

Повышение эффективности скрининговой системы неинвазивной электрокардиодиагностики

О.Н. Бодин
Пензенский государственный
технологический университет
Пенза, Россия
bodin_o@inbox.ru

М.Н. Крамм
Национальный исследовательский
университет «МЭИ»
Москва, Россия
krammmn@mail.ru

А.Ю. Бодин
Национальный исследовательский
университет «МЭИ»
Москва, Россия
bodin98@mail.ru

Н.Э. Кручинина
Пензенский государственный
технологический университет
Пенза, Россия
nativanova591@gmail.com

Н.А. Сержантова
Пензенский государственный
технологический университет
Пенза, Россия
itmmbpsgta@yandex.ru

Аннотация— В работе рассмотрены вопросы повышения эффективности скрининговой системы неинвазивной электрокардиодиагностики (СНЭКД) на основе регистрации множественных отведений электрокардиосигнала (ЭКС). Предложенные способы и средства обработки ЭКС, позволяющей более достоверно получить новую информацию о процессах в сердце и выявить клинически значимые патологии сердца в условиях скрининга. Предложен подход к построению СНЭКД, заключающийся в «сближении» решений прямой и обратной задач электрокардиологии с последующей визуализацией результатов решений для наглядного представления врачу электрической активности сердца (ЭАС). Повышение эффективности СНЭКД обусловлено регистрацией множественных отведений ЭКС, предварительной обработкой ЭКС, поливариантным анализом ЭКС, моделированием и визуализацией ЭАС. Врачам предоставляется инструмент для скрининга и диагностики ЭАС, обеспечивающий повышение эффективности оценки ЭАС на основе сбора, обработки и передачи кардиографической информации; моделирования ЭАС; визуализации результатов анализа ЭАС.

Ключевые слова— кардиологический скрининг, система неинвазивной электрокардиодиагностики, электрическая активность сердца, электрокардиосигнал, методы анализа, моделирования и визуализации состояния сердца

1. ВВЕДЕНИЕ

Повсеместное развитие компьютерной техники и информационных технологий предоставляет все более широкие возможности для повышения эффективности диагностики в электрокардиологии путем внедрения методов цифровой обработки сигналов, вычислительной математики и визуализации. При этом появляется возможность предъявлять врачам в визуальном виде пространственно-временную информацию об электрической активности сердца (ЭАС).

Актуальность электрокардиологического скрининга возрастает в условиях борьбы с COVID-19 и его последствиями в виде различных коморбидных осложнений. Поэтому важной социальной задачей является повышение достоверности и оперативности диагностики заболеваний сердца при электрокардиологическом скрининге.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наиболее близким по функциональным возможностям является способ виртуального мониторинга по Холтеру [1], включающий регистрацию электрокардиосигнала (ЭКС), загрузку ЭКС в персональный компьютер, передачу ЭКС через Интернет на сервер приложений, просмотр и анализ ЭКС в режиме реального времени, возвращение результатов анализа электрокардиограммы (ЭКГ) в персональный компьютер и формирование отчета. При этом в ходе комплексного анализа в известном способе виртуального мониторинга по Холтеру *не осуществляется* регистрация множественных отведений ЭКС; предварительная обработка ЭКС; экспресс-оценка критического состояния сердца; моделирование и визуализация ЭАС.

По мнению авторов, для повышения эффективности электрокардиодиагностики необходимо устранение недостатков известного способа виртуального мониторинга по Холтеру.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для повышения эффективности кардиологического скрининга предлагается использовать скрининговую систему неинвазивной электрокардиодиагностики (СНЭКД), основанную на регистрации множественных отведений, экспресс-оценке, моделировании и визуализации состояния сердца.

Регистрация множественных отведений ЭКС или ЭКГ-картирование сердца [2-6] является одним из наиболее информативных методов исследования электрической активности миокарда и параметров эквивалентного электрического генератора сердца (ЭЭГС).

Метод ЭКГ-картирование сердца позволяет получить максимальную информацию об особенностях электрического поля сердца в любой момент деполяризации и реполяризации желудочков. При регистрации ЭКГ униполярные электроды располагаются на передней, задней и боковых поверхностях грудной клетки, а также на верхней части живота – эпигастрии (от греческих слов «эпи» – «над» и «гастер» – «живот»). Получаемая таким образом пространственно-временная и амплитудно-временная информация об ЭАС может быть представлена в виде нескольких разновидностей картограмм.

По сравнению со стандартной электрокардиографией метод ЭКГ-картирования сердца:

- использует большое число отведений (в нашем случае – 120), располагающихся на всей поверхности грудной клетки, что обеспечивает получение максимальной информации об особенностях структуры электрического поля сердца; предоставляет возможность синхронизации всех ЭКС и представления данных не в традиционной (непрерывной) форме, а в виде последовательных (моментных), интегральных и изоинтегральных картограмм распределения потенциалов, что позволяет подробно изучить динамику процессов де- и реполяризации миокарда;
- предоставляет возможность изучения мультиполюсного ЭЭГС и более точной оценки локальной электрической активности сердечной мышцы.

В составе СНЭКД имеется блок регистрации множественных отведений (БРМО), содержащий аналоговую и цифровую части [7]. Одним из основных узлов системы является узел электродов, ориентированный на сокращение временных затрат при установке электродов и учет необходимости установки электродов в соответствующих местах торса при имеющемся разбросе размеров торса пациентов. Для решения этой задачи предлагается осуществлять надевание обследуемым жилета с электродами, заранее предустановленными на его внутренней поверхности. При этом предлагается использовать жилеты нескольких типоразмеров в зависимости от длины периметра торса.

Под предварительной обработкой ЭКС понимается фильтрация и удаление из ЭКС помех и артефактов, возникающих при регистрации ЭКС в условиях свободной двигательной активности пациента (при функциональной диагностике с применением нагрузочных проб), а также выделение кардиоцикла. Помехи и артефакты снижают достоверность полученной информации. Авторами получен ряд оригинальных решений, посвящённых предварительной обработке ЭКС [8-13].

Под экспресс-оценкой состояния сердца пациента понимается процесс определения по данным электрокардиографии в реальном масштабе времени наличия патологии сердца. Экспресс-оценка ЭКС позволяет зафиксировать нарушения ритма, нарушения проведения, нарушения электрической оси сердца, эктопические и замещающие сокращения, повреждения миокарда, электролитные нарушения. Для расширения функциональных возможностей оценки состояния сердца предлагается способ неинвазивного определения электрофизиологических характеристик сердца. Применение предлагаемого способа позволяет решить обратную задачу электрокардиографии, когда по результатам анализа ЭКС реконструируется ЭАС на «портрете» эпикарда.

Способ основан на регистрации электрокардиосигналов (ЭКС), предварительной

обработке ЭКС и выделении временных отсчетов элементов кардиоцикла, определении антропометрических параметров торса пациента, и последующем отображении электрофизиологических характеристик сердца. В результате неинвазивного ЭКГ-обследования и последующей обработки данных определяются изменяющиеся со временем пространственные распределения характеристик ЭАС [14, 15]. Установлено, что при скрининговом обследовании на нагрузочном ЭКГ тесте 100 обследуемых с ишемической болезнью сердца по результатам теста верно обнаружена у 80 человек вместо 70 человек при стандартном ЭКГ обследовании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование СНЭКД, основанной на регистрации множественных отведений, экспресс-оценке, моделировании и визуализации состояния сердца позволяет повысить чувствительность электрокардиологического скрининга не менее, чем на 10%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Патент США №6701184. Virtual Holter / Henken, R., Point, D., 02.03.2004
- [2] Амиров, Р. З. Интегральные топограммы потенциалов сердца / Р. З. Амиров - М.: Наука, 1973. – 108 с.
- [3] Мурашко, В.В. Электрокардиография: Учебное пособие. Изд. 6-е / В.В. Мурашко, А.В. Струтынский – М.: МЕДпрессинформ, 2004. – 320 с.
- [4] Титомир, Л.И. Неинвазивная электрокардиотопография / Л.И. Титомир, В.Г. Трунов, Э.А.И. Айду – М.: Наука, 2003. – 198 с.
- [5] Полякова, И.П. Исследование электрофизиологических свойств миокарда и диагностика нарушений ритма сердца методом поверхностного картирования / И.П. Полякова // Дис. ... д-ра биол. наук: 14.00.06 М. – 1999.
- [6] Глазунов, А.Б. Диагностические и прогностические возможности многополюсного автоматического поверхностного ЭКГ-картирования при коронарогенных и некоронарогенных поражениях миокарда / А.Б. Глазунов // Дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.05 М. – 2012.
- [7] Патент № 2764498 Российская Федерация. Способ и устройство регистрации множественных отведений электрокардиосигнала / Бодин О. Н., Крамм М. Н. и др. // Оpubл. 17.01.2022, Бюл. № 2
- [8] Патент № 2359606 Российская Федерация. Способ выделения начала кардиоцикла / О. Н. Бодин, Д. С. Логинов. – № 2007109612/14 ; заявл. 16.03.2007 ; опубл. 27.06.2009, Бюл. № 18.
- [9] Патент № 2383295 РФ. Способ обработки электрокардиосигнала для диагностики инфаркта миокарда / О.Н. Бодин и др. Оpubл. 10.03.2010, Бюл. № 7.
- [10] Патент № 2410023 РФ. Способ выделения QRS-комплекса электрокардиосигнала / О.Н. Бодин и др. Оpubл. 27.01.2011, Бюл. № 3.
- [11] Патент № 2440022 РФ. Способ подавления шумов в электрокардиосигнале / О.Н. Бодин и др. Оpubл. 20.01.2012. Бюл. №2.
- [12] Патент № 2486862 РФ. Способ адаптивного подавления помех в электрокардиосигнале / О.Н. Бодин и др. Оpubл. 10.07.2013. Бюл. №19.
- [13] Патент 2568817 РФ. Способ адаптивной фильтрации электрокардиосигнала / О.Н. Бодин и др. Оpubл. 20.11.2015. Бюл. №32.
- [14] Патент № 2651068 РФ. Способ неинвазивного определения электрофизиологических характеристик сердца / О.Н. Бодин и др. Оpubл. 18.04.2017. Бюл. №11.
- [15] Новиков, С. Я., Восстановление сигнала по модулям измерений / С. Я. Новиков., М. Е. Федина // Вестник Самарского университета. Естественная серия. – 2016. – С. 3-4.