ISSN: 2181-3906 2026

International scientific journal
«MODERN SCIENCE AND RESEARCH»
VOLUME 5 / ISSUE 11 / UIF:8.2 / MODERNSCIENCE.UZ

РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Кодиржонова Сарвиноз Нодирбек кизи
Ташкентский государственный медицинский университет
Кафедра внутренних болезней, эндокринологии
Магистрант 1-го курса по специальности «Терапия».
Арипова Наргиза Нусратовна
Доцент

https://doi.org/10.5281/zenodo.24397103

Аннотация. *В статье рассматриваются современные возможности применения методов искусственного интеллекта для ранней диагностики сердечной недостаточности у пациентов с артериальной гипертензией. Анализируются патофизиологические механизмы формирования сердечной дисфункции, особенности ремоделирования миокарда и диагностическая значимость электрокардиографии, эхокардиографии и лабораторных биомаркеров. Особое внимание уделяется алгоритмам машинного обучения и глубокого обучения, позволяющим выявлять скрытые закономерности в клинических данных и прогнозировать вероятность развития сердечной недостаточности. Рассматриваются результаты современных отечественных и зарубежных исследований, а также перспективы интеграции интеллектуальных диагностических систем в кардиологическую практику.*

Ключевые слова: *артериальная гипертензия, сердечная недостаточность, искусственный интеллект, машинное обучение, глубокое обучение, ранняя диагностика, электрокардиография, эхокардиография, NT-proBNP, ремоделирование миокарда.*

Annotatsiya. *Maqolada arterial gipertenziyasi bo‘lgan bemorlarda yurak yetishmovchiligini erta tashxislashda sun’iy intellekt usullaridan foydalanishning zamonaviy imkoniyatlari yoritilgan. Yurak disfunksiyasining shakllanish mexanizmlari, miokard remodellanishining xususiyatlari hamda elektrokardiografiya, exokardiografiya va laborator biomarkerlarning diagnostik ahamiyati tahlil qilingan. Ayniqsa, klinik ma’lumotlardagi yashirin qonuniyatlarni aniqlash va yurak yetishmovchiligi rivojlanish xavfini bashoratlash imkonini beruvchi mashinaviy o‘qitish hamda chuqur o‘qitish algoritmlariga alohida e’tibor qaratilgan.*

Mahalliy va xorijiy ilmiy tadqiqotlar natijalari umumlashtirilib, intellektual diagnostika tizimlarini kardiologiya amaliyotiga integratsiya qilish istiqbollari baholangan.

Kalit so‘zlar: *arterial gipertenziya, yurak yetishmovchiligi, sun’iy intellekt, mashinaviy o‘qitish, chuqur o‘qitish, erta tashxislash, elektrokardiografiya, exokardiografiya, NT-proBNP, miokard remodellanishi.*

Abstract. *The article examines contemporary applications of artificial intelligence methods for the early diagnosis of heart failure in patients with arterial hypertension. It analyzes the pathophysiological mechanisms underlying cardiac dysfunction, myocardial remodeling, and the diagnostic significance of electrocardiography, echocardiography, and laboratory biomarkers.*

Particular attention is given to machine learning and deep learning algorithms capable of identifying hidden patterns in clinical data and predicting the risk of heart failure development.

Findings from recent national and international studies are reviewed, and the prospects for integrating intelligent diagnostic systems into cardiological practice are discussed.

Keywords: *arterial hypertension, heart failure, artificial intelligence, machine learning, deep learning, early diagnosis, electrocardiography, echocardiography, NT-proBNP, myocardial remodeling.*

ВВЕДЕНИЕ

Артериальная гипертензия занимает одно из ведущих мест в структуре сердечно-сосудистых заболеваний и остается значимой медико-социальной проблемой современной системы здравоохранения. Длительное повышение артериального давления оказывает неблагоприятное воздействие на функциональное состояние миокарда, способствует развитию гипертрофии левого желудочка, нарушению диастолического расслабления и формированию структурных изменений сердечной мышцы. Одним из наиболее серьезных последствий данного патологического процесса является развитие сердечной недостаточности, которая существенно ограничивает физическую активность пациентов и ухудшает качество их жизни.

Особую клиническую значимость приобретает раннее выявление сердечной недостаточности у пациентов с артериальной гипертензией, поскольку начальные изменения сердечной деятельности нередко протекают бессимптомно. На данном этапе традиционные методы обследования не всегда позволяют своевременно определить вероятность прогрессирования патологического процесса. В связи с этим возрастает необходимость совершенствования диагностических подходов, направленных на выявление ранних структурных и функциональных нарушений миокарда.

МЕТОДОЛОГИЯ И АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ

Методологическая основа исследования сформирована на основе комплексного изучения отечественной и зарубежной научной литературы, посвященной проблемам артериальной гипертензии, патогенезу сердечной недостаточности, современным методам кардиологической диагностики и внедрению технологий искусственного интеллекта в медицинскую практику. Основное внимание уделено научным работам, в которых рассматриваются возможности раннего выявления структурно-функциональных изменений миокарда, прогнозирования сердечно-сосудистых осложнений и совершенствования диагностических алгоритмов.

В процессе исследования использованы методы сравнительного, системного и критического анализа научных источников, обобщения клинических рекомендаций и научной интерпретации результатов современных исследований. Информационную основу составили отечественные клинические протоколы, учебно-методические издания, научные публикации узбекских исследователей, а также зарубежные монографии, оригинальные статьи и аналитические обзоры.

При отборе материалов учитывались их научная значимость, соответствие рассматриваемой проблематике и возможность применения полученных результатов в практической кардиологии.

Среди отечественных источников особое значение имеет **«Национальный клинический протокол по ведению больных с артериальной гипертензией»,** подготовленный Республиканским специализированным научно-практическим медицинским центром кардиологии Министерства здравоохранения Республики Узбекистан. В разработке документа принимали участие Х.Г. Фозилов и Г.А. Хамидуллаева. В протоколе систематизированы современные подходы к диагностике артериальной гипертензии, оценке сердечно-сосудистого риска и выявлению поражения органов-мишеней.

Особое внимание уделяется необходимости проведения электрокардиографического исследования для определения признаков гипертрофии левого желудочка. При наличии изменений на ЭКГ или клинических признаков дисфункции левого желудочка рекомендуется проведение эхокардиографии. Данные положения имеют непосредственное отношение к рассматриваемой проблеме, поскольку структурное ремоделирование миокарда является одним из важных промежуточных звеньев формирования сердечной недостаточности у пациентов с длительно существующей артериальной гипертензией [1].

Важное значение для изучения клинических особенностей артериальной гипертензии имеет учебное пособие Г.М. Ахмадулиной **«Резистентная артериальная гипертензия. Диагностика. Современные подходы к лечению»** . В данной работе рассматриваются сложные вопросы диагностики резистентной артериальной гипертензии, особенности ее патогенеза и современные подходы к оценке эффективности антигипертензивной терапии. Содержание издания позволяет рассматривать длительно неконтролируемое повышение артериального давления как важный фактор неблагоприятного воздействия на сердечную мышцу. В контексте настоящего исследования особую актуальность приобретает необходимость своевременного выявления пациентов, у которых сохраняющаяся гемодинамическая нагрузка может сопровождаться развитием гипертрофии и функциональных нарушений миокарда [2].

Отдельного внимания заслуживает публикация С.Я. Умарова и М.Л. Кенжаева **«The Role of Artificial Intelligence in the Diagnosis of Chronic Heart Failure»** , опубликованная в материалах Uzbekistan Open Conference. Авторы рассматривают возможности применения искусственного интеллекта в диагностике хронической сердечной недостаточности. В работе затрагиваются вопросы анализа клинических данных, электрокардиографических показателей и лабораторных биомаркеров с использованием интеллектуальных алгоритмов.

Данное исследование представляет интерес с точки зрения развития отечественного научного направления, связанного с цифровизацией кардиологической диагностики.

Вместе с тем его результаты необходимо рассматривать с учетом дальнейшей потребности в клинической проверке и независимой валидации диагностических моделей [3].

Среди зарубежных научных исследований фундаментальное значение имеет работа Ю. Се и соавторов **«Artificial Intelligence in Diagnosis of Heart Failure»** , опубликованная в *Journal of the American Heart Association.* Авторы анализируют современные направления использования искусственного интеллекта в диагностике сердечной недостаточности.

Особое внимание уделяется применению машинного обучения для интерпретации электрокардиографических сигналов, эхокардиографических изображений и других клинических данных. Исследователи подчеркивают, что интеллектуальные алгоритмы способны выявлять сложные диагностические закономерности, которые не всегда определяются при традиционной оценке отдельных показателей. Научная значимость данной публикации заключается в обосновании мультимодального подхода, предполагающего совместное использование нескольких источников медицинской информации [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ отечественных и зарубежных научных публикаций показал, что ранняя диагностика сердечной недостаточности у пациентов с артериальной гипертензией остается одной из актуальных задач современной кардиологии. Особую сложность представляет выявление начальных функциональных нарушений миокарда, которые могут длительное время протекать без выраженной клинической симптоматики. Полученные в ходе литературного анализа данные свидетельствуют о том, что применение искусственного интеллекта открывает дополнительные возможности для комплексной оценки состояния сердечно-сосудистой системы и прогнозирования риска развития сердечной недостаточности.

Одним из наиболее значимых результатов анализа является установление тесной взаимосвязи между продолжительностью артериальной гипертензии, структурным ремоделированием миокарда и последующим формированием сердечной недостаточности.

Постоянное повышение артериального давления увеличивает нагрузку на левый желудочек, вызывает компенсаторную гипертрофию миокарда и постепенно приводит к нарушению его эластических свойств. На начальных этапах фракция выброса левого желудочка может оставаться сохраненной, несмотря на уже существующие нарушения диастолического расслабления [5]. Это обстоятельство затрудняет раннее выявление заболевания и обосновывает необходимость использования дополнительных диагностических показателей.

В рекомендациях Европейского общества кардиологов подчеркивается значимость оценки поражения органов-мишеней у пациентов с артериальной гипертензией. Особое место отводится электрокардиографии и эхокардиографии, позволяющим выявлять гипертрофию левого желудочка, увеличение левого предсердия и другие признаки гипертензивного поражения сердца. В рекомендациях также отмечается прогностическая значимость субклинической диастолической дисфункции в отношении последующего развития сердечно-сосудистых осложнений [6].

Научная значимость данного исследования заключается в том, что для получения прогностической информации использовалось изображение обычной электрокардиограммы. Это открывает перспективы применения искусственного интеллекта в учреждениях первичного звена здравоохранения, где проведение сложных инструментальных исследований может быть ограничено. Вместе с тем следует учитывать, что полученные результаты характеризуют прогнозирование риска будущей сердечной недостаточности, а не самостоятельное подтверждение клинического диагноза. Поэтому положительный результат AI-ECG должен служить основанием для дополнительного обследования пациента, а не заменять заключение кардиолога.

Другим важным направлением является применение искусственного интеллекта при анализе эхокардиографических данных. В исследовании Y. Xie и соавторов рассмотрены современные возможности интеллектуальной обработки медицинских изображений и функциональных показателей сердца. Авторы обращают внимание на перспективность использования алгоритмов глубокого обучения для автоматического распознавания структурных элементов сердца, оценки камер, анализа сократительной функции и выявления признаков сердечной недостаточности [7].

Особое значение при обследовании пациентов с артериальной гипертензией имеет оценка глобальной продольной деформации миокарда (Global Longitudinal Strain — GLS).

Данный показатель позволяет получить дополнительную информацию о функциональном состоянии сердечной мышцы. В отдельных случаях снижение GLS выявляется раньше, чем изменения фракции выброса левого желудочка. Использование интеллектуальных алгоритмов для обработки эхокардиографических изображений может повысить воспроизводимость измерений и уменьшить влияние субъективного фактора. В результате врач получает возможность оценивать не только общую сократительную способность сердца, но и более ранние признаки функционального неблагополучия миокарда.

Не менее важным компонентом ранней диагностики является определение биохимических маркеров сердечной недостаточности. Среди них особое место занимают мозговой натрийуретический пептид (BNP) и N-концевой фрагмент его предшественника (NT-proBNP). Повышение концентрации данных веществ может свидетельствовать об увеличении нагрузки на миокард и повышении давления наполнения сердечных камер.

Однако интерпретация результатов требует учета возраста, массы тела, функции почек и сопутствующих заболеваний [8]. В частности, ожирение может сопровождаться снижением концентрации натрийуретических пептидов, тогда как хроническое нарушение функции почек способно приводить к их повышению.

С позиции применения искусственного интеллекта особую перспективу представляет объединение лабораторных показателей с результатами ЭКГ, эхокардиографии и клинического обследования. Такой подход позволяет учитывать взаимосвязь между различными факторами риска и формировать более полную характеристику состояния пациента.

Например, у двух пациентов с одинаковыми показателями артериального давления вероятность развития сердечной недостаточности может существенно различаться в зависимости от возраста, длительности заболевания, наличия сахарного диабета, ожирения, гипертрофии левого желудочка и функционального состояния почек.

Сравнительный анализ алгоритмов машинного обучения позволяет выделить несколько наиболее перспективных инструментов для решения данной задачи. Random Forest обеспечивает анализ большого количества факторов и позволяет оценивать относительную значимость отдельных признаков. Gradient Boosting и XGBoost эффективны при выявлении сложных взаимосвязей между клиническими переменными. Нейронные сети и методы глубокого обучения обладают преимуществами при обработке изображений, электрокардиографических сигналов и эхокардиографических данных. При этом выбор конкретного алгоритма должен определяться характеристиками исходной выборки, целью прогнозирования и возможностью последующей клинической интерпретации результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ отечественной и зарубежной научной литературы показал, что ранняя диагностика сердечной недостаточности у пациентов с артериальной гипертензией имеет важное значение для предупреждения прогрессирования сердечно-сосудистых осложнений. Применение искусственного интеллекта позволяет расширить диагностические возможности традиционных методов обследования за счет комплексной обработки клинических, электрокардиографических, эхокардиографических и лабораторных показателей.

Наиболее перспективными направлениями являются использование алгоритмов машинного обучения для оценки индивидуального риска, интеллектуальный анализ ЭКГ и автоматизированная интерпретация эхокардиографических данных. Особое значение приобретает интеграция этих технологий с оценкой концентрации NT-proBNP и показателей ремоделирования миокарда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Министерство здравоохранения Республики Узбекистан, Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр кардиологии. Национальный клинический протокол по нозологии «Артериальная гипертензия». – Ташкент, 2025. – 92 с.
2. Umarov S.Y., Kenjaev M.L. The Role of Artificial Intelligence in the Diagnosis of Chronic Heart Failure // Uzbekistan Open Conference. – 2026. – № 1. – С. 293.
3. McEvoy J.W., McCarthy C.P., Bruno R.M. et al. 2024 ESC Guidelines for the Management of Elevated Blood Pressure and Hypertension // European Heart Journal. – 2024. – Vol. 45, № 38. – P. 3912–4018. – DOI: 10.1093/eurheartj/ehae178.
4. Xie Y., Zhang L., Sun W., Zhu Y., Zhang Z., Chen L., Xie M., Zhang L. Artificial Intelligence in Diagnosis of Heart Failure // Journal of the American Heart Association. – 2025. – Vol. 14, № 8. – Article e039511. – DOI: 10.1161/JAHA.124.039511.

5. Dhingra L.S., Aminorroaya A., Sangha V., Pedroso A.F., Asselbergs F.W., Brant L.C.C., Barreto S.M., Ribeiro A.L.P., Krumholz H.M., Oikonomou E.K., Khera R. Heart Failure Risk Stratification Using Artificial Intelligence Applied to Electrocardiogram Images: A Multinational Study // European Heart Journal. – 2025. – Vol. 46, № 11. – P. 1044–1053. – DOI: 10.1093/eurheartj/ehae914.
6. Heidenreich P.A., Bozkurt B., Aguilar D. et al. 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure // Circulation. – 2022. – Vol. 145, № 18. – P. e895–e1032. – DOI: 10.1161/CIR.0000000000001063.
7. McDonagh T.A., Metra M., Adamo M. et al. 2021 ESC Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure // European Heart Journal. – 2021. – Vol. 42, № 36. – P. 3599–3726. – DOI: 10.1093/eurheartj/ehab368.
8. Krittanawong C., Johnson K.W., Rosenson R.S., Wang Z., Aydar M., Baber U., Min J.K., Tang W.H.W., Halperin J.L., Narayan S.M. Deep Learning for Cardiovascular Medicine: A Practical Primer // European Heart Journal. – 2019. – Vol. 40, № 25. – P. 2058–2073. – DOI: 10.1093/eurheartj/ehz056.