

УДК: 614.2+616.12

**КОМПЛЕКСНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ  
В ПРЕВЕНТИВНОЙ КАРДИОЛОГИИ****В. Козлов<sup>1</sup>, О. Александрова<sup>2</sup>, А. Мелерзанов<sup>1</sup>****<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Московский физико-технический институт  
(государственный университет), Москва, Россия****<sup>2</sup>Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской  
области «Московский областной научно-исследовательский клинический  
институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия****INTEGRATED APPROACHES TO SOLVING THE ISSUES  
IN PREVENTIVE CARDIOLOGY****V. Kozlov<sup>1</sup>, O. Aleksandrova<sup>2</sup>, A. Melerzanov<sup>1</sup>****<sup>1</sup>Moscow Institute of Physics and Technology (State University)****<sup>2</sup>Federal Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russia**

Заболевания сердечно-сосудистой системы (ССС) были и остаются серьезной медицинской и социальной проблемой. В настоящее время смертность от заболеваний ССС составляет порядка 48% в структуре смертности населения РФ. Несмотря на то, что этот показатель значительно снизился в последние несколько лет, терапия данных заболеваний, а также задачи профилактики их осложнений, остаются ключевыми для современной медицины не только в РФ, но и в мире.

По данным Центра контроля и профилактики заболеваний США, ежегодно только в этой стране от инсульта погибают порядка 140 тысяч человек, он является причиной каждой 17-й смерти [1]. Американская ассоциация сердца в отчете за 2017 год приводит следующие числа: порядка 800 тысяч американцев (каждая 3-й случай) умирают от сердечных заболеваний ежегодно [2]. Также стоит отметить, что в настоящее время выживаемость после сердечного приступа, произошедшего в госпитале, составляет всего лишь около 25%, т.е. 3 человека из 4 погибают [3].

Что касается осложнений, то, по данным исследования Naess с соавт.[4], число случаев венозного тромбоза составляет примерно 1,4 случая на 1000 человек, а летальность колеблется примерно от 5 до 10% и зависит от возраста, анамнеза и других клинических характеристик состояния пациента. В работе Kanchanabat с соавт. показано, что послеоперационные тромбозы встречаются почти в 20% случаев после операций по поводу онкологических заболеваний и до 13% в общей хирургии [5].

В настоящее время мы работаем над двумя проектами, которые, мы надеемся, позволят решить часть проблем, связанных с заболеваниями ССС, а также откроют новые возможности для развития соответствующих направлений. В данной статье мы постараемся лаконично описать суть нашей работы, а также наши планы и перспективы развития.

Для решения проблем связанных с высоким риском возникновения острых нарушений мозгового кровообращения и инфарктов миокарда в рамках развития превентивной медицины была разработана платформа молекулярной тераностики, одна из методик которой позволяет (в эксперименте) детектировать циркулирующие микротромбы в реальном времени и корректировать антиагрегантную терапию. Для разработки временных характеристик методики требуется создание вероятностной модели прохождения крови по периферическому руслу, вариант модели (ССС).

Второй проект, также в рамках развития превентивной медицины, позволяет прогнозировать развитие изменений в состоянии пациента, находящегося в кардиореанимации при помощи нейросетевого анализа.

Ниже проекты будут рассмотрены более подробно.

**Первый проект** – создание модели ССС для оценки периода циркуляции частиц (например, отдельных клеток) с током крови. Данная работа ведется силами факультета биологической и медицинской физики МФТИ под руководством А.В. Мелерзанова в сотрудничестве с физтех-школой прикладной математики и информатики МФТИ (руководитель – А.М. Райгородский).

Цель работы состоит в том, чтобы создать модель ССС, оптимальную для оценки периода прохождения частиц (микротромбоэмболов, отдельных клеток) по сосудистому руслу через отдельно взятую периферическую вену. Изначально данная задача была поставлена для того, чтобы оценить время повторного прохождения микротромбоэмбола (теория профессора В.П. Жарова, приглашенного профессора МФТИ) через периферическую вену верхней или нижней конечности. Использование модели позволит как оценить динамику тромбообразования, так и определить необходимое время терапевтического воздействия на вену в случае локального её облучения с целью разрушения микротромбов (разработка профессора В.П. Жарова).

Однако имеется множество других прикладных задач, которые могут быть решены с использованием подобной модели. Так, например, с её помощью можно проводить оценку распространения метастазов опухоли или инфекционных агентов, а также изучать фармакокинетику и фармакодинамику лекарственных препаратов.

В настоящее время нашей исследовательской группой сформулированы основные требования к модели, а также критерии отбора исходных материалов для ее создания. Нами изучены работы в этой области, выбраны подходящие для нашей цели «заготовки» имеющихся моделей ССС, а также закончено описание физиолого-анатомических характеристик сосудов, в частности усредненные длины, площади поперечного сечения сосудов различных калибров.

Также нами разработана концепция представления ССС в модели с индивидуальным учетом характеристик крупных сосудов (первых четырех порядков) и сосудов меньшего калибра, в частности микроциркуляторного русла. Подобное разделение позволяет, на наш взгляд, достичь оптимального баланса между точностью модели и её сложностью.

На первом этапе крупные сосуды первых порядков будут смоделированы на основании име-

ющихся в этой области работ и моделей. Так, к примеру, существует модель сосудов большого круга кровообращения и головного мозга, разработанная В. Кошелевым с соавт. [6].

Сосуды меньшего калибра, а также микроциркуляторное русло, будут смоделированы отдельно, в виде сосудистой сети с усредненными параметрами сосудов по уровням. Мы рассчитываем, что это позволит добиться высокой точности оценки параметров гемодинамики на данном участке ССС, при этом подобная модель удобна для работы и расчетов.

После создания модели планируется проведение оценочных расчетов времени циркуляции микрочастиц по ССС, а также разработка экспериментальных способов проверки математических результатов.

Над **вторым проектом** наша команда под руководством работает совместно с РНЦХ им. ак. Б.В. Петровского. Суть проекта заключается в разработке системы поддержки принятия решения (СППР) в кардиореанимации.

Система даст возможность прогнозировать изменения показателей микрогемодинамики в ответ на действия врача-реаниматолога. Это актуально как для начинающих врачей-реаниматологов, так и для опытных докторов, которые смогут оптимизировать процесс ведения пациента.

В качестве фундамента для разработки современной системы, в которой нами планируется использование машинного обучения, выступила разработка сотрудников центра хирургии 80-х-90-х годов прошлого столетия. На основании немногочисленных архивных данных нам удалось составить представление об использованных алгоритмах и разработать план разработки и усовершенствования системы.

В настоящее время работа идет по трем основным направлениям:

- сбор и оцифровка архивных данных мониторинга пациентов;
- налаживание «инфраструктуры», что позволило бы удаленно пополнять базы новыми данными для обучения системы;
- создание пилотной версии программы с возможностью дальнейшего усовершенствования.

Каждый из этих процессов служит своей цели. Так, сбор и оцифровка данных мониторинга позволят нам набрать стартовую базу данных для запуска бета-версии системы. Налаживание автоматического сбора и передачи данных мони-

торинга позволит непрерывно и автоматически пополнять базу данных для увеличения точности работы системы. Еще одна цель, которой служит организация «инфраструктуры», – это возможность удаленного контроля состояния пациентов.

Пилотная версия программы, в свою очередь, будет являться «платформой» для дальнейшей работы. Она будет представлять собой рабочий прототип с минимальным необходимым функционалом, обученный на доступном в настоящее время объеме данных. Основная цель – возможность начать тестирование программы в клинике.

Успешное выполнение перечисленных выше задач позволит нам создать рабочий прототип системы. Дальнейшие шаги – оптимизация программы с учетом опыта тестирования в клинике, а также расширение функционала. Следующим этапом является создание самообучающейся программы на основе нейросети и включением в систему телемедицины для удаленного контроля в реальном времени.

Большинство ключевых задач в области медицины, как и в других областях, в настоящее время находят свои решения на пересечении наук. Налаживание связей между специалистами в области медицины, математики и физики позволяет воплощать в жизнь масштабные проекты – как фундаментальные, так и сугубо прикладные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Strokecenter.org [Internet]. Stroke statistics. Available from: <http://www.strokecenter.org/patients/about-stroke/stroke-statistics/>.

2. Benjamin E.J., Blaha M.J., Chiuve S.E., Cushman M., Das S.R., Deo R. et al. Heart disease and stroke statistics – 2017 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2017; 135(10): e146-e603. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000485.

3. Kumar G., Nanchal R. Trends in Survival after In-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med*. 2013; 368: 680-681. DOI: 10.1056/NEJMc1215155.

4. Naess J. A., Christiansen S.C., Romundstad P., Cannegieter S.C., Rosendaal F.R., Hammerstrøm J. Incidence and mortality of venous thrombosis: a population-based study. *Journal of thrombosis and haemostasis*. 2007; 5: 692-299. DOI: 10.1111/j.1538-7836.2007.02450.x.

5. Kanchanabat B., Stapanavatr W., Manusirivithaya S., Srimantayamas S. The Rate and Mortality of Postoperative Venous Thromboembolism of Moderate Risk Surgery in Asian Patients without Thrombo-prophylaxis: Systematic Review with Meta-analysis. 2013; 38: 194-202. DOI: 10.1007/s00268-013-2222-3.

6. Кошелев В.Б., Мухин С.И., Соснин Н.В., Фаворский А.П. Математические модели квази-одномерной гемодинамики: Методическое пособие. М.: МАКС Пресс; 2010.

Koshelev V.B., Muhin S.I., Sosnin N.V., Favorskij A.P. Matematicheskie modeli kvazi-odnomernoj gemodinamiki: Metodicheskoe posobie. Moscow: MAK Press; 2010.

*Для корреспонденции:*

**Мелерзанов Александр Викторович**  
 Адрес: 141701, г. Долгопрудный,  
 Институтский переулок, д. 9  
 Тел. +7 (495) 408-56-27  
 E-mail: m83071@gmail.com

*For correspondence:*

**Melerzanov Alexander**  
 Address: 9, Institutskiy st., Dolgoprudniy,  
 141701, Russian Federation  
 Tel. +7 (495) 408-56-27  
 E-mail: m83071@gmail.com