

УДК 615.47:616-072.7
doi:10.21685/2307-5538-2022-4-14

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

О. Н. Бодин¹, М. В. Едемский², Н. Э. Кручинина³, Н. А. Сержантова⁴

^{1,3,4} Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

² Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ bodin_o@inbox.ru, ² misha.f.2015@mail.ru, ³ kruchininane@gmail.com, ⁴ itmmbpsgta@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Вторая половина XX и XXI в. характеризуются различными видами техногенных, социальных, антропогенных и природных катаклизмов. Наиболее значимой стороной всех катастроф является гибель людей. Анализ всех катастроф приводит к выводу, что медицинские системы недостаточно подготовлены к оказанию помощи в условиях чрезвычайных ситуаций. В статье рассматриваются особенности функционирования медицинских информационных систем в условиях чрезвычайной ситуации, а также предлагается способ оказания экстренной кардиологической помощи. *Материалы и методы.* Использовались методы построения информационно-измерительных систем, теоретические основы медицины катастроф и электрокардиографии, методы статистической обработки сигналов, цифровой обработки сигналов, а также методы математического моделирования. *Результаты.* Предложен подход для создания медицинской информационной системы двойного назначения. Данный подход позволяет медицинской информационной системе функционировать в двух режимах работы: в нормальных условиях и в условиях чрезвычайной ситуации. В нормальных условиях для оценки функционального состояния организма предлагается использовать технологию цифрового двойника сердца как виртуальную персонализированную модель сердечно-сосудистой системы, созданной для имитации ее функционирования с учетом процессов регуляции и двухсторонних информационных связей с пациентом. Для экстренного оказания медицинской помощи в условиях чрезвычайной ситуации авторами предложено использование портативных кардиоанализаторов. Разработан способ оказания экстренной кардиологической помощи. *Выводы.* Использование предложенной медицинской информационной системы позволит повысить эффективность системы здравоохранения за счет унификации методов и средств оказания кардиологической помощи.

Ключевые слова: медицинская информационная система, чрезвычайная ситуация, портативный кардиоанализатор, электрическая активность сердца, цифровой двойник сердца, кардиологическая помощь

Для цитирования: Бодин О. Н., Едемский М. В., Кручинина Н. Э., Сержантова Н. А. Особенности функционирования медицинской информационной системы в условиях чрезвычайной ситуации // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2022. № 4. С. 110–118. doi:10.21685/2307-5538-2022-4-14

FEATURES OF THE FUNCTIONING OF THE MEDICAL INFORMATION SYSTEM IN THE CONDITIONS OF EMERGENCY SITUATION

O.N. Bodin¹, M.V. Edemskiy², N.E. Kruchinina³, N.A. Serzhantova⁴

^{1,3,4} Penza State Technological University, Penza, Russia

² Penza State University, Penza, Russia

¹ bodin_o@inbox.ru, ² misha.f.2015@mail.ru, ³ kruchininane@gmail.com, ⁴ itmmbpsgta@yandex.ru

Abstract. *Background.* The second half of the XX and XXI centuries are characterized by various types of man-made, social, anthropogenic and natural disasters. The most significant side of all disasters is the loss of life. An analysis of all disasters leads to the conclusion that medical systems are not sufficiently prepared to provide assistance in emergency situations. The article discusses the features of the functioning of the medical information system in an emergency situation, and also suggests a way to provide emergency cardiological care. *Materials and methods.* Methods of building information and measurement systems, theoretical foundations of disaster medicine and electrocardiography, methods of statistical signal processing, digital signal processing, as well as methods of mathematical modeling were used. *Results.* An approach for creating a dual-use medical information system is proposed. This approach allows the medical information system to function in two modes of operation: under normal conditions and in an emergency situation. Under normal conditions, to assess the functional state of the body, it is proposed to use the technology of the digital double of the heart as a virtual personalized model of the cardiovascular system, created to simulate its functioning, taking into account the processes of regulation and two-way information links with the patient. For emergency medical care in an

emergency situation, the authors proposed the use of portable cardiac analyzers. A method of providing emergency cardiological care has been developed. *Conclusions.* The use of the proposed medical information system will improve the efficiency of the healthcare system by unifying methods and means of providing cardiological care.

Keywords: medical information system, emergency, portable cardioanalyzer, electrical activity of the heart, digital double of the heart, cardiological care

For citation: Bodin O.N., Edemskiy M.V., Kruchinina N.E., Serzhantova N.A. Features of the functioning of the medical information system in the conditions of emergency situation. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measuring. Monitoring. Management. Control.* 2022;(4):110–118. (In Russ.). doi:10.21685/2307-5538-2022-4-14

Введение

Развернувшаяся в XX в. беспрецедентная по масштабам инженерная деятельность и вызванные ею изменения природной сферы резко увеличили возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного и природно-техногенного характера. Наиболее трагичной стороной катастроф является гибель людей.

В связи с этим первостепенное значение имеет организация ликвидации медицинских последствий ЧС и научного обоснования деятельности медицины катастроф. Катастрофы, которые произошли в последние годы в мире, показали недостаточную подготовленность системы здравоохранения к оказанию экстренной медицинской помощи (ЭМП) [1]. Целью статьи является разработка медицинской информационной системы (МИС) двойного назначения: в нормальных условиях и в условиях ЧС на основе типовой структуры МИС путем добавления способов и средств, обеспечивающих ЭМП в течение «золотого часа» медицины катастроф.

Материалы и методы

МИС в условиях ЧС призвана обеспечить сокращение уровня летальности пострадавших путем одновременного принятия сортировочных решений, выдачи рекомендаций по экстренному оказанию помощи, введения индивидуального и обобщенного учета медицинских данных [2]. Все это должно быть выполнено в рамках «золотого часа» медицины катастроф. Для этого авторы предлагают в состав типовой структуры МИС включить мобильный телемедицинский комплекс (МТМК) (рис. 1).

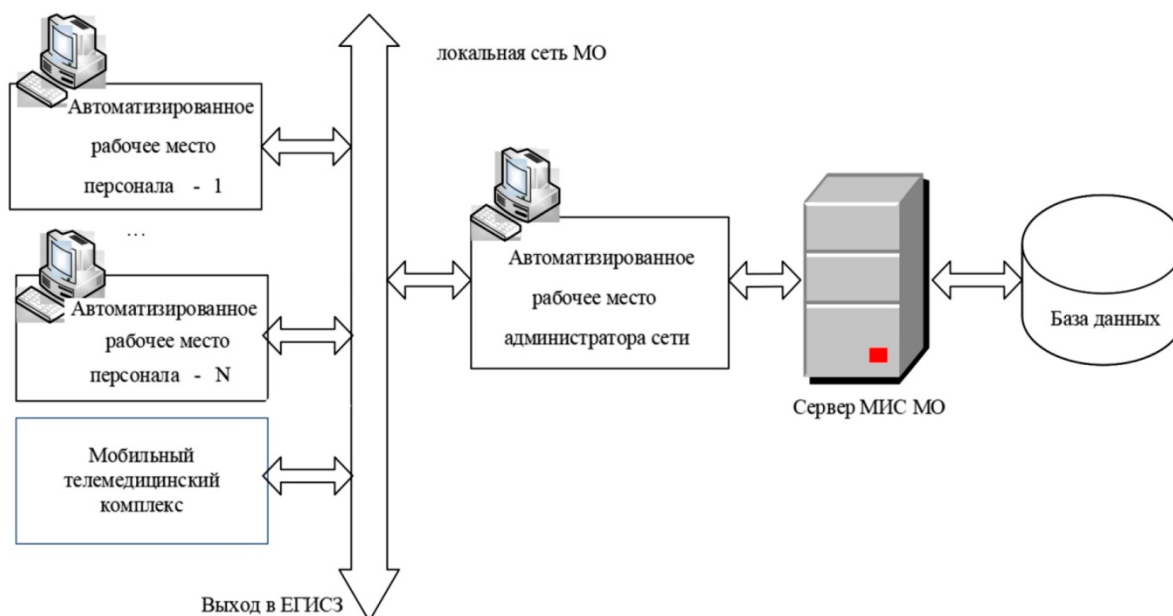


Рис. 1. Структура предлагаемой МИС

Состав типовой МИС определяется размерами и структурой медицинской организации (МО) и включает подсистемы, обеспечивающие необходимые для каждого случая функциональные возможности. Набор подсистем определяется структурой МО и уровнем внедрения МИС. Каждая подсистема характеризуется набором функций, позволяющих на более высоком уровне оказывать медицинскую помощь, используя достижения в медицине и технике.

Основой этой системы являются автоматизированные рабочие места (АРМ) персонала (врачей-специалистов, медицинских регистраторов, экономистов, руководителей и пр.). Данные АРМ предназначены для автоматизации выполнения обязанностей персонала МИС. С помощью АРМ происходит организация доступа к информационной системе для каждого медицинского работника (врача, фельдшера, лаборанта, медицинской сестры). Любое АРМ специализировано для выполнения строго конкретных профессиональных задач и работы с установленной медицинской документацией. Обеспечивает работу всех АРМ – сервер, который является основным вычислительным ресурсом МИС [6].

По мнению авторов, для функционирования МИС в условиях ЧС необходим мобильный телемедицинский комплекс (МТМК) (рис. 2). МТМК представляет собой смонтированный на шасси повышенной проходимости или любом другом транспортном средстве комплекс диагностической медицинской и телекоммуникационной аппаратуры, включая спутниковую связь. Ключевой особенностью МТМК является наличие гетерогенной группы беспилотных воздушных судов (ГГ БВС) [7]. Оснащение МТМК позволяет передавать при необходимости данные обследований в цифровой форме в центральные медицинские учреждения, где врачи и высококвалифицированные специалисты анализируют эти данные и сообщают персоналу МТМК необходимые заключения и рекомендации.



Рис. 2. Мобильный телемедицинский комплекс

МТМК оборудованы всем необходимым для длительной автономной работы даже в условиях недостатка или полного отсутствия необходимой медицинской и телекоммуникационной инфраструктуры.

Внедрение в условиях ЧС в МИС блока МТМК необходимо для автоматизации «медицинской сортировки», индивидуального учета и обобщения данных о пострадавших, оценки и прогноза тяжести состояния пострадавшего, выдачи правильных рекомендаций, а также оперативного принятия оптимальных решений по спасению и эвакуации пострадавших. На рис. 3 приведена структурная схема МТМК.

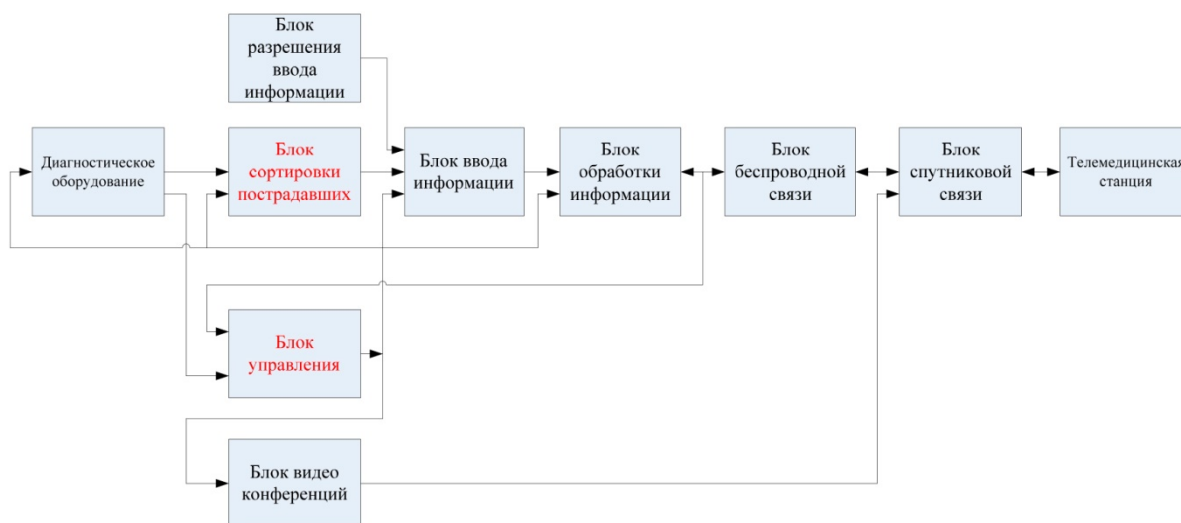


Рис. 3. Структурная схема МТМК

МТМК содержит модули телекоммуникационного и медицинского диагностического оборудования, представляющие собой набор блоков, каждый из которых включает оборудование и аппаратуру определенного функционального назначения. При этом модуль телекоммуникационного оборудования состоит из блока спутниковой связи, обеспечивающего прием-передачу информации между мобильным комплексом и телемедицинской станцией, и блока беспроводной связи. Блок беспроводного доступа предназначен для обеспечения приема-передачи информации между блоком спутниковой связи и модулем многофункциональной мобильной телемедицинской укладки. Модуль многофункциональной мобильной телемедицинской укладки состоит, в свою очередь, из базового модуля-компьютера, предназначенного для сбора, обработки, хранения и приема-передачи информации медико-диагностического характера и блока ввода информации в базовый модуль, содержащего устройство высококачественной оцифровки, систему видеоконференцсвязи, а также придаваемое медицинское оборудование [3].

Для своевременной регистрации электрокардиосигнала (ЭКС) авторами предлагается использование портативных кардиоанализаторов (ПКА) (рис. 4). Благодаря использованию ПКА осуществляется мониторинг состояния сердца.

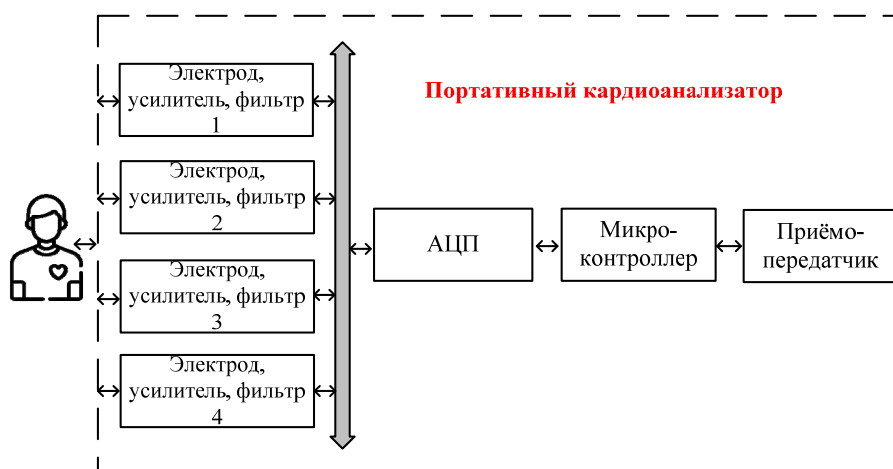


Рис. 4. Портативный кардиоанализатор

Портативный кардиоанализатор предназначен для диагностики состояния сердца в условиях свободной двигательной активности пациента и состоит из регистратора электрокардиосигнала (ЭКС) с внешними липкими электродами и микроконтроллера с блоками усиления, фильтрации и аналого-цифрового преобразования ЭКС, а также модуля для работы с мобильными сетями [8].

Основной задачей является регистрация ЭКС с помощью портативного устройства в течение продолжительного времени при обычном образе жизни (свободной активности) пациента и предупреждение сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Принцип работы ПКА основан на прямом измерении электрического потенциала сердца с помощью электродов, закрепленных на торсе пациента, и последующем анализе ЭКС. Благодаря суточному мониторингованию сердца возможно выявить или предупредить развитие следующих ССЗ:

- аритмия (нарушения сердечного ритма);
- стенокардия;
- ишемическая болезнь сердца.

Анализ современных МИС показывает, что внедрение технологии цифрового двойника (ЦД) в МИС в условиях ЧС сможет решить множество проблем, при этом осуществляя переход к медицине превентивной, профилактической и индивидуализированной.

Цифровой двойник представляет собой цифровую виртуальную модель физического объекта для имитации его функционирования (поведения). Концепция ЦД основана на моделировании реальных объектов со всеми параметрами, функциональностью и поведением с использованием цифровых инструментов.

Предполагается, что пациенту создается ЦД, который содержит информацию о биологических данных, генетике, образе жизни прототипа. В периоды болезни человек приходит к врачу. Врач заносит симптоматику пациента в базу ЦД, ставит диагноз и назначает ЦД лечение. Далее врач смотрит, как именно лечение повлияло на ЦД, и если оно было неэффектив-

ным, то назначает другое лечение, пока не найдет то, что лучше всего поможет. И именно этот, наиболее эффективный вариант будет предложен пациенту. В дальнейшем нейросеть, которая ответственна за существование ЦД, сохранит данные о болезни пациента и модифицирует ЦД в соответствии с ними. Благодаря самообучению ЦД сможет строить предсказательные модели о своем будущем «здоровье», а значит, и о здоровье пациента [4].

Результаты и обсуждение

В нормальных условиях эксплуатации МИС предназначена для информационного обеспечения процессов:

- оказания медицинской помощи на уровне МО;
- ведение ЭМК пациента;
- управления МО (административно-хозяйственного, экономического, юридического и пр.);
- взаимодействия с пациентами (запись и самозапись на прием к врачу, информационное наполнение личного кабинета пациента, выдачи электронных копий медицинских документов и пр.);
- взаимодействия между различными МО (оказание и/или получение медицинской помощи, проведение лабораторных и диагностических обследований и пр.);
- взаимодействия с региональными и/или федеральными информационными ресурсами для обмена информацией.

Авторами предлагается способ оказания экстренной кардиологической помощи (ЭКП). В табл. 1 приведены условия и методы оказания ЭКП.

Таблица 1

Условия и методы оказания ЭКП

Наличие патологических признаков		Методы оказания экстренной кардиологической помощи	
ФВ < 50 %	Три последующих кардиоцикла с желудочковыми экстрасистолами	Дефибрилляция	Реваскуляризация
+	+		
–	+	+	–
+	–	–	+
–	–	–	–

Алгоритм работы способа ЭКП представлен на рис. 5.

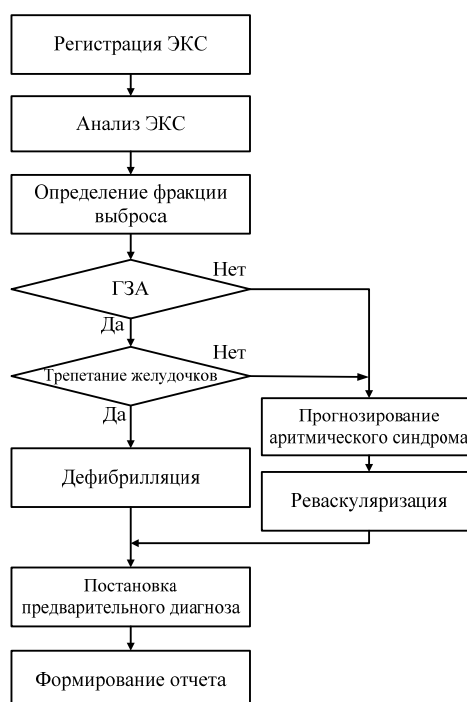


Рис. 5. Алгоритм работы способа оказания ЭКП

Предлагаемый авторами способ оказания ЭКП включает в себя следующие действия:

- регистрация ЭКС;
- анализ ЭКС;
- определение фракции выброса;
- проверка наличия гемодинамически значимой аритмии (ГЗА);
- проверка наличия трепетания желудочков;
- проведение дефибрилляции в случае обнаружения ГЗА и трепетания желудочков;
- прогнозирование степени тяжести аритмического синдрома;
- проведение ревазуляризации в случае отсутствия ГЗА;
- постановка предварительного диагноза;
- формирование отчета.

Опишем введенные действия.

Прежде всего, после регистрации и анализа параметров ЭКС осуществляется определение ФВ электрокардиографическим методом каждые тридцать секунд.

Для этого по формулам (1) определяют КДО, КСО – конечный диастолический и систолический объемы левого желудочка соответственно:

$$\text{КДО} = \frac{4}{3}\pi\text{КДР}^3; \quad \text{КСО} = \frac{4}{3}\pi\text{КСР}^3. \quad (1)$$

Далее определяют КДР, КСР – конечный диастолический и систолический радиусы левого желудочка соответственно:

$$\text{КДР} = (44,5 - 100t_{RS})(t_{QR} + t_{RS}) - 11t_{RS}, \quad (2)$$

где t_{QR} – время от начала зубца Q до вершины зубца R при отсутствии блокады левой ножки пучка Гиса, а при наличии блокады левой ножки пучка Гиса – до первой вершины раздвоенного зубца $R(R_1)$, т.е. $t_{QR} = t_{QR}$, с; t_{RS} – время от вершины зубца R до конца зубца S – при отсутствии блокад ножек пучка Гиса, а при блокаде левой ножки пучка Гиса вместо t_{RS} – разность временных интервалов от первой вершины раздвоенного зубца R до конца зубца S ($R_1 S$) и от первой вершины раздвоенного зубца R до его второй вершины ($R_1 R_2$), т.е. $t_{RS} = t_{RS_2} - t_{S_1 S_2}$, с;

$$\text{КСР} = (44,5 - 100t_{RS})(t_{QR} + t_{RS}) \sqrt{\frac{1}{\sqrt[3]{\frac{t_{ST-T}}{t_{QRS}}}}} - 11t_{RS} \sqrt[3]{\frac{t_{ST-T}}{t_{QRS}}}, \quad (3)$$

где t_{QRS} – время комплекса QRS , с; t_{ST-T} – время от конца зубца S до конца зубца T – при отсутствии блокад ножек пучка Гиса, а при блокаде левой ножки пучка Гиса вместо t_{ST-T} – сумма $t_{ST-T} + t_{R_1 R_2}$ и при блокаде правой ножки пучка Гиса вместо t_{ST-T} сумма $t_{ST-T} + t_{S_1 S_2}$, с;

$$\text{КСР} = 22 \left[t_{QRS} \sqrt{\frac{1}{\sqrt[3]{\frac{t_{ST-T}}{t_{QRS}}}}} - 0,5t_{RS} \sqrt[3]{\frac{t_{ST-T}}{t_{QRS}}} \right], \text{ и далее вычисляют при всех указанных видах сердеч-$$

ного ритма.

Определяют ФВ:

$$\text{ФВ} = \frac{\text{КДО} - \text{КСО}}{\text{КДО}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

затем для выявления гемодинамически значимой аритмии применяется формула

$$k\sqrt{R_1 R_2} - QT > 0. \quad (5)$$

Порядок применения методов оказания экстренной кардиологической помощи в зависимости от результатов анализа ЭКС приведен на рис. 5. Как следует из анализа рис. 5, в случае, когда выражение (5) истинно, а в трех или более последующих кардиоциклах отмечается снижение ФВ, определяют наличие обширной желудочковой экстрасистолии и гемодинамически значимой аритмии (рис. 6,а). При трех и более последующих желудочковых экстрасистол наблюдается нарушение работы, приводящее к фибрилляции желудочков. Очевидно, что при этом необходимо проведение дефибрилляции.

В случае, когда выражение (5) истинно, а в трех или более последующих кардиоциклах снижения ФВ не обнаружено, то диагностируют наличие гемодинамически незначимой аритмии (рис. 6,б). При этом дефибрилляция не требуется, и согласно алгоритму, приведенному на рис. 5, проводят реваскуляризацию.

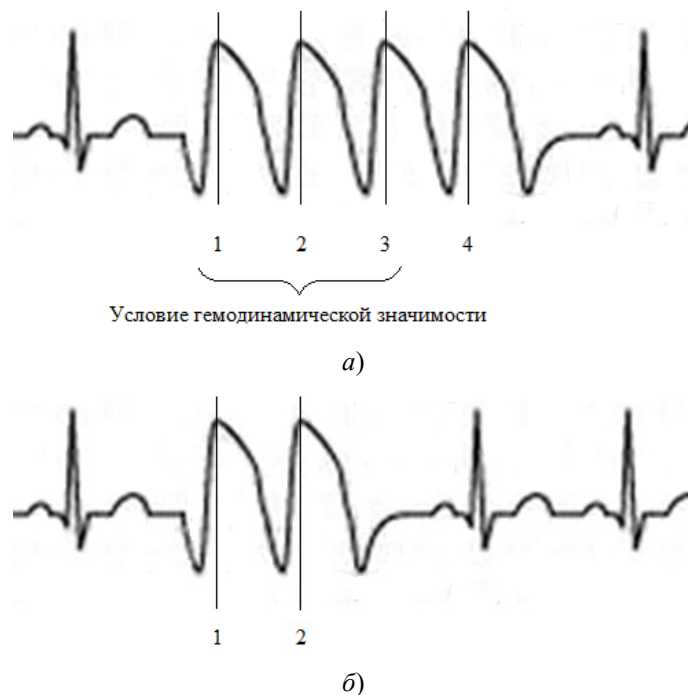


Рис. 6. Пример ЭКС: а – с гемодинамически значимой аритмией; б – гемодинамически незначимой аритмией

В случае, если выражение (5) ложно, осуществляют прогнозирование степени тяжести аритмического синдрома и при прогнозировании тяжелого аритмического синдрома проводят реваскуляризацию.

Таким образом, из вышесказанного и из анализа рис. 5 и табл. 1 следует, что проведение дефибрилляции всегда осуществляется при выявлении экстрасистол в трех и более последующих кардиоциклах. При выявлении снижения ФВ в трех и более последующих кардиоциклах и отсутствии при этом экстрасистол проводится реваскуляризация [5].

Заключение

Для решения проблем, связанных с функционированием МИС в условиях ЧС, авторами предложена МИС двойного назначения. Повышение эффективности МИС связано с важностью принятия врачебного решения в чрезвычайных ситуациях развития состояния пациента, когда ответственность за принятое решение является критической. Оптимизация работы МИС двойного назначения заключается в максимальной унификации методов и средств МИС.

Список литературы

1. Бодин О. Н., Ожикенов К. А., Ожикенова А. К. [и др.]. Концепция оказания экстренной медицинской помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2015. № 3. С. 143–147.

2. Патент 2085114 Российская Федерация. Устройство экстренной медицинской сортировки пострадавших / Б. Н. Варава, И. Л. Кирьяшкин, А. М. Литвинов. № 94025550/14 ; заявл. 07.07.1994 ; опубл. 27.04.1997.
3. Патент 61536 Российская Федерация. Мобильный телемедицинский комплекс / А. И. Григорьев, О. И. Орлов, В. А. Дроговоз, О. В. Переведенцев, В. М. Леванов, Ю. Г. Ревякин. № 2006137120/22 ; заявл. 20.10.2006 ; опубл. 10.03.2007.
4. Копнин А. А. Цифровые двойники в медицине // Конкурентноспособность территорий : материалы XXII Всерос. эконом. форума молодых ученых и студентов. 2019. № 3. С. 97–99.
5. Патент 2644303 Российская Федерация. Способ оказания экстренной кардиологической помощи / О. Н. Бодин, Д. А. Аржаев, А. Ю. Бодин, К. А. Ожикенов, В. Г. Полосин, А. Ф. Рахматуллов, Р. Ф. Рахматуллов, Ф. К. Рахматуллов, М. И. Сафронов, А. С. Сергеевков, А. Г. Убиенных. № 2016145352 ; заявл. 18.11.2016 ; опубл. 08.02.2018.
6. Безбородова О. Е., Крамм М. Н., Ожикенов К. А. [и др.]. Мультиагентные технологии в медицинских информационных системах : монография / под ред. проф. О. Н. Бодина. Алматы : Лантар Трейд, 2021. 314 с.
7. Патент 2694528 Российская Федерация. Способ проведения поисково – спасательных работ / В. В. Шерстнев, О. Н. Бодин, О. Е. Безбородова, Ф. К. Рахматуллов, А. И. Герасимов, К. А. Ожикенов, Н. Баянбай, Г. К. Бердибаева. № 1018139491 ; заявл. 07.11.2018 ; опубл. 16.07.2019, Бюл. № 20.
8. Махонин В. Е., Алимбаев Ч. А., Ожикенов К. А., Бодин О. Н. Портативный мобильный кардиоанализатор для дистанционного мониторинга экг // Аллея Науки. 2020. № 5.

References

1. Bodin O.N., Ozhikenov K.A., Ozhikenova A.K. et.al. The concept of providing emergency medical care to victims in emergency situations. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii = Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2015;(3):143–147. (In Russ.)
2. Patent 2085114 Russian Federation. *Ustroystvo ekstrennoy meditsinskoy sortirovki postradavshikh = The device of emergency medical triage of the deceased*. B.N. Varava, I.L. Kir'yashkin, A.M. Litvinov. № 94025550/14; appl. 07.07.1994; publ. 27.04.1997. (In Russ.)
3. Patent 61536 Russian Federation. *Mobil'nyy telemeditsinskiy kompleks = Mobile telemedicine complex*. A.I. Grigor'ev, O.I. Orlov, V.A. Drogovoz, O.V. Perevedentsev, V.M. Levanov, Yu.G. Revyakin. № 2006137120/22; appl. 20.10.2006; publ. 10.03.2007. (In Russ.)
4. Koptin A.A. Digital doubles in medicine. *Konkurentnosposobnost' territoriy: materialy XXII Vseros. ekonom. foruma molodykh uchennykh i studentov = Competitiveness of territories : materials of XXII Vseros. economy. forum of young scientists and students*. 2019;(3):97–99. (In Russ.)
5. Patent 2644303 Russian Federation. *Sposob okazaniya ekstrennoy kardiologicheskoy pomoshchi = Method of rendering emergency cardiological care*. O.N. Bodin, D.A. Arzhaev, A.Yu. Bodin, K.A. Ozhikenov, V.G. Polosin, A.F. Rakhmatullof, R.F. Rakhmatullof, F.K. Rakhmatullof, M.I.Safronov, A.S. Sergeenkov, A.G. Ubiennykh. № 2016145352; appl. 18.11.2016; publ. 08.02.2018. (In Russ.)
6. Bezborodova O.E., Kramm M.N., Ozhikenov K.A. et al. *Mul'tiagentnye tekhnologii v meditsinskikh informatsionnykh sistemakh: monografiya = Multi-agent technologies in medical information systems : monograph*. Almaty: Lantar Treyd, 2021:314. (In Russ.)
7. Patent 2694528 Russian Federation. *Sposob provedeniya poiskovo – spasatel'nykh rabot = Method of search and rescue operations*. V.V. Sherstnev, O.N. Bodin, O.E. Bezborodova, F.K. Rakhmatullof, A.I. Gerasimov, K.A. Ozhikenov, N. Bayanbay, G.K. Berdibaeva. № 1018139491; appl. 07.11.2018; publ. 16.07.2019, Bull. № 20. (In Russ.)
8. Makhonin V.E., Alimbaev Ch.A., Ozhikenov K.A., Bodin O.N. Portable mobile cardioanalyzer for remote ecg monitoring. *Alleya Nauki = Alley of Science*. 2020;(5). (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Олег Николаевич Бодин

доктор технических наук, профессор,
 профессор кафедры технического
 управления качеством,
 Пензенский государственный
 технологический университет
 (Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/
 ул. Гагарина, 1а/11)
 E-mail: bodin_o@inbox.ru

Oleg N. Bodin

Doctor of technical sciences, professor,
 professor of the sub-department
 of technical quality management,
 Penza State Technological University
 (1a / 11 Baidukova passage/ Gagarina street,
 Penza, Russia)

Михаил Вячеславович Едемский
аспирант,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: misha.f.2015@mail.ru

Mikhail V. Edemskiy
Postgraduate student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Наталья Эдуардовна Кручинина
аспирант,
Пензенский государственный
технологический университет
(Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/
ул. Гагарина, 1а/11)
E-mail: kruchininane@gmail.com

Natalia E. Kruchinina
Postgraduate student,
Penza State Technological University
(1a / 11 Baidukova passage/ Gagarina street,
Penza, Russia)

Наталья Александровна Сержантова
кандидат технических наук,
доцент кафедры биомедицинской инженерии,
Пензенский государственный
технологический университет
(Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/
ул. Гагарина, 1а/11)
E-mail: itmmbpsgta@yandex.ru

Natalia A. Serzhantova
Candidate of technical sciences,
associate professor of the sub-department
of biomedical engineering,
Penza State Technological University
(1a / 11 Baidukova passage/ Gagarina street,
Penza, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 25.03.2022

Поступила после рецензирования/Revised 26.04.2022

Принята к публикации/Accepted 25.05.2022