

УДК 616.12-008.318.1

Анализ электрокардиограммы в одном, шести и двенадцати отведениях с точки зрения информационной ценности: электрокардиографический каскад

И. А. Чайковский

Институт кибернетики им. В. М. Глушкова НАН Украины, Киев

Резюме

Проанализированы достижения последних лет в электрокардиографии, объем и существо информации которая может быть получена с помощью электрокардиографических приборов с разным числом отведений. Особое внимание уделено миниатюрным электрокардиографическим программно-аппаратным комплексам. На основании собственного опыта дискутируются вопросы, связанные с оптимальной сферой применения таких комплексов, необходимыми ограничениями, особенно в отношении кардиологического скрининга, основными направлениями их совершенствования. Предложена оптимальная с точки зрения информативности схема применения электрокардиографических устройств разной сложности на последовательных уровнях оказания медицинской помощи.

Ключевые слова: электрокардиография, миниатюрные программно-аппаратные комплексы, электрокардиографический каскад, скрининг.

Клин. информат. и Телемед.
2013. Т.9. Вып.10. с.48–58

Введение. История

Несмотря на почтенный возраст (серийное производство первых электрокардиографов начато еще в 1905 году), электрокардиография и сегодня остается наиболее распространенным, доступным и дешевым методом объективного исследования сердца.

Ежегодно в мире производятся сотни миллионов, если не миллиарды, электрокардиографических исследований разного рода. По образному выражению известного израильского ученого Ш. Штерна «электрокардиограмма продолжает оставаться лучшим другом кардиолога» [1]. Естественно, эта область продолжает привлекать к себе значительные материальные и интеллектуальные ресурсы и является заметной частью медицинской индустрии.

Еще 10–12 лет назад в профессиональном сообществе бытовало мнение, что электрокардиография как метод достигла своего максимума с точки зрения информативности и ее место в клинической кардиологии окончательно определено.

Однако на протяжении последних 10–15 лет в области электрокардиографии произошло несколько инновационных «прорывов», которые заставили этот стереотип пересмотреть. Эти инновации можно разбить на три группы.

Балльные системы классификации (кодирования) ЭКГ

Разработка новых балльных систем классификации (кодирования) ЭКГ в 12-ти отведениях (ECG scoring systems) и более широкое внедрение таких систем, разработанных ранее.

Эти системы классификации основаны на оценке различных амплитудно-временных параметров электрокардиограммы, при этом каждому амплитудно-временному параметру приписывается определенное количество баллов в зависимости от того, насколько это значение соответствует известной норме.

Такие балльные системы разрабатывались, прежде всего, для определения по данным ЭКГ степени поражения миокарда, функции левого желудочка и прогноза у больных, перенесших инфаркт миокарда. В многочисленных работах показана высокая степень корреляции между электрокардиографическим баллом повреждения миокарда и размером инфаркта, определенным с помощью другого, более сложного метода диагностики, например, МРТ, а также с данными патологоанатомического исследования [2–4].

В последние годы появились данные, что усовершенствованные системы кодирования ЭКГ в 12-ти отведениях имеют большую ценность и в прогнозировании риска сердечно-сосудистых событий у лиц, не переносивших инфаркт миокарда, в том числе у лиц, не имеющих симптомов сердечно-сосудистых заболеваний.

Новые цифровые методы ЭКГ-диагностики. Электрокардиография 4-го поколения

Разработка современных методов цифровой обработки ЭКГ-сигнала, которые позволяют измерять и оценивать параметры, не доступные для стандартного анализа электрокардиограммы.

В течение последних 15–20 лет получили развитие новые методы ЭКГ-диагностики и начал формироваться новое направление – неинвазивная электрофизиология [5]. Эти методы являются результатом современных подходов к математическому описанию и обработке данных измерений электрокардиограммы с использованием в анализе относительно сложных по сравнению с обычными амплитудно-временными показателями характеристик и параметров.

Такие компьютерные технологии анализа ЭКГ позволяют существенно повысить ценность электрокардиографического обследования, то есть обнаруживать патологические изменения на ранних стадиях, когда рутинная электрокардиограмма не информативна. При этом высокой точности удается добиться при исследованиях в состоянии покоя, т. е. наиболее комфортным и безопасным для больного и экономным с точки зрения трудозатрат медицинского персонала, способом.

Эти методы еще иногда называют электрокардиографией 4-го поколения, имея в виду, что электрокардиография первого поколения – это «ручное» измерение амплитудно-временных показателей ЭКГ и визуальный анализ электрокардиографических кривых, 2-е поколение – автоматическое измерение амплитудно-временных показателей ЭКГ и, как и на предыдущем этапе, визуальный анализ кривых, 3-е поколение – автоматическое измерение и автоматическая электрокардиографическая диагностика с формированием синдромального электрокардиографического заключения. Таким образом, автоматизированные средства 2-го и 3-го поколения только дублируют и облегчают функции человека – врача функциональной диагностики. Надо сказать

что надежды, которые возлагались на ЭКГ 3-го поколения, оправдались далеко не в полной мере [6]. Во многих случаях интерпретация ЭКГ опытным врачом на основе упрощенной эвристики значительно достовернее автоматических результатов, с помощью сложных алгоритмов. Некоторые исследователи даже заговорили о «методическом насыщении» метода ЭКГ, т. е. достижении максимально возможных показателей диагностической эффективности ЭКГ покоя, которые невозможно улучшить. Появление методов 4-го поколения анализа ЭКГ опровергли это мнение. Принципиальное отличие 4-го поколения состоит в том, что информация, которую дают эти методы анализа, никоим образом не может быть получена с помощью визуального анализа данных без использования соответствующего программного обеспечения.

Портативные электрокардиографические устройства

Создание миниатюрных портативных электрокардиографических устройств, которыми пациент пользуется в той или иной степени самостоятельно, за пределами офиса врача.

Надо сказать, что все более широкое применение портативных электрокардиографических устройств являются частью более широкой тенденции, которая на английском языке называется point-of-care testing (POST), что в свободном переводе означает медицинский тест, осуществляемый непосредственно в месте нахождения пациента, вне офиса врача.

По-видимому, первыми представителями этого направления являлись портативные автоматические тонометры, широкое распространение которых началось 20–25 лет назад. Серийное производство бытовых тонометров начато фирмой OMRON в 1988 году.

Затем, 5–10 лет назад, появились индивидуальные анализаторы крови, прежде всего определители уровня глюкозы. Портативные электрокардиографы с ограниченным числом электрокардиографических отведений – 3-я волна инструментальных средств для POST, зарождение которой мы наблюдаем сегодня [7].

На рынке в настоящее время имеются около 10–15 типов портативных электрокардиографических устройств для индивидуального использования. В основном это одноканальные электрокардиографы. Перечислим некоторые из них – Health frontier (Канада), Instant Check (Великобритания), ReadMyHeart (США), FP-80 (Китай), MB-100 и MB-100A1 (Китай), «Dimetek» (Китай), «Vitaphone» (Германия), «Гном» (Россия), «Фазаграф» (Украина), Кардиовизор (Россия), Кардиоплюс-Пб (Украина) и другие. Из крупных международных компаний первой наладила выпуск подобных устройств компания OMRON (Япония).

Эти приборы уже получили широкое распространение, а перспективы роста этого сегмента рынка медицинских устройств просто огромны. Так, по мнению аналитиков Global Industry Analyst Inc, объем рынка портативных электрокардиографов в США составляет 1.1 млрд. долларов, российские экономисты из НИУ ВШЭ полагают, что в РФ объем этого рынка как минимум 0.5 млрд. рублей.

Надо сказать, что кроме очевидных преимуществ, такая тенденция несет в себе и определенную опасность. Портативные электрокардиографические программно-аппаратные комплексы (ПАК) отличаются миниатюрностью, привлекательным, броским дизайном, а также легкостью и доступностью

проведения измерения — отсутствует необходимость для наложения грудных электродов. Следовательно, регистрация ЭКГ с помощью такого прибора легко осуществима и вне медицинского учреждения, пользователем, который не обладает профессиональными медицинскими знаниями. Как показывает практика, миниатюрные электрокардиографы производят на такого пользователя сильное впечатление и часто создают ложное ощущение, что электрокардиограмма, зарегистрированная с помощью подобного прибора может, заменить полноценное электрокардиографическое обследование. Поэтому крайне важно правильно позиционировать «карманные» электрокардиографические ПАК, т. е. сформулировать оптимальную нишу применения и необходимые ограничения, а также разработать их классификацию.

Цель настоящей статьи — проанализировать объем и существо информации, которая может быть получена с помощью электрокардиографических приборов с разным числом отведений, возможности использования в разных типах приборов последних достижений в обработке и анализе электрокардиографического сигнала, и на этой основе предложить оптимальную, с точки зрения информативности, схему применения электрокардиографических устройств разной сложности на последовательных уровнях оказания медицинской помощи.

Характеристика особенностей портативных электрокардиографических приборов

В этой связи необходимо более подробно охарактеризовать портативные электрокардиографические приборы. Большинство этих устройств, за исключением последних двух из перечисленных выше, являются одноканальными, т. е. позволяют регистрировать только одно электрокардиографическое отведение, а именно I-е стандартное. При этом на корпусе прибора имеются смонтированные электрокардиографические электроды, которые удерживаются пальцами или ладонями обеих рук. Дизайн электродной площадки некоторых устройств, например, MB-100 и MB-100A1 компании «Choicemed», позволяет кроме I-го стандартного вводить также одно из грудных отведений.

Большая часть этих устройств снабжена также электрокардиографическим кабелем, который позволяет последовательно, одно за другим, регистрировать все 3 стандартных электрокардиографических отведения.

Все без исключения перечисленные приборы снабжены программным обеспечением, и могут общаться с персональным компьютером с помощью интерфейса USB. Кроме того, большинство из этих приборов, за исключением российских и украинских, имеют встроенный микропроцессор, жидкокристаллический экран и автономное питание, т. е. могут работать и не будучи соединенными с персональным компьютером (ПК). Таким образом, все перечисленные электрокардиографы являются программно-аппаратными комплексами, т. е. представляют собой набор технических и программных средств, работающих совместно.

Основной идеей, лежащей в основе применения большинства перечисленных портативных электрокардиографических

устройств, является диагностика угрожающих жизни нарушений ритма сердца (экстрасистолия высоких градаций, желудочковые и наджелудочковые тахикардии, и т. п.), а также рутинный анализ амплитуд и длительностей основных зубцов электрокардиограммы с целью выявления грубых изменений электрокардиограммы.

Анализ тонких изменений электрокардиограммы. Ее интраиндивидуальная изменчивость

Исключением, насколько нам известно, являются лишь три аппаратно-программных комплекса: «Фазаграф», «Кардиовизор», «Кардиоплюс-Пб» Философия их применения несколько иная. Главная их особенность — это анализ тонких изменений ЭКГ, незаметных при обычной визуальной и/или автоматической интерпретации электрокардиосигнала. Немало исследователей в области электрокардиографии обращали внимание на интраиндивидуальную изменчивость электрокардиограммы, т. е. небольшие изменения параметров ЭКГ у одного и того же человека в течение короткого промежутка времени. При этом кардиограмма по общепринятым амплитудно-временным критериям может и не выходить за диапазон нормальных значений [8]. Синонимом интраиндивидуальной изменчивости является термин «серийные изменения ЭКГ». Его принято употреблять больше в отношении патологической ЭКГ, зарегистрированной в клинических условиях. Причины такой изменчивости делят на технические и физиологические. Технические причины обусловлены различием в положении электродов и помехами (артефактами) во время регистрации ЭКГ. Физиологически обусловленная изменчивость отражает изменения функционального состояния обследуемого под влиянием, например, стресса или иных физиологических причин. Однако до сих пор не было инструмента, с помощью которого упомянутые выше изменения можно было бы регистрировать с достаточной частотой (несколько раз в сутки, или хотя бы один раз в сутки). Очевидно, что должная кратность регистрации электрокардиограммы может быть достигнута лишь в амбулаторных условиях, если пациент самостоятельно, без помощи медицинского персонала проводит обследование самого себя или такое обследование проводит человек, находящийся рядом — член семьи, коллега, тренер, если речь идет о спортивной команде.

Самоконтроль ЭКГ

Выполнимо ли это? Здесь следует обратиться к довольно обширному опыту самоконтроля артериального давления (СМАД). Несмотря на первоначальный скепсис части медицинского сообщества, этот метод в последние десятилетия приобрел самое широкое распространение. Современные рекомендации подчеркивают важность измерения артериального давления (АД) в домашних условиях, так как эти

показатели оказались более точно связаны с поражением органов-мишеней и сердечно-сосудистым риском, чем при измерении в клинических условиях. Необходимость многократного измерения АД вне клиники объясняется тем, что АД — постоянно изменяющаяся величина, которая не может быть охарактеризована случайным однократным измерением. Только систематическое измерение АД в течение длительного времени позволяет установить истинные значения АД и улучшает возможности диагностики и контроля эффективности проводимого лечения, дает возможность объективной диагностики при развившихся внезапно приступах плохого самочувствия. Кроме того, самоконтроль АД, увеличивает приверженность пациентов лечению. Пациент становится активным участником лечебно-диагностического процесса [9].

Нам представляется, что основные принципы использования СКАД верны и для самоконтроля ЭКГ, который по аналогии можно обозначить аббревиатурой СКЭКГ. Протицируем в этой связи исключительно образное высказывание «отца» холтеровского мониторирования ЭКГ Джеффри Холтера: «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 плёнку записывается 12–14 комплексов, в то время как за сутки сердце сокращается 120000 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 насчёт лыжников и парашютистов? Людей, поедающих завтрак, обед и ужин (один обильнее другого)? Спускающихся по лестнице? Напивающихся до скотского состояния? Всё это остаётся за кадром, когда лежишь на кушетке» [10].

Однако, несомненно, полностью, без изменений, переносить опыт СМАД на портативные электрокардиографические комплексы было бы неправильным.

Главное отличие в том, что при использовании бытовых измерителей артериального давления (а также измерителей уровня глюкозы в крови) информация к пользователю поступает в четком, однозначном виде — определяются значения только одного или двух показателей. Электрокардиограмма же, в том числе электрокардиограмма в одном или трех отведениях, позволяет измерять и интерпретировать целый комплекс показателей, отражающих разные стороны работы сердца. В этой связи важным является вопрос о наиболее информативных параметрах, изменения которых следует фиксировать в первую очередь.

Выбор наиболее информативных параметров на примере ПАК «Фазаграф». Анализ формы зубца Т на ЭКГ

Как известно, именно во время реполяризации желудочков, т. е. на протяжении интервала ST-T возникают наиболее

тонкие, малозаметные при визуальном анализе изменения электрокардиограммы. Поэтому наиболее обоснованным и потенциально полезным подходом в изучении интраиндивидуальной изменчивости нам представлялся анализ формы зубца Т на ЭКГ, в частности, симметрии зубца Т. Этот неспецифический показатель известен в электрокардиографии достаточно давно, насколько нам известно, с 1957 года. Примечательно, однако, что в последние десятилетия электрофизиологическая основа симметризации волны Т при патологии интенсивно исследуется в экспериментальной кардиологии [11]. Показана связь этого показателя с формой, длительностью и величиной трансмембранных потенциалов действия в различных зонах миокарда. Симметрия волны Т может быть рассчитана разными способами. В программном обеспечении одноканального ПАК «Фазаграф» реализован наиболее распространенный способ, заключающийся в определении максимальных значений модуля производной, D_2 и D_1 , слева и справа от экстремума амплитуды зубца Т, усредненного кардиокомплекса в его вершине и расчете показателя β_T , который вычисляется как $\beta_T = D_2/D_1$. Особенностью программного обеспечения этого ПАК является то, что вся предварительная обработка и анализ электрокардосигнала проводилась в фазовом пространстве. Суть метода заключается в том, что в каждой временной точке исходного сигнала $u(t)$, который представляет собой запись ЭКГ в I-м отведении, определяется его производная $du(t)/dt$, и вся последующая обработка и анализ сигнала осуществляются на фазовой плоскости в координатах $(u, du/dt)$. Этот методический прием в отношении обработки ЭКГ применяется с конца 80-х годов прошлого века, в русскоязычной научной литературе впервые описан, насколько нам известно, в работе [12].

На протяжении ряда лет эта технология предварительной обработки и анализа ЭКГ развивается в МНУЦ ИтиС НАН и МОН Украины [13].

Во избежание путаницы, следует упомянуть, что понятие «анализ ЭКГ в фазовом пространстве (или на фазовой плоскости)» довольно многозначно. Чаще всего этот термин употребляется в отношении анализа динамических характеристик ЭКГ, а также идентификации различных нарушений ритма с помощью анализа особенностей формы «фазовых портретов» ряда последовательных электрокардиографических комплексов [14]. Иными словами, оригинальный информативный показатель (показатели) исходит собственно из анализа ЭКГ в фазовом пространстве и может быть получен лишь при таком виде анализа. В ПАК «Фазаграф» преобразование ЭКГ из временной области в фазовое пространство используется для предварительной обработки сигнала, а именно разделения фазовой траектории на отдельные сердечные циклы, отбраковки ненадежных траекторий, вызванных артефактами либо эктопическими комплексами, усреднения траекторий в фазовом пространстве с последующей реконструкцией «эталонного» цикла во временной области. Информативный же показатель β_T (отношение максимальных скоростей на восходящем и нисходящем коленах фрагмента фазовой траектории, соответствующего зубцу Т) не является уникальным именно для этого вида анализа. Он аналогичен отношению максимальных значений модуля производной, которое может быть получено и без преобразования ЭКГ из временной области на фазовую плоскость.

Итак, подытоживая, можно сказать что для выбора симметрии зубца Т как наиболее «перспективного» диагностического параметра существовало 3 группы предпосылок:

- теоретические (зубец Т наиболее чувствительный элемент электрокардиограммы);
- клинические (показатель симметрии зубца Т — наиболее клинически изученный параметр формы этого зубца, из известных нам в конце 90-х годов прошлого столетия;

в) «технологические» (В МНУЦ ИТиС была разработана технология преобразования электрокардосигнала в фазовое пространство, которая давала возможность изучать скоростные показатели ЭКГ).

Экспериментальная проверка диагностической полезности показателя β_T

Проверка диагностической полезности этого признака требовала достаточно большой выборки хорошо верифицированных пациентов и здоровых волонтеров. Надо сказать, что на протяжении многих лет нами проводятся исследования возможностей диагностики ишемии миокарда в состоянии покоя с помощью прогрессивных методов анализа электрического генератора сердца, прежде всего с помощью магнитокардиографии (МКГ). Наше внимание было сосредоточено в первую очередь на группе так называемых трудных для диагностики пациентов, т. е. пациентов с нормальной по общепринятым, рутинным критериям электрокардиограммой покоя. Эти исследования проводились нами в Национальном центре «НИИ кардиологии им. Н. Д. Стражеско» НАМН Украины (Киев), а также в четырех клиниках Германии – кардиологической клинике университета Дуйсбург-Эссен (Essen University Hospital), католическом госпитале «Филлипусстифт» (Katholical Hospital «Philippusstift» (Essen)), Центре сердца земли Северный Рейн-Вестфалия (Heart and Diabetes Center of North Rhine-Westfalia (Bad-Oeynhausen)), Германском центре сердца (German Heart Center (Berlin)). Группа пациентов с коронарографически верифицированной ишемической болезнью сердца (ИБС) составила 465 человек, здоровых волонтеров – 387 человек. Всем обследованным дополнительно к МКГ однократно, в состоянии покоя регистрировалась ЭКГ в одном отведении. Эти данные и были использованы для проверки полезности параметра β_T , отражающего симметрию зубца Т.

Выявлено, что среднее значение параметра β_T существенно различалось в группе больных ИБС и контрольной группе [15, 16]. Важно отметить, что полученные средние значения симметрии зубца Т, рассчитанной на основании соотношения максимальных значений модуля производной слева и справа от вершины зубца Т, в группе пациентов и у здоровых волонтеров оказались очень близкими к значениям, полученным и в более ранних работах [17] и в современных работах других авторов [18], хотя мы, в отличие от них, использовали только одно отведение ЭКГ и своеобразный метод определения соотношения значений максимальных производных.

Следующим этапом исследований стало изучение диагностических возможностей выбранного параметра уже при однократной регистрации симметрии зубца Т, а в динамике. Прежде всего, исследовались закономерности изменений этого показателя у больных с острым коронарным синдромом [19, 20], а затем и в других клинических ситуациях, в педиатрической кардиологии, практике спортивной медицины, при эмоциональном стрессе [21–25]. Исследовалась связь симметрии зубца Т с внутрисердечной гемодинамикой, с респираторным коэффициентом при нагрузке и в эксперименте на животных [26–29]. Это позволило правильно интерпретировать тонкие изменения зубца Т, предложить алгоритм использования ПАК «Фазаграф» в разных ситуациях, прежде

всего для индивидуального использования [30]. Несомненно, имеется «ниша» для использования такого типа устройств, в частности ПАК «Фазаграф», что подтверждается практикой эксплуатации комплекса различными пользователями. Однако выявлены и существенные резервы для повышения ценности потребительских свойств подобных программно-аппаратных комплексов.

Анализ путей совершенствования портативных электрокардиографических ПАК

Недостатки одноканальных электрокардиографических ПАК, подобных «Фазаграфу», можно разделить на 2 группы – те, которые можно устранить в рамках совершенствования одноканальных ПАК и те, для устранения которых требуется большее количество отведений. Пути устранения недостатков из первой группы обсуждены нами ранее [31, 32]. В настоящей статье остановимся на методах совершенствования миниатюрных электрокардиографических ПАК, связанных с увеличением количества отведений.

Основные недостатки одноканальных ПАК, принадлежащие ко второй группе, на наш взгляд, следующие. Амплитудно-временные параметры электрокардиограммы в I-м отведении, в том числе симметрия зубца Т, зависят от направления электрической оси сердца (угол α). В свою очередь, направление электрической оси сердца зависит от анатомических особенностей испытуемых. Нами проведено специальное исследование на эту тему, которое станет предметом отдельного сообщения.

Однако, главным недостатком является фундаментальное ограничение одноканальной электрокардиографии, а именно: I-е стандартное отведение отражает электрическую активность лишь части передне-боковой стенки левого желудочка. Если патологические изменения, в первую очередь ишемия, локализованы, например, в задней стенке левого желудочка, I-е отведение также может отреагировать, вследствие возникновения косвенных, рецiproчных изменений, но во многих случаях останется неизменным. В том числе, часто не изменяется и симметрия зубца Т.

Целесообразно вкратце напомнить историю формирования общепринятой в настоящее время схемы регистрации и анализа ЭКГ в 12-ти отведениях. Долгое время в клинической электрокардиографии использовались лишь 3 биполярных отведения от конечностей, образующие во фронтальной плоскости треугольник Эйнтховена. Эти отведения сегодня называются стандартными. В 1942 году Голдбергер предложил усиленные однополюсные отведения от конечностей, которые дополняют три стандартные с точки зрения пространственного анализа электрической активности сердца, хотя они тоже расположены во фронтальной плоскости и в математическом смысле не являются независимыми от стандартных отведений. Несколько ранее, в середине 30-х годов прошлого века Ф. Вильсон предложил 6 грудных однополюсных отведений, которые более или менее широко вошли в практику к концу следующего десятилетия. Их клиническое значение проанализировано самим же Вильсоном в классической статье 1948 года

[33]. Ценность этих отведений по словам одного из создателей современной электрокардиографии в том, что «они незаменимы для обнаружения и дифференциации патологических изменений QRST комплекса. Они часто диагностируют патологию, когда отведения от конечностей остаются неизменными или неинформативными». Подчеркивается особое значение этих отведений в диагностике ишемии в передне-перегородочной области левого желудочка. Таким образом, отведения Вильсона, вошедшие в практику, повторим, с конца 1940-х годов прошлого столетия, увеличили чувствительность метода электрокардиографии к локальным изменениям в миокарде и, особенно, в отношении изменений в передней стенке. До этого времени стандартом была ЭКГ в 3-х, а позднее в 6-ти отведениях от конечностей. Иными словами, одноканальная ЭКГ не рассматривалась в качестве адекватного клинического инструмента даже в первые десятилетия развития электрокардиографии.

Эти сведения приведены здесь для того, что бы еще раз подчеркнуть важность четкого формулирования сферы применения и ограничений в использовании портативных одноканальных электрокардиографов.

Как уже говорилось, такие дефекты анализа ЭКГ только в одном отведении, как зависимость результатов от анатомических особенностей испытуемых, и, главное, недостаток «пространственной» информативности являются неустрашимыми. Поэтому считаем более целесообразным развитие миниатюрных устройств, позволяющих одновременно вводить и анализировать все 6 электрокардиографических отведений от конечностей. В этом случае для наложения электродов кроме двух рук необходимо использовать еще и левую ногу. Обычно используются электроды-браслеты. По размеру и простоте использования такие устройства практически не уступают одноканальным с использованием пальцевых электродов, а информацию дают значительно более полную и многостороннюю. Как уже указывалось выше, до конца 40-х годов такое исследование и являлось электрокардиографическим стандартом.

Методика 4-х уровневго анализа показателей ЭКГ

Ряд подходов по усовершенствованию миниатюрных электрокардиографических ПАК реализованы в разработанной нами концепции и программном обеспечении которое позволяет анализировать все 6 отведений от конечностей.

Программа анализа построена по иерархическому принципу. Она состоит из четырех уровней, которые приводятся далее в порядке возрастания.

1. Нижний уровень составляют множество отдельных показателей, описывающих:

- а) разнообразные аспекты variability ритма сердца;
- б) амплитудно-временные показатели, а также форму зубцов электрокардиограммы;
- в) наличие основных нарушений частоты, ритмичности и последовательности сокращений сердечной мышцы (иными словами – нарушения ритма сердца).

2. Второй уровень составляют группы родственных показателей, имеющие близкий физиологический смысл. Часть этих групп отражает в большей степени оперативное, т. е. мгновенное функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Эти группы показателей характеризуют немедленный адаптивный ответ на внешние стимулы. Другие группы показателей отражают в большей степени уровень функционального резерва, который может быть израсходован на адаптацию.

3. Третий уровень представлен тремя интегральными блоками, каждый из которых отражает разные стороны функционирования сердечно – сосудистой системы, которые можно оценить по ЭКГ. Это блоки оценки регуляции, состояния миокарда, диагностики нарушений ритма сердца.

4. Четвертый, наивысший уровень – это общий интегральный показатель функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

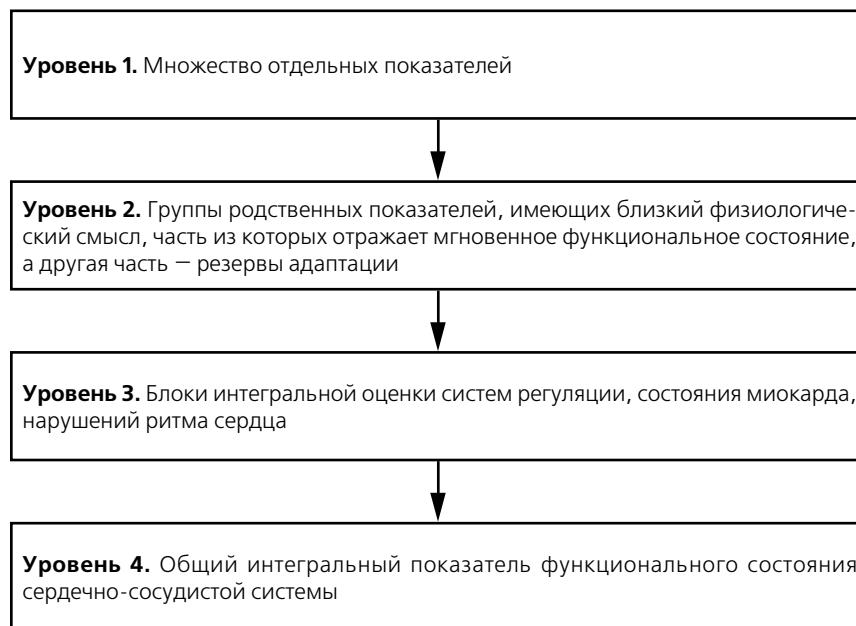


Рис. 1. Иерархическая 4-х уровневая структура анализа ЭКГ.

На блок-схеме 1 приведена вышеописанная иерархическая структура.

Многочисленные количественные параметры, которые детектируются программой и используются для анализа, измеряются в разных единицах (сек, мВ и др.) или являются безразмерными. Естественно, возникает проблема приведения данных к компактному и обозримому виду, удобному для получения выводов и принятия решений, т.е. применить так называемое «обезразмеривание» [34]. Для решения этой задачи используется метод функционального шкалирования. Применяется интервальная шкала от 0 до 100 условных единиц (баллов), которая разделена на 4 диапазона равной ширины: 0–25, 26–50, 51–75, 76–100. Эти диапазоны соответствуют 4 градациям состояния: норма, незначительные изменения, существенные изменения, выраженные изменения. Мы считаем целесообразным выделить именно 4-х градаций, так как это соответствует логике определения уровня функционального состояния организма, которая принята в теории донозологической диагностики [35].

При этом медианное значение диапазона нормальных значений каждого отдельного показателя в абсолютных величинах (например, в секундах) соответствует значению в 100 баллов применяемой нами интервальной шкалы функционального состояния. Под диапазоном нормальных значений понимаются количественно определенные границы или пределы функционирования организма, которые являются стандартом, эталоном. Верхние и нижние граничные значения показателей первого уровня в абсолютных единицах измерения, которые соответствуют градациям незначительных изменений, существенных изменений, выраженных изменений соответственно, также взяты из соответствующей научной литературы или получены самостоятельно при компьютерном моделировании электрического генератора сердца. Таким образом, для каждого показателя устанавливаются 4 интервала абсолютных значений, которые соответствуют 4 равным по ширине (по 25 баллов) диапазонам на примененной нами шкале функционального состояния. На следующем этапе, внутри каждого диапазона проводится процедура установления линейных связей между дискретными значениями показателей в абсолютных величинах и количеством баллов, которое соответствует данному дискретному значению. В результате, для каждого отдельного показателя первого уровня анализа, была получена линейная шкала соответствий между абсолютными значениями показателя и количеством баллов шкалы функционального состояния.

При переходе на более высокие уровни анализа (см. рис. 1) происходит обобщение и агрегация информации, полученной на предыдущем уровне. Это выражается в усреднении всех балльных значений всех параметров показателей предыдущего уровня, т.е. показатели первого уровня усредняются на втором уровне, второго — на третьем, третьего — на четвертом. Для наглядного отображения результатов нами применяется цветовое кодирование градаций функционального состояния, в соответствии с принципами, так называемой несколько расширенной «светофорной логики». Иными словами, диапазон нормальных значений окрашивается в зеленый цвет, диапазон незначительных изменений — в желтый, существенных изменений — в оранжевый. Четвертый диапазон, (диапазон выраженных изменений) окрашивается в красный цвет.

Комплексный индекс, имеющийся в этом программном обеспечении, сформирован на основе оценок общепринятых и оригинальных показателей variability ритма сердца, формы зубцов и комплексов электрокардиограммы. Диагностируются также ряд наиболее опасных и распространенных нарушений ритма сердца.

Наглядный интерфейс, построенный по принципу «светофорной логики», 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, и т.д.

Как уже упоминалось, регистрация ЭКГ с помощью миниатюрных электрокардиографических устройств призвана дать пациенту возможность объективной ежедневной оценки вне офиса врача своего функционального состояния на основе малых изменений в электрической деятельности сердца.

Нами предложена классификация миниатюрных электрокардиографических ПАК, основанная на 2-х критериях — количестве отведений и объеме информации предоставляемой пользователю [31, 32]. Эта классификация дает возможность врачу и даже пользователю-неспециалисту выбрать прибор того класса, который наиболее полно отвечает его потребностям.

Иные сферы применения портативных электрокардиографических ПАК с ограниченным числом отведений. Электрокардиографический скрининг

Существует тенденция, по крайней мере в русскоязычной литературе, позиционировать вышеописанные электрокардиографические ПАК как средства для кардиологического скрининга [36, 37]. Это психологически объяснимо — легкость проведения обследования с помощью таких приборов «провоцирует» разработчиков именно на такое их позиционирование.

Надо сказать, что вопрос о полезности электрокардиографического скрининга у лиц без симптомов заболеваний сердца даже с помощью электрокардиографии в 12-ти отведениях не является окончательно решенным. В 2011 году U.S. Preventive Services Task Force (USPSTF, Американская комиссия по задачам профилактических служб) высказалась против ЭКГ-скрининга у лиц с низким риском заболеваний сердца, заявив, что в поддержку проведения электрокардиографического скрининга у пациентов, не испытывающих симптомов заболеваний сердца, существует недостаточное количество убедительных данных [38]. Это еще в большей степени относится к электрокардиографии с меньшим числом отведений. Российские и украинские авторы стремятся «компенсировать» недостаток информативности использованием «особо ценных» параметров, таких как показатель β_T в фазовом пространстве или дисперсионное картирование. По-сути, эти параметры являются вариациями известных ранее дополнительных электрокардиографических показателей и подходов (симметрия зубца Т и изменчивость формы электрокардиограммы от комплекса к комплексу (beat-to-beat variability)). Автор настоящей статьи является горячим сторонником новых технологий анализа электрокардиограммы. Однако, собственные исследования последних лет, как и масштабные систематические исследования зарубежных коллег, заставляют нас существенно скорректировать вывод, сделанный ранее в работе [16] относительно методики использования мало-

канальных (особенно одноканальных) электрокардиографических ПАК (даже с применением «новых» электрокардиографических параметров) для кардиологического скрининга. Прежде всего, следует заметить, что такое электрокардиографическое исследование лишено специфичности, т.е. возможно проводить скрининг в терминах «норма»–«патология» а не в терминах каких-либо нозологических форм.

При этом надо помнить, что при исследовании с помощью портативного электрокардиографического прибора только в одном отведении, ценность имеет лишь патологический результат, т.е. выявление клинически значимых нарушений ритма сердца или очевидных патологических изменений амплитудно-временных параметров ЭКГ, например патологического зубца Q, уширения комплекса QRS или депрессии сегмента ST (заметим попутно, что существенное увеличение симметрии зубца T часто сочетается с депрессией сегмента ST). Результат нормальный или даже «промежуточный» по описанным выше причинам не свидетельствует об отсутствии патологии.

Ценность скринингового исследования проведенного с помощью 6-канального электрокардиографического прибора намного выше, хотя и к ним нужно относиться с осторожностью. Более высокая ценность 6-канального электрокардиографического обследования обусловлена двумя обстоятельствами:

- а) большая «пространственная» полнота ЭКГ-исследования;
- б) возможность использования последних достижений в анализе и интерпретации электрокардиограммы, которые описаны в первой части статьи.

Нами адаптированы для анализа ЭКГ в 6-ти отведениях такие высокоинформативные системы ЭКГ-кодирования как Миннесотский код, код Сильвестра, Current Injury Infaction Score, код Фройлихера и некоторые другие. Кроме того, оказывается возможным использовать такие технологии 4-го поколения как детальный анализ морфологии зубца T электрокардиограммы, высокочастотный анализ комплекса QRS, расчет угла QRS-T и некоторые другие. Конечно, возможности этих систем кодирования и технологий при анализе лишь отведений от конечностей используются далеко не в полном объеме, однако и диагностическая и прогностическая ценность такого исследования несравненно выше, чем при анализе лишь одного отведения.

Следует упомянуть, что в России подготовлены методические материалы, регламентирующие применение в профилактической медицине именно электрокардиограммы от конечностей.

Естественная сфера применения таких устройств это также спортивная медицина, медицина труда, санаторно-курортные учреждения, возможно учреждения первичного звена медицинской помощи.

Важно разъяснить пользователям-неспециалистам, что ЭКГ в одном и даже шести отведениях (хотя и в существенно меньшей степени) не заменяет полноценную ЭКГ в 12-ти отведениях.

Преимущества 12-ти канальной электрокардиограммы

«Стандартная» 12-ти канальная электрокардиограмма, имеет следующие преимущества:

- а) позволяет проводить общепринятый контурный анализ ЭКГ с формированием полного электрокардиографического заключения;

- б) увеличивает чувствительность электрокардиографического исследования особенно в отношении изменений в передней стенке;

- в) позволяет использовать системы кодирования ЭКГ и технологии анализа ЭКГ четвертого поколения в полном объеме;

- г) позволяет интерпретировать электрическую активность сердца не только во фронтальной, но и горизонтальной и сагиттальной плоскостях, реконструировать ортогональные отведения XYZ, анализировать некоторые дополнительные показатели, например, пространственный угол QRST.

Обсуждение оптимальной схемы применения различных электрокардио- графических ПАК. Электрокардиографический каскад

Информативность любого диагностического метода можно истолковать в рамках понятий «диагностическая ценность» и «прогностическая ценность».

Одноканальная электрокардиограмма имеет диагностическую ценность лишь в терминах донозологической диагностики — норма, предболезнь, патология (конечно, исключая диагностику нарушений ритма сердца), т.е. не является адекватным инструментом для клинической кардиологии. Также, доказанного должным образом с помощью инструментов доказательной медицины прогностического значения электрокардиограмма в одном отведении не имеет (в данной статье мы не рассматриваем возможности анализа вариабельности ритма сердца, а лишь анализ собственно электрокардиографических кривых).

Может показаться, что этот тезис противоречит уже упомянутым здесь нашим собственным исследованиям с помощью одноканального ПАК «Фазаграф». Однако цель этих исследований была лишь в том, что бы установить связи между симметрией зубца T в I-м стандартном отведении и разными аспектами состояния сердечно-сосудистой системы, определенными с помощью методов, которые являются «золотым стандартом». Такие связи оказались достоверными, что дает основание считать симметрию зубца T в одном отведении достаточно физиологически обоснованным параметром для донозологической диагностики функционального состояния. Однако, как и ожидалось, эти связи не были достаточно сильными для того, что бы такой тип ЭКГ-исследования мог выйти за пределы «ниши» донозологической диагностики.

Электрокардиограмма в 6-ти отведениях уже позволяет проводить морфологический анализ ЭКГ и делать ряд диагностических заключений, использовать элементы систем кодирования ЭКГ и дополнительных диагностических технологий, а также на основании нескольких параметров с доказанной предсказательной ценностью формировать прогностическое заключение в отношении возникновения серьезных сердечно-сосудистых событий.

Наконец, ЭКГ в 12-ти отведениях позволяет делать все возможные электрокардиографические заключения (в среднем их около 280, в разных версиях диагностических программ

это число несколько разнится), полностью использовать все дополнительные системы кодирования и диагностические технологии, формировать прогностическое заключение на основании всех параметров, имеющих диагностическую ценность (при условии реконструкции и анализа 3-х ортогональных отведений).

Следовательно, если принять во внимание классическое определение количества информации (информативности) как «меры уменьшения неопределенности знания при получении информационных сообщений», то становится очевидным, что при последовательном применении электрокардиографии в 1-м, 6-ти и 12-ти отведениях количество получаемой информации увеличивается.

Мы предлагаем использовать в этом контексте понятие электрокардиографического каскада, поскольку «каскад» подразумевает последовательную серию каких либо явлений. Понятие «каскада» можно отнести и к системе оказания медицинской помощи, которая делится на первичную, вторичную (специализированную), третичную (высоко специализированную). Ключевым является вопрос о соотношении типов электрокардиографического исследования (иными словами, составных частей электрокардиографического каскада) и уровней оказания медицинской помощи. Приводим таблицу, описывающую оптимальную, на наш взгляд, схему применения составных частей электрокардиографического каскада с указанием результата, который может быть получен на каждом уровне.

Конечно, описанный выше электрокардиографический каскад не является завершенным. Например, в данной статье не рассматриваются технологии электрокардиографического картирования (35 и более электрокардиографических отведений), которые предоставляют еще более полную информацию о состоянии сердца. Тем не менее, по нашему мнению, следование предложенной схеме позволит избежать опасных ошибок, связанных с неправильным использованием портативных электрокардиографических ПАК.

Литература

1. Stern S. Electrocardiogram: Still the Cardiologist's Best Friend // *Circulation* – 2006; 113: 753–756.
2. Carey M., Luisi A., Balda S. The Selvester QRS Score is More Accurate than Q Waves and Fragmented QRS Complexes Using the Mason-Likar Configuration in Estimating Infarct Volume in Patients with Ischemic Cardiomyopathy // *J Electrocardiol.* 2010; 43(4): 318–325.
3. Weir R. A., Martin T. N., Murphy C. A., Petrie C. J., Clements S., Steedman T., Dargie H. J., Wagner G. S. Comparison of serial measurements of infarct size and left ventricular ejection fraction by contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging and electrocardiographic QRS scoring in reperused anterior ST-elevation myocardial infarction // *J Electrocardiol.* 2010; 43(3): 230–236.
4. Versteyleen M. O., Bekkers S. C., Smulders M. W., et al. Performance of angiographic, electrocardiographic and MRI methods to assess the area at risk in acute myocardial infarction // *Heart* – 2012; 98: 109–115.
5. Иванов Г. Г. Новые методы анализа электрокардиограммы // *Функциональная диагностика* – 2008 – № 4. – С. 67–71.
6. Сула А. С., Рябыкина Г. В., Гришин В. Г. Метод дисперсионного картирования ЭКГ. Биофизические основы метода дисперсионного картирования. // *Новые методы электрокардиографии* / Под ред. С. В. Грачева, Г. Г. Иванова, А. Л. Сыркина – М.: Техносфера, 2007. – С. 369–425.
7. Чайковский И. А. Амбулаторное мониторирование ЭКГ: новые информационные технологии и средства измерения // *Журнал АМН України.* – 2009. – Т. 15. – № 4. – С. 769–779.
8. Schijvenaars B. J., Van Herpen G., Kors J. A. Intraindividual variability in electrocardiogram // *J. Electrocardiol.* -2008; 41: 190–196.
9. Ратова Л. Г. Чазова И. Е. Самоконтроль артериального давления // *Consilium Medicum.* . – 2007. – Т. 9. – № 11. – С. 45–48.
10. Newby R. From Norman Jefferis «Jeff» Holter A Serendipitous Life: An Essay in Biography.– *Drumlummon Views–Fall, Montana.* 2008. – 224–256.

Табл. 1. Рекомендуемая схема применения составных частей электрокардиографического каскада.

Тип ЭКГ- исследования (количество отведений)	Уровень медицинской помощи	Результат исследования
1	Индивидуальное использование (в т. ч. лицами без медицинского образования)	донозологическая диагностика (функциональное состояние)
6	Первичная (а также медицина труда и спортивная медицина)	а) ограниченный набор ЭКГ-заключений; б) ограниченный прогноз риска внезапной сердечной смерти и других сердечно-сосудистых событий на основании ЭКГ; в) ограниченный анализ степени повреждения миокарда при инфаркте
12	Вторичная (специализированная)	а) полный набор ЭКГ-заключений; б) прогноз риска серьезных сердечно-сосудистых событий на основании ЭКГ; в) анализ степени повреждения миокарда при инфаркте
12+3 ортогональных (XYZ)	Третичная (высоко-специализированная)	а) полный набор ЭКГ-заключений; б) полный прогноз риска серьезных сердечно-сосудистых событий на основании ЭКГ; в) расширенный анализ степени повреждения миокарда при инфаркте; г) диагностика заболеваний сердца, прежде всего ИБС, при внешне мало измененной ЭКГ на основании диагностических технологий 4-го поколения

11. Di Bernardo D., Murray A. Computer model for study of cardiac repolarization // *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* – 2000; 11:895–899.
12. Фрумин Л. Л., Шарк М. Б. О фазовом портрете электрокардиограммы // *Автоматрия* – 1993 – № 2. – С. 51–54.
13. Файнзильберг Л. С. Информационные технологии обработки сигналов сложной формы. Теория и практика. – Киев: Наукова Думка, 2008. – 333 с.
14. Krishnan S. M., Narayana Dutt D., Chan Y. W., Anantharaman V. Phase Space Analysis for Cardiovascular Signals // *Advances in Cardiac Signal Processing / Acharya U. R., Suri J. S., Spaan, J. A. E., Krishnan S. M. eds.* – Springer, 2007. – P. 339–354.
15. Fainzilberg L. S. Nova metoda interpretacji zapisu EKG w balaniach skrinigowych oraz w opiece domowej // *Zdrowie publiczne.* – 2005 – № 4. – P. 458–464.
16. Коваленко В. Н., Чайковский И. А., Файнзильберг Л. С., Стаднюк Л. С., Хайлер Б. Диагностическая ценность электрокардиографии в фазовом пространстве для скрининга ишемической болезни сердца // *Укр. кардіол. журн.* – 2007. – № 6. – С. 13–19.
17. Халфен Э. Ш., Сулковская Л. С. Клиническое значение исследования скоростных показателей зубца Т ЭКГ // *Кардиология.* – 1986. – № 6. – С. 60–62.
18. Давлетгильдеева З. Г. Клиническое значение исследования скоростных показателей зубца Т электрокардиограммы при функциональных нарушениях сердечной деятельности у детей // *International Journal on Immunorehabilitation.* – 2010. – № 2. – P. 216.
19. Чайковский И. А., Батушкин В. В., Файнзильберг Л. С., Стаднюк Л. А., Семергей Н. А., Чичерова Т. С., Холодник И. В. Эффективность оценки течения острого коронарного синдрома по данным анализа первого отведения ЭКГ на фазовой плоскости // *Журнал АМН України.* – 2007. – Т. 13. – № 1. – С. 104–113.
20. Чайковский И. А., Батушкин В. В., Файнзильберг Л. С., Гема А. И., Холодник И. В. Короткотривалий прогноз перебігу гострого коронарного синдрому за даними аналізу одноканальної ЕКГ у фазовому просторі та варіабельності ритму серця // *Лікарська справа.* – 2008. – № 1–2. – С. 57–63.
21. Чайковский И., Ломаковский А., Деяк С., Файнзильберг Л. С., Лутай М. Возможности анализа ЕКГ в фазовом пространстве в ходе нагрузочного теста // *Український кардіологічний журнал.* – 2009. – № 4. – С. 65–70.
22. Чабан, Т. І.; Чайковский, І. А.; Файнзильберг, Л. С.; Лихогра, І. П.; Лихогра, С. П.; Кухарев, О. В. Можливості аналізу електрокардіограми у фазовому просторі та варіабельності ритму серця в амбулаторних пацієнтів із гіпертонічною хворобою // *Укр. мед. часопис.* – 2009. – N 2. – С. 126–128.
23. Чайковский И., Лапшина И., Файнзильберг Л., Секретный В. Анализ ЕКГ в фазовом просторі як засіб контролю функціонального стану футболістів в змагальний період // *Спортивна медицина.* – 2011. – № 1. – С. 32–3.
24. Омельченко Л. И., Чайковский И. А., Ошлянская О. А., Файнзильберг Л. С. Нові підходи до скринінгового обстеження серця у дітей з патологією сполучної тканини. // *Современная педиатрия.* – 2010. – Т. 32. – № 4. – С. 117–121.
25. Chaikovsky I. Intraindividual variability of T-wave shape on electrocardiogram as indicator of stress // *Proc. of 33-rd international congress on electrocardiology (Kohn, Germany)* – 2006. – P. 28.
26. Чайковский И. А., Батушкин В. В., Файнзильберг Л. С., Гема А. В. Связь показателей внутрисердечной гемодинамики и параметров электрокардиограммы в фазовом пространстве у больных с острым инфарктом миокарда в ходе пробы с нитроглицерином // *Український кардіологічний журнал.* – 2010. – № 2. – С. 32–38.
27. Чайковский И., Крот Е., Файнзильберг Л. Связь показателей внутрисердечной гемодинамики по данным трансторакальной ЭхоКГ и показателей электрокардиограммы в фазовом пространстве // *Матеріали ХІ Національного конгресу кардіологів України. Український кардіологічний журнал.* – 2010. – № 4. – С. 84.
28. Chaikovsky I., Fainzilberg L. Correlation between respiratory coefficient and parameters of ECG in phase space during exercises in high-class athletes // *Матеріали ХІ Національного конгресу кардіологів України. Український кардіологічний журнал.* – 2010. – № 4. – С. 121.
29. Чайковский И. А., Нещерет О. П., Файнзильберг Л. С., Сагайдак Р. А. Дослідження функції серця при ішемії міокарда за допомогою нового методу обробки електрокардіограми // *Фізіол. журн.* – 2008. – 54, № 6. – С. 42–48.
30. Чайковский И. А., Файнзильберг Л. С. Медицинские аспекты применения устройства ФАЗАГРАФ в клинической практике и в домашних условиях. – Киев: МНУЦ ИТИС, 2009. – 74.
31. Чайковский И. Миниатюрные электрокардиографические программно-аппаратные комплексы: сфера применения, ограничения, перспективы развития // *Доповіді Національної Академії наук України.* – 2012. – № 5. – С. 180–187.
32. Чайковский И. Достоинства и недостатки портативных электрокардиографов с ограниченным числом отведений: для решения каких задач их использовать // *Кардиология: от науки к практике.* – 2013. – № 1-2. – С. 88–101.
33. Wilson F. N. The clinical value of chest leads // *Br. Heart J.* – 1948; 10(2): 88–91.
34. Антомонов М. Ю., Волощук Е. В. Конструирование интегральных показателей количественных признаков с помощью одномерных и многомерных методов статистики. Кибернетика и вычисл. техника. – 2012. – Вып. 167. – С. 61–68.
35. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Донозологическая диагностика в оценке состояния здоровья. // *Валеология, диагностика, средства и практика обеспечения здоровья.* СПб., Наука, 1993, с. 33–48.
36. Файнзильберг Л. С. ФАЗАГРАФ® — эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца // *Клиническая информатика и телемедицина.* – 2010. – Т. 6. – Вып. 7. – С. 22–30.
37. Использование прибора «КардиоВизор-Обс» для скрининговых обследований. Руководство для врачей. – М: 2004. – 23 с.
38. Chou R., Aroa B., Dana T.; Fu R., Walker M., Humphrey L. Screening Asymptomatic Adults With Resting or Exercise Electrocardiography: A Review of the Evidence for the U.S. Preventive Services Task Force // *Annals of Internal Medicine* – 2011. – Vol. 155. – № 6. – P. 375–385.

The analysis of the electrocardiogram in one, six and twelve leads in terms of information value: a electrocardiographic cascade

I. A. Chaikovsky

The V. M. Glushkov Institute of Cybernetics attached to National Academy of Sciences, Kiev, Ukraine

Abstract

Recent advances in electrocardiography, the scope and substance of the information that can be obtained with the help of ECG- devices with different number of leads are analyzed. Particular attention is paid to the miniature electrocardiographic software and hardware systems. Based on our experience matters related to the optimal scope of such complexes, the necessary limitations, particularly for cardiac screening, the main directions of their improvement are discussed. The optimal in terms of information content sequence of varying complexity electrocardiographic devices use in successive levels of medical care.

Key words: electrocardiography, miniature hardware and software systems, electrocardiographic cascade, screening.

Аналіз електрокардіограми в одному, шести і дванадцяти відведеннях з точки зору інформаційної цінності: електрокардіографічний каскад

I. A. Чайковський

Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України, Київ

Резюме

Проаналізовано досягнення останніх років у електрокардіографії, обсяг і сутність інформації яка може бути отримана

за допомогою електрокардіографічних приладів з різним числом відведень. Особливу увагу приділено мініатюрним електрокардіографічним програмно-апаратним комплексам. На підставі власного досвіду дискутуються питання пов'язані з оптимальною сферою застосування таких комплексів, необхідними обмеженнями, особливо щодо кардіологічного скринінгу, основними напрямками їх вдосконалення. Запропоновано оптимальну з точки зору інформативності схема застосування електрокардіографічних пристроїв різної складності на послідовних рівнях надання медичної допомоги.

Ключові слова: електрокардіографія, мініатюрні програмно-апаратні комплекси, електрокардіографічний каскад, скринінг.

Переписка

к.м.н., PhD **И. А. Чайковский**

Институт кибернетики им. В. М. Глушкова НАН Украины

просп. Академика Глушкова, 40

Киев, 03680, Украина

тел. +380 (44) 526 12 67

эл. почта: illya.chaikovsky@gmail.com