



<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-2-311-321>
УДК 616.12-07-08:004.946:004.7

Формирование и оценка врачебных компетенций на виртуальной модели лечебно-диагностического процесса в кардиологии

С.И. Карась^{1,2}, М.Б. Аржаник³, Е.В. Гракова², М.В. Балахонова³

¹ Самарский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, 443099, Российская Федерация, г. Самара, ул. Чапаевская, 89

² Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, 634012, Российская Федерация, г. Томск, ул. Киевская, 111а

³ Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, 634050, Российская Федерация, г. Томск, Московский тракт, 2

Аннотация

Значительную часть профессиональных врачебных компетенций можно рассматривать в рамках одной емкой и важнейшей в клинической практике компетенции принятия диагностических и лечебных решений, при этом средств удаленного формирования навыков принятия клинко-диагностических решений крайне мало. Технология виртуальных пациентов (ВП) как цифровых моделей лечебно-диагностического процесса (ЛДП) позволяет делать это.

Цель исследования: разработка методического обеспечения удаленного формирования, совершенствования и оценки навыков принятия врачебных решений в кардиологии.

Материал и методы. Материалом для создания виртуальных моделей ЛДП являлась клинко-диагностическая информация из разных источников. Для разработки технического задания на создание ВП были привлечены квалифицированные кардиологи, использованы индивидуальные и групповые коммуникативные методы инженерии знаний. В результате этой работы создано 50 ВП линейной структуры и 10 – разветвленной. Для реализации технического задания использовано программное обеспечение: Java Script (framework Vue.js), Twitter bootstrap, система управления базами данных PostgreSQL.

Результаты. На первом этапе выполнения проекта был создан Web-ресурс, на котором цифровые неинтерактивные модели ЛДП были представлены в линейной модели. На втором этапе проекта была разработана интерактивная разветвленная модель ЛДП. Она отражает все этапы принятия решений – от поступления в стационар до выписки пациента – и позволяет обучающимся анализировать не существовавшие в реальности варианты ЛДП, демонстрирующие «как могло бы быть, если...». Среди интерактивных блоков модели эксперты выделили те, что могут привести к изменению траектории ЛДП (триггерные блоки). Для оценки эффективности врачебных решений разработана рейтинговая система, позволяющая определить не только общий, но и частные персональные рейтинги обучающегося для определенных категорий врачебных решений.

Заключение. В исследовании предложена методология удаленного формирования и оценки клинко-диагностических компетенций врача, которая реализована в формате виртуальных моделей ЛДП.

Ключевые слова:	цифровые модели, виртуальные пациенты, принятие решений, врачебные компетенции, Web-технологии, дистанционное образование, рейтинговая система.
Конфликт интересов:	авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Прозрачность финансовой деятельности:	работа частично поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 19-013-00231).
Для цитирования:	Карась С.И., Аржаник М.Б., Гракова Е.В., Балахонова М.В. Формирование и оценка врачебных компетенций на виртуальной модели лечебно-диагностического процесса в кардиологии. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2023;38(2):311–321. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-2-311-321 .

Formation and assessment of medical competencies on a virtual model of the treatment and diagnostic process in cardiology

Sergey I. Karas^{1,2}, Marina B. Arzhanik³, Elena V. Grakova²,
Maria V. Balakhonova³

¹ Samara State Medical University,
89, Chapayevskaya str., Samara, Russian Federation, 443099

² Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia,
111a, Kievskaya str., Tomsk, Russian Federation, 634012

³ Siberian State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,
2, Moskovsky trakt, Tomsk, Russian Federation, 634050

Abstract

Background. It is the competence of making diagnostic and therapeutic decisions that is the most important in clinical practice. Digital model of treatment and diagnostic process (TDP) allows provide the remote formation of skills for decision-making.

Aim: To provide the methodological support of remote formation of competences, to improve and assess the skills of medical decision-making in cardiology.

Methods. Clinical and diagnostic information from different sources was the material for creating virtual models of TDP. Skilled cardiologists were involved to develop technical specification; knowledge engineering methods were used. Fifty virtual patients with linear structure and ten with branched structure were developed. Technical specification was implemented using Web technologies – JavaScript (framework Vue.js), Twitter bootstrap, PostgreSQL.

Results. In the first phase of this project only a Web-resource was created. All digital models of patients' TDP were placed in a linear order without any interactivity. To assess the effectiveness of medical decisions in the second phase of the project, branched TDP model with interactivity was created. It covers all stages of medical decision-making: from the patient hospital admission to his discharge. Besides the real invariant treatment of the patient, the model includes "subjunctive" process variants – "how could it be if ...". Among the interactive blocks, experts considered those leading to a change in TDP trajectory. We named them as "trigger" blocks, where the decisions influence upon TDP outcome. To assess the effectiveness of decision-making by learners, the rating system has been developed. It makes it possible to calculate not only general, but also particular personal ratings for certain categories of medical and diagnostic decisions.

Conclusion. This study suggests the methodology for remote formation and evaluation of doctor's competencies, which is implemented in the format of virtual TDP models.

Keywords:	digital modeling, virtual patients, decision-making, medical competencies, Web technologies, distance learning, rating system.
Conflict of interest:	the authors do not declare a conflict of interest.
Financial disclosure:	this research is partly supported by Russian Foundation for Basic Research (grant No. 19-013-00231).
For citation:	Karas S.I., Arzhanik M.B., Grakova E.V., Balakhonova M.V. Formation and assessment of medical competencies on a virtual model of the treatment and diagnostic process in cardiology. <i>The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2023;38(2):311–321. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-2-311-321 .

Введение

Компетентностный подход в медицинском образовании преобладает в большинстве развитых стран, в т. ч. в Российской Федерации [1, 2]. Лечебно-диагностический процесс (ЛДП) в учреждениях здравоохранения можно рассматривать как последовательное принятие решений разного типа в условиях наличия нечеткой, неполной, противоречивой информации и даже в условиях ее отсутствия. Компетенция врача – это способность решать определенный класс профессиональных задач, способ-

Introduction

Competence-based approach in medical education prevails in most developed countries, including Russian Federation [1, 2]. The treatment and diagnostic process (TDP) in healthcare institutions can be considered as a consistent decision-making of various types in fuzzy, incomplete, conflicting information, and even in its absence. Medical competence is an ability to solve certain professional tasks, to

ность применять с этой целью знания, умения, навыки, а также личностные качества [3].

Значительную часть профессиональных врачебных компетенций можно обозначить в рамках одной емкой и важнейшей в клинической практике компетенции принятия диагностических и лечебных решений. Формирование основных клиничко-диагностических компетенций происходит именно в ходе решения проблем пациентов; в этих же условиях должна осуществляться проверка уровня их сформированности [4]. В силу этого медицинское образование – процесс формирования компетенции принятия врачебных решений, а повышение квалификации – процесс ее совершенствования.

Эти процессы усложняются в условиях географического разобщения вуза и обучающихся, особенно для клинических областей медицины [5, 6]. Средств удаленного формирования навыков принятия клиничко-диагностических решений крайне мало. Технология виртуальных пациентов (ВП) как цифровых моделей ЛДП – одна из немногих в дистанционном медицинском образовании, которая позволяет делать это [7].

В Российской Федерации ВП реализованы на портале непрерывного медицинского и фармацевтического образования Минздрава, где размещены интерактивные клинические ситуации и тренажер оказания неотложной помощи с удаленным доступом [8]. Другой вариант интерактивных ситуационных задач предлагается методическим центром аккредитации специалистов Первого Московского медицинского университета имени И.М. Сеченова [9].

В Томске есть свой опыт создания мультимедийных информационных моделей ЛДП (виртуальных кардиологических пациентов) [10]. Конечно, определенная геймификация в модельных ситуациях принятия решений неизбежна, но мы сторонники минимизации этой грани моделирования. В реализации виртуальных пациентов мы постарались сделать акцент именно на переработке клиничко-диагностической информации и ментальном принятии решений, оставив в стороне мануальный и коммуникативный аспекты этой компетенции.

Цель данного исследования: идеологическое и методическое обеспечение удаленного формирования, совершенствования и оценки навыков принятия врачебных решений.

Материал и методы

Исследование проведено в кардиологии – достаточно формализованной и инструментально насыщенной области здравоохранения. Материалом для создания виртуальных моделей ЛДП являлась клиничко-диагностическая информация из разных источников. Основой модели стали архивные истории болезни, отражающие сведения о стационарном лечении конкретного пациента. Эта информация была дополнена текстовой и мультимедийной информацией о результатах лабораторных и инструментальных диагностических исследований. Так был сформирован цифровой след всех электронных медицинских записей о пациенте, имеющих отношение к конкретному эпизоду заболевания.

Для разработки технического задания на создание модели ЛДП были привлечены квалифицированные кардиологи, имеющие значительный опыт образовательной деятельности. С ними были проведены многочисленные сеансы работы. Использованы индивидуальные и груп-

apply knowledge, skills, and personal wealth for this purpose [3].

It is the competence of making diagnostic and therapeutic decisions that is the most important in clinical practice. Significant part of professional medical competencies can be identified within it. The formation of basic clinical and diagnostic competencies occurs namely in the course of solving patients' problems. The formation level should be checked under the same conditions [4]. Thus, medical education is the process of medical decision-making competence forming, and advanced training is the process of its improvement.

These processes become more complicated due to geographical distance between the university and learners, especially for the clinical medicine areas [5, 6]. There are very few technologies of remote formation of skills for making clinical diagnostic decisions. The virtual patient (VP), as digital model of TDP is one of the few in distance medical education, which allows doing this [7].

In the Russian Federation, VPs are implemented on the portal of continuous medical and pharmaceutical education of the Ministry of Healthcare, where interactive clinical situations and an emergency care simulator with remote access are hosted [8]. Another variant of interactive situation tasks is offered by the methodological center for accreditation of specialists in I.M. Sechenov First Moscow State Medical University [9]. Tomsk has its own experience in creating multimedia information models of TDP (virtual cardiologic patients) [10]. Some gamification in a model of decision-making situations is, surely, inevitable, but we work for minimization of this simulation facet. Implementing virtual patients, we focused namely on the processing of clinical diagnostic information and mental decision-making, leaving the manual and communicative aspects of this competence.

The aim is to provide the ideological and methodological support of remote formation of competences, to improve and assess the skills of medical decision-making.

Material and Methods

The study was carried out in cardiology. It is formalized enough and instrumentally saturated area of health care. Clinical and diagnostic information from various sources was the material for creating virtual models of TDP. This model was based on archival medical records of the patient hospitalization. It was completed with textual and multimedia information about the results of laboratory and instrumental diagnostic studies. Thus, a digital footprint of all electronic patient's medical records related to specific disease episode was formed.

Skilled cardiologists with significant educational experience were involved to develop technical specifications for the creation of TDP model. Numerous working sessions were carried out with them. There were used the individual and group communicative methods of knowledge engineering: questionnaires, brainstorming,

повые коммуникативные методы инженерии знаний: анкетирование, мозговой штурм, структурированное интервью, критический обзор, метод Дельфи для анонимного заочного согласования оценок. Формализация текстовой информации осуществлялась в специально созданных шаблонах, мультимедийной – в виде файлов соответствующих форматов. Техническое задание реализовано с использованием Web-технологий – Java Script (framework Vue.js) и Twitter bootstrap; для создания базы данных использована система управления базами данных PostgreSQL. Интерфейсы виртуальных моделей ЛДП рассчитаны на русскоговорящего пользователя, размещены на сервере с возможностью удаленного создания новых моделей и удаленного доступа к имеющейся информации.

Результаты

На первом этапе развития проекта создан Web-ресурс, где в линейном порядке размещены все электронные медицинские записи о пациенте. Для удобства доступа к клинко-диагностической информации в непрерывном течении ЛДП выделены дискретные модули, которые визуальны на экранной форме обозначены закладками (рис. 1). Критериями выделения очередного клинко-диагностического модуля являются изменение состояния здоровья пациента, проведение медицинских манипуляций, появление информации об их результатах. В данном варианте ВП представлены все аспекты ЛДП: информация об анамнезе пациента, данные физикально-исследования, результаты лабораторных и инструментальных методов, процесс диагностики, назначение терапевтического или хирургического лечения, рекомендации пациенту после выписки из стационарного отделения.

structured interviews, critical review, Delphi method for anonymous agreement evaluation. Formalization of textual information was carried out in specially created templates, and multimedia – in appropriate files. Technical specifications were implemented using Web technologies – Java Script (framework Vue.js) and Twitter bootstrap. Open software PostgreSQL was used to create the relational database. The interfaces of virtual models of TDP are designed for a Russian-speaking user, placed on a server with the possibility of remote creation of new models and remote access to existing information.

Results

In the first phase of the project development only a Web-resource was created. All digital models of patients' TDP were placed in a linear order without any interactivity. For easy access to clinical and diagnostic information in the continuous course of TDP, there were identified discrete modules visually indicated on the screen form with tabs (fig. 1). The criteria for selecting another clinical diagnostic module are changes in the patient's health status, medical procedures, and their results. In this VP variant, all aspects of the TDP are presented: patient history, physical data, investigations, diagnostics, prescription of medical or surgical treatment, post-discharge recommendations to the patient. Information modules can be considered analogous to the patient's contact with the medical staff, followed by the making diagnostic and therapeutic decisions.

Рис. 1. Дискретные модули лечебно-диагностического процесса в виде закладок на экранной форме виртуального пациента
Fig. 1. Discrete treatment and diagnostic process modules as tabs on the virtual patient screen form

Информационные модули можно считать аналогами контакта пациента с медицинским персоналом, за которым следует принятие диагностических и лечебных решений. Данная модель имеет единственную (линейную) траекторию, реализованную в жизни ранее и неизменяемую в ходе изучения случая. Обучающиеся не могут принимать какие-либо решения, поскольку цель данной неинтерактивной виртуальной модели ЛДП – демонстрация реализованного кейса в качестве иллюстрации «как было».

Для оценки эффективности врачебных решений на втором этапе проекта была создана разветвленная модель ЛДП, которая охватывает все этапы принятия врачебных решений: от момента поступления пациента в стационар до его выписки. Кроме реального инвариантного лечения пациента модель включает «сослагательные» варианты процесса – «как могло бы быть, если...». Это «если...» возникает при условии принятия решений, отличающихся от сделанных ранее в реальности. Диапазон таких решений может быть широк – от недостаточно эффективных до абсолютно ошибочных. Одни «неэталонные» решения могут привести лишь к тратам ресурсов, другие – к выбору неверного метода диагностики и неправильной стратегии лечения. В результате все виртуальные модели этого этапа проекта имеют разветвленную траекторию, а схемой заверщенного ЛДП вместе с его нереализованными вариантами является граф (рис. 2). Узлы графа – информационные модули с аналогичными первому этапу критериями дискретизации и сложной внутренней структурой.

Контент узлов представлен двумя вариантами. В статичных блоках содержится текст или медиа файлы, необходимые для принятия обучающимися решений на данном этапе ЛДП. К статичным блокам относятся сведения об анамнезе, жалобах и результатах осмотра пациента, его роста-весовых характеристиках, текстовые и мультимедийные результаты исследований ВП и консультации специалистов (рис. 3).

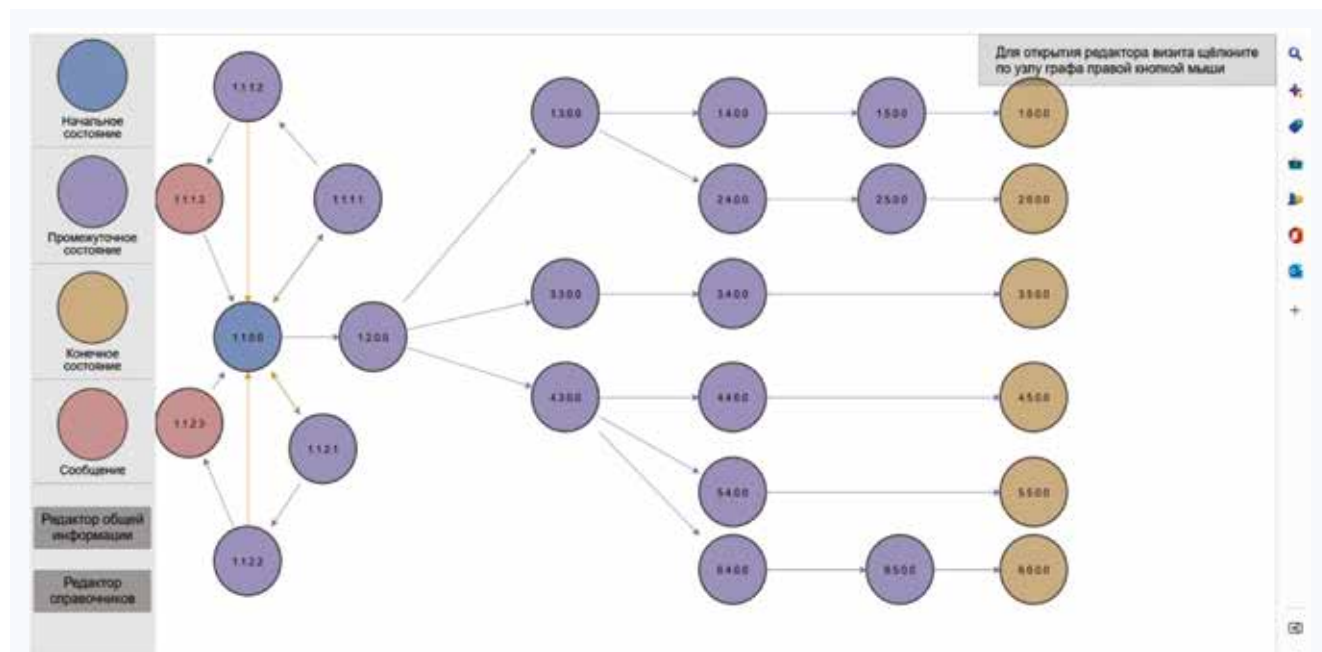
This model has a single (linear) trajectory, implemented in life earlier and unchanged during the case study. Learners cannot make any decisions, since the purpose of this non-interactive virtual TDP model is to demonstrate the implemented case as an illustration of “as it was”.

To assess the effectiveness of medical decisions in the second phase of the project, a branched TDP model was created. It covers all stages of medical decision-making: from the moment of the patient hospital admission to his discharge. Besides the real invariant treatment of the patient, the model includes “subjunctive” process variants – “how could it be if ...”. “If ...” arises in making decisions that differ from those made earlier in real life. The range of such decisions can be wide – from insufficiently effective to completely erroneous. Some “non-reference” decisions can lead to a waste of resources, others – to the choice of the wrong diagnostic method and the treatment strategy.

As a result, all virtual models of this project stage have a branched trajectory, and the diagram of the completed TDP with its unrealized options is the graph (fig. 2). Graph nodes are information modules with discretization criteria similar to the first phase and complex internal structure.

Node content is presented in two variants. Static blocks contain text or media files necessary for learners to make decisions at this stage of TDP. Static blocks include patient history, complaints and examination results, his height and weight, text and multimedia results of VP studies and expert advice (fig. 3).

In interactive blocks, learners should make certain decisions (fig. 4). All tasks are presented with lists of possible correct and wholly or partially incorrect



Информация о пациенте

Анамнез жизни
Впервые повышение АД зарегистрировано в 58 лет (2016 г.). С этого периода регулярно принимает лекарственную терапию. Приступы стенокардии стали беспокоить с весны 2016 г., а в декабре 2016 г. впервые инфаркт миокарда без Q-волн, период болевой стихает. КИМ в этот период не проводился. Обследован в НИИ кардиологии через 4 мес., проведена коронарография, выявлено 3-х сосудистое стенозирующее поражение сосудов сердца. 05.04.2017 г. выполнена операция МКАД ПКА, АКШ ПКА и ВТА. Госпитализирован в настоящее время (2018 г.) в связи с частыми подъемами АД до макс. АД 240/120 мм рт. ст.; при дозах препаратов АД 150-160/90 мм рт. ст.; снижением переносимости физических нагрузок в течение последних 6 мес. В терапии, с целью усиления гипотензивного эффекта, добавили пресартрум, но это не привело к нормализации АД, при этом отмечалась слабость, в по данным биохимического анализа крови – тенденция к увеличению уровня креатинина крови.

Анамнез заболевания
Место рождения – Кемерово. Родился – нормально, обречение – полное. Служба в армии – в воинской части. Работает главным инженером в энергетической промышленности. Условия труда, профессиональные вредности – психоэмоциональное напряжение. Семейное положение в настоящее время – женат, детей нет. Живет в благоустроенном жилье, питание регулярное. ВРЕДНЫЕ ПРИВЫЧКИ: Не курит, бросил в 2009 г., до этого курил до 2 пачек в день. Употребление алкоголя, в каком количестве – до 0,5 л некрепкого вина. Наркотики, употребление наркотиков – отрицает. Гемодинамический анамнез за последние 6 месяцев – не было АЛГОРИТМИЧЕСКИХ изменений в отношении заболевания. Заболевание родственником: Мама – умерла в 86 лет. Отец – умер в 89 лет, от чего не знает, был ранен в период Великой Отечественной войны.

Фармакологический анамнез
В течение последних 3-х мес. принимает фторесид 40 мг, бисопролол 5 мг, амлодипин 5 мг, плавило 75 мг, кардиолонг 75 мг, аторис 20 мг, дозировки 4 мг.

Наименование	Величина
ЧДТ	34,6
С. пов.	7,133
Сред. б.с.р.	117
Тест 6 м. х.	405
Курит	Нет
Пьет	Нет
Зависит от наркотических веществ	Нет
Зависит от лекарственных веществ	Нет

Рис. 3. Статические блоки информации, необходимой для принятия решений
Fig. 3. Static blocks of information required for decision making

В интерактивных блоках обучающиеся должны принимать определенные решения (рис. 4). Для этого им предъявляются списки возможных вариантов решений, среди которых присутствуют как правильные, так и неправильные – полностью или частично. Интерактивными свойствами обладают блоки информации для принятия обучающимися следующих решений:

- выбор стратегии лечения,
- постановка диагноза,
- назначение инструментальных и лабораторных методов исследования,
- назначение консультаций узких специалистов,
- назначение лекарственных препаратов, режима и диеты,
- назначение рекомендаций при выписке.

decisions. Information blocks have interactive properties for learners to make the following decisions:

- choice of treatment strategy,
- diagnosis,
- choice of instrumental and laboratory research methods,
- prescription of specialist physicians advice,
- prescription of drugs, regimen and diet,
- recommendations at discharge.

Thus, the information is presented in static blocks. The choice of a decision is carried out from the list of possible options in interactive blocks of the module. Lists of decision options can be of two types – global (already existing and relevant for all models in a given

Инструментальные методы

- ☐ Ангиография почечных артерий
- ☐ Бисопролол
- ☐ Велоэргометрия
- ☐ Вентрикулярно-перфузионная сцинтиграфия легких
- ☐ Внутрисердечное ЭКГ
- ☐ Доплеровская сцинтиграфия почек
- ☐ Коронароангиография
- ☐ Магнитно-резонансная томография головного мозга
- ☐ Магнитно-резонансная томография грудного отдела
- ☐ МРТ почек
- ☐ МСКТ почек
- ☐ Мультиплотная компьютерная томография коронарных артерий
- ☐ Оценка дилатации желудочка ЛПЖ в базальной систолической фазе в грудной клетке во ВЭС
- ☐ Перфузионная сцинтиграфия миокарда с комбинированной нагрузкой (ВЭМ + АТФ)
- ☐ Рентгенография (туннельная)
- ☐ Спиральная компьютерная томография головного мозга
- ☐ Спиральная компьютерная томография поджелудочной
- ☐ Спиральная компьютерная томография органов грудной клетки
- ☐ Спирометрия
- ☐ Спирот-ЭхоКТ
- ☐ Суточное мониторирование АД
- ☐ Сцинтиграфия миокарда с комбинированной нагрузкой (ВЭМ + АТФ)
- ☐ Сцинтиграфия миокарда в ВЭМ
- ☐ Сцинтиграфия почек
- ☐ Сцинтиграфия щитовидной железы
- ☐ Тест толерантности к физической нагрузке (ВЭМ-тест)
- ☐ Тест шенноуэвской методики
- ☐ Тренинг-тест
- ☐ УЗДГ артерий верхней конечностей

Рис. 4. Интерактивные блоки информации для принятия обучающимися решений
Fig. 4. Interactive blocks of information for learners to make decisions

Таким образом, предъявление информации происходит в статичном блоке, а выбор решения осуществляется из списка возможных вариантов в интерактивном блоке модуля. Списки вариантов решений могут быть двух типов – глобальные (уже существующие и актуальные для всех моделей в данной предметной области) и локальные (формируемые разработчиком для конкретной модели при ее создании). К глобальным, например, относятся списки методов исследования, режимов, вариантов диеты; к локальным – списки диагнозов, препаратов, вариантов проведения операции. Среди интерактивных блоков эксперты определили те, которые могут привести к изменению траектории ЛДП (рис. 5). Мы обозначили их как «триггерные» блоки, от решений в которых зависит исход ЛДП в целом. Такая возможность реализована для выбора стратегии лечения, постановки диагноза, вариантов проведения хирургической операции.

subject area) and local (formed by the developer for a specific model when it is created). For example, global lists include research methods, regimens, diet options; local ones - lists of diagnoses, drugs, surgeries options.

Among the interactive blocks, experts considered those leading to a change in TDP trajectory (fig. 5). We named them as “trigger” blocks, where the decisions influence upon TDP outcome. This possibility is implemented for choice of a treatment strategy, diagnosis, and a surgical option.

To assess the effectiveness of decision-making by learners in this project, **a rating system** has been developed based on the following principles:

1. Rating assessment of decision-making competence should be automated and quantitative.

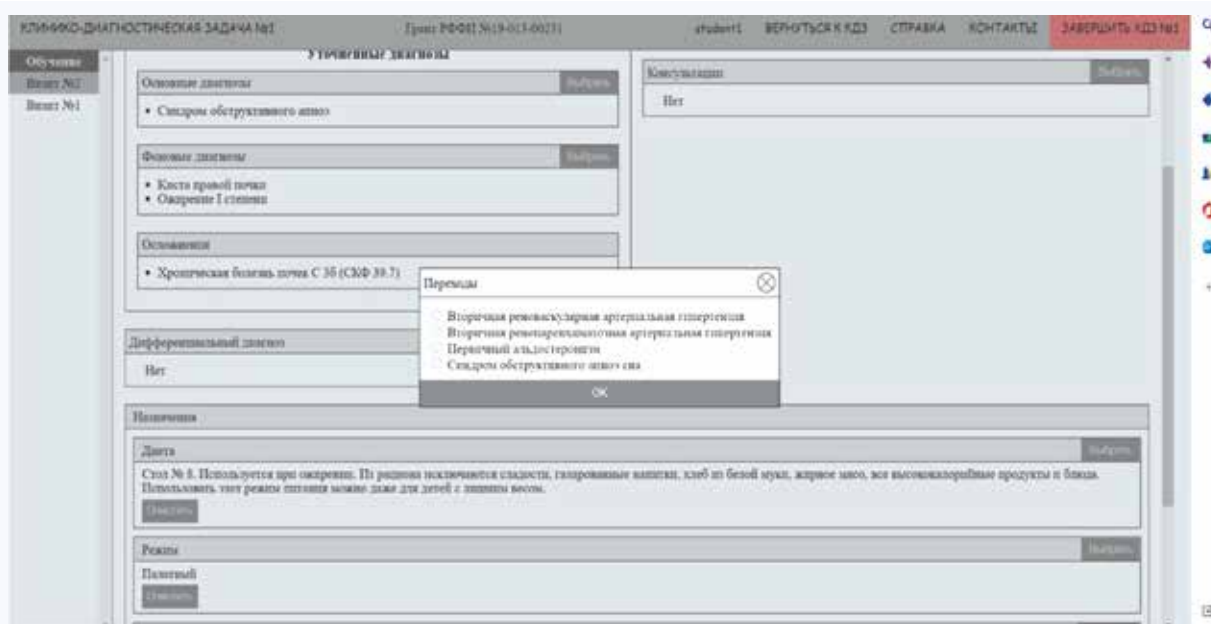


Рис. 5. Триггерный интерактивный блок, меняющий траекторию лечебно-диагностического процесса
Fig. 5. Trigger interactive block changing treatment and diagnostic process trajectory

Для оценки эффективности принятия решений обучающимися в данном проекте разработана рейтинговая система, основанная на следующих принципах и подходах:

1. Рейтинговая оценка компетенции принятия решений должна быть автоматизированной и количественной.

2. Персональный рейтинг (ПР) обучающихся оценивает сформированность компетенции принятия решений. Отсутствие ошибок во врачебной деятельности – это нормальная работа хорошего врача. Поэтому за принятие верных решений обучающиеся не поощряются. Любое неоптимальное решение снижает эффективность ЛДП, за этим следует понижение ПР.

3. К неоптимальным решениям мы относим как выбор эффективного варианта решения, так и выбор неэффективного варианта. Например, ошибкой является как неназначение нужного исследования, так и назначение ненужного.

4. Каждый вариант решения связан с числовым коэффициентом, отражающим эффективность именно этого

2. Personal rating (PR) of learners assesses the formation of decision-making competence. The absence of errors in medical practice is the standard work of a good doctor. Thus, learners are not encouraged for making the right decisions. Any non-optimal decision reduces the TDP effectiveness, followed by PR decrease.

3. We consider both the non-choice of an effective decision variant and the choice of an inefficient variant as non-optimal decisions. Thus, error is both the non-assignment of the necessary study and the assignment of unnecessary one.

4. Each decision variant is associated with a numerical coefficient reflecting the efficiency of this particular variant. Efficiency coefficient values vary from 0 to 1. The certain coefficient value is determined by an expert assessment of decision taken effectiveness, its impact on a patient's state and resources of the healthcare system.

варианта. Значения коэффициентов эффективности варьируют от 0 до 1. Конкретное значение коэффициента определяется экспертной оценкой эффективности принятого решения, его влиянием на состояние пациента и ресурсы системы здравоохранения.

5. Важен анализ совокупности всех решений обучающихся в ходе изучения кейса. Вычисление ПР компетенции принятия решений происходит путем перемножения всех коэффициентов эффективности, связанных с выбранными решениями (мультипликативный подход). Чем выше персональный рейтинг, тем эффективнее совокупность принятых обучающимися решений в конкретном кейсе.

6. Каждое решение относится к определенной категории. Итоговый рейтинг может быть вычислен как интегрально для всего кейса, так и для каждой категории решений отдельно.

Варианты решений выбираются в интерактивных блоках узлов модели, поэтому совокупность коэффициентов эффективности полностью определяется траекторией прохождения кейса. По мере решения кейса ПР автоматически вычисляется как произведение коэффициентов эффективности всех решений, принятых обучающимся. Поскольку каждое последующее решение основано на результатах ряда предыдущих, то хронологически первые ошибочные решения являются наиболее важными и должны оцениваться строже, чем последующие. Именно применение мультипликативного подхода обеспечивает то, что первая ошибка будет сильнее влиять на текущее значение рейтинга, чем последующие ошибки с такими же коэффициентами эффективности. Данная особенность мультипликативного метода больше подходит для оценивания компетенции принятия последовательных врачебных решений, чем аддитивный способ, основанный на суммировании баллов.

До принятия первого решения персональный рейтинг любого обучающегося равен единице (100%). В дальнейшем в случае принятия верных решений он не меняется, а неверные решения снижают ПР. Это означает, что если выбранный вариант решения в данной ситуации максимально эффективен, он имеет коэффициент 1,0. Чем больше от решения обучающегося ущерб здоровью пациента и/или чем больше ресурсов учреждения здравоохранения будет необоснованно истрачено, тем ниже коэффициент эффективности этого варианта решения.

Важен вопрос о количественной оценке эффективности выбранного решения. Субъективность экспертной точки зрения при выборе коэффициентов в каждом случае, конечно, возможна, но ее значение нивелируется значительным количеством последовательных решений в рамках каждого кейса и согласованием мнений между разными экспертами. Для быстрой настройки рейтинговой системы на первом этапе создания модели ЛДП использована ранговая шкала экспертных оценок, которые в дальнейшем замещаются количественными.

Нами использованы четыре оценки степени неполной эффективности решений:

XS – незначительная, коэффициент эффективности от 0,97 до 0,99 (например, выбор ненужных методов исследования, не влияющих на состояние здоровья пациента, но приводящих к затратам ресурсов).

S – малая, коэффициент эффективности от 0,9 до 0,96 (например, выбор ненужных методов исследования, влияющих на состояние здоровья пациента или невыбор нужного метода).

5. Complex of all learners' decisions in the case studying is important to be analyzed. The calculation of PR of a decision-making competence occurs by multiplying all the efficiency coefficients associated with the selected decisions (multiplicative approach). The higher the personal rating, the more effective decisions made by learners in a particular case.

6. Each decision belongs to a certain category. The final rating can be calculated both integrally for the whole case and for each decision category separately.

Variants of decisions are selected in interactive blocks of model nodes. Thus, the set of efficiency coefficients is completely determined by the case trajectory of the case. After case solving, PR is automatically calculated as multiplication of efficiency coefficients of all decisions made by a learner. Since each subsequent decision is based on the results of a number of previous ones, chronologically, the first wrong decisions are the most important and should be assessed more strictly than subsequent ones. It is the multiplicative approach that ensures that the first error will have a stronger influence on the current rating value than subsequent errors with the same efficiency coefficients. This feature of the multiplicative method is more suitable for assessing the competence of making consistent medical decisions than the additive method based on the summation of scores.

Before the first decision is made, the personal rating of a learner is one (100%). Later, it does not change, if only right decisions are made. Wrong decisions reduce the PR. This means that if the chosen decision in this situation is the most effective, it has a coefficient of 1.0. The more damage to health of a patient from a learner's decision and / or the more resources of the healthcare institution will be unreasonably spent, the lower coefficient of effectiveness of this decision.

Quantitative evaluation of the results is a big issue. Choosing the coefficients each time, the subjectivity of the expert point of view is, surely, possible. However, it is leveled by a significant number of sequential decisions within each case and the concurrence of opinions between different experts. A rank scale of expert assessments was used, replaced further by quantitative ones, to set up quickly the rating system at the first stage of TDP model creation.

We used four ranks for the degree of incomplete decision effectiveness:

XS – insignificant, efficiency coefficient from 0.97 to 0.99 (for example, the choice of unnecessary diagnostic methods that do not affect the patient's health, but lead to resource costs).

S – small, efficiency coefficient from 0.9 to 0.96 (for example, the choice of unnecessary examinations that affect the patient's health or non-choice of the necessary method).

M – medium, efficiency ratio from 0.75 to 0.89 (making a decision leading to a serious risk to the patient's health or to deterioration in his condition).

M – средняя, коэффициент эффективности от 0,75 до 0,89 (принятие решения, приводящего к серьезному риску для здоровья пациента или к ухудшению его состояния).

L – значительная, коэффициент эффективности от 0,6 до 0,74 (принятие решения, ведущего к серьезному ухудшению состояния здоровья пациента).

Традиционно в высшей школе положительной итоговой оценкой будет считаться ПР не менее 70% от максимально возможного. Логика предлагаемых диапазонов количественных оценок такова, что при небольшом количестве принимаемых решений одна значительная и одна малая ошибки (либо две ошибки среднего уровня) снижают рейтинг таким образом, что обучающийся не сможет получить положительную оценку, даже если все остальные решения будут эффективными. Поскольку количество принимаемых решений в каждом кейсе и даже в разных траекториях одного кейса велико, нами разработан метод перевода значения ПР в балльную оценку с помощью системы линейных уравнений.

Разработанная рейтинговая система позволяет рассчитать не только общий, но и частные персональные рейтинги по отдельным категориям принятия лечебно-диагностических решений. Расчет частных рейтингов способствует выявлению недостаточно сформированных аспектов компетенции. Среди них можно выделить, как минимум, следующие:

- выбор методов исследования,
- постановка диагноза и выбор стратегии лечения,
- назначение препаратов.

Таким образом, предложенная рейтинговая система дает возможность количественной оценки компетенции принятия решений и ее компонент. Она может быть использована как в процессе обучения для обратной связи с преподавателями, так и с целью аттестации обучающихся.

Обсуждение

Совместное использование информационно-коммуникационных и образовательных технологий в дистанционном формате имеет фундаментальное значение и влияет на дидактические задачи. Перенос теоретического обучения в цифровую среду в большинстве случаев не меняет суть образовательных технологий и не вызывает существенных затруднений при реализации. Принципиально иная ситуация с практическими занятиями, требующими интерактивности для принятия решений. Выбор используемых средств обучения в этом случае гораздо уже, особенно для дистанционного формата образования.

Рассмотрение ЛДП как процесса последовательного принятия решений позволяет создать его модель в виде графа. Виртуальная модель допускает неоднократные попытки врачебных решений в стандартных условиях без вреда для реальных пациентов. При этом от решений обучающихся зависит траектория их перемещения по кейсу. После принятия ими решений разной эффективности для них визуализируются разные варианты виртуальной модели ЛДП.

Цифровое моделирование в медицинском образовании стало применяться гораздо позже, чем в подготовке специалистов другого профиля. В условиях пандемии COVID-19 дистанционное обучение стало основным путем реализации учебного процесса, стимулируя развитие симуляционных технологий. Существенным компонентом симуляционного обучения является самостоятельная подготовка с периодическим оцениванием результатов как

L – significant, efficiency ratio from 0.6 to 0.74 (making a decision leading to a severe deterioration in the patient's health).

Traditionally, PR of at least 70% of the maximum value will be considered as a positive assessment in higher school. The logic of the proposed ranges of quantitative assessments is as follows: having made a significant and small error, or two errors of an average level, the learner will not be able to get a positive assessment, even if all other decisions are effective. Since the number of decisions is different in each case and even in different trajectories of the same case, we have developed a method to convert PR into score using a system of linear equations.

The developed rating system makes it possible to calculate not only general, but also particular personal ratings for certain categories of medical and diagnostic decisions. The calculation of particular ratings (choice of diagnostic methods, diagnostics, treatment) helps to identify insufficiently formed aspects of competence.

Thus, the proposed rating system makes it possible to quantify the decision-making competence and its components. It can be used both in the education process for feedback from teachers, and for the purpose of a learner examination.

Discussion

Joint using of information, communication and education technologies in distance format has a fundamental importance and affect didactic tasks. The transfer of theoretical education to the digital environment in most cases does not change the point of educational technologies and does not cause significant difficulties in implementation. The situation is fundamentally different with practice that requires interactivity for decision making. The choice of education tools used in this case is much narrower, especially for the remote format.

Considering the TDP as a process of sequential decision-making, allows creating its graph model. The virtual model permits repeated attempts at medical decisions in standard conditions without harm to real patients. At the same time, decisions of learners affect the trajectory of the case they consider. Since they make decisions of different efficiency, various versions of the TDP virtual model are visualized for them.

Digital modeling in medical education started being used much later than in other fields, which is quite understandable due to the specifics of healthcare. In the context of the COVID-19 pandemic, distance education has become the main way of educational process, making it possible to implement an individual approach to learners, regardless of their geographical location. An essential component of simulation training is self-training with periodic evaluation of results as a motivational component. In this context, it is necessary to create digital tools for the remote formation and assessment of decision-making competence in the "virtual world". The methodological support for the use of virtual patients was developed earlier and is considered in this article.

мотивационной составляющей. В этих условиях требуется создание цифровых инструментов для дистанционного формирования и оценки компетенции принятия решений в «виртуальном мире». Разработка методического обеспечения использования виртуальных пациентов была начата ранее и рассматривается в данной статье.

Использование виртуальных компьютерных симуляций представляется оптимальным по соотношению стоимости и педагогической эффективности в сравнении с симуляционными центрами роботизированных манекенов и использованием стандартизованных пациентов.

ВП активно используются в зарубежных образовательных учреждениях. Проект eViP направлен на создание базы ВП и клинко-диагностических ситуационных задач [11].

В рамках проекта в Университете медицины и фармации (Румыния) и в Каролинском университете (Швеция) разработаны компьютерные приложения для создания ВП в разных клинических областях. Они позволяют создавать линейные интерактивные сценарии на основе реальных завершённых случаев. Regenstrief Institute ведёт разработку EHR-платформы для клинического обучения; база ВП этого института включает более 10 000 реальных деперсонализированных случаев заболевания и представлена в собственной информационной системе [12]. Эта база используется для развития навыков клинического мышления и принятия решений у студентов более 30 образовательных медицинских учреждений США. С развитием подобных проектов все более очевидными становятся перспективы использования в медицинском образовании репозитория виртуальных компьютерных симуляций.

В доступных источниках информации мы не обнаружили сведений о системе количественного оценивания врачебных компетенций, подобной предложенной нами в данной статье. Автоматический расчёт рейтинговых показателей и его интеграция с активно выбранной обучающимися траекторией ЛДП значительно облегчают и стандартизируют задачу оценки компетенций.

Полученные результаты позволяют перевести понятие «врачебная компетенция» из слабоформализуемой интуитивной области в сферу количественных показателей с возможностью статистической обработки. Предлагаемые подходы могут быть использованы в любых областях медицинского образования и здравоохранения для формирования и проверки компетенции принятия решений у студентов и врачей. Более того, в обсуждаемом подходе нет медицинской специфики. Подобная методология может быть использована для обучения или повышения квалификации специалистов в любых областях, требующих принятия решений, а таких подавляющее большинство.

Заключение

В данном исследовании предложена методология удалённого формирования и оценки клинко-диагностических компетенций врача, которая реализована в формате виртуальных моделей ЛДП. Последовательное принятие врачебных решений определяет траекторию ЛДП ВП и равносильно выбору одного из вариантов модели. Эффективность каждого врачебного решения и их совокупности автоматически получает количественную рейтинговую оценку.

The use of virtual computer simulations seems to be optimal in terms of cost and pedagogical efficiency in comparison with the simulation centers of robotic mannequins and the use of standardized patients. Virtual patients are actively used in foreign educational institutions. The eViP project is aimed at creating a database of virtual patients and clinical diagnostic tasks [11]. As a part of the project, the University of Medicine and Pharmacy (Romania) and the Karolinska University (Sweden) have developed computer applications for creating virtual patients in various clinical fields. They allow creating linear interactive scenarios based on real completed cases. The Regenstrief Institute has developed an EHR platform for clinical education. The VP base of this Institution includes more than 10,000 real depersonalized disease cases and is presented in its own information system [12]. This database is used to develop medical judgment and decision making skills of learners at more than 30 US medical schools. With the development of such projects, the aspects of using repositories of virtual computer simulations in medical education become more and more obvious.

In the available information sources, we did not find information about the system of quantitative assessment of medical competencies, similar to proposed by us. The automatic calculation of rating indicators and its integration with the TDP trajectory actively chosen by learners significantly facilitate and standardize the task of competence assessment. The results obtained allow transferring the concept of “medical competence” from a weakly formalized intuitive area to the sphere of quantitative indicators with the possibility of statistical processing. The proposed approaches can be used in any fields of medical education and health care to form and test the decision-making competence of learners.

Moreover, there are no medical specific features in the discussed approach. Such methodology can be used to train or improve the skills of specialists in any areas that require decision-making, and these are the vast majority.

Conclusion

This study suggests the methodology for the remote formation and evaluation of doctor’s clinical diagnostic competencies, which is implemented in the format of virtual TDP models. Consistent medical decision-making is a mechanism for choosing the variant of TDP model and a way for integrating with quantitative rating assessment of decision effectiveness.

Литература / References

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – специалитет по специальности 31.05.01 Лечебное дело. [Federal State Educational Standard for Higher Education on Specialty 31.05.01 General Medicine. (In Russ.)]. URL: https://ssmu.ru/upload/filesarchive/minobrfiles/31.05.01_Lechebnoe_delo_2020.pdf. (24.04.2023).
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – специалитет по специальности 30.05.03 Медицинская кибернетика. [Federal State Educational Standard for Higher Education on Specialty 30.05.03 Medical Cybernetics. (In Russ.)]. URL: https://ssmu.ru/upload/filesarchive/minobrfiles/30.05.03_Medicinskaja_kibernetika_2020.pdf. (24.04.2023).
3. Хуторской А.В. Методологические основания применения компетентностного подхода к проектированию образования. *Высшее образование в России*. 2017;12(218):85–91. [Khutorskoy A.V. Methodological foundations for applying the competence approach to designing education. *Higher Education in Russia*. 2017;12(218):85–91. (In Russ.)].
4. Минакова О.В. Модель формирования аналитико-рефлексивной компетентности будущего врача: экспериментальная проверка. Мир науки. Педагогика и психология. 2020;8(6):119PDMN620. [Minakova O.V. Model of formation of analytic-reflexive competence of a future doctor: experimental verification. *World of Science. Pedagogy and psychology*. 2020;8(6):119PDMN620. (In Russ.)]. URL: <https://mir-nauki.com/119pdmn620.html> (24.04.2023).
5. Лазаренко В.А., Калуцкий П.В., Дрёмова Н.Б., Овод А.И. Адаптация высшего медицинского образования к условиям цифровизации здравоохранения. *Высшее образование в России*. 2020;29(1):105–115. [Lazarenko V.A., Kalutsky P.V., Dryomova N.B., Ovod A.I. Adaptation of higher medical education to the conditions of digitalization of health-care. *Higher education in Russia*. 2020;29(1):105–115. (In Russ.)]. DOI: 10.31992/0869-3617-2020-29-1-105-115.
6. Красносельских Т.В., Тельнюк И.В., Худик В.А. Перспективы использования дистанционного обучения в образовательном процессе ме-

дицинского вуза. *Преподаватель XXI век*. 2020;(3):100–114.

- [Krasnoselskikh T.V., Telnyuk I.V., Khudik V.A. Prospects of using distance learning in the educational process of a medical university. *Teacher of the 21st century*. 2020;(3):100–114. (In Russ.)]. DOI: 10.31862/2073-9613-2020-3-100-114.
7. Карась С.И. Виртуальные пациенты как формат симуляционного обучения в непрерывном медицинском образовании (обзор литературы). *Бюллетень сибирской медицины*. 2020;19(1):140–149. [Karas S.I. Virtual patients as a format for simulation learning in the continuing medical education (review article). *Bulletin of Siberian Medicine*. 2020;19(1):140–149. (In Russ.)]. DOI: 10.20538/1682-0363-2020-1-140-149.
 8. Портал непрерывного медицинского и фармацевтического образования Минздрава России. [The portal for continuing medical and pharmaceutical education of the Ministry of health. (In Russ.)]. URL: <https://edu.rosminzdrav.ru/specialistam/proekty/2/na-nashem-portale-realizovany-novye-interaktivnye-obrazovatelnye-moduli-virtualnyi-pacient-s-ispolzovaniem-sovremennykh-simuljacionnykh-obrazovatelnykh-tehnologii/#c971> (24.04.2023).
 9. Портал методического центра аккредитации специалистов Первого Московского медицинского университета. [The portal of methodical center for specialists accreditation of First Moscow Medical University. (In Russ.)]. URL: <https://selftest.mededtech.ru> (24.04.2023).
 10. Карась С.И., Колганов С.О., Кочетков С.Б., Гракова Е.В., Балахонова М.В., Дацюк В.В. и др. Разработка компьютерного методического обеспечения повышения квалификации врачей с удаленным доступом. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2020;35(4):150–160. [Karas S.I., Kolganov S.O., Kochetkov S.B., Grakova E.V., Balakhonova M.V., Datsyuk V.V. et al. Development of computer-based methodology for remote advanced training of medical doctors. *The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2020;35(4):150–160. (In Russ.)]. DOI: 10.29001/2073-8552-2020-35-4-150-160.
 11. Electronic Virtual Patients. URL: <https://virtualpatients.eu> (24.04.2023).
 12. The Regenstrief EHR Clinical Learning Platform. URL: <https://www.regenstrief.org/implementation/clinical-learning> (24.04.2023).

Информация о вкладе авторов

Карась С.И. предложил концепцию исследования и разработал его дизайн, написал текст рукописи.

Аржанник М.Б., Гракова Е.В., Балахонова М.В. анализировали и интерпретировали данные, участвовали в редактировании текста.

Все авторы дали окончательное согласие на подачу рукописи и согласились нести ответственность за все аспекты работы, ругаясь за их точность и безупречность.

Сведения об авторах

Карась Сергей Иосифович, д-р мед. наук, ведущий специалист офиса по развитию образования, Самарский государственный медицинский университет; специалист отдела координации научной и образовательной деятельности, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0001-6716-856X.

E-mail: karkar13@mail.ru.

Аржанник Марина Борисовна, канд. пед. наук, доцент кафедры медицинской и биологической кибернетики, Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации. ORCID 0000-0003-4844-9803.

E-mail: arzh_m@mail.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. ORCID 0000-0025-510-4589.

E-mail: maria_balakhonova@mail.ru.

 **Карась Сергей Иосифович**, e-mail: karkar13@mail.ru.

Поступила 21.04.2023

Information on author contributions

Karas S.I. proposed the study concept, developed its design, and wrote draft of the manuscript.

Arzhanik M.B., Grakova E.V., Balakhonova M.V. analyzed and interpreted the data, edited the manuscript.

All authors have made the critical revision of important intellectual content and have approved the final manuscript.

Information about the authors

Sergey I. Karas, Dr. Sci. (Med.), Leading Specialist of the Office for Education Development, Samara State Medical University; Specialist of the Department for Research and Training Coordination, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia. ORCID 0000-0001-6716-856X.

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

Marina B. Arzhanik, Cand. Sci. (Ped.), Associate Professor, Department of Medical and Biological Cybernetics, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia. ORCID 0000-0003-4844-9803.

E-mail: arzh_m@mail.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, Tomsk, Russia. ORCID 0000-0003-4019-3735.

E-mail: Vgelen1970@gmail.com.

Maria V. Balakhonova, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Cardiology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia. ORCID 0000-0025-510-4589.

E-mail: maria_balakhonova@mail.ru.

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

Received April 21, 2023