
КАРДИОРЕАБИЛИТАЦИЯ ПОСЛЕ ИНФАРКТА МИОКАРДА: ИНТЕГРАЦИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ И ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ

Игнатьева Юлия Владимировна,

кандидат медицинских наук, врач- кардиолог, заведующий кардиологическим отделением,
ФГКУ филиал № 2 «Клинико-диагностический центр генерального штаба Вооруженных
Сил Российской Федерации», (Россия, Москва).
dr.julkin13@gmail.com

Касаева Залина Таймуразовна,

кандидат медицинских наук, врач- кардиолог,
ФГКУ филиал № 2 «Клинико-диагностический центр генерального штаба Вооруженных
Сил Российской Федерации», (Россия, Москва).

Смирнова Ольга Львовна,

кандидат медицинских наук, врач- кардиолог,
ФГКУ филиал № 2 «Клинико-диагностический центр генерального штаба Вооруженных
Сил Российской Федерации», (Россия, Москва).

Аннотация

В статье рассматриваются возможности интеграции цифровых инструментов в кардиореабилитацию пациентов, перенесших инфаркт миокарда. Отмечено, что технологии машинного обучения и искусственного интеллекта открывают новые возможности для разработки персонализированных протоколов реабилитации, оптимизации мониторинга состояния пациентов и прогнозирования долгосрочных исходов. Выявлено, что цифровые технологии выступают в качестве дополнения к традиционным психокоррекционным вмешательствам, создавая поддерживающую социальную среду и повышая приверженность к рекомендованному режиму физической активности. Сделан вывод о том, что, несмотря на осуществимость и потенциальную клиническую эффективность предложенных решений, для обширного внедрения требуются проведение надежных исследований и анализ экономической эффективности.

Ключевые слова: инфаркт миокарда; кардиореабилитация; искусственный интеллект; психологические вмешательства.

CARDIAC REHABILITATION AFTER MYOCARDIAL INFARCTION: INTEGRATING PSYCHOLOGICAL INTERVENTIONS AND DIGITAL SOLUTIONS

Yulia V. Ignatyeva,

Candidate of Medical Sciences, cardiologist, Head of the Cardiology Department,

Branch No. 2 of the Clinical and Diagnostic Center of the General Staff of the Armed Forces of the Russian Federation, (Moscow, Russia)

Zalina T. Kasaeva,

Candidate of Medical Sciences, cardiologist,

Branch No. 2 of the Clinical and Diagnostic Center of the General Staff of the Armed Forces of the Russian Federation, (Moscow, Russia)

Olga L. Smirnova,

Candidate of Medical Sciences, cardiologist,

Branch No. 2 of the Clinical and Diagnostic Center of the General Staff of the Armed Forces of the Russian Federation, (Moscow, Russia)

ABSTRACT

This article examines the potential for integrating digital tools into cardiac rehabilitation for patients who have suffered a myocardial infarction. It notes that machine learning and artificial intelligence technologies offer new opportunities for developing personalized rehabilitation protocols, optimizing patient monitoring, and predicting long-term outcomes. The study finds that digital technologies complement traditional psychological interventions by fostering a supportive social environment and enhancing adherence to recommended physical activity regimens. The article concludes that, while the proposed solutions are feasible and potentially clinically effective, their widespread implementation requires robust research and cost-effectiveness analysis.

Keywords: myocardial infarction; cardiac rehabilitation; artificial intelligence; psychological interventions.

Сердечно-сосудистые катастрофы, включая инфаркт миокарда (ИМ), остаются в числе ведущих причин смерти по всему миру. Для улучшения функциональных возможностей и качества жизни в долгосрочной перспективе пациентов, перенесших инфаркт ИМ, предлагаются различные программы кардиореабилитации. Традиционные подходы к кардиореабилитации после ИМ включают несколько последовательных этапов, которые активно внедряются еще в стационаре и продолжаются на протяжении всей жизни. Важная роль отводится физической активности, которая в большом количестве исследований продемонстрировала долгосрочные положительные эффекты. При высокой приверженности регулярной физической активности у пациентов наблюдается снижение общего холестерина, меньшее количество последующих сердечно-сосудистых событий и более низкая смертность через 10 лет [1].

Однако посещаемость программ реабилитации нередко бывает неоптимальной. Этот факт усугубила пандемия COVID-19 потребовала значительных изменений во всех сферах здравоохранения, в том числе в предоставлении программ реабилитации. Доля участников программ реабилитации существенно увеличилась в период пандемии, а также произошел скачок в развитии интерактивных методов как для пациента, так и для реабилитологов [1].

Дополнительно адаптация целей, задач и реализации программ, мониторинга и прогнозирования результатов кардиореабилитации произошла с развитием искусственного интеллекта (ИИ). ИИ-телереабилитация является перспективным

подходом, который имеет преимущества перед традиционным очным и цифровым уходом в отдельных областях кардиореабилитации [2]. Методы ИИ, применяемые в реабилитации, включают машинное обучение, которое полезно для выявления закономерностей в данных для прогнозирования, и глубокое обучение, целью которого является распознавание изображений и речи с использованием многослойных нейронных сетей. Анализ наборов данных позволяет выявить связь между интенсивностью упражнений и скоростью восстановления, прогнозировать и интегрировать полученные результаты в реальном времени для адаптации к прогрессу пациентов, оптимизировать ход кардиореабилитации [3]. Современные ИИ-системы повышают приверженность пациентов за счет адаптации программ к уникальному профилю и потребностям пациента с учетом основного диагноза, возраста, пола, сопутствующих состояний, функциональных ограничений. Корректировка протоколов упражнений в режиме реального времени, обратная связь, психосоциальный мониторинг, адаптивное прогнозирование риска повторной госпитализации описываются как ключевые преимущества ИИ-кардиореабилитации [2,4].

Из дополнительных возможностей ИИ можно выделить генерацию программ упражнений, инструменты прогнозирования на основе диагностических обследований и косвенные признаки успешности кардиореабилитации, такие как прогнозирование возвращения к работе у пациентов после ИМ. L. Perrero и соавт. указали на то, что ИИ-модель генерирует 30-дневные структурированные программы физических упражнений, соответствующие действующим рекомендациям, в смоделированных сценариях кардиореабилитации. Программы были сгенерированы для пяти клинических профилей: недавний инфаркт миокарда (<1 месяца), перенесенный инфаркт миокарда (>1 месяца), фибрилляция предсердий, сердечная недостаточность со сниженной фракцией выброса (ФВ 35%) и сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса (ФВ 50%) [5].

Прогностическая модель машинного обучения для оценки возвращения к работе в течение года после выписки, предложенная X. Wu и соавт., была апробирована на 599 пациентах после ИМ и распределяла пациентов на группы с низкой, средней и высокой вероятностью. Для обеспечения свободного пользования инструментом и выявления пациентов с низкими показателями возвращения к работе модель была размещена на открытом сайте [6]. В работе Е.В. Березиной и соавт. предложен вспомогательный инструмент для планирования программ кардиореабилитации в виде модели машинного обучения на основе анализа частоты сердечных сокращений, возраста и индекса массы тела, полученных в ходе теста во время шестиминутного теста ходьбы на велоэргометре [7].

Основными ограничениями для обширной интеграции ИИ в программы кардиореабилитации является недостаточная техническая оснащенность и низкий общий уровень доказательств эффективности внедрения современных ИИ-систем. В современной научной литературе сведения носят предварительный и неоднородный характер. Результаты внедрения опубликованы в рамках протоколов, пилотных или модельных исследований. Рандомизированные исследования с включением достаточной когорты пациентов ограничены. Что касается моделей, генерирующих программы физических упражнений, безопасность, эффективность и возможность широкого внедрения в реабилитационную практику требуют дальнейшего изучения с участием пациентов, а также последующим сравнением с существующими программами кардиореабилитации (таблица 1) [4-7].

Таблица 1. Возможности применения нейротехнологий в кардиореабилитации после инфаркта миокарда

Параметры	Методы возможности ИИ	и Практические примеры	Ограничения
-----------	--------------------------	------------------------------	-------------

Технологии анализ данных	и Машинное обучение: выявление закономерностей для прогнозирования. Глубокое обучение: распознавание изображений и речи через многослойную нейросеть. Анализ данных в реальном времени: связь интенсивности упражнений со скоростью восстановления	Модели машинного обучения: планирование программ на основе анализа функциональных характеристик, полученных в ходе обследования	Недостаточная техническая оснащенность. Общие сведения в литературе носит предварительный и неоднородный характер
Персонализация и вовлеченность	Адаптация под профиль пациента: учет диагноза, возраста, сопутствующих патологий и ограничений. Динамическое управление: корректировка протокола упражнений, психосоциальный мониторинг и обратная связь в режиме реального времени	Генерация 30 - дневных программ: ИИ – генерация структурированных физических нагрузок для различных клинических профилей	Необходимость дальнейшего изучения безопасности и эффективности генерируемых программ на реальных пациентах. Дефицит рандомизированных исследований
Прогнозирование результатов	Адаптивное прогнозирование: оценка рисков повторной госпитализации. Косвенные маркеры: оценка успешности реабилитации через долгосрочные социальные показатели	Прогностическая модель: оценка вероятности возвращения к работе в течение года после ИМ	Низкий общий уровень доказательной базы эффективности внедрения. Отсутствие прямого сравнения ИИ – протоколов с классическими программами

Другим активно развивающимся направлением кардиореабилитации является развитие психокоррекционных вмешательств. Пациенты после инфаркта миокарда отличаются повышенным уровнем тревожности, депрессивными состояниями, присутствует страх повторного приступа. Психологическая адаптация пациентов варьирует от достаточно трезвой оценки положения до отрицания болезни или ухода в ипохондрические состояния. Психологическое состояние может существенно ухудшать динамику и прогноз реабилитационных мероприятий и отрицательно влиять на соматическое состояние. Оценка наличия депрессии и тревожности у пациента после инфаркта миокарда является частью кардиореабилитации. Программы не концентрируются исключительно на физических упражнениях и влиянии восстановления функции сердца, и усилены когнитивно-поведенческой терапией, снижением стресса на основе осознанности и обучением управлению стрессом, или могут отправлять к специалистам по психологическому здоровью. Основным препятствием также остается низкая посещаемость мероприятий по кардиореабилитации, отсутствие поддержки со стороны родственников, организующих и сопровождающих при посещении реабилитационных мероприятий [8]. Потенциальные варианты в подобных случаях объединяют просветительскую работу со стороны наблюдающего врача – кардиолога, направленную на разъяснение связи между стрессом и здоровьем сердца, рекомендации прибегать к социальной поддержке и оздоровительным мероприятиям, которые не ассоциируются у пациента с прямыми психологическими вмешательствами, но могут значительно снизить общий уровень стресса и тревоги (медитация, йога). Цифровая трансформация расширяет возможности психологической поддержки в ходе кардиореабилитации. Примером может служить виртуальный наставник для повышения социального присутствия в виртуальной реабилитации пациентов, восстанавливающихся после ИМ. Геймифицированная реабилитация посредством виртуального наставника обеспечивала информационную поддержку на основе описания истории болезни, демонстрацию протокола физических упражнений в реальном времени, эмоциональную поддержку за счет позитивной обратной связи и поощрения. Апробация программы виртуальной реальности среди 30 пациентов показала повышение внутренней мотивации, повышение вовлеченности и статистически значимое снижение уровня стресса. Однако ограничением может выступать применение среди пожилых людей, которым привычна живая социальная среда, а виртуальная воспринимается пустой и изолирующей [9].

Схожую эффективность демонстрируют цифровые образовательные ресурсы, предназначенные для самостоятельного использования пациентами после ИМ. Ресурсы отвечают как за повышение осведомленности о вторичной профилактике ИМ, но также могут служить площадкой для создания специфичной виртуальной социальной среды, объединяющей пациентов, перенесших ИМ. Отмечается, что платформы электронного обучения в первую очередь полезны в сферах, не связанных с физическими упражнениями, а именно в психологической поддержке. Более того, интеграция платформ электронного обучения повышает приверженность пациентов к соблюдению традиционных реабилитационных программ и повышает регулярность обращений за профилактической помощью [10,11].

Таблица 2. Основные аспекты психологических вмешательств при кардиореабилитации после инфаркта миокарда

Параметры	Методы и преимущества	Ключевые барьеры
Традиционная психокоррекции	Когнитивно – поведенческая терапия,	Низкая посещаемость мероприятий, отсутствие

	обучение управлению стрессом, консультации специалистов	поддержки со стороны родственников
VR-технологии	Виртуальный наставник, обеспечивающую информационную и эмоциональную поддержку	Применение среди пожилых людей, необходимость технической оснащенности
Цифровые образовательные ресурсы, онлайн - платформы	Повышение осведомленности, создание виртуальной социальной среды и психологической поддержки. Повышение приверженности традиционным программам реабилитации и регулярность обращений за профилактической помощью	

Таким образом, современная кардиореабилитация после ИМ обогащается доступными альтернативами, направленными на повышение вовлеченности и приверженности пациентов посредством внедрения новых цифровых решений. Искусственный интеллект открывает значительные перспективы в области мониторинга протоколов реабилитации, предоставления обратной связи в режиме реального времени, персонализации рекомендаций и прогнозирования исходов, что может существенно повысить эффективность работы специалистов. Цифровые технологии также расширяют возможности психокоррекционных вмешательств, где поддержка и социальная среда играют ключевую роль в процессе восстановления. Однако, следует отметить, что представленные разработки имеют ограничения, связанные с предварительностью и неоднородностью клинических результатов, обусловленных небольшими выборками исследований.

Список литературы:

1. Witharana P., Chang L., Maier R., Ogundimu E., Wilkinson C., Athanasiou T., Akowuah E. Feasibility study of rehabilitation for cardiac patients aided by an artificial intelligence web-based programme: a randomised controlled trial (RECAP trial)-a study protocol // BMJ Open. 2024. Vol. 14, № 4. Art. e079404. doi: 10.1136/bmjopen-2023-079404.
2. Attoh-Mensah E., Boujut A., Desmons M., Perrochon A. Artificial intelligence in personalized rehabilitation: current applications and a SWOT analysis // Front Digit Health. 2025. Vol. 7. Art. 1606088. doi: 10.3389/fdgth.2025.1606088.
3. Gherghin A., Bistriceanu M.I.A., Onu I., Iordan D.A., Dimofte F., Neofit A., Costin DE, Scafa-Udriste A. Artificial Intelligence-Enhanced Telerehabilitation in Post-Acute Coronary Syndrome: A Narrative Review of Opportunities, Evidence, and Future Directions // Life (Basel). 2026. Vol. 16, № 3. P. 444. doi: 10.3390/life16030444.

4. Sotirakos S., Fouda B., Mohamed Razif N.A., Cribben N., Mulhall C., O'Byrne A., Moran B., Connolly R. Harnessing artificial intelligence in cardiac rehabilitation, a systematic review // *Future Cardiol.* 2022. Vol. 18, № 2. P. 154-164. doi: 10.2217/fca-2021-0010.
5. Ferrero L., Gardalini M., Bolgeo T., Valorio P., Malfitano C., De Michelis V. Evaluation of AI-generated exercise prescriptions for diverse cardiac conditions in rehabilitation: a simulation study using the DeepSeek model // *Front Rehabil Sci.* 2026. Vol. 7. Art. 1844420. doi: 10.3389/fresc.2026.1844420.
6. Wu X., Wang S., Cui H., Zheng X., Hou X., Wang Z., Li Q., Liu Q., Cao T., Zheng Y., Wu J., Yu B. Machine learning-based return-to-work assessment system for acute myocardial infarction patients within 12 months // *Heart Lung.* 2025. Vol. 73. P. 19-25. doi: 10.1016/j.hrtlng.2025.04.020.
7. Berezina E.V., Blinova K.A., Dmitrieva O.A., Mishina I.E. Machine Learning Application to Predict Bicycle Ergometer Test Results: a Prospective Cohort Study // *Sovrem Tekhnologii Med.* 2026. Vol. 18, № 2. P. 63-68. doi: 10.17691/stm2026.18.2.06.
8. Levine G.N., Carney R.M., Cohen B.E., Dunn S.L., Gaffey A.E., Kronish I.M., Olsson E.M.G., Huffman J.C. Post-Myocardial Infarction Psychological Distress: A Scientific Statement From the American Heart Association // *Circulation.* 2025. Vol. 152, № 16. P. e298-e310. doi: 10.1161/CIR.0000000000001381.
9. Han R., Lee B.G., Towey D., Yao Y., Pike M. A Virtual Peer Mentor to Enhance Social Presence in VR Rehabilitation for Recovering Heart-Attack Patients // *IEEE Trans Vis Comput Graph.* 2026. Vol. 32, № 5. P. 3809-3819. doi: 10.1109/TVCG.2026.3679134.
10. Shi W., Zhang L., Ghisi G.L.M., Panaretto L., Oh P., Gallagher R. Evaluation of a digital patient education programme for Chinese immigrants after a heart attack // *Eur J Cardiovasc Nurs.* 2024. Vol. 23, № 6. P. 599-607. doi: 10.1093/eurjcn/zvad128.
11. Trache D., Șerbănoiu L.I., Bistriceanu M.I.A., Olteanu G., Andronic O., Călin L., Busnatu Ș.S. Cardiac Telerehabilitation After Heart Attack Using E-Learning Platforms and Monitoring Cardiovascular Risk Factors: A Narrative Review of the Literature // *Medicina (Kaunas).* 2025. Vol. 61, № 4. P. 635. doi: 10.3390/medicina61040635.

References:

1. Witharana P., Chang L., Maier R., Ogundimu E., Wilkinson C., Athanasiou T., Akowuah E. Feasibility study of rehabilitation for cardiac patients aided by an artificial intelligence web-based programme: a randomised controlled trial (RECAP trial)-a study protocol // *BMJ Open.* 2024. Vol. 14, № 4. Art. e079404. doi: 10.1136/bmjopen-2023-079404.
2. Attoh-Mensah E., Boujut A., Desmons M., Perrochon A. Artificial intelligence in personalized rehabilitation: current applications and a SWOT analysis // *Front Digit Health.* 2025. Vol. 7. Art. 1606088. doi: 10.3389/fdgth.2025.1606088.
3. Gherghin A., Bistriceanu M.I.A., Onu I., Iordan D.A., Dimofte F., Neofit A., Costin DE, Scafa-Udrisite A. Artificial Intelligence-Enhanced Telerehabilitation in Post-Acute Coronary Syndrome: A Narrative Review of Opportunities, Evidence, and Future Directions // *Life (Basel).* 2026. Vol. 16, № 3. P. 444. doi: 10.3390/life16030444.

4. Sotirakos S., Fouda B., Mohamed Razif N.A., Cribben N., Mulhall C., O'Byrne A., Moran B., Connolly R. Harnessing artificial intelligence in cardiac rehabilitation, a systematic review // *Future Cardiol.* 2022. Vol. 18, № 2. P. 154-164. doi: 10.2217/fca-2021-0010.
5. Perrero L., Gardalini M., Bolgeo T., Valorio P., Malfitano C., De Michelis V. Evaluation of AI-generated exercise prescriptions for diverse cardiac conditions in rehabilitation: a simulation study using the DeepSeek model // *Front Rehabil Sci.* 2026. Vol. 7. Art. 1844420. doi: 10.3389/fresc.2026.1844420.
6. Wu X., Wang S., Cui H., Zheng X., Hou X., Wang Z., Li Q., Liu Q., Cao T., Zheng Y., Wu J., Yu B. Machine learning-based return-to-work assessment system for acute myocardial infarction patients within 12 months // *Heart Lung.* 2025. Vol. 73. P. 19-25. doi: 10.1016/j.hrtlng.2025.04.020.
7. Berezina E.V., Blinova K.A., Dmitrieva O.A., Mishina I.E. Machine Learning Application to Predict Bicycle Ergometer Test Results: a Prospective Cohort Study // *Sovrem Tekhnologii Med.* 2026. Vol. 18, № 2. P. 63-68. doi: 10.17691/stm2026.18.2.06.
8. Levine G.N., Carney R.M., Cohen B.E., Dunn S.L., Gaffey A.E., Kronish I.M., Olsson E.M.G., Huffman J.C. Post-Myocardial Infarction Psychological Distress: A Scientific Statement From the American Heart Association // *Circulation.* 2025. Vol. 152, № 16. P. e298-e310. doi: 10.1161/CIR.0000000000001381.
9. Han R., Lee B.G., Towey D., Yao Y., Pike M. A Virtual Peer Mentor to Enhance Social Presence in VR Rehabilitation for Recovering Heart-Attack Patients // *IEEE Trans Vis Comput Graph.* 2026. Vol. 32, № 5. P. 3809-3819. doi: 10.1109/TVCG.2026.3679134.
10. Shi W., Zhang L., Ghisi G.L.M., Panaretto L., Oh P., Gallagher R. Evaluation of a digital patient education programme for Chinese immigrants after a heart attack // *Eur J Cardiovasc Nurs.* 2024. Vol. 23, № 6. P. 599-607. doi: 10.1093/eurjcn/zvad128.
11. Trache D., Șerbănoiu L.I., Bistriceanu M.I.A., Olteanu G., Andronic O., Călin L., Busnatu Ș.S. Cardiac Telerehabilitation After Heart Attack Using E-Learning Platforms and Monitoring Cardiovascular Risk Factors: A Narrative Review of the Literature // *Medicina (Kaunas).* 2025. Vol. 61, № 4. P. 635. doi: 10.3390/medicina61040635.