

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-1-170-177>
УДК 004.4'2:616.12-07

Интеграция мультимедийных компонентов в модели лечебно-диагностического процесса пациентов и клинико-диагностические задачи по кардиологии

С.И. Карась^{1, 2}, К.В. Завадовский¹, Т.А. Шелковникова¹, В.М. Гуляев¹,
А.Е. Баев¹, В.Х. Ваизов¹, Е.В. Гракова¹, М.В. Балахонова², Э.Э. Кара-Сал³

¹ Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр
Российской академии наук,
634012, Российская Федерация, Томск, ул. Киевская, 111а

² Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации,
634050, Российская Федерация, Томск, Московский тракт, 2

³ Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Российская Федерация, Томск, пр. Ленина, 30

Аннотация

Введение. Интеграция мультимедийных результатов диагностических исследований в информационную модель лечебно-диагностического процесса позволяет обучать принятию врачебных решений с учетом всей доступной информации о пациенте.

Цель работы: использование мультимедийных результатов инструментальных методов исследования для формирования и проверки уровня принятия эффективных диагностических решений.

Материал и методы. В ходе лечебно-диагностического процесса возникает значительный массив мультимедийной информации, которая извлекается из баз данных диагностических подразделений и важна для принятия врачебных решений. При необходимости модель дополнялась релевантными по клинико-демографическим характеристикам исследованиями других пациентов. В зависимости от целей дальнейшего использования мультимедийные компоненты интегрировались в виртуальные симуляции с двумя разными траекториями предъявления информации обучающимся.

Результаты. На первом этапе проекта мультимедийные компоненты были интегрированы в линейные модели завершенных случаев заболевания для демонстрации обучающимся врачебных решений. Они предъявляются в виде фрагментов записей магнитно-резонансной томографии (МРТ), эхокардиографии (ЭхоКГ), ультразвукового исследования (УЗИ) сосудов; сканированных записей электрокардиограммы (ЭКГ), результатов ангиографии, изображений рентгенограмм, томограмм и других визуализирующих методов исследования пациента. Каждый мультимедиа файл сопровождается текстовым заключением соответствующего специалиста. На втором этапе они интегрированы в модели с разветвленной траекторией предъявления информации. В зависимости от принимаемых решений течение болезни и состояние пациента меняются, что означает наличие альтернативных сценариев лечебно-диагностического процесса в отличие от реально инвариантного лечения пациента. Эта возможность особенно важна для формирования компетенций принятия врачебных решений в безопасных условиях симуляции. Для клинико-диагностических задач авторами разработана рейтинговая система количественной оценки эффективности принятых решений.

Обсуждение. Формирование врачебных компетенций в образовательном процессе путем многократного принятия решений в меняющихся условиях критически важно для здоровья и жизни больных и может быть эффективно реализовано через симуляционные технологии. Web-доступ к этому контенту стратегически важен для использования виртуальных пациентов с мультимедийными диагностическими результатами для отработки навыков принятия решений в клинических дисциплинах.

Ключевые слова:	виртуальные пациенты, клинико-диагностические задачи, кардиология, принятие решений, обучение, повышение квалификации, мультимедиа, МРТ, ЭКГ, ЭхоКГ, ангиография, УЗИ, рентгенограмма, визуализирующие методы.
Конфликт интересов:	авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Прозрачность финансовой деятельности:	проект поддержан Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 19-013-00231).

Карась Сергей Иосифович, e-mail: ksi@cardio-tomsk.ru.

Для цитирования:

Карась С.И., Завадовский К.В., Шелковникова Т.А., Гуляев В.М., Баев А.Е., Ваизов В.Х., Гракова Е.В., Балахонова М.В., Кара-Сал Э.Э. Интеграция мультимедийных компонентов в модели лечебно-диагностического процесса пациентов и клинико-диагностические задачи по кардиологии. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2022;37(1):170–177. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-1-170-177>.

Integration of multimedia components into the models of treatment and diagnostic process in patients and clinical diagnostic tasks in cardiology

Sergey I. Karas^{1, 2}, Konstantin V. Zavadovsky¹, Tatyana A. Shelkovnikova¹, Vsevolod M. Gulyaev¹, Andrey E. Baev¹, Valery Kh. Vaizov¹, Elena V. Grakova¹, Maria V. Balakhonova², Eres E. Kara-Sal³

¹ Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, 111a, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russian Federation

² Siberian State Medical University, 2, Moskovsky tract, Tomsk, 634050, Russian Federation

³ National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenina ave., Tomsk, 634050, Russian Federation

Abstract

Introduction. Integration of multimedia results of diagnostic examinations into the information model of diagnostic and treatment process makes it possible to teach medical decision-making taking into account all available information about the patient.

Aim. The purpose of this work was to use multimedia results of instrumental examination methods to form and verify the level of effective diagnostic decision-making.

Material and Methods. A significant array of multimedia information arising in the course of treatment and diagnostic process was derived from databases of diagnostic units and was important for medical decision-making. The model was supplemented with clinically and demographically relevant studies of other patients when necessary. The multimedia components were integrated into the virtual simulations with two different trajectories of information presentation to the trainees depending on the purpose of further use.

Results. At the first stage of the project, the multimedia components were integrated into linear models of completed cases to demonstrate medical decisions to the trainees. The multimedia components were presented as the fragments of magnetic resonance imaging (MRI) data, echocardiography and vascular ultrasound recordings, scanned electrocardiograms (ECG), angiography results, X-ray images, tomograms, and results of other visualization methods of patient examination. Each multimedia file was accompanied by a textual conclusion made by a relevant specialist. At the second stage, the multimedia components were integrated into the models with a branched trajectory of information presentation. The course of disease and the patient's condition could change depending on the decisions made, which means that there are alternative scenarios of the therapeutic and diagnostic process unlike the real invariant treatment of the patient. This possibility is especially important for the formation of medical decision-making competencies in safe conditions of simulation. To elaborate clinical diagnostic tasks, the authors developed a rating system quantifying the effectiveness of the decisions.

Discussion. Building physician competencies in the educational process through repeated decision-making under changing conditions is crucially important for the health and lives of patients and can be effectively implemented using simulation technologies. Web access to this content is strategically important for the use of virtual patients with multimedia diagnostic results to practice decision-making skills in clinical disciplines.

Keywords:

virtual patients, clinical diagnostic tasks, cardiology, decision making, teaching, advanced training, multimedia, MRI, ECG, echocardiography, angiography, ultrasound, radiography, imaging techniques.

Conflict of interest:

the authors do not declare a conflict of interest.

Financial disclosure:

the project was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 19-013-00231).

For citation:

Karas S.I., Zavadovsky K.V., Shelkovnikova T.A., Gulyaev V.M., Baev A.E., Vaizov V.Kh., Grakova E.V., Balakhonova M.V., Kara-Sal E.E. Integration of multimedia components into the models of treatment and diagnostic process in patients and clinical diagnostic tasks in cardiology. *The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2022;37(1):170–177. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-1-170-177>.

Введение

Медицина в целом и клиническая кардиология в частности являются областями знаний с очень сложной внутренней структурой. В диагностике и лечении сердечно-сосудистой патологии часто необходимо принимать абсолютно срочные решения. В этой ситуации неполнота информации о пациенте усугубляется дефицитом времени, и врач принимает крайне ответственные решения в условиях неопределенности.

С одной стороны, любой лечебно-диагностический процесс (ЛДП) можно рассмотреть как совокупность информационных процессов с обратной связью: выяснение анамнеза и статуса больного, его самочувствия, физикальное исследование, наблюдения среднего медицинского персонала [1]. Отдельного внимания заслуживают обработка, интерпретация, передача, организация хранения информации о результатах диагностических исследований пациентов. Формализуя и фиксируя результаты этих процессов, мы создаем информационную модель диагностики и лечения больного.

С другой стороны, ЛДП можно представить как последовательность решений основного и вспомогательного персонала медицинской организации. При этом разнообразие клинических ситуаций обуславливает большое количество возможных решений и, соответственно, последствий этих решений. Особого внимания заслуживают «точки бифуркации» ЛДП, решения в которых могут принципиально повлиять на все его последующее течение [2]. В этом контексте очень высоки требования к компетенциям принятия решений врачей-кардиологов, сердечно-сосудистых хирургов, врачей лучевой и функциональной диагностики.

Компетенция врача – это способность применять свои знания, умения, навыки, а также личностные качества для решения определенного класса профессиональных задач. Навыки принятия решений относятся к ментальным компетенциям, и это умение имеет особое значение для успешной деятельности врача в профессиональной области, особенно в условиях неопределенности. Одним из главных вызовов современного медицинского образования является сложность формирования у специалистов навыков принятия эффективных диагностических решений. Для формирования таких врачебных компетенций естественным является использование различных симуляций, в том числе виртуальных пациентов [3].

Интеграция мультимедийных результатов диагностических исследований в информационную модель ЛДП – виртуальных пациентов – позволяет обучать принятию врачебных решений с учетом всей доступной информации о пациенте. Конечно, моменты принятия важных решений определяются особенностями ЛДП конкретного случая, но типично – это выбор информативных методов диагностических исследований, постановка диагноза, определение стратегии лечения. Именно эти основные типы врачебных решений определяют траекторию лечебно-диагностического процесса.

Основным достоинством симуляций является отсутствие угроз для жизни и здоровья пациентов, обеспечение их безопасности в случае ошибочных действий обучающихся или ятрогении [4]. Не требуется разрешения пациента на участие обучающегося в лечебно-диагностическом процессе, не нужно дожидаться появления в стационаре редкого случая заболевания, не нужно опасаться санкций страховой компании, если «что-то пойдет не так». Не менее важным преимуществом симуляций представляется защищенность врача или студента от юридических и финансовых последствий неверных решений. Эта технология избавляет обучающихся от страха диагностических ошибок, связанных с реальной опасностью для больных и ответственностью для врача.

Цель данной работы: использование мультимедийных результатов инструментальных методов исследования для формирования и проверки уровня принятия эффективных диагностических решений.

Материал и методы

Создание виртуальных пациентов невозможно без команды высокопрофессиональных специалистов в разных предметных областях: преподавателей по кардиологии, специалистов лучевой и функциональной диагностики, программных архитекторов, программистов и аналитиков. Виртуальный пациент как информационная модель лечебно-диагностического процесса является копией текстовой и мультимедийной диагностической и клинической информации [5].

При выборе архивной истории болезни для деперсонализации текстовых данных учитывались не только типичность или, напротив, редкость данного случая, но и наличие максимального набора результатов инструментальных исследований для демонстрации их возможности и роли в дифференциальной диагностике заболеваний. В ходе ЛДП возникает значительный массив мультимедийной диагностической информации – эхокардиография (ЭхоКГ), ультразвуковое исследование (УЗИ), электрокардиография (ЭКГ), коронарография, магнитно-резонансная томография (МРТ), ангиография и пр. Технологически в информационную структуру виртуального пациента могут быть интегрированы любые форматы мультимедиа – статичные изображения, аудио-, видеофайлы. Вся эта информация может быть важна для принятия врачебных решений; при этом неинформативные методы исследования приведут к увеличению финансовых затрат учреждения, не помогая врачу принять диагностическое решение.

При необходимости модель дополнялась релевантными по клинко-демографическим характеристикам исследованиями других пациентов. Опытные клиницисты обеспечили полноту и непротиворечивость информации о завершенных случаях заболевания. Для полной функциональности рейтинговой системы были получены экспертные оценки правильности вариантов врачебных решений методами инженерии знаний [6].

В зависимости от целей дальнейшего использования мультимедийные компоненты интегрировались в виртуальные симуляции с двумя разными траекториями предъявления информации обучающимся – линейной и разветвленной. Для создания цельного информационного образа и последующей Web-демонстрации виртуальных пациентов использовано программное обеспечение, зарегистрированное Федеральной службой по интеллектуальной собственности [7, 8].

Результаты и обсуждение

На первом этапе проекта мультимедийные компоненты были интегрированы в линейные модели ЛДП завершенных случаев заболевания, имеющие целью демонстрацию обучающимся врачебных решений. Все клинично-диагностические сведения о виртуальном пациенте дискретизованы на блоки, содержащие как текстовую, так и мультимедийную информацию. Результаты инструментальных

методов исследования становятся доступны обучающимся на закладках посещений, следующих за назначением исследований. Они предъявляются в виде сканированных записей ЭКГ, фрагментов записей ЭхоКГ, ангиографии, УЗИ сосудов, изображений рентгенограмм, томограмм и других визуализирующих методов исследования пациента (рис. 1). Каждый мультимедиа файл сопровождается текстовым заключением соответствующего специалиста (рис. 2).

Для демонстрации обучающимся деперсонализированных случаев кардиоваскулярной патологии линейная траектория предъявления и минимальная интерактивность (в виде возможности самостоятельного перемещения на разные этапы ЛДП) достаточны. Линейные виртуальные пациенты не подразумевают альтернативных вариантов развития событий, поскольку целью их использования в образовательном процессе является ознакомление обучающихся с эталонными путями принятия решений в представленных ситуациях.



Рис. 1. Мультимедийные результаты магнитно-резонансной томографии сердца
Fig. 1. Multimedia results of cardiac magnetic resonance imaging

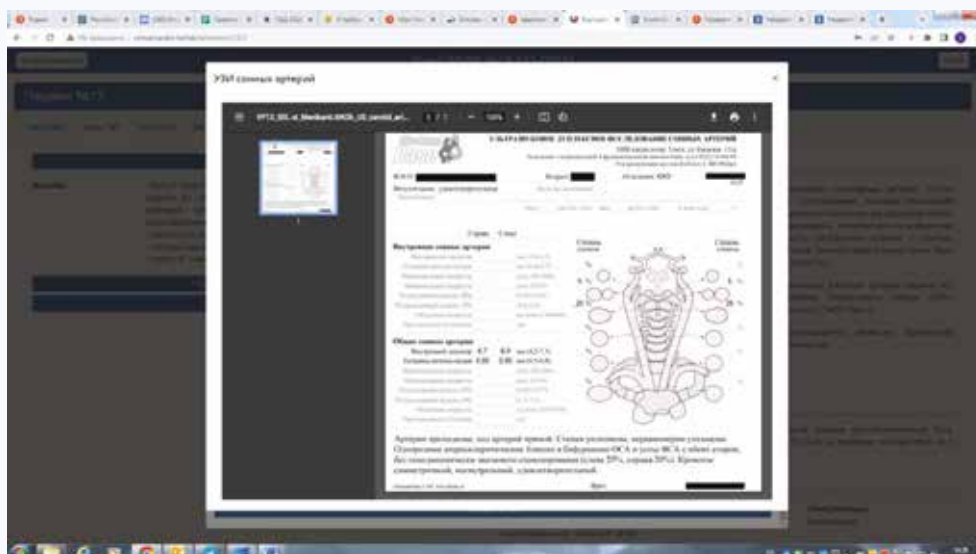


Рис.2. Заключение по ультразвуковому исследованию сонных артерий
Fig. 2. Conclusion on the carotid artery ultrasound study

Виртуальные пациенты с разветвленной траекторией предъявления информации могут содержать точки принятия решений, и от этих решений прямо зависит дальнейшее развитие кейса с разными вариантами исходов. Разветвленную траекторию могут иметь клинично-диагностические задачи (КДЗ), используемые в медицинском образовании. В зависимости от принимаемых решений течение болезни и состояние пациента постоянно меняются, что означает наличие альтернативных сценариев лечебно-диагностического процесса (траекторий решения КДЗ). В отличие от реального инвариантного лечения пациента в КДЗ реализованы варианты возможного течения заболевания после неверных решений обучающихся. Эта возможность «сослагательного» течения процесса особенно важна для формирования компетенций принятия врачебных решений при изучении КДЗ.

Мультимедийные компоненты, содержащие результаты инструментальных диагностических исследований пациентов, являющиеся частью статичных блоков информации КДЗ. Информация этих блоков необходима как основа для принятия обучающимися решений в интерактивном блоке. Обучающимся предъявляются списки вариантов решений, среди которых присутствуют как правильные, так и неправильные – полностью или частично. Чтобы обоснованно выбрать один/несколько вариантов из списка возможных, обучающийся должен проанализировать

всю предоставленную в статичных блоках информацию, в том числе мультимедийную. Пример заполнения интерактивного блока «Назначение инструментальных методов диагностики» представлен на рис. 3. При создании КДЗ для каждого варианта решения разработчик на основании экспертного мнения отмечает степень его правильности (в интервале от нуля до единицы) и прикрепляет файл с мультимедийными результатами исследования. Экспертные оценки близости выбранного варианта решения обучающегося к эталонному служат основой расчета частного рейтинга сформированности компетенции выбора инструментального метода исследования. Мы оцениваем не то, насколько адекватно обучающиеся понимают значение конкретного диагностического изображения, а их решения по диагнозу заболевания и выбору варианта его лечения.

Оценка сформированности компетенции принятия решений должна быть автоматизированной, максимально объективной и понятной как для обучающихся, так и для педагогов. Для клинично-диагностических задач авторами разработана рейтинговая система количественной оценки эффективности принятых решений. Компоненты рейтинговой системы в виде указания правильных вариантов решений, типов и размеров ошибок настраиваются в интерактивных блоках при создании КДЗ (рис. 4).

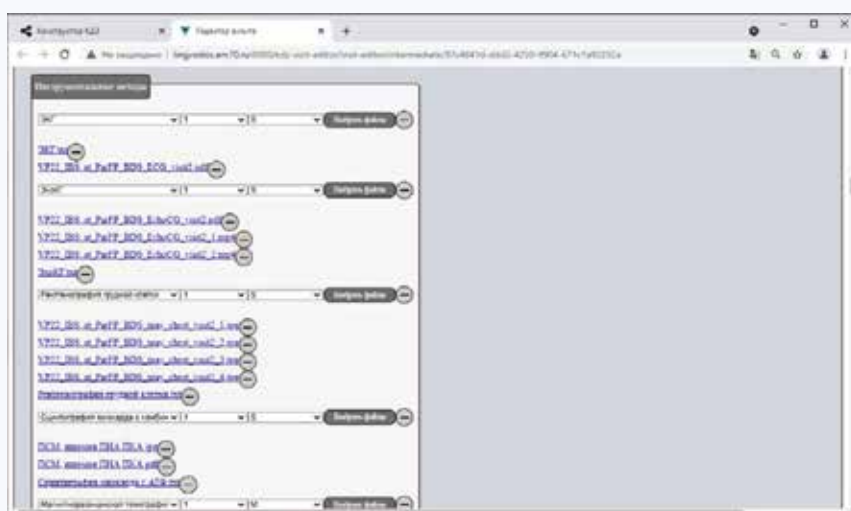


Рис. 3. Формирование интерактивного блока со списком вариантов решений
Fig. 3. Forming the interactive block with a list of solutions

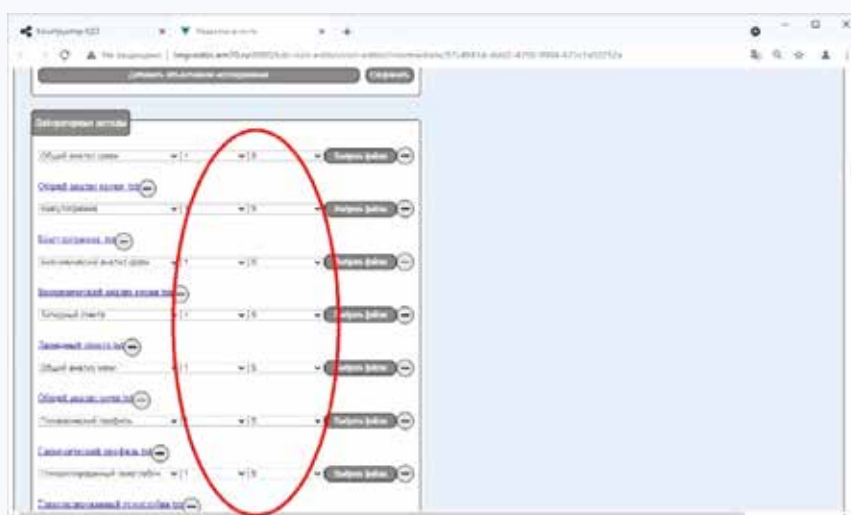


Рис. 4. Назначение рейтинговых коэффициентов для каждого варианта решений
Fig. 4. Assignment of rating coefficients for each variant of decision

Предложенная рейтинговая система основана на сравнении эффективности принятых обучающимся решений с эталонными вариантами выбора. Принятие решения – это любое действие обучающихся, не только выбор варианта решения, но и «невывор» каких-либо вариантов; назначение ненужного исследования является ошибкой, как и его неназначение. Принятие решений как в реальной жизни, так и в КДЗ происходит последовательно на протяжении всего лечебно-диагностического процесса. Поскольку каждое последующее решение основано на результатах ряда предыдущих, то хронологически первые решения являются наиболее важными и должны оцениваться строже, чем последующие. Для расчета рейтинга обучающихся мы используем мультипликативный подход, в рамках которого хронологически первое решение будет сильнее влиять на абсолютное значение персонального рейтинга, чем последующие, даже с такими же коэффициентами эффективности. Изначально значение рейтинга равно единице (100%), а вычисление финального значения происходит перемножением всех коэффициентов, связанных с выбранными вариантами решений. Совокупность коэффициентов определяется выбранной траекторией прохождения КДЗ, что обеспечивает полную интеграцию с рейтинговой системой. Значение этого частного рейтинга оценивает знания обучающихся современными методами диагностических исследований, а также навыки адекватного их выбора для конкретного кардиологического случая.

Обсуждение

Формирование врачебных компетенций в образовательном процессе путем многократного принятия решений в меняющихся условиях при действии на пациента разных факторов критически важно для здоровья и жизни больных и может быть эффективно реализовано через симуляционные технологии. Последние характеризуются определенным набором характеристик, весьма полезных в медицинском образовании:

– возможность формализации и стандартизации любого компонента клинической ситуации любой степени сложности. Используя симуляторы, можно формировать компетенции обучающихся, «погружая» их в абсолютно одинаковые ситуации, невзирая на уникальность и пациентов, и обучающихся;

– возможность многократного повторения одного и того же кейса, невзирая на уникальность пациентов и клинической ситуации;

– возможность использования случаев с редко встречающимися вариантами патологии для расширения компетенции и усиления мотивации обучающихся.

Все эти преимущества симуляционных технологий особенно рельефно видны в процедуре проверки уровня сформированности компетенций. Симуляции позволяют в значительной мере объективизировать оценки, формализовать их параметры и критерии, получить количественные оценки и использовать их для расчета индикаторов успешности обучения и сравнения.

В российской системе здравоохранения отсутствуют бумажные или электронные документы, интегрирующие всю информацию о результатах лечебно-диагностического процесса, которые можно использовать для формирования компетенций принятия решений и повышения квалификации врачей. Интеграция всех аспектов ЛДП в одной образовательной технологии, инкорпорирование мультимедийных диагностических компонентов в информационные модели виртуальных пациентов имеют фундаментальное значение для отечественного медицинского образования. Возможность Web-доступа к этому контенту является стратегической для образовательной технологии, а именно эту ИТ-основу мы применяли в разработке. Она позволит широко использовать виртуальных пациентов с мультимедийными диагностическими результатами для отработки навыков принятия решений в клинических дисциплинах, сформировать хранилища кейсов для использования в медицинском образовании без учета границ и географических расстояний.

Литература

1. Назаренко Г.И., Осипов Г.С. Основы теории медицинских технологических процессов. В 2 ч.: часть 1. М.: ФИЗМАТЛИТ; 2005:144.
2. Назаренко Г.И., Осипов Г.С. Основы теории медицинских технологических процессов. В 2 ч.: часть 2. М.: ФИЗМАТЛИТ; 2006:164.
3. Cook D.A., Triola M.M. Virtual patients: A critical literature review and proposed next steps. *Med. Educ.* 2009;43(4):303–311. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2008.03286.x.
4. Горшков М.Д., Мороз В.В., Евдокимов Е.А. Симуляционное обучение по анестезиологии и реаниматологии. М: ГЭОТАР-Медиа; РОСМЕД; 2014:312.
5. Аржаник М.Б., Карась С.И., Гракова Е.В., Васильцева О.Я., Корнеева Т.Б., Кара-Сал Э.Э. Методическое обеспечение дистанцион-

ного повышения квалификации врачей: опыт разработки. *Российский кардиологический журнал.* 2019;24(12):104–108. DOI: 10.15829/1560-4071-2019-12-104-108.

6. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Методы и модели. М.: Лань; 2021:324.
7. Дацюк В.В., Кара-Сал Э.Э., Карась С.И., Касинская Е.С., Колганов С.О., Кочетков С.Б. и др. Редактор виртуальных компьютерных симуляций лечебно-диагностического процесса. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021664879, 2021.
8. Дацюк В.В., Кара-Сал Э.Э., Карась С.И., Касинская Е.С., Колганов С.О., Кочетков С.Б. и др. Модуль обучения студентов на виртуальных компьютерных симуляциях лечебно-диагностического процесса. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021667713, 2021.

References

1. Nazarenko G.I., Osipov G.S. Fundamentals of the theory of medical technological processes. In 2 parts: part 1. Moscow: Phizmatlit; 2005:144. (In Russ.).
2. Nazarenko G.I., Osipov G.S. Fundamentals of the theory of medical technological processes. In 2 parts: part 2. Moscow: Phizmatlit; 2006:164. (In Russ.).
3. Cook D.A., Triola M.M. Virtual patients: A critical literature review and proposed next steps. *Med. Educ.* 2009;43(4):303–311. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2008.03286.x.
4. Gorshkov M.D., Moroz V.V., Evdokimov E.A. Simulation training in anesthesiology and resuscitation. Moscow: GEOTAR-Media; Rosomed; 2014:312. (In Russ.).

5. Arzhanik M.B., Karas S.I., Grakova E.V., Vasilitseva O.A., Korneeva T.B., Kara-Sal E.E. Methodology in cardiologists' postgraduate education. *Russian Journal of Cardiology.* 2019;(12):104–108. (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2019-12-104-108.
6. Gavrilova T.A., Kudryavtsev D.V., Muromtsev D.I. Knowledge engineering. Methods and Models. Moscow: Lan, 2021:324. (In Russ.).
7. Datsyuk V.V., Kara-Sal E.E., Karas S.I., Kasinskaya E.S., Kolganov S.O., Kochetkov S.B. et al. Editor of virtual computer simulations for the treatment and diagnostic process. Certificate of state registration of computer program № 2021664879, 2021. (In Russ.).
8. Datsyuk V.V., Kara-Sal E.E., Karas S.I., Kasinskaya E.S., Kolganov S.O., Kochetkov S.B. et al. Module for students training on virtual computer simulations of the treatment and diagnostic process. Certificate of state registration of computer program № 2021667713, 2021. (In Russ.).

Благодарности

Авторы благодарят руководство и сотрудников компании «Элекард-Мед» за эффективную программную реализацию проекта, а также выражают признательность Российскому фонду фундаментальных исследований за финансовую поддержку всех аспектов работы в 2019–2020 гг. в рамках выполнения гранта № 19-013-00231.

Информация о вкладе авторов

Карась С.И. – разработка концепции и дизайна, аналитическая работа, написание текста рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Завадовский К.В. – предоставление диагностических мультимедийных результатов, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Шелковникова Т.А. – предоставление диагностических мультимедийных результатов, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Гуляев В.М. – предоставление диагностических мультимедийных результатов, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Баев А.Е. – предоставление диагностических мультимедийных результатов, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Ваизов В.Х. – предоставление диагностических мультимедийных результатов, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Гракова Е.В. – конструирование компьютерных симуляций, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Балахонova М.В. – конструирование компьютерных симуляций, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Кара-Сал Э.Э. – аналитическая работа, написание текста рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Information on author contributions

Karas S.I. – development of study concept and design, analytical work, writing the text of the manuscript, and final approval of the manuscript for publication.

Zavadovsky K.V. – provision of diagnostic multimedia results, verification of critical intellectual content, and final approval of the manuscript for publication.

Shelkovnikova T.A. – provision of diagnostic multimedia results, verification of critical intellectual content, and final approval of the manuscript for publication.

Gulyaev V.M. – provision of diagnostic multimedia results, verification of critical intellectual content, and final approval of the manuscript for publication.

Baev A.E. – provision of diagnostic multimedia results, verification of critical intellectual content, and final approval of the manuscript for publication.

Vaizov V.Kh. – provision of diagnostic multimedia results, verification of critical intellectual content, and final approval of the manuscript for publication.

Grakova E.V. – design of computer simulations, verification of critical intellectual content, and final approval of the manuscript for publication.

Balakhonova M.V. – design of computer simulations, verification of critical intellectual content, and final approval of the manuscript for publication.

Kara-Sal E.E. – analytical work, writing the text of the manuscript, and final approval of the manuscript for publication.

Сведения об авторах

Карась Сергей Иосифович, д-р мед. наук, специалист отдела координации научной и образовательной деятельности, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук; профессор кафедры медицинской и биологической кибернетики, Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации. ORCID 0000-0001-6716-856X.
E-mail: ksi@cardio-tomsk.ru.

Завадовский Константин Валерьевич, д-р мед. наук, заведующий лабораторией радионуклидных методов исследования, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-1513-8614.
E-mail: Konstz@cardio-tomsk.ru.

Шелковникова Татьяна Александровна, канд. мед. наук, старший научный сотрудник, отделение рентгеновских и томографических методов диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0001-8089-2851.
E-mail: ffily@mail.ru.

Гуляев Всеволод Мильевич, канд. мед. наук, врач-рентгенолог кабинета спиральной компьютерной томографии, отделение рентгеновских и томографических методов диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0001-6191-1914.
E-mail: dr.milich@gmail.com.

Баев Андрей Евгеньевич, канд. мед. наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-8163-1618.
E-mail: stent111@mail.ru.

Information about the authors

Sergey I. Karas, Dr. Sci. (Med.), Specialist of the Department for Research and Training Coordination, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences; Professor, Department of Medical and Biological Cybernetics, Siberian State Medical University. ORCID 0000-0001-6716-856X.
E-mail: ksi@cardio-tomsk.ru.

Konstantin V. Zavadovsky, Dr. Sci. (Med.), Head of Department of Nuclear Medicine, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-1513-8614.
E-mail: Konstz@cardio-tomsk.ru.

Tatyana A. Shelkovnikova, Cand. Sci. (Med.), Senior Research Scientist, Department of Radiology and Tomography, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0001-8089-2851.
E-mail: ffily@mail.ru.

Vsevolod M. Gulyaev, Cand. Sci. (Med.), Radiologist, Spiral Computed Tomography Department, Department of Radiology and Tomography, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0001-6191-1914.
E-mail: dr.milich@gmail.com.

Andrey E. Baev, Cand. Sci. (Med.), Cardiologist, Head of Department of Invasive Cardiology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-8163-1618.
E-mail: stent111@mail.ru.

Valery Kh. Vaizov, Cand. Sci. (Med.), Physician, Functional Diagnostics Department, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0003-0004-7717.
E-mail: vykh@cardio-tomsk.ru.

Ваизов Валерий Харисович, канд. мед. наук, врач отделения функциональной диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-0004-7717.

E-mail: vykh@cardio-tomsk.ru.

Гракова Елена Викторовна, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, отделение патологии миокарда, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-4019-3735.

E-mail: Vgelen1970@gmail.com.

Балахонова Мария Вячеславовна, канд. мед. наук, доцент кафедры кардиологии, Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации.

E-mail: maria_balakhonova@mail.ru.

Кара-Сал Эрес Эртинеевич, магистрант, Национальный исследовательский Томский политехнический университет. ORCID 0000-0003-3184-4268.

E-mail: eres_karasal@mail.ru.

 **Карась Сергей Иосифович**, e-mail: ksi@cardio-tomsk.ru.

Elena V. Grakova, Dr. Sci. (Med.), Leading Research Scientist, Department of Myocardial Pathology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0003-4019-3735.

E-mail: Vgelen1970@gmail.com.

Maria V. Balakhonova, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Cardiology, Siberian State Medical University.

E-mail: maria_balakhonova@mail.ru.

Eres E. Kara-Sal, Master's Student, National Research Tomsk Polytechnic University. ORCID 0000-0003-3184-4268.

E-mail: eres_karasal@mail.ru.

 **Sergey I. Karas**, e-mail: ksi@cardio-tomsk.ru.

Received February 18, 2022

Поступила 18.02.2022