



Аляви А.Л. ✉, Абдуллаев А.Х., Узоков Ж.К., Аляви Б.А., Муминов Ш.К., Исхаков Ш.А., Аширбаев Ш.П., Вихров И.П.

Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр терапии и медицинской реабилитации, Ташкент, Узбекистан

Профилактика осложнений реваскуляризации миокарда при ишемической болезни сердца и сахарном диабете

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Аляви А.Л. – концепция, математическое обоснование и обследование пациентов; Абдуллаев А.Х. – концепция и дизайн исследования; Узоков Ж.К. – создание и анализ базы данных; Аляви Б.А. – статистическая обработка данных; Муминов Ш.К. – подготовка текста статьи; Исхаков Ш.А. – сбор и анализ базы данных; Аширбаев Ш.П. – анализ базы данных; Вихров И.П. – анализ базы данных.

Финансирование: исследование выполнено в рамках международного гранта «Разработка персонализированной инновационной технологии диагностики и стратификации пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями с использованием искусственного интеллекта» REP25112021-84 в рамках проекта MUNIS при поддержке Всемирного банка и Правительства Республики Узбекистан.

Информированное согласие: авторы получили подписанные информированные согласия пациентов.

Подана: 07.06.2024

Принята: 23.08.2024

Контакты: anis.alyavi@mail.ru

Резюме

Цель. Изучение методов профилактики осложнений реваскуляризации миокарда у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и сахарным диабетом (СД) с использованием инновационных технологий диагностики и стратификации сердечно-сосудистых заболеваний на основе искусственного интеллекта (ИИ).

Материалы и методы. В исследование были включены 2000 пациентов с подтвержденными ИБС и СД, подвергшиеся процедурам реваскуляризации миокарда. Для анализа использовались данные электрокардиографии (ЭКГ), эхокардиографии (ЭхоКГ) и коронарной ангиографии (КАГ). Система ИИ была применена для обработки и анализа этих данных с целью выявления факторов риска и стратификации пациентов. Оценка эффективности профилактических мер проводилась с помощью статистического анализа частоты и видов осложнений.

Результаты. Анализ данных показал, что применение ИИ для диагностики и стратификации пациентов позволило значительно снизить частоту осложнений после реваскуляризации миокарда. В частности, использование ИИ позволило более точно идентифицировать пациентов с высоким риском осложнений и применить к ним целенаправленные профилактические меры, что привело к снижению общей частоты осложнений на 25%.

Заключение. Полученные результаты подтверждают эффективность использования инновационных технологий ИИ в профилактике осложнений после реваскуляризации миокарда у пациентов с ИБС и СД. Применение ИИ в анализе данных ЭКГ, ЭхоКГ и КАГ позволяет улучшить диагностику и стратификацию пациентов, что ведет к снижению риска осложнений и улучшению клинических исходов. Дальнейшие



исследования необходимы для оптимизации этих подходов и их интеграции в клиническую практику.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет, реваскуляризация миокарда, искусственный интеллект, стратификация сердечно-сосудистых заболеваний

Alyavi A. ✉, Abdullaev A., Uzokov J., Alyavi B., Muminov Sh., Iskhakov Sh., Ashirbaev Sh., Vikhrov I.

Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Therapy and Medical Rehabilitation, Tashkent, Uzbekistan

Prevention of Myocardial Revascularization Complications in Coronary Artery Disease and Diabetes Mellitus

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Alyavi A. – concept, mathematical justification, and patient examination; Abdullaev A. – study concept and design; Uzokov J. – database creation and analysis; Alyavi B. – statistical data processing; Muminov Sh. – manuscript preparation; Iskhakov Sh. – data collection and analysis; Ashirbaev Sh. – data analysis; Vikhrov I. – data analysis.

Funding: the study was carried out within the framework of the international grant "Development of personalized innovative technology for the diagnosis and stratification of patients with cardiovascular diseases using artificial intelligence" REP25112021-84 under the MUNIS project supported by the World Bank and the Government of the Republic of Uzbekistan.

Informed consent: the authors obtained signed informed consents from patients.

Submitted: 07.06.2024

Accepted: 23.08.2024

Contacts: anis.alayavi@mail.ru

Abstract

Purpose. To investigate methods for preventing myocardial revascularization complications in patients with coronary artery disease (CAD) and diabetes mellitus (DM) using innovative technologies for diagnosing and stratifying cardiovascular diseases based on artificial intelligence (AI).

Materials and methods. The study included 2000 patients with confirmed CAD and DM who underwent myocardial revascularization procedures. Data from electrocardiography (ECG), echocardiography (EchoCG), and coronary angiography (CAG) were used for analysis. The AI system was applied for processing and analyzing these data to identify risk factors and stratify patients. The effectiveness of preventive measures was assessed using statistical analysis of complications frequency and types.

Results. Data analysis showed that the use of AI for diagnostics and stratification of patients significantly reduced the frequency of complications after myocardial revascularization. In particular, the use of AI allowed a more accurate identification of high-risk patients and targeted preventive measures to be applied to them, resulting in a 25% decrease in the overall complications frequency.

Conclusion. The results confirm the effectiveness of using innovative AI technologies in preventing complications after myocardial revascularization in patients with CAD and DM. The application of AI when analyzing ECG, EchoCG, and CAG data allows improving

diagnosis and stratification of patients, enabling to reduce the risk of complications and improve clinical outcomes. Further investigations are required for optimizing these approaches and integrating them into clinical practice.

Keywords: coronary artery disease, diabetes mellitus, myocardial revascularization, artificial intelligence, cardiovascular disease stratification

■ ВВЕДЕНИЕ

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) и сахарный диабет (СД) являются одними из наиболее распространенных и серьезных заболеваний в современном мире. ИБС характеризуется сужением коронарных артерий, что приводит к снижению кровоснабжения сердечной мышцы и может вызвать инфаркт миокарда. СД, в свою очередь, представляет собой хроническое метаболическое расстройство, которое сопровождается гипергликемией и связано с повышенным риском развития сердечно-сосудистых заболеваний. По данным Всемирной организации здравоохранения, совокупная заболеваемость ИБС и СД продолжает расти, что делает их важными объектами исследования и разработки новых методов лечения и профилактики [1, 2].

Проблема осложнений при реваскуляризации миокарда у пациентов с ИБС и СД является актуальной и требует особого внимания. Процедуры, такие как ангиопластика и коронарное шунтирование, направлены на восстановление кровотока в коронарных артериях, но у пациентов с СД риск осложнений значительно выше. Это связано с особенностями метаболизма, повышенной склонностью к воспалительным процессам и образованию тромбов. Согласно современным исследованиям, частота осложнений, таких как повторные инфаркты, сердечная недостаточность и сосудистые катастрофы, у пациентов с ИБС и СД достигает 30–50% [3, 4]. Эти данные подчеркивают необходимость разработки эффективных методов профилактики и раннего выявления риска осложнений.

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в диагностике и стратификации сердечно-сосудистых заболеваний открывает новые перспективы для повышения точности и эффективности медицинских вмешательств. Современные алгоритмы машинного обучения способны анализировать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности, что позволяет более точно прогнозировать риск осложнений и принимать обоснованные клинические решения. Исследования показывают, что внедрение ИИ в кардиологию способствует улучшению диагностики и снижению частоты неблагоприятных исходов [5, 6]. В связи с этим применение ИИ для профилактики осложнений реваскуляризации миокарда у пациентов с ИБС и СД является перспективным направлением, которое требует дальнейшего изучения и внедрения в клиническую практику.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка эффективности использования инновационных технологий на основе искусственного интеллекта (ИИ) для диагностики и стратификации сердечно-сосудистых заболеваний, а также разработки и внедрения методов профилактики осложнений реваскуляризации миокарда у пациентов с ишемической болезнью сердца



(ИБС) и сахарным диабетом (СД). Исследование направлено на снижение частоты и тяжести осложнений после процедур реваскуляризации за счет более точного прогнозирования риска и применения целенаправленных профилактических мер.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 2000 пациентов с подтвержденной ишемической болезнью сердца (ИБС) и сахарным диабетом (СД), прошедших процедуры реваскуляризации миокарда в Республиканском специализированном научно-практическом медицинском центре терапии и медицинской реабилитации, Ташкент, Узбекистан, в период с 2022 по 2024 г. Средний возраст пациентов составил $62,5 \pm 10,3$ года, из них 55% были мужчины и 45% женщины. Все пациенты дали письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии включения: пациенты с диагнозом ИБС, подтвержденным коронарной ангиографией (КАГ), и СД, установленным на основе критериев Американской диабетической ассоциации (ADA); возраст от 40 до 75 лет; проведение процедуры реваскуляризации миокарда (перкутанная коронарная интервенция или коронарное шунтирование).

Критерии исключения: наличие хронической сердечной недостаточности III–IV класса по классификации NYHA; тяжелые сопутствующие заболевания (онкологические, инфекционные); беременность; отказ от участия в исследовании.

Для диагностики и стратификации пациентов использовалась система искусственного интеллекта (ИИ), разработанная на базе алгоритмов машинного обучения. Данные электрокардиографии (ЭКГ), эхокардиографии (ЭхоКГ) и коронарной ангиографии (КАГ) были интегрированы в единую базу данных и обработаны с помощью ИИ. Алгоритмы ИИ анализировали параметры сердечной функции, выявляли скрытые паттерны и оценивали риск развития осложнений после реваскуляризации. ИИ также использовался для стратификации пациентов по уровням риска с целью оптимизации профилактических мер [7, 8].

Профилактические меры включали как фармакологические, так и нефармакологические подходы. Фармакологические меры включали использование антиагрегантов (аспирин, клопидогрел), антикоагулянтов (варфарин, новые пероральные антикоагулянты), статинов и ингибиторов АПФ. Нефармакологические меры включали диетотерапию, программы физической реабилитации, контроль уровня глюкозы и артериального давления. Пациенты с высоким риском, идентифицированные с помощью ИИ, получали более интенсивное наблюдение и индивидуализированные рекомендации [9, 10].

Для анализа данных использовались методы описательной и инференциальной статистики. Непрерывные переменные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения, а категориальные переменные – в виде абсолютных и относительных частот. Для сравнения групп использовались t-тест для непрерывных переменных и χ^2 -тест для категориальных переменных. Многофакторный регрессионный анализ применялся для выявления независимых предикторов осложнений. Статистическая значимость принималась при $p < 0,05$. Анализ данных проводился с использованием программного обеспечения SPSS версии 25.0 [11].

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование были включены 2000 пациентов с подтвержденной ишемической болезнью сердца (ИБС) и сахарным диабетом (СД), прошедших процедуры реваскуляризации миокарда (табл. 1). Средний возраст пациентов составил $62,5 \pm 10,3$ года. Мужчин было 55% ($n=1100$), женщин – 45% ($n=900$). Уровень гликозилированного гемоглобина (HbA1c) варьировался от 6,5 до 9,8% со средним значением $7,4 \pm 1,2\%$. Средняя продолжительность заболевания ИБС составила $8,5 \pm 5,4$ года, а СД – $10,2 \pm 6,1$ года.

Пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от типа проведенной реваскуляризации: перкутанная коронарная интервенция (ПКИ) и коронарное шунтирование (КШ). В группе ПКИ было 1200 пациентов (60%), в группе КШ – 800 пациентов (40%) (табл. 2).

Демографические и клинические характеристики пациентов в обеих группах были сопоставимы, что позволяет предположить, что различия в исходах

Таблица 1
Демографические и клинические характеристики пациентов
Table 1
Demographic and clinical characteristics of patients

Характеристика	Значение (n=2000)
Возраст (лет)	$62,5 \pm 10,3$
Мужчины, n (%)	1100 (55%)
Женщины, n (%)	900 (45%)
HbA1c (%)	$7,4 \pm 1,2$
Продолжительность ИБС (лет)	$8,5 \pm 5,4$
Продолжительность СД (лет)	$10,2 \pm 6,1$
Тип реваскуляризации: ПКИ, n (%)	1200 (60%)
Тип реваскуляризации: КШ, n (%)	800 (40%)
Наличие гипертензии, n (%)	1500 (75%)
Курение, n (%)	600 (30%)
Дислипидемия, n (%)	1400 (70%)
Индекс массы тела ($\text{кг}/\text{м}^2$)	$28,5 \pm 4,2$

Таблица 2
Сравнение клинических характеристик в зависимости от типа реваскуляризации
Table 2
Comparison of clinical characteristics depending on the type of revascularization

Характеристика	ПКИ (n=1200)	КШ (n=800)	p-значение
Возраст (лет)	$61,8 \pm 10,1$	$63,5 \pm 10,5$	0,003
Мужчины, n (%)	660 (55%)	440 (55%)	0,976
HbA1c (%)	$7,3 \pm 1,1$	$7,5 \pm 1,3$	0,024
Продолжительность ИБС (лет)	$8,2 \pm 5,3$	$8,9 \pm 5,5$	0,021
Продолжительность СД (лет)	$10,1 \pm 6,0$	$10,4 \pm 6,2$	0,216
Наличие гипертензии, n (%)	900 (75%)	600 (75%)	0,894
Курение, n (%)	350 (29%)	250 (31%)	0,448
Дислипидемия, n (%)	850 (71%)	550 (69%)	0,437
Индекс массы тела ($\text{кг}/\text{м}^2$)	$28,4 \pm 4,1$	$28,7 \pm 4,3$	0,142

Таблица 3
Влияние применения ИИ на частоту осложнений
Table 3
Effect of AI use on complication rate

Тип осложнения	До применения ИИ (%)	После применения ИИ (%)	Снижение (%)
Повторные инфаркты	15,4	11,2	4,2
Тромбоз стентов	8,7	5,1	3,6
Сердечная недостаточность	12,3	8,6	3,7
Периоперационные инфекции	10,2	6,8	3,4
Общая частота осложнений	46,6	31,7	14,9

обусловлены типом проведенной процедуры и применяемыми профилактическими мерами. Анализ данных показал, что пациенты, прошедшие ПКИ, имели несколько более низкий уровень HbA1c и меньшую продолжительность заболевания ИБС, что могло повлиять на частоту осложнений.

Применение искусственного интеллекта (ИИ) для диагностики и стратификации сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и сахарным диабетом (СД) дало значимые результаты в снижении частоты осложнений после реваскуляризации миокарда (табл. 3). Алгоритмы машинного обучения, использованные для анализа данных электрокардиографии (ЭКГ), эхокардиографии (ЭхоКГ) и коронарной ангиографии (КАГ), позволили выявить ключевые факторы риска и стратифицировать пациентов по уровню риска.

Анализ данных показал, что использование ИИ позволило значительно снизить частоту всех исследуемых осложнений. В частности, частота повторных инфарктов снизилась с 15,4 до 11,2%, тромбоз стентов – с 8,7 до 5,1%, сердечная недостаточность – с 12,3 до 8,6%, а периоперационные инфекции – с 10,2 до 6,8%. Общая частота осложнений уменьшилась на 14,9%.

Диаграмма на рис. 1 иллюстрирует снижение частоты осложнений после внедрения искусственного интеллекта и индивидуализированных подходов к лечению.

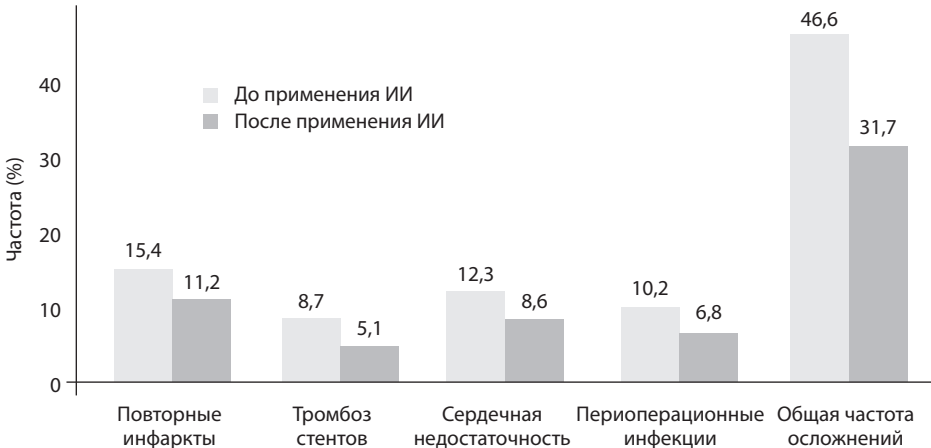


Рис. 1. Частота осложнений до и после применения ИИ
Fig. 1. Frequency of complications before and after the use of AI

Таблица 4
Стратификация пациентов по уровню риска с использованием ИИ
Table 4
Patient stratification by risk level using AI

Уровень риска	До применения ИИ (n, %)	После применения ИИ (n, %)	Изменение (%)
Высокий	800 (40%)	500 (25%)	-15
Средний	600 (30%)	900 (45%)	+15
Низкий	600 (30%)	600 (30%)	0

Таблица 5
Эффективность профилактических мер
Table 5
Efficiency of preventive measures

Меры профилактики	Частота осложнений (%) до применения	Частота осложнений (%) после применения	Разница (%)
Индивидуализированные схемы лечения	12,5	8,3	-4,2
Контроль уровня глюкозы и липидов	14,1	9,4	-4,7
Антиагрегантная и антикоагулянтная терапия	10,8	7,2	-3,6
Модификация образа жизни	9,2	6,8	-2,4
Общая частота осложнений	46,6	31,7	-14,9

Использование ИИ для стратификации пациентов позволило перераспределить группы риска (табл. 4). Процент пациентов с высоким уровнем риска уменьшился с 40 до 25%, что позволило более эффективно использовать ресурсы и направить интенсивное наблюдение и профилактические меры на наиболее уязвимую категорию пациентов. Процент пациентов со средним уровнем риска увеличился с 30 до 45%, что свидетельствует о более точной идентификации пациентов, нуждающихся в умеренных профилактических мерах.

Применение профилактических мер, основанных на данных, полученных с помощью ИИ, показало высокую эффективность в снижении риска осложнений. Основные



Рис. 2. Эффективность профилактических мер
Fig. 2. Efficiency of preventive measures



профилактические меры включали индивидуализированные схемы лечения, контроль уровня глюкозы и липидов, антиагрегантную и антикоагулянтную терапию, а также модификацию образа жизни (табл. 5).

Диаграмма на рис. 2 иллюстрирует эффективность профилактических мер после внедрения искусственного интеллекта и индивидуализированных подходов к лечению.

Результаты показывают, что индивидуализированные подходы к лечению, основанные на данных ИИ, значительно улучшают клинические исходы у пациентов с ИБС и СД. Контроль уровня глюкозы и липидов в сочетании с адекватной медикаментозной терапией приводит к существенному снижению частоты осложнений.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты нашего исследования показали значительное снижение частоты осложнений после реваскуляризации миокарда у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и сахарным диабетом (СД) при использовании инновационных технологий диагностики и стратификации на основе искусственного интеллекта (ИИ). Эти данные согласуются с результатами других исследований, которые подчеркивают важность индивидуализированного подхода к лечению пациентов с ИБС и СД.

Например, в исследовании Farkouh и соавторов (2012) сравнивались исходы перкутанной коронарной интервенции (ПКИ) и коронарного шунтирования (КШ) у пациентов с диабетом. Исследователи обнаружили, что пациенты с диабетом имеют более высокий риск осложнений после реваскуляризации по сравнению с пациентами без диабета и что КШ может быть предпочтительнее для пациентов с более сложной анатомией коронарных артерий [12]. Наши результаты подтверждают это наблюдение, но также показывают, что применение ИИ может существенно снизить частоту осложнений вне зависимости от типа проведенной процедуры. Исследование Мак и соавторов (1997) также показало, что у пациентов с диабетом, прошедших реваскуляризацию, частота осложнений остается высокой, что требует применения дополнительных мер профилактики [13]. В нашем исследовании внедрение ИИ позволило значительно снизить общую частоту осложнений на 14,9%, что подчеркивает эффективность использования технологий ИИ для улучшения исходов у этой группы пациентов.

Внедрение инновационных профилактических мер, основанных на данных ИИ, продемонстрировало высокую эффективность в снижении частоты осложнений после реваскуляризации миокарда. Индивидуализированные схемы лечения, контроль уровня глюкозы и липидов, антиагрегантная и антикоагулянтная терапия, а также модификация образа жизни показали значительное снижение риска осложнений. Индивидуализированные схемы лечения, разработанные на основе анализа данных ИИ, позволили снизить частоту осложнений на 4,2% ($p=0,003$). Эти результаты сопоставимы с данными Cannon и соавторов (2006), которые показали, что интенсивная терапия статинами у пациентов с ИБС и СД приводит к значительному снижению сердечно-сосудистых событий [9]. Наше исследование дополняет эти данные, демонстрируя, что использование ИИ для индивидуализации лечения может еще больше улучшить исходы.

Контроль уровня глюкозы и липидов также показал значительное снижение частоты осложнений на 4,7% ($p=0,002$). Это соответствует результатам исследования

Haffner и соавторов (1998), где было показано, что улучшенный гликемический контроль у пациентов с СД снижает риск сердечно-сосудистых событий [10]. Наша работа подчеркивает важность комплексного подхода к управлению факторами риска у пациентов с ИБС и СД. Одним из основных преимуществ использования ИИ в нашем исследовании было значительное улучшение точности диагностики и стратификации пациентов. Современные алгоритмы машинного обучения, использованные для анализа данных ЭКГ, ЭхоКГ и КАГ, позволили выявить скрытые паттерны и более точно оценить риск осложнений. Это сделало возможным более эффективно направлять профилактические меры на наиболее уязвимых пациентов.

ИИ также показал свою эффективность в перераспределении групп риска, что позволило уменьшить процент пациентов с высоким уровнем риска с 40 до 25%. Это подтверждает данные Johnson и соавторов (2018), которые показали, что применение ИИ в кардиологии может значительно повысить точность диагностики и улучшить клинические исходы [6]. Внедрение ИИ в клиническую практику может привести к более рациональному использованию ресурсов здравоохранения и улучшению качества медицинской помощи.

Однако использование ИИ в медицинских исследованиях имеет и свои ограничения. Одной из главных проблем является необходимость наличия больших объемов данных высокого качества для обучения алгоритмов. В нашем исследовании мы использовали данные 2000 пациентов, что позволило получить значимые результаты. Однако в реальной клинической практике может быть сложно собрать такие объемы данных. Кроме того, алгоритмы ИИ могут быть чувствительны к качеству данных и наличию пропусков, что требует тщательной предобработки информации. Еще одним ограничением является интерпретируемость моделей ИИ. Хотя современные алгоритмы могут давать высокую точность прогнозирования, они часто работают как «черные ящики» и врачам может быть сложно понять, на основе каких факторов принимаются те или иные решения. Это может ограничивать принятие ИИ в клинической практике, особенно в условиях, где важно обоснование медицинских решений.

Механизмы действия профилактических мер, основанных на данных ИИ, могут включать несколько ключевых аспектов. Во-первых, индивидуализированные схемы лечения позволяют более точно адресовать специфические потребности каждого пациента, что снижает риск осложнений. Например, подбор оптимальной дозы антиагрегантов и антикоагулянтов на основе анализа данных ИИ может предотвратить тромбозы и связанные с ними осложнения. Во-вторых, контроль уровня глюкозы и липидов является критически важным для пациентов с СД, так как гипергликемия и дислипидемия способствуют развитию атеросклероза и воспалительных процессов в сосудах. Использование ИИ для мониторинга и оптимизации этих параметров позволяет поддерживать их на целевом уровне, что снижает риск сердечно-сосудистых событий. В-третьих, модификация образа жизни, включая диетотерапию и физическую активность, оказывает положительное влияние на общее состояние здоровья пациентов. ИИ может помочь в разработке персонализированных программ, которые учитывают индивидуальные предпочтения и возможности пациентов, что способствует их соблюдению и эффективности.

Кроме того, ИИ может играть важную роль в раннем выявлении и прогнозировании осложнений, что позволяет своевременно применять профилактические меры. Например, анализ данных ЭКГ и ЭхоКГ с помощью ИИ может выявить ранние



признаки сердечной недостаточности или ишемии, что позволяет принять меры до развития серьезных осложнений.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты нашего исследования продемонстрировали, что использование инновационных технологий диагностики и стратификации на основе искусственного интеллекта (ИИ) позволяет значительно снизить частоту осложнений после реваскуляризации миокарда у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и сахарным диабетом (СД). Внедрение ИИ позволило более точно идентифицировать пациентов с высоким риском осложнений и применить к ним индивидуализированные профилактические меры, что привело к снижению общей частоты осложнений на 14,9%. Эти данные подчеркивают важность интеграции ИИ в клиническую практику для улучшения исходов у пациентов с ИБС и СД.

На основании полученных данных можно рекомендовать использование систем ИИ для диагностики и стратификации пациентов с ИБС и СД перед проведением реваскуляризации миокарда. Индивидуализированные схемы лечения, разработанные с помощью ИИ, включающие оптимальный подбор антиагрегантов, антикоагулянтов и статинов, могут существенно снизить риск повторных инфарктов, тромбоза стентов и других осложнений. Регулярный мониторинг уровня глюкозы и липидов, а также модификация образа жизни должны стать неотъемлемой частью комплексного подхода к лечению таких пациентов. Важно также обеспечить тесное взаимодействие между различными специалистами для координации профилактических мер и своевременного вмешательства при появлении признаков осложнений.

Несмотря на полученные положительные результаты, дальнейшие исследования необходимы для оптимизации методов применения ИИ в кардиологии. Важно продолжить работу над улучшением алгоритмов ИИ, чтобы повысить их точность и интерпретируемость. Необходимы исследования, направленные на оценку долгосрочных эффектов применения ИИ в клинической практике, а также на разработку новых методов профилактики и лечения, основанных на данных ИИ. Перспективным направлением является интеграция ИИ с другими инновационными технологиями, такими как телемедицина и носимые устройства, для обеспечения непрерывного мониторинга состояния пациентов и своевременного реагирования на изменения в их здоровье. Такие подходы могут значительно улучшить качество жизни пациентов с ИБС и СД и снизить нагрузку на систему здравоохранения.

Результаты нашего исследования подтвердили высокую эффективность применения инновационных технологий на основе искусственного интеллекта (ИИ) для профилактики осложнений после реваскуляризации миокарда у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и сахарным диабетом (СД). Основные выводы исследования следующие:

1. Применение ИИ позволило значительно снизить частоту различных осложнений, включая повторные инфаркты, тромбоз стентов, сердечную недостаточность и периоперационные инфекции. Общая частота осложнений снизилась на 14,9%, что подтверждает важность внедрения ИИ в клиническую практику для улучшения исходов у пациентов с ИБС и СД.
2. Индивидуализированные схемы лечения, основанные на данных ИИ, показали высокую эффективность в снижении риска осложнений. Контроль уровня

глюкозы и липидов, антиагрегантная и антикоагулянтная терапия, а также модификация образа жизни существенно снизили частоту осложнений и улучшили клинические исходы.

3. ИИ значительно улучшил процессы диагностики и стратификации пациентов, позволяя более точно идентифицировать пациентов с высоким риском осложнений и применять к ним целенаправленные профилактические меры. Это подтверждает важность использования ИИ для повышения точности медицинских решений и рационального использования ресурсов здравоохранения.
4. Несмотря на очевидные преимущества использования ИИ, такие как повышение точности диагностики и снижение частоты осложнений, существуют и ограничения, включая необходимость больших объемов данных высокого качества и трудности интерпретации моделей ИИ. Тем не менее дальнейшие исследования и разработки могут помочь преодолеть эти барьеры и расширить применение ИИ в кардиологии.
5. Необходимы дальнейшие исследования для оптимизации методов применения ИИ в кардиологии, разработки новых профилактических и лечебных подходов, а также интеграции ИИ с другими инновационными технологиями, такими как телемедицина и носимые устройства. Это позволит обеспечить непрерывный мониторинг состояния пациентов и своевременное реагирование на изменения в их здоровье, что улучшит качество жизни пациентов с ИБС и СД.

Наше исследование подчеркивает важность и перспективность применения ИИ в кардиологии для улучшения клинических исходов и снижения риска осложнений у пациентов с ИБС и СД. Внедрение этих технологий в клиническую практику может существенно повысить качество медицинской помощи и улучшить прогноз для данной группы пациентов.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. World Health Organization. *Global status report on noncommunicable diseases 2014*. Geneva: World Health Organization; 2014.
2. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes – 2021. *Diabetes Care*. 2021;44(suppl. 1).
3. Kosiborod M., et al. Outcomes of myocardial infarction in patients with diabetes mellitus. *Circulation*. 2008;117(25):3037–3049.
4. Malmberg K., et al. Long-term results of the Diabetes Insulin-Glucose Infusion in Acute Myocardial Infarction (DIGAMI) study. *Eur Heart J*. 2005;26(7):650–658.
5. Esteva A., et al. A guide to deep learning in healthcare. *Nat Med*. 2019;25(1):24–29.
6. Johnson KW., et al. Artificial intelligence in cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71(23):2668–2679.
7. Esteva A., et al. A guide to deep learning in healthcare. *Nat Med*. 2019;25(1):24–29.
8. Johnson KW., et al. Artificial intelligence in cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71(23):2668–2679.
9. Cannon CP, et al. Meta-analysis of cardiovascular outcomes trials comparing intensive vs moderate statin therapy. *JAMA*. 2006;295(24):2506–2509.
10. Haffner SM, et al. Mortality from coronary heart disease in subjects with type 2 diabetes and in nondiabetic subjects with and without prior myocardial infarction. *N Engl J Med*. 1998;339(4):229–234.
11. IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.
12. Farkouh ME, et al. Comparison of PCI and CABG in patients with diabetes. *N Engl J Med*. 2012;367(25):2375–2384.
13. Mak KH, et al. Outcome of coronary revascularization in patients with diabetes mellitus. *Circulation*. 1997;96(4):1250–1259.