

И. А. Чайковский

АМБУЛАТОРНОЕ МОНИТОРИРОВАНИЕ ЭКГ: НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

(Представлено акад. НАН Украины А. А. Мойбенко)

Приведены данные по истории создания амбулаторного мониторинга ЭКГ, проанализированы направления совершенствования современных холтеровских систем. Описаны новые типы аппаратуры, позволяющей регистрировать ЭКГ с пальцев рук и анализировать тонкие изменения зубца T в фазовом пространстве. Дискутируется вопрос об индивидуальном использовании таких устройств.

Ключевые слова: амбулаторное мониторинг ЭКГ, холтеровское мониторинг, регистраторы событий, симметрия волны T , информационные технологии.

Электрокардиография (ЭКГ), несомненно, является самым старым и по сей день самым распространенным методом функциональной диагностики в кардиологии. Ежегодно в мире производятся сотни миллионов (если не миллиарды) разного рода

ЭКГ-исследований. Естественно, эта область продолжает привлекать к себе значительные материальные и интеллектуальные ресурсы и является заметной частью медицинской индустрии. В апреле 2008 г. одним из наиболее авторитетных американских аналитических агентств “Фрост и Салливан” был опубликован отчет о состоянии рынка ЭКГ-аппаратуры и услуг [7]. Была продемонстрирована относительная стабильность и даже некоторая стагнация этого рынка, за исключением одного сегмента, который демонстрирует постоянный и динамичный рост амбулаторного мониторинга ЭКГ. Как только эта часть рынка, по выражению американских аналитиков, достигает насыщения, так возникают существенные технологические улучшения, которые препятствуют стагнации рынка.

В соответствии с рекомендациями Американской ассоциации сердца и Американского колледжа кардиологов, опубликованными в 1999 г., амбула-

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины, 03680 Киев

И. А. Чайковский — к.м.н. (illya_6@hotmail.com), 2009.

торным мониторингом ЭКГ называется регистрация ЭКГ с помощью портативного устройства в течение продолжительного времени при обычном образе жизни пациента [6].

История амбулаторного мониторинга ЭКГ неразрывно связана с именем Нормана Джеффри Холтера (*Norman Jefferis "Jeff" Holter*, 1914–1983) – выдающегося американского инженера, изобретателя, физика, химика. Норман Джеффри Холтер родился в маленьком городке Хелена (штат Монтана), закончил физический факультет Калифорнийского университета. Он занимался не только электрокардиографией. Джеффри Холтер был одним из первых ученых, осознавших терапевтические возможности радиации. Ему принадлежит идея названия отрасли “ядерная медицина”. С 1954 по 1967 г. Холтер был первым президентом Общества ядерной медицины [8]. Однако наибольшую известность ему, бесспорно, принесло изобретение длительного мониторинга ЭКГ. Первый разработанный им аппарат (1947 г.) состоял из громоздкого ЭКГ-радиопередатчика и тяжелых батарей (общая масса составляла почти 40 кг). К 1952 г. массу прибора удалось уменьшить до 1 кг. С появлением транзисторов размеры сократились, а радиотрансмиссию сменила запись на магнитные носители. Холтер с сотрудниками разработали также систему воспроизведения, что позволило на дисплее отображать записанную ЭКГ. Официальной датой рождения новой методики является 1961 г., когда в американском журнале *Science* вышла статья Холтера “Новый метод исследования сердца. Практическое использование длительной электрокардиографии у пациентов в период активности” [11]. Используемые кассеты и элементы питания позволяли вести непрерывную запись одного канала ЭКГ в течение 10 ч. Сам Холтер так образно объяснял идею нового метода: “Я подбираю камень у основания горы Хелена, отдаю его на анализ в химическую лабораторию и получаю ответ: 37 % цинка, 11 % свинца. И я делаю вывод: вся гора Хелена имеет именно такой минеральный состав. Но это же смешно! Разве можно с уверенностью судить о целом по крошечной его части?! А ведь именно этим вы занимаетесь, снимая стандартную электрокардиограмму. На пленку записывается 12–14 комплексов, в то время как за сутки сердце сокращается 120 тыс. раз. Вы смотрите на 12 из них и говорите: “О, вы совершенно здоровы” или “Хм, вы очень больной человек; не курите, пожалуйста. Разве жизнь состоит только в неподвижном возлежании? А как насчет лыжников и парашютистов? Людей, поедающих завтрак, обед и ужин (один обильнее другого)? Спускающихся по лестнице? Напивающихся до скотского состояния? Все это остается за кадром, когда лежишь на кушетке” [17].

Джефф Холтер был сторонником чистой науки, “исследований ради исследований”, не обязательно направленных на получение практического результата. Парadoxально, что именно он создал такой в высшей степени практичный метод как амбулаторное мониторирование ЭКГ.

Технология быстро прогрессировала, и уже в 1962 г. появился первый коммерческий образец, а с 1966 г. холтеровское мониторирование широко используется в клинике. Непрерывное мониторирование в течение 24–48 ч

целесообразно у тех пациентов, у которых клинические симптомы возникают ежедневно или почти ежедневно. Однако у многих пациентов клинические проявления возникают реже — один раз в несколько дней, еженедельно или с еще большей периодичностью. Поэтому рынок требовал таких устройств для амбулаторного мониторирования ЭКГ, которые позволяли бы осуществлять прерывистую регистрацию сигнала в момент возникновения клинической симптоматики в течение более продолжительного времени, чем при обычном холтеровском мониторинге. Устройства такого типа были названы регистраторами событий. Они появились в начале 80-х годов прошлого века. Кстати, тогда же впервые появились многоканальные холтеровские мониторы.

В настоящее время на рынке присутствуют более 20 компаний, включая такие гиганты, как *General electric medical systems* и *Philips medical systems*. Ниже мы попытаемся выбрать среди всего многообразия программно-аппаратных комплексов для амбулаторного мониторирования ЭКГ наиболее оригинальные и прогрессивные с точки зрения методов регистрации сигнала и/или анализа и интерпретации данных.

Для надежной эксплуатации холтеровский монитор должен обладать определенным набором характеристик. В первую очередь — массогабаритные характеристики. Масса современных холтеровских мониторов, как правило, не превышает 120 г, включая элементы питания, а размеры 100 × 70 × 20 мм (*Diacard 03200*, *CardioMem 300*, *ECGpro EP800*, *Custo Flash 200* и др.). Более крупные габариты или масса делают использование прибора недостаточно комфортным для пациента, а излишне миниатюрные приборы (такие, как *Mortara H3+*) не обладают достаточной прочностью для повседневной эксплуатации.

Во вторую очередь — встроенный экран с возможностью отображения ЭКГ (*ECG pro EP800*, *Digitrack XT*, *CardioMem 300*). Наличие этой опции значительно упрощает контроль качества наложения электродов, что, в свою очередь, помогает свести количество непригодных для анализа холтеровских ЭКГ к минимуму. Кроме того, такой холтеровский монитор может быть использован как кардиограф в неотложных случаях. Альтернативные методы контроля качества наложения электродов (всевозможные пиктограммы, индикаторы и т. п.) не обладают достаточной информативностью.

В третью очередь — качество регистрируемого ЭКГ-сигнала. Это важнейшая характеристика любого кардиографа (каким, по сути, является холтеровский монитор) упомянута на третьем месте только потому, что практически все современные мониторы регистрируют сигнал с приемлемым качеством. При этом качество электродов, используемых при регистрации, влияет на ЭКГ-сигнал на порядок больше, чем особенности первичной обработки ЭКГ того или иного регистратора.

Последней опцией, которая должна обязательно присутствовать в современном холтеровском мониторе, по нашему мнению, является наличие съемной карты памяти. Это позволяет начать следующую регистрацию ЭКГ, просто заменив карту (без подключения монитора к ПК и считывания данных), т. е. при необходимости вести непрерывное мониторирование.

Большинство современных мониторов позволяют регистрировать ЭКГ на протяжении 24 или 48 ч. Такая длительность является достаточной для подавляющего большинства пациентов. Существуют модели с возможностью сверхдлительной записи ЭКГ (например, *LifeCard CF* и *Custo flash 500* позволяют записывать до 7 сут), однако опыт показывает, что такие длительные исследования применяются крайне редко, ввиду обременительности для пациента.

В большинстве мониторов ЭКГ регистрируется в трех отведениях, что вполне достаточно для диагностики аритмий. В некоторых мониторах (*ECGpro EP1200*) имеется возможность регистрировать ЭКГ в большем количестве отведений, вплоть до 12. Востребованность 12-канального мониторинга во многом зависит от национальных кардиологических школ (например, в Германии практически не применяется, в отличие от Италии, где такие исследования проводят довольно часто) и личных предпочтений врача-кардиолога.

Кроме монитора важнейшим компонентом холтеровской системы является программное обеспечение (ПО) для оцифровывания кардиосигнала, анализа ЭКГ и подготовки печатных отчетов об исследовании. Типичная холтеровская ЭКГ содержит от 100 до 150 тыс. комплексов. Очевидно, что такой объем данных невозможно верифицировать вручную, поэтому любое современное холтеровское ПО включает в себя алгоритмы автоматического анализа ЭКГ. К настоящему времени не существуют абсолютно точных алгоритмов анализа ЭКГ, т. е. все холтеровские системы имеют чувствительность и специфичность анализа ЭКГ меньше 100 %. Для объективной оценки точности автоматического анализа ЭКГ существуют специальные базы данных с тестовыми ЭКГ (наиболее известные базы *MIT-BIH DB* и *AHA*), по которым в соответствии с *ANSI/AAMI*-стандартами *EC38:1998* и *EC57:1998* тестируются все современные холтеровские системы. Значения точности и специфичности, полученные в результате такого тестирования, является объективной оценкой информативности автоматического анализа. Средние значения этих параметров у лучших на сегодняшний день систем приближаются к 99.9 % (таблица).

Точность автоматического анализа, возможности редактирования результатов (в том числе возможности исправления ошибок) и удобство интерфейса ПО определяют среднее время, необходимое для обработки данных исследования. В Западной Европе этот параметр, де-факто, определяет успешность холтеровской системы на рынке. Лучшие холтеровские системы (такие, как *Getemed*, *Custo* и др.) позволяют обработать исследование в среднем не более чем за 10 мин.

Кроме точности анализа важной характеристикой ПО холтеровской системы является функциональность и удобство пользования. Многие холтеровские системы кроме выявления аритмий позволяют отслеживать изменения морфологии *QRS*, сегмента *ST*, длительность интервала *QT*, анализировать работу искусственного водителя ритма, исследовать вариабельность ритма сердца, проводить спектральный анализ ЭКГ и др. В результате обработки исследования ПО автоматически рассчитывает десятки различных параме-

Чувствительность и специфичность анализа нарушений ритма сердца некоторыми холтеровскими системами (базы данных Массачусетского технологического института и Американской ассоциации сердца), %

Показатель	<i>ECGpro</i>	<i>Mortara Veritas</i>	<i>Agilent ST/AR</i>	<i>Medilog ADAPT</i>	<i>Spacelabs Multiview</i>
Массачусетский технологический институт					
Чувствительность	99,92	99,93	99,66	99,87	99,82
Специфичность	99,88	99,85	99,86	99,91	99,85
Американская ассоциация сердца					
Чувствительность	99,84	99,88	99,80	99,90	99,76
Специфичность	99,80	99,89	99,87	99,90	99,87

тров, характеризующих данную ЭКГ. Для некоторых систем количество параметров может быть >100.

Для удобной работы с такой массой информации применяются различные фирменные технологии интеллектуального поиска нужной информации и навигации по ЭКГ. Особенно следует отметить технологию “релевантного выделения”, применяемую в холтеровской системе *ECGpro* (это технология визуализации наиболее клинически значимых участков ЭКГ, связанных с отдельными параметрами и событиями). При этом визуализируемые участки отображаются в контексте всей ЭКГ.

Таким образом, направления совершенствования холтеровских систем заключаются в следующем:

- увеличение точности автоматического анализа;
- уменьшение времени, необходимого для обработки одного исследования;
- уменьшение количества ручных операций, необходимых для обработки одного исследования, вплоть до полностью автоматической обработки;
- дальнейшее совершенствование интерфейса систем выделения наиболее клинически значимых событий, параметров и участков ЭКГ.

Среди производителей регистраторов событий доминирующее положение занимают компании *SHL* (Израиль) и *CardGuard* (Швейцария). Им принадлежит около 75 % рынка. Эти компании выпускают полный спектр одноканальных и многоканальных регистраторов событий с обычными клеющимися электродами; все они обладают “петлей памяти” (т. е. в памяти сохраняется информация об изменениях ЭКГ, предшествующих началу клинической симптоматики). Стандартом также является использование телеметрических технологий, т. е. возможность передачи данных по обычному или мобильному (через *GSM*-системы) телефону в специализированные *call*-центры, в которых осуществляется круглосуточное дежурство, или непосредственно в офисы врачей, которые пользуются сервисом этих компаний. За год в *call*-центры компаний *SHL* поступает около 80 млн. звонков. Некоторые из устройств (например,

CG-6500 фирмы *CardGuard*) в зависимости от выбранной опции могут использоваться и как регистраторы событий, и как холтеровские мониторы. Однако использование обычных электрокардиографических кабелей и клеящихся электродов все же ограничивает повседневную активность пациентов. Поэтому особое внимание следует обратить на другие более удобные методы регистрации электрокардиосигналов. В этой связи должен быть отмечен крепящийся вокруг грудной клетки кардиопояс (*Cardiobelt*) компании *Monebo* (США), сделанный из мягкого эластичного материала, в который помещены несколько электродов и миниатюрная электронная схема. Данные передаются в ПК по каналу *bluetooth*. Такой пояс практически не стесняет движений, может использоваться продолжительное время без каких-либо неудобств. В настоящее время эксплуатируется одноканальный кардиопояс [9], а новый усовершенствованный 4-канальный вариант пояса находится в стадии испытаний [15].

В последние несколько лет появились устройства нового типа, позволяющие регистрировать электрокардиосигнал в одном отведении — с пальцев рук. Такой прибор не должен быть постоянно подсоединен к телу испытуемого. Исследование не требует раздевания. Пациент в любое время и в любом месте может самостоятельно провести регистрацию ЭКГ. Для этого необходимо лишь прикоснуться пальцами рук к встроенным в миниатюрное устройство электродам. Такие приборы могут использоваться пациентом годами без каких-либо неудобств. Среди компаний, выпускающих устройства такого класса, известны *“HealthFrontier”*, (Канада), *“WinHealth”*, (Великобритания), *“Vitaphone”* (Германия). Последнее устройство может также регистрировать сигнал при прикосновении встроенными электродами к груди. В Украине до недавнего времени было доступно устройство такого типа фирмы *“Meditech”*, (Венгрия), выполненное в форме наручных часов. Небольшая опытная партия подобных устройств *“Cardiomaster”*, была изготовлена киевским заводом «Реле и автоматика». Похожими свойствами обладает устройство «Телекардиан» киевской компании «Сольвейг», которое также позволяет передавать ЭКГ в специализированный *call*-центр.

В Международном научно-учебном центре информационных технологий и систем (МНУЦ ИТиС) НАН и МОН Украины на протяжении последних лет разрабатывается семейство портативных ЭКГ-устройств (точнее, программно-аппаратных комплексов), позволяющих регистрировать ЭКГ при прикосновении пальцев рук к встроенным электродам. Эти устройства обеспечивают высокое качество ЭКГ-сигнала. Однако оригинальность и прогрессивность этих разработок заключаются не только в этом.

Основной идеей, лежащей в основе применения портативных ЭКГ-устройств, которые, как правило, одноканальные, является диагностика угрожающих жизни нарушений ритма сердца (экстрасистолия высоких градаций, желудочковые и наджелудочковые тахикардии, и т. д.) [24]. Имеется ряд работ, авторы которых утверждают, что одноканальная ЭКГ имеет ценность в диагностике ишемии миокарда, причем даже при рутинном, амплитудно-временном анализе ее зубцов и интервалов [9,12,22]. Идея же применения

устройств, разрабатываемых в МНУЦ ИТиС, несколько иная. Они также способны выявлять угрожающие жизни состояния, однако главная их особенность — это анализ тонких изменений ЭКГ, незаметных при обычной визуальной и/или автоматической интерпретации электрокардиосигнала. Возможность тонкой оценки формы ЭКГ, в особенности зубца T (т. е. реполяризации желудочков), обеспечивается преобразованием электрокардиосигнала из временной области в фазовое пространство [3,10].

Немало исследователей в области электрокардиографии обращали внимание на интраиндивидуальную изменчивость ЭКГ, т. е. небольшие изменения амплитуды и формы зубцов ЭКГ у одного и того же человека в течение короткого промежутка времени [21,23]. Устройства “Фазаграф” и “Икар” впервые дают такую возможность. В ходе достаточно масштабных многоцентровых исследований (в т. ч. в экспериментах на животных и в условиях стресс-теста) была выявлена связь между изменениями фиксируемых изменений формы зубца T (в первую очередь его симметрии) и острой и хронической ишемией миокарда, а также основных параметров ЭКГ с активностью ферментов некроза и уровнем анаэробного порога при выполнении физической нагрузки и т. д. [1,4,5]. Это позволило правильно интерпретировать тонкие изменения зубца T . Простой и наглядный интерфейс представляет результаты в форме понятной не только врачу, но и самому обследуемому и дает ему возможность принимать доступные даже в домашних условиях решения с целью коррекции своего функционального состояния, например изменять режим труда и отдыха, вообще модифицировать образ жизни, оптимизировать порядок приема назначенных врачом препаратов, влияющих на сердечно-сосудистую систему. Устройство “Фазаграф” прошло все этапы государственной регистрации и выпускается серийно.

Кардинально новые свойства разработанных в МНУЦ ИТиС программно-аппаратных комплексов для амбулаторного мониторирования ЭКГ не могут не вызывать дискуссии. В соответствии с уже упомянутым руководством Американской ассоциации сердца и Американского колледжа кардиологов общепринятыми, несомненными показаниями для проведения амбулаторного мониторирования ЭКГ является распознавание клинически значимых аритмий [7]. При этом рабочая группа выбрала весьма “консервативную” позицию при разработке практических рекомендаций по выявлению ишемии миокарда с помощью амбулаторного мониторирования. Единственным убедительным основанием для его проведения с этой целью считается предположение о наличии у больного спонтанной стенокардии (типа Принцметала) как причины болевых ощущений. В большинстве остальных ситуаций проведение амбулаторного мониторирования не является методом выбора. По нашему мнению, подход, реализованный в описанных выше устройствах не противоречит этой идеологии. Целью применения этих программно-аппаратных комплексов не является установление диагноза ишемии миокарда, т. к. очевидно, что изменения зубца T и сегмента ST в высшей степени неспецифичны [13,19]. Данные, полученные с помощью упомянутых устройств, не только позволяют пациен-

ту на основе малых изменений электрической деятельности сердца ежедневно объективно оценить в домашних условиях свое функциональное состояние, но и выявить необходимость проведения более расширенного исследования.

В этой связи возникает вопрос о целесообразности предоставления самому пациенту (т. е. пользователю, не имеющему специального медицинского образования) не адаптированной врачом информации о деятельности его сердца. Однозначного мнения по этому поводу в настоящее время не имеется. Регуляторный орган в области медицины, в т. ч. медицинской техники в США (*Food and Drug Administration*) относится к этому, скорее, отрицательно; вернее, существует прямой запрет на то, чтобы в автоматизированных системах показывать пользователю-неспециалисту сами ЭКГ-кривые, в то же время результаты их анализа показывать можно. В европейских регуляторных документах запрета на демонстрацию ЭКГ-кривых нет. По нашему мнению, процесс “эмансипации” пациента в сфере функциональной диагностики неизбежен. В свое время даже появление портативных автоматических тонометров вызывало у некоторых врачей опасения, а сегодня — это абсолютный стандарт, как и портативные определители концентрации глюкозы в крови. Эти приборы позволяют самому пациенту точнее и оперативнее корректировать свое лечение, чем в случаях когда названные параметры мог измерять только медицинский работник. Думаем, и в области электрокардиографии такая тенденция будет усиливаться. Для определения этой тенденции позволим себе с долей юмора предложить рабочий термин “кухонная электрокардиография”.

В авторитетных исследованиях доказаны преимущества транстелефонного мониторинга ЭКГ по сравнению с регистраторами с отсроченным анализом результатов [14,16,18,20]. Изучение полезности устройств, позволяющих самому пользователю принимать определенные решения путем самостоятельной регистрации ЭКГ и автоматизированного анализа малых ее отклонений, находится лишь в самом начале. Формализованные исследования на эту тему — дело недалекого будущего. Они покажут, как широки показания для применения такого типа регистраторов, насколько разносторонним должен быть интерфейс, какое количество отведений является оптимальным компромиссом между удобством пользователя и информативностью. Однако мы полагаем, что такой подход к амбулаторному мониторингованию ЭКГ имеет большую перспективу, фактически показан для всей взрослой популяции и способен улучшить качество жизни как больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями, так и практически здоровых людей.

В заключение нельзя не упомянуть технологии, сообщения о которых появились за последние два года. Их еще нет на рынке, но они находятся на пороге клинического применения и, по нашему мнению, способны ознаменовать собой очередной новый этап в амбулаторном мониторинговании ЭКГ. Речь идет о миниатюрных беспроводных электронных устройствах, которые вмонтированы в полиамидную клеящуюся основу, с помощью которой они прикрепляются к грудной клетке. Эти устройства покрыты специальной оболочкой, которая, по мнению разработчиков, в течение нескольких недель и даже месяцев способ-

на защищать прибор от механических воздействий, действия воды и т. д. (т. е. пациент может непрерывно носить эти устройства в течение длительного времени и при этом вести привычный образ жизни). Таким образом, эти устройства сочетают достоинства холтеровских мониторов (непрерывная регистрация ЭКГ) и регистраторов событий (возможность длительного применения). Устройства фирмы *IMEK* (Бельгия) предназначены для ношения в течение 30 сут. Компания *iRhythm* (США) обещает вывести на рынок устройства и для более длительного применения (в течение 45–60 сут).

Настоящий обзор далеко не полон, в нем не упомянуты комбинированные устройства, сочетающие регистрацию ЭКГ с измерением артериального давления (в некоторых случаях с регистрацией двигательной активности), а также различные типы имплантируемых устройств и т. д. Тем не менее, мы выражаем надежду, что представленная информация поможет врачам лучше ориентироваться в новых достижениях такого важного раздела функциональной диагностики, как амбулаторное мониторирование ЭКГ.

Благодарность. Автор выражает искреннюю благодарность директору ООО «ИМЕСК» М. Кетько за помощь в анализе современного состояния устройств для холтеровского мониторирования.

Литература

1. Коваленко В. Н., Чайковский И. А., Файнзильберг Л. С. и др. Диагностическая ценность электрокардиографии в фазовом пространстве для скрининга ишемической болезни сердца // Укр. кардіол. журн. — 2007. — № 6. — С. 13–19.
2. Сичов О. С., Лутай М. І., Романова О. М. та ін. Амбулаторне холтерівське моніторування ЕКГ. Рекомендації Асоціації кардіологів України // Укр. кардіол. журн. — 2005. — Додаток 5. — С. 11–36.
3. Файнзильберг Л. С. Диагностика состояния объектов по фазовым траекториям наблюдаемых сигналов с локально сосредоточенными признаками // Пробл. управления и информатики. — 2004. — № 2. — С. 56–67.
4. Чайковский И. А., Файнзильберг Л. С. Медицинские аспекты применения устройства ФАЗАГРАФ в клинической практике и в домашних условиях. — Киев: МНУЦ ИТИС, 2009. — 74 с.
5. Чайковський І. А., Нещерет О. П., Файнзильберг Л. С. та ін. Дослідження функції серця при ішемії міокарда за допомогою нового методу обробки електрокардіограми // Фізіол. журн. — 2008. — 54, № 6. — С. 42–48.
6. ACC/AHA guidelines for ambulatory electrocardiography: Executive summary and recommendations // Circulation. — 1999. — 100. — P. 886–893.
7. Ambulatory cardiac monitoring: Avoiding maturity through technological advancement. — Market engineering research. — Frost & Sullivan, Meriland. — 2008. — 9. — P. 325.
8. Brucer M. Norman “Jeff” Holter (1914–1983), a historical note and, as it must be, an obituary // J. Nucl. Med. — 1984. — 25. — P. 132–133.
9. Chaikowski I., Stromeyer H., Bukhman V., Kovalenko O. Value of the single-lead ECG in comparison with 12-lead ECG // Укр. журн. телемедицини та медичної телематики. — 2008. — 6. — С. 25–27.
10. Fainzilberg L. S. Heart functional state diagnostic using pattern recognition of phase space ECG-images // Proc. 6th Eur. Cong. on intelligent techniques and soft computing (EUFIT '98) (Aachen, Sept. 7–10, 1998). — 1998. — 3. — P. 1878–1882.

11. *Holter N.J.* New method for heart studies // *Science*. — 1961. — **134**. — P. 1214–1220.
12. *Lochen M.L., Rasmussen K., Macfarlane P.W.* Can single-lead computerized electrocardiography predict myocardial infarction in young and middle-aged man? The Tromso study // *J. Cardiovasc. Risk*. — 1999. — **6**. — P. 273–278.
13. *Lux R. L., Hilbel T., Brockmeir K.* Electrocardiographic measures of repolarisation revisited: why? what? how? // *J. Electrocardiol.* — 2001. — **34**. — P. 259–264.
14. *Martin A., Romero C., Borja K.* et al. Remote cardiac telemetry for medium-risk patients is life-saving // *Abstr. The annual congress of the European society of cardiology (Munich, 28 August – 1 September 2004)*. — Munich, 2004. — P. 1568.
15. *Miszynsky D., Bukhman V., Chaikovskiy I., Budnyk M.* Method for generating three standard surface ECG leads derived from three electrodes contained in the mid-horizontal plane of the torso. Patent Application Publication, US 2009/ 0054795 A1, IPC: A61B 5/0452, publ. 26.02.2009.
16. *Mortara A., Pinna G. D., Capomolla R.* A multi-country randomised trial of the role of a new telemonitoring system in CHF: the HHH study (Home or Hospital in Heart Failure). Preliminary data // *Eur. Heart J.* — 2005. — **26**, Suppl. — 20 p.
17. *Newby R.* From Norman Jefferis «Jeff» Holter. A serendipitous life: An essay in biography // *Drumlummon Views – Fall, Montana*. — 2008. — P. 224–256.
18. *Piorowski C., Hindricks G., Taravati V.* et al. Comparison of transtelephonic electrocardiogram versus 7-day Holter during follow-up after AF catheter ablation // *Eur. Heart J.* — 2004. — **25**, Suppl. — P. 14.
19. *Rimmerman C., Jain A.* Interactive electrocardiography. — Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007. — 672 p.
20. *Scalvini S., Capomolla S., Zanelli E.* et al. Effect of a home-based telecardiology on chronic heart failure: cost evaluation // *Eur. Heart J.* — 2004. — **25**, Suppl. — P. 663.
21. *Schijvenaars B.J., Van Herpen G., Kors J. A.* Intraindividual variability in electrocardiogram // *J. Electrocardiol.* — 2008. — **41**. — P. 190–196.
22. *Schweizer M. W. F., Jooss M., Gillessen W.* et al. Multicenter validation study of an easily applicable cybernetic prototype device that assesses electrocardiographic abnormalities // *Computers in Cardiology*. — 1999. — **26**. — P. 531–534.
23. *Swenne C.* Neurocardiological basis for intraindividual ECG variability // *J. Electrocardiol.* — 2002. — **35**, Suppl. — P. 239–242.
24. *Zara S., Kemaloglu S., Kirbas S.* Low-cost compact ECG with graphic LCD and phonocardiogram system design // *J. Med. Syst.* — 2006. — **3**. — P. 205–209.

Получено 19.09.2009

АМБУЛАТОРНЕ МОНИТОРУВАННЯ ЕКГ: НОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ

І. А. Чайковський

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем НАН і
МОН України, 03680 Київ

Наведені дані з історії створення амбулаторного моніторингу ЕКГ, проаналізовані напрями удосконалювання сучасних холтеровських систем. Описано нові типи апаратури, яка дозволяє реєструвати ЕКГ із пальців рук і аналізувати тонкі зміни зубця T у фазовому просторі. Дискутується питання про індивідуальне використання таких пристроїв.

AMBULATORY MONITORING OF ECG: NEW INFORMATION TECHNOLOGIES AND MEASUREMENT TOOLS

I. A. Chaikovsky

State Institution "International Research and Training Center for Information
Technologies and Systems. National Academy of Sciences and Ministry of Education and
Science of Ukraine", 03680 Kyiv

Presented is a brief history of setting up an ambulatory monitoring of ECG and the directions for improving modern Holter systems are analyzed. The new types of equipment, which enable to register ECG from the fingers and to analyze fine changes of T wave in the phase space, are described. Opportunities for individual use of such equipment are discussed.