

Исторические этапы развития холтеровского мониторирования ЭКГ

Л. М. Макаров, д.м.н., проф.

Центр синкопальных состояний и сердечных аритмий (ЦСССА ФМБА России) у детей и подростков на базе ЦДКБ Федерального Медико — Биологического Агентства

Historical stages of development of Holter monitoring

L.M. Makarov

The center of syncope and cardiac arrhythmias at children and adolescents of Federal Medico- Biology Agency

Резюме

В статье представлены основные исторические и технические этапы развития метода холтеровского мониторирования ЭКГ (ХМ) от основателя метода Нормана Холтера, до наших дней. Отмечен вклад других исследователей в развитие методики (Брюса Дель Мар, Гарольда Кеннеди и других). Отражены как первые основные технические решения метода, так и современные возможности ХМ, включающие увеличение продолжительности записи ЭКГ, возможности обработки ритма сердца не только с анализом ЭКГ и вариабельности ритма сердца, но и практически всех современных методов электрокардиологии: турбулентности ритма сердца, микровольтной альтернации зубца Т, частотной адаптации интервала QT, DC/AC анализа и других. Проведен анализ технологических перспектив развития метода. Принципиально важным является то, что все новые технологические решения могут быть востребованы в клинике только на основе их адекватной клинической и физиологической интерпретации.

Ключевые слова: Холтеровское мониторирование - История метода - Техническая эволюция - Перспективы развития метода.

Summary

The main historical and technical stages of development of Holter monitoring ECG (HM) from the founder of a method Norman Holter, are presented in article up to now. The contribution of other researchers to development of a technique is noted (Bruce Del Mar, Harold Kennedy and others). Both the first main technical solutions of a method, and the modern opportunities of HM including augmentation of duration of record ECG, possibility of processing of a rhythm of heart not only with the analysis of an ECG and heart rate variability but all modern methods of an electrocardiology are reflected: Heart rate turbulence, microvolt alternation of the T wave, QT dynamicity, DC/AC analysis and others. The analysis of technological prospects of development of a method is carried out. The fact that all new technology solutions can be demanded in clinic only on the basis of their adequate clinical and physiological interpreting is essentially important.

Key words: Holter monitoring — History — Technical evolution - Future of method.

Электрокардиография является наиболее используемой методикой в функциональной диагностике, прежде всего в кардиологии. История электрокардиографии (ЭКГ) насчитывает уже более 150 лет и все эти годы ЭКГ является ведущей методикой в обследовании больных с патологией сердечно-сосудистой системы, включенной в список 10 наиболее значимых открытий в кардиологии 20 века [1]. Хотя реально, основные научные, технические и идеологические основы электрокардиографии были открыты и разработаны еще в 19 веке (а по некоторым направлениям и ранее), усилиями таких энтузиастов как Август Веллер, Вильям Эйнтховен (в 1924 году он получил Нобелевскую премию за совершенствование и разработку метода [2]), Томас Льюис и многие другие, в том числе, и выдающийся российский ученый Александр Филиппович Самойлов [3]. В 1914 году на Севере США, в маленьком городке Хелена, штат Монтана, родился мальчик, которого назвали Норман Джеффри Холтер и которому предстоит сделать еще один мощный прорыв в электрокардиографии. Получив блестящее разностороннее образование, он внес значительный вклад в развитие различных направлений в науке [4]. Но основным его достижением была разработка метода, позволяющего «...на расстоянии с помощью радиопередатчика осуществить четкую запись электрофизиологических процессов, чтобы дать пациенту свободу заниматься во время исследования чем угодно, лишь бы не привязывать его к кушетке» [5]. Первоначально он проводил эксперименты на крысах, вживляя им в голову электроды, с которых осуществлялась запись электроэнцефа-

лограммы. Но все изменилось после его встречи с великим кардиологом Полом Уайтом (Paul White), который специально приехал в г. Хелену познакомиться с Холтером и его исследованиями. Он был поистине потрясен его открытиями, новыми технологиями и их перспективами в медицине. Будучи большим энтузиастом электрокардиографии, Уайт убедил Холтера, что использование его открытий в кардиологии значительно более актуально и может спасти жизнь миллионам больных. Первый холтеровский аппарат [6] был произведен еще в 1945 году и его носимая часть — радиотрансмиттер и батареи весила 38 кг. К 1952 году вес прибора уменьшился, он регистрировал одно отведение ЭКГ в течении 10 часов. Далее продолжалось технологическое совершенствование системы, которую к 1952 году Холтер и его соратники довели до веса 1 кг. Однако «официальной» датой рождения методики холтеровского мониторирования считается 1961 год, когда в журнале Science вышла статья Нормана Холтера «Новый метод исследования сердца. Продолжительная электрокардиография активных лиц в течении длительного времени теперь в практике» [5].

В статье приводилось описание технических принципов и схем работы системы, иллюстрации применения прибора в различных обстоятельствах (у больного за обедом в ресторане, дамы на прогулке и т.д.), ЭКГ больного при различных видах активности. В статье Холтер впервые высказал мысль, что его изобретение не просто «длинная ЭКГ», а возможность изучения последовательности сотен тысяч сердечных комплексов,

в которых заключена информация о многих закономерностях работы здорового и больного сердца. В подтверждение этих слов были приведены типичные паттерны ритмограмм RR интервалов в норме и при нарушениях ритма сердца — экстрасистолии, различных видах пароксизмальных тахикардий. Прошло более 50 лет с этой публикации, однако, к сожалению, в клинической практике использования ХМ большинство врачей по-прежнему интересуется только «длинная ЭКГ».

Эпохальной, для развития метода, явилась встреча в начале 60-х годов 20 века Холтера с Брюсом Дель Маром (Bruce Del Mar), инженером и владельцем фирмы Del Mar Engineering, работающей в авиационной области. Холтер и Дель Мар совместно разработали более компактный аппарат, способный писать ЭКГ 24 часа. В 1963 году был выпущен первый коммерческий прибор холтеровского мониторирования в США (где чаще применяется название методики как «амбулаторная электрокардиография» — АЭКГ) под названием Del Mar Avionics (рис. 1). В первых российских национальных рекомендациях определено, что [7]: «Классическое название метода в России — холтеровское мониторирование (ХМ), используется, для методики непрерывной записи электрокардиограммы (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. Исторически используется еще несколько названий метода — в США методика чаще обозначается, как амбулаторное ЭКГ мониторирование (АЭКГ), также используются термины динамическая электрокардиография, суточное мониторирование ЭКГ, мониторирование по Холтеру.

Первое клиническое испытание оригинальной системы ХМ произошло в 1965 году. Под руководством доктора Corday [8], было обследовано 286 больных с различной кардиоваскулярной патологией и/или потенциально аритмогенными жалобами. Изменения на ЭКГ во время жалоб было выявлено у 36 больных (мерцательная аритмия, экстрасистолия, пароксизмальная тахикардия), при этом, при всех аритмиях были описаны не только стандартные изменения ЭКГ, но и типичные паттерны изменений ритмограммы RR интервалов, позволяющие провести количественную и качественную экспресс диагностику. У одного больного выявлена значимая депрессия сегмента ST, возникшая на пике сексуальной активности.

Сам Брюс Дель Мар прожил долгую и плодотворную жизнь и умер в возрасте 101 года. До конца своих дней он был активен и полон новых творческих идей. В 1994 году он учредил две свои именные премии (Del Mar Award), одну из которых (по представлению и решению президиума Международного холтеровского общества — ISHNE) вручают на регулярных двухгодичных конгрессах ISHNE маститому ученому, внесшему выдающийся вклад в развитие неинвазивной электрокардиологии и аритмологии и одну — молодому ученому отметившемуся за прошедшие двухлетие значимыми работами в мировых научных изданиях в этой области. В 2009 году 96 летний Брюс Дель Мар на 13-м Конгрессе ISHNE в Иокогаме (Япония), вручил свою Премию первому президенту ISHNE Шломо Штерну



Рисунок 1. Брюс Дель Мар с первой серийной коммерческой системой холтеровского мониторирования, Model 445 Mini-Holter Recorder.



Рисунок 2. Церемония открытия 13 го Конгресса ISHNE, 04 июня 2009 года, Иокогама, Япония. Справа налево: 1) Брюс Дель Мар (США); 2) Полихронис Делаверис (Греция); 3) Винсент Гомбах (Германия); 4) Ричард Петрович (Польша); 5) Войцех Зареба (США); 6) Елена Заклязьминская (Россия); 7) Леонид Макаров (Россия); 8) Пребен Бьерегард (США).

(Shlomo Stern). Именно на этом конгрессе я встречался с Брюсом лично в последний раз (рис. 2).

Дважды в одной номинации Del Mar Award вручали сразу двум кандидатам — в 1998 году в г. Ульм (Германия) этой чести были удостоены выдающиеся аритмологи современности J. Camm (Великобритания) и Ph. Coumel (Франция), а на конгрессе 2011 года две премии перспективным молодым ученым были вручены В. Sirica (США) и ведущей сотруднице нашего Центра Вере Комолятовой (Россия). На этом же конгрессе в 2011 году премию за выдающийся вклад в развитие неинвазивной электрокардиологии и холтеровского мониторирования был удостоен один из ближайших соратников Брюса Дель Мара, профессор Гарольд Кеннеди (США) (рис. 3).

С момента изобретения и по мере технического совершенствования год от года расширяются возможности метода. Появление транзисторов значительно уменьшило вес и объем аппаратуры [9,10]. Значительно прогрессировало развитие технических возможностей регистраторов и дешифраторов. В 70-х годах в регистраторах добавились возможности автоматической оценки сегмента ST и интервала QT, вариабельности ритма сердца, с записью сигнала не только на магнитную ленту, но и на твердый диск регистратора в 2-х отведениях, а с конца 80-х годов вошли в практику 3-канальные регистраторы, дополненные возможностью оценки поздних потенциалов желудочков, в 2000-х к ним



Рисунок 3. Вручение Премии Bruce Del Mar Гарольду Кеннеди. Москва, 14-й конгресс ISHNE Апрель 2011 г. Слева направо: Гарольд Кеннеди (США), Леонид Макаров (Россия) президент Конгресса, сзади: слева Серхио Дубнер (Аргентина) президент ISHNE 2007–2009 гг., Питер Стоун (США), президент ISHNE 2009–2015 гг.

добавились возможности анализа 12 каналов ЭКГ с оценкой микровольтной альтернации зубца Т [10], турбулентности ритма сердца, векторкардиограммы, DC/AC анализа и других опций, часть из которых уже вошли в клинический стандарт оценки результатов исследования, часть проходит путь от научных разработок к клиническим испытаниям и использованию. Постоянно совершенствуются системы анализа, увеличивая объемы памяти, представления полученных данных, возможности передачи полученного сигнала с регистраторов или имплантированных электронных устройств телеметрически или через интернет. Это позволяет создавать единые центры обработки записей, куда стекаются данные от периферических отделений или небольших медицинских центров, где нет возможности или необходимости держать высококвалифицированный штат сотрудников. Понятно, что холтеровское мониторирование — крайне необходимая методика для использования в специфических условиях деятельности (космос, спорт, трудно моделируемые при стандартных тестах нагрузки и даже у животных) [2].

Новым направлением ХМ является телемониторинг ЭКГ, который позволяет контролировать ЭКГ больного дистанционно в режиме on line в радиусе действия системы, как во внутрибольничных условиях, так и более широко. Особенно активно удаленный телеметрический мониторинг ЭКГ реализуется в имплантируемых антиаритмических устройствах, у больных с сердечной недостаточностью и других группах. Хотя «новым» метод можно назвать достаточной условно — первая система Нормана Холтера была именно телеметрической системой дистанционного мониторинга ЭКГ сигнала с расшифровкой в режиме off line [5].

Оригинальный регистратор ЭКГ (синонимы: рекордеры или мониторы) Нормана Холтера представлял из себя устройство 19,5 x 9,8 x 4,6 см и весом 1 кг и проводил запись ЭКГ в одном отведении в течение 10 часов. Вес современных регистраторов составляет менее 100 грамм. В последние годы активно используются т.н. «событийные» регистраторы (event recorder), позволяющие записывать только определенные участки ЭКГ в период возникающих симптомов и жалоб. Продолжительность записи при современных регистраторах при непрерывной работе может достигать до 7 дней, а при прерывистой записи «по требованию» — до 30–40 суток. Еще более новые системы имплантированных регистраторов с петлеобразной системой записи (loop-recorder) способны осуществлять

непрерывную запись ритма сердца до 1 до 3 лет в режиме петлевой регистрации ЭКГ [2].

Современная неинвазивная электрокардиология, частью которой является холтеровское мониторирование, стремительно развивается. Нет сомнений в том, что мы увидим массу технологических инноваций в этой области в ближайшие годы, значительно увеличится точность и объем измерений, будут совершенствованы алгоритмы устранения помех, автоматической обработки сигнала, добавится немало новых возможностей анализа ритма, основанных на методах нелинейной динамики, скорее всего, появится возможность беспроводной передачи электрического сигнала. Будет технически решена проблема бесконечно длительной регистрации ритма, оперативного анализа ритма в режиме on line, совмещения в едином комплексе различных видов амбулаторного мониторирования биологических маркеров организма.

Вместе с тем практическая ценность метода будет по-прежнему основана не столько на предлагаемых новых технических решениях, сколько на выявлении физиологических основ суточного ритма сердца, определении клинической ценности любых новых параметров ритма сердца. Только активное использование в клинической практике в состоянии определить реальный уровень востребованности методики в медицине. Выявление особенностей продромальных ритмов перед развитием жизнеугрожающих аритмий может оказать существенное влияние в решении проблемы внезапной сердечной смерти. Детальное изучение новых параметров суточного сердечного ритма в различных клинических и поло-возрастных группах существенно оптимизирует режимы работы имплантированных кардиостимуляторов, максимально приблизив их к физиологическим. Уже сегодня ХМ является обязательным методом обследования практически во всех группах больных с патологией сердечно-сосудистой системы. Дальнейшее совершенствование методики еще больше расширит применение ХМ в различных контингентах больных.

Список литературы

1. Mehta N. Cardiology's 10 greatest discoveries of the 20-th century. *Tex Heart Inst J* 2002;29:164–71
2. Макаров Л. М. Холтеровское мониторирование. 4-е издание. ИД М.: Медпрактика — М; 2017–504 с.
3. Makarov L. Alexander Samoylov: Founding father of Russian electrophysiology *Cardiology Journal* 2010, Vol. 17, No. 5, pp. 537–539
4. Brucer M. Norman "Jeff" Holter, (1914–1983), a Historical Note and, as It Must be, an Obituary. *J Nucl Med.* 1984;25:132–133.
5. Holter NJ. New method for heart studies continuous electrocardiography of active subjects. *Science*, 1961; 134: 1214–1220.
6. Del Mar B. The History of Clinical Holter Monitoring A.N.E. 2005: Vol. 10,(2): p.226–230
7. Макаров Л. М., Колодятова В. Н., Куприянова О. О. и др. Национальные российские рекомендации по применению методики холтеровского мониторирования в клинической практике. *Российский кардиологический журнал* 2014, 2(106): 6–71
8. Corday E, Bazika V, Lang N, et al. Detection of Phantom Arrhythmias and Evanescent Electrocardiographic Abnormalities Use of Prolonged Direct Electrocardiogram. *JAMA* 1965;193(6): p.79–83
9. Del Mar B. The History of Clinical Holter Monitoring A.N.E. 2005: Vol. 10,(2): p.226–230
10. Kennedy H. The History, Science, and Innovation of Holter Technology. *A.N.E.* 2006;11(1):1–10

