

Article

Патогенетические механизмы контрастной нефропатии у пациентов с ишемической болезнью сердца и сахарным диабетом 2 типа: инновационные методы и перспективы

Ш.К. Муминов¹ , Б.Б. Нигмонов^{1*} ¹ Нефрологии и гемодиализа, Ташкентский Педиатрический медицинский институт, Ташкент, 100140, Узбекистан
Sh.muminov88@gmail.com (Ш.М.), dr.nigmonov@gmail.com (Б.Н.)

* Correspondence: dr.nigmonov@gmail.com; Tel.: +998 99 3078778 (Б.Н.)

Аннотация:

Контраст-индуцированная нефропатия (КИН) остаётся одной из значимых клинических проблем для пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и сахарным диабетом второго типа (СД2). Повышенная уязвимость этой группы пациентов подчеркивает необходимость разработки более эффективных профилактических стратегий, направленных на снижение частоты осложнений и улучшение функционального состояния почек.

Цель исследования. Настоящее исследование направлено на выявление основных патогенетических механизмов развития КИН и оценку эффективности профилактических мероприятий, применяемых у пациентов с ИБС и СД2.

Материалы и методы. Исследование состояло из двух этапов. Первый этап включал ретроспективный анализ медицинских данных 56 пациентов, которым проводились эндоваскулярные вмешательства с использованием контрастных веществ. На втором этапе проводилось проспективное наблюдение за 65 пациентами, находившимися в группе высокого риска развития КИН. В рамках исследования проводилась всесторонняя оценка клинических и лабораторных параметров. Особое внимание уделялось изучению изменений окислительного стресса и показателей эндотелиальной функции, которые рассматривались как ключевые механизмы развития нефропатии.

Результаты. В результате работы была создана инновационная шкала для прогнозирования риска развития КИН. Проведение профилактики с использованием антиоксиданта N-ацетилцистеина (АЦЦ) позволило достичь значительного снижения частоты повреждений почек. В то же время применение теofilлина показало менее выраженные результаты, что подтверждает преимущество антиоксидантной терапии.

Заключение. Результаты исследования демонстрируют, что использование антиоксидантных подходов, в частности N-ацетилцистеина, позволяет эффективно снижать риск развития контраст-индуцированной нефропатии у пациентов с сопутствующими сердечно-сосудистыми и эндокринологическими заболеваниями. Внедрение предложенных профилактических стратегий способствует не только улучшению функционального состояния почек, но и общему прогнозу для пациентов данной категории.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет 2 типа, контраст - индуцированная нефропатия, профилактика, окислительный стресс.

Цитирование: Ш.К. Муминов, Б.Б. Нигмонов. Патогенетические механизмы контрастной нефропатии у пациентов с ишемической болезнью сердца и сахарным диабетом 2 типа: инновационные методы и перспективы. 2024, 1, 1, 1.
<https://doi.org/10.70626/cardiouz-2024-1-00001>

Полученный: 10.01.2024

Исправленный: 18.01.2024

Принято: 25.03.2024

Опубликованный: 30.03.2024

Copyright: © 2024 by the authors.
Submitted to for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Pathogenetic mechanisms underlying contrast-induced nephropathy in coronary artery disease and type 2 diabetes patients: innovative approaches and future directions

Shovkat K.Muminov¹ , Bakhodir B.Nigmonov^{1*} ¹ Nephrology and Hemodialysis, Tashkent Pediatric Medical Institute, Tashkent, 100140, Uzbekistan

Sh.muminov88@gmail.com (Sh.M.), dr.nigmonov@gmail.com (B.H.)

Abstract:

Contrast-induced nephropathy (CIN) represents a significant clinical challenge, particularly among patients diagnosed with coronary artery disease (CAD) and type 2 diabetes mellitus (T2DM). The increased susceptibility of this group highlights the urgent need for more effective preventive measures to mitigate risks and preserve kidney function.

Background. This study aims to investigate the fundamental pathogenetic mechanisms contributing to the development of CIN and assess the effectiveness of various preventive interventions in patients with CAD and T2DM.

Materials and methods. The study was conducted in two distinct phases. The first phase involved a retrospective analysis of medical records from 56 patients who had undergone endovascular procedures involving contrast agents. The second phase included a prospective follow-up of 65 high-risk patients to evaluate preventive strategies. Clinical and laboratory indicators were meticulously analyzed, with a particular emphasis on tracking oxidative stress dynamics and endothelial function, which are considered pivotal in the pathogenesis of CIN.

Results. The research led to the development of a novel risk assessment scale for predicting CIN occurrence. Preventive treatment with the antioxidant N-acetylcysteine (NAC) demonstrated a marked reduction in kidney damage rates, whereas the use of theophylline was found to be less effective. This highlights the superiority of antioxidant-based approaches in mitigating CIN risks.

Conclusion. The findings underscore the efficacy of incorporating antioxidant therapies, particularly N-acetylcysteine, as a preventive measure for CIN in patients with coexisting cardiovascular and metabolic conditions. Implementing these strategies not only reduces the likelihood of renal complications but also improves the overall prognosis for this vulnerable population.

Keywords: coronary artery disease, type 2 diabetes mellitus, contrast-induced acute kidney injury, prevention, oxidative stress.

Введение

Контраст-ассоциированная нефропатия (КАН) представляет собой одно из наиболее частых осложнений, возникающих при использовании рентгеноконтрастных препаратов в процессе эндоваскулярных процедур. Наибольший риск развития данного состояния наблюдается у пациентов с сопутствующими заболеваниями, такими как ишемическая болезнь сердца (ИБС) и сахарный диабет 2 типа (СД2). Эти заболевания значительно повышают вероятность госпитальных осложнений, включая летальные исходы [1,2].

Особая актуальность проблемы КАН связана с высокой распространённостью ИБС и СД2 среди кардиологических пациентов [3,4]. Хроническая гипергликемия, характерная для диабета, является важным фактором, усугубляющим состояние почек, делая их более уязвимыми к воздействию рентгеноконтрастных веществ. Существующие профилактические методы, несмотря на их признанную эффективность, не всегда позволяют полностью предотвратить развитие КАН. Это подчёркивает необходимость совершенствования диагностики и разработки новых профилактических стратегий.

Согласно данным современных исследований, ключевую роль в развитии КАН играют активные формы кислорода и повышенный уровень окислительного стресса. Эндотелиальная дисфункция, сопровождающая эти процессы, дополнительно усиливает повреждение почечной ткани [5,6]. Однако до сих пор недостаточно изучены механизмы возникновения КАН у пациентов с ИБС и СД2, а также эффективность различных превентивных подходов.

Цель исследования

Целью данного исследования является детальное изучение основных патогенетических механизмов, лежащих в основе развития КАН у пациентов с ИБС и СД2, а также оценка результативности предложенных профилактических мер.

Материалы и методы

Исследование выполнялось в два последовательных этапа и проводилось на базе отделения интервенционной кардиологии Республиканского специализированного научно-практического центра терапии и медицинской реабилитации [7,8] Республики Узбекистан [9].

Дизайн исследования

На первом этапе проводился анализ ретроспективных данных, собранных у 56 пациентов с диагностированным сахарным диабетом 2 типа (СД2), которым выполняли эндоваскулярные вмешательства с применением контрастных веществ. Пациенты были условно разделены на две группы. В первой группе (29 человек) наблюдалось развитие контраст-обусловленной острой почечной недостаточности (КО-ОПН+), тогда как у второй группы (27 человек) таких осложнений не выявлено [10,14].

На втором этапе осуществлялось проспективное наблюдение за 65 пациентами, имеющими повышенный риск развития КО-ОПН. Эти пациенты были случайным образом разделены на две подгруппы. Первая подгруппа получала инфузионную терапию с использованием N-ацетилцистеина (АЦЦ), в то время как во второй применялся теofilлин [11].

Критерии включения и исключения

Для участия в исследовании пациенты должны были соответствовать следующим критериям:

- Возраст от 20 до 65 лет;
- Показатель рСКФ (расчетной скорости клубочковой фильтрации) не менее 60 мл/мин;
- Отсутствие противопоказаний к эндоваскулярным вмешательствам.

Пациенты с наличием следующих патологий исключались:

- Врожденные аномалии почечной ткани;
- Кистозные изменения, гидронефроз или значимая асимметрия почек;
- Хирургическое вмешательство на почках или мочевыводящих путях в анамнезе.

Методология и анализ данных

На этапе ретроспективного анализа изучались клинические и лабораторные параметры, включая историю заболевания, уровень глюкозы, результаты биохимических анализов крови, показатели ультразвукового исследования (УЗИ) почек и эхокардиографии (ЭхоКГ) [12,13]. Уровень креатинина измерялся до процедуры, а затем на 2-е, 4-е, 6-е, 8-е и 10-е сутки после вмешательства.

На этапе проспективного наблюдения пациенты были распределены в две группы. Первая группа (34 пациента) получала N-ацетилцистеин в дозировке 1200 мг дважды в сутки начиная за день до процедуры и в течение 10 последующих дней [16,23]. Вторая группа (31 пациент) принимала теofilлин по 300 мг ежедневно в течение 10 дней, начиная с момента вмешательства.

Проводился анализ динамики ключевых показателей, включая уровень креатинина, степень перекисного окисления липидов (ПОЛ), а также активности антиоксидантных ферментов, таких как супероксиддисмутаза (СОД) и каталаза. Кроме того, оценивалось состояние эндотелия, основанное на концентрации эндотелина-1 и стабильных метаболитов оксида азота (NO₂/NO₃) [14,16,24].

Статистическая обработка

Для анализа данных применялись описательные и аналитические статистические методы. Для сравнения групп использовались критерий хи-квадрат и дисперсионный анализ (ANOVA). Уровень значимости различий принимался за $p < 0,05$ [27,28].

Этические аспекты

Все пациенты, участвовавшие в исследовании, предварительно подписали добровольное информированное согласие. Исследование было выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации (1975 г.) и её последующих редакций, включая пересмотр 2000 года.

Результаты

Первый этап: ретроспективный анализ

На первом этапе работы был проведён анализ данных 56 пациентов, проходивших лечение. У 29 пациентов (группа КО-ОПН+) зафиксировано развитие контраст-обусловленного острого

повреждения почек (КО-ОПН), тогда как у остальных 27 человек после проведения процедур не наблюдалось значимых осложнений. Основными факторами риска, способствующими развитию КО-ОПН, выявлены высокий уровень гликированного гемоглобина, хронически повышенная гипергликемия и снижение скорости клубочковой фильтрации (рСКФ) до 60–70 мл/мин. На основе собранных данных была разработана инновационная шкала для оценки вероятности развития КО-ОПН, включающая ключевые предикторы (см. таблицу 1).

Таблица 1. Предикторы риска развития КИ-ОПП у пациентов с ИБС и СД2.
Table 1. Predictors of the risk of developing CI-AKI in patients with coronary heart disease and DM2.

Показатель ОР (относительный риск)	ОР (относительный риск)	Коэффициент риска
Гликированный гемоглобин > 7%	3,5	4
рСКФ 60–70 мл/мин 2,8 3	2,8	3
Возраст > 60 лет 1,5 2	1,5	2

Второй этап: проспективное наблюдение

Во время второго этапа исследования 65 пациентов, относящихся к группе высокого риска, были случайным образом распределены на две группы. В первой группе (группа А, 34 пациента) проводилась терапия с использованием инфузий N-ацетилцистеина (АЦЦ), а во второй группе (группа Т, 31 пациент) применялся теofilлин. Динамика уровня креатинина, а также изменения других биомаркеров представлены графически (рисунок 1) и подробно рассмотрены в таблице 2.

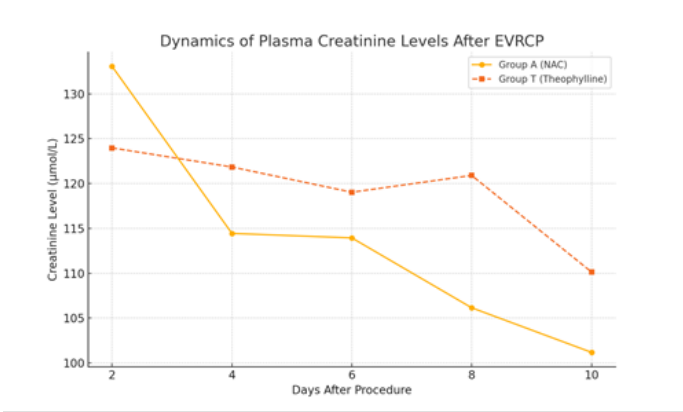


Рис. 1. Динамика уровня креатинина (мкмоль/л) на 2, 4, 6, 8 и 10 сутки после ЭВРКП
Fig.1. Dynamics of creatinine levels (mmol/l) on the 2nd, 4th, 6th, 8th and 10th days after the EVRCP

Таблица 2. Средние значения уровня креатинина в плазме (мкмоль/л).
Table 2. Average plasma creatinine levels (mmol/l).

Сутки после процедуры	Группа А (АЦЦ)	Группа Т (теофиллин)	Сутки после процедуры
Исходно	91,53 ± 1,26	91,26 ± 1,89	Исходно
2-й день	133,06 ± 4,53***	123,97 ± 3,89***	3-й день
4-й день	114,44 ± 4,87***	121,84 ± 4,67***	5-й день
6-й день	113,94 ± 2,90***	119,03 ± 4,17***	7-й день
10-й день	101,18 ± 2,67**	110,13 ± 4,73**	11-й день

*Примечание: ** - p<0,01; *** - p<0,001 по сравнению с исходными значениями.
*Note: ** - p<0.01; *** - p<0.001 compared to the original values.

Окислительный стресс и антиоксидантная защита

Изучение параметров малонового диальдегида (МДА), активности супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы (КТ) позволило выявить различия между группами. На пятые сутки обе группы показали значительное увеличение уровня МДА ($p<0,001$). Однако к десятому дню наблюдалось его снижение, наиболее выраженное в группе А, где применялся АЦЦ, что подтверждает его эффективность в снижении окислительного стресса (таблица 3, рисунок 2).

Таблица 3. Динамика показателей окислительного стресса и антиоксидантной защиты
Table 3. Dynamics of indicators of oxidative stress and antioxidant protection

Показатель	Исходно (А)	5-й день (А)	10-й день (А)	Исходно (Т)	5-й день (Т)	10-й день (Т)
МДА (нмоль/мл)	0,51 ± 0,07	3,74 ± 0,35***	0,66 ± 0,05**	0,52 ± 0,08	3,97 ± 0,24***	0,78 ± 0,06**
СОД (ед/г Hb)	1720,75 ± 64,17	1013,32 ± 6,16**	1177,95±74,55***	1722,00 ± 63,21	1042,78±46,99**	1124,25±56,06***

*Примечание: ** - $p<0,01$; *** - $p<0,001$ по сравнению с исходными значениями.
*Note: ** - $p<0.01$; *** - $p<0.001$ compared to the original values.

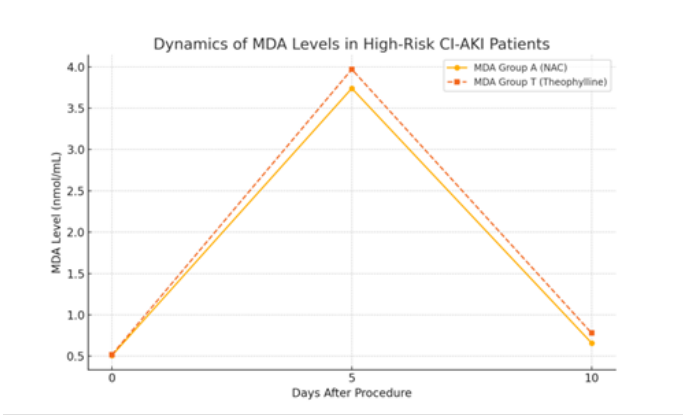


Рис. 2. Динамика МДА и СОД в группах А и Т
Fig.2. Dynamics of MDA and SOD in groups A and T

Эндотелиальная функция

Показатели эндотелина-1 (ЭТ-1) и метаболитов оксида азота (NO2/NO3) демонстрировали улучшение к десятому дню, особенно в группе А, получавшей АЦЦ. Статистически значимые различия между группами ($p<0,01$) свидетельствуют о положительном влиянии антиоксидантной терапии на восстановление эндотелиальной функции (рисунок 3).

Частота развития КО-ОПН

Частота развития КО-ОПН в группе А составила 26%, тогда как в группе Т этот показатель достиг 42%. Это подтверждает значительное преимущество использования N-ацетилцистеина как профилактического средства ($p<0,05$).

Заключение

Применение N-ацетилцистеина демонстрирует высокую эффективность в снижении риска развития контраст-обусловленного повреждения почек. Это достигается за счёт уменьшения окислительного стресса, улучшения эндотелиальной функции и общей нормализации ключевых биомаркеров. Полученные данные подчёркивают преимущество использования АЦЦ в качестве профилактического метода у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и сахарным диабетом 2 типа (СД2).

Обсуждение:

Роль патогенетических механизмов. Полученные результаты подчёркивают ключевую роль патогенетических механизмов в развитии контраст-обусловленной нефропатии (КО-ОПН) у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и сахарным диабетом 2 типа (СД2) [15,17,18]. Анализ данных показал значительное ухудшение функции почек у пациентов с высоким риском развития КО-ОПН после эндоваскулярных процедур, особенно в случаях отсутствия адекватных профилактических мер [21].

Сравнение с предыдущими исследованиями. Результаты данного исследования согласуются с выводами предыдущих работ, которые подчёркивают важность окислительного стресса и эндотелиальной дисфункции в механизмах формирования КО-ОПН. Увеличение уровня малонового диальдегида (МДА) и снижение активности антиоксидантных ферментов, таких как супероксиддисмутаза (СОД) и каталаза (КТ), указывают на нарушение баланса между процессами перекисного окисления липидов (ПОЛ) и механизмами антиоксидантной защиты [19,22,25]. Эти данные подтверждают значимость контроля окислительного стресса для минимизации повреждений почек.

Оценка профилактических стратегий. Ключевым выводом исследования стала высокая эффективность антиоксидантной терапии. Применение N-ацетилцистеина (АЦЦ) обеспечивало более быстрое восстановление почечной функции и значительное снижение уровня креатинина по сравнению с теофилином. На десятые сутки уровень креатинина у пациентов, получавших АЦЦ, вернулся к исходным значениям, что указывает на выраженный нефропротективный эффект данного препарата [29,33]. Эти данные подтверждают перспективность антиоксидантной терапии, особенно для пациентов из группы высокого риска.

Эндотелиальная функция. Изменения уровня эндотелина-1 (ЭТ-1) и стабильных метаболитов оксида азота (NO₂/NO₃) также подтверждают значимость эндотелиальной дисфункции в патогенезе КО-ОПН. Улучшение показателей эндотелиальной функции в группе, получавшей АЦЦ, свидетельствует о том, что данный препарат способствует снижению уровня ЭТ-1 и нормализации эндотелиальной активности. Этот эффект, вероятно, обусловлен выраженным антиоксидантным действием АЦЦ [30].

Ограничения исследования. Среди ограничений исследования можно выделить ограниченный объём выборки, что снижает статистическую мощность анализа. Также требуется дальнейшее изучение дополнительных биомаркеров, которые позволят лучше понять патогенетические механизмы развития КО-ОПН [31,32].

Практическое значение и перспективы. Результаты работы демонстрируют, что использование N-ацетилцистеина существенно снижает риск развития КО-ОПН у пациентов с ИБС и СД2. Это открывает возможности для пересмотра существующих подходов к профилактике КО-ОПН и более широкого внедрения антиоксидантной терапии в клиническую практику.

В дальнейшем важно проведение рандомизированных контролируемых исследований, чтобы подтвердить долгосрочную эффективность предложенных профилактических мер и оценить их влияние на пациентов с высоким риском развития КО-ОПН [?].

Заключение

Контраст-обусловленная нефропатия (КО-ОПН) представляет собой одно из серьёзных осложнений, возникающих при выполнении эндоваскулярных процедур у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и сахарным диабетом 2 типа (СД2). Проведённое исследование показало, что ключевую роль в патогенезе КО-ОПН играют такие механизмы, как окислительный стресс и эндотелиальная дисфункция, что подчёркивает необходимость профилактических мер, направленных на их коррекцию.

Использование N-ацетилцистеина (АЦЦ) позволило достичь значительного снижения уровня креатинина и улучшения функционального состояния почек, что подтверждает его превосходство над теофилином в профилактике осложнений. Кроме того, АЦЦ положительно влияет на эндотелиальную функцию и процессы перекисного окисления липидов, что свидетельствует о его выраженных нефропротективных свойствах.

Результаты настоящего исследования имеют важное клиническое значение, так как демонстрируют высокую эффективность антиоксидантной терапии для уменьшения риска развития КО-ОПН у пациентов с высоким риском. Для дальнейшего уточнения преимуществ и долгосрочной безопасности применения АЦЦ необходимы дополнительные исследования с расширением числа участников.

Выводы данного исследования могут стать основой для пересмотра существующих рекомендаций по профилактике КО-ОПН. Это позволит внедрить более эффективные подходы к лечению пациентов с ИБС и СД2, подвергающихся эндоваскулярным процедурам.

Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования: Ш.М., Б.Н.; методология: Ш.М.; сбор и анализ данных: Ш.М.; обработка данных: Ш.М., Б.Н.; подготовка оригинального текста: Ш.М.; редактирование и доработка: Б.Н.; визуализация данных: Ш.М.; руководство и координация проекта: Б.Н.

Authors' contribution

Concept and study design: Sh.M., B.N.; methodology: Sh.M.; data collection and analysis: Sh.M.; data processing: Sh.M., B.N.; drafting of the original text: Sh.M.; editing and revision: B.N.; data visualization: Sh.M.; project supervision and coordination: B.N..

Источник финансирования

Это исследование не получало внешнего финансирования.

Funding source

This study did not receive external funding.

Соответствие принципам этики

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией и было одобрено Этическим комитетом Ташкентского педиатрического медицинского института. Все участники исследования дали информированное согласие на участие в исследовании.

Ethics approval

The study was conducted in accordance with the Helsinki Declaration and was approved by the Ethics Committee of the Tashkent Pediatric Medical Institute. All participants provided informed consent to participate in the study.

Информированное согласие на публикацию

Письменное информированное согласие на публикацию было получено от всех участников исследования.

Consent for publication

Written informed consent for publication was obtained from all study participants.

Заявление о доступности данных

Данные, поддерживающие результаты данного исследования, доступны по обоснованному запросу к авторам. Поскольку исследование включает медицинскую информацию участников, данные не публикуются в открытом доступе по причинам конфиденциальности и соблюдения этических норм.

Data Availability Statement

The data supporting the findings of this study are available from the authors upon reasonable request. Since the study includes medical information of participants, the data are not publicly available due to privacy and ethical considerations.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам отделения интервенционной кардиологии Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра терапии и медицинской реабилитации и медицинской реабилитации Республики Узбекистан за всестороннюю помощь в сборе данных и техническую поддержку. Особую благодарность авторы выражают коллегам из Ташкентского педиатрического медицинского института за ценные консультации и поддержку на всех этапах проведения исследования.

Acknowledgments

The authors express their sincere gratitude to the staff of the Department of Interventional Cardiology at the Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Therapy and Medical Rehabilitation of the Republic of Uzbekistan for their comprehensive assistance in data collection and technical support. The authors extend special thanks to their colleagues at the Tashkent Pediatric Medical Institute for their valuable advice and support throughout all stages of the study.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Спонсоры не участвовали в разработке исследования, сборе, анализе или интерпретации данных, написании рукописи или принятии решения о публикации результатов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest. The sponsors had no involvement in the study design, data collection, analysis, or interpretation, manuscript writing, or the decision to publish the results.

Сокращения

СД	Сахарный диабет.
КГ	Капиллярная гликемия.
ЭВРКП	Эндоскопическая внутривенная ретроградная холангиопанкреатография.
ИБС	Ишемическая болезнь сердца.
ХИНК	Хроническая ишемия нижних конечностей.
БЦА	Брахиоцефальные артерии.
ГУ	Геморрагическая язва.
ЭхоКГ	Эхокардиография.
рСКФ	Расчётная скорость клубочковой фильтрации.
КИ-ОПП	Контраст-индуцированное острое повреждение почек.
МДА	Малоновый диальдегид.
ПОЛ/АОС	перекисное окисление липидов/антиоксидантная система.
СМОА	Спонтанная модифицированная окислительная активность.

Литература

- [1] Atakhojayeva G.A., Abdulatipova A.A., Features of kidney function in patients with arterial hypertension and type 2 diabetes: A scientific publication, Therapeutic Bulletin of Uzbekistan, 2021, 1, 96–99, In Russian: Атаходжаева Г.А., Абдулатипова А.А. (2021). Особенности функционального состояния почек у больных с артериальной гипертензией и сахарным диабетом 2 типа: научное издание. Терапевтический вестник Узбекистана, 1, 96–99.
- [2] Vatutina N.T., Zinkovich M.I., Frequency of kidney dysfunction in patients with acute coronary syndrome after using contrast agents, Medical Bulletin of Southern Russia, 2015, 3, 32–36, In Russian: Ватутин Н.Т., Зинкович М.И. (2015). Частота нарушения функции почек у пациентов с острым коронарным синдромом после использования рентгеноконтрастных препаратов. Медицинский вестник Юга России, 3, 32–36.
- [3] Vershinina E.O., Repin A.N., Contrast-induced nephropathy during planned endovascular interventions on coronary arteries, Siberian Medical Journal, 2016, 31, 03, 61–67, In Russian: Вершинина Е.О., Репин А.Н. (2016). Контраст-индуцированная нефропатия при плановых эндоваскулярных вмешательствах на коронарных артериях. Сибирский медицинский журнал, 31(3), 61–67.
- [4] Ibinhujaev E.T., The effect of antioxidants on kidney function in patients with diabetic nephropathy: A scientific publication, Therapeutic Bulletin of Uzbekistan, 2020, 1, 160–164, In Russian: Ибинхужаев Э.Т., и др. (2020). Влияние антиоксидантов на функциональное состояние почек у больных с диабетической нефропатией: научное издание. Терапевтический вестник Узбекистана, 1, 160–164.
- [5] Ochilova S.S., The effect of combined antihypertensive therapy on the course of chronic kidney disease in type 2 diabetes: A scientific publication, Therapeutic Bulletin of Uzbekistan, 2018, 2, 69–74, In Russian: Очилова С.С., и др. (2018). Влияние комбинированной антигипертензивной терапии на течение хронической болезни почек на фоне сахарного диабета 2 типа: научное издание. Терапевтический вестник Узбекистана, 2, 69–74.
- [6] Rustamova M.T., Risk factors for kidney dysfunction in patients with stable angina and type 2 diabetes: A scientific publication, Bulletin of the Association of Physicians of Uzbekistan, 2020, 1, 16–19, In Russian: Рустамова М.Т., и др. (2020). Влияние факторов риска развития нарушения почечной функции больных стабильной стенокардией на фоне сахарного диабета II типа: научное издание. Бюллетень Ассоциации врачей Узбекистана, 1, 16–19.
- [7] Zagidullin Sh.Z., Zagidullin N.Sh., Dunaeva A.R., The possibilities of ischemic preconditioning in the prevention of contrast-induced nephropathy during angiography, Diary of the Kazan Medical School, 2017, 3, 017, 14–19, In Russian: Загидуллин Ш.З., Загидуллин Н.Ш., Дунаева А.Р. (2017). Возможности

- ишемического preconditionирования в профилактике контраст индуцированной нефропатии при ангиографии. Дневник казанской медицинской школы, 3(17), 14–19.
- [8] Volgina G.V., Acute kidney injury caused by contrast agents (contrast-induced nephropathy), Russian Electronic Journal of Radiology, 2012, 2, 01, 74–75, In Russian: Волгина Г.В. (2012). Острое повреждение почек рентгеноконтрастными средствами (контраст–индуцированная нефропатия). Российский электронный журнал лучевой диагностики, 2(1), 74–75.
- [9] Yavelov I.S., Zhatkina M.V., Drapkina O.M., High-dose statins before percutaneous coronary interventions: Is there a rationale?, Rational Pharmacotherapy in Cardiology, 2017, 13, 04, 532–540, In Russian: Явелов И.С., Жаткина М.В., Драпкина О.М., и др. (2017). Высокие дозы статинов перед чрескожным коронарным вмешательством: есть ли основания к применению? Рациональная фармакотерапия в кардиологии, 13(4), 532–540.
- [10] Gavrilov V.B., Mishkorudnaya M.I., Spectrophotometric determination of lipid hydroperoxide levels in blood plasma, Laboratory Work, 1983, 03, 33–35, In Russian: Гаврилов В.Б., Мишкорудная М.И. (1983). Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови. Лабораторное дело, (3), 33–35.
- [11] Lomivorotov V.V., Fominsky E.V., Efremov S.M., Hypertonic saline improves heart and lung function during surgeries with cardiopulmonary bypass, Journal of Anesthesiology and Resuscitation, 2012, 9, 05, 35–47, In Russian: Ломиворотов В.В., Фоминский Е.В., Ефремов С.М., и др. (2012). Гипертонический раствор хлорида натрия улучшает функцию сердца и лёгких при операциях в условиях искусственного кровообращения. Вестник анестезиологии и реаниматологии, 9(5), 35–47.
- [12] Grishina L.P., Analysis of disability indicators among the adult and child population of the Russian Federation and its regions (2012–2014), 2014, howpublished = Electronic resource, In Russian: Гришина Л.П. (2014). Анализ показателей инвалидности взрослого и детского населения в Российской Федерации и её субъектах в 2012–2014 гг. [Электронный ресурс].
- [13] Zagidullin N.Sh., Dunaeva A.R., Cardio and nephroprotection of ischemic preconditioning during planned coronary angiography in the long-term, Medical Bulletin of Bashkortostan, 2018, 3, 03, 108, In Russian: Загидуллин Н.Ш., Дунаева А.Р. (2018). Кардио– и нефропротекция ишемического preconditionирования при плановой коронарографии в отдаленном периоде. Медицинский вестник Башкортостана, 3(3), 108.
- [14] Zagidullin N.Sh., Dunaeva A.R., Nephroprotection of ischemic preconditioning during planned coronary angiography, Medical Bulletin of Bashkortostan, 2018, 3, 03, 108, In Russian: Загидуллин Н.Ш., Дунаева А.Р. (2018). Нефропротекция ишемического preconditionирования при плановой коронарографии. Медицинский вестник Башкортостана, 3(3), 108.
- [15] Medved E.P., Vodyanitskaya N.A., Mekhtieva F.B., Changes in kidney function and complications after coronary endovascular interventions using contrast agents, Transport Medicine of Ukraine, 2014, 1, 049, 65–68, In Russian: Медведь Е.П., Водяницкая Н.А., Мехтиева Ф.Б., и др. (2014). Изменения функции почек и осложнения после коронарных эндоваскулярных вмешательств с использованием рентгеноконтрастных средств. Медицина транспорта Украины, 1(49), 65–68.
- [16] Kobalava Z.D., Villevalde S.V., Gaskina A.A., Contrast-induced acute kidney injury after primary percutaneous coronary interventions: Prevalence, prognostic factors, and outcomes, Therapeutic Archive, 2015, 87, 06, 50–55, In Russian: Кобалава Ж.Д., Виллевальде С.В., Гаскина А.А., и др. (2015). Индуцированное контрастным веществом острое повреждение почек после первичных чрескожных коронарных вмешательств: распространенность, прогностические факторы развития и исходы. Терапевтический архив, 87(6), 50–55.
- [17] Karmazanovskii G.G., Revishvili A.Sh., Risk factors and pathophysiology of contrast-induced nephropathy after multislice computed tomography with contrast enhancement, Medical Visualization, 2017, 21, 01, 103–115, In Russian: Кармазановский Г.Г., Ревিশвили А.Ш. (2017). Факторы риска и патофизиология контраст–индуцированной нефропатии после мультиспиральной компьютерной томографии с контрастным усилением. Медицинская визуализация, 21(1), 103–115.
- [18] Kellum D.A., Lemer N., Acute kidney injury. KDIGO clinical practical guidelines (key points), Nephrology and Dialysis, 2012, 14, 02, 86–94, Russian, Келлум Д.А., Леммер Н. (2012). Острое почечное повреждение. Клинические практические рекомендации KDIGO (основные положения). Нефрология и диализ, 14(2), 86–94.
- [19] KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury, Nephrology and Dialysis, 2014, 16, 04, 1–155, In Russian: Клинические практические рекомендации KDIGO по острому почечному повреждению. (2014). Нефрология и диализ, 16(4), 1–155.
- [20] Sarychev L.P., Pustovoyt A.L., Sarychev Y.V., Contrast-induced nephropathy, Urology, 2015, 19, 03, 60–65, In Russian: Сарычев Л.П., Пустовойт А.Л., Сарычев Я.В., и др. (2015). Контраст–индуцированная нефропатия. Урология, 19(3), 60–65.

- [21] Kranin D.L., Stets V.V., Pestovskaya O.R., Contrast-induced nephropathy after transcatheter aortic valve implantation, *Almanac of Clinical Medicine*, 2017, 45, 03, 242–246, In Russian: Кранин Д.Л., Стец В.В., Пестовская О.Р., и др. (2017). Контраст–индуцированная нефропатия после выполнения транскатетерной имплантации аортального клапана. Альманах клинической медицины, 45(3), 242–246.
- [22] Shenderov S.V., Kurnikova E.A., Kozlov K.L., Fedorets V.N., Contrast-induced nephropathy after angioplasty and stenting of coronary arteries in elderly patients with acute coronary syndrome: Predictors of development and clinical significance, *Physician-Resident*, 2017, 80, 01.1, 133–140, In Russian: Шендеров С.В., Курникова Е.А., Козлов К.Л., Федорец В.Н. (2017). Контраст–индуцированная нефропатия после проведения ангиопластики и стентирования венечных артерий у пациентов старческого возраста с острым коронарным синдромом: предикторы развития, клиническая значимость. Врач–аспирант, 80(1.1), 133–140.
- [23] Dunaeva A.R., Shcherbakova A.S., Khafizov T.N., Zagidullin N.Sh., Contrast-induced nephropathy in coronary angiography, *Practical Medicine*, 2014, 3, 079, 35–40, In Russian: Дунаева А.Р., Щербакова А.С., Хафизов Т.Н., Загидуллин Н.Ш. (2014). Контраст–индуцированная нефропатия при коронароангиографии. Практическая медицина, 3(79), 35–40.
- [24] Dunaeva A.R., Shcherbakova E.S., Khafizov T.N., Zagidullin N.Sh., Contrast-induced nephropathy in coronary angiography, *Practical Medicine*, 2014, 3, 35–38, Russian, Дунаева А.Р., Щербакова Е.С., Хафизов Т.Н., Загидуллин Н.Ш. (2014). Контраст–индуцированная нефропатия при коронароангиографии. Практическая медицина, 3, 35–38.
- [25] Karetnikova V.N., Kalaeva V.V., Evseeva M.V., Contrast-induced nephropathy in myocardial infarction patients undergoing contrast interventions: Diagnostic role of serum NGAL, *Heart*, 2017, 16, 03, 177–184, In Russian: Каретникова В.Н., Калаева В.В., Евсеева М.В., и др. (2017). Контраст–индуцированная нефропатия у больных инфарктом миокарда, подвергнутых рентгеноконтрастным вмешательствам: диагностическая роль сывороточного NGAL. Сердце, 16(3), 177–184.
- [26] Ursta A., Kharkov E., Petrova M., Contrast-induced nephropathy in patients with acute coronary syndrome, *Comprehensive Problems of Cardiovascular Diseases*, 2016, 5, 03, 108–112, In Russian: Урста А., Харьков Е., Петрова М., и др. (2016). Контраст–индуцированная нефропатия у больных с острым коронарным синдромом. Комплексные проблемы сердечно–сосудистых заболеваний, 5(3), 108–112.
- [27] Ursta A.A., Kharkov E.I., Petrova M.M., Contrast-induced nephropathy in elderly patients, *Advances in Gerontology*, 2017, 30, 02, 306–310, In Russian: Урста А.А., Харьков Е.И., Петрова М.М., и др. (2017). Контраст–индуцированная нефропатия у пациентов старших возрастных групп. Успехи геронтологии, 30(2), 306–310.
- [28] Sagynbayeva G.A., Ibragimova T.M., Zventsova V.K., Risk factors for contrast-induced acute kidney injury, *Bulletin of the Kyrgyz State Medical Academy*, 2015, 4, 123–127, In Russian: Сагынбаева Г.А., Ибрагимова Т.М., Звенцова В.К., и др. (2015). Контраст–индуцированное острое повреждение почек. Факторы риска. Вестник КГМА им. И.К. Ахунбаева, 4, 123–127.
- [29] Mardanyan G.V., Abugov S.A., Nephrotoxicity and the risk of contrast-induced nephropathy depending on the type of contrast agent in patients with moderate kidney dysfunction, *Clinical and Experimental Surgery*, 2013, 2, 02, 14–19, In Russian: Марданиян Г.В., Абугов С.А. (2013). Нефротоксичность и риск возникновения контраст–индуцированной нефропатии в зависимости от типа контрастного вещества у пациентов с умеренным нарушением функции почек. Клиническая и экспериментальная хирургия, 2(2), 14–19.
- [30] Mardanyan G.V., Abugov S.A., Nephrotoxicity and the risk of contrast-induced nephropathy depending on the type of contrast agent in patients with moderate kidney dysfunction, *Clinical and Experimental Surgery*, 2013, 2, 02, 14–19, In Russian: Марданиян Г.В., Абугов С.А. (2013). Нефротоксичность и риск возникновения контраст–индуцированной нефропатии в зависимости от типа контрастного вещества у пациентов с умеренным нарушением функции почек. Клиническая и экспериментальная хирургия, 2(2), 14–19.
- [31] Mironova E.V., Bazueva A.Yu., Grishin G.P., Contrast-induced nephropathy: Risk factors and prevention, *Clinical Pathophysiology*, 2016, 3-1, 022, 15, In Russian: Миронова Е.В., Базуева А.Ю., Гришин Г.П. (2016). Контраст–индуцированная нефропатия. Факторы риска и предупреждения. Клиническая патофизиология, 3–1(22), 15.
- [32] Mynkina N.Yu., Safety of contrast agents: Focus on nephrotoxicity, *Russian Electronic Journal of Radiology*, 2012, 2, 01, 68–70, In Russian: Мынкина Н.Ю. (2012). Безопасность рентгеноконтрастных средств: фокус на нефротоксичность. Российский электронный журнал лучевой диагностики, 2(1), 68–70.
- [33] Baryshev P.M., Napolov Y.K., Korobkova I.Z., Shimanovsky N.L., Evidence-based approaches to preventing contrast-induced nephropathy, *Bulletin of Radiology and Radiology*, 2013, 4, 51–62, In

Russian: Барышев П.М., Наполов Ю.К., Коробкова И.З., Шимановский Н.Л. (2013). Профилактика контраст-индуцированной нефропатии с позиций доказательной медицины. Вестник рентгенологии и радиологии, 4, 51–62.

Отказ от ответственности/Примечание издателя: Заявления, мнения и данные, содержащиеся во всех публикациях, принадлежат исключительно отдельным лицам. Авторы и участники, а Журнал и редакторы. Журнал и редакторы не несут ответственности за любой ущерб, нанесенный людям или имуществу, возникшее в результате любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.

Disclaimer of liability/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications belong exclusively to individuals. The authors and participants, and the Journal and the editors. The journal and the editors are not responsible for any damage caused to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products mentioned in the content.