

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АМБУЛАТОРНОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ. ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Е. В. Первова

Отделение хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница № 4» Департамента здравоохранения г. Москвы; Россия, 115093 Москва, ул. Павловская, 25; НИЛ Электрокардиологии НИО Клинической физиологии кровообращения Института сердца и сосудов ФГБУ «Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова» Минздрава России; Россия, 197341 Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, 2

Контакты: Екатерина Владимировна Первова ekaterina.pervova@gmail.com

В обзоре представлены технические характеристики и диагностические возможности современных неинвазивных и инвазивных методов амбулаторного мониторинга электрокардиограммы, применяемых в диагностике нарушений ритма сердца и проводимости. Показаны преимущества и недостатки различных методов длительного мониторинга электрокардиограммы.

Ключевые слова: сердечная аритмия, синкопальное состояние, электрокардиографическая диагностика, амбулаторное мониторирование электрокардиограммы, внутригоспитальное электрокардиографическое мониторирование, холтеровское мониторирование, событийные регистраторы, накладные электрокардиографические мониторы, наружные петлевые регистраторы, имплантируемые петлевые регистраторы, мобильные системы амбулаторного сердечного мониторинга

DOI: 10.17650/1818-8338-2016-10-4-16-28

CURRENT METHODS OF AMBULATORY ELECTROCARDIOGRAM MONITORING. TECHNICAL ASPECTS

E. V. Pervova

Department of Surgical Treatment of Complex Cardiac Rhythm Disorders and Cardiac Pacing, Moscow City Clinical Hospital No. 4, Moscow Healthcare Department; 25 Pavlovskaya St., Moscow 115093, Russia; Research Laboratory Electrophysiology Research Department of Clinical Physiology of Circulation, Institute of Heart and Vessels, Federal Almazov North-Western Medical Research Center; 2 Akkuratova St., Saint Petersburg 197341, Russia

The review considers the main characteristics and diagnostic capabilities of current noninvasive and invasive methods of ambulatory electrocardiogram monitoring used in diagnosis of cardiac rhythm and conduction disturbances. Strength and weaknesses of different methods of long-term electrocardiogram monitoring are discussed.

Key words: cardiac arrhythmia, syncope, electrocardiographic diagnostics, ambulatory electrocardiogram monitoring, hospital electrocardiographic monitoring, Holter monitor, cardiac event recorders, attachable electrocardiogram sensors, external loop recorders, implantable loop recorders, mobile cardiac outpatient telemetry

Введение

Долгое время единственным диагностическим методом, осуществлявшим длительную регистрацию поверхностной электрокардиограммы (ЭКГ), являлось холтеровское мониторирование ЭКГ (ХМ-ЭКГ). Традиционное ХМ-ЭКГ подразумевает «...непрерывную запись ЭКГ на твердотельный носитель или магнитную ленту (практически не используется сегодня в современных системах) в нескольких отведениях ЭКГ, в условиях свободной активности пациента, с последующей дешифровкой в режиме off-line на специальных дешифраторах...» [1, 2]. В качестве синонимов в России используются термины: суточное мониторирование ЭКГ, мониторирование по Холтеру, амбулаторное мониторирование ЭКГ, динамическая электро-

кардиография, ЭКГ-мониторинг. Методику длительной регистрации поверхностной ЭКГ в 1947–1949 гг. предложил N.J. Holter [3]. Первые отечественные рекомендации по применению методики амбулаторной ЭКГ были опубликованы лишь в 1999 г. [1]. В настоящее время существует лишь 1 исследование ХМ-ЭКГ, рассматривающее большую группу методов амбулаторного мониторинга ЭКГ (АМ-ЭКГ).

Амбулаторное мониторирование сердечного ритма

Современные технологии регистрации поверхностной ЭКГ позволяют выполнять запись и сохранение ЭКГ-сигнала различной длительности и хорошего качества. Они представлены портативными автоматическими устройствами для стационарного и амбулаторного

применения, обеспечивают как автоматическую регистрацию сердечных событий, так и могут быть активированы самим пациентом при появлении каких-либо симптомов. Исходя из возможностей длительной регистрации ЭКГ-сигнала, эти устройства относят к системам АМ-ЭКГ и условно подразделяют на 2 основные категории: внешние и имплантируемые (табл. 1).

Таблица 1. Методы современного амбулаторного ЭКГ-мониторирования

Область применения	Метод	Средняя длительность исследования
Внешние регистраторы	Внутрибольничное (внутригоспитальное) ЭКГ-мониторирование (in-hospital monitoring)	12–24 ч
	Стандартный метод холтеровского ЭКГ-мониторирования (holter monitoring)	24–48 ч
	Регистраторы событий (событийные регистраторы, event recorders) с непостоянной и постоянной записью	До 1–2 мес
	Накладные ЭКГ-мониторы (patch-monitors)	До 14 дней
	Наружные петлевые регистраторы (external loop recorders), активируемые пациентом и автоматически иницируемые	1,0–1,5 мес
	Дистанционная (домашняя) телеметрия/мобильные системы амбулаторного сердечного мониторинга (remote telemetry, mobile cardiac outpatient telemetry (MCOT-системы))	От 30 дней
Имплантируемые регистраторы	Имплантируемые петлевые регистраторы (implanted loop recorders)	1,5–3,0 года

Примечание. Здесь, в табл. 2 и на рис. 1–5, 7: ЭКГ – электрокардиограмма.

Различие систем амбулаторного мониторингирования электрокардиограммы в функциональных и технических возможностях

Возможность длительной регистрации ЭКГ-сигнала основана на способности батарейного блока ЭКГ-регистратора к трате электрической энергии. Длительность регистрации ЭКГ-сигнала от 1–2 батареек (1,5 В, АА или ААА) традиционными системами ХМ-ЭКГ может достигать до нескольких дней. Использование же специальных батарей позволяет производить постоянную или прерывистую регистрацию ЭКГ-

сигнала в течение 3 мес. Имплантируемые петлевые регистраторы позволяют осуществлять регистрацию сердечной деятельности 1,5–3 года. По сути эти имплантируемые диагностические устройства должны рассматриваться как новый класс диагностических устройств, так как они являются продуктом эволюционирования имплантируемых кардиостимуляционных систем, содержат собственную специфическую систему регистрации и анализа внутрисердечной информации и записи внутрисердечных электрограмм (аналог поверхностной ЭКГ, регистрируемой изнутри сердца посредством имплантированных в него постоянно действующих электродов) (рис. 1). Общие возможности систем амбулаторного сердечного мониторинга в регистрации и хранении клинических и электрокардиографических данных [4]:

- брадикардия – число эпизодов, продолжительность, средняя частота, диапазон;
- паузы – число эпизодов, продолжительность, диапазон;
- замещающие ритмы или эктопия – нагрузка (%), число эпизодов;
- атриовентрикулярная (АВ) блокада (I, II степени, 2:1, высокого класса) – число эпизодов;
- полная блокада сердца (III степень) – число эпизодов, продолжительность;
- синусовая тахикардия – число эпизодов, продолжительность, средняя частота, диапазон;
- предсердная эктопия – нагрузка (%), число эпизодов;
- мерцательная аритмия (фибрилляция предсердий (ФП)) – нагрузка (%), диапазон, частота, среднее значение;
- трепетание предсердий – нагрузка (%), диапазон, частота, среднее значение;
- наджелудочковая эктопия или тахикардия – нагрузка (%), число эпизодов;
- ширококомплексная тахикардия – число эпизодов, частота;
- желудочковая эктопия (единичные, парные, триплеты, бигеминия, тригеминия) – тип, нагрузка (%), число эпизодов;
- желудочковая тахикардия (≥ 3 QRS-комплексов) – устойчивая (≥ 30 с) или неустойчивая (< 30 с), нагрузка (%).

Верификация аритмии во время проведения исследования при наличии у пациента жалоб позволяет выявить связь между ними. При отсутствии аритмии и наличии жалоб аритмия может быть исключена из доказательной базы в постановке основного диагноза, что влияет на выбор дальнейшей тактики ведения пациента (табл. 2).

Стандартные опции анализа ЭКГ-сигнала одинаковы в различных системах АМ-ЭКГ (например, анализ маркированных нарушений ритма сердца, пауз сердечного ритма и т. д.). Также некоторые современные

Таблица 2. Диагностическое значение длительного ЭКГ-мониторирования [5, 6]

Наличие симптомов во время амбулаторного мониторингирования ЭКГ	Аритмия, документированная во время мониторингирования ЭКГ	
	да	нет
Да	Симптомы вызваны аритмией	Вероятность исключения аритмий в качестве причины симптомов
Нет	Бессимптомная аритмия	Исследование неинформативно

системы могут быть оснащены различными дополнительными опциями анализа ЭКГ-сигнала (например, анализ вариабельности и турбулентности ритма сердца, оценка длины интервала QT, анализ наличия поздних потенциалов предсердий и желудочков, анализ пневмограммы, анализ артериального давления и проч.). Считается, что чем больше опций представлено в используемом врачом компьютерном комплексе, тем больше у него возможностей для адекватного и всестороннего исследования пациента. Эти дополнительные опции, безусловно, расширяют возможности применения методик АМ-ЭКГ, но в этом случае исследования будут относиться к полифункциональным методам мониторингирования (например опция регистрации ЭКГ в прикроватных многофункциональных мониторах или опция исследованная суточного мониторингирования артериального давления (СМАД) комбинированным регистратором ХМ-ЭКГ). Несмотря на внешнюю схожесть регистрирующей техники (рис. 2б), признается некорректным говорить «холтеровское мониторирование АД» [2].

Внутрибольничное электрокардиографическое мониторирование (прикроватный, или дистанционный мониторинг)

Внутрибольничный (внутригоспитальный, в постели или посредством телеметрии) ЭКГ-мониторинг (In-hospital monitoring) применяется в случае наличия у пациента высокого риска развития жизнеугрожающих аритмий на фоне какого-либо структурного за-

болевания сердца. Как правило, в таких ситуациях пациент нуждается в посторонней (медицинской) помощи и находится в палате интенсивной терапии. В таких условиях ЭКГ-мониторинг в реальный момент времени осуществляется чаще всего проводными системами многофункциональных прикроватных медицинских мониторов (является отдельной диагностической опцией). От производителя зависят функциональные возможности мониторов, их размер (сопоставим с размером коробки для обуви), масса (доходит до нескольких килограммов). Мониторы позволяют осуществлять сбор информации о состоянии различных функциональных систем человека путем непрерывной регистрации поверхностной ЭКГ, неинвазивного и инвазивного артериального давления (АД), температуры тела, частоты сердечных сокращений (ЧСС) и дыхания, выполнять неинвазивный мониторинг сердечного выброса и других параметров центральной гемодинамики, уровня сатурации кислорода в крови (SpO_2), содержания CO_2 во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе, контролировать фотоплетизмограмму, капнограмму, насыщение артериальной крови кислородом и т. д. Измеряемые показатели отображаются в реальном времени и могут быть сохранены в памяти устройства. При превышении пороговых значений автоматически подаются аудиовизуальные сигналы тревоги. ЭКГ-мониторинг обеспечивается возможностью выбора различных отведений (вплоть до 12 реальных и/или модифицированных). Электронная память устройства позволяет сохранять данные отдельных ЭКГ (в зависимости от производителя — более 400 событий, до 20 эпизодов аритмий, возможность использования карт памяти Micro SD и проч.). Устройства имеют защиту от внешних электромагнитных влияний (помех электрохирургического инструмента, дефибрилляционной системы и т. д.). Питание осуществляется от электрической сети или встроенной аккумуляторной батареи.

После нормализации клинического статуса, предполагающей отсутствие причин развития жизнеугрожающих ситуаций, некоторым больным вне стен палаты интенсивной терапии необходимо проведение постоянного длительного ЭКГ-мониторинга. С технической стороны это стало возможным благодаря разработке



Рис. 1. Комплекс дистанционного телеметрического ЭКГ-мониторинга «Астрокард-Телеметрия». Справа — пример ЭКГ-записей с активацией тревожной сигнализации во время пароксизма ширококомплексной тахикардии с частотой сердечных сокращений > 155 уд./мин

систем *длительной регистрации ЭКГ с телеметрическим модулем*. В России большой популярностью пользуется отечественная система «Комплекс для телеметрической регистрации ЭКГ «Астрокард-Телеметрия», обладающая возможностью одномоментного слежения за 1–64 пациентами на протяжении 20 сут с передачей ЭКГ-сигнала по радиоканалу (см. рис. 1). В зависимости от типа телеметрических ЭКГ-регистраторов имеется возможность наблюдения за ЭКГ пациента по 2–12 отведениям. Для обеспечения непрерывной передачи радиосигнала от активно передвигающихся пациентов отделение оснащается необходимым количеством радиоточек. ЭКГ-сигнал передается на центральную и портативную мониторинговые станции, где происходит его обработка, автоматический анализ с обеспечением автоматической сигнализации при распознавании устройством запрограммированных нарушений ритма, проводимости, диагностически значимых изменений сегмента ST, хранение информации в базе данных. Данный комплекс базируется на платформе системы ХМ-ЭКГ, что позволяет выполнять ретроспективный анализ записей пациента, используя многочисленные опции полифункционального мониторингирования систем «Астрокард».

Стандартный метод холтеровского мониторингирования электрокардиограммы (Holter Monitoring)

Основной сферой применения методики ХМ-ЭКГ [1] исторически было определено проведение неинвазивного обследования взрослых пациентов (в возрасте 19 лет и старше) для выявления аритмий. Изначально метод позиционировался как вспомогательный при диагностике и лечении аритмий. Основа современной методики – в регистрации поверхностной ЭКГ в 2–3 отведениях в условиях свободной активности пациента или в стационарных условиях продолжительностью от 18 до 24 ч. Однако длительность современных записей ХМ-ЭКГ может быть иной и различаться в зависимости от обстоятельств регистрации ЭКГ-сигнала, технических возможностей устройств или показаний к выполнению как более длительных записей, так и коротких (например, исследование текущего клинически ощущаемого сердцебиения; исследование ночного периода или при выполнении пациентом физической нагрузки; период специфической активности в спорте; многосуточное мониторингирование и т. д.).

Первый холтеровский ЭКГ-монитор, собранный в 1947 г., весил 38 кг и состоял из громоздкого ЭКГ-радиотрансмиттера с 2 тяжелыми батареями. Создание транзисторов, появление возможности осуществления записи на магнитные носители и отображения ЭКГ-сигнала на дисплее привели в 1952 г. к уменьшению массы габаритов прибора. На момент становления методики требования к холтеровскому монитору включали в себя: длительность регистрации сигнала – не менее

24 ч, 2–3 ЭКГ-канала, частотный диапазон – не менее 0,5–40,0 Гц, частота дискретизации – 125 Гц и выше, разрешающая способность – не ниже 5–20 мкВ; преобразование ЭКГ-сигнала было аналого-цифровым [7].

Современная система суточного мониторингирования ЭКГ – комплекс, состоящий из небольшого компьютеризированного записывающего устройства/устройств (ХМ-регистратора или монитора), ЭКГ-кабеля, компьютеризированного программного модуля. ХМ-регистраторы представляют собой небольшие и легкие (50–300 г) устройства, которые выполняют ежесекундную постоянную запись сигнала с использованием в качестве источника тока 1–2 батареек (как правило, 1,5 В, АА или ААА). ХМ-регистраторы могут быть основой сочетанной одномоментной регистрации ЭКГ, АД и прочих физиологических параметров в комбинированных регистраторах.

Каналы ЭКГ-кабеля прикрепляются к коже в области грудной клетки пациента посредством одноразовых ЭКГ-электродов аналогично электродам при выполнении регистрации стандартной поверхностной ЭКГ. Схемы расположения ЭКГ-электродов на поверхности тела пациента различны для выполнения записи 2-, 3- и 12-канальных ХМ-ЭКГ (рис. 2) и различаются для приборов разных производителей. ХМ-регистратор прикрепляется к поясу пациента или вешается сбоку в специальной фиксирующей сумочке с регулируемыми лямками (см. рис. 2б).

ХМ-ЭКГ предполагает выполнение непрерывной записи электрической активности сердца во время обычной жизнедеятельности пациента на протяжении 24–96 ч. Когда данный период времени истекает, ХМ-регистратор удаляется с тела пациента и происходит извлечение сигнала и его интерпретация. Сигналы, фильтруемые с подавлением синфазной составляющей и усиленные входными усилителями современных ХМ-регистраторов, поступают в аналого-цифровой преобразователь, где происходит их преобразование в цифровую форму. Извлечение данных из ХМ-регистратора осуществляется или через специальный соединительный кабель, или через флеш-карту, или посредством беспроводной системы передачи сигнала (Wi-Fi, Bluetooth). Компьютеризированный программный модуль обеспечивает дальнейшую обработку сигнала с дешифровкой и преобразованием в ЭКГ-сигнал, автоматический анализ данных с определением качественных и количественных характеристик сердечного ритма, проводимости, сегмента ST, выдачей статистической отчетности и предварительных заключений, аккумулирует записи пациента в базе данных, что позволяет выполнять ретроспективный анализ записей ХМ-ЭКГ пациента. Программное обеспечение для анализа полученных данных, их автоматической интерпретации, последующей визуализации на экране компьютерного монитора, содержание автоматически создаваемых компьютерных

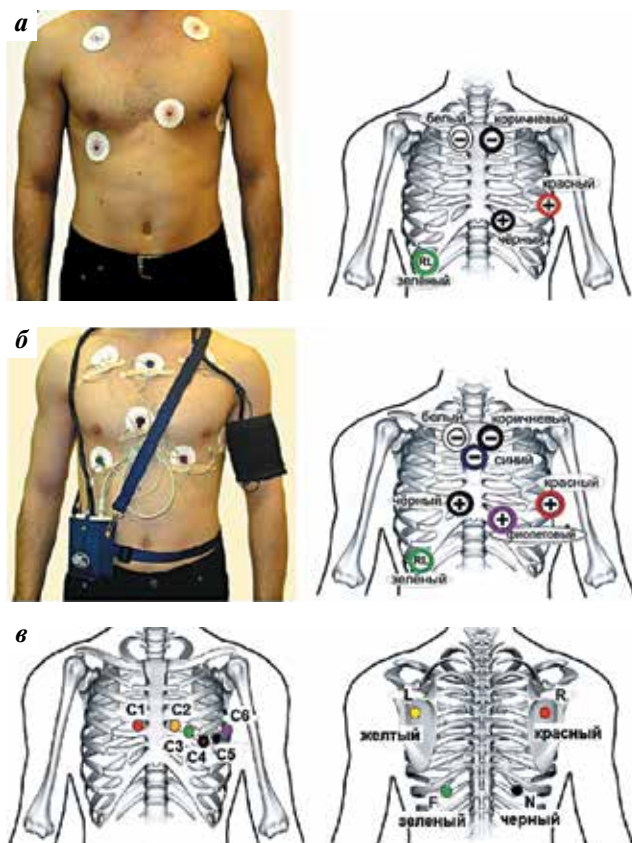


Рис. 2. Схема рекомендуемого размещения ЭКГ-электродов холтеровскими системами «ДМС-Передовые технологии» при регистрации ЭКГ в 2-, 3-, 12-мониторных грудных отведениях (адаптировано из [8]): а – в 2-мониторных грудных отведениях; б – в 3-мониторных грудных отведениях на примере комбинированной системы регистрации ЭКГ и артериального давления; в – в 12-мониторных отведениях

заключений отличаются и зависят от фирмы-производителя.

Все существующие системы регистрации ХМ-ЭКГ обладают программными возможностями преимущественного выделения R-волн из-за максимальной амплитуды регистрируемого сигнала по сравнению с P-волнами [1]. Это свойство используется при автоматическом анализе частотных характеристик сердечного ритма. Из-за низкого (8–10 бит; в настоящее время – до 24 бит) динамического диапазона аналого-цифровых преобразователей в носимых приборах большие сложности возникают при автоматическом анализе системой низкоамплитудных элементов ЭКГ, например предсердных P-волн любого генеза и, особенно, фибрилляторных f-волн, шумов. Низкая (250–500 Гц) частота оцифровки сигнала вызывает трудности при анализе стимулов электрокардиостимулятора (ЭКС). Для улучшения качества ЭКГ-сигнала и подавления шума производители стремятся увеличить частоту дискретизации до 500 Гц и более, разрабатывают новые алгоритмы дискретизации сигнала и детекции [9]. В зависимости от типа ХМ-регистратора и ЭКГ-кабеля число регистрируемых реальных

и/или модифицированных ЭКГ-отведений варьирует от 1 до 12 (наиболее часто используются 2–3). Лишь некоторые современные системы ХМ-ЭКГ имеют возможность программного выделения дополнительного маркерного канала благодаря увеличению частоты дискретизации сигнала до 20 кГц (ООО «ДМС Передовые технологии», Россия; ЗАО «Медитек», Россия). Этот канал позволяет визуализировать лишь артефакты внутрисердечных стимулов имплантированных ЭКС, что улучшает диагностику сердечного ритма и функционирование стимулятора у пациентов с имплантированными системами, уменьшая количество ошибок в интерпретации [10].

Современные компьютерные системы ХМ-ЭКГ предоставляют врачу возможность пользовательской оценки автоматически проанализированной и маркированной системой информации благодаря возможности пользовательского изменения параметров анализа и использованию различных стандартных и дополнительных опций. Некоторые системы дают возможность врачу выполнять редакцию и отдельных ЭКГ-фрагментов в ручном режиме. Большинство ХМ-регистраторов имеют кнопку, которую пациенту рекомендуют нажимать при появлении у него каких-либо сердечно-сосудистых симптомов. Врачебный анализ периодов плохого самочувствия пациента позволяет провести корреляцию между симптомами и фактом наличия/отсутствия нарушений сердечного ритма и проводимости, что повышает диагностическое значение метода ХМ-ЭКГ.

ХМ-ЭКГ любой длительности на всех этапах развития методики не являлось рутинным методом обследования пациента. Основными показаниями для его выполнения в современных условиях рассматриваются: обнаружение или исключение нарушений ритма сердца в качестве причины симптомов пациента, выявление и оценка аритмий, которые могут быть причиной повышенного риска сердечно-сосудистых событий, выявление и точная интерпретация изменения сегмента ST-T, оценка эффективности антиаритмической и антиишемической терапии и исследование эффектов терапевтических устройств (например имплантированных постоянных ЭКС, кардиовертеров-дефибрилляторов, кардиоресинхронизирующих систем (СРТ-систем)) [11]. Рациональным признается использование ХМ-ЭКГ пациентами, имеющими частые (ежедневные) симптомы.

Регистраторы событий/событийные регистраторы (Event Recorders)

Событийные ЭКГ-регистраторы с непостоянной записью (постсобытийные регистраторы) относятся к внешним устройствам. Некоторые событийные ЭКГ-регистраторы являются небольшими безэлектродными устройствами, которые основную часть времени носят пациентом в кармане/сумке [12]. Только лишь когда пациента беспокоит симптом, устройство

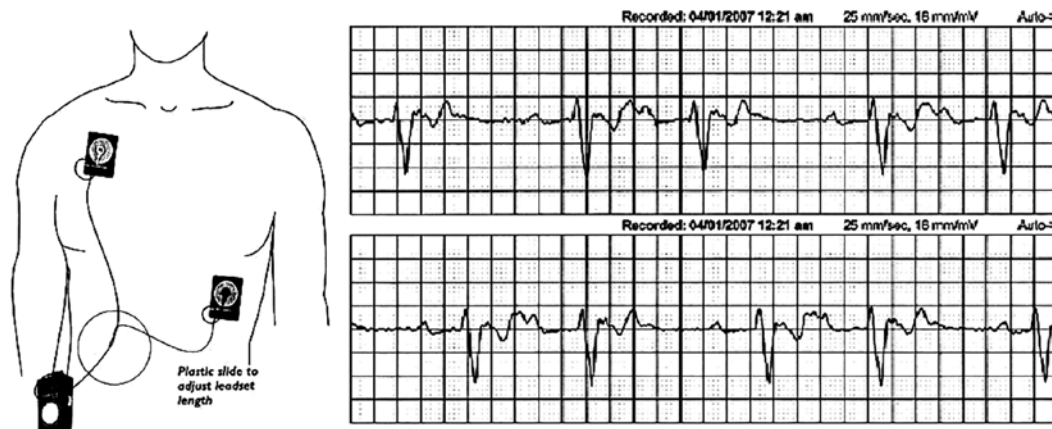


Рис. 3. Событийный регистратор: место расположения электродов. На ЭКГ: атриовентрикулярная блокада II степени 1-го типа (скорость записи 25 мм/с)

прикладывается к грудной клетке. Так как электроды находятся на задней стороне прибора, может быть сохранена запись только одного ЭКГ-отведения длительностью до 90 с. Такой регистратор событий может хранить небольшое количество ЭКГ-записей, поскольку имеет емкость запоминающего устройства лишь для хранения записей общей длительностью около 10 мин. Другие представители событийных ЭКГ-регистраторов похожи на традиционные, имеющие ЭКГ-электроды, которые пациент должен присоединять к грудной клетке по мере необходимости. Присоединение ЭКГ-электродов, по данным производителей, занимает менее 1 мин. Постсобытийные регистраторы не предоставляют информацию о бессимптомных эпизодах, так как для выполнения записи они сначала должны быть приложены к грудной клетке пациента, что трудновыполнимо при наличии бессимптомных эпизодов.

Событийный монитор с постоянной кольцевой записью крепится к грудной клетке с помощью электродов (рис. 3). Он постоянно записывает сердцебиение. При появлении симптомов пациент нажимает кнопку на мониторе, чтобы сохранить ЭКГ в момент события и небольшой фрагмент предсимптомной записи. Эта функция особенно полезна для людей, которые имеют возможность нажать на кнопку после того, как нормализуется их состояние (например, после возвращения сознания). Некоторые мониторы оснащены функцией автоматической детекции событий, что позволяет осуществлять сбор информации как симптомных (по нажатию кнопки), так и бессимптомных (с помощью автотриггирования ФП, наджелудочковой тахикардии, брадикардии) эпизодов. Некоторые устройства обнаруживают только 1 тип аритмии, другие могут захватывать несколько типов. Событийный монитор с постоянной кольцевой записью носится непрерывно, как правило, до 30 дней.

В отличие от традиционного ХМ-ЭКГ, событийные ЭКГ-регистраторы не записывают каждое сокра-

щение сердца. Они используют высокочастотную регистрацию в режиме непрерывной кольцевой/петлевой записи и удаления ЭКГ-сигнала. В памяти такого устройства ЭКГ-сигнал хранится в среднем около 1 мин, поэтому регистрация клинического события будет иметь место за 30 с до активации пациентом процесса сохранения ЭКГ. В случае, если активация записи не произошла во время заданной устройству временной петли (20–30 мин), происходит автоматическое удаление ЭКГ-записи. Таким образом, чтобы свести к минимуму потерю данных после регистрации события, запись должна быть немедленно передана к центральному узлу мониторинга для проверки и анализа. Передача ЭКГ-записи в наблюдательный центр и/или конкретному врачу зависит от модели устройства и производителя, возможности использования телефонных линий, беспроводных технологий или интернета. Если результаты анализа показывают наличие у пациента жизнеугрожающих событий, сотрудники регистрационного центра могут непосредственно его инструктировать (например, обратиться в больницу или вызвать службу скорой помощи). Длительность применения устройства пациентом зависит от клинической целесообразности и емкости применяемых батарей (может достигать до 30 дней (60 дней)). Особенно полезно их использование в случаях наличия у пациента достаточно непродолжительных по времени симптомов или если симптоматика сопровождается очень кратковременным ухудшением самочувствия: нечастые жалобы на кратковременное сердцебиение, перебои в работе сердца, замирания, эпизоды головокружений, не приводящие к потере сознания и травматизации пациента.

Накладные электрокардиографические мониторы (Patch Monitors)

Новый тип устройств для среднесрочного использования в течение до 2 нед получил название патч-мониторов (Patch monitors) из-за реализованной идеи

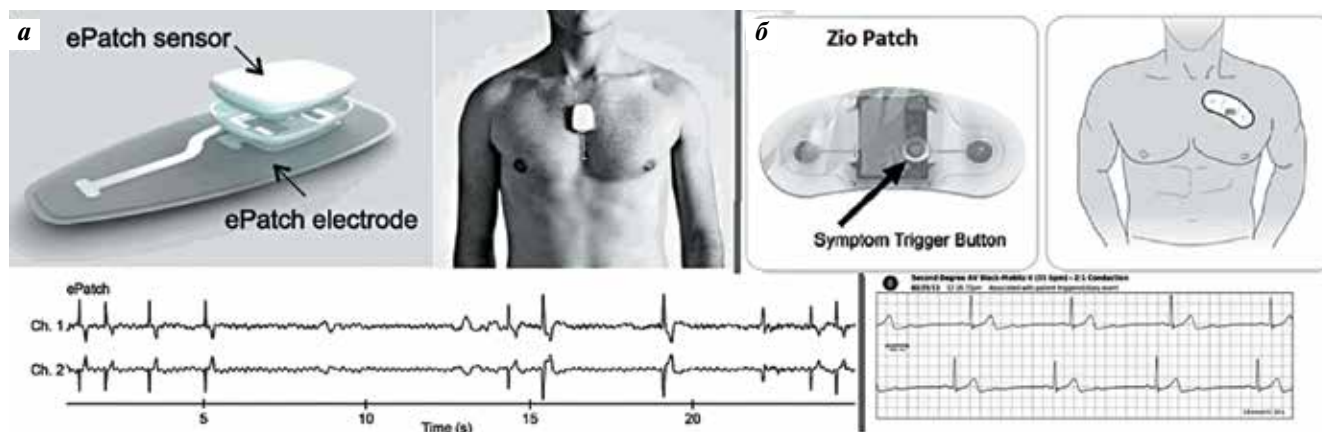


Рис. 4. Накладные адгезивные патч-мониторы. Место расположения, примеры ЭКГ: а – регистратор ePatch, на ЭКГ – фибрилляция предсердий (адаптировано из [13]), скорость записи 12,5 мм/с; б – регистратор Zio Patch, на ЭКГ – атриовентрикулярная блокада II степени (адаптировано из [14]), скорость записи 25 мм/с

аппликации самого регистратора на кожу грудной клетки по типу пластыря. Диапазон работы устройств – от нескольких дней (72 ч – для системы ePatch (DELTA Danish Electronics, Дания) [13] до нескольких недель (2 нед – для системы ZIO® XT (iRhythm Technologies Inc., США) [4]. Устройства имеют небольшой размер (например ZIO® XT 123,0 × 53,0 × 10,7 см, а патч SEEQ™ MCT с возможностью wireless-передачи сигнала (Medtronic Inc., США) 160 × 60 × 15 см), содержат систему датчика, микроэлектронную схему записывающего устройства, блок памяти и внутреннюю батарею, встроенную в относительно гибкую синтетическую матрицу, смолу или другой адгезивный материал (рис. 4). Корпус патч-монитор прикрепляется к коже пациента над левой зоной верхней части грудной клетки или в области грудины [4]. Основными преимуществами патч-монитор являются: простота в использовании, безэлектродность, водонепроницаемость, минимальное неудобство для повседневной деятельности пациента. Некоторые из патч-монитор – одноразового применения, другие – многоразового с одноразовыми ЭКГ-электродами/электродом. Все это позволяет обеспечивать гигиеничность применения данного типа устройств. Приборы снабжены кнопкой, которая может быть нажата пациентом для отметки симптоматического эпизода.

На данный момент эти устройства показывают наилучшую комплаентность пациентов к завершению полного курса диагностического обследования. Опубликованные в 2013 г. результаты исследования, оценившего эффективность и удобство использования 14-дневных патч-монитор и традиционных 24-часовых ХМ-регистраторов показали преимущество первых. Так, патч-монитор нашли удобным в ношении 93,7 % пациентов (134 из 143), а ХМ-ЭКГ – 51,7 % пациентов (74 из 143). На повседневную жизнедеятельность пациентов сильнее влиял ХМ-регистратор: 76,2 % (109 из 143) пациентов отметили неудобства от ношения ХМ-ЭКГ и лишь 10,5 % (15 из 143) –

при применении патч-монитор. На вопрос «если бы была возможность, что бы Вы предпочли носить – патч-монитор или ХМ-ЭКГ?» 81 % (111 из 137) опрошенных пациентов выбрали патч-монитор. Опрос 102 врачей показал, что 90 % ($n = 92$) отдали первенство в постановке окончательного диагноза данным из патч-монитор, 64 % ($n = 65$) предпочли данные из 24-часового ХМ-ЭКГ. Патч-мониторы диагностировали в 1,5 раза больше различных аритмических событий, чем ХМ-ЭКГ (96 против 61 соответственно) [15].

Запись ЭКГ посредством патч-монитор осуществляется по 1–2 каналам (в зависимости от производителя). Запатентованный алгоритм анализа записи может обрабатывать 14-дневные данные в течение 10 мин. Однако результаты исследования могут быть получены врачом лишь через несколько дней. Это происходит потому, что в настоящее время данный вид диагностического исследования не оплачивается страховыми компаниями, поэтому клиники и практикующие врачи вынуждены пользоваться услугами сервисных центров компании-производителя патч-монитор. В данные центры пользователь отправляет по почте с оплаченной доставкой сам регистратор (поэтому и происходит задержка по времени от момента окончания исследования до получения пользователем результатов). В сервисном центре данные с патч-монитор обрабатываются техническими специалистами, анализируются, формируется отчет, который и отправляется пользователю.

В настоящее время недостатками патч-монитор являются: относительно высокие совокупные затраты потребителей (за счет одноразовости устройства) и зависимость клиник от компании-производителя такого устройства. Некоторые из вопросов материально-технического обеспечения обходит мобильная сердечная телеметрическая система SEEQ Corventis NUVANT (Medtronic Inc., США), которая позволяет осуществлять передачу данных с миниатюрного патч-устройства SEEQ™ MCT в реальном времени к информационной

сети компании. Это уменьшает время от окончания исследования до получения врачом отчета по сравнению с системой ZIO® XT, но, тем не менее, требуется определенное время на обработку данных [4]. По данным доступной для анализа медицинской литературы, в странах, где располагаются технологические мощности компаний-производителей, они заинтересовывают клиники в использовании патч-мониторинга путем предоставления последним возможности не вкладывать первоначальные инвестиции в покупку данных устройств (по сравнению с носимыми, многократно используемыми устройствами ХМ-ЭКГ). Основным интересом использования данных устройств — диагностика ФП у пациентов с перенесенным инсультом и транзиторной ишемической атакой головного мозга.

Наружные и имплантируемые петлевые регистраторы (loop recorders)

Наружные петлевые регистраторы (external loop recorders) являются приемниками событийных регистраторов. Это небольшие портативные устройства (рис. 5). В отличие от событийных регистраторов для их функционирования необходимо прикрепление ЭКГ-отведений к грудной клетке пациента на протяжении всего периода использования устройства [12]. Большинству такого рода регистраторов требуется активация устройства самим пациентом в момент или сразу после возникновения клинического события. Регистратор сохраняет запись 1-канальной ЭКГ от 45–60 с до момента активации, а также от 15 до 90 с после активации. Из-за ограничения объема памяти по мере набора новых ЭКГ-данных старые удаляются. Для минимизации потери критически важных данных выполняется оперативная их передача к центральному узлу мониторинга и/или конкретному врачу (зависит от модели устройства и фирмы-производителя). Для этого используются как телефонные линии, так и беспроводные технологии.

Наружные петлевые регистраторы, активируемые пациентом, не предоставляют информацию о бессим-

птомных эпизодах. Чтобы преодолеть данное ограничение, были разработаны автоматически иницилируемые петлевые регистраторы. Эти устройства используют собственный алгоритм для активации ЭКГ-хранения аритмических эпизодов, таких как брадикардия (в том числе регистрация длительных пауз), тахикардия и ФП. Объем доступной памяти (обычно 10–20 мин) разделяется для пациент-иницилируемых и автоматически иницилируемых событий. При обнаружении автоматически иницилируемого события устройство подает звуковой сигнал, услышав который, пациент должен передать данные в центральную станцию мониторинга для обзора.

Анализ ЭКГ-данных крупной базы пациентов мониторинговой компании Lifewatch (Buffalo Grove, США) при исследовании 600 пациентов с 30-дневными наружными петлевыми регистраторами, активируемыми больными, и 600 пациентов с автоматически иницилируемыми наружными петлевыми регистраторами показал преимущество последних в диагностике большего числа пациентов, получивших предупреждение о произошедшем событии, и в регистрации большего числа бессимптомных аритмий. Так, для 108 больных с наружными петлевыми регистраторами, активируемыми пациентом, отправка врачу предупреждений состоялась о 204 симптоматичных и 8 асимптомных клинически значимых эпизодах (из них 1 уведомление касалось асимптомного эпизода ФП). Общее число переданных в мониторинговый центр записей ($n = 4862$) содержало информацию об 11 562 событиях. Переданные автоматически иницилируемыми наружными петлевыми регистраторами 216 пациентам 11 124 записи, содержащие 21 390 событий, сопровождалась отправкой врачу уведомлений о 268 симптоматичных и 256 асимптомных событиях (из них 52 сообщения были об асимптомных эпизодах ФП) [17]. Таким образом, было подтверждено преимущество в диагностике аритмических событий длительного ЭКГ-мониторинга автоматически запускаемыми наружными петлевыми регистраторами.

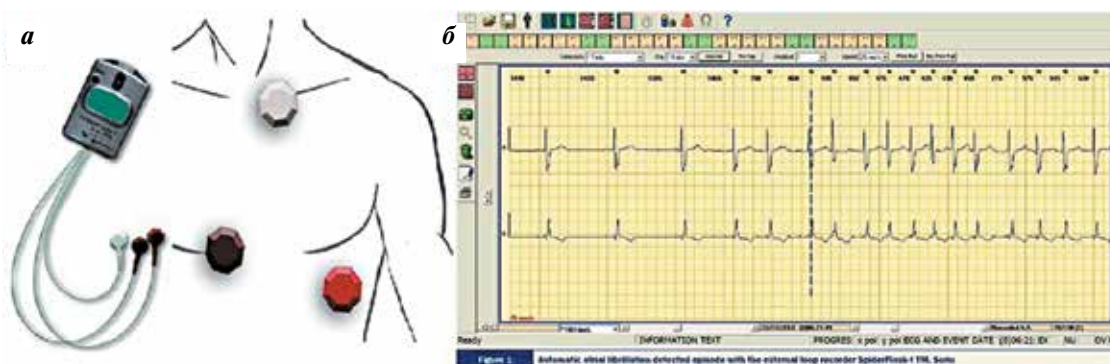


Рис. 5. Наружный петлевой регистратор Spider Flash™: а — расположение ЭКГ-электродов; б — фрагмент ЭКГ, начало пароксизма фибрилляции предсердий (адаптировано из [16]), скорость записи 25 мм/с

Имплантируемые кардиомониторы (ИКМ)/имплантируемые петлевые регистраторы (implantable loop recorders). Первое упоминание об использовании имплантируемых кардиомониторов в диагностическом поиске состоялось в европейских «Клинических рекомендациях по диагностике и лечению синкопальных состояний» 2001 г. [18]. А первые рекомендации по использованию ИКМ опубликованы в пересмотре 2004 г. [19]. Они допускали применение ИКМ в случаях, когда после полной оценки клинического статуса пациента и выполненных ранее исследований механизм обморока оставался неясным, но врач предполагал наличие у пациента аритмической его причины, опираясь на особенности ЭКГ пациента и/или анамнеза повторяющихся обмороков, особенно приводивших к травматизации пациента.

ИКМ имплантируются под кожу грудной клетки с применением минимальной хирургической подготовки и вмешательства, подразумевают выполнение 1 разреза кожных покровов длиной 1–2 см. Операция выполняется под местной анестезией. Область имплантации — слева между I и IV ребрами в направлении от парастеральной к срединно-ключичной линии для минимизации регистрации различного вида шумовых помех на ЭКГ. Данная процедура выполняется амбулаторно, под местной анестезией, с участием минимума медперсонала. Введение устройства под кожу может быть выполнено и в процедурном кабинете, но при соблюдении всех правил асептики и антисептики [20, 21]. По данным ранних исследований, риск инфицирования ложа имплантированного устройства составит 4 % [22]. Опубликованные в 2006 г. результаты исследования ISSUE 2 показали 1 % риск инфицирования ложа ИКМ (у 4 из 392 пациентов) [23].

Тенденция последнего времени — миниатюризация ИКМ и удлинение периода возможного использования устройства. Изначально с размера $62 \times 19 \times 8$ мм (модель Reveal XT R, Medtronic Inc., США) произошло его уменьшение до $45 \times 7 \times 4$ мм (модель Reveal LINQ, Medtronic Inc., США). Увеличение емкости батареи устройства и памяти для хранения данных способствует более длительному сроку его работы (до 3 лет

для ИКМ Reveal LINQ, Medtronic Inc., США). Специалист, программирующий ИКМ, может выбрать различные характеристики параметров для автоматической детекции спектра анализируемых аритмий (спектр выбора зависит от производителя) [24, 25]:

- асистолия (желудочковая пауза длительностью более 1,5–3,0 с) (рис. 6);
- брадикардия (желудочковый ритм с ЧСС менее 50–40–30 в минуту);
- желудочковая тахикардия (частота желудочкового ритма более 115–240 уд./мин длительностью более 5–48 QRS);
- быстрая желудочковая тахикардия (частота желудочкового ритма более 150–250 уд./мин на протяжении более 9–49 QRS);
- ФП (длительность от 30 с до 10 мин);
- пароксизмальная предсердная тахикардия (ЧСС > 120–165 в минуту на протяжении более 8–16 QRS).

На ранних этапах развития методики сообщалось о плохой автоматической детекции устройством асимптомных тахиаритмий. Так, исследование 2004 г. выявило адекватную детекцию асимптомных тахиаритмий лишь в 17 % случаев из автоматически зарегистрированных устройством Reveal Plus 682 электрограмм и неуместную детекцию в 83 % случаев (недостаточное детектирование аритмий в автоматическом режиме активации в 76 %, а также избыточную детекцию несуществующих тахиаритмий в 24 % электрограмм) [26]. Опубликованные в 2010 г. результаты исследования ХРЕСТ показали значительно большую надежность автоматического алгоритма детекции ФП, применяемого в ИКМ Reveal XT (Medtronic Inc., США) (специфичность — 98,5 %, чувствительность — 96,4 % алгоритма автоматического распознавания ФП). Это позволило правильно детектировать наличие или отсутствие ФП и точно определить ее тяжесть у пациентов вне зависимости от наличия либо отсутствия симптомов [27]. Результаты исследования CRYSTAL-AF продемонстрировали наличие асимптомных пароксизмов ФП у 92 % пациентов с криптогенными инсультами без ранее документированной аритмии. Причем ежедневное время ФП составило более 6 мин, а в 28 % случаев

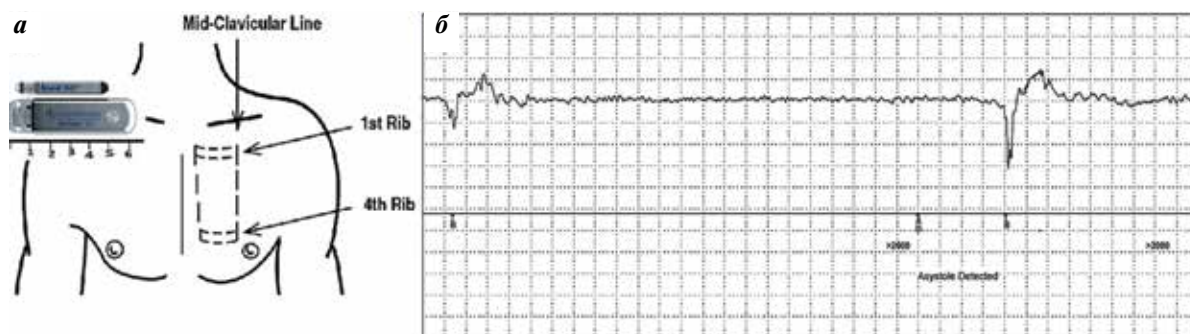


Рис. 6. Имплантируемые кардиомониторы Reveal XT и Reveal LINQ: а — место подкожной имплантации; б — эпизод автоматически детектированной паузы длительностью > 3 с, скорость записи 25 мм/с

пароксизмы ФП оказались впервые выявленными. За 6 мес наблюдения у 8 % пациентов с имплантированным ИКМ была детектирована ФП, что в 6,4 раза больше числа пациентов, имевших диагностированные пароксизмы ФП прочими методами ЭКГ-наблюдения (регистрация поверхностной ЭКГ, внутрибольничный мониторинг, 48-часовое ХМ-ЭКГ, наружный событийный 30-дневный мониторинг). Через 36 мес ФП была диагностирована уже у 30 % пациентов с ИКМ по сравнению с 3 % при диагностике стандартными методами. Результаты этого исследования послужили поводом заявить о том, что ИКМ является перспективным новым диагностическим и мониторинговым методом для клинициста при лечении пациентов с ФП независимо от симптомов, и рекомендовать его применение пациентам с криптогенным инсультом [28].

Основными преимуществами ИКМ являются продолжительность записи, обеспеченная длительностью срока службы батареи до 3 лет (в зависимости от производителя и модели устройства), непрерывность кольцевой высокочастотной регистрации ЭКГ-сигнала, свобода от внешних ЭКГ-электродов, отсутствие необходимости участия пациента в записи ЭКГ. Устройства последнего поколения способны автоматически активизировать запись ЭКГ и дистанционно передавать данные, а также позволяют выполнять магнитно-резонансную томографию при соблюдении определенных условий [29, 30], способствуют уменьшению числа дней госпитализации по сравнению с обычными тестовыми процедурами [31].

Дистанционная (домашняя) телеметрия (remote-at-home-telemetry)

Сравнительно недавно в качестве альтернативы традиционным методам ЭКГ-мониторирования были разработаны специальные мобильные системы амбулаторного сердечного мониторинга (mobile cardiac outpatient telemetry system (MCOT), real time outpatient cardiac telemetry, real time remote heart monitors). Эти системы имеют возможность передавать информацию в реальном времени в мониторинговый центр, из которого при соблюдении определенных критериев может быть отправлено информационное уведомление непосредственно лечащему врачу. Сама же идея использования удаленного мониторинга начала путь с внедрения возможностей телемедицины. Благодаря развитию систем удаленного мониторинга появилась возможность осуществлять и постоянный контроль за состоянием здоровья пациента. В настоящее время функцией телеметрии оснащены диагностические как наружные, так и имплантируемые кардиосистемы — некоторые событийные регистраторы, имплантируемые кардиомониторы, ЭКС, кардиовертеры-дефибрилляторы, СРТ-системы. Применяемая в имплантируемых антиаритмических устройствах технология дистанционного мониторинга требует отдельного рассмотрения и не входит в данную работу.

Дистанционная ЭКГ-телеметрия в реальном времени преодолевает ограничения 24-часовых ХМ-ЭКГ и активируемых пациентом событийных рекордеров путем обеспечения непрерывного амбулаторного мониторинга ЭКГ до нескольких недель. Сердечная деятельность детектируется MCOT по 3 грудным электродам, прикрепленным, как представлено на рис. 7, к датчику размером с пейджер (например, системы CardioNet® Mobile Cardiac Outpatient Telemetry System и HEARTLink II™ System). При использовании портативных систем, имеющих встроенный телеметрический модуль, сохраненные данные ЭКГ передаются непосредственно к центральной мониторинговой станции при перемещении.

Часто системы MCOT сочетают в себе наличие 2 устройств — регистрирующего сигнал (находится на теле пациента или имплантируется) и портативного устройства (принимает сигнал с регистрирующего устройства и располагается рядом с телом пациента). Объем передаваемой информации может содержать ЭКГ-запись длительностью до 30 сут. Компьютерная программа внутри монитора непрерывно анализирует полученные данные сердечного ритма. Если эта программа на основе собственных алгоритмов, которые включают (в зависимости от производителя) информацию о частоте ритма, периодичности ритма, и/или P- и QRS-морфологии [12], обнаруживает аритмию (например, брадикардию или тахикардию (включая ФП)), монитор автоматически передает записанные данные на центральную мониторинговую станцию, когда пациент перемещается в место с доступной сетевой и проводной связью, системой интернет. Мониторинговая станция является пунктом сбора, хранения и контроля информации, где сертифицированные специалисты (техники) анализируют запись. Резюмирующими документами являются итоговый отчет, который передается врачу (по факсу или через интернет) вместе с любыми симптомами, записанными пациентом; а также информационные сообщения (уведомления) врачу, медицинской сестре или самому пациенту о диагностированных у него жизнеугрожающих событиях и необходимости принятия неотложных мер. Применение MCOT-систем позволяет диагностировать большее число реальных аритмических событий, увеличивает вероятность обнаружения ФП, способствует определению реального времени ФП в течение всего периода записи. Центр контроля может определить, действительно ли пациент носит устройство, убедиться в качестве контакта ЭКГ-электродов с телом пациента; условия регистрации сигнала и качество получаемых данных могут быть улучшены путем прямого общения с пациентом.

Достоинствами *мобильных систем амбулаторного кардиомониторинга* являются:

- расширенная память — они способны обеспечить непрерывную запись ЭКГ или 24-часовую запись информации по типу петлевой записи;

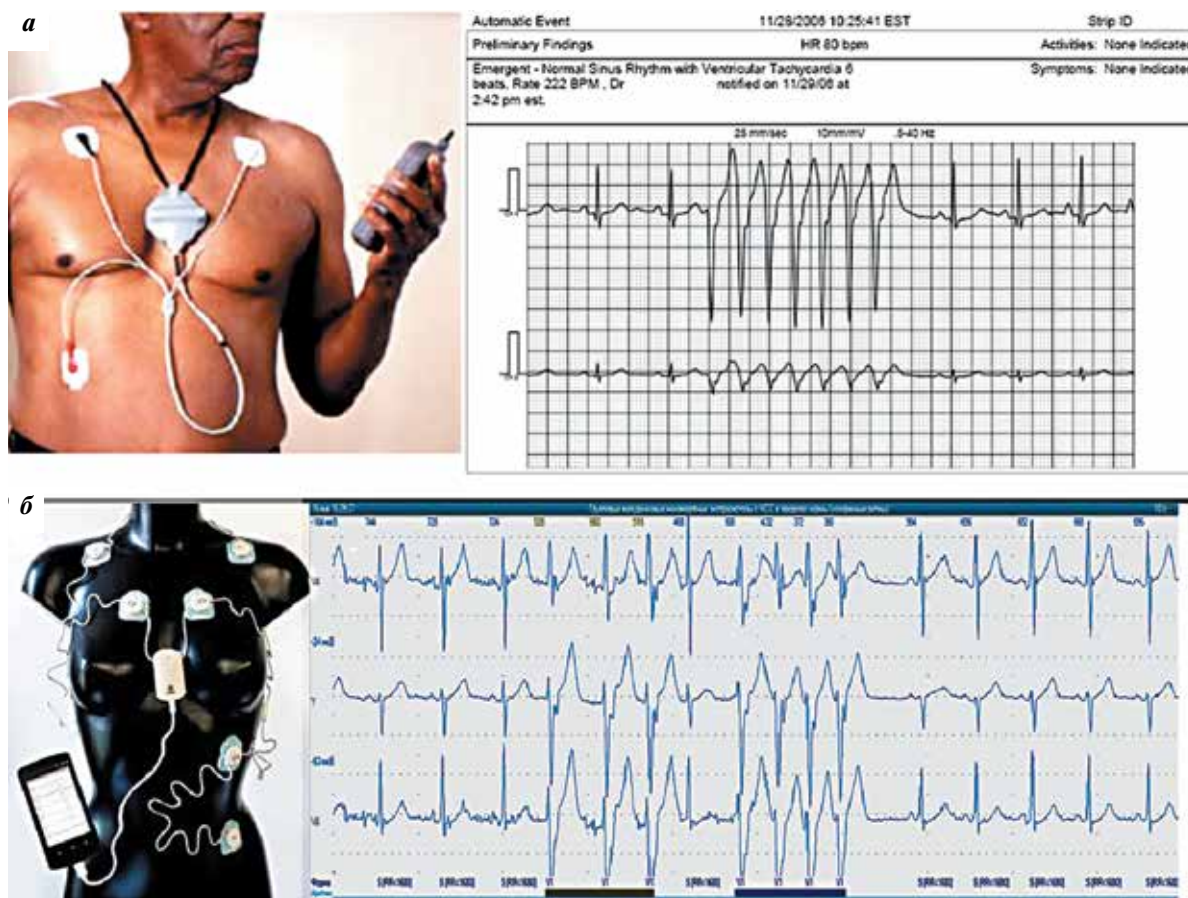


Рис. 7. Системы мобильного сердечного мониторинга, расположение, примеры ЭКГ: а – системы CardioNet® Mobile Cardiac Outpatient Telemetry System; б – система «Кардиотехника-07», скорость записи 25 мм/с

- потенциальное использование этих устройств для диагностики ранее неизвестных аритмий, установление причины симптомов и отслеживание эффективности антиаритмической лекарственной терапии;
- автоматически формируемые информационные оповещения о событиях в реальном времени – как ежедневные, так и предупреждающие сообщения для предварительно заданных событий, посылаемые устройством врачу;
- возможность передавать зашифрованные данные в реальном времени или через заданные интервалы времени на большие расстояния через телефонные линии или технологии сотового телефона в сервисный центр, где данные хранятся на специальных серверах.

В России длительное многосуточное ЭКГ-мониторирование с возможностью телеметрической передачи информации на специальный сервер представлено отечественной системой «Кардиотехника-07» (ЗАО «ИНКАРТ», Санкт-Петербург) [32]. На грудную клетку пациента накладываются 7 ЭКГ-электродов (см. рис. 7), позволяющих регистрировать 3 отведения ЭКГ (V4, Y, V6), подсоединяется многосуточный монитор. Пациенту выдается смартфон, с помощью которого он может в любое время передавать на сервер как текущую, так

и сохраненную ЭКГ. Для передачи информации в данной системе используются беспроводные каналы связи стандарта GSM, G3, G4. Врач, получая информацию на рабочий компьютер, анализирует ее с помощью специальной компьютерной программы. По результатам анализа ЭКГ-записи клиницист принимает решение о продолжении или прекращении исследования, о дальнейшей тактике ведения пациента.

МСОТ-системы получили распространение в качестве систем «сигнализации» для долгосрочного мониторинга пациентов, однако до сих пор не опубликованы официальные рекомендации по их использованию. Эффективность их применения позволила крупнейшим страховым компаниям США начать оплачивать применение МСОТ-систем [33]. На данный момент в России не существует официального признания данного вида исследования, а также нет оплаты труда медицинского персонала за выполнение данного исследования и длительное общение с пациентом ни от клиники, ни от системы обязательного медицинского страхования, ни от компании-производителя.

Заключение

Быстрый прогресс в области современных технологий и расширение доступа врачей и пациентов

к ЭКГ-оборудованию, компьютерным программам предоставляют большие возможности для диагностики как симптомных, так и бессимптомных нарушений сердечного ритма и проводимости, которые могут быть причинами различного рода жалоб пациента на плохое самочувствие, жизнеугрожающих состояний. Однако применение методов АМ-ЭКГ имеет ряд ограничений [5]:

- затруднение в определении вида зарегистрированной аритмии, например, дифференциальная диагностика между наджелудочковой тахикардией с аберрантной проводимостью и желудочковой тахикардией (особенно при одноканальной регистрации ЭКГ-сигнала);
- качество ЭКГ-записей далеко не всегда имеет хорошие характеристики. Часто маркируются ложные нарушения сердечного ритма;
- затруднение или невозможность различить брадиаритмии вследствие рефлекторного механизма и вызванные расстройством проводящей системы сердца;
- для получения положительного результата от выполнения исследований требуется появление повторной симптоматики (рецидива симптомов), что задерживает диагностику и может быть потенциально опасно для жизни пациента (в случае наличия злокачественных аритмий);

- пациенты часто некомплаентны к завершению исследования при применении наружных ЭКГ-регистраторов из-за дискомфорта, трудностей с соблюдением гигиены тела, наличия бытовых трудностей, связанных с громоздкой системой регистрации;
- высокая стоимость наиболее перспективных методов АМ-ЭКГ, затруднения оплаты клиниками и страховыми компаниями, а также отсутствие регламентирующих документов и оплаты труда медицинского персонала.

В России ХМ-ЭКГ продолжает оставаться наиболее хорошо изученным, повсеместно применяемым рутинным методом диагностики нарушений ритма сердца у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Портативные устройства АМ-ЭКГ в недалеком будущем имеют все возможности стать новым стандартом амбулаторной диагностики для выявления аритмий и нарушений сердечной проводимости. Однако важное значение для российской медицины АМ-ЭКГ может приобрести не только в области диагностики, но и для ведения пациента, влияя как на краткосрочные, так и на долгосрочные результаты лечения. В итоге можно ожидать повышения качества диагностической и лечебной помощи пациентам в России.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Crawford M.H., Bernstein S.J., Deedwania P.C. et al. ACC/AHA Guidelines for Ambulatory Electrocardiography. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Revise the Guidelines for Ambulatory Electrocardiography). Developed in collaboration with the North American Society for Pacing and Electrophysiology. J Am Col Cardiol 1999;34(3):912–48.
2. Национальные российские рекомендации по применению методики холтеровского мониторирования в клинической практике. Российский кардиологический журнал 2014;2(106):6–71. [National Russian guidelines on application of the methods of Holter monitoring in clinical practice. Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal = Russian Journal of Cardiology. 2014;2(106):6–71. (In Russ.)].
3. Holter N.J. New method for heart studies: continuous electrocardiography of active subjects over long periods is now practical. Science 1961;134(3486):1214–20.
4. Fung E., Jarvelin M.R., Doshi R.N. et al. Electrocardiographic patch devices and contemporary wireless cardiac monitoring. Front Physiol 2015;6:149. DOI: 10.3389/fphys. 2015.00149.
5. Raviele A., Giada F., Bergfeldt L. et al. Management of patients with palpitations: A position paper from the European Heart Rhythm Association. Europace 2011;13(7):920–34. DOI: 10.1093/europace/eur130.
6. Task Force for the Diagnosis and Management of Syncope; European Society of Cardiology (ESC); European Heart Rhythm Association (EHRA); Heart Failure Association (HFA) et al. Guidelines for the diagnosis and management of syncope (version 2009). Eur Heart J 2009;30(21):2631–71. DOI: 10.1093/eurheartj/ehp298.
7. Kligfield P., Gettes L.S., Bailey J.J. et al. Recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: part I: The electrocardiogram and its technology: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society: endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology. Circulation 2007;115(10):1306–24. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.180200. PMID: 17322457.
8. Руководство по эксплуатации. Комплект мониторов компьютеризированных носимых суточного мониторирования ЭКГ, АД, ЧП, КМкн — «Союз» — «ДМС». Описание работы с монитором. М.: ДМС Передовые технологии, 2008. [The user's manual. A set of wearable monitors computerized daily monitoring of ECG, BP, SP. KMkn — "Union" — "LCA". Job description with the monitor. Moscow: LCA Advanced technology, 2008. (In Russ.)].
9. Homaeinezhada M.R., Ghaffari A., Najjaran Toosi H. et al. Ambulatory Holter ECG individual events delineation via segmentation of a wavelet-based information-optimized 1-D feature. Scientia Iranica 2011;18(1):86–104.
10. Первова Е.В. Современная кардиостимуляция на холтеровском мониторе ЭКГ: практическое руководство. М.: Медика, 2011. [Pervova E.V. Modern pacing on Holter ECG monitor: a practical guide. Moscow: Medika, 2011. 368 p. (In Russ.)].

11. Balady G.J., Bufalino V.J., Gulati M. et al. COCATS 4 Task Force 3: Training in Electrocardiography, Ambulatory Electrocardiography, and Exercise Testing. *J Am Coll Cardiol* 2015;65(17):1763–77. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.03.021.
12. Mittal S., Movsowitz C., Steinberg J.S. Ambulatory external electrocardiographic monitoring: focus on atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 2011;58(17):1741–9. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.07.026.
13. Saadi D.B., Sørensen H.B. D., Hansen I.H., et al. ePatch® – A Clinical Overview: DTU Orbit – The Research Information System proposals. Annual report year: 2014. Available at: [http://orbit.dtu.dk/en/publications/epatch-a-clinical-overview\(5a3e37a2-76a8-4240-aae6-781269a8ca2a\)/export.html](http://orbit.dtu.dk/en/publications/epatch-a-clinical-overview(5a3e37a2-76a8-4240-aae6-781269a8ca2a)/export.html).
14. Tung C.E., Su D., Turakhia M.P., Lansberg M.G. Diagnostic Yield of Extended Cardiac Patch Monitoring in Patients with Stroke or TIA. *Front Neurol* 2015;5:266. DOI: 10.3389/fneur.2014.00266.
15. Barrett P.M., Komatireddy R., Haaser S. et al. Comparison of 24-hour Holter monitoring with 14-day novel adhesive patch electrocardiographic monitoring. *Am J Med* 2014;127(1):95:e11–7. DOI: 10.1016/j.amjmed.2013.10.003.
16. Pérez-Rodon J., Francisco-Pascual J., Rivas-Gándara N. et al. Cryptogenic Stroke and Role of Loop Recorder. *J Atr Fibrillation* 2014;7(4):29–35. DOI: <https://doaj.org/article/9cdd95eae7514d70b57a559d6df530c1>.
17. Reiffel J.A., Schwarzberg R., Murry M. Comparison of autotriggered memory loop recorders versus standard loop recorders versus standard loop recorders versus 24-hour Holter monitors for arrhythmia detection. *Am J Cardiol* 2005;95(9):1055–9. DOI: 10.1016/j.amjcard.2005.01.025. PMID: 15842970.
18. Brignole M., Alboni P., Benditt D. et al. Guidelines on management (diagnosis and treatment) of syncope. *Eur Heart J* 2001;22(15):1256–306. DOI: 10.1053/euhj.2001.2739. PMID: 11465961.
19. Brignole M., Alboni P., Benditt D.G. et al. Guidelines on management (diagnosis and treatment) of syncope – update 2004. *Europace* 2004;6(6):467–537. DOI: 10.1016/j.eupc.2004.08.008. PMID: 15519256.
20. Mittal S., Yang E.H., Joshi R. et al. Implantable Loop Recorder: The Heart.org Medscape Drugs and Diseases proposals. Available at: <http://emedicine.medscape.com/article/1920236-overview#showall>.
21. Shanmugam N., Liew R. The implantable loop recorder-an important addition to the armamentarium in the management of unexplained syncope. *Ann Acad Med Singapore* 2012;41(3):115–24. PMID: 22538738.
22. Krahn A.D., Klein G.J., Yee R. et al. Use of an extended monitoring strategy in patients with problematic syncope. *Reveal Investigators. Circulation* 1999;99(3):406–10. PMID: 9918528.
23. Brignole M., Sutton R., Menozzi C. et al. Early application of an implantable loop recorder allows effective specific therapy in patients with recurrent suspected neurally mediated syncope. *Eur Heart J* 2006;27(9):1085–92. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi842. PMID: 16569653.
24. Reveal XT programmable parameters. In: REVEAL® XT 9529. Insertable Cardiac Monitor. Clinician Manual. Minneapolis: Medtronic Inc., 2007.
25. Monitor Settings. In: Monitoring Devices Merlin™ Patient Care System. Help Manual For the following devices: SJM Confirm™ Implantable Cardiac Monitor. Sylmar: St. Jude Medical Cardiac Rhythm Management Division, 2008.
26. Ng E., Stafford P.J., Ng G.A. Arrhythmia detection by patient and auto-activation in implantable loop recorders. *J Interv Card Electrophysiol* 2004;10(2):147–52. DOI: 10.1023/B: JICE.0000019268.95018.91. PMID: 15014215.
27. Hindricks G., Pokushalov E., Urban L. et al. Performance of a new leadless implantable cardiac monitor in detecting and quantifying atrial fibrillation: Results of the XPECT trial. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2010;3(2):141–7. DOI: 10.1161/CIRCEP.109.877852.
28. Sanna T., Diener H.C., Passman R.S. et al. Cryptogenic stroke and underlying atrial fibrillation. *N Engl J Med* 2014;370(26):2478–86. DOI: 10.1056/NEJMoa1313600.
29. MRI procedure. REVEAL® XT 9529. Insertable Cardiac Monitor. Clinician Manual. Minneapolis: Medtronic, 2007.
30. SJM Confirm™. Model DM2100. Implantable Cardiac Monitor. Model DM2102. Implantable Cardiac Monitor with AF Detection. Use's Manual. Sylmar: St. Jude Medical, Cardiac Rhythm Management Division, 2008.
31. Farwell D.J., Freemantle N., Sulke N. The clinical impact of implantable loop recorders in patients with syncope. *Eur Heart J* 2006;27(3):351–6. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi602. PMID: 16314338.
32. Тихоненко В.М., Попов С.В., Цуринова Е.А., Трешкур Т.В. Много-суточное мониторирование ЭКГ с телеметрией – новый метод диагностики редко возникающих симптомных аритмий и синкопальных состояний. *Вестник аритмологии* 2013;(73):58–62. [Tikhonenko V.M., Popov S.V., Tsurinova E.A., Treshkur T.V. Long-term ECG monitoring with telemetry: a novel technique of diagnosis of rare symptomatic arrhythmias and syncope. *Vestnik aritmologii = Journal of Arrhythmology* 2013;(73):58–62. (In Russ.)].
33. CardioNet, Inc. Enters Into Agreement with United Healthcare Insurance Company Provides Coverage for CardioNet MCOT™: Business Wire.com proposals. Available at: <http://www.businesswire.com/news/home/20130610006443/en/CardioNet-Enters-Agreement-UnitedHealthcare-Insurance-Company>.