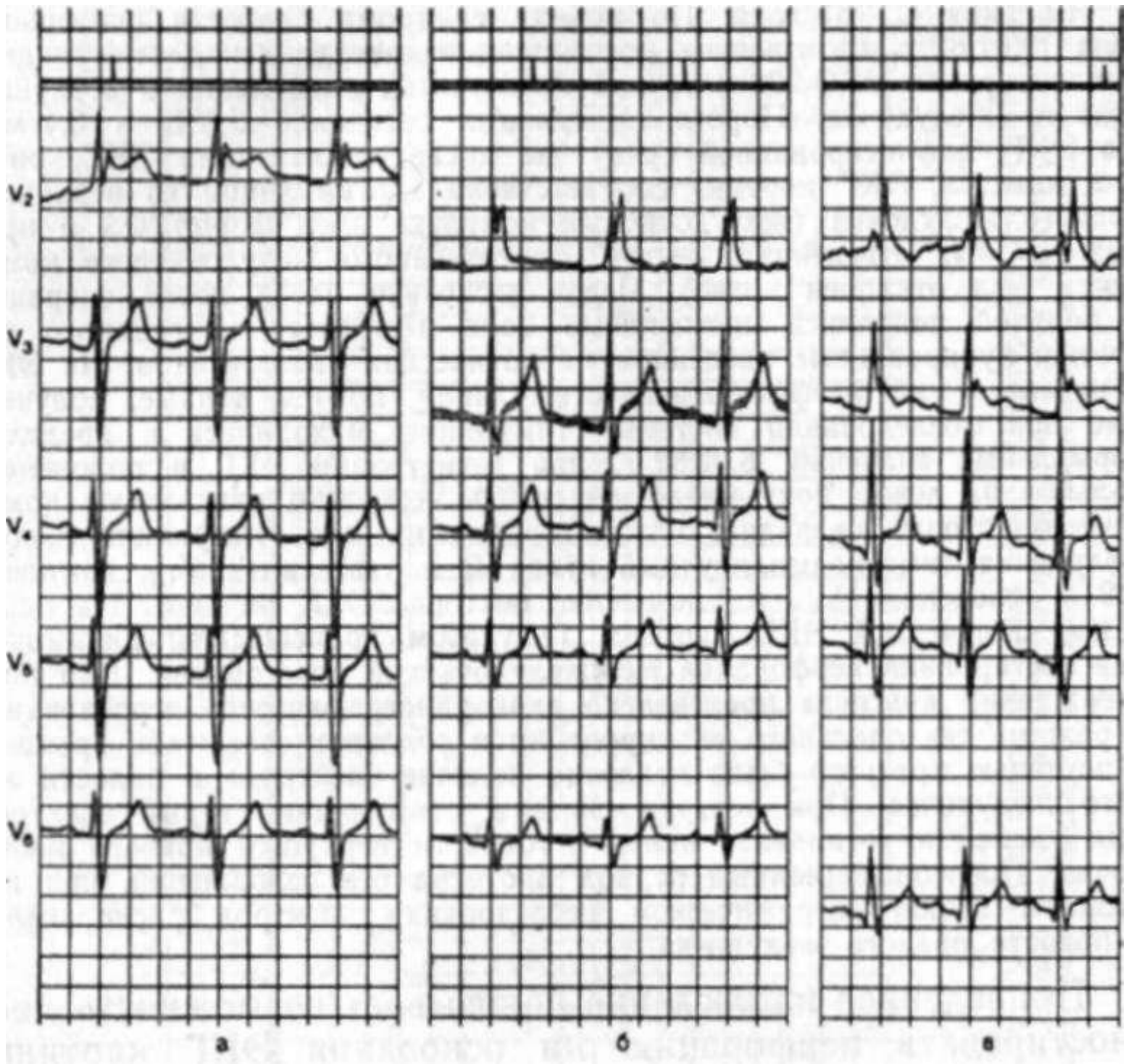
Вольная С, 61 года. По поводу синдрома слабости синусового узла 19.01.82 г. произведена постоянная эндокардиальная стимуляция, имплантирован ЭКС-222 с точкой приложения стимуляции в верхушке правого желудочка. Пороги стимуляции составили 0,3 В и 0,4 мА. На ЭКГ, зафиксированной сразу же после имплантации ЭКС, ритм был навязан, ЭКГ картина соответствовала стимуляции из верхушки правого желудочка (желудочковый комплекс имел форму  $QS$  в правых грудных отведениях, вектор искусственного желудочкового комплекса был отклонен влево). Через несколько часов после операции у больной появились интенсивные боли в области мечевидного отростка, купированные введением наркотических анальгетиков. На ЭКГ отмечалась уже неэффективная стимуляция, причем данные, полученные при обследовании системы стимуляции, находились в пределах нормальных значений. 5.02.82 г. при регистрации ЭКГ в положении больной на левом боку удалось выявить несколько навязанных комплексов, которые оказались патогномичными для стимуляции левого желудочка (высокоамплитудный зубец  $R$  в отведениях  $V_{i,2}$ , комплекс  $QS$  в отведениях  $V_{s,6}$  и отклонение вектора ИЖК вправо). На основании полученной ЭКГ картины (с учетом происшедшей динамики) диагностирована перфорация межжелудочковой перегородки. Для подтверждения диагноза произведено эхокардиографическое исследование в режиме секторального сканирования в реальном масштабе времени, с помощью которого было доказано наличие электрода в полости левого желудочка. При ревизии системы стимуляции старый электрод был удален и установлен новый в области верхушки правого желудочка. Послеоперационный период протекал без осложнений, при повторном эхокардиографическом исследовании электрод располагался в полости правого желудочка.

Приведенное наблюдение показывает возможность диагностировать перфорацию на основании ЭКГ картины. В данном случае изменилась точка приложения стимуляции, что и обусловило появление характерных изменений. Однако следует помнить, что наличие картины блокады правой ножки пучка Гиса может наблюдаться и при стимуляции коронарного синуса и даже при нормальной стимуляции из верхушки правого желудочка при исходно нарушенной внутрижелудочковой проводимости (см. главу I).

В случае, когда электрод остается в правом желудочке, пенетрируя или перфорируя миокард, в клинической картине можно отметить возникновение стимуляции межреберных или диафрагмальных мышц, а из ЭКГ признаков — изменение конечной части спонтанного желудочкового комплекса в сочетании с неэффективной стимуляцией.

На рис. 113 представлены изменения конечной части спонтанного желудочкового комплекса в случае перфорации миокарда электродом. В первые часы после операции отмечался подъем сегмента  $ST$  в отведении  $V^2$ , в дальнейшем интервал  $ST$  стал изоэлектричен, произошло формирование отрицательного зубца  $T\%$  и значительное снижение амплитуды  $T\%$ .





**Рис. 113. Перфорация миокарда электродом. Объяснение в тексте.**

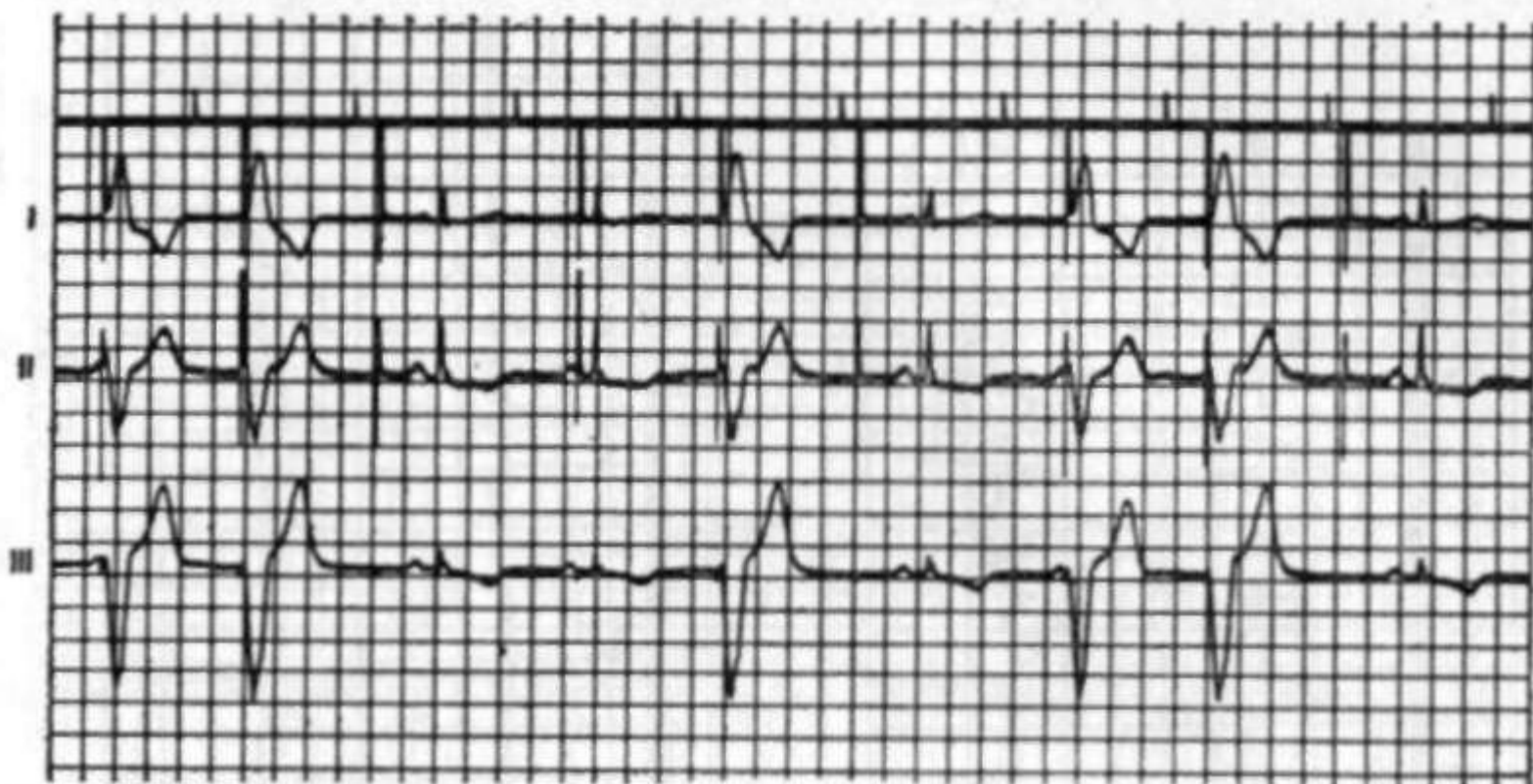
**а — через 1 ч после операции; б — через 5 ч после операции; в — через 17 ч после операции.**

Таким образом, дислокация эндокардиального электрода характеризуется определенной ЭКГ картиной, причем имеется ряд особенностей при дислокации желудочкового и предсердного электродов.

Для дислокации желудочкового электрода (при сохранении его в полости правого желудочка) характерны неэффективная или интермиттирующая стимуляция, функция синхронизации, как правило, сохранена, изменение конфигурации ИЖК, изменение направления вектора ИЖК.

Для дислокации желудочкового электрода (при смещении его в верхнюю или нижнюю полые вены) характерна неэффективная стимуляция в сочетании с потерей функции синхронизации.

Для дислокации желудочкового электрода (при смещении его в полость левого желудочка) характерны наличие



**Рис. 114.** Нарушение контакта ЭКС — электрод. Чередование навязанных комплексов с безответными стимулами. Функция синхронизации сохранена.

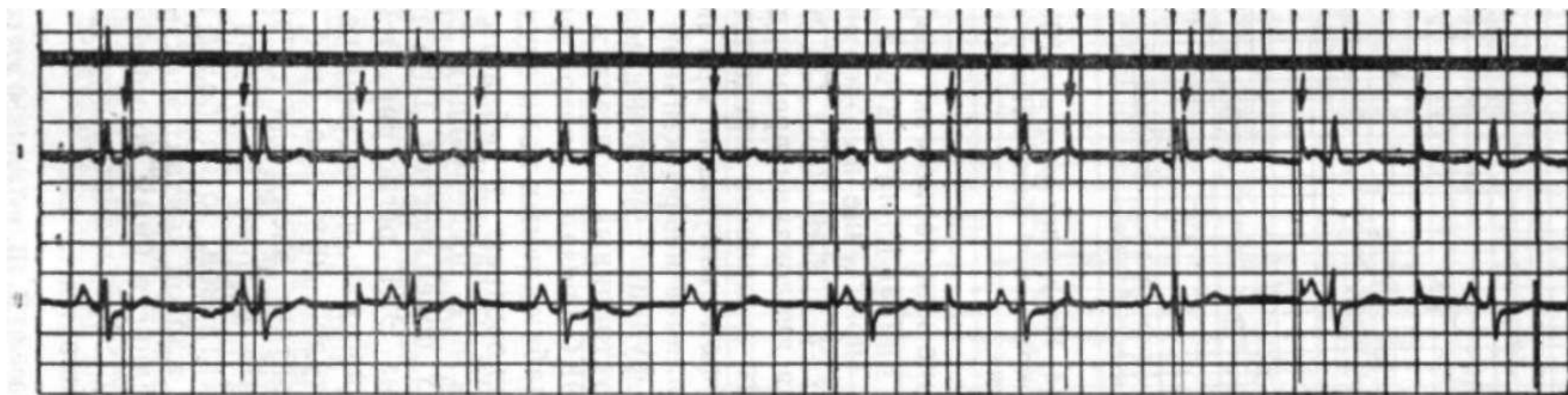
частично или полностью неэффективной стимуляции, изменение направления вектора ИЖК, изменение морфологии ИЖК (появление высокоамплитудного зубца *R* в отведениях  $V^{1-2}$  и комплекса *QS* в отведениях  $V^{5-6}$ ).

Для дислокации предсердного электрода (при сохранении его в полости предсердия) характерны наличие эффективной стимуляции при потере функции чувствительности, наличие неэффективной стимуляции в сочетании с потерей функции чувствительности.

Неустойчивый контакт в месте прикрепления электрода к ЭКС связан с плохой фиксацией электрода в аппарате. В наблюдаемых нами случаях это часто сопровождалось проникновением в область контакта интерстициальной жидкости с последующим развитием коррозии контактируемых поверхностей. При плохом контакте электрода с ЭКС на ЭКГ регистрируется неэффективная стимуляция (частично или полностью) часто в сочетании с измененной амплитудой импульса (рис. 114). Иногда выявить плохой контакт электрода с ЭКС удастся путем смещения аппарата в ложе. Если при этом стимуляция становится неэффективной, то наиболее вероятной причиной этого является плохой контакт электрода с ЭКС. В отдельных случаях единственным проявлением плохого контакта электрода с ЭКС является нарушение функции синхронизации.

Приводим пример.

**Больная К.** В июле 1980 г. по поводу синдрома слабости синусового узла произведена имплантация ЭКС-222 с точкой приложения



**Рис. 115. Нарушение контакта ЭКС — электрод.**

**а** - чередование синусовых и навязанных комплексов, комплекса от искусственно вызванного прослеживается ЭКС путем стимуляции грудной стенки наружным синусовый ритм с частотой 60 уд/мин.

Функция синхронизации нарушена. По мере удаления спонтанного отчетливая регистрация зубца *P*; **б** — отключение имплантированного аппарата. Стрелки — стимулы от наружного ЭКС Регистрируется



**Рис. 116.** Нарушение в системе стимуляции, обусловленное высоким порогом. Правильное чередование навязанных комплексов с безответными стимулами. При ревизии системы стимуляции порог был равен 8,0 В. При перестановке электрода в другое место порог стимуляции составил 0,5 В и ритм стал стабильно навязанным.

стимуляции в правом желудочке. При контроле системы стимуляции в июле 1985 г. отмечено чередование синусовых и навязанных комплексов, функция синхронизации нарушена (рис. 115,а). Длительность импульса и величина амплитуды артефакта, измеренные на анализаторе, в пределах нормы. При стимуляции стенки грудной клетки наружным аппаратом имплантированный ЭКС переходил в режим запрета (рис. 115,б), т. е. потеря R-выделительной функции была обусловлена не нарушением электронной схемы аппарата и не нарушением целостности электрода, поскольку ритм был навязан, а снижением чувствительности к зубцу R в результате повышения сопротивления в цепи стимуляции.

**Повышение порога стимуляции.** Под порогом электрической стимуляции сердца подразумевается минимальная амплитуда импульса, необходимая для активации миокарда. Различают порог стимуляции по току, который определяется силой тока в цепи стимуляции, и порог стимуляции по напряжению, который определяется напряжением, приложенным к имплантированным электродам. Острый порог, т. е. порог стимуляции, сразу же после имплантации электрода равен при эндокардиальной стимуляции в среднем 0,8—2,1 мА по току и 0,7—1,3 В по напряжению. Порог стимуляции не является постоянной величиной. Известно, что в первые 10—15 дней после имплантации порог стимуляции повышается, достигая 3,5—4,5 В. Фиброзная ткань, которой покрывается конец электрода, отделяет его от мышечной ткани, обладающей

большой проводимостью. Спустя примерно 2 нед. порог стимуляции снижается и через 2—3 мес (после окончательного формирования соединительнотканной капсулы вокруг конца электрода) стабилизируется. Среднее значение хронического порога при эндокардиальной стимуляции составляет 1,9 В по напряжению и 2 мА по току.

При нарушении в системе стимуляции целесообразно проводить сопоставление порога, измеренного по току и по напряжению. При этом возможны следующие варианты: нормальное значение порога по току и по напряжению указывает на хорошую позицию и нормальное состояние электрода; высокое значение порога по напряжению при нормальном значении по току указывает на повышенное электрическое сопротивление в системе стимуляции, вызванное либо нарушением целостности электрода, либо плохим контактом электрода с ЭКС; высокий порог по току при нормальном значении по напряжению может быть вызван утечкой тока при нарушении изоляции электрода; высокие значения порога по току и по напряжению наблюдаются чаще всего при неудовлетворительном положении электрода или при выраженном развитии соединительной ткани вокруг электрода.

Изменение порога (приводящее к нарушению стимуляции) может быть обусловлено двумя основными причинами: дислокацией электрода или факторами, не связанными с недостатками хирургической техники (влиянием медикаментов, состоянием электролитного баланса, повышением концентрации сахара в крови и др.).

ЭКГ проявлением высокого порога является неэффективная или интермиттирующая стимуляция, причем достаточно характерным признаком является правильное чередование навязанных комплексов с безответными стимулами (рис. 116). Таким образом, ЭКГ проявления высокого порога стимуляции аналогичны тем, которые отмечаются при дислокации электрода, поэтому диагноз повышения порога, как причины неэффективной стимуляции, ставится преимущественно на основании исключения других нарушений в системе стимуляции.

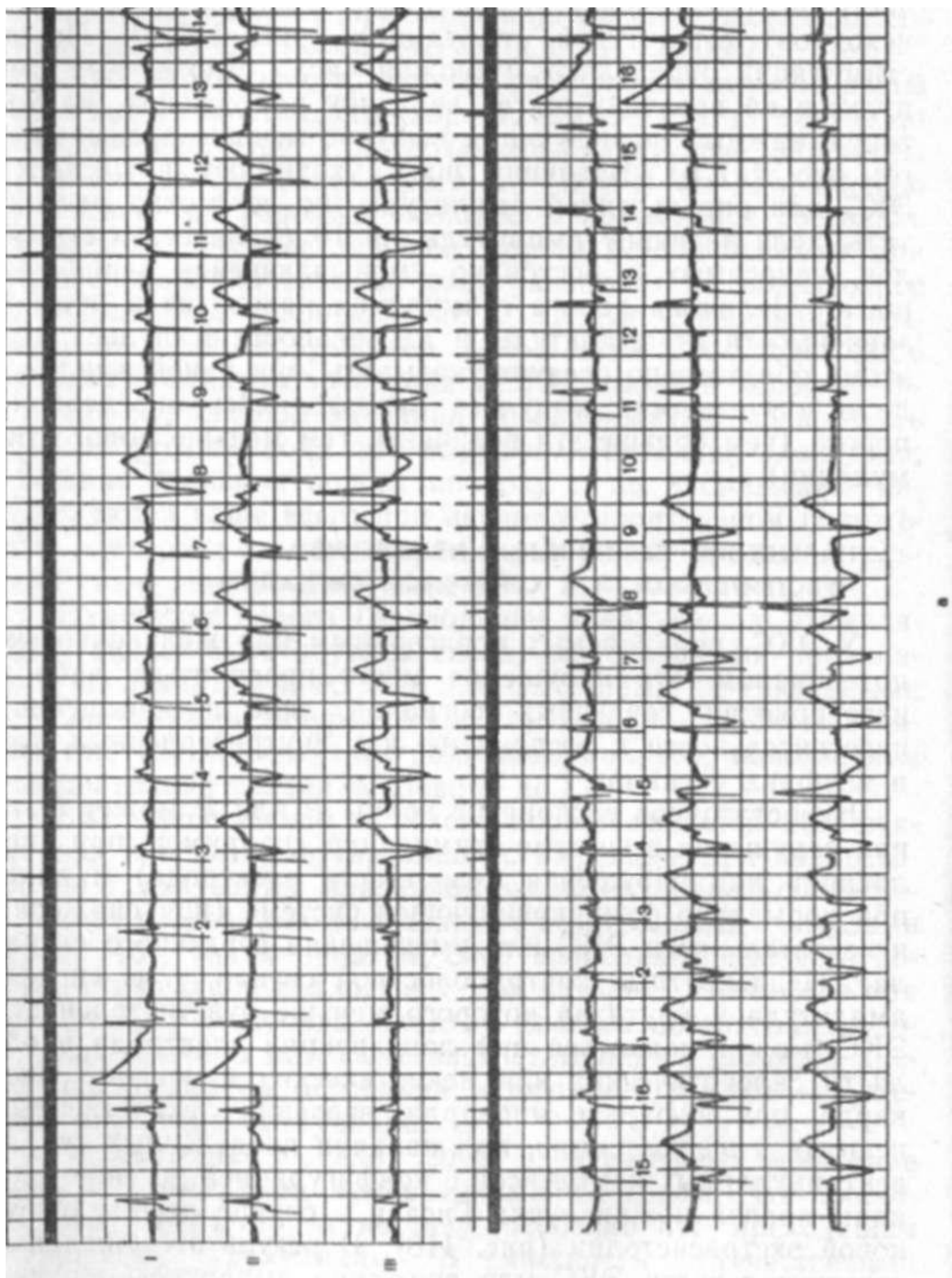
В некоторых моделях ЭКС предусмотрено измерение порога стимуляции неинвазивным способом, что значительно облегчает диагностику, особенно при преходящем нарушении стимуляции. В частности, отечественный ЭКС-500 позволяет неинвазивно определить порог стимуляции путем проведения Vario-теста. Тест заключается в следующем: магнитом ЭКС переводится в фиксирован-

ный режим работы и происходит заданный цикл стимуляции (32 комплекса). Первые 16 комплексов следуют с частотой 100 имп/мин и служат для определения состояния источника питания, вторые 16 комплексов следуют с частотой 120 имп/мин и постоянно уменьшающейся (от исходной) амплитудой стимуляции (рис. 117, а). Порог стимуляции определяют, умножая число безответных импульсов на величину шага (величину напряжения, на которую каждый последующий импульс меньше предыдущего; рис. 117, б). Величину шага указывают в паспорте ЭКС для определенной амплитуды, но ее можно рассчитать, деля величину амплитуды на 16 (количество стимулов, наносимых с постоянно уменьшающейся величиной шага). Величина порога стимуляции находится в прямой зависимости от амплитуды и длительности импульса, поэтому обязательно следует указывать, при какой амплитуде и длительности импульса производилось определение порога (чем больше эти величины, тем меньше порог стимуляции).

#### **НАРУШЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕНЕНИЕМ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К СЕРДЕЧНЫМ СИГНАЛАМ**

У ЭКС, управляемых предсердным или желудочковым потенциалом, эти нарушения могут проявляться либо в невосприятии сердечных сигналов, либо в повышенной чувствительности к восприятию как внутрисердечных, так и внешних сигналов.

Недостаточное восприятие волны *P* или *R* может быть при нарушении в системе стимуляции (например, при дислокации или нарушении целостности электрода) и даже при нормально функционирующей системе (при снижении чувствительности ЭКС или уменьшении сердечного сигнала). Неадекватный внутрисердечный сигнал, т. е. сигнал, амплитуда и крутизна которого меньше чувствительности ЭКС, может появиться при локализации электрода в области склеротических или некротических изменений миокарда, при инфаркте миокарда, введении лекарственных веществ, гиперкалиемии, при наличии проведенных суправентрикулярных комплексов с конфигурацией по типу блокады правой ножки пучка Гиса и в случае левожелудочковой экстрасистолии (рис. 118). В результате снижения чувствительности ЭКС или снижения амплитуды внутрисердечного сигнала наступает нарушение синхронизации, что может привести к возникновению конкуренции ритмов.



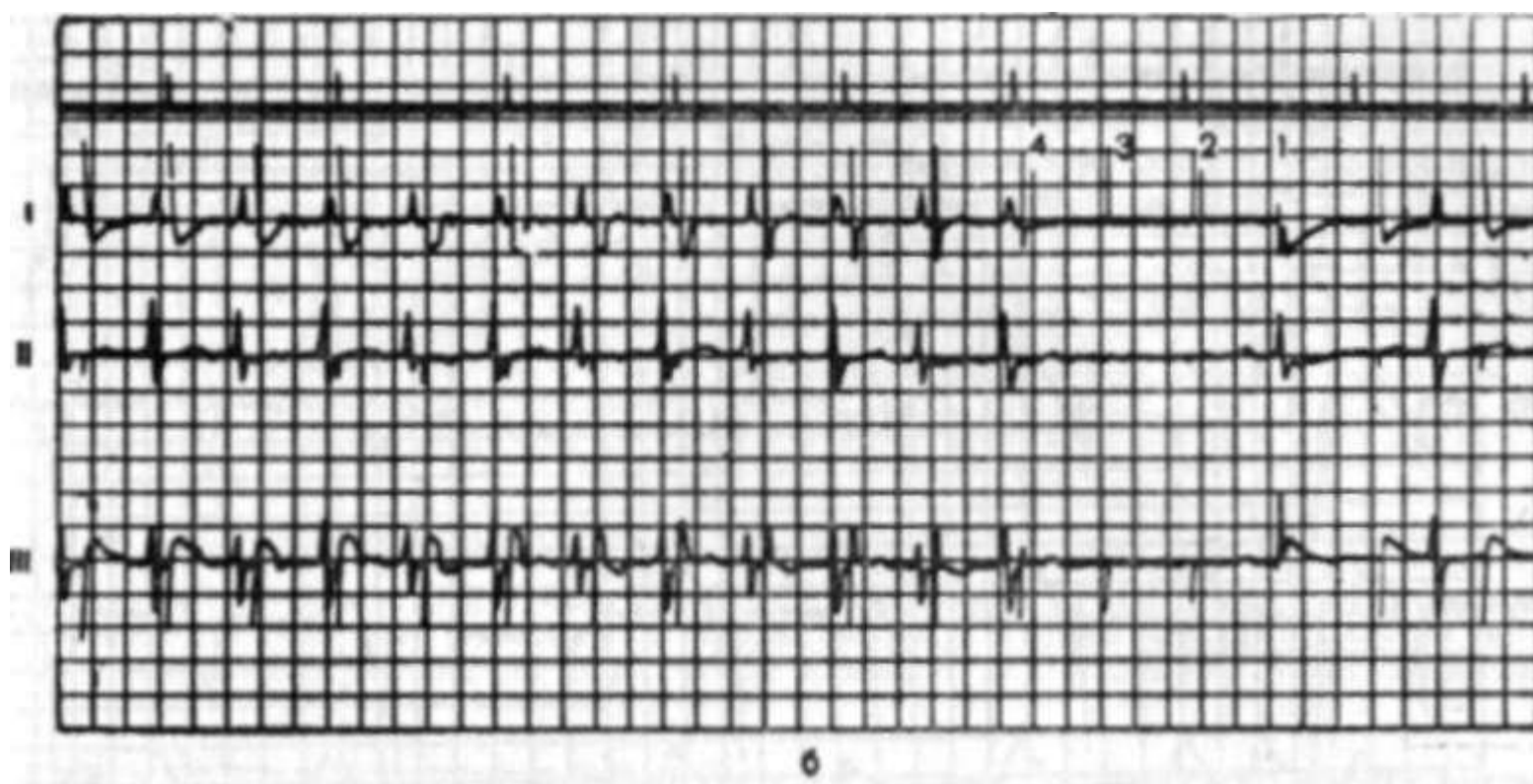


Рис. 117. Определение порога стимуляции.

а — при нахождении электрода в правом желудочке.

Вторые 16 комплексов следуют с частотой 120 имп/мин и постоянно уменьшающейся амплитудой стимуляции. На этом фоне периодически регистрируются спонтанные комплексы. Стимулы, начиная с десятого, не вызывают возбуждения желудочков, т. е. имеется 7 безответных стимулов. Величина порога стимуляции равна  $7 \times 0,15 = 1,05$  В.  $0,15$  В — величина шага при амплитуде импульса 2,5 В.

б — при нахождении электрода в правом предсердии.

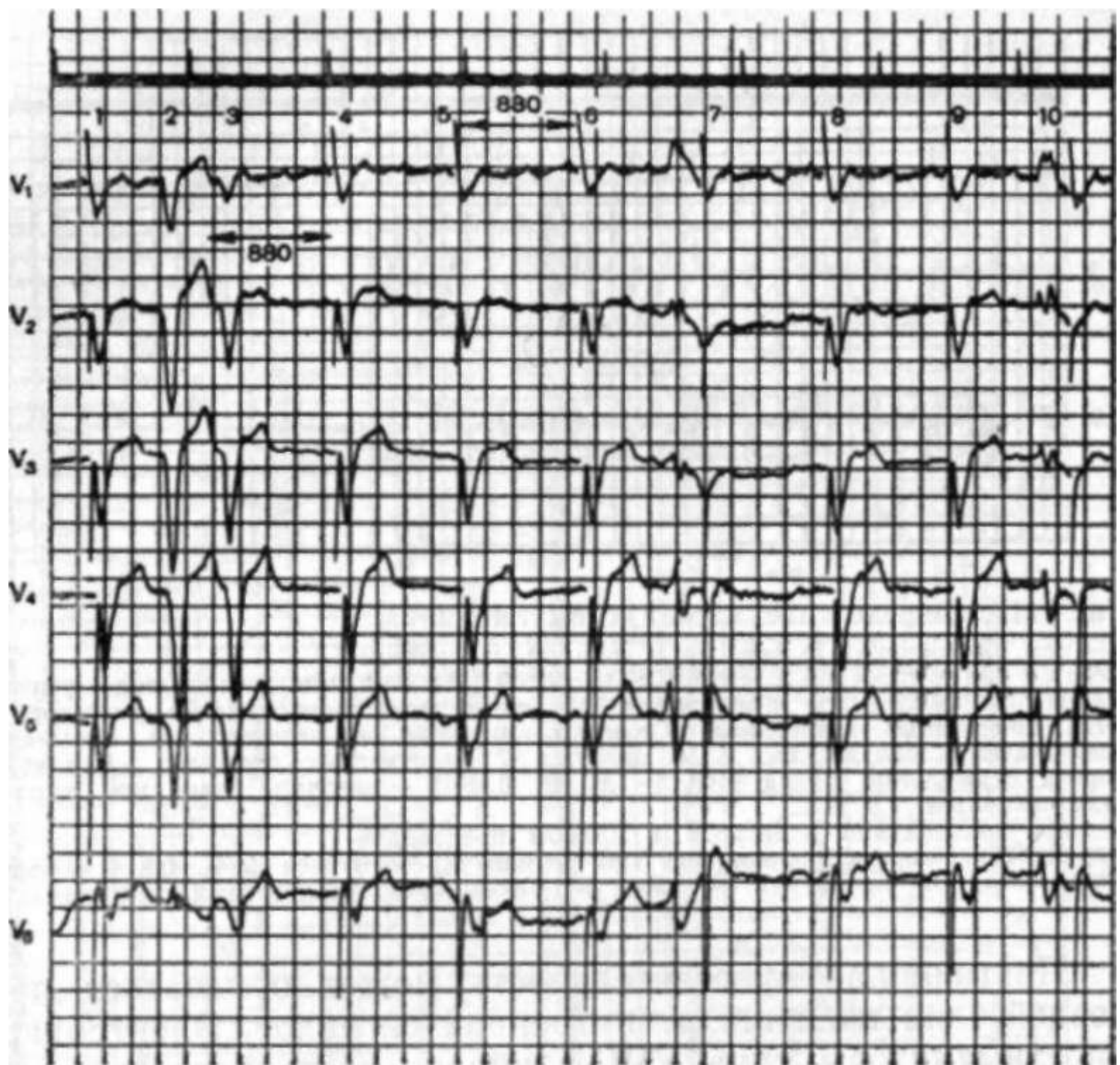
Определение порога проводилось при амплитуде импульса 5 В.  $0,3$  В — величина шага при амплитуде импульса 5 В, количество безответных стимулов — 4.

Повышенная чувствительность может отмечаться при воздействии внешних и внутренних сигналов. Электрокардиостимуляторы типа VVI наиболее часто реагируют на электромагнитные помехи, в результате чего меняется частота стимуляции и отмечается потеря функции синхронизации. Однако воздействие электромагнитных полей проявляется далеко не у всех больных. Так, N. P. Smyth и соавт. (1974) при обследовании 2200 больных только у 10 из них выявили документально доказанное воздействие электромагнитных полей на ЭКС, причем ни в одном случае не было летального исхода или выхода из строя ЭКС.

К воздействию внутренних сигналов относится восприятие волны *P* (при стимуляции из желудочка) и зубца *R* или *Г* (при стимуляции из предсердия). Восприятие волны *P* может наблюдаться при нахождении эндокардиального электрода под трехстворчатым клапаном или при локализации миокардиального электрода вблизи атриовентрикулярной борозды. Так как волна *P* имеет довольно высокую частоту следования, ее восприятие переводит ЭКС в режим запрета на относительно длительный срок. Правда, восприятие волны *P* — весьма редкий феномен.

Восприятие зубца *T* или *U* отмечается чаще, особенно в случаях стимуляции предсердий. На ЭКГ это проявляет-





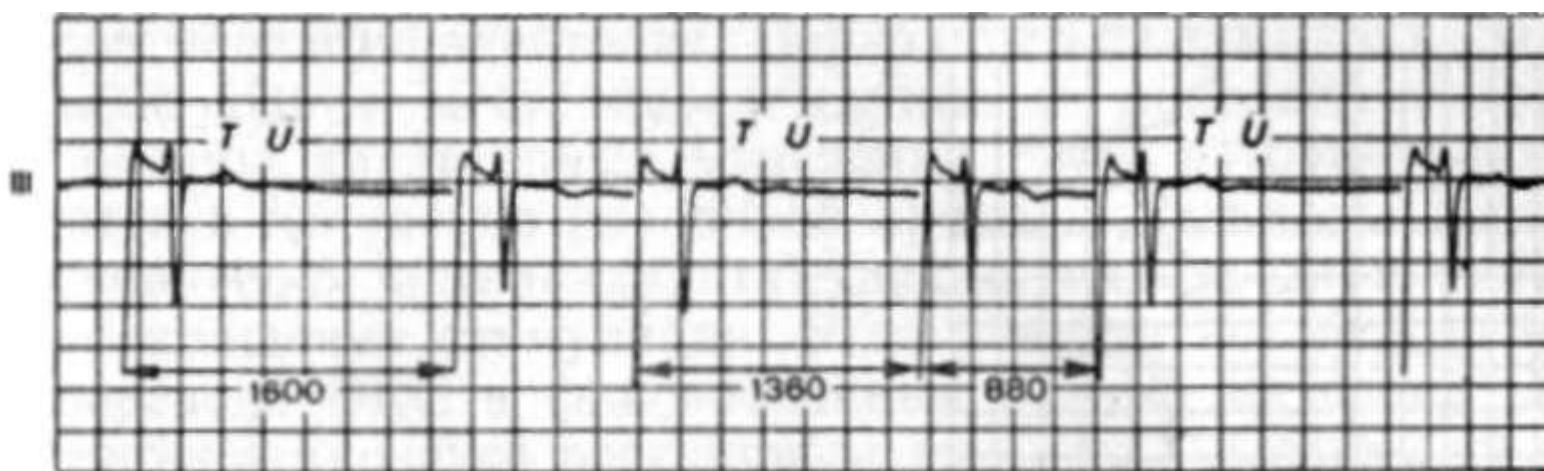
**Рис. 118. Стимуляция правого желудочка в режиме VVI при синдроме Фредерика.**

Комплексы 2, 3 — экстрасистолы из правого желудочка, комплексы 7, 10 — экстрасистолы из левого желудочка.

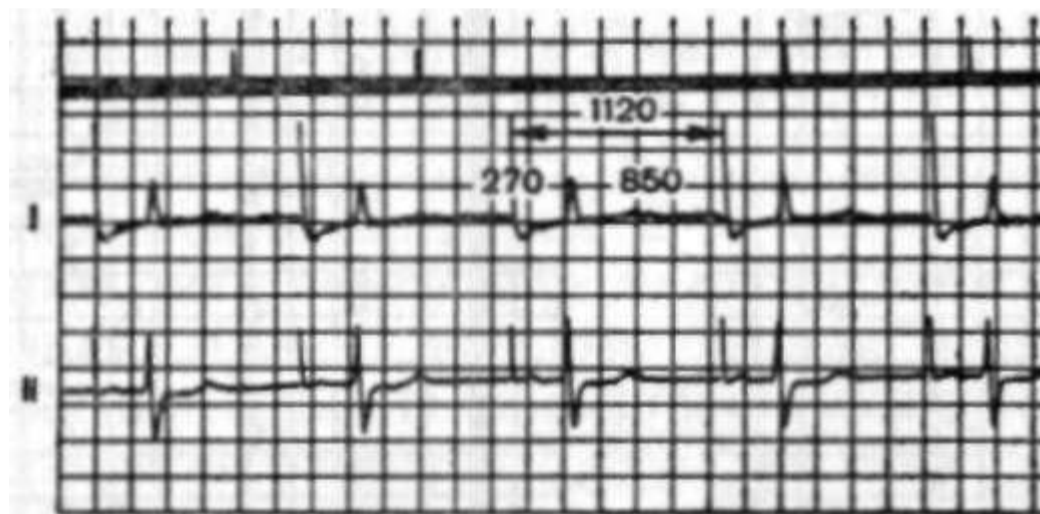
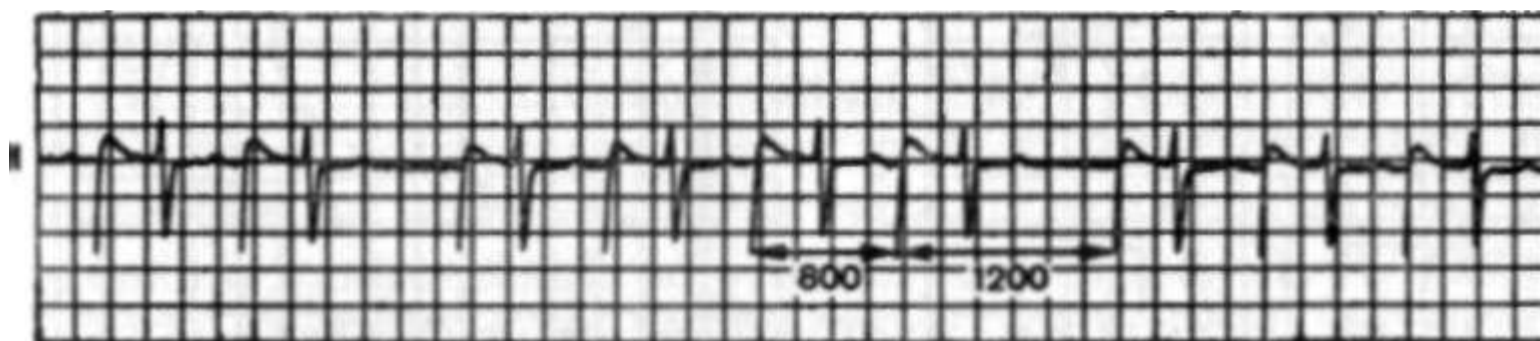
После 3-го комплекса выскакивающий интервал равен интервалу стимуляции и составляет 880 мс, т. е. аппарат воспринял данный спонтанный комплекс. Комплексы 7 и 10 не были восприняты аппаратом.

ся периодическим удлинением интервала между стимулами примерно на 500—600 мс, т. е. на время от начала деполаризации предсердий до окончания деполаризации желудочков (рис. 119). При стимуляции желудочков восприятие волны *T* также может наблюдаться. Оно проявляется увеличением интервала между стимулами на величину интервала *Q—T*. Повышенная чувствительность к волне *T* чаще отмечается в искусственно вызванном комплексе, чем в спонтанном, что может быть связано с более высокой амплитудой волны *T* навязанного комплекса.

При стимуляции предсердий может происходить восприятие ведущего зубца желудочкового комплекса: зубца



**Рис. 119.** Восприятие зубца *T* и *U* при стимуляции предсердий. Интервал стимуляции 880 мс. После деполяризации предсердий очередной стимул должен был бы возникнуть через 880 мс, однако межимпульсный интервал составляет 1360 мс и 1600 мс в связи с восприятием зубца *T* и *U*.



**б**

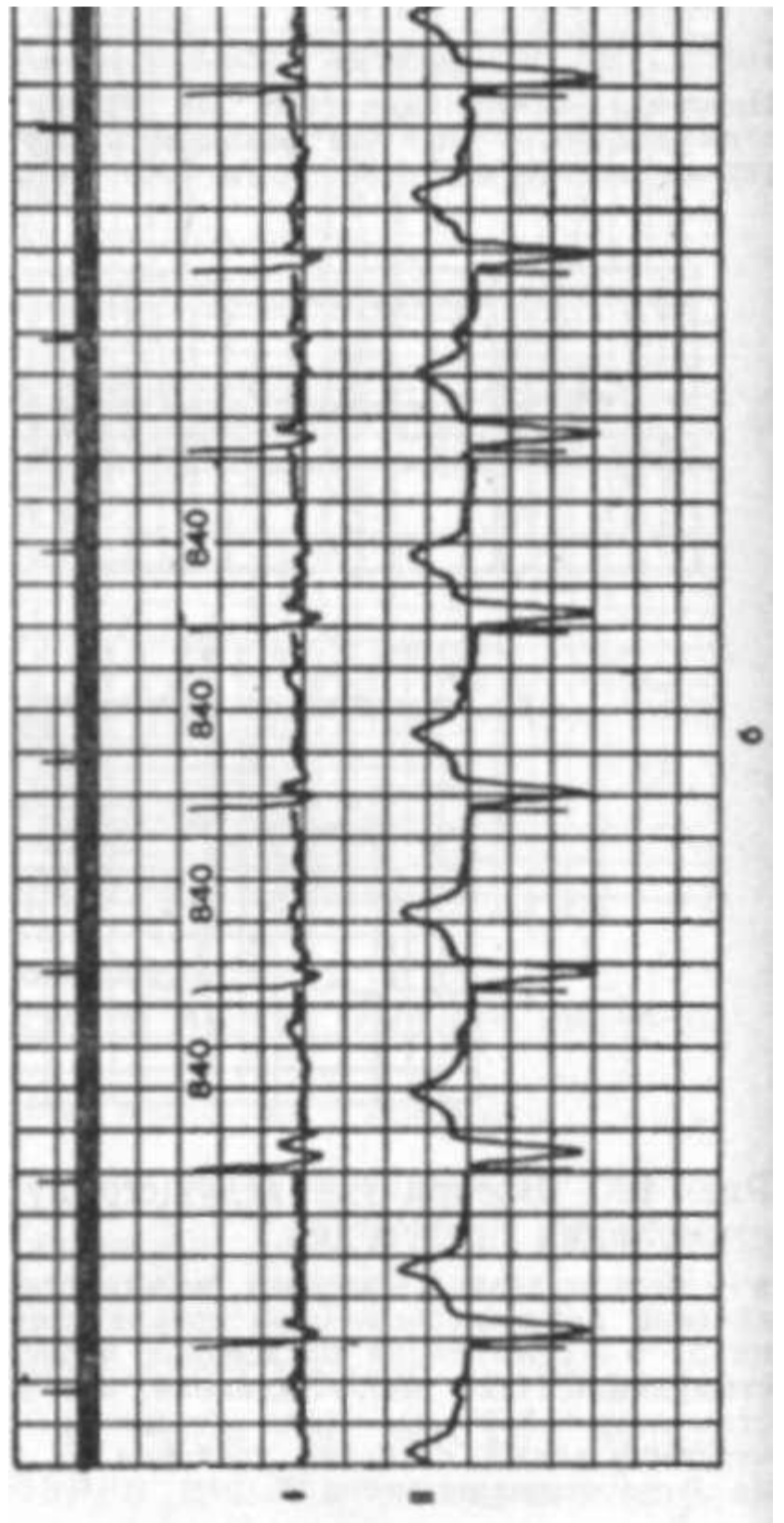
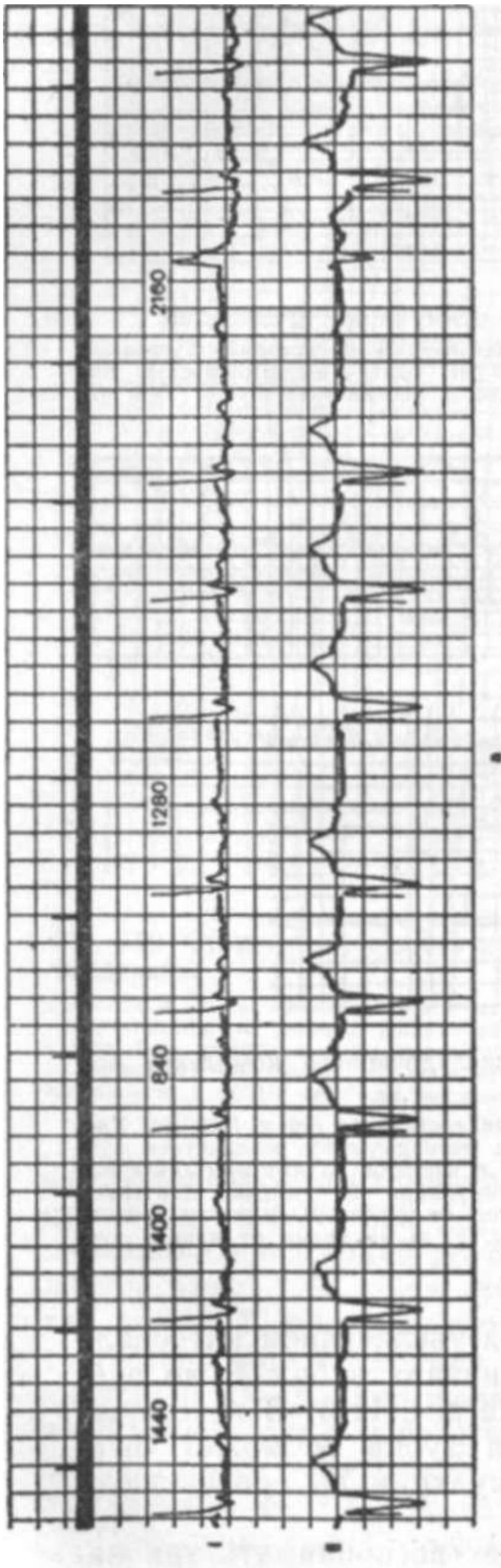
**ч**

**Рис. 120.** Восприятие ведущего зубца желудочкового комплекса при стимуляции предсердий.

**а** — ритм навязан. Интервал между стимулами составляет 800 и 1200 мс. Увеличение межимпульсного интервала связано с периодическим восприятием зубца *S*; **б** — стимуляция предсердий происходит с частотой 53 имп/мин (интервал стимуляции 1120 мс). Заданная частота стимуляции 70 имп/мин (интервал стимуляции 850 мс). Цикл отсчета начинается от волны *R*, в связи с этим межимпульсный интервал увеличен на 270 мс, т. е. на время от начала зубца *P* до вершины зубца *R*.

*R* или *S*. На ЭКГ это проявляется увеличением интервала между стимулами на время от начала зубца *P* до зубца *R* или *S* (рис. 120, а, см. также рис. ПО). В некоторых случаях проявлением восприятия зубца *R* может быть только уменьшение частоты стимуляции по сравнению с заданной (рис. 120, б).

Импантированный ЭКС может воспринимать так называемые контактные сигналы, возникающие при непол-

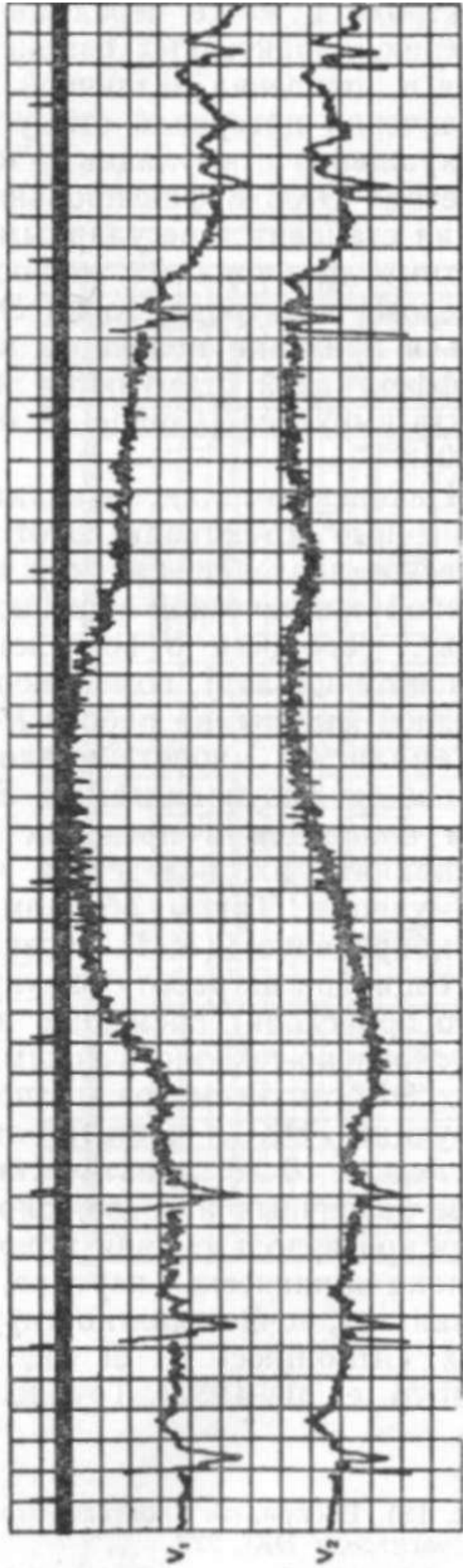
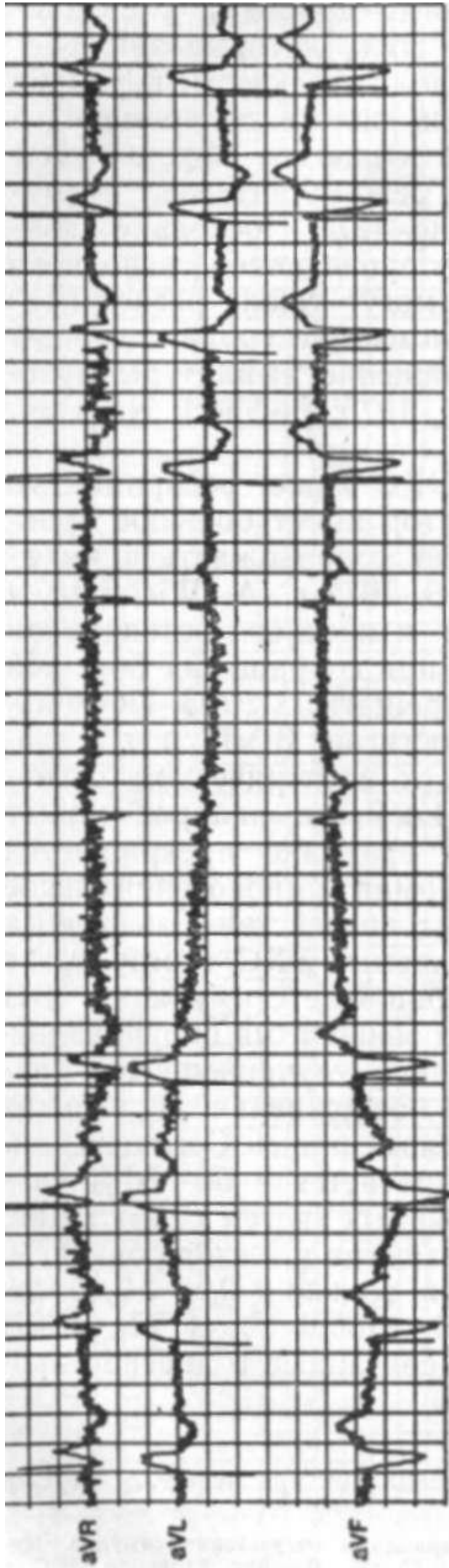


ном переломе электрода. Периодическое замыкание концов электрода в месте перелома иногда приводит к возникновению характерных изменений ЭКГ, которые заключаются в появлении различной продолжительности периодов увеличения интервала стимуляции, вплоть до временного прекращения стимуляции. Уточнить диагноз можно путем перевода ЭКС в фиксированный режим; интервал стимуляции становится регулярным (рис. 121). Поскольку «контактные потенциалы» являются проявлением неполного перелома электрода, то на ЭКГ могут также регистрироваться признаки неполного перелома электрода: периоды неэффективной стимуляции и снижение амплитуды артефакта импульса [Coumel P. et al., 1975; El-Sherif N. et al., 1980].

Наконец, имплантированный ЭКС может воспринимать мышечные потенциалы. Этот фактор имеет большое практическое значение, так как может сопровождаться выраженной клинической картиной. В 1972 г. А. Wirtzfeld и соавт. сообщили о воздействии мышечных потенциалов (миопотенциалов), возникающих при сокращении большой грудной мышцы, на работу R-запрещаемых ЭКС. Поскольку амплитуда миопотенциалов достигает 3 мВ, а чувствительность биоуправляемых ЭКС к электрическим сигналам находится в пределах 2—4 мВ, то аппарат может воспринять их, вследствие чего временно прекращается стимуляция. Таким образом, термин «миопотенциальное ингибирование» (МИ) обозначает воздействие мышечных потенциалов на работу биоуправляемых ЭКС в результате чего происходит временное прекращение стимуляции. МИ обусловлено технологическими особенностями биоуправляемых ЭКС и, несмотря на постоянно улучшающуюся конструкцию ЭКС, частота этого осложнения в течение последних 10 лет практически не изменилась. Согласно данным различных авторов, оно встречается в 50—83% случаев при использовании монополярных систем стимуляции, однако клиническая картина, связанная с ингибированием, возникает, точнее диагностируется, только у 0,5—5% больных [Antoniucci D. et al., 1981; Gobbi F. et al., 1981; Jost M. et al., 1982]. Трудности, связанные с диагностиро-

**Рис. 121. Восприятие «контактных» потенциалов при неполном переломе электрода ЭКС-222.**

а — навязанные комплексы чередуются с периодами отсутствия стимулов. Интервал стимуляции колеблется от 840 до 2160 мс; б — при переводе ЭКС в фиксированный режим интервал стимуляции стабильный и составляет 840 мс.



ванием МИ, обусловлены тем, что в большинстве случаев ЭКГ во время контрольного осмотра оказывается нормальной. Подавление биоуправляемого ЭКС миопотенциалами следует предполагать, если больной жалуется на приступы головокружения (вплоть до потери сознания), связанные с какими-либо определенными движениями рукой (при глажении белья, зашнуровывании ботинок, доставании вещей из внутреннего кармана пиджака, использовании терки и т. д.). При подозрении на МИ, помимо тщательного расспроса больного, рекомендуется проведение провокационных тестов, механизм которых сводится к напряжению той или иной группы мышц. Напряжение большой грудной мышцы происходит при сильном вытягивании руки вдоль туловища, прижатии руки, согнутой в локте, к туловищу, упоре рукой о твердую горизонтальную поверхность, сжатии кисти в кулак и т. д. Помимо воздействия большой грудной мышцы, находящейся в непосредственной близости от аппарата, имеются сообщения о влиянии других мышц, в частности прямой мышцы живота и диафрагмы, на работу имплантированных ЭКС [Barold S. et al<sup>M</sup> 1983]. Считается, что возникновение при глубоком вдохе пауз, превышающих 450 мс, характерно для ингибирования мышцами диафрагмы.

Поскольку возникновение МИ во время различных провокационных движений колеблется от 3,2 до 77%, то вероятность его выявления находится в прямой зависимости от разнообразия выполняемых движений. На ЭКГ при миопотенциальном ингибировании можно зафиксировать исчезновение очередных импульсов ЭКС, что соответствует переходу аппарата в режим запрета. На этом фоне спонтанная активность желудочков может сохраняться (рис. 122, а) или полностью отсутствовать (рис. 122, б). Следует отметить, что факт прекращения стимуляции при выполнении провокационных тестов не может считаться строго специфичным для МИ, поскольку активные движения рукой могут выявить нарушения в системе стимуляции, обусловленные другими причинами: нарушением целостности электрода, его дислокацией или нарушением контакта электрода с ЭКС. Характерным признаком для МИ явля-

**Рис. 122. Ингибирование ЭКС-222 мышечными потенциалами.**

а — после четвертого навязанного комплекса стимулы от ЭКС отсутствуют в течение 4 с. На этом фоне регистрируется спонтанная желудочковая активность; б — после третьего навязанного комплекса стимулы ЭКС не регистрируются, спонтанная желудочковая активность отсутствует.

ется сочетание прекращения стимуляции и отсутствие стимулов при выполнении определенных движений. Кроме того, МИ возникает только при активном мышечном сокращении, в то время как дислокация электрода, нарушение его целостности могут провоцироваться как активными, так и пассивными движениями. Для подтверждения МИ следует перевести ЭКС в фиксированный режим работы, если при этом повторное выполнение провокационных тестов не приводит к прекращению стимуляции, то влияние мышечных потенциалов можно считать доказанным.

В случаях, когда МИ вызывает достаточно выраженную клиническую картину, необходимо или снизить чувствительность ЭКС (в программируемых аппаратах), или перейти на биполярную стимуляцию, или произвести замену биоуправляемого стимулятора асинхронным. При последнем варианте возможно возникновение ряда отрицательных моментов, присущих стимуляции в фиксированном режиме.

## **Глава V**

### **НАРУШЕНИЯ РИТМА, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ КАРДИОСТИМУЛЯЦИЕЙ**

Несмотря на то, что метод электрической стимуляции сердца открывает заманчивые перспективы в лечении разнообразных нарушений ритма, на фоне кардиостимуляции могут наблюдаться почти все известные виды предсердных и желудочковых аритмий, включая фибрилляцию желудочков. Аритмии могут быть спонтанными или связанными со стимуляцией. Ранее были сделаны попытки классифицировать нарушения ритма, связанные со стимуляцией [Spritzer R. C. et al., 1969; Chung E. K., 1983]. Основным недостатком имеющихся классификаций является то, что, помимо аритмий, в них были включены и электрокардиографические изменения (наличие сливных и псевдосливных комплексов, эффекта «концертина» и т. д.), возникающие в результате нормальной работы ЭКС. Подобные изменения ЭКГ вряд ли стоит считать «нарушениями ритма», а особенности ЭКГ на фоне стимуляции были рассмотрены в предыдущих главах. Мы считаем целесообразным представить собственную классификацию аритмий, которые непосредственно обусловлены электрической стимуляцией и возникают на фоне нормально функционирую-

щей системы. В основу данной классификации положено разделение нарушений ритма на суправентрикулярные и желудочковые:

#### Классификация пейсмейкерных аритмий

##### Суправентрикулярные

Пейсмейкерная аллоритмия

Пейсмейкерная ретроградная активация предсердий

Пейсмейкерные реципрокные сокращения (пейсмейкерное — эхо)

Пейсмейкерная тахикардия (тахикардия с бесконечной цепью)

Конкуренция синусового и искусственного (искусственного) ритмов

##### Желудочковые

Конкуренция искусственного (искусственного) ритма с желудочковой экстрасистолией

Пейсмейкерная желудочковая экстрасистолия

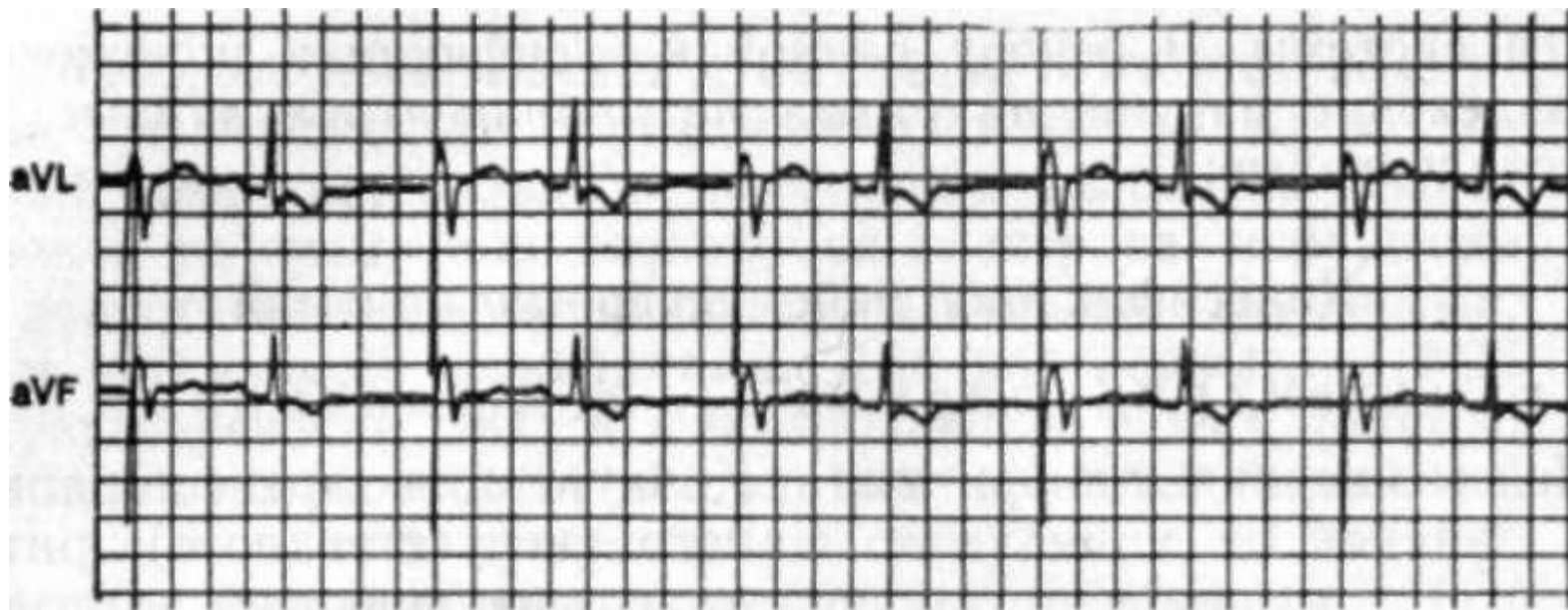
Пейсмейкерная желудочковая тахикардия/фибрилляция

Искусственный (искусственный) двойной ритм желудочков

**Рассмотрим каждый из представленных видов аритмий более детально.**

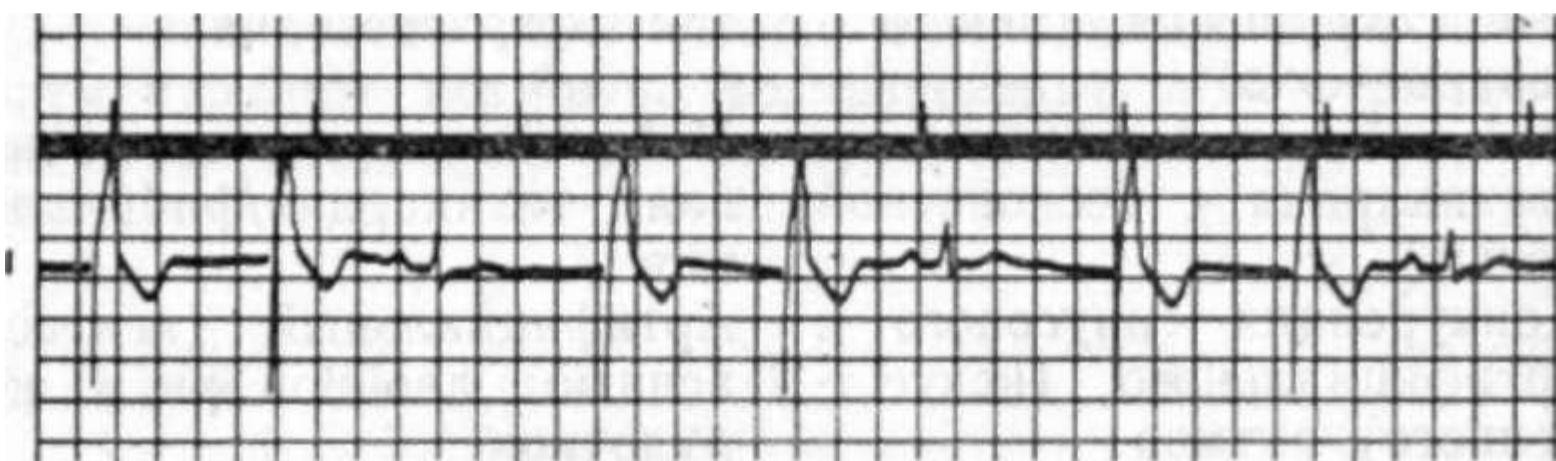
**Пейсмейкерная аллоритмия.** В 1967 г. А. J. Castellanos и соавт. описали аритмии, вызываемые кардиостимуляцией, которые называли *iatrogenic escape-capture bigeminy*. Применительно к стимуляции *escape-capture bigeminy* отражают состояние, при котором вслед за каждым навязанным желудочковым комплексом следует сокращение синусового происхождения (рис. 123). В то же время на фоне стимуляции бывает и тригеминальный ритм, т. е. состояние, при котором после двух навязанных комплексов регистрируется синусовый комплекс (рис. 124) [Spritzer R. C. et al., 1969]. Аналогично экстрасистолической аллоритмии у больных без ЭКС на ЭКГ может регистрироваться квадригеминия (рис. 125). Исходя из этого, вероятно, более целесообразно применение термина «пейсмейкерная аллоритмия», предложенного N. El-Sherif и соавт. (1980). При необходимости можно конкретизировать, какая это аллоритмия, например, пейсмейкерная аллоритмия по типу бигеминии, и т. д. Таким образом, под пейсмейкерной аллоритмией подразумевается чередование в определенной последовательности синусовых





**Рис. 123. Пейсмейкерная аллоритмия по типу бигеминии.**

После каждого искусственно вызванного желудочкового комплекса регистрируется сокращение синусового генеза.



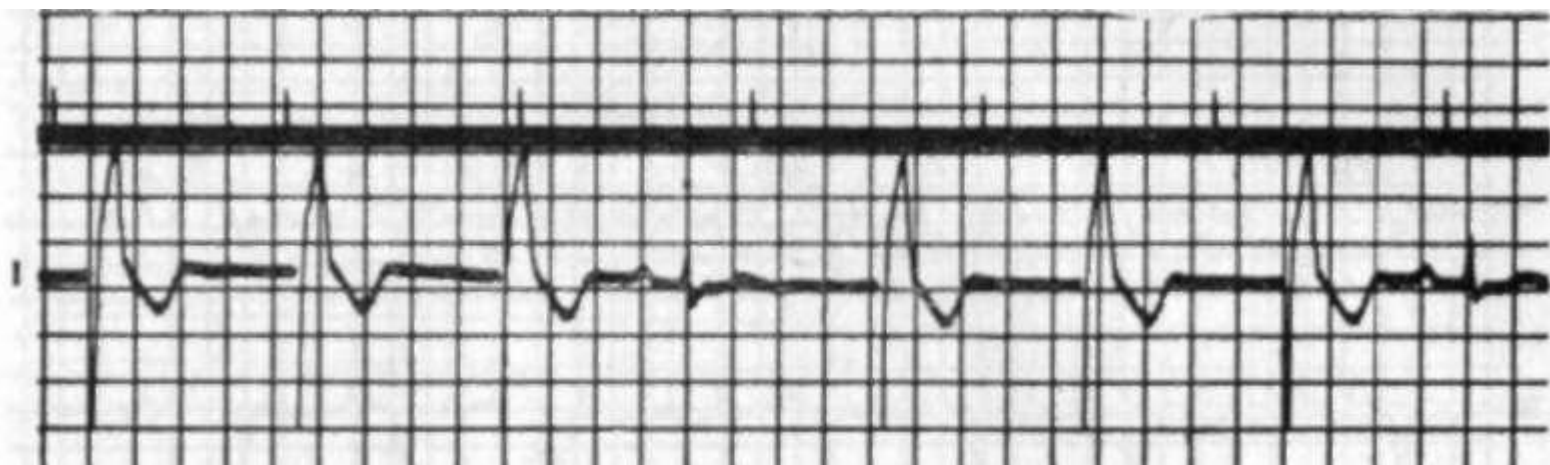
**Рис. 124. Пейсмейкерная аллоритмия по типу тригеминии.**

После двух искусственно вызванных желудочковых комплексов регистрируется сокращение синусового генеза.

(суправентрикулярных) комплексов с искусственно вызванными желудочковыми комплексами.

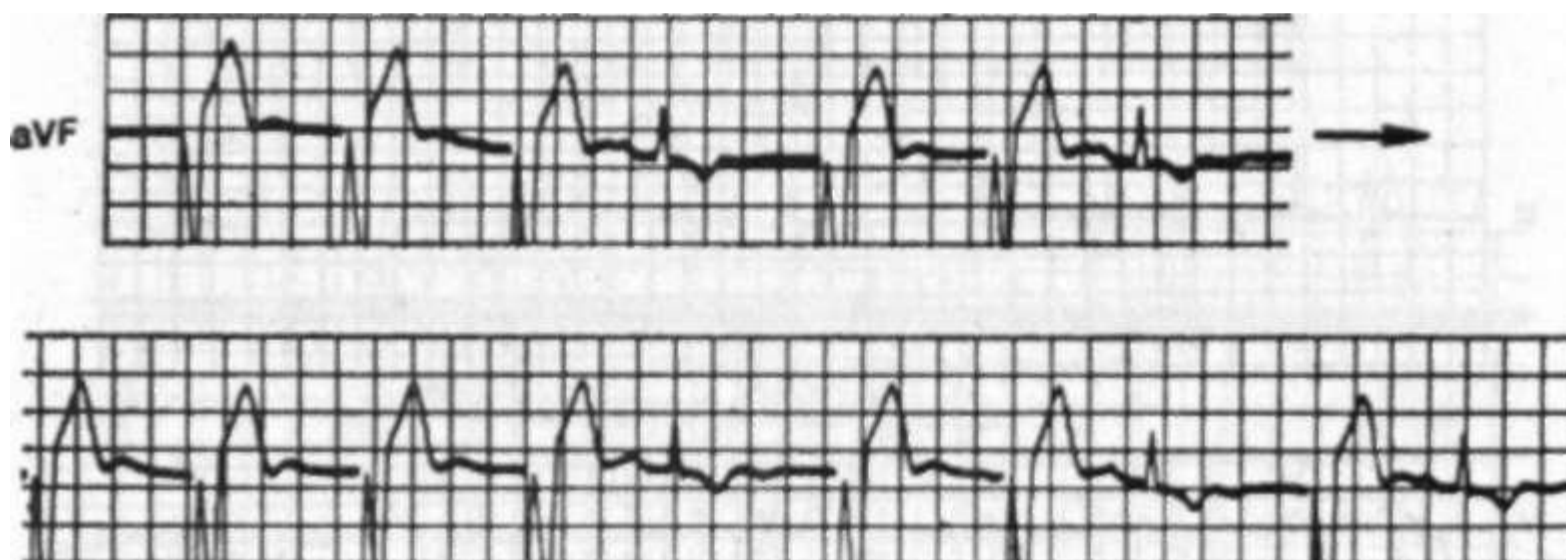
В некоторых случаях на ЭКГ регистрируется чередование спонтанных и навязанных комплексов не в строго определенной последовательности (рис. 126), поэтому термин «пейсмейкерная аллоритмия» не должен использоваться для характеристики данной картины. Однако в практической деятельности его применение возможно.

Пейсмейкерная аллоритмия встречается в тех случаях, когда сохраняется возможность распространения синусового импульса по проводящей системе. Спонтанное сокращение синусового генеза может регистрироваться на различном расстоянии от искусственно вызванных комплексов, что связано как с временными соотношениями синусовых и навязанных сокращений, так и с рефрактерностью проводящей системы. Зубец *P* может четко определяться на ЭКГ, а может сливаться с зубцами *T* или *U* и поэтому плохо дифференцируется. В первом случае диагностика



**Рис. 125. Пейсмейкерная аллоритмия по типу квадригеминии.**

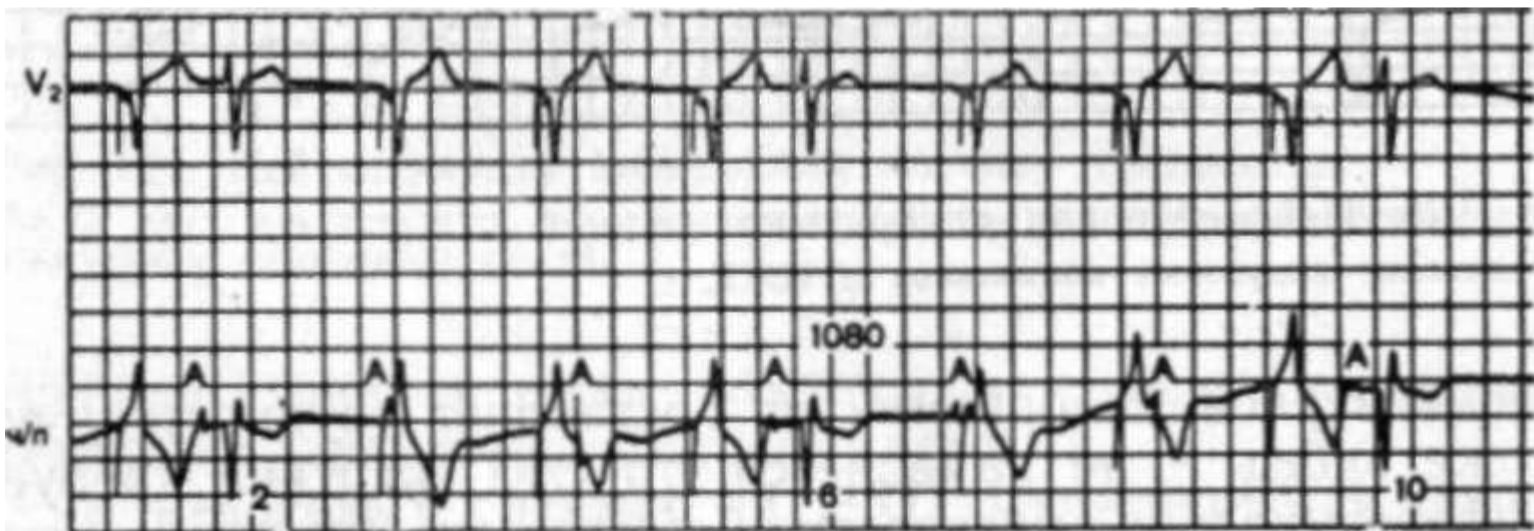
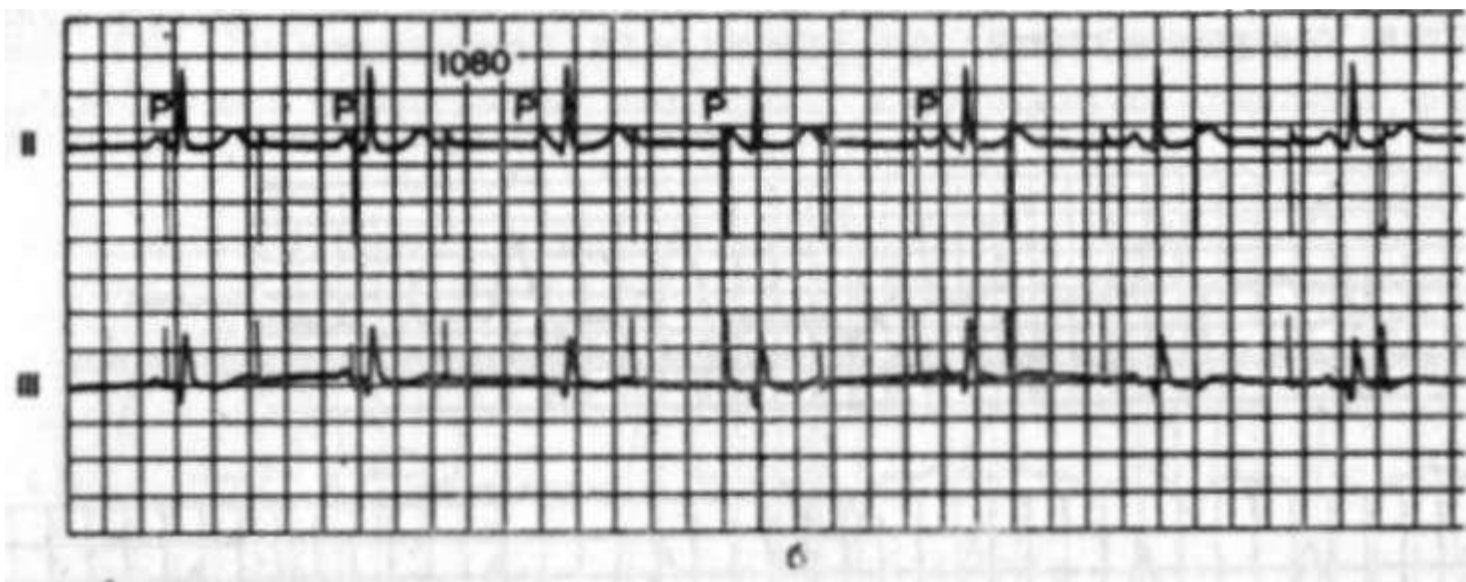
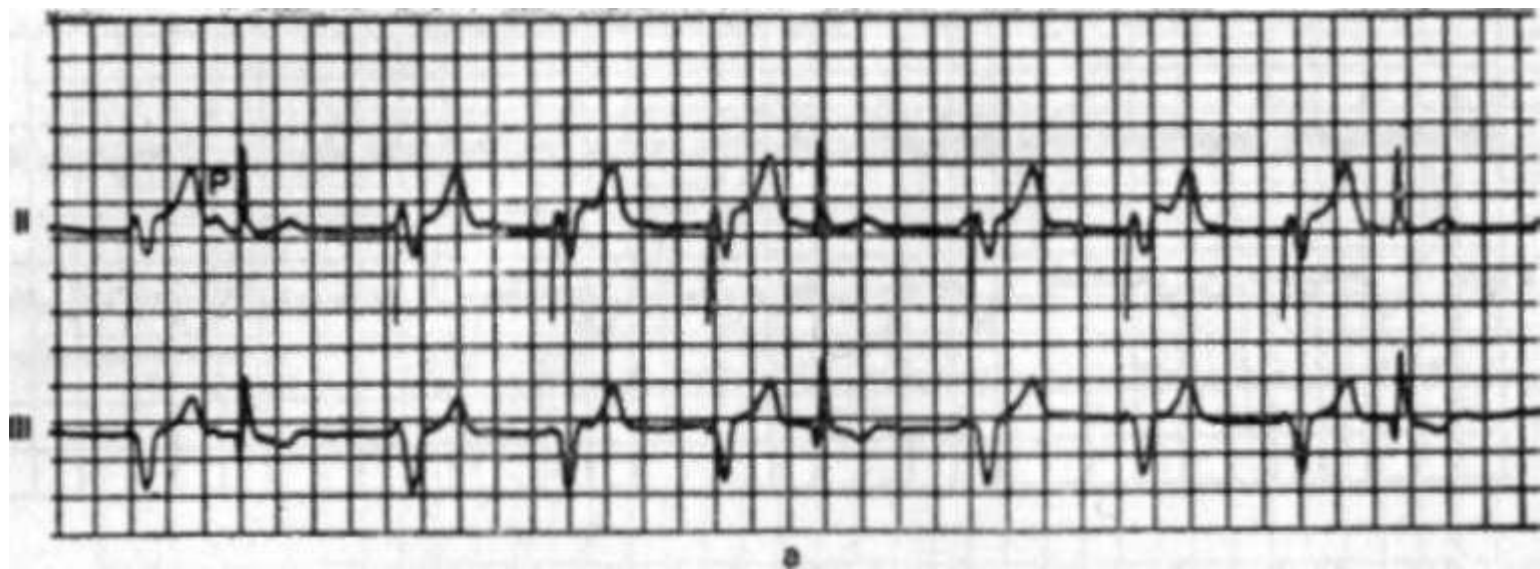
После трех искусственно вызванных желудочковых комплексов регистрируется сокращение синусового генеза.



**Рис. 126. Пейсмейкерная аллоритмия.**

Чередование синусовых комплексов и ИЖК.

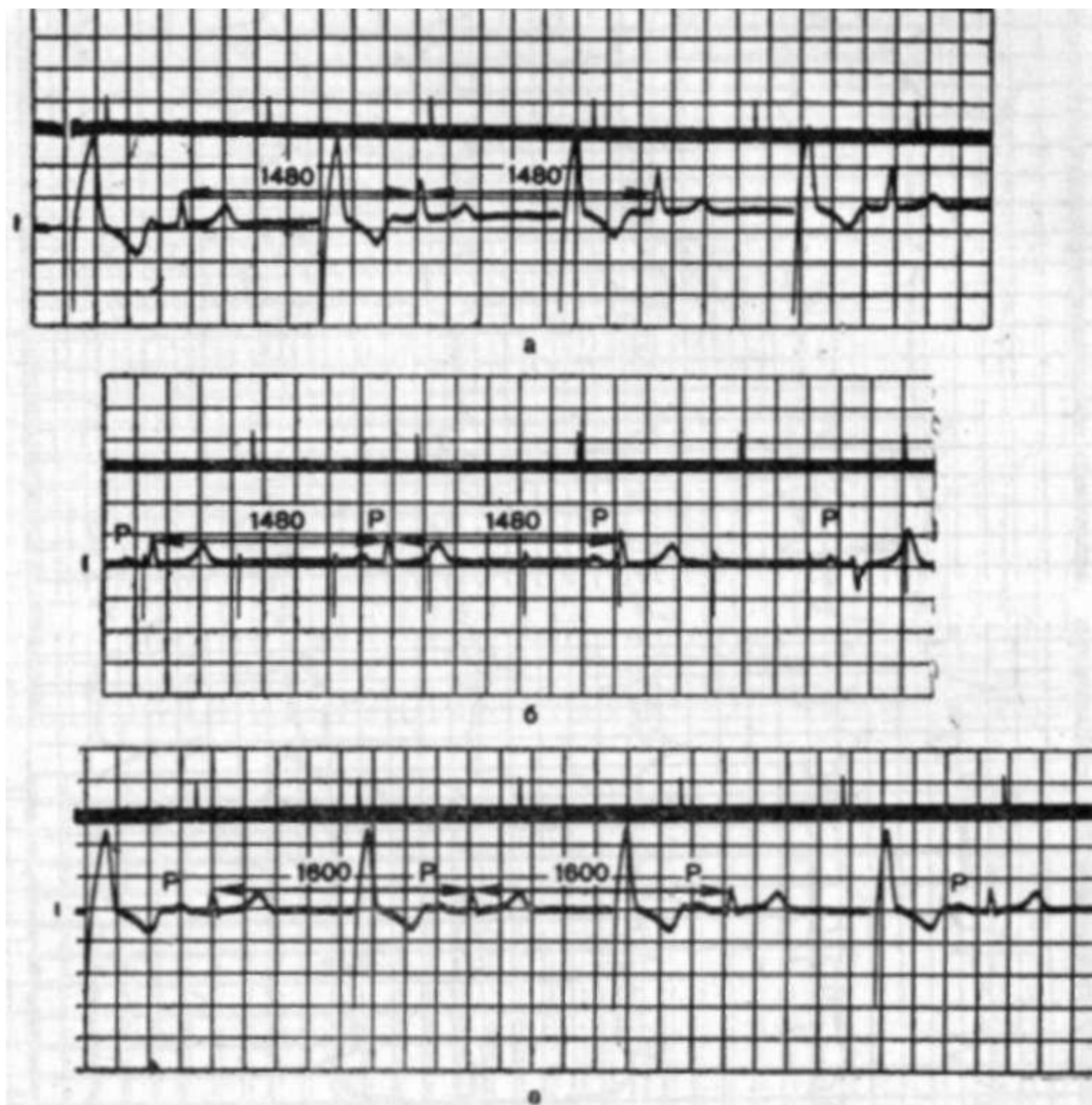
пейсмейкерной аллоритмии не составляет трудностей; если же зубец *P* не выявляется, то ЭКГ картина требует дифференциальной диагностики с «эхо-сокращениями», желудочковыми нарушениями ритма (желудочковой экстрасистолой или искусственным двойным ритмом желудочков). Уточнение диагноза становится возможным при проведении дополнительных диагностических исследований: чреспищеводной регистрации предсердных потенциалов, анализа ЭКГ при отключении имплантированного ЭКС, а также изменения частоты следования зубцов *P* или увеличения времени проведения по АВ-узлу с помощью фармакологических проб. При сочетании указанных выше методов достоверность диагностики увеличивается (рис. 127, а, б, в; 128, а, б, в). Важное значение приобретает диагностика пейсмейкерной аллоритмии при нарушенной внутрижелудочковой проводимости, так как подобная картина может быть ошибочно принята за желудочковые нарушения ритма (рис. 129, а, б; рис. 130, а, б).



**Рис. 127. Пейсмейкерная аллоритмия. Этапы диагностики.**

а — на фоне стимуляции регистрируются сокращения с узкими комплексами *QRS*. зубец *P* определяется только перед первым спонтанным желудочковым комплексом; б — при отключении имплантированного ЭКС регистрируется синусовый ритм с длиной цикла 1080 мс; в — при чреспищеводной записи предсердных потенциалов четко определяются зубцы *P*, расстояние между ними составляет 1080 мс. Спонтанная деполяризация желудочков происходит только тогда, когда АВ система и желудочки вышли из состояния рефрактерности (комплексы 2, 6, 10 и 14).

Пейсмейкерная аллоритмия может быть только электрокардиографическим феноменом и никак не отражаться на состоянии больного, но может вызывать разнообразные жалобы, сходные с жалобами при экстрасистолии. Если пейсмейкерная аллоритмия не вызывает никаких клинических проявлений, то необходимости в проведении лече-



**Рис. 128. Пейсмейкерная аллоритмия. Этапы диагностики.**

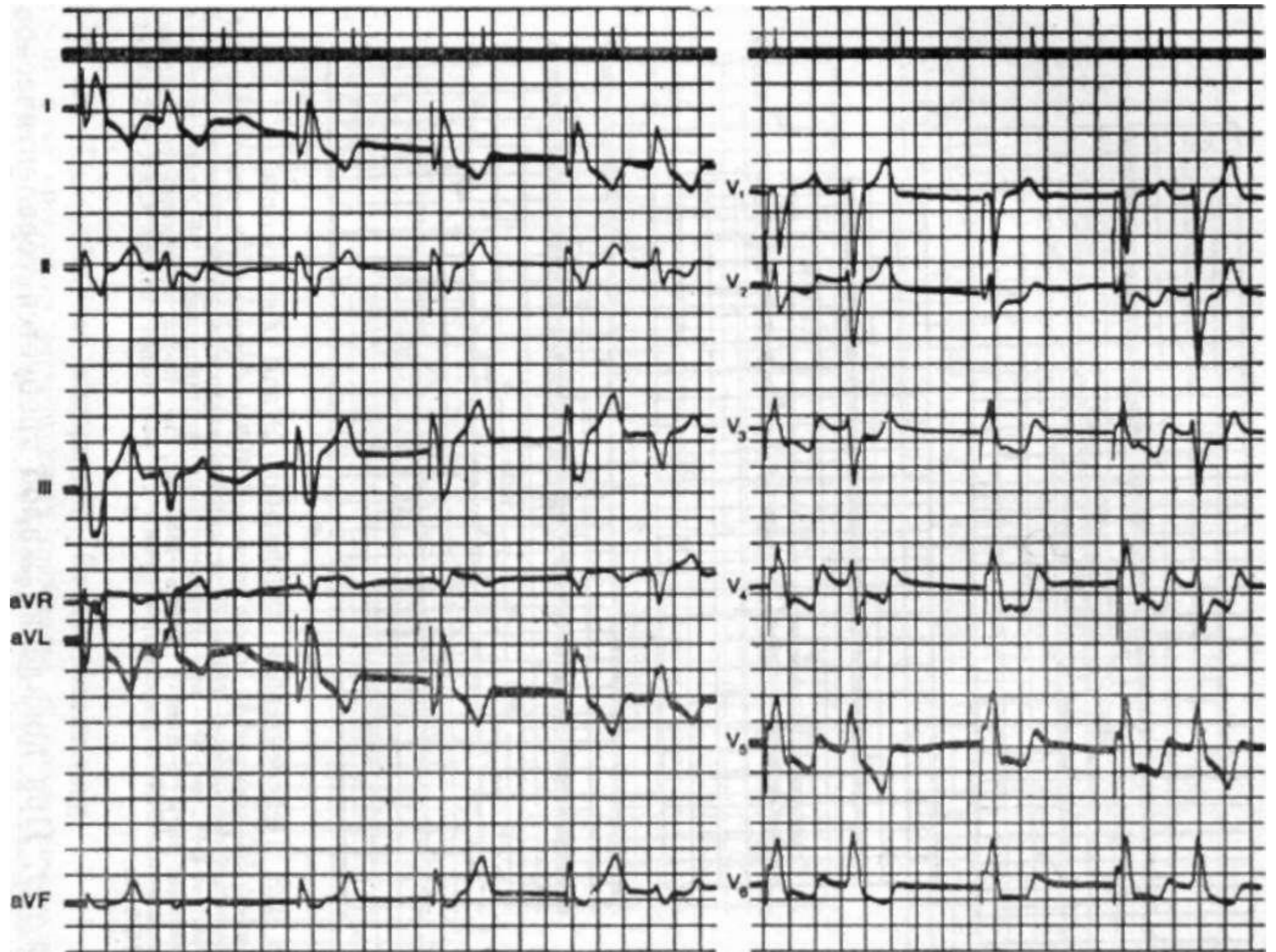
а — на фоне стимуляции после каждого ИЖК определяются спонтанные желудочковые комплексы, зубцы *P* не дифференцируются. Расстояние между СЖК составляет 1480 мс; б — при отключении имплантированного ЭКС регистрируется синусовый ритм с длиной цикла 1480 мс; в — после внутривенного введения обзидана на ЭКГ определяются зубцы *P*, расстояние между СЖК составляет до 1600 мс.

ния нет. При появлении жалоб требуется терапевтическое или хирургическое вмешательство.

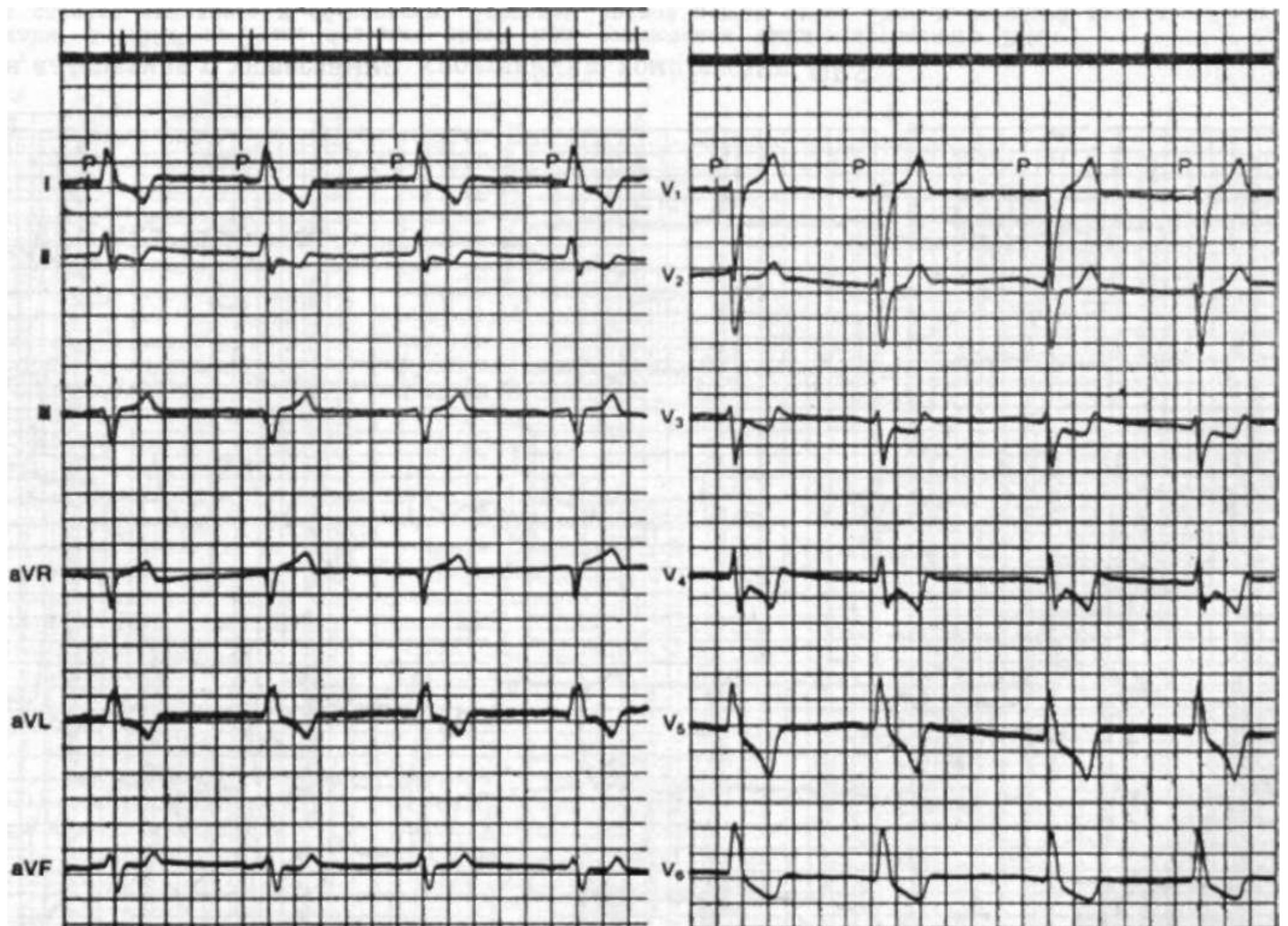
Ретроградная активация предсердий. Такое нарушение ритма возможно при наличии вентрикулоатриального проведения (ВАП). Под термином «вентрикулоатриальное проведение» подразумевается обязательное распространение возбуждения на предсердия с последующей их активацией. Нередко в качестве синонима ВАП употребляется понятие «ретроградное проведение». Однако это считается неправильным, поскольку ретроградное проведение может быть скрытым [Gascon L. et al., 1983; Almaturo G. et al., 1985].

**Рис. 129.** Пейсмейкерная аллоритмия с уширенными спонтанными комплексами *QRS*.

а — на фоне стимуляции регистрируются спонтанные комплексы *QRS* с конфигурацией по типу блокады левой ножки пучка Гиса; зубцы *P* не определяются. Подобная картина может быть легко принята за желудочковую экстрасистолию; б — при отключении имплантированного ЭКС регистрируется синусовый ритм с блокадой левой ножки пучка Гиса. Морфология спонтанных комплексов *QRS* на фоне базового ритма и на фоне стимуляции идентична.

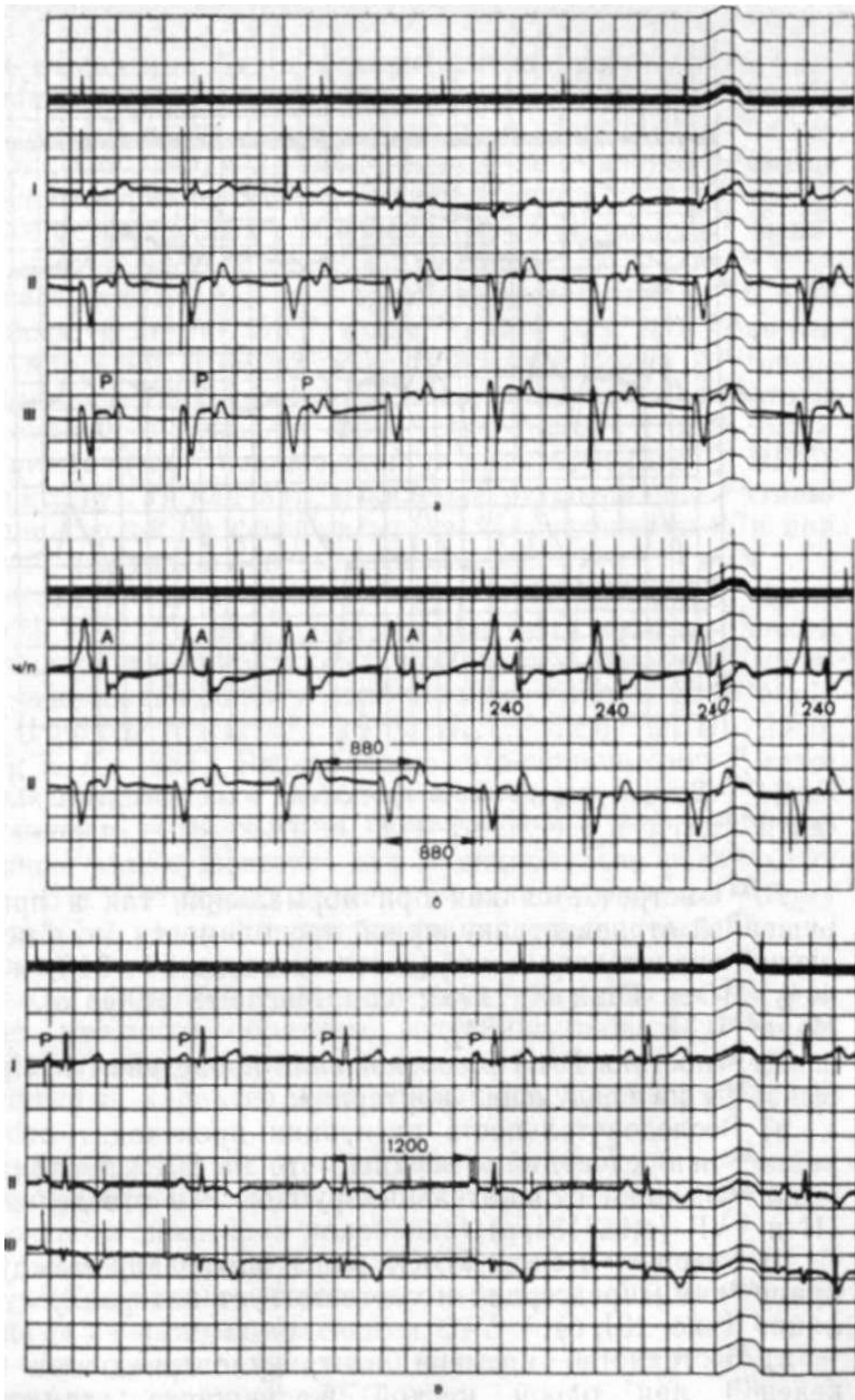


**Рис. 129.** Продолжение.



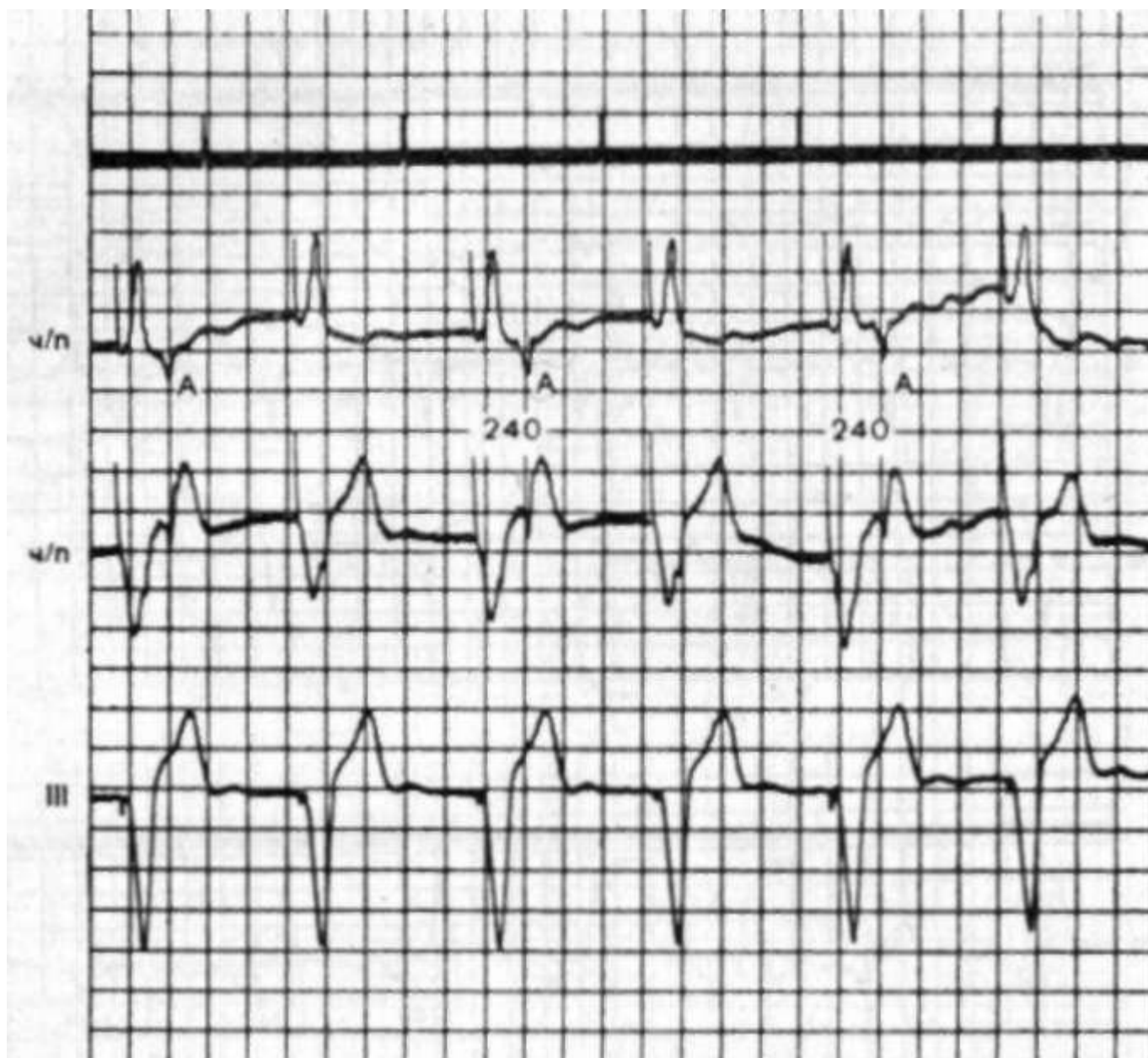


**Рис. 130. Пейсмейкерная аллоритмия с уширенными спонтанными комплексами *QRS*.**  
 а — ЭКГ на фоне стимуляции; б — ЭКГ на фоне базового ритма при отключении имплантированного ЭКС.  
 Морфология СЖК в обоих случаях одинакова и обусловлена блокадой правой ножки пучка Гиса и передней ветви левой ножки пучка Гиса. Основной спонтанный ритм — синусовый.



**Рис. 131. Вентрикулоатриальное проведение в соотношении 1:1.**

а — в отведениях II и III после каждого ИЖК можно предположить наличие отрицательных зубцов *P*; б — при чреспищеводной регистрации предсердные потенциалы (А) следуют с частотой, равной частоте стимуляции (длина цикла 880 мс) и с фиксированным интервалом сцепления, соответствующим времени вентрикулоатриального проведения (240 мс); в — при отключении имплантированного ЭКС регистрируется синусовый ритм с длиной цикла 1200 мс. Зубцы *P* в отведениях II и III положительные.



**Рис. 132. Вентрикулоатриальное проведение в соотношении 2 : 1 .**  
Ретроградный зубец *A* регистрируется на расстоянии 240 мс от начала ИЖК.

ВАП встречается как при нормальной, так и при нарушенной атриовентрикулярной проводимости, но в первом случае значительно чаще (соответственно 53—94% и 32—44%) [Den Dulk K., 1983; van Mechelen R. et al., 1983; Hayes D. L. et al., 1984].

Диагностика ВАП в соотношении проведения 1 : 1 основывается на следующих критериях:

а) последовательность активации происходит от нижней части предсердий к верхней, что на ЭКГ проявляется возникновением отрицательных зубцов *P* в отведениях II, III и aVF (рис. 131, а);

б) интервал между ИЖК равен интервалу между сокращениями предсердий и соответствует интервалу стимуляции (рис. 131, б);

в) постоянство времени вентрикулоатриального проведения при одной и той же частоте стимуляции (см. рис. 131, б).

При развитии ВАП с блокадой второй степени по типу Самойлова — Венкебаха постоянство времени проведения будет нарушено: каждый последующий зубец *P* до момен-



та его выпадения будет находиться на прогрессивно увеличивающемся расстоянии от навязанного желудочкового комплекса. В случае развития вентрикулоатриальной блокады в соотношении 2:1, 3:1 и т. д. постоянство времени вентрикулоатриального проведения будет сохранено, но частота ретроградных сокращений предсердий будет меньше и кратна частоте стимуляции (рис. 132).

Диагностика ВАП, как правило, достаточно легко осуществима, если на ЭКГ можно найти все приведенные выше критерии. Диагностика становится более достоверной при сопоставлении морфологии, полярности и частоты предсердных зубцов на фоне стимуляции и при базовом ритме (при отключении имплантированного ЭКС) (см. рис. 131, в) или при выявлении ретроградной активации предсердий на фоне ритма из АВ-соединения или при наличии желудочковой экстрасистолии.

Интактная антероградная атриовентрикулярная проводимость в сочетании с замедленным ВАП может привести к возникновению спонтанных или обусловленных стимуляцией «эхо-сокращений» и «эхо-ритмов» [Barold S. S. et al., 1968; Hadded M. et al., 1976; N. El-Sherif et al., 1980; Chung E. K., 1983]. Реципрокные «эхо-сокращения» и «эхо-ритмы» представляют собой особую форму re-entry. Возникновение их возможно в связи с тем, что в атриовентрикулярном узле существует два функционально отдельных пути — а и р. Импульс, возникший в желудочке, по одному из путей (а) распространяется на предсердия, вызывает их активацию и по другому пути (р) возвращается к желудочкам. Таким образом при стимуляции желудочков возникает механизм обратного входа волны возбуждения.

Критериями, на основании которых можно заподозрить реципрокный характер предсердных нарушений ритма, являются:

а) стабильный интервал сцепления между навязанными желудочковыми реципрокными комплексами (хотя не исключено и некоторое колебание) (рис. 133);

б) наличие отрицательных зубцов *P* в отведениях II, III и aVF, положительных — в отведениях aVR перед следующими за ними комплексами *QRS* (см. рис. 133);

в) исчезновение отрицательных зубцов *P* при отключении имплантированного ЭКС (рис. 134).

Последний критерий наиболее достоверный, позволяющий сделать окончательный вывод о реципрокном характере сокращений. Реципрокные комплексы могут регистрироваться после каждого навязанного, а также через 1,2



**Рис. 133. Реципрокные «эхо-сокращения» на фоне стимуляции.**

После каждого ИЖК регистрируются спонтанные комплексы *QRS*, которым предшествуют отрицательные зубцы *P* в отведениях II, III, aVF и положительные — в отведении aVR. Интервал сцепления между ИЖК и СЖК стабилен и равен 600 мс.

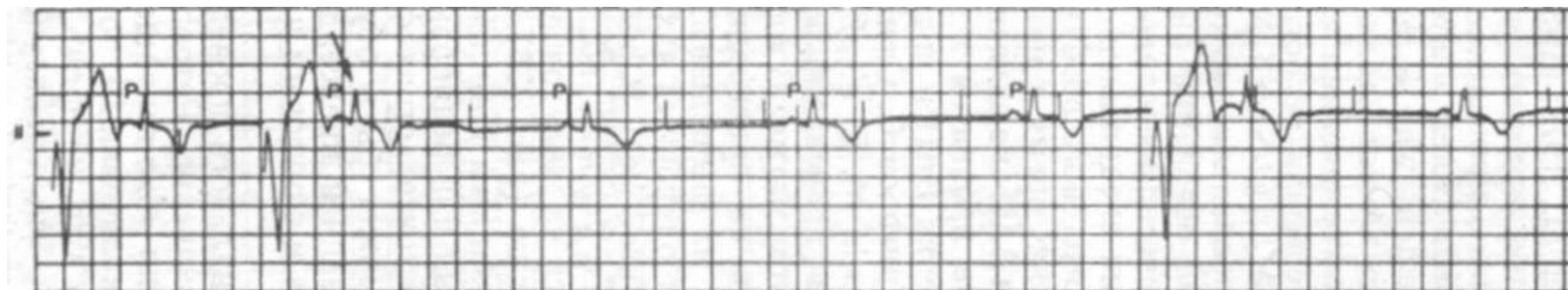
и т. д. комплекса, что связано с развитием ретроградной АВ блокады [Hadded M. et al., 1976; El-Sherif N., 1980].

Аналогично антероградному атриовентрикулярному проведению вентрикулоатриальное проведение зависит от частоты стимуляции, но с увеличением частоты стимуляции время ВАП возрастает [Klementowicz P. et al., 1986]. При меньшей частоте стимуляции может наблюдаться проведение с коэффициентом 1:1, с увеличением частоты стимуляции сначала развивается неполная ретроградная блокада, а затем полная блокада ВАП [El-Sherif N., 1980].

Вентрикулоатриальное проведение может быть выявлено до имплантации ЭКС на основании анализа исходной ЭКГ, при электрофизиологическом исследовании и во время операции при проведении специальной программы, направленной на оценку ретроградного возбуждения предсердий (рис. 135, а, б). В то же время одновременно полученные данные об отсутствии ВАП не являются абсолютной гарантией того, что оно не проявится в будущем. Имеются доказательства появления ВАП и после имплантации ЭКС в различные сроки [Григоров С. С. и др., 1982, 1985; Zarold S. S. et al., 1983; Irwin M. E. et al., 1983].

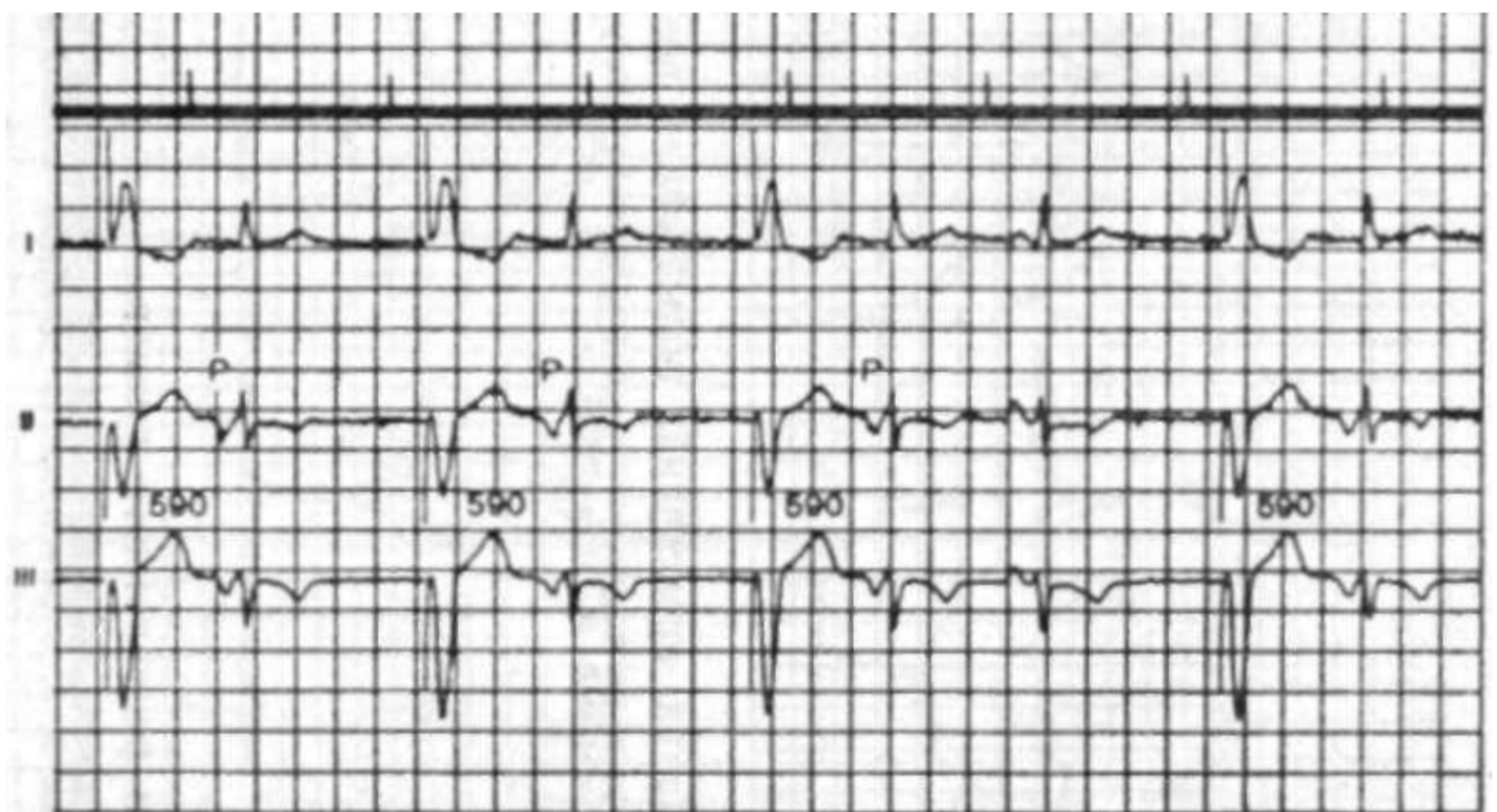
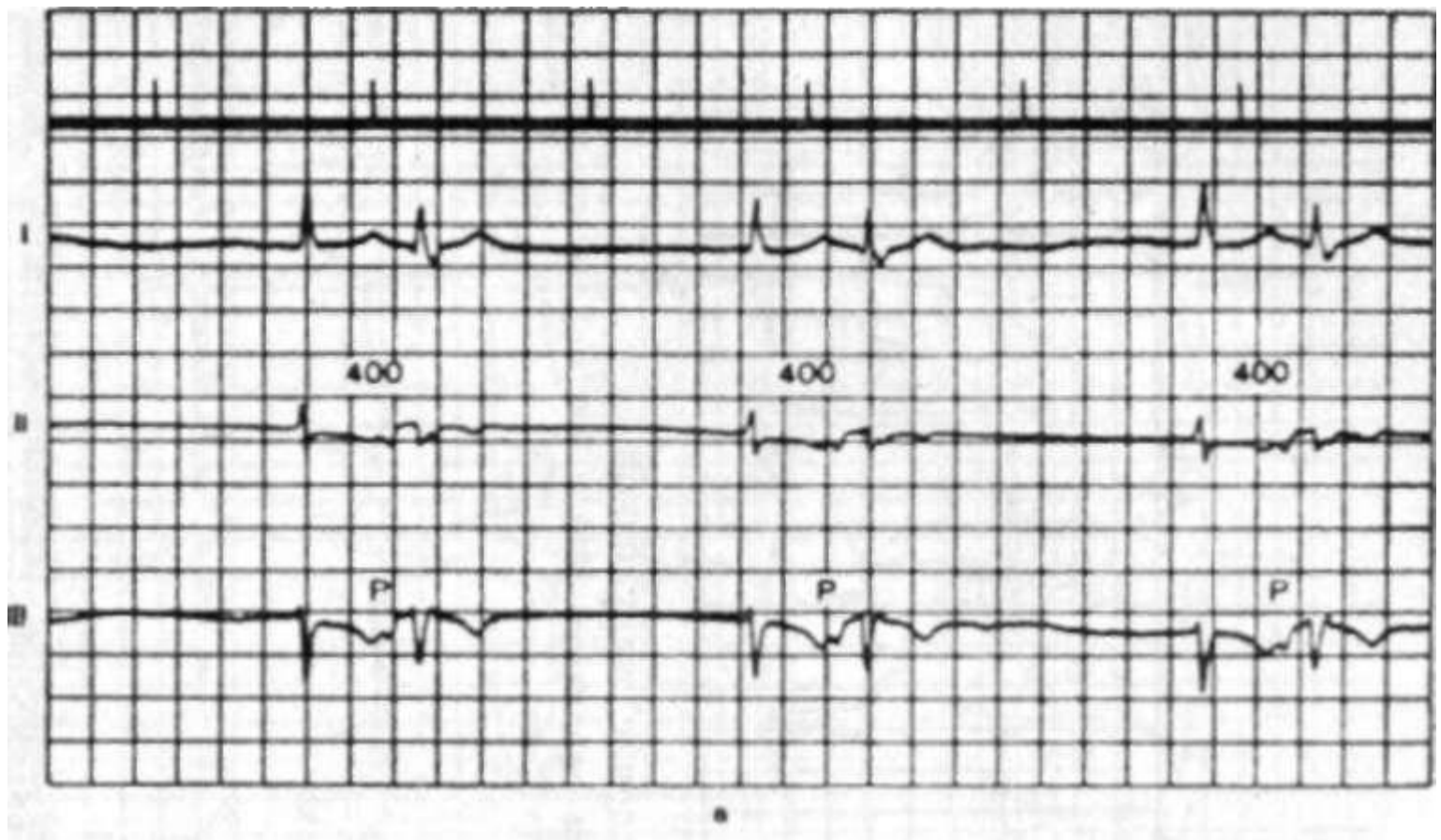
Ретроградная активация предсердий может не выявляться при достаточно частом ритме. В случае, когда импульс, распространяющийся на предсердия в ретроградном направлении, застаёт их вышедшими из состояния рефрактерности, происходит одиночный захват предсердий, так называемый atrial captured beat [Chung E. K., 1983]. При наличии определенных условий возникшее возбуждение предсердий проводится на желудочки и вызывает последующую их деполяризацию (рис. 136). Возможна также ситуация, когда за навязанным комплексом попеременно регистрируются синусовый или реципрокный комплексы (рис. 137). В подобных обстоятельствах форма зубцов *P* реципрокных комплексов может быть обусловлена одновременной (сливной) активацией предсердий, т. е. ретроградно распространившимся и синусовым импульсом [Исаков И. И. и др., 1984].

Наличие вентрикулоатриального проведения имеет неоднозначное клиническое значение. Ретроградная активация предсердий без развития «эхо-сокращений» может не приводить ни к каким нежелательным последствиям при стимуляции желудочков, но в то же время является одним из механизмов развития «пейсмейкерного синдрома» [Hayes D. L. et al., 1984; Ausubel K. et al., 1985]. В то же время наличие ВАП может иметь положительное значение,



**Рис. 134. Реципрокные сокращения на фоне стимуляции.**

ЭКГ той же больной, что и на рис. 133. При отключении имплантированного ЭКС (стрелка) регистрируется синусовый ритм с положительными зубцами *P*. Полное исчезновение отрицательных зубцов *P*. Включение ЭКС сопровождается возникновением реципрокного сокращения.

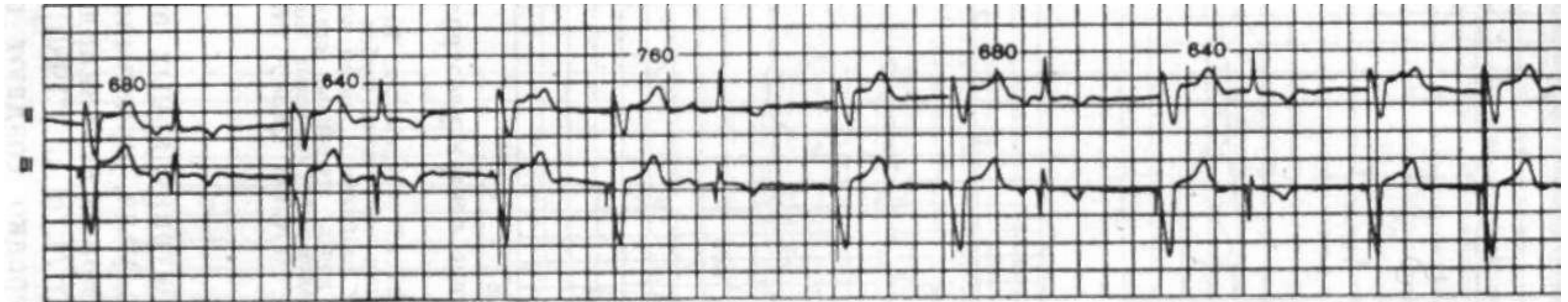


6

**Рис. 135.** «Эхо-сокращения» вследствие венстрикулоатриального проведения.

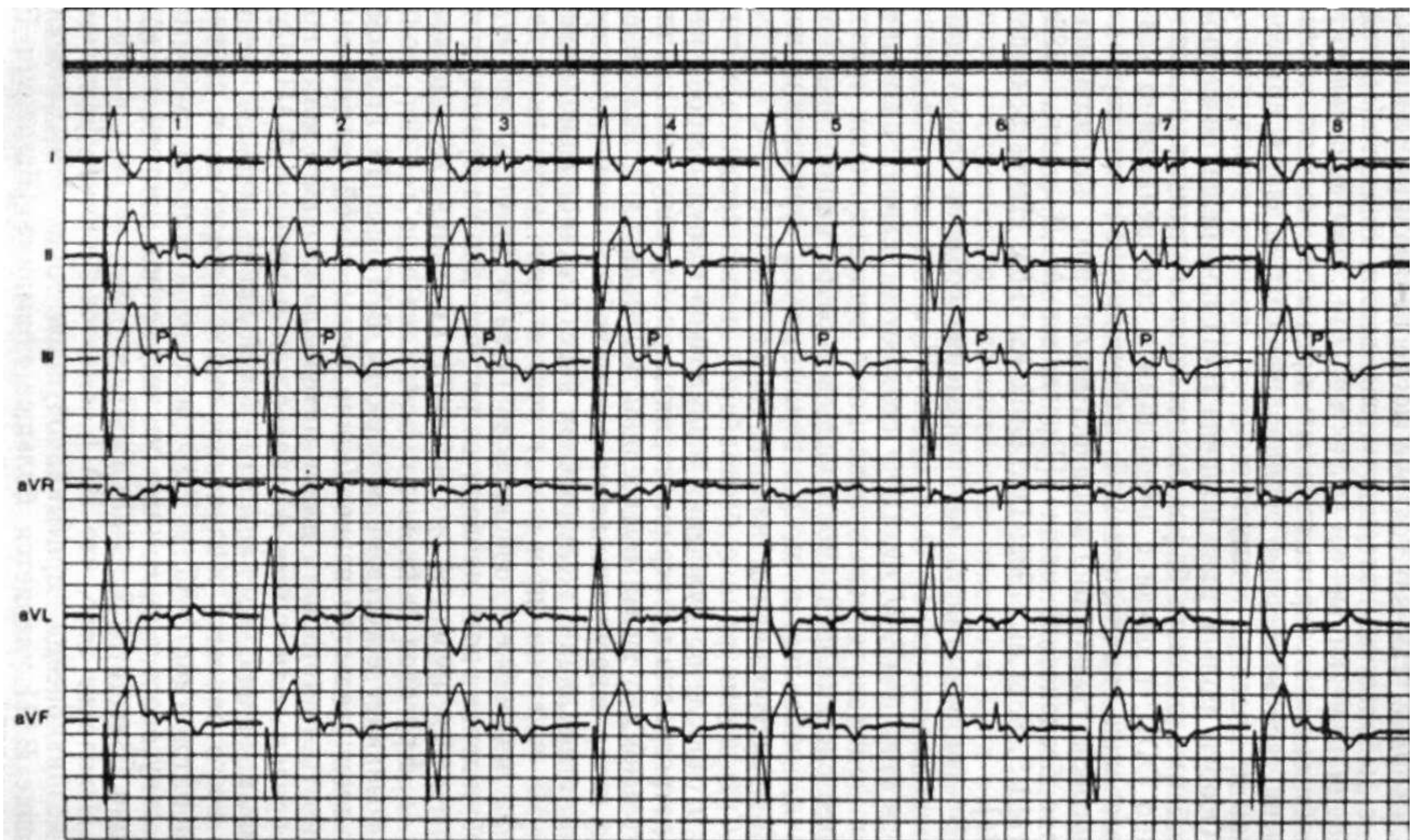
**а** — ЭКГ до операции. Основной ритм из АВ соединения. Вслед за каждым узловым сокращением следуют реципрокные комплексы (зубец *P* в отведениях II, III отрицательный. Интервал *QRS—P* стабилен и равен 400 мс); **б** — ЭКГ после операции. Основной ритм из желудочка, вызванный стимуляцией. Вслед за каждым навязанным комплексом следуют реципрокные комплексы (зубец *P* в отведениях I, III отрицательный. Интервал *QRS—P* стабилен и равен 590 мс).

препятствуя развитию суправентрикулярных аритмий при синдроме слабости синусового узла, принимая участие в купировании суправентрикулярных тахикардий [Григоров С. С. и др., 1982; El-Sherif N. et al<sup>M</sup> 1980]. Реципрокные сокращения и ритмы нередко создают впечатление



**Рис. 136. Редкая ретроградная активация предсердий, вызывающая возбуждение желудочков.**  
 В отличие от синусовых комплексов, которые регистрируются с различным интервалом сцепления (640 и 760 мс), интервал сцепления в реципрокных комплексах стабильный и равен 680 мс.

**Рис. 137. Чередование синусового и реципрокного ритмов.**  
 Спонтанные комплексы 1 и 2 — реципрокного происхождения; спонтанные комплексы 4, 7–10 — синусового происхождения, т Форма зубцов *P* в спонтанных комплексах 3, 5, 6 обусловлена двойной активацией предсердий.



брадикардии, так как, следуя после навязанных комплексов с небольшим интервалом сцепления, они становятся гемодинамически менее эффективными. Для обозначения подобных «эхо-сокращений» мы предлагаем использовать термин «пейсмейкерные реципрокные сокращения», подчеркивая их связь со стимуляцией.

Особую роль играет наличие ВАП при решении вопроса об имплантации бифокальных систем стимуляции, особенно DDD, в связи с имеющимися сообщениями о возникновении так называемой «пейсмейкерной тахикардии» (круговой тахикардии кардиостимулятора), или тахикардии с бесконечной цепью [Дрогайцев А. Д. и др., 1986; Barold S. S. et al., 1983; Den Dulk K., 1983; Hayes S. et al., 1984].

Вентрикулоатриальное проведение создает основу для возникновения такой тахикардии. При имплантации аппаратов типа VAT, VDD, DDQ создаются условия развития тахикардии кругового движения: к существующей проводящей системе, функционирующей в ретроградном направлении, добавляется искусственный путь, функционирующий в антероградном направлении.

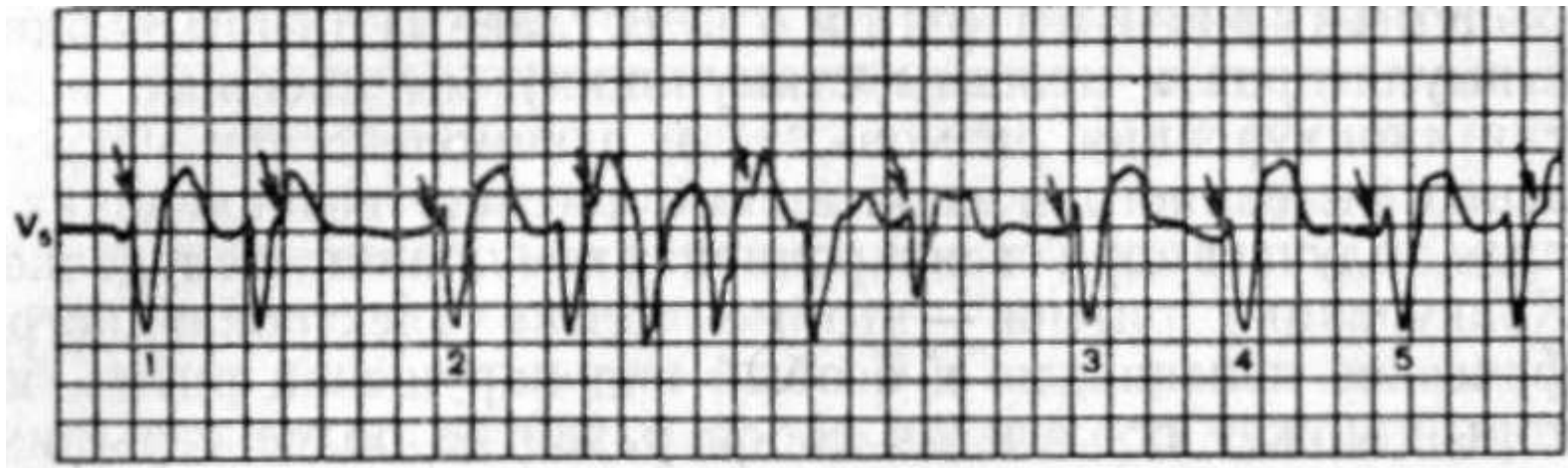
Суть тахикардии с бесконечной цепью сводится к тому, что после возбуждения желудочков импульс проводится ретроградно по атриовентрикулярному узлу или дополнительному пути на предсердия, вызывая их деполяризацию, которая воспринимается сенсорной цепью и включает цепь стимуляции желудочков: через установленное время АВ задержки происходит искусственно вызванная деполяризация желудочков; возникшее в ответ на стимул возбуждение вновь проводится ретроградно на предсердия, включается пусковой механизм стимуляции желудочков и т. д. Круговое движение продолжается до тех пор, пока не возникнет естественная блокада ВАП или не произойдет вмешательство извне. Длина цикла такой тахикардии будет соответствовать длине интервала верхнего частотного предела или сумме АВ задержки и времени ВАП. Пусковым механизмом запуска пейсмейкерной тахикардии чаще всего является желудочковая экстрасистола, в случае аппаратов типа VAT и VDD достаточно урежения частоты синусового ритма ниже установленной частоты стимуляции [Barold S. S. et al., 1983].

Исходя из того, что ВАП является важным фактором в возникновении аритмий, обусловленных стимуляцией, оценке ВАП уделяется большое внимание [Errazquin F. et al., 1985].

Конкуренция ритмов. В главе II (Типы кардиостимуляторов и режимы стимуляции) мы касались понятия «конкуренция ритмов», т. е. взаимодействия искусственно вызванного и спонтанного ритмов, возникающих в ряде случаев при асинхронной стимуляции желудочков. Конкуренция ритмов — это не только электрокардиографическое явление, но и особый вид нарушений ритма, который может повлечь за собой развитие более серьезных аритмий.

В середине 60-х годов, на заре широкого использования асинхронной стимуляции, появились первые сообщения, больше теоретического плана, о возможности возникновения повторных желудочковых ответов, т. е. более чем одного желудочкового комплекса в ответ на один стимул, вплоть до фибрилляции желудочков, при попадании электрических импульсов в «уязвимую зону» сердечного цикла. Как было показано, в сутки при восстановившемся синусовом ритме и асинхронной стимуляции в уязвимую зону попадает около 3000 имп [Sowton E., 1965], следовательно, вероятность развития аритмий достаточно велика. Однако в эксперименте на животных были получены данные о том, что при нормальной возбудимости миокарда для возникновения фибрилляции желудочков требуется ток, в несколько десятков и даже сот раз больше порогового значения. Поскольку энергия современных ЭКС такова, что не должна вызывать развитие тахикардии или фибрилляции при нормальной возбудимости миокарда, то возникновение таких аритмий у человека было весьма спорно. Тем не менее появились сообщения о развитии желудочковых аритмий, включая и угрожающие, при воздействии малой силы тока [Tavel E. et al., 1964; Bilitch M. et al., 1969; Castellanos A. J. et al., 1969]. R. Elmquist и соавт. (1963) показали, что фибрилляция желудочков, обусловленная ЭКС, может возникнуть при амплитуде электрического импульса, умеренно превышающей диастолический порог стимуляции. Электрический импульс с обычными выходными параметрами может вызвать аритмии при наличии определенных условий. У больных с нормальным коронарным кровоснабжением подобные осложнения возникают довольно редко, но при ишемии миокарда, особенно в случаях инфаркта миокарда, представляют реальную опасность. Это связано с тем, что при ишемии миокарда, особенно острой, появляется асинхронная реполяризация миокарда, создающая основу для развития механизма повторного входа волны возбуждения, что играет





**Рис. 138. Повторные желудочковые ответы на фоне асинхронной стимуляции желудочков.**

Стрелка — артефакты импульсов. Мониторная запись. После второго ИЖК регистрируется группа повторных желудочковых ответов.

ведущую роль в возникновении желудочковой тахикардии и фибрилляции желудочков. Электролитные нарушения, в частности гипокалиемия, повышение уровня катехоламинов, внутривенное введение симпатомиметических средств, некоторые виды анестезии, кардиодепрессивные препараты также могут значительно снижать порог фибрилляции, увеличивая при этом и нестабильность, и возбудимость миокарда [Dressier W. et al., 1965; Robinson D. et al., 1965; Parsonet V. et al., 1974]. Нерегулярный ритм желудочков усугубляет аноксию миокарда, и это обстоятельство может иметь существенное значение, создавая условия для возникновения аритмий под влиянием стимуля-

При желудочковой экстрасистолии, особенно частой, миокард находится в нестабильном состоянии, возбудимость его повышена; в подобной ситуации существует вероятность того, что импульс ЭКС, попавший в уязвимую фазу сердечного цикла, вызовет повторные желудочковые ответы или фибрилляцию желудочков (рис. 138, 139). Единого мнения относительно опасности конкуренции ритмов нет, хотя известно, что большинство внезапных смертей у больных с ЭКС возникает у тех из них, кому имплантированы аппараты типа V00 [Sowton E., 1965; Parsonet V. et al., 1974]. Исследования, проведенные М. Bilitch (1969), показали, что послеоперационная смертность у больных с асинхронными ЭКС составляла 20%, а у больных с биоуправляемыми — 4,3%, причем смерть непосредственно от фибрилляции желудочков соответственно 12,5 и 2,1%.

Кроме опасности внезапной смерти, конкуренция ритмов приводит к уменьшению сердечного выброса, коронар-



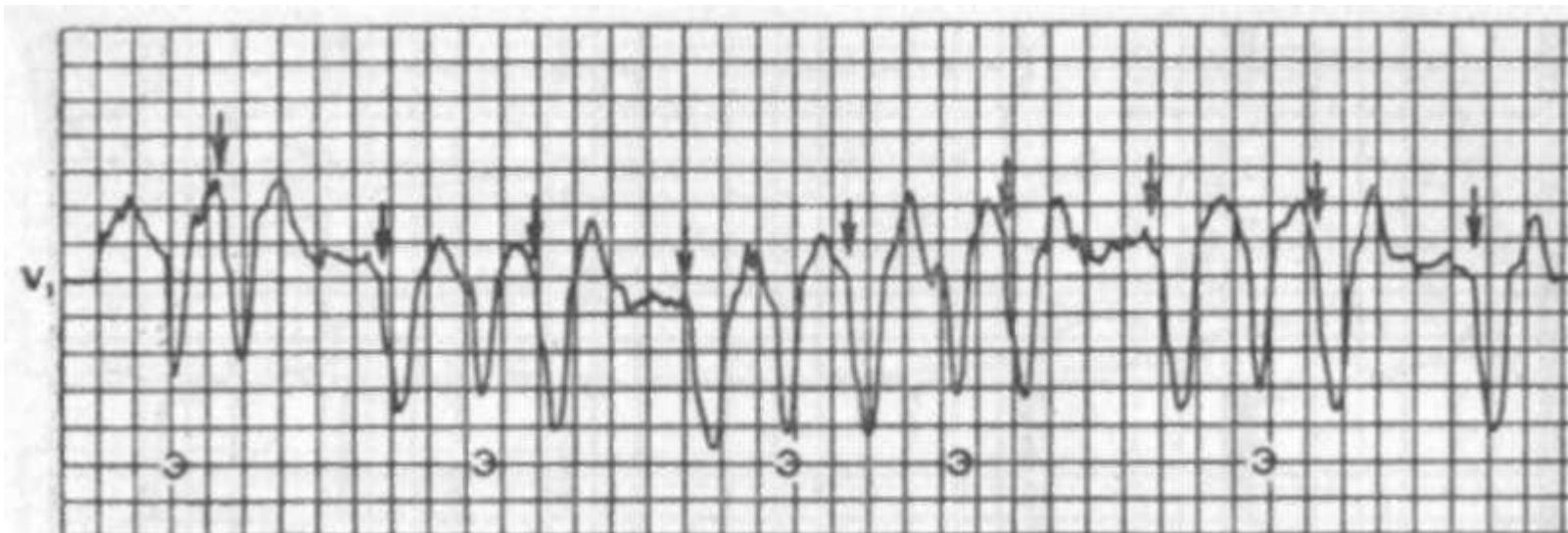
**Рис. 139. Фибрилляция желудочков вследствие конкуренции ритмов.**

На фоне стимуляции желудочков в режиме V00 регистрируется желудочковая экстрасистолия (Э). Стимул 6 попал в уязвимую зону сердечного цикла и вызвал фибрилляцию желудочков.

ного кровотока, появлению неприятных субъективных ощущений [Пипия В. И. и соавт., 1977; Parsonnet V. et al., 1974]. Хотя чаще под конкуренцией ритма подразумевают восстановление проведения синусовых импульсов по АВ системе на фоне асинхронной стимуляции, к ней относят и появление любой спонтанной активности, в частности желудочковой (см. главу II «Типы кардиостимуляторов и режимы стимуляции»). Когда экстрасистолия носит характер интерполированной, указанные выше клинические проявления могут значительно усиливаться и усугублять тяжесть состояния больного. В качестве примера приводим собственное наблюдение.

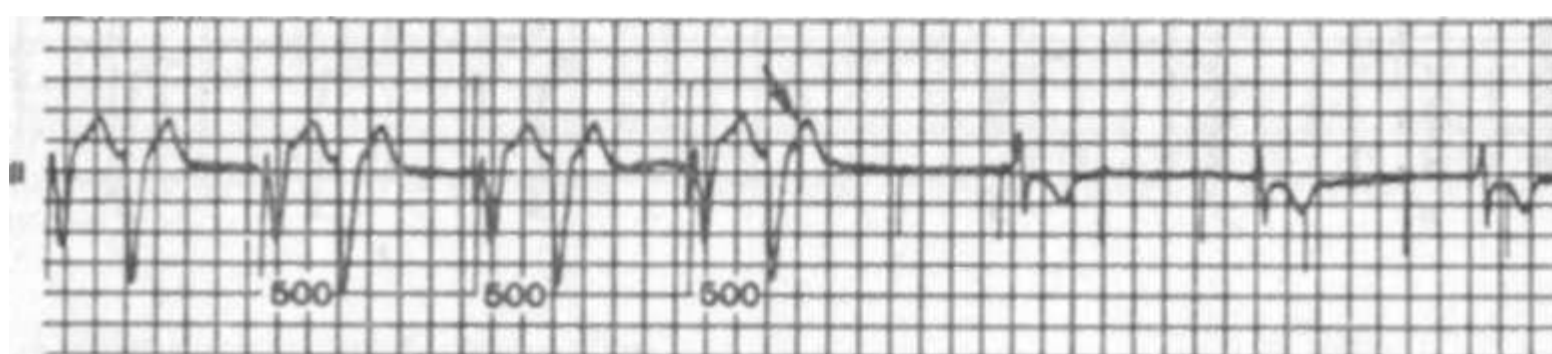
**Больная К., 62 лет. По поводу частых пароксизмов мерцательной аритмии, не поддающихся воздействию антиаритмической терапии, была выполнена трансвенная деструкция АВ соединения с созданием искусственной полной блокады и последующей имплантации ЭКС-222 (VVI). Однако в связи с клинически проявляющимся миопотенциальным ингибированием аппарат типа VVI был заменен на ЭКС-111 (V00). Несмотря на полное устранение миопотенциального ингибирования, больная вновь предъявляла жалобы на приступообразно возникающее урежение пульса, сопровождавшееся головокружением и потемнением в глазах. При проведении 24-часового ЭКГ мониторирования выявлено, что указанные жалобы связаны с возникновением частой вставочной желудочковой экстрасистолии (рис. 140). По-видимому, экстрасистолы и возникающие после них навязанные сокращения гемодинамически малоэффективны. Нарушения гемодинамики выражены наиболее значительно, когда экстрасистолы и навязанные комплексы составляли «цепочку».**

Желудочковая экстрасистолия у больных с ЭКС встречается часто, независимо от режима стимуляции [Chung E. K., 1983; Sandoe E. et al., 1984]. Данный вид нарушений ритма может быть следствием основного заболевания, но может быть обусловлен и электрической стимуляцией. При установке и введении электрода возможно появление желудочковых экстрасистол за счет раздражения трехстворчатого клапана или механической травмы эндокарда, которая приводит к формированию эктопического очага. В последнем случае конфигурация экстрасистолических комплексов похожа на имеющуюся в навязанных комплексах [El-Sherif N. et al., 1980]. Такие нарушения ритма сохраняются непродолжительное время и бесследно исчезают. В то же время желудочковые нарушения ритма могут быть обусловлены непосредственно стимуляцией. Критериями, на основании которых можно заподозрить возникновение желудочковых нарушений ритма в связи со стимуляцией, являются:



**Рис. 140. Вставочные желудочковые экстрасистолы при асинхронной стимуляции желудочков.**

Стрелки — артефакты импульсов. Мониторная запись.

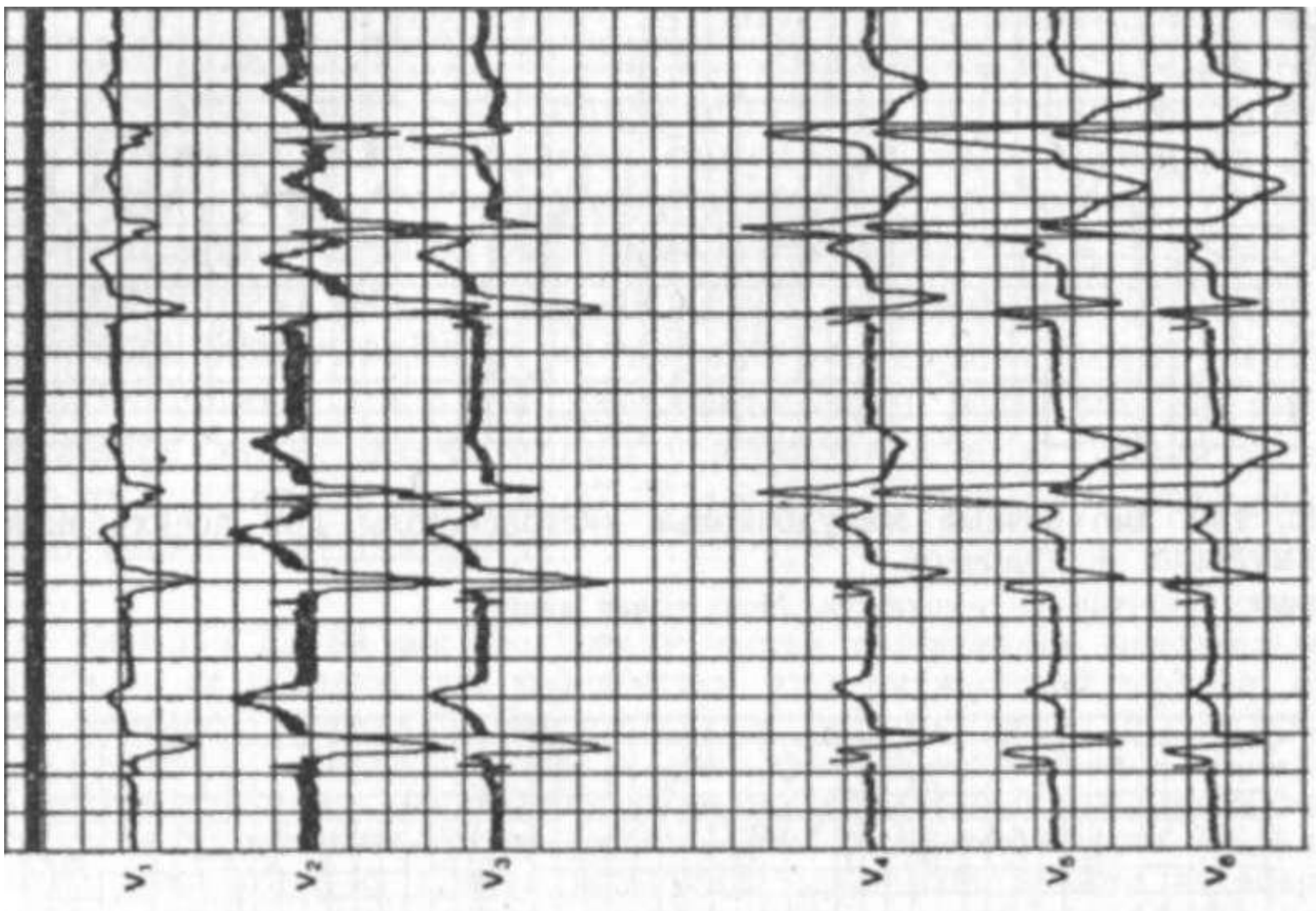
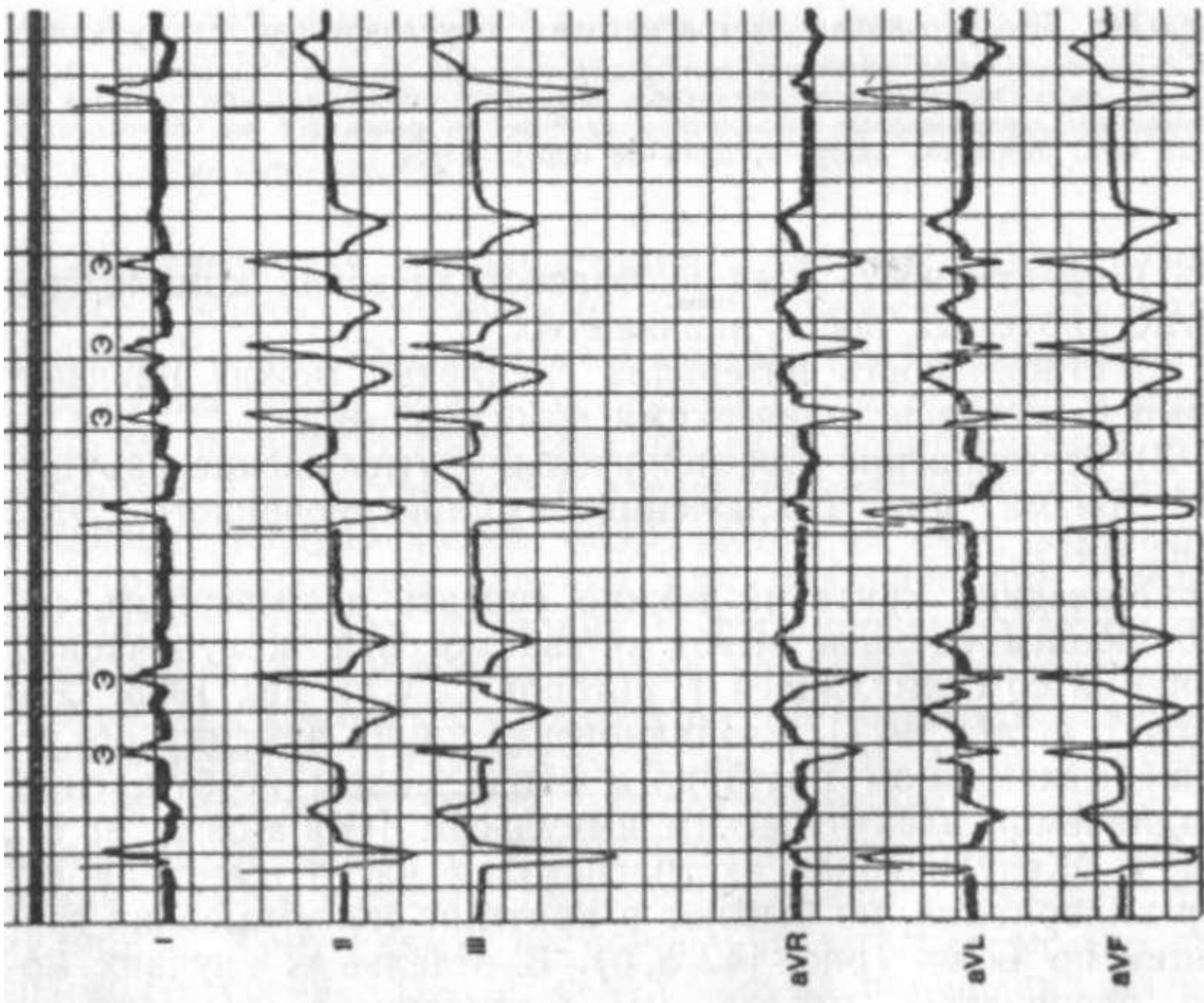


**Рис. 141. Желудочковая экстрасистолия, обусловленная стимуляцией.**

На фоне стимуляции регистрируется экстрасистолия по типу бигеминии. Морфология всех экстрасистол одинакова, интервал сцепления между ИЖК и спонтанным желудочковым комплексом стабилен и равен 500 мс. При отключении ЭКС (стрелка) экстрасистолия не определяется.

- 1) идентичность всех экстрасистолических комплексов, регистрируемых после навязанных;
- 2) стабильность интервала сцепления между навязанными и экстрасистолическими комплексами;
- 3) исчезновение или значительное уменьшение нарушений ритма при отключении имплантированного ЭКС (рис. 141).

Последний критерий можно считать достоверным, позволяющим сделать вывод о взаимосвязи желудочковых аритмий со стимуляцией [Григоров С. С. и др., 1985; Gialafos J. et al., 1977]. Возникновение таких аритмий объясняют механизмом повторного входа волны возбуждения, создаваемой электрическим импульсом [Gialafos J. et al., 1977]. Желудочковая экстрасистолия часто имеет характер аллоритмии, бывают и аритмии более высоких градаций по Lown (рис. 142, а, б). В отдельных случаях могут развиваться пароксизмы желудочковой тахикардии (рис. 143) и даже фибрилляций, желудочков.



0



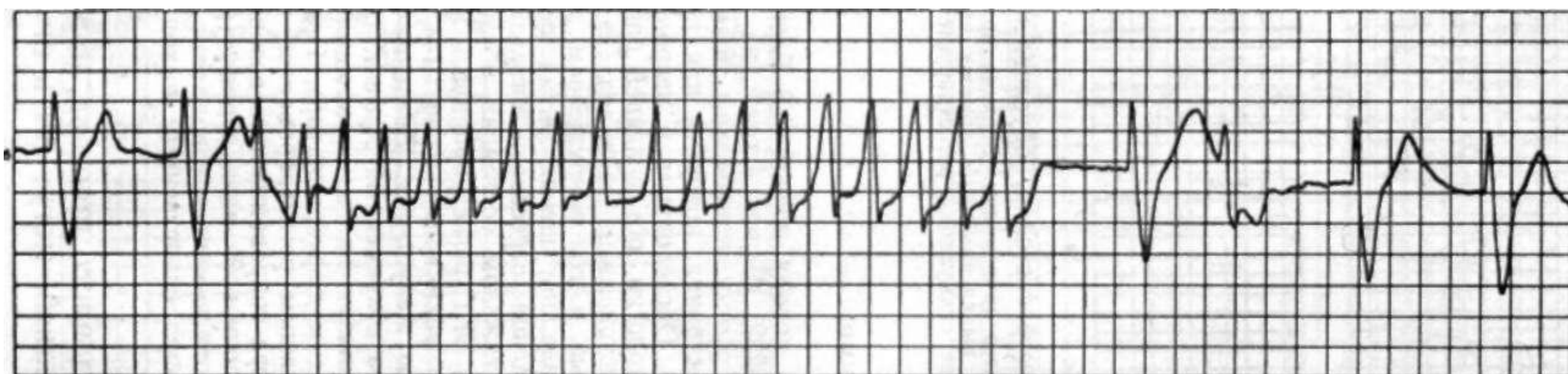
**Рис. 142. Желудочковая экстрасистолия, обусловленная стимуляцией.**  
 а — экстрасистолия носит характер тригеминии. Верхняя кривая — ЭКГ; нижняя кривая — артефакты импульсов, выделенные при помощи специального модуля. Мониторная запись; б — на фоне стимуляции регистрируется групповая экстрасистолия.

Приводим наблюдение.

Больная Г., 60 лет. По поводу полной АВ блокады была произведена имплантация ЭКС-222. Через 4 года на фоне нормально функционирующей системы стимуляции стали появляться непродолжительные синкопальные состояния, которым, как правило, предшествовала стрессовая ситуация. Обследование в неврологическом стационаре также не выявило патологии, объясняющей приступы потери сознания. Однократно зарегистрирована желудочковая экстрасистолия, сопровождавшаяся слабостью и головокружением. После внутривенного введения новокаинамида нарушения ритма полностью исчезли. Через полгода после очередной стрессовой ситуации больная была доставлена в отделение в тяжелом состоянии после повторных приступов потери сознания. На ЭКГ регистрировалась желудочковая экстрасистолия, желудочковая тахикардия (рис. 144, а), периодически переходящая в фибрилляцию желудочков. Введение антиаритмических препаратов давало лишь кратковременный эффект, после чего указанные нарушения ритма возникали вновь, прекращались самостоятельно или купировались разрядом дефибриллятора. При отключении имплантированного ЭКС наружным регистрировалась полная АВ-блокада, включение же стимулятора сопровождалось возникновением экстрасистолии, периодов желудочковой тахикардии (рис. 144, б) или фибрилляции. Длительное отключение, которое возможно в программируемых стимуляторах, является единственным выходом из данной ситуации.

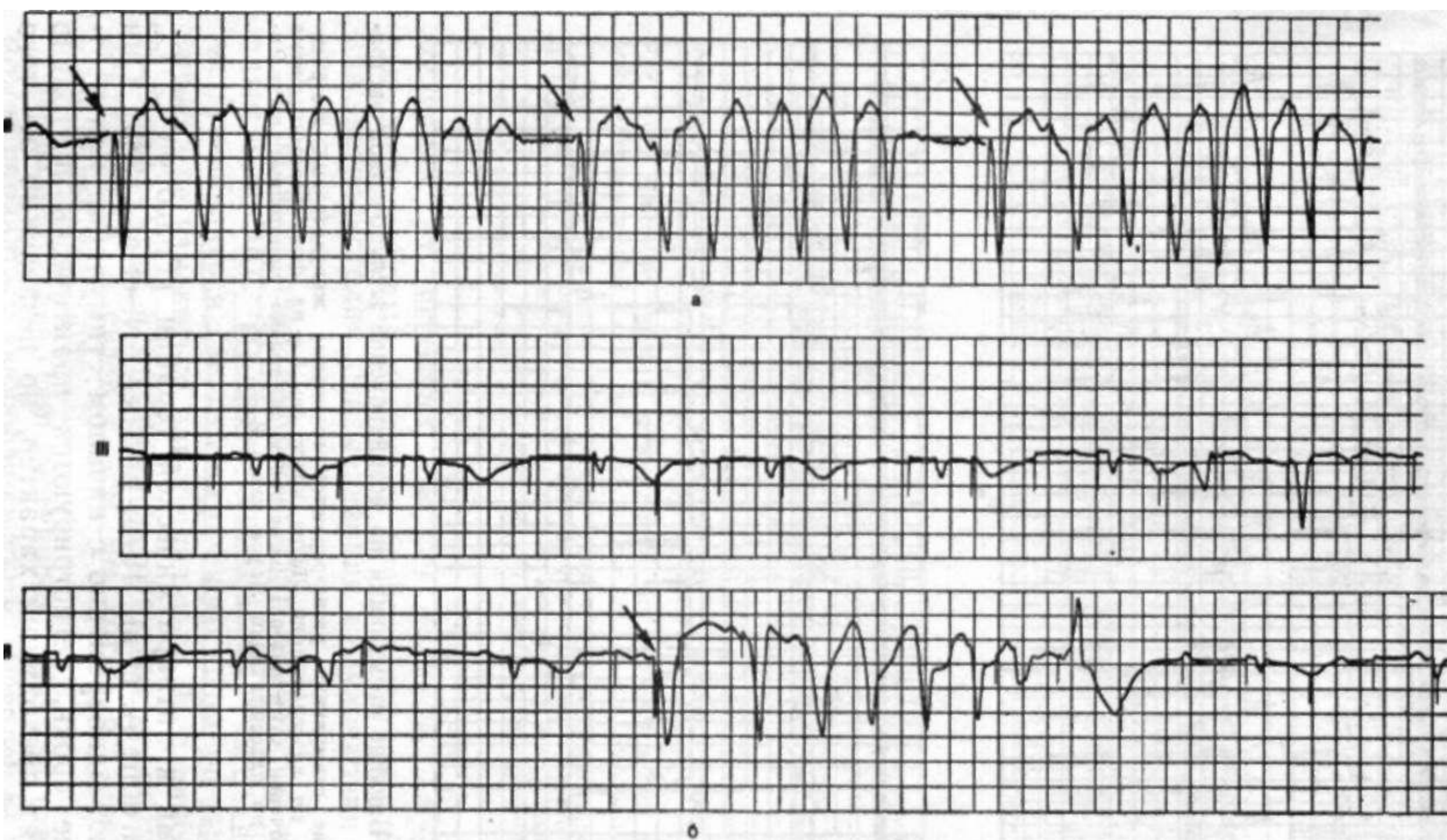
Как видно из приведенного примера, нарушения ритма, обусловленные стимуляцией, могут быть стойкими и рези-

<sup>1</sup> Данное наблюдение было опубликовано в статье С. С. Григорова и соавт. (1985) в журнале «Сог et vasa», т. 27, № 6, с. 434—441.



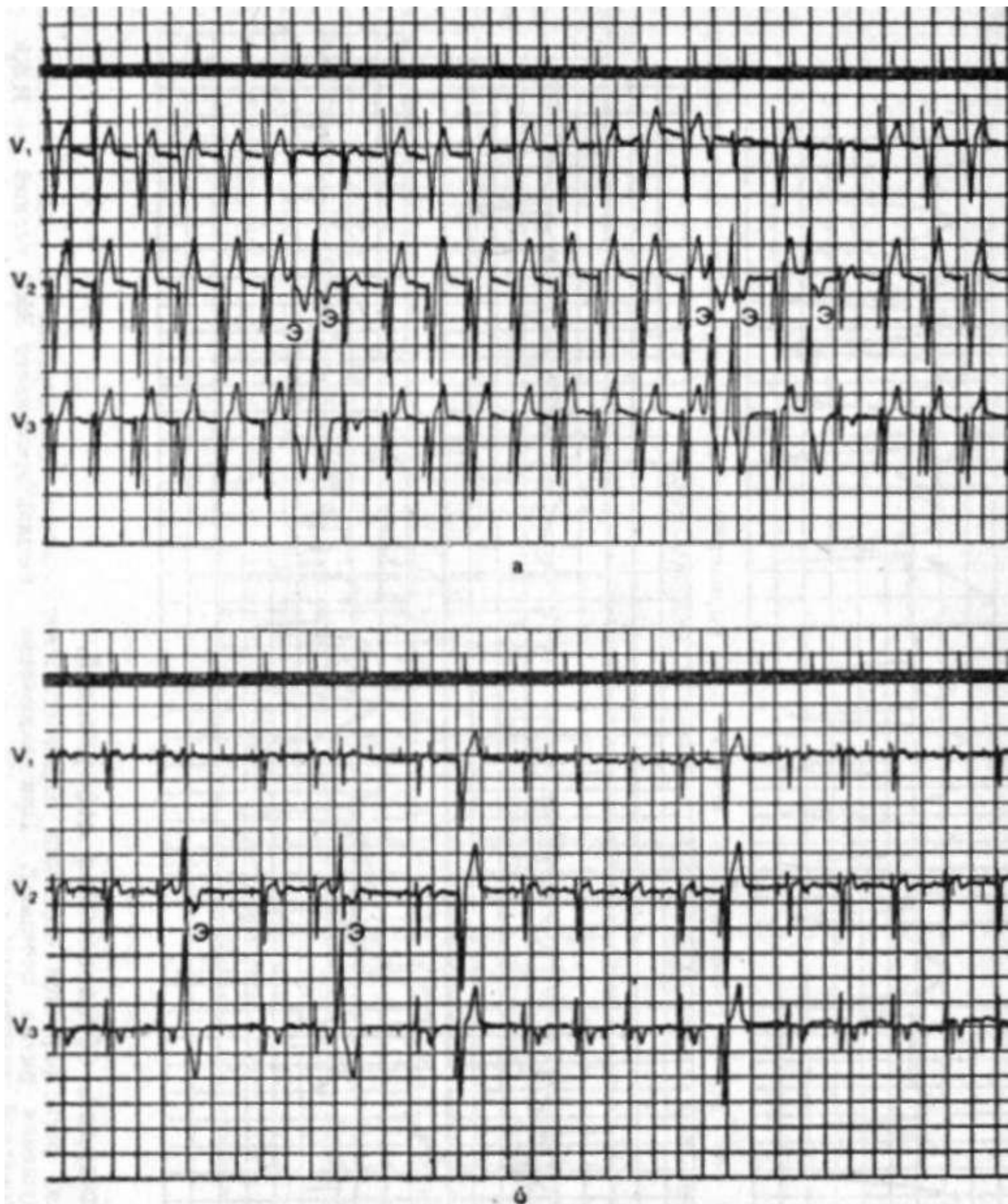
**Рис. 143. Пароксизм желудочковой тахикардии, обусловленный стимуляцией.**

ЭКГ того же больного, что и на рис. 142, б. Периодически возникает и спонтанно купируется желудочковая тахикардия, Мониторная запись.



**Рис. 144. Желудочковая тахикардия, обусловленная стимуляцией.**

а — после каждого ИЖК (стрелки) регистрируется короткий пароксизм желудочковой тахикардии; б — при отключении имплантированного ЭКС нарушения ритма исчезают. При включении имплантированного ЭКС первый же ИЖК (стрелка) вызвал развитие желудочковой тахикардии.



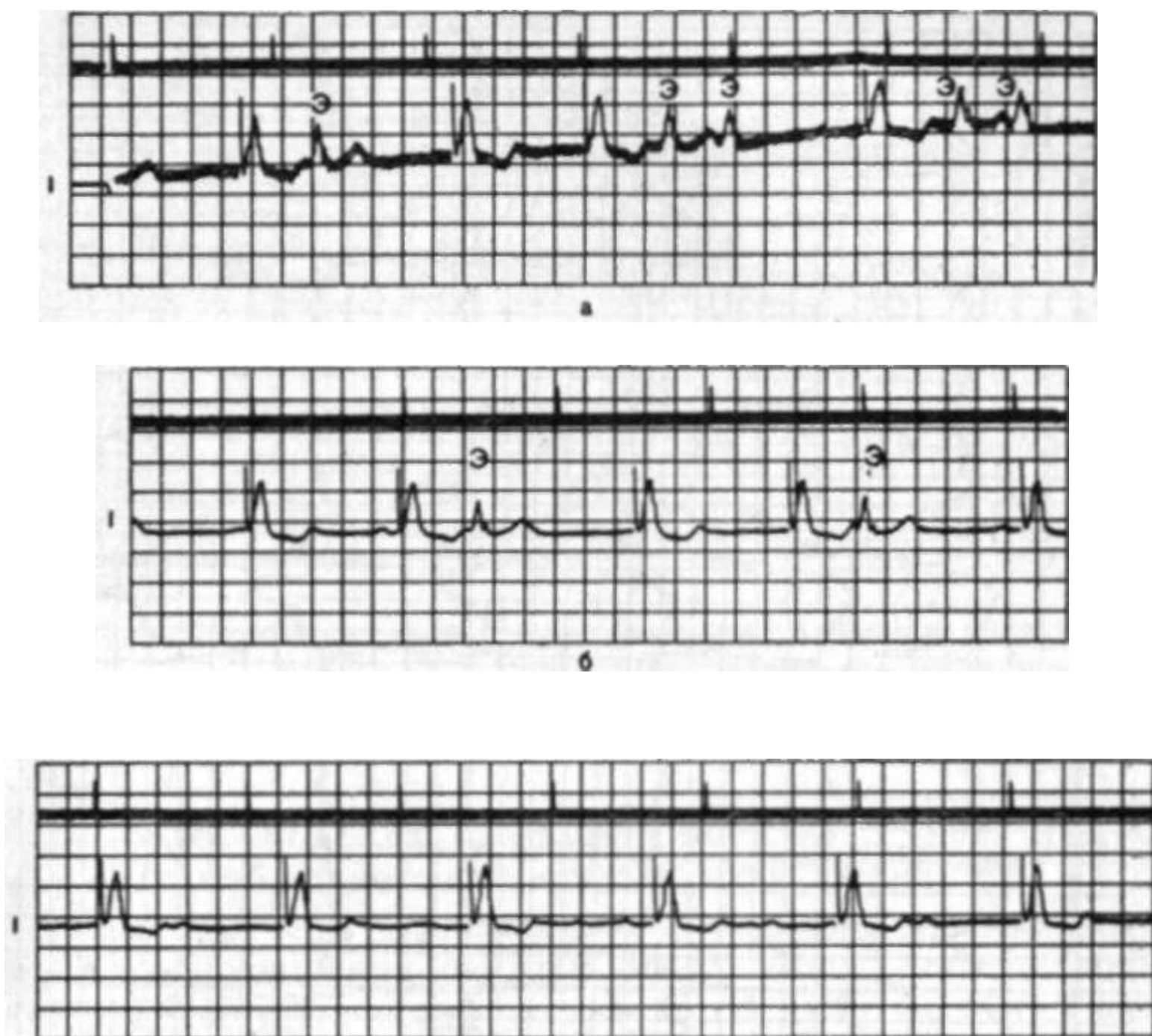
**Рис. 145. Влияние стимуляции на возникновение желудочковой экстрасистолии.**

а — на фоне стимуляции регистрируются групповые желудочковые экстрасистолы (Э), по классификации Лауна класс 4а; б — на фоне базового ритма (при отключении стимулятора) регистрируются только монотопные экстрасистолы (Э), по классификации Лауна класс 2.

стентными к антиаритмической терапии [Григоров С. С, 1985; Varenne A. et al., 1975; El-Sherif N. et al., 1980]. Они возникают одновременно с началом стимуляции или в отдаленные сроки, регистрируются практически постоянно или носят преходящий характер, но независимо от этого отвечают изложенным выше критериям.

Поскольку указанные нарушения ритма связаны со сти-





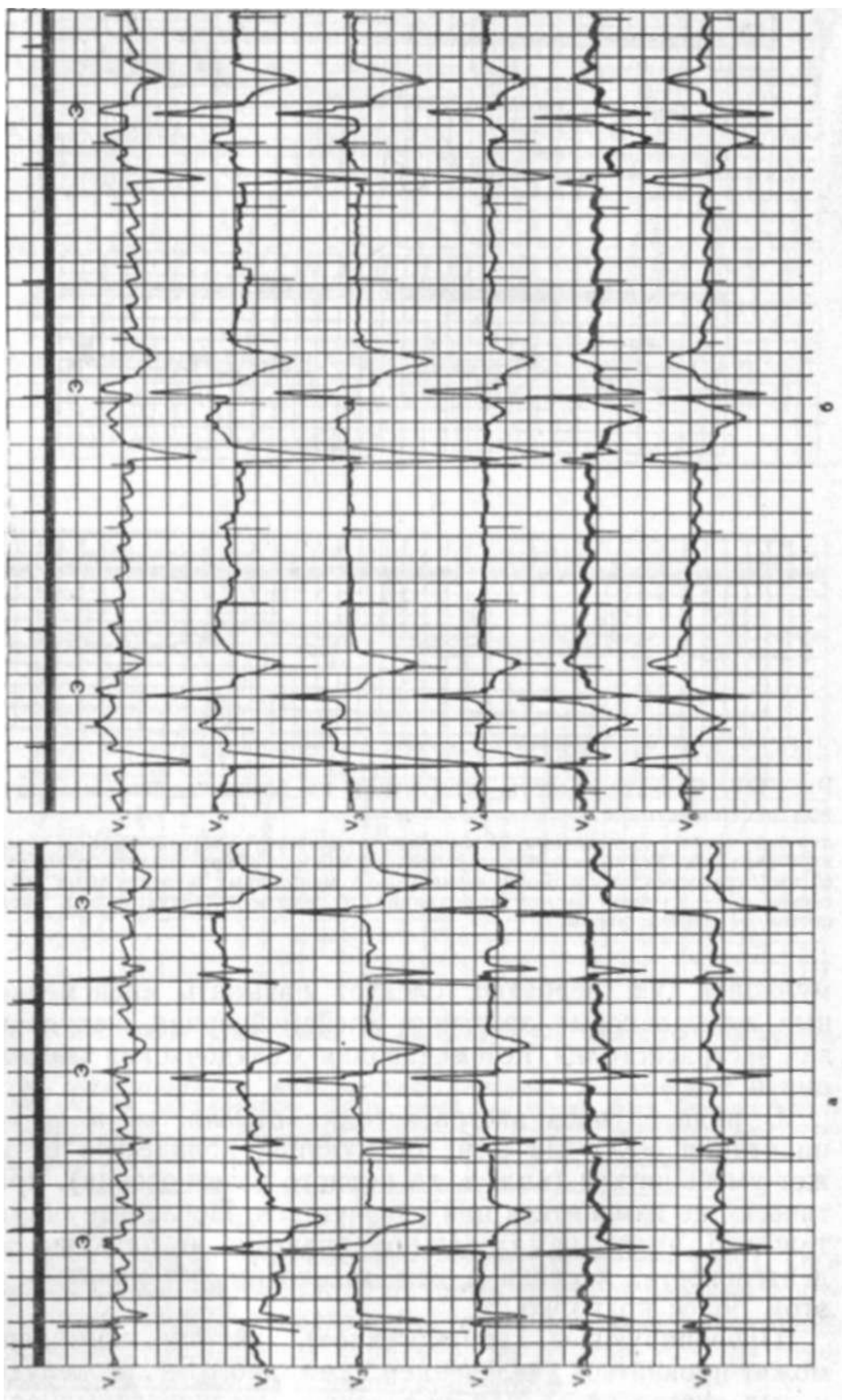
**Рис. 146. Влияние частоты стимуляции на возникновение желудочковой экстрасистолия.**

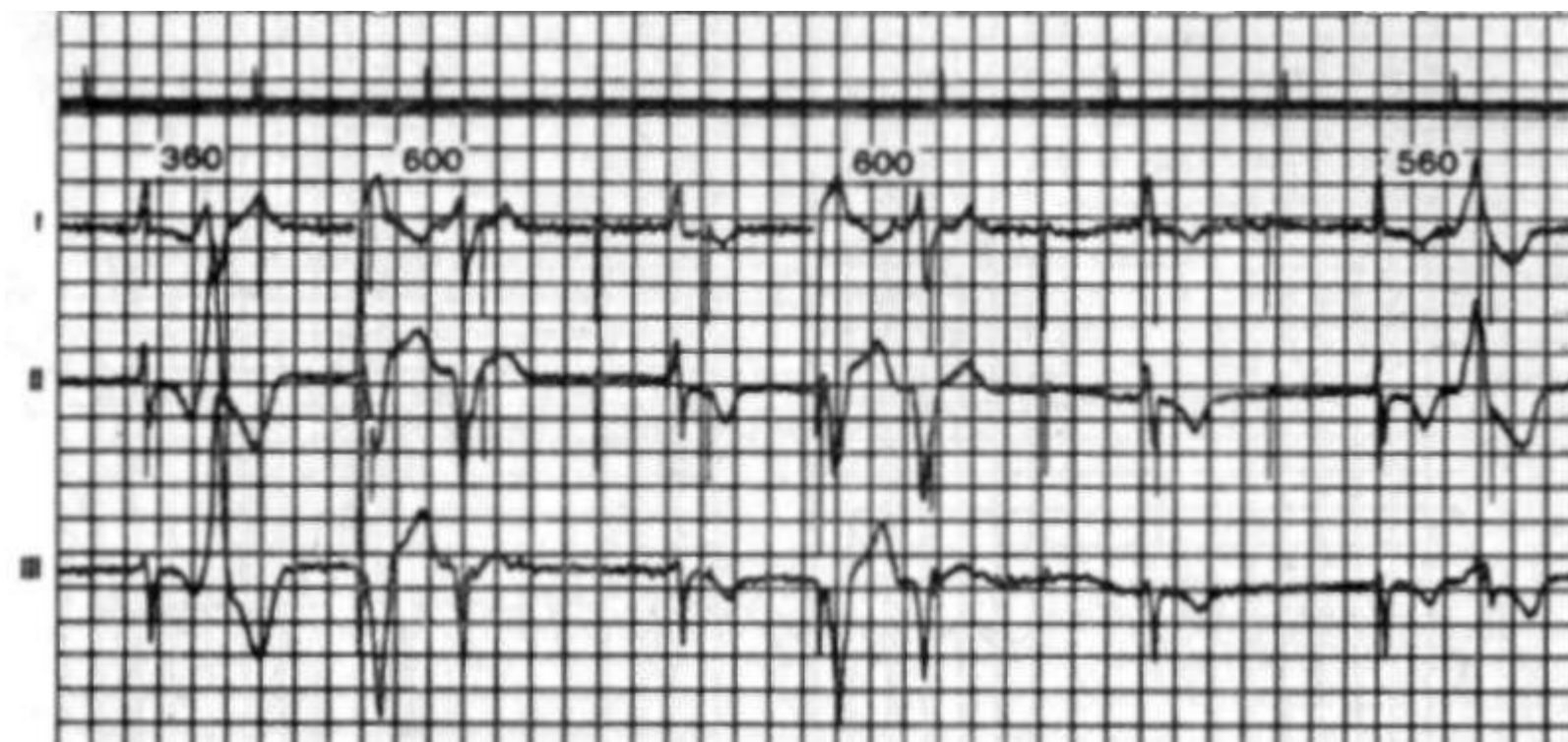
а — при частоте стимуляции 70 имп/мин отмечается возникновение групповой и монотонной желудочковой экстрасистелии (Э); б — при частоте стимуляции 60 имп/мин отмечается возникновение только монотонных желудочковых экстрасистол (Э); в — при частоте стимуляции 50 имп/мин желудочковых экстрасистол не зарегистрировано.

муляцией, их, вероятно, следует называть «пейсмейкерные желудочковые аритмии» (пейсмейкерная желудочковая экстрасистолия, пейсмейкерная желудочковая тахикардия и т. д.).

В ряде случаев экстрасистолия отмечается и до имплантации ЭКС. На фоне стимуляции количество ее может уменьшиться (вплоть до полного исчезновения), практически не измениться или увеличиться. Последнее обстоятельство имеет немаловажное значение в практической деятельности, в связи с чем мы хотим остановиться на этом более подробно.

Провоцирующее (аритмогенное) действие стимуляции может проявиться увеличением суммарного числа желудочковых экстрасистол или появлением желудочковых арит-





**Рис. 148. Спонтанная и пейсмейкерная желудочковая экстрасистолия.** Экстрасистолы, обусловленные стимуляцией, возникают через 600 мс после навязанного желудочкового комплекса. При отключении ЭКС определяются только спонтанные экстрасистолы другой морфологии.

мий более высоких градаций по Lown (рис. 145, а, б). Нередко наблюдается сочетание обоих вариантов.

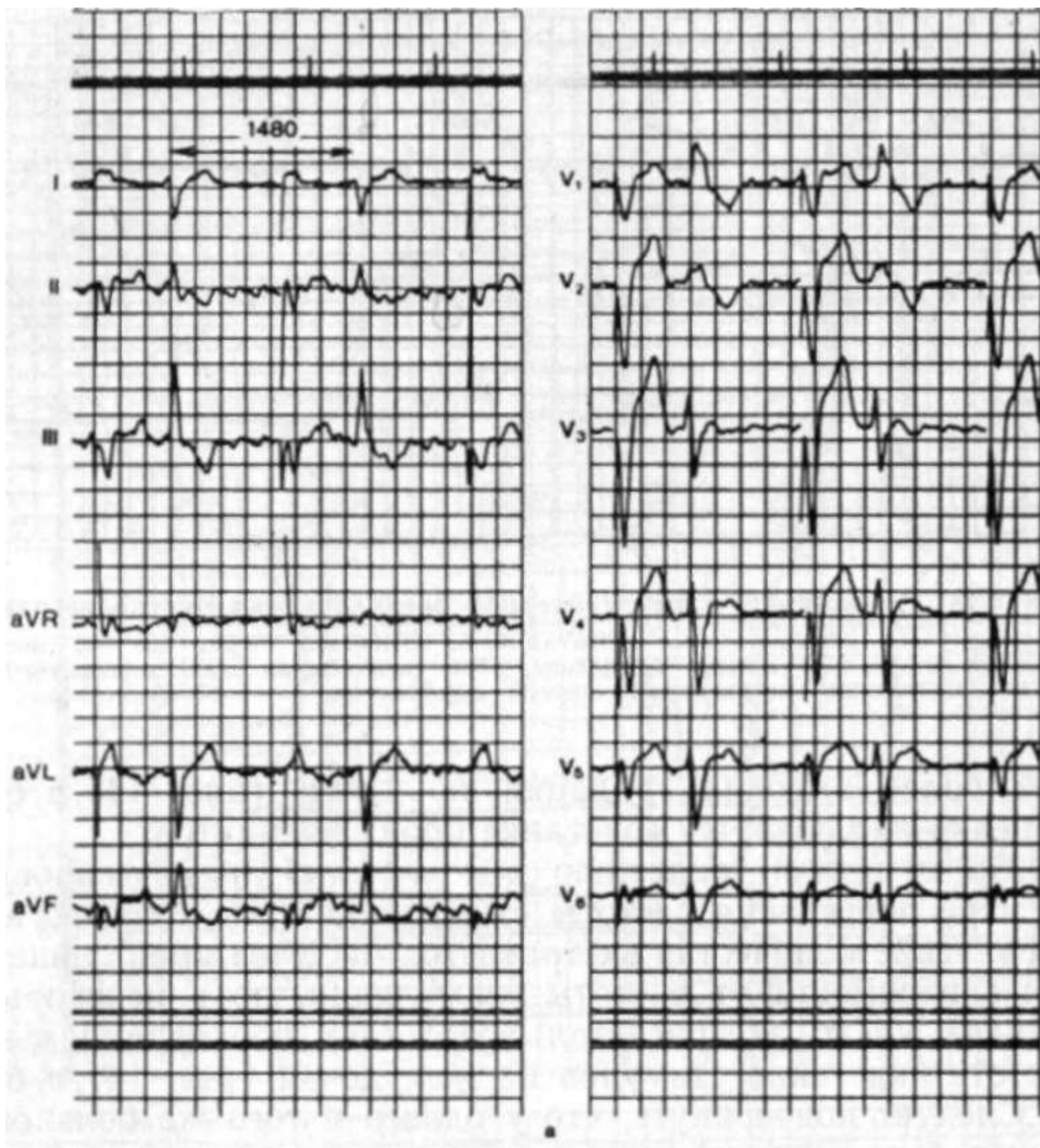
Мы отметили тенденцию к появлению аритмогенности по мере повышения частоты стимуляции (рис. 146, а, б, в). Увеличение количества экстрасистол чаще не имеет линейной зависимости от частоты стимуляции, но в некоторых случаях число экстрасистол возрастает пропорционально частоте нанесения стимулов на желудочки (рис. 147, а, б).

Следует подчеркнуть, что у одного и того же больного может быть как спонтанная, так и пейсмейкерная желудочковая аритмия. При отключении ЭКС последняя исчезает, но первая продолжает регистрироваться (рис. 148). В то же время спонтанные нарушения ритма легче поддаются воздействию медикаментозной терапии, чем обусловленные кардиостимуляцией. Поэтому иногда после медикаментозного лечения на ЭКГ остаются только пейсмейкерные желудочковые экстрасистолы.

Искусственный двойной ритм желудочков. На фоне стимуляции могут регистрироваться спон-

**Рис. 147. Зависимость количества желудочковых экстрасистол от частоты нанесения стимулов на желудочек.**

а — при частоте стимуляции 70 имп/мин на желудочек наносится 40 имп. После каждого ИЖК регистрируется желудочковая экстрасистола, т. е. количество желудочковых экстрасистол в минуту равно 40; б — при отключении стимулятора на фоне трепетания предсердий с частотой желудочковых сокращений 17 в 1 мин регистрируются желудочковые экстрасистолы типа бигеминии, следовательно количество желудочковых экстрасистол в 1 мин равно 17.

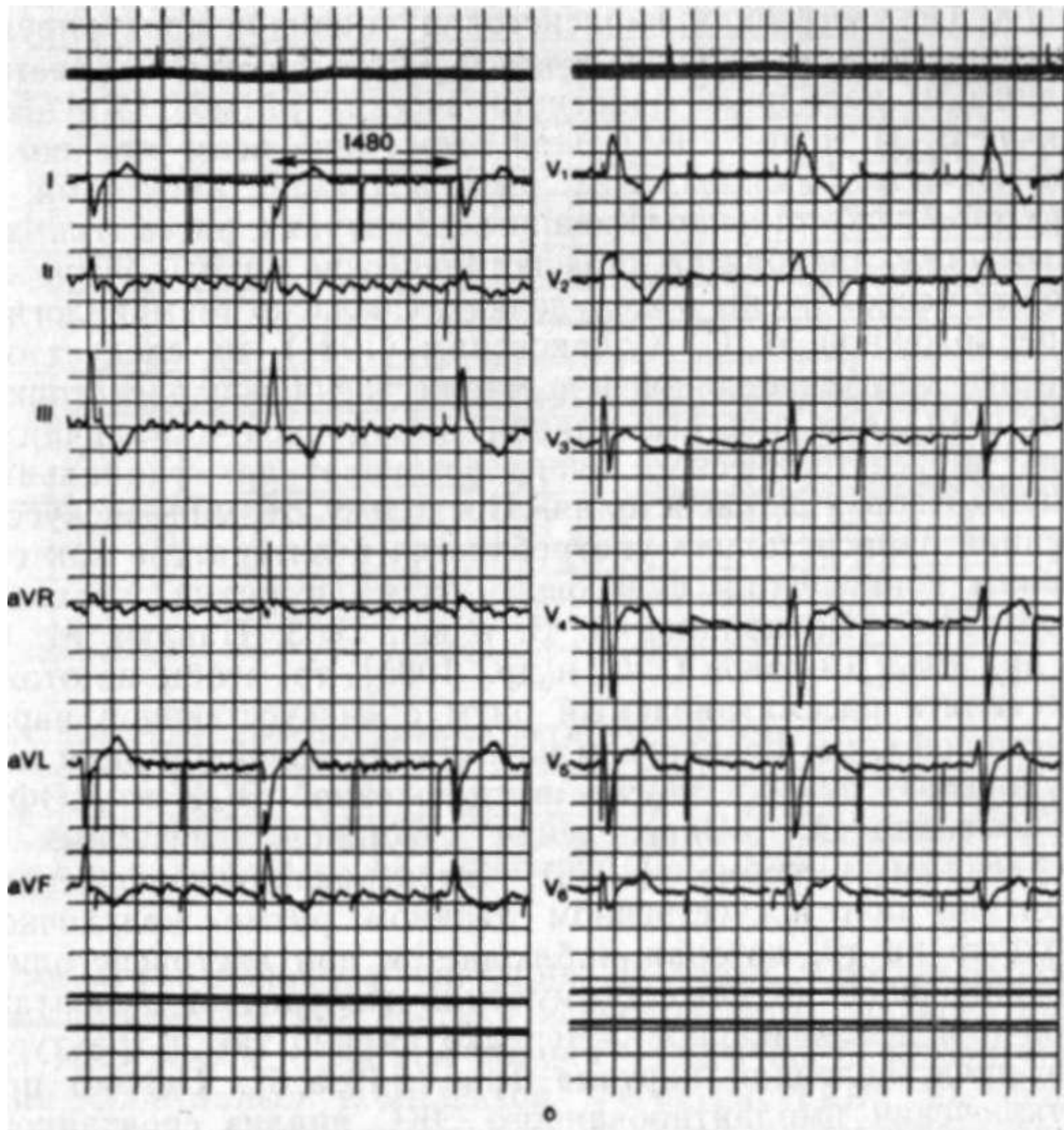


**Рис. 149. Искусственный двойной ритм желудочков.**

**а** — на фоне стимуляции после каждого ИЖК определяется спонтанный комплекс *QRS* с конфигурацией по типу полной блокады правой ножки пучка Гиса.

танные желудочковые комплексы, которые не являются ни спонтанной экстрасистолией, ни искусственной. Рассмотрим их подробнее.

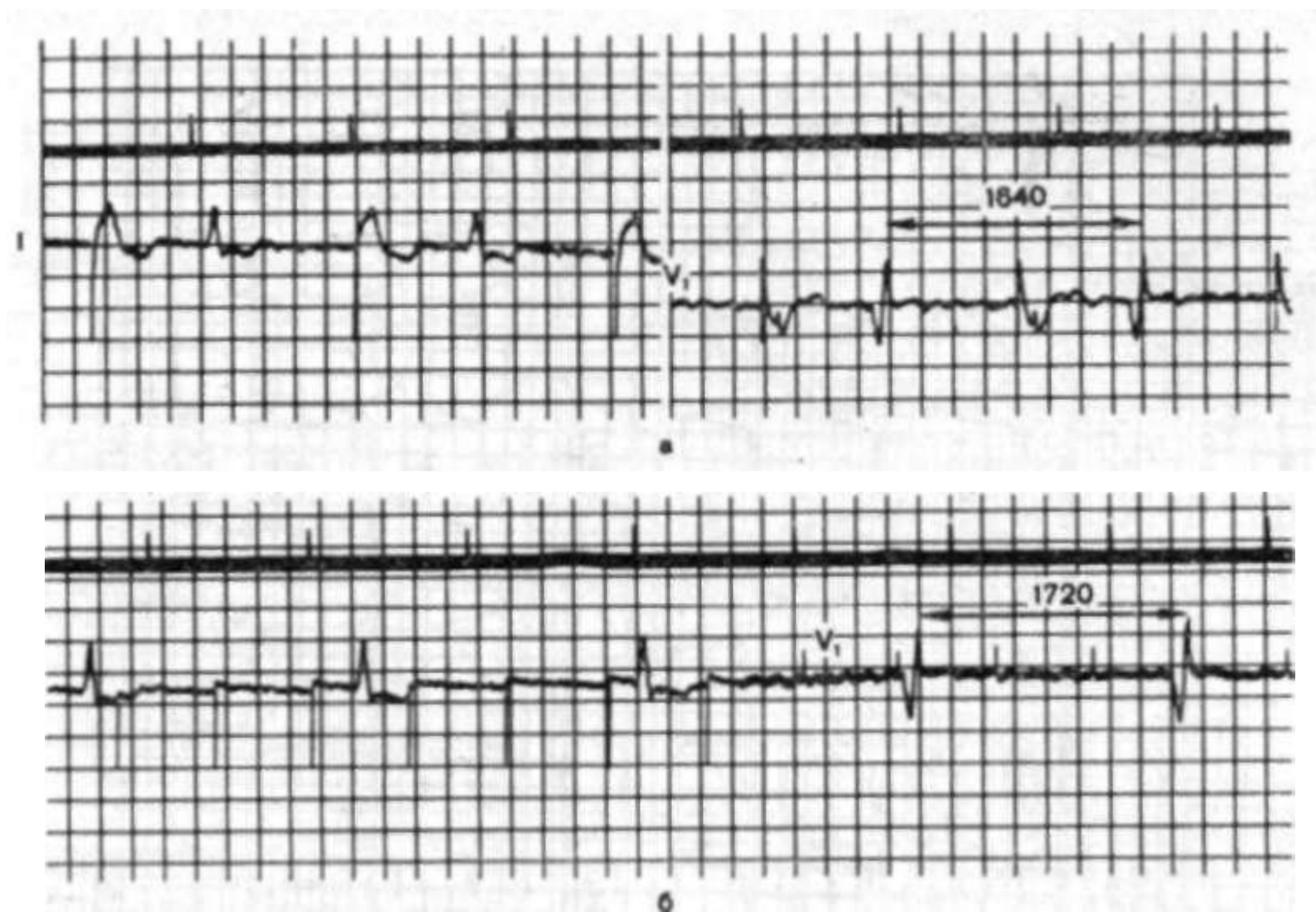
При полной АВ блокаде роль водителя ритма берут на себя нижележащие отделы проводящей системы: АВ узел или эктопические очаги, расположенные в желудочках. Как правило, эти очаги имеют небольшую частоту генерирования импульсов, причем чем ниже в проводящей системе находится идиовентрикулярный очаг, тем меньше его частота. При стимуляции желудочков импульсы от ЭКС подаются с большей частотой, поэтому подавляют менее активные водители ритма согласно механизму *overdrive*



Расстояние между спонтанными комплексами составляет 1480 мс; б — при отключении имплантированного ЭКС регистрируется синдром Фредерика. Водитель ритма находится в левом желудочке, конфигурация комплексов *QRS* идентична регистрируемым на фоне стимуляции. Длина цикла равна 1480 мс.

suppression. Однако в некоторых случаях идиовентрикулярный очаг импульсообразования не подавляется. В результате образуются два независимых автономных очага активации в желудочках: один — спонтанный, другой — искусственный (ЭКС). Основным водителем ритма является искусственный, частота которого больше частоты спонтанного водителя ритма. Таким образом, создается ситуация, аналогичная общеизвестному феномену парасистолии. Блокада входа препятствует вхождению в эктопический очаг импульсов от ЭКС и не дает возможности подавить его активность. Блокада выхода определяет частоту проведения импульсов из парацентра на окружающий мио-

кард. Искусственная парасистолия (наличие конкурирующих ритмов: спонтанного и навязанного от ЭКС) является одним из вариантов парасистолических ритмов [Янушкевичус З.И. и др., 1984]. При этом чаще всего предполагается, что один из этих ритмов бывает синусовый, а другой — искусственно вызванный. В случаях, рассматриваемых ниже, приводятся парасистолические ритмы, очаги которых расположены в желудочках. Согласно терминологии, предложенной М. С. Кушаковским (1981), их следует относить к дублированной или множественной парасистолии. По сути дела при стимуляции желудочков и наличии в них парасистолического очага возникает искусственная желудочковая парасистолия. Поскольку термин «искусственная парасистолия» употребляется в литературе как синоним конкуренции синусового ритма и ритма, навязанного ЭКС [Волколаков Я. В. и др., 1983; Павлюк М. С. и др., 1983; Соколов С. С. и др., 1985], то, чтобы не отождествлять рассматриваемый ритм с «искусственной парасистолией», мы предлагаем назвать его «двойной ритм желудочков», руководствуясь предложенной ВОЗ и МОФК рекомендацией: «Определение терминов, связанных с сердечным ритмом» (1980). Электрокардиографическая картина при искусственном двойном ритме желудочков похожа на ту, которая наблюдается при экстрасистолии, возникающей на фоне стимуляции желудочков (спонтанной или пейсмейкерной). Нередко именно так и трактуется представленная картина (рис. 149, а, б). Однако при отключении имплантированного ЭКС анализ спонтанного ритма позволяет выявить абсолютную идентичность морфологии комплексов *QRS* базового ритма и спонтанных комплексов, регистрируемых на фоне стимуляции. В обоих случаях—расстояние между спонтанными желудочковыми сокращениями может быть одинаковым, но может и отличаться (см. рис. 149, 150, а, б). При отсутствии блокады выхода все парасистолические импульсы вызывают сокращение сердца, так как блокада входа защитила эктопический очаг от разрядки. В данном случае моментом, осложняющим и затрудняющим диагностику нарушения ритма на фоне функционирующего стимулятора, является наличие четкого интервала сцепления между искусственно вызванным комплексом и спонтанным сокращением желудочков. В электрокардиографии известно, что возможен вариант парасистолии с устойчивыми предэктопическими интервалами, так называемая сцепленная парасистолия. Вероятно, и при стимуляции желудочков также может



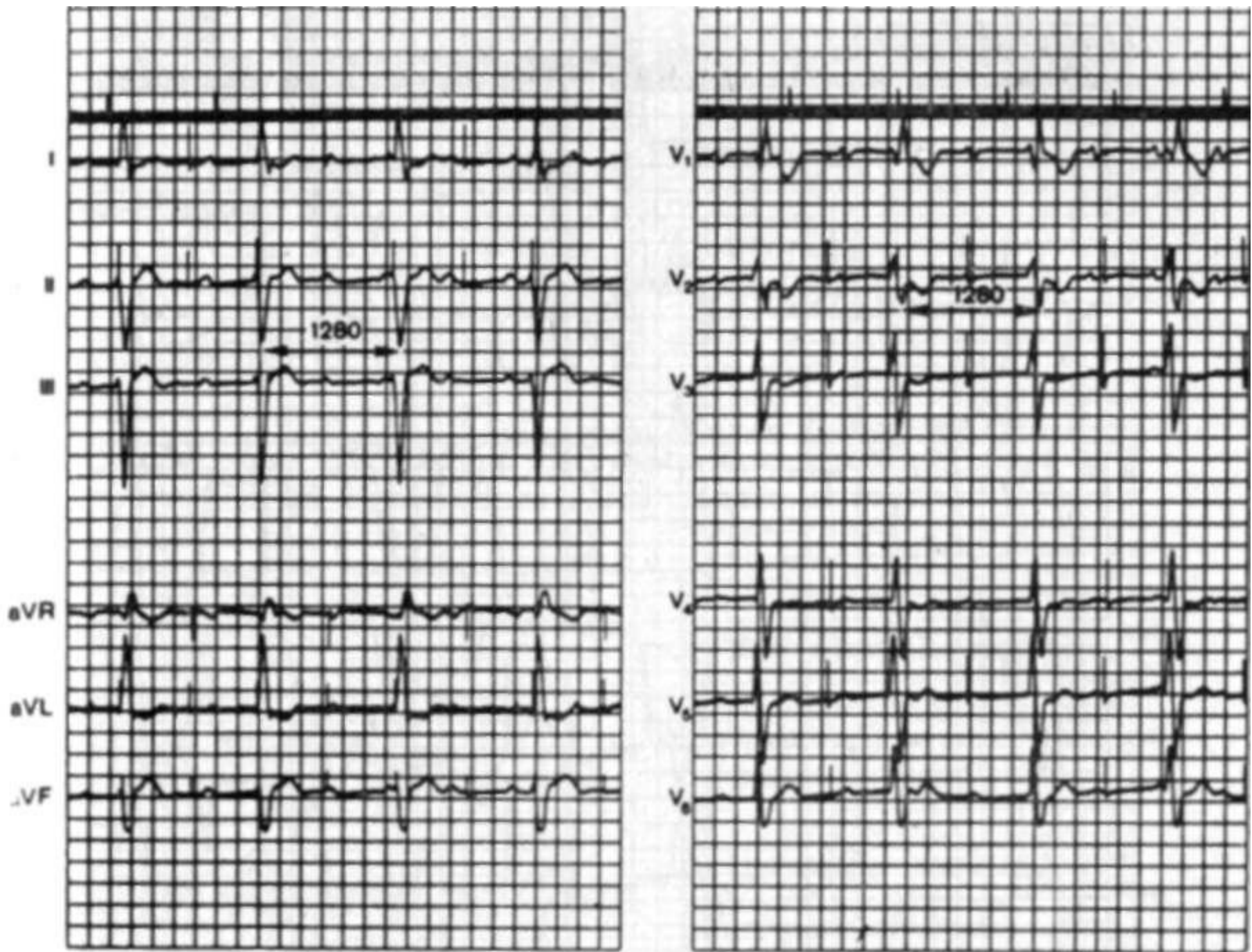
**Рис. 150. Искусственный двойной ритм желудочков.**

а — на фоне стимуляции регистрируются спонтанные желудочковые комплексы с конфигурацией по типу блокады правой ножки пучка Гиса. Расстояние между спонтанными комплексами составляет 1640 мс; б — при отключении ЭКС регистрируется синдром Фредерика с конфигурацией комплексов *QRS*, аналогичной регистрируемой на фоне стимуляции. Длина цикла спонтанного ритма равна 1720 мс.

отмечаться подобная ситуация. В таких случаях основным критерием диагностики искусственного двойного ритма желудочков является полная идентичность конфигурации спонтанных комплексов, регистрируемых на фоне стимуляции и при отключении ее. В то же время наличие искусственного двойного ритма желудочков можно предположить уже при анализе ЭКГ на фоне стимуляции. В этих случаях обнаруживаются «классические» признаки парасистолии: 1) отсутствие четкого интервала сцепления между искусственно вызванным и спонтанным желудочковым комплексом; 2) наличие сливных желудочковых комплексов, которые образуются при совпадении искусственно вызванного и спонтанного импульса; 3) наличие общего делителя для всех межэктопических интервалов (рис. 151, а). Нередко для выявления всех указанных признаков необходимо производить длительную регистрацию ЭКГ. При анализе ЭКГ выявляются различные варианты блокады выхода. Оценка базового ритма при отключении имплантированного ЭКС позволяет не только обнаружить идентичность всех желудочковых комплексов, регистрируемых на фоне стимуляции, но и определить общий делитель



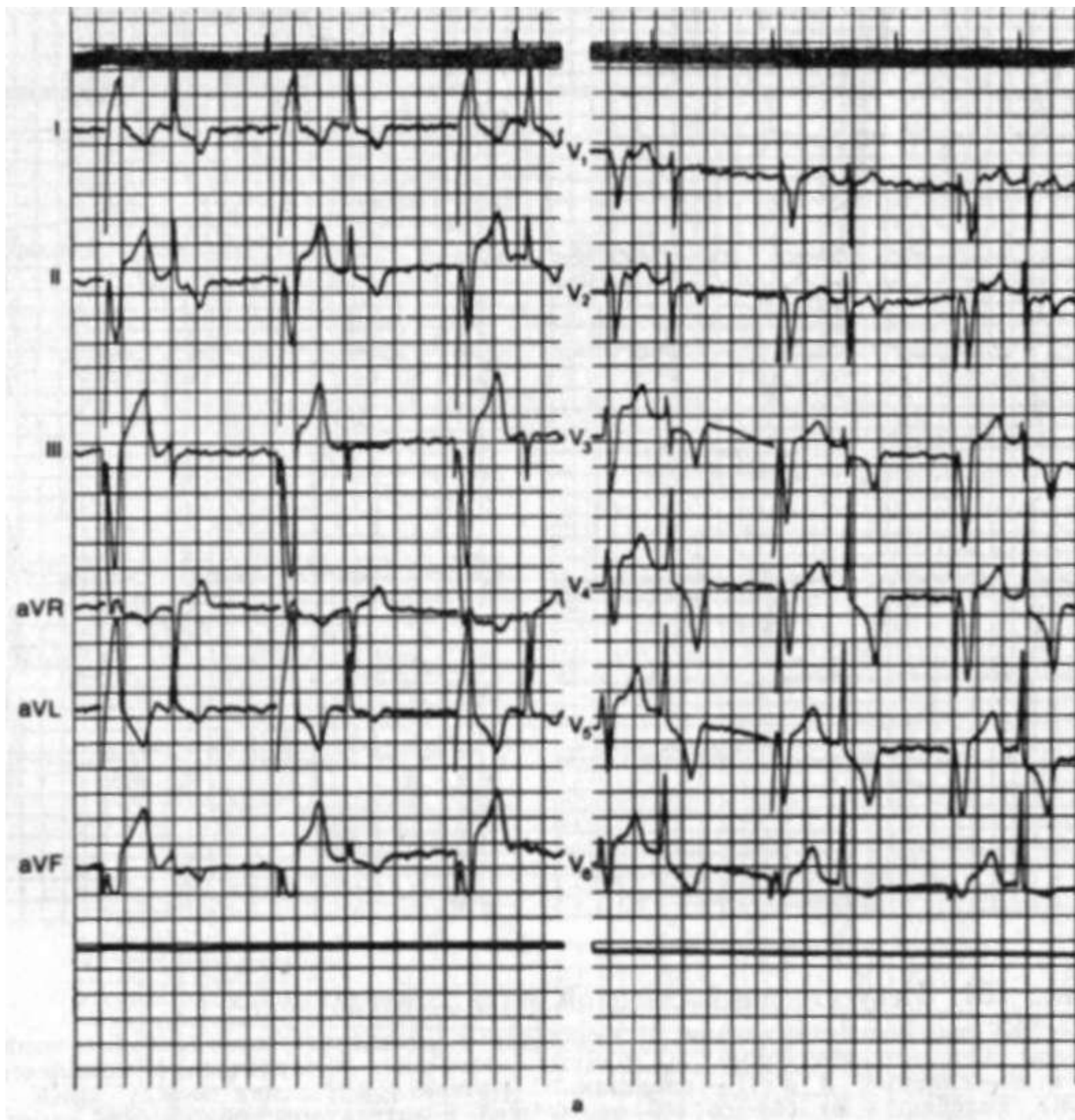




**Рис. 151. Искусственный двойной ритм желудочков.**

а — ЭКГ на фоне стимуляции. В стандартных отведениях желудочковые комплексы 3 и 8 — спонтанные. В грудных отведениях желудочковые комплексы 1 и 6 — сливные, 3 и 11 — спонтанные. Интервал сцепления между ИЖК и СЖК колеблется от 560 до 660 мс. Общий делитель межэктопических интервалов равен 1280 мс; б — при отключении ЭКС регистрируется полная АВ олокада. Конфигурация комплексов *QRS* идентична регистрируемой на фоне стимуляции. Длина цикла равна 1280 мс.

для межэктопических интервалов (рис. 151,б). Чаще всего при искусственном двойном ритме парасистолический очаг находится в нижележащих отделах желудочков, поэтому комплексы *QRS* уширены. Однако в некоторых случаях при выявлении искусственного двойного ритма, могут регистрироваться спонтанные узкие комплексы *QRS*, что, очевидно, связано с расположением спонтанного эктопического очага в области АВ соединения или ствола пучка Гиса (рис. 152,а,б). Наши собственные наблюдения дают основания предполагать, что чаще искусственный двойной ритм наблюдается тогда, когда гетеротропный водитель ритма — парасистолический очаг — расположен в левом желудочке.

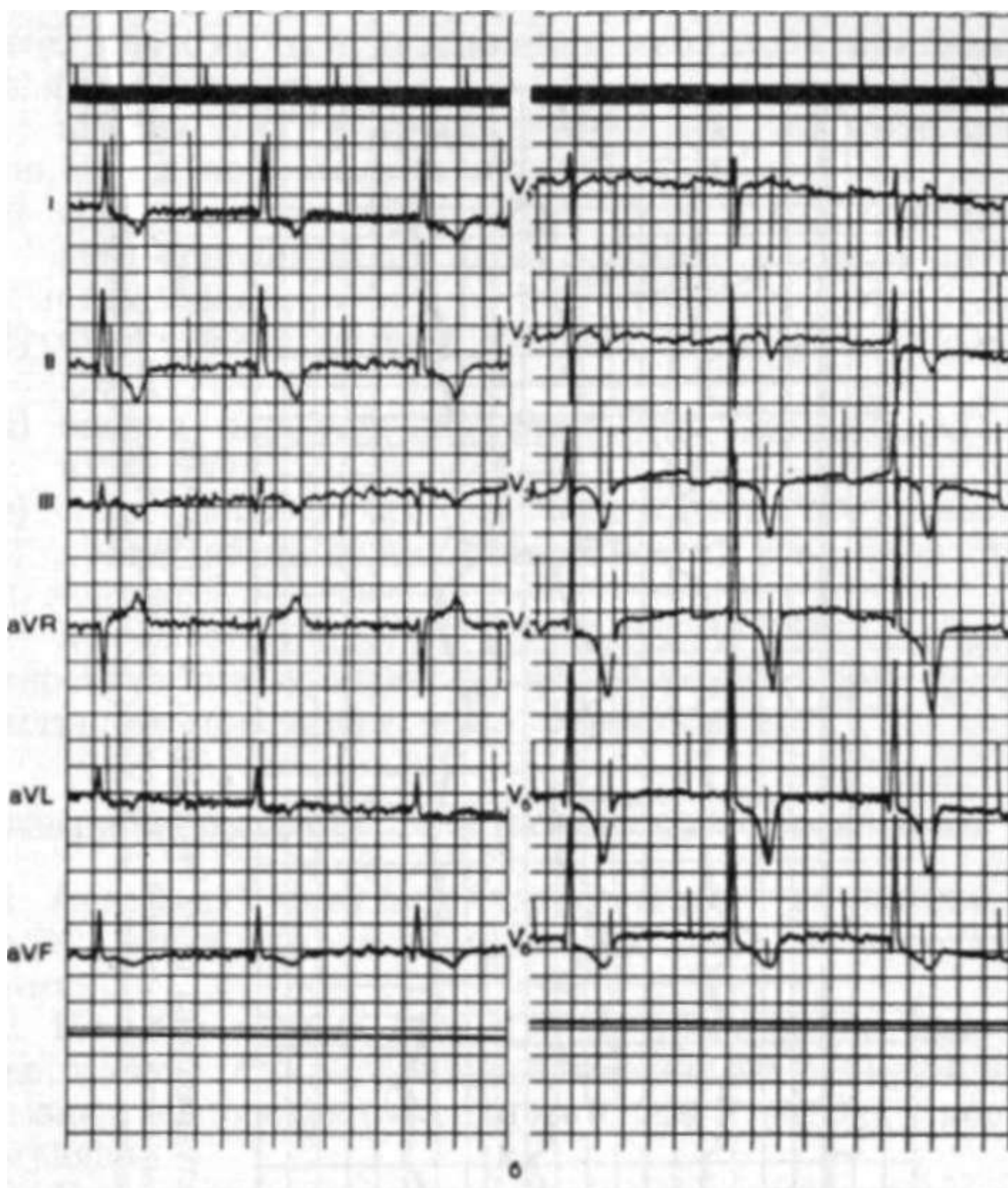


**Рис. 152. Искусственный двойной ритм желудочков.**

**а** — ЭКГ на фоне стимуляции. После каждого ИЖК регистрируются спонтан-

Представленные выше примеры касались диагностики нарушения ритма на фоне стимуляции в режиме VVI. Очевидно, что искусственный двойной ритм может наблюдаться и на фоне асинхронной стимуляции, однако выявление его может быть затруднено из-за невозможности ингибировать имплантированный ЭКС. Заподозрить его можно, если найден общий делитель межэктопических интервалов и интервал сцепления колеблется (рис. 153).

Дифференциальная диагностика желудочковых нарушений ритма имеет принципиальное значение, поскольку последствия их неоднозначны и не всегда одинакова тактика ведения больного. Например, как уже отмечалось выше, в urgentных ситуациях при подозрении на взаимосвязь



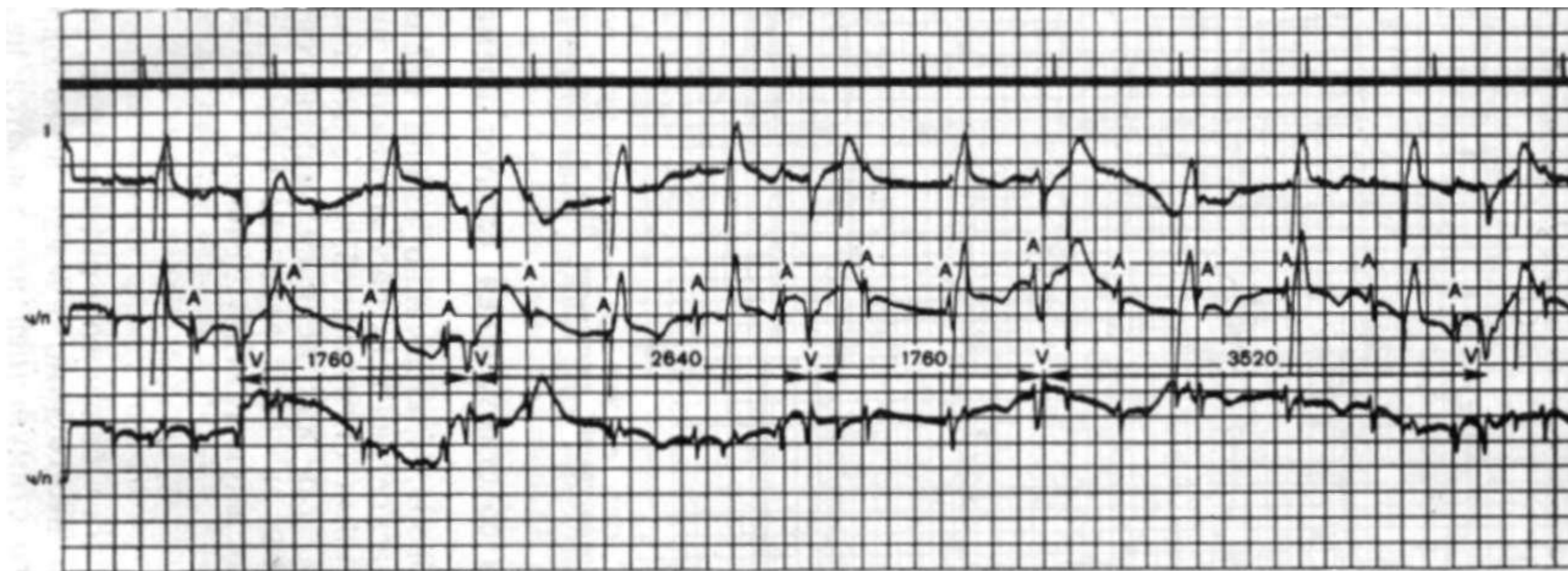
ные узкие комплексы *QRS*; б — ЭКГ при отключении ЭКС. Регистрируется синдром Фредерика. Конфигурация комплексов *QRS* в обоих случаях одинакова.

нарушений ритма со стимуляцией следует временно прекратить ее.

Собственно говоря, чрезвычайно важна правильная и своевременная диагностика всех рассмотренных нарушений ритма, обусловленных стимуляцией, а также спонтанных нарушений ритма, так как неправильная интерпретация ЭКГ может повлечь за собой развитие ятрогении и принципиально неправильную тактику лечения.

## Выводы

При обнаружении у больного с имплантированным ЭКС нарушений ритма необходимо прежде всего определить, связаны ли они со стимуляцией или имеются независимо



**Рис. 153. Искусственный двойной ритм желудочков на фоне стимуляции в режиме V00.**

Регистрируются как навязанные, так и спонтанные комплексы. Основной исходный ритм — полная АВ блокада. Наличие искусственного двойного ритма можно заподозрить по наличию общего делителя межэктопических интервалов, равному 380 мс.

от нее. Поэтому для диагностики характера аритмии необходимо выполнять:

- 1) анализ ЭКГ в 12 отведениях как на фоне стимуляции, так и при отключении ее:
  - а) сопоставление морфологии спонтанных комплексов, регистрируемых на фоне базового ритма и на фоне стимуляции;
  - б) определение интервалов сцепления между ИЖК и СЖК;
  - в) оценка морфологии зубцов *P* в отведениях II, III, aVR, aVF;
  - г) сопоставление частоты следования спонтанных сокращений на фоне базового ритма и на фоне стимуляции;
- 2) при необходимости используются дополнительные диагностические процедуры: фармакологические пробы и регистрация чреспищеводных потенциалов.

#### **ТЕРМИНЫ, СВЯЗАННЫЕ С ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯЦИЕЙ**

1. Артефакт импульса — графическое выражение импульса электрокардиостимулятора на электрокардиограмме.

2. Блокада выхода — состояние, при котором импульсы от нормально функционирующей системы стимуляции не вызывают возбуждения сердца в связи с высоким порогом стимуляции.

3. Гистерезис — величина, составляющая разницу между выскакивающим и автоматическим интервалами, чаще выражаемая в миллисекундах. Другими словами Г. представляет собой разницу между частотами, при которой стимуляция начинается и с которой она осуществляется в дальнейшем.

4. Искусственный двойной ритм желудочков — независимое существование при стимуляции желудочков навязанного и спонтанного желудочкового ритмов.

5. Интервал автоматический (интервал стимуляции) — интервал между последовательно навязанными комплексами, исходящими из одной камеры сердца.

6. Интервал асинхронной стимуляции — интервал между последовательно навязанными комплексами при проведении магнитного теста.

7. Интервал выскакивающий — интервал от «отловленного» зубца спонтанного комплекса до следующего навязанного.

8. Интервал выскакивающий предсердный (в бифокальных ЭКС) — интервал между спонтанным или навязанным желудочковым комплексом и последующим навязанным предсердным комплексом.

9. Интервал выскакивающий желудочковый — интервал между спонтанным или навязанным желудочковым комплексом и последующим навязанным желудочковым комплексом. Во многих бифокальных ЭКС данный интервал соответствует автоматическому или выскакивающему интервалам.

10. Интервал предсердно-желудочковый (техническая АВ задержка) — интервал между предсердным навязанным комплексом и последующим желудочковым навязанным комплексом.

11. Комплекс сливной — комплекс, образованный за счет активации миокарда предсердий или желудочков импульсом кардиостимулятора и спонтанным импульсом. Сливные комплексы чаще наблюдаются при стимуляции желудочков.

12. Комплекс псевдосливной — спонтанный комплекс, деформированный неэффективным импульсом кардиостимулятора.

13. Конкуренция ритмов — чередование навязанных и спонтанных комплексов при асинхронной стимуляции. Термин чаще употребляется при наличии на ЭКГ синусовых комплексов.

14. Миопотенциальное ингибирование — воздействие мышечных потенциалов на работу биоуправляемых ЭКС, в результате чего происходит временное прекращение стимуляции.

15. **Порог** стимуляции — минимальная величина электрического импульса, необходимая для активации миокарда.

16. Пейсмейкерная желудочковая экстрасистолия — экстрасистолия, обусловленная электрической стимуляцией сердца.

17. Пейсмейкерная аллоритмия — чередование навязанных комплексов и синусовых сокращений в определенной последовательности.

18. Пейсмейкерный синдром — симптомокомплекс, развивающийся у больных после имплантации ЭКС и обусловленный наличием вентрикулоатриального проведения или потерей АВ синхронизации.

19. Пейсмейкерная тахикардия — тахикардия, в механизме возникновения которой принимает участие электро-

кардиостимулятор. Вариантом пейсмейкерной тахикардии является тахикардия с бесконечной цепью.

20. **Рефрактерный период ЭКС** — время после навязанного или «отловленного» спонтанного комплекса, в течение которого ЭКС не реагирует на спонтанную активность сердца. Понятие рефрактерный период распространяется на моно- и бифокальный ЭКС. В бифокальных ЭКС предсердный и желудочковый рефрактерные периоды различны и указываются в паспорте для каждого типа аппарата.

21. **Синдром Шатерье** — изменение конечной части спонтанного желудочкового комплекса при эндокардиальной стимуляции правого желудочка.

22. **Технический блок ЭКС** — режим стимуляции, при котором импульс, подаваемый на желудочки, генерируется не на каждую волну *P*.

23. **Тест Vario** — тест для определения порога стимуляции ненвазивным способом.

24. **Тест магнитный** — изменение режима и/или частоты стимуляции при наложении магнита.

25. **Тест стимуляции грудной клетки** — лал\_ешш£\_ла. грудную стенку импульсов от наружного ЭКС с частотой большей чем в имплантированном ЭКС. Тест используется для временного отключения имплантированного ЭКС.

26. **Функция синхронизации** — способность ЭКС реагировать на внутренние и внешние сигналы любой амплитуды.

27. **Чувствительность ЭКС** — минимальная величина сигнала, выраженная в мВ (милливольт), которая может быть воспринята аппаратом. Воспринимаемый сигнал может быть внутрисердечного и внесердечного происхождения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЭКГ — наиболее доступный и достаточно информативный метод оценки функционирования системы стимуляции. Ценность его возрастает при использовании некоторых практических рекомендаций.

Перед регистрацией ЭКГ необходимо выяснить жалобы больного, так как в ряде случаев уже по их характеру можно заподозрить то или иное нарушение в системе стимуляции, выявить которые нередко удается при проведении специальных провокационных тестов.

Анализ ЭКГ следует начинать с оценки функции стимуляции и синхронизации, что, как правило, затруднений не вызывает. Исключение составляют случаи, когда постоянно регистрируется спонтанный или искусственный ритм.

При регистрации только спонтанных комплексов с частотой, незначительно превышающей частоту стимуляции, задержка дыхания, вызывая физиологическое урежение ритма, может привести к появлению навязанных комплексов. Если этого не происходит, функцию синхронизации оценивают с помощью магнитного теста. Следует помнить, что в зависимости от модели ЭКС наложение магнита вызывает различную частоту и продолжительность стимуляции, что подробно описано в главе 2. Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что проведение магнитного теста при стимуляции предсердий на фоне мерцательной аритмии не приводит к появлению навязанных комплексов, причина этого связана не с нарушением в системе стимуляции, а с отсутствием физиологических условий для «захвата» предсердий.

При анализе ЭКГ может возникнуть ситуация, когда частота спонтанного ритма меньше установленной частоты стимуляции, но навязанных комплексов нет. Наложение магнита вызывает появление навязанного ритма с частотой, соответствующей данному типу ЭКС. В этом случае следует предположить введение в программу стимуляции функции гистерезиса. Уточнение этого вопроса



возможно при длительной регистрации ЭКГ до появления момента перехода от спонтанного ритма к навязанному, что позволит рассчитать выскакивающий интервал и интервал стимуляции.

Длительность проведения магнитного теста определяется конкретной ситуацией. Так, например, бывают случаи, когда все стимулы, наносимые на желудочек асинхронно, попадают в его рефрактерный период, в связи с чем оказываются безответными, имитируя неэффективную стимуляцию. В этом случае необходимо проводить магнитный тест и регистрацию ЭКГ до изменения временных соотношений между частотой спонтанного ритма и частотой стимуляции.

Проведение магнитного теста, как правило, безопасно и не сопровождается неприятными субъективными ощущениями. Однако в отдельных случаях большая частота стимуляции может вызвать приступ стенокардии, поэтому длительное проведение магнитного теста может быть нежелательным.

Оценить функцию синхронизации с волной *P* или *R* легко при наличии спонтанных и навязанных комплексов. Если на ЭКГ регистрируется только ритм от ЭКС, функция синхронизации может быть оценена при уменьшении частоты стимуляции до появления спонтанных комплексов или при использовании теста стимуляции грудной клетки, основанного на принципе восприятия биоуправляемыми ЭКС не только внутри, но и внесердечных сигналов. Ингибирование, т. е. «отключение» имплантированного ЭКС, возникает, когда частота воспринимаемых им внешних сигналов превышает установленную частоту стимуляции. С этой целью на переднюю поверхность грудной клетки наносятся импульсы от наружного стимулятора. Специального прибора для проведения данного теста нет. Используется обычный наружный ЭКС для временной стимуляции, электродами служат электроды-присоски, применяемые для регистрации ЭКГ. Один электрод устанавливается над областью имплантированного ЭКС, другой — в месте проекции электрода.

При проведении теста стимуляции грудной клетки следует использовать минимальные значения амплитуды импульса наружного прибора, поскольку с увеличением ее происходит значительное искажение формы спонтанного комплекса. При проведении данного теста не всегда удается отключить имплантированный ЭКС. Однако это может быть связано не с истинным нарушением функции

синхронизации, а с недостаточной амплитудой внешнего сигнала в результате плохого контакта накожных электродов или неудачного их расположения. Кроме того, отключить имплантированный ЭКС удастся только при монополярной стимуляции, при наличии же биполярного электрода добиться ингибирования аппарата невозможно, о чем следует помнить при оценке работы ЭКС.

Отключение ЭКС у стимуляторозависимых больных может привести к асистолии желудочков, поэтому процедура должна выполняться только под мониторным или электрокардиографическим контролем. Подобная ситуация может возникнуть и при определении порога стимуляции с использованием Vario-теста. В обоих случаях следует предварительно разъяснить больному суть исследования во избежание или для уменьшения отрицательной реакции на его проведение. В принципе отключение ЭКС при проведении теста стимуляции грудной клетки свидетельствует о сохранной функции синхронизации. Если же необходимо восстановление спонтанного ритма, например, для оценки конфигурации желудочкового комплекса или сегмента S—T, частоту наружной стимуляции уменьшают до той, при которой частота имплантированного ЭКС становится вдвое или втрое меньше исходной. На этой частоте стимуляция продолжается в течение нескольких минут, после чего делаются попытки отключения имплантированного ЭКС. Как правило, таким путем удастся добиться появления спонтанных комплексов.

Если при использовании синхронизируемых ЭКС возникает конкуренция ритмов, то чаще всего она свидетельствует о переходе аппарата в асинхронный режим. Однако функция синхронизации может быть нарушена при уменьшении амплитуды внутрисердечного сигнала или снижения скорости его нарастания ( $dv/dt$ ), а также вследствие недостаточной чувствительности ЭКС. Дифференциальная диагностика имеет принципиальное значение, так как в зависимости от причины нарушения синхронизации может быть различной и тактика ведения больного. Проведение дифференциальной диагностики между первой и второй причинами несложно: если с помощью внешних помех удастся отключить имплантированный ЭКС, это свидетельствует о сохранной функции синхронизации.

Значительно реже нарушение функции синхронизации связано с повышением чувствительности ЭКС к внутрисердечным сигналам, в частности, к зубцам T, U или R (при стимуляции предсердий). На ЭКГ это проявляется

уменьшением частоты стимуляции по сравнению с заданной. Заподозрить данное нарушение можно, если начало выскакивающего интервала приходится на указанные зубцы.

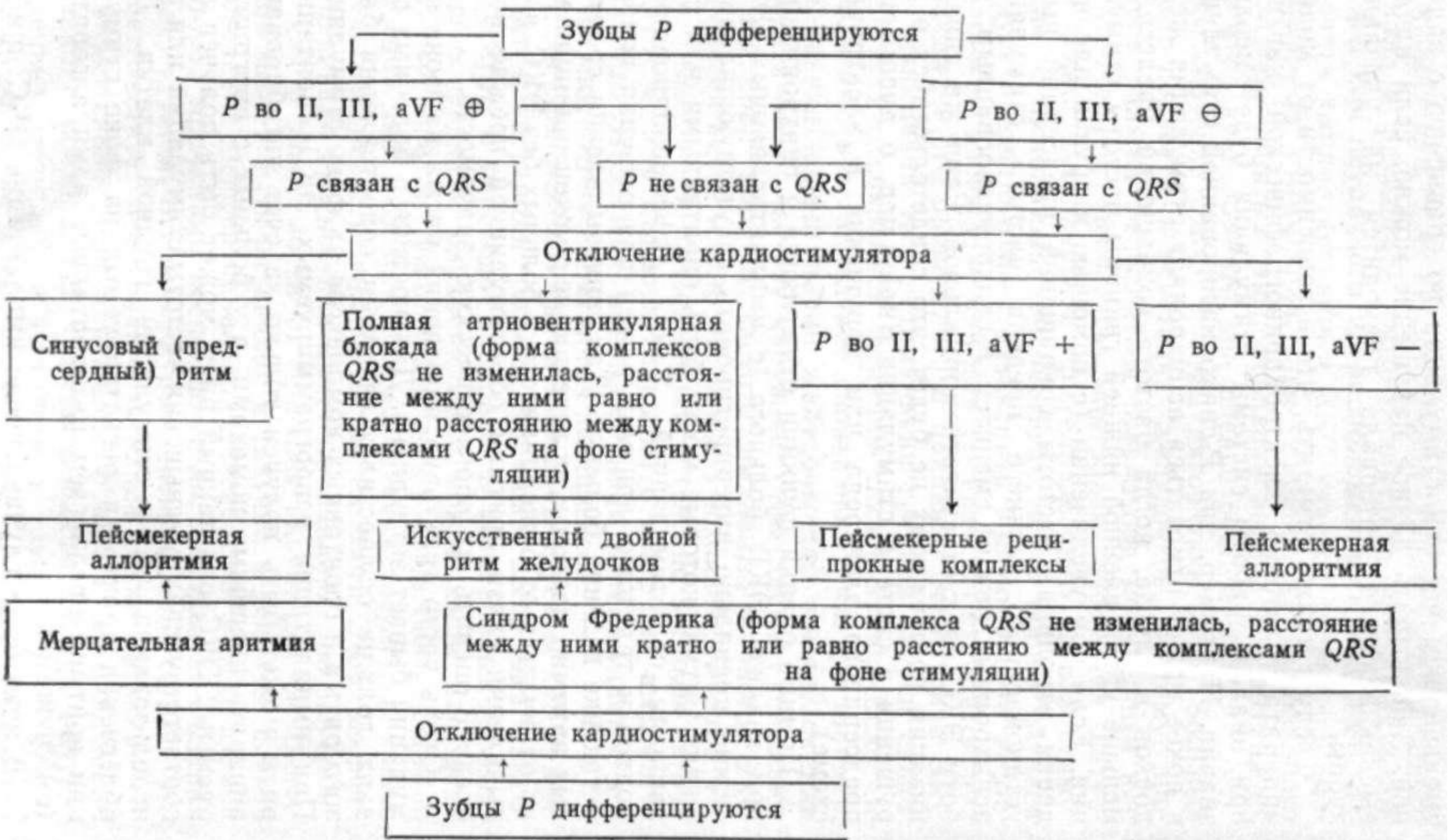
Следует также отметить, что в зависимости от модели аппарата трактовка электрокардиографической картины при анализе работы системы стимуляции будет неоднозначна. Например, при Р-синхронизированной стимуляции в покое может отмечаться асинхронная стимуляция желудочков в случае, когда частота сокращений предсердий меньше установленной нижней границы частоты стимуляции. Если при увеличении (с помощью нагрузки или введения атропина) частоты сокращений предсердий выше установленного нижнего предела частоты стимуляции асинхронный режим сменится Р-синхронизированным, работу ЭКС следует считать нормальной. Если же синхронизации по-прежнему не будет, это свидетельствует о нарушении в системе стимуляции (например, о дислокации предсердного электрода или нарушении в электронной схеме).

Помимо оценки функции стимуляции и синхронизации, при анализе ЭКГ больного с имплантированным ЭКС важно правильно интерпретировать сопутствующие нарушения ритма, которые могут быть спонтанными или связанными со стимуляцией. Такой дифференцированный подход к трактовке аритмий важен для решения вопроса о тактике ведения больного. Так, при выявлении спонтанных аритмий подход к их лечению не должен принципиально отличаться от общепринятого у больных без ЭКС, а при выявлении связи аритмии со стимуляцией прежде всего следует оценить их прогностическую значимость.

Очень часто трактовка нарушений ритма на фоне стимуляции бывает затруднена. Диагностика в подобных случаях должна осуществляться путем сопоставления базового ритма и спонтанных комплексов на фоне стимуляции. При имплантации непрограммируемых ЭКС спонтанный ритм может быть получен только за счет ингибирования аппарата внешними помехами, а у больных с программируемыми ЭКС спонтанный ритм может быть получен при соответствующем уменьшении частоты стимуляции или при использовании теста стимуляции грудной клетки. Для облегчения трактовки регистрируемых на фоне стимуляции аритмий предлагаем разработанные нами алгоритмы (см. ниже).

В некоторых случаях после имплантации ЭКС при от-

Дифференциальная диагностика нарушений ритма при регистрации на фоне стимуляции желудочков узких комплексов QRS



Дифференциальная диагностика нарушений ритма при регистрации на фоне стимуляции желудочков спонтанных широких комплексов QRS



сутствии нарушений в системе стимуляции у больного сохраняются жалобы, имевшиеся до операции (головокружение, слабость, пульсация в области шеи, одышка, боль в грудной клетке и т. д.). В таких случаях прежде всего следует предположить развитие пейсмекерного синдрома, который может быть обусловлен ретроградной активацией предсердий, особенно когда она происходит в соотношении 1:1. Если при наличии перечисленных выше жалоб на ЭКГ регистрируется ретроградная активация предсердий, диагноз пейсмекерного синдрома сомнений не вызывает; если же регистрируется синусовый ритм, необходимо создать условия для реализации вентрикуло-атриального проведения. Для этого следует перевести ЭКС в асинхронный режим работы, на фоне которого можно увидеть одиночные или регулярные ретроградные захваты предсердий. При подозрении на наличие пейсмекерного синдрома эту манипуляцию целесообразно повторить при различных частотах стимуляции. Для более четкой визуализации предсердных комплексов используется чреспищеводная регистрация предсердных потенциалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бредикис Ю. Ю., Думчюс А. С.* Эндокардиальная электростимуляция сердца.— Вильнюс: Мокслас, 1979.— 165 с.
- Бредикис Ю. Ю., Дрогайцев А. Д., Стирбис Я. Я.* Физиологическая электростимуляция сердца//Кардиология — 1983.— № 9.— С. 114—118.
- Бредикис Ю. Ю., Дрогайцев А. Д., Стирбис П. П.* Программируемая электростимуляция сердца.— М.: Медицина, 1989.
- Волколаков Я. В., Лацис Р. Айварс А. Я.* Хирургическое лечение брадикардий//Актуальные вопросы электрокардиостимуляции.— Томск, 1983.— С. 76-77.
- Волколаков Я. В., Карнов Ю. Г., Лацис Р. #.* и др. Нарушения ритма при постоянной электростимуляции//Кардиология.— 1988.— № 2.— С. 24—28.
- Вотчал Ф. Б., Дрогайцев А. Д., Дубровский И. А., Дудин В. В.* Электрокардиографические признаки нормальной работы и нарушений системы кардиостимуляции//Кардиология.— 1980.— № 6.— С. 95-98.
- Григоров С. Сн Вотчал Ф. Б., Мартюшов С. И., Тафипольский В. А.* Электрокардиографическая диагностика инфаркта миокарда у больных с эндокардиальной стимуляцией сердца//Тер. арх.— 1978.— № 4.— С. 16-19.
- Григоров С. С.* Электрическая стимуляция сердца при тахисистолиях//Кардиология.— 1980.— № 7.— С. 114—118.
- Григоров С. С, Жданов А. М.* Применение Р-синхронизированной электрической стимуляции сердца для предупреждения пароксизмов суправентрикулярной тахикардии, обусловленной дополнительными путями проведения//Бюл. ВКНЦ АМН СССР.— 1982.— № 2.— С. 89-93.
- Григоров С. С, Вотчал Ф. Б., Фролов В. М.* Значение ретроградного возбуждения при лечении аритмий методом электрической стимуляции сердца//Бюл. ВКНЦ АМН СССР.— 1982.— № 2.— С. 86-89.
- Григоров С. С, Кайк Ю. Л., Капитанов Е. Н., Смирнов Б. В.* Анализ искусственного желудочкового комплекса ЭКГ у больных с имплантированными кардиостимуляторами//Кардиология.— 1982.— № 12.— С. 45—50.
- Григоров С. С, Кайк Ю. Л.* Морфология искусственного желудочкового комплекса ЭКГ при электрической эндокардиальной стимуляции//Дер. арх.— 1983.— № 4.— С. 61—64.
- Григоров С. С, Кайк Ю. Л.* Электрокардиографическая диагностика инфаркта миокарда при искусственном ритме сердца//Клин. мед.- 1983.— № 5.— С. 20-24.
- Григоров С. С, Карнов Ю. Г., Кайк Ю. Л.* Электро- и эхокардиографическая диагностика перфорации межжелудочковой перегородки электродом кардиостимулятора//Кардиология.— 1983.— № 5.— С. 92—93.