

Н.Н. Рыжман, Е.П. Галова, А.Н. Кучмин, И.М. Борисов,
М.С. Борисова, А.Б. Изотова, М.В. Зубакова

Диагностические возможности холтеровского мониторинга в выявлении редко встречающихся аритмий

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Трудно себе представить современный медицинский мир без такого важного и нужного исследования, как холтеровское мониторирование электрокардиографии, оно используется в каждом кардиологическом отделении во всем мире. Благодаря своему изобретению имя основателя метода Н. Холтера до сих пор известно из уст сотен тысяч врачей и пациентов. Метод нашел применение в разных областях медицины, а также дал мощный толчок для развития целого направления в кардиологии, которое продолжает развиваться и в настоящее время. Несмотря на «почтенный возраст» метода он не только не теряет свою актуальность и популярность в современной практике врача, но и находит новые области применения, регулярно расширяется список показаний к его проведению, он становится все более сложным и многогранным. В сочетании со стремительно развивающимся технологическим прогрессом стало возможным проведение многосуточного мониторирования электрокардиографии у пациентов с редкими клиническими проявлениями при отсутствии информативных данных в течение суточного исследования, что существенно расширяет его диагностические возможности. В настоящее время существует возможность записи до 7 суток и более, разработаны устройства, позволяющие производить запись по требованию и просмотр в режиме реального времени, а также имплантируемые устройства, позволяющие регистрировать электрокардиограмму годами, что особенно актуально для пациентов с редкими эпизодами нарушений ритма сердца, ангинозными болями, синкопальными состояниями неясной этиологии, риском синдрома внезапной смерти. Таким образом, разработка и внедрение в клиническую практику систем многосуточного мониторирования электрокардиограммы, безусловно, расширяет спектр показаний к его проведению, в том числе и среди смежных с кардиологией специальностей.

Ключевые слова: холтеровское мониторирование электрокардиограммы, многосуточное мониторирование, имплантируемые устройства, нарушения сердечного ритма, синкопэ, записывающие устройства, дистанционный мониторинг.

Суточное мониторирование электрокардиограммы (ЭКГ) по Холтеру (ХМ) используется для непрерывной записи ЭКГ на твердотельный носитель или магнитную ленту (в современных системах не применяется) в нескольких отведениях в условиях свободной активности пациента с последующей дешифровкой в автономном режиме на специальном оборудовании. Может проводиться от 24 ч до 7 суток в зависимости от требований к точности диагностики [1].

Многосуточный мониторинг неразрывно связан с его изобретателем Норманом Холтером. Н. Холтер родился 1 февраля 1914 г. в городе Хелена, штат Монтана. Он был человеком многих интересов, включая атомную энергетику, биофизику, химию, музыку, фотографию и биотелеметрию. Среди его открытий можно упомянуть площадь капли дождя, детекторы ядерного взрыва и одно из самых важных изобретений в кардиологии – длительный амбулаторный ЭКГ-мониторинг, который в настоящее время известен как «суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру».

История создания ХМ берет начало в сороковых годах, когда Н. Холтер начал работать с Д. Генгерелли над стимуляцией нервов путем чередования электрических полей. Это были его первоначальные ис-

следования электрической активности человеческого организма [2, 3].

Кассеты и элементы питания, применявшиеся в то время, давали возможность осуществлять непрерывную запись одного канала ЭКГ в течение 10 ч. Анализ записанной ленты проводился с помощью оригинальной аудиовизуальной системы суперимпозиции, которая позволяла не только оценивать традиционную ЭКГ, но и автоматически анализировать отдельные компоненты variability ритма сердца.

Первое устройство, созданное Н. Холтером, было довольно большое. Первоначально (1947 г.) оно состояло из двух тяжелых батарей и радиопередатчика ЭКГ общим весом 38 кг (85 фунтов), которое было довольно неудобно носить пациенту (рис.).

Техника была основана на записи и передаче амбулаторной электрокардиограммы по радио-электрокардиографу и аудиовизуально наложенной ЭКГ-презентации, что позволило ускорить обзор ЭКГ-данных [4, 5]. Для того чтобы убедиться в полезности амбулаторной ЭКГ в конце пятидесятых, Холтер провел исследование на 200 пациентах. Эксперимент был успешным, выявлено несколько случаев стенокардии. Устройство и техника впервые были представлены в



Рис. Первый холтеровский монитор

1961 г. Н. Холтером и его коллегой – У. Гласкок, когда в американском журнале «Science» была опубликована статья Н. Холтера под названием «Новый метод исследования сердца. Практическое использование длительной электрокардиографии у пациентов в активном периоде» [6].

Кроме большого веса, система мониторинга ЭКГ обладала и другими недостатками, такими как ограниченное время и диапазон измерения.

Для того чтобы решить эти проблемы, Н. Холтер объединился с Брюсом Дель Маром, и вместе они изготовили меньшее устройство, которое дополнительно обладало возможностью высокой скорости обзора и позволило производить запись более 24 ч. Все это привело к производству первого коммерческого устройства ЭКГ-монитора в 1962 г. лабораторией Del Mar Engineering под названием «Avionics».

Новый диагностический метод стал очень популярным среди ученых и доказал свою эффективность. Было опубликовано огромное количество исследований и клинических данных, то есть самым интересным в технике холтеровского мониторинга был тот факт, что рассмотрение записанных данных, читаемых при помощи звука проводилось с использованием радио.

Ровный жужжащий звук означал синусовый ритм, в то время как изменчивые звуки были маркерами желудочковой экстрасистолической активности. Детального взгляда требовал лишь тот фрагмент ЭКГ, который «звучал плохо», в этом месте запись останавливалась и проигрывалась в режиме реального времени. Устройство включало обзор 24-часовой записи, которая воспроизводилась в пятьдесят раз быстрее, чем в реальном времени.

Таким образом, создатель метода ускорил просмотр записи сердечной деятельности, что позволило охватить более широкий диапазон возможных отклонений с просмотром более длительных записей в достаточно короткие сроки [7].

Del Mar Avionics и другие производители медицинского оборудования продолжали совершенствовать прежние концепции Н. Холтера путем миниатюризации портативных магнитофонов, ускоряя и упрощая методы анализа и увеличивая количество каналов, которые могут быть записаны и проанализированы. Рекордеры, которые доступны в настоящее время, поддерживают твердотельные карты памяти и флеш-карты. А дешифраторы оснащены современным программным обеспечением, позволяющим проводить многофакторный анализ.

Проблемы, касающиеся объема данных, точности анализа, зависимости оператора от усталости и других технических соображений, привели к разработке компьютерных моделей, алгоритмов для анализа и генерации отчетов ЭКГ и краткого изложения для интерпретации врача.

В течение последующих десятилетий высокая скорость воспроизведения с помощью компьютерного анализа дала врачу ценную информацию относительно электрической активности сердца пациента, которая особенно полезна для определения вида сердечной патологии, лечения и эффективности лекарственных средств, наблюдения за водителями ритма, возможными причинами синдрома внезапной младенческой смерти, дифференциальной диагностики симптомов пациента и установления связи с сердечными событиями.

Усовершенствование методики анализа впоследствии позволило детально оценивать аритмии, сегмент S–T, работу кардиостимулятора и анализ variability сердечного ритма. Также были добавлены усреднение сигнала и методы анализа высокого разрешения сигнала ЭКГ, чтобы увеличить её клиническую полезность. Компьютеризированный анализ интервала Q–T и зубца T каждого нормального сокращения является недавним новшеством в постоянно расширяющемся использовании данных ЭКГ по Холтеру.

Все это позволяет собрать гораздо больше данных высокого качества с меньшим вмешательством человека, чем когда-либо прежде. Это приводит к повышению точности диагностики.

Представляется рациональным проведение мониторинга увеличенной длительности в случаях неинформативности 24-часового исследования у пациентов с типичными, ярко выраженными жалобами и редкими (1–4 раза в месяц и менее) проявлениями. Кроме того, длительные исследования могут найти применение в обследовании пациентов, которым выполнялось хирургическое лечение пароксизмальной фибрилляции предсердий.

Так, для объективной оценки эффективности катетерной процедуры изоляции легочных вен целесоо-

бразно проведение длительных мониторинговых наблюдений. Несмотря на то, что неинвазивное многосуточное исследование уступает в длительности регистрации имплантируемым устройствам, при этом оно превосходит их по другим параметрам: не требует операции имплантации, намного более дешево с экономической точки зрения, является многократным, позволяет производить непрерывную, а не фрагментарную запись ЭКГ, дает полную информацию за все время наблюдения – тренды частоты сердечных сокращений, смещения сегмента S–T, аритмий, вариабельности сердечного ритма, дисперсии интервала Q–T, P–Q и др., регистрирует события целиком, не имеет противопоказаний.

Показаниями к многосуточному мониторингованию являются:

- ЭКГ-диагностика опасных нарушений ритма у пациентов с высоким риском внезапной смерти, у которых регистрируются желудочковые аритмии высоких градаций на фоне структурных изменений сердца;
- уточнение показаний для имплантации электрокардиостимулятора у больных с нарушением функции синусового узла, транзиторными нарушениями атрио-вентрикулярного проведения, фибрилляцией предсердий с наличием пограничных пауз, выявленных при суточном мониторинге ЭКГ;
- уточнение генеза и характера редких (1–4 раза в месяц) приступов сердцебиения, неverifiedированных при ХМ в течение суток, синкопальных и пресинкопальных состояний;
- оценка спонтанной вариабельности желудочковых аритмий в течение нескольких суток;
- оценка эффективности антиаритмической терапии у пациентов с высокой спонтанной вариабельностью желудочковых аритмий;
- уточнение генеза редких болевых приступов в грудной клетке, возникающих в покое, в том числе в ночные часы;
- наличие криптогенных инсультов у лиц, предрасположенных к наличию недоказанной пароксизмальной фибрилляции предсердий.

Быстрое расширение технологий амбулаторного мониторинга дает клиницисту очевидное преимущество в диагностике более всеобъемлющих данных в реальном времени, а плата за это – увеличение объема информации и потенциальной ответственности, связанной с непрерывным потоком данных. Существуют различные системы амбулаторного мониторинга с их клиническими возможностями и недостатками.

ЭКГ по Холтеру. Система мониторингования. В настоящий момент существует множество фирм-производителей систем холтеровского мониторингования ЭКГ – как отечественных, так и зарубежных. Они отличаются наличием или отсутствием множества параметров, количеством каналов записи ЭКГ (от 2 до 12), а также наличием или отсутствием каналов записи, регистрирующих работу электрокардиостимулятора, реопневмограммы, спирограммы, пульсоксиметрии, храп, регистрацию положения тела пациента, двигательной активности пациента. Также аппараты

отличаются длительностью записи и программным обеспечением, позволяющим оценивать не только аритмии, но и такие показатели, как анализ интервала Q–T, альтернацию зубца T, морфологию комплекса QRS, сегмент S–T, интервал P–Q, вариабельность ритма и другое. Но, несмотря на все преимущества многосуточного ХМ, иногда не удается зафиксировать редкие события. В таких случаях с данной целью рекомендовано использовать «мониторы событий». Последние представляют самую большую категорию устройств.

Непрерывные мониторы расположены у пациента на грудной клетке или запястье, и запись (сохранение) данных происходит только при активации прибора пациентом. Некоторые из этих устройств имеют автоматические триггеры, которые распознают медленные, ускоренные или нерегулярные ритмы сердечных сокращений. После активации данные сохраняются на запрограммированное фиксированное количество времени до последующей активации. Эти устройства также называются внешними петлевыми регистраторами. Другой, менее сложной формой «монитора событий» является постсобытийный рекордер. Эти устройства не носят непрерывно, их располагают непосредственно в области грудной клетки один раз во время развития симптома. Таким образом, они производят запись лишь в момент развития симптомов.

«Мониторы событий», как правило, используются для 14–30-дневного периода мониторинга. Данные передаются через телефонные линии в центральную станцию мониторинга, а затем передаются на персональный компьютер для анализа.

Главным преимуществом этих устройств по сравнению с традиционными холтеровскими мониторами является то, что они меньшего размера, позволяют проводить мониторинг ЭКГ в течение более длительных периодов времени и могут обеспечить анализ данных в режиме реального времени, когда пациент передает запись сразу после возникновения симптомов.

Ограничения этих устройств включают следующие моменты:

- пациент должен быть в состоянии бодрствования, быть способным активировать устройство, если автоматическое включение, имеющее свои триггеры для сердечных аритмий, по каким-либо причинам не активирует его автоматически;
- в случае непрерывного использования устройств у отдельных пациентов возникают непреодолимые сложности к длительному применению устройства (в основном потому, что происходит раздражение кожи, а также из-за плохого контакта с кожей во время занятий спортом).

Как непрерывные, так и постсобытийные регистраторы требуют определенной степени технологической поддержки для передачи сохраненных данных через телефонные линии на центральную станцию мониторинга. Установлено, что 84,5% пациентов способны выполнить пробную передачу, но справиться с передачей успешно выполненной записи смогли лишь 58,9% больных.

Пациенты, живущие в одиночку, с гораздо меньшей вероятностью могут эффективно использовать петлевые регистраторы. Также достаточно серьезными факторами, препятствующими успешной передаче, являются беспокойство, страх симптомов и их влияние на качество жизни [9].

В последнее время стала доступна новая форма этого устройства, что позволяет производить автоматическую передачу зарегистрированных эпизодов по сотовой сети (в момент передачи данных исследования активного участия пациента не требуется).

Для устройств, которые не носят непрерывно (постсобытийные записывающие устройства, такие как напульсники или портативные устройства, которые должны быть приложены к груди во время симптомов), характерно отсутствие записи начала аритмии, которое может дать ключ к аритмическому механизму, а короткие аритмии, которые заканчиваются до активации устройства, не будут записаны вовсе.

Кардиологические мониторинговые системы режима реального времени представляют собой новейшую форму внешних амбулаторных мониторов, разработанных, чтобы объединить преимущества и преодолеть ограничения холтеровских мониторов и стандартных «мониторов событий». Их носят непрерывно, и по размерам они близки к стандартному «монитору событий». Они автоматически записывают и передают эпизоды ЭКГ-нарушений от амбулаторных больных с участием станции мониторинга.

Кроме того, данные могут быть записаны по инициативе самого пациента. Эта технология называется кардиологической телеметрической системой реального времени. Посредством этих устройств сердечная деятельность находится под постоянным контролем при помощи 3 электродов (некоторые системы используют нагрудный ремень со встроенными неадгезивными электродами) [10], которые присоединены к датчику размером с пейджер. Датчик передает собранные данные на переносной монитор, который имеет встроенный сотовый телефон и должен находиться в непосредственной близости от пациента, чтобы принимать сигналы. Монитор оснащен программным обеспечением, которое анализирует ритм непрерывно и автоматически.

Если аритмия обнаруживается с помощью алгоритма – монитор автоматически передает записанные данные через телефонные линии (по беспроводной сети или телефонной линии) к центральной станции мониторинга для последующего анализа. Любые данные, записанные по инициативе пациента, передаются также. Квалифицированные сотрудники на станции мониторинга анализируют данные пациента в режиме реального времени и при необходимости могут связаться с лечащим врачом и пациентом в соответствии с заранее определенными критериями [10]. А встроенный сотовый телефон позволяет осуществлять передачу данных от монитора к центральной станции, когда пациент находится вдали от дома [14].

Имплантируемые петлевые регистраторы. Данный вид мониторинга стал доступен с внедрением имплан-

тируемых устройств непрерывного длительного (до 3 лет) мониторинга ЭКГ, работающих по петлевому принципу, – петлевых регистраторов ЭКГ (ПР ЭКГ) [11]. Регистраторы разработаны в 1990 г., и первоначально длительность мониторинга ритма сердца не превышала 12 мес.

Показаниями к имплантации ПР ЭКГ на начальных этапах их применения служили только повторные синкопальные состояния неясной этиологии. С увеличением длительности регистрации до 36 мес. и возможностей прибора в выявлении наджелудочковых тахикардий показания были расширены.

В 2004 г. Европейским обществом кардиологов впервые опубликованы рекомендации по применению ПР ЭКГ.

Согласно рекомендациям, имплантация ПР ЭКГ показана пациентам с синкопальными состояниями, если при стандартном обследовании все еще остается невыявленной причина приступов потери сознания; при наличии случаев внезапной смерти в семье больного с синкопе; в случаях, когда синкопе, пресинкопе или сердцебиения провоцируются физической нагрузкой; больным с синкопе и болями за грудиной, а также при выявлении нарушений ритма сердца на ЭКГ у больных с приступами потери сознания.

ПР ЭКГ представляет собой безэлектродное устройство. Находящиеся на корпусе устройства два контакта обеспечивают непрерывную регистрацию одноканальной ЭКГ. В памяти устройства могут быть сохранены как записи ЭКГ-эпизодов, активированных пациентом, так и автоматически детектированные прибором. Одними из самых серьезных недостатков этих приборов являются инвазивность, дорогостоящая исследования и ретроспективный анализ.

В качестве непрерывных контрольных устройств могут быть использованы *кардиостимуляторы и имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы* (ИКД). Большинство двухкамерных кардиостимуляторов и ИКД имеют встроенные алгоритмы для обнаружения наджелудочковых аритмий. Это необходимо для того, чтобы избежать чрезмерной стимуляции желудочков во время фибрилляции предсердий. Посредством непрерывного мониторинга ритма современные устройства предоставляют подробную информацию, которая содержит количество, продолжительность и даты эпизодов аритмий, а также максимальную частоту предсердных и желудочковых сокращений. Многие устройства предоставляют сводные данные с посуточным указанием количества часов, в течение которых регистрировалась мерцательная аритмия за предыдущие 6 месяцев. При программировании надлежащим образом имплантируемые устройства могут идентифицировать фибрилляцию предсердий с чувствительностью и специфичностью более 95% [13].

Двухкамерные ИКД имеют встроенные алгоритмы частотной детекции аритмии, чтобы избежать проведения несоответствующей терапии ИКД для наджелудочковой тахикардии, которые могли бы быть

ошибочно приняты за желудочковую тахикардию на основе одного только желудочкового ритма.

Кроме того, ИКД хранят подробную информацию об эпизодах желудочковых тахикардий, включая время возникновения, частоту желудочковых сокращений и продолжительность эпизодов, а также информацию о необходимости антиаритмической стимуляции или необходимости шока, чтобы прервать эпизод желудочковой тахикардии.

Также производится запись за несколько секунд до и после эпизода, что позволяет подробно оценить каждый эпизод «срабатывания» ИКД для определения ее необходимости и успеха.

Традиционный способ получения информации об эффективности лечения аритмий требует считывания её с устройства в кабинете врача. Новые технологии позволяют интернет-удаленный мониторинг устройств для оценки симптоматических и бессимптомных аритмий и проведенной терапии [15].

Таким образом, опыт использования суточных мониторов ЭКГ по Холтеру от момента их создания и до наших дней показывает высокие диагностические возможности длительного мониторинга ЭКГ. Разработка и внедрение в клиническую практику систем многосуточного ЭКГ-мониторирования, безусловно, расширяет спектр показаний к его проведению, в том числе и среди смежных с кардиологией специальностей.

Литература

1. Национальные Российские рекомендации по применению методики холтеровского мониторирования в клинической практике / Росс. кардиол. журн. – 2014. – № 2 (106). – С. 6–71.
2. Kennedy, H.L. The history, science and innovation of Holter technology / H.L. Kennedy // Ann Noninvas Electrocardiol. – 2006. – Vol. 11. – P. 85–94.
3. Holter, N. Remote recording of physiological data by radio / N. Holter, J.A. Gengerelli // Rocky Mountain Med. – 1949. – Vol. 46. – P. 747.
4. Holter, N.J. Historical background and development of ambulatory monitoring. The nature of research, ambulatory ECG monitoring / N.J. Holter [et al.] // MCSA Seattle Wash. – 1976. – Vol. 56. – P. 1–9.
5. Holter, N.J. New method for heart studies continuous electrocardiography of active subjects / N.J. Holter // Science. – 1961. – Vol. 134. – P. 1214–1220.
6. Holter, N.J. New method for heart studies continuous electrocardiography of active subjects / N.J. Holter // Science. – 1961. – № 134. – P. 1214–1220.
7. Corday, E. Historical vignette celebrating the 30th anniversary of diagnostic ambulatory electrocardiographic monitoring and data reduction systems / E. Corday // J. Am. Coll. Cardiol. – 1991. – Vol. 17. – P. 286–292.
8. Brucer, M. Norman Jeff Holter (1914–1983): A historical note and, as it must be, an obituary / M. Brucer // J. Nucl. Med. – 1984. – Vol. 25. – P. 132.
9. Gula, L.J. External loop recorders: determinants of diagnostic yield in patients with syncope / L.J. Gula, [et al.] // Am. Heart. J. – 2004. – Vol. 147. – P. 644–648.
10. Joshi, A.K. First experience with a Mobile Cardiac Outpatient Telemetry (MCOT) system for the diagnosis and management of cardiac arrhythmia / A.K. Joshi [et al.] // Am. J. Cardiol. – 2005. – Vol. 95. – P. 878–881.
11. Krahn, A.D. The etiology of syncope in patients with negative tilt table and electrophysiological testing / A.D. Krahn [et al.] // Circulation. – 1995. – Vol. 92. – P. 1819–1824.
12. Brignole, M. Guidelines on management (diagnosis and treatment) of syncope: update 2004: Task Force on Syncope, European Society of Cardiology / M. Brignole [et al.] // Europace. – 2004. – Vol. 6. – P. 467–537.
13. Glotzer, T. Atrial high rate episodes detected by pacemaker diagnostics predict death and stroke / T. Glotzer, [et al.] // Circulation. – 2003. – Vol. 107. – P. 1614–1619.
14. Wu, F. Development of a wearable-sensor-based fall detection system / F. Wu [et al.] // International Journal of Telemedicine and Applications. – 2015. – Vol. 112. – P. 134–145.
15. Hindricks, G. Quarterly vs. yearly clinical follow-up of remotely monitored recipients of prophylactic implantable cardioverter-defibrillators: Results of the REFORM trial / G. Hindricks [et al.] // Eur. Heart. J. – 2014. – Vol. 35 (2). – P. 98–105.

N.N. Ryjman, E.P. Galova, A.N. Kuchmin, I.M. Borisov, M.S. Borisova, A.B. Izotova, M.V. Zubakova

The diagnostic capabilities of Holter monitoring in the detection of infrequent arrhythmias

Abstract. Modern medical world can hardly be imagined without such an important and necessary examination as the Holter monitoring electrocardiogram which is now worldwide used in each cardiology hospital department. Due to his invention Dr. N. Holter has become known to many physicians and patients. His method has been actively adopted to different areas of medicine and has stimulated the development of a new branch in cardiology which is also growing intensively now. Despite of the fact that Holter's method has passed the age limit, it does not only lose its relevance and popularity in every day doctor's routine but also finds new ways of a use, widening regularly the list of indications for treatment and becoming more and more complicated and multy-faceted. This method in combination with the impetuous development of medical equipment and technology has made it possible to test the patients with rare medical symptoms using ranged monitoring electrocardiogram, if a day-study monitoring doesn't give enough information. It also helps to enlarge essentially the diagnostic resources. Now there is a chance for making a 7-day or more electrocardiogram monitoring: devices to make a request or view in real time recording as well as implantable devices to record the electrocardiogram for years, especially for patients with rare episodes of arrhythmias, angina pain, syncope of unclear etiology risk of a sudden death syndrome have been worked out. Therefore, the development and introduction systems of long-term monitoring electrocardiogram into clinical practice, expands absolutely the spectrum of indications for its putting into practice not only in cardiology but also in related areas of medicine.

Key words: Holter monitoring electrocardiogram, long-term monitoring electrocardiogram, implantable devices, heart rate disorders, syncope, recording devices, remote monitoring.

Контактный телефон: 8-921-331-56-68, e-mail: galova.elena@gmail.com