

DOI:

Роль свободного гемоглобина и вазоактивных функций эндотелия у пациентов после коронарного шунтирования в развитии ранних событий

Максимович Е.Н.

Гродненский государственный медицинский университет, Беларусь

Maksimovich Ye.N.

Grodno State Medical University, Belarus

The role of free hemoglobin and vasoactive endothelial functions in patients after coronary bypass grafting in the development of early events

Резюме. Проведение операции коронарного шунтирования (КШ) у пациентов с ишемической болезнью сердца позволяет улучшить их качество жизни, однако возможно развитие различных осложнений, многие из которых могут представлять угрозу для жизни пациента. Согласно данным литературы, патогенез возникающих осложнений обусловлен реперфузионным синдромом, развитие которого приводит к «ожогу» сосудистого эндотелия и дисфункции эндотелия. В наибольшей степени это может касаться осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы, которые представляют собой основную угрозу для жизни пациентов, перенесших операцию КШ. Использование аппарата искусственного кровообращения (ИК) является фактором, способствующим развитию или усугублению дисфункции эндотелия у пациентов с КШ. Во время КШ происходит разрушение части эритроцитов вследствие их механического повреждения в контурах аппарата ИК. В литературе представлено недостаточно данных о влиянии степени гемолиза на состояние эндотелия сосудов.

Ключевые слова: коронарное шунтирование, эндотелий, оксид азота.

Для цитирования: Максимович Е.Н. Роль свободного гемоглобина и вазоактивных функций эндотелия у пациентов после коронарного шунтирования в развитии ранних событий // Медицинские новости. – 2025. – №10. – С. 44–46.

Summary. Conducting coronary artery bypass grafting in patients with coronary artery disease improves the quality of life of patients, but various complications may develop, many of which may pose a threat to the patient's life. According to literature data, the pathogenesis of complications is due to reperfusion syndrome, the development of which leads to a "burn" of the vascular endothelium and the development of endothelial dysfunction. To the greatest extent, this may concern complications from the cardiovascular system, which pose the main threat to the lives of patients who have undergone CABG. The use of a heart-lung machine (HLM) is a factor that contributes to the development or aggravation of DE in patients with CABG. During CABG, some red blood cells are destroyed due to their mechanical damage in the circuits of the HLM. There is insufficient data in the literature on the effect of the degree of hemolysis on the state of the vascular endothelium.

Keywords: coronary artery bypass grafting, endothelium, nitric oxide.

For citation: Maksimovich Ye.N. The role of reperfusion syndrome and vasoactive functions of the endothelium in patients after coronary artery bypass grafting in the development of early events // Meditsinskie novosti. – 2025. – N10. – P. 44–46.

Операция коронарного шунтирования (КШ) представляет собой одно из наиболее распространенных хирургических вмешательств при ишемической болезни сердца (ИБС), способствующее значительному улучшению качества жизни пациентов. Тем не менее, данная процедура сопряжена с риском развития различных осложнений, многие из которых могут угрожать жизни пациента. К числу таких осложнений относятся инфаркт миокарда, аритмии и острые нарушения мозгового кровообращения [1]. Согласно современным данным, патогенез этих осложнений часто связывают с реперфузионным синдромом, который возникает в результате восстановления кровотока в ишемизированных тканях. Это восстановление может привести к повреждению сосудистого эндотелия, что в свою очередь вызывает развитие дисфункции эндотелия (ДЭ) [2].

ДЭ представляет собой состояние, характеризующееся нарушением нормальной функции эндотелиальных клеток, что может способствовать про-

грессированию атеросклероза и ухудшению сердечно-сосудистой функции. Особенно актуально это в контексте осложнений, возникающих со стороны сердечно-сосудистой системы, которые представляют собой основную угрозу для жизни пациентов после проведения операции КШ [3–6]. Применение аппарата искусственного кровообращения (ИК) во время операции является важным фактором, который может как способствовать развитию, так и усугублению уже существующей ДЭ у пациентов, перенесших коронарное шунтирование. Процессы гемодинамики и механического воздействия в контуре аппарата ИК могут приводить к разрушению части эритроцитов, что в свою очередь вызывает гемолиз и высвобождение токсичных метаболитов. Однако в существующей научной литературе наблюдается недостаток данных о взаимосвязи степени гемолиза и состояния эндотелия сосудов [7–9].

Исследование вазоактивных функций эндотелия у пациентов с ИБС после коронарного шунтирования имеет важ-

ное значение для понимания механизмов развития осложнений и может стать основой для разработки новых подходов к профилактике и лечению ДЭ в данной группе пациентов [10].

Цель исследования – изучение вазоактивных свойств эндотелия у пациентов с ишемической болезнью сердца после коронарного шунтирования с различной степенью интраоперационного гемолиза [11].

Материалы и методы

Исследование проводилось среди 123 пациентов с ИБС, страдающих стабильной стенокардией напряжения (ССН, функциональный класс III–IV), которые перенесли операцию КШ и были разделены на 2 группы. В группу 1 включены пациенты в зависимости от степени интраоперационного гемолиза. В группу сравнения (группа 2) вошли 44 пациента с ИБС, не подвергавшиеся хирургическому вмешательству. Все операции проводились в Гродненском областном клиническом кардиологическом центре. Пациенты в обеих группах были сопоставимы по возрасту, медиана

которого составила 60–63 года ($p > 0,05$), при этом в обеих группах наблюдалось преобладание пациентов мужского пола (77–87%, $p > 0,05$). Изучение вазоактивных свойств эндотелия проводилось с применением теста реактивной гиперемии, осуществляемого при помощи аппаратно-программного комплекса «Импекард-М» (Беларусь) и программного обеспечения для анализа состояния кровообращения верхних конечностей «Браслет» [12–14]. Оценка состояния эндотелиальной функции сосудов базировалась на показателе $\Delta dz/dt$, выражаемом в процентах, который отражает изменение максимальной скорости кровотока в области предплечья. Этот параметр измерялся на 60-й секунде реактивной гиперемии и сравнивался с исходным значением, зарегистрированным во время компрессии плечевой артерии. Значение $\Delta dz/dt$ менее 12% указывало на наличие ДЭ, которая классифицировалась по трем степеням [15–17]:

- 1-я степень (умеренное нарушение ЭЗВД) – $\Delta dz/dt$ от +12% до -2%;
- 2-я степень (выраженное нарушение ЭЗВД) – $\Delta dz/dt$ от -2% до -15%;
- 3-я степень (резко выраженное нарушение ЭЗВД) – $\Delta dz/dt$ менее -15% [4].

Исследование вазоактивных свойств эндотелия проводилось как в дооперационный период, так и повторно в течение недели после коронарного шунтирования.

Оценка степени гемолиза осуществлялась во время операции: в начале искусственной циркуляции и непосредственно перед ее завершением. Для этого использовался анализатор уровня гемоглобина NomoCue Plasma/Low Hb (Швеция). В зависимости от степени интраоперационного гемолиза (ИОГ) пациенты, перенесшие КШ в условиях ИК, были разделены на три подгруппы:

- группа 1а – пациенты с низкой степенью ИОГ, соответствующей уровню свободного гемоглобина (Нбсв.) у практически здоровых лиц ($\leq 0,1$ г/л);
- группа 1б – пациенты с умеренной степенью ИОГ ($0,1 < \text{Нбсв.} \leq 0,5$ г/л);
- группа 1в – пациенты с выраженной степенью ИОГ (Нбсв. $> 0,5$ г/л).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программного пакета STATISTICA 10.0, что обеспечивало надежный анализ и интерпретацию результатов исследования.

Таблица 1 Изменение максимальной скорости кровотока в области предплечья ($\Delta dz/dt$) у пациентов с ИБС после операции КШ в условиях ИК и различной степенью интраоперационного гемолиза (ИОГ)

Группа	Время определения	$\Delta dz/dt$ %
Группа сравнения (ИБС без КШ)	одноразово	7,6 (6,35; 8,80)
Группа 1а (низкий уровень ИОГ)	до КШ	7,4 (6,6; 8,9)
	после КШ	-3,4 (-5,3; 0,0)*#
Группа 1б (средний уровень ИОГ)	до КШ	3,1 (2,3; 3,6)*
	после КШ	-14 (-14,9; -12,5)*#
Группа 1в (высокий уровень ИОГ)	до КШ	-3,4 (-6,6; -1,2)*
	после КШ	-21,2 (-24,2; -18,6)*#

Примечание: * – отличия показателей статистически значимы (критерий Крайскелла – Уоллиса) ($p < 0,05$) по отношению к группе сравнения; # – достоверные отличия между показателями до КШ и после КШ в пределах подгруппы.

Таблица 2 Распределение пациентов в зависимости от функционального состояния эндотелия плечевой артерии после операции КШ в условиях ИК и степени интраоперационного гемолиза (ИОГ)

Степень ДЭ	КШ						Группа 2 (сравнения)
	группа 1а (низкий уровень ИОГ)		группа 1б (средний уровень ИОГ)		группа 1в (высокий уровень ИОГ)		
	до КШ	после КШ	до КШ	после КШ	до КШ	после КШ	
1 ст ДЭ	87,8%	39,0%*#	68,3%*	0%*#	36,6%*	0%*#	92,7%
2 ст ДЭ	12,2%	61,0%*#	31,7%*	80,5%*#	53,7%*	0%*#	9,3%
3 ст ДЭ	0%	0%	0%	19,5%*#	9,8%*	100%*#	0,0%

Примечание: * – отличия показателей статистически значимы (критерий χ^2) ($p < 0,05$) по отношению к таковому в группе сравнения; # – достоверные отличия между показателями до КШ и после КШ в пределах подгруппы (критерий Уилкоксона).

Результаты и обсуждение

У пациентов показатели состояния функции эндотелия отличались в подгруппах с различной степенью ИОГ как в дооперационный период, так и после операции (табл. 1).

В группе сравнения у 92,7% пациентов с ИБС отмечалась умеренная ДЭ, а у 9,3% пациентов – выраженная ДЭ.

У пациентов с операцией КШ исходно, до операции в 1а и 1б группах преобладала ДЭ 1-й степени, что не отличалось от группы сравнения (табл. 2). В подгруппе 1в исходно преобладали пациенты с выраженной ДЭ ($p < 0,05$).

Изменения $\Delta dz/dt$ у пациентов всех подгрупп после операции КШ указывали на усугубление степени ДЭ (см. табл. 1), что подтверждалось методом сравнения изменений $\Delta dz/dt$ у пациентов после операции, по сравнению с дооперационным периодом с помощью критерия Уилкоксона ($p < 0,001$).

Так, если до операции в трех подгруппах количество пациентов с умеренной ДЭ уменьшалось, составив: 87,8%; 68,3% и 36,6% соответственно, с про-

грессирующим увеличением количества пациентов с выраженной ДЭ (12,2%; 31,7% и 53,7% соответственно), то после операции КШ преобладало количество пациентов с ДЭ 2-й степени с выраженным нарушением функции эндотелия ($\Delta dz/dt$ от -2% до -15%) – в 1-й группе – 61% пациентов, $p < 0,05$ и во 2-й группе – 80,5% пациентов, $p < 0,05$. Важно отметить, что после КШ возросла доля пациентов с ДЭ 3-й степени с резко выраженным нарушением функции эндотелия сосудов ($\Delta dz/dt$ – менее -15%). В группе со средним уровнем ИОГ доля пациентов с резко выраженной ДЭ составила 19,5% (до операции – 0%, $p < 0,05$), а в группе с высоким уровнем ИОГ – составила 100%, до операции – 9,8%, $p < 0,05$). Умеренное нарушение эндотелиальной функции после операции КШ отмечалось только в 1а группе (39,0%, $p < 0,05$).

Отмечалась корреляция между уровнем $\Delta dz/dt$ до операции с уровнем Нбсв. ($r = -0,76$), после операции ($r = -0,90$). Наличие отрицательной корреляционной

связи с содержанием в плазме крови Нбсв. свидетельствует о негативном влиянии этого показателя на состояние эндотелий-зависимой вазодилатации у пациентов с ИБС после операции КШ, способствуя развитию ДЭ.

Так, проведенные исследования показали неблагоприятное влияние искусственного кровообращения на сосудистый эндотелий у пациентов с ИБС после операции КШ. Степень усугубления ДЭ в послеоперационном периоде зависела от выраженности интраоперационного гемолиза, отрицательно коррелируя с уровнем свободного гемоглобина.

Выводы:

1. В ходе исследования установлено значительное негативное влияние уровня Нбсв. на состояние эндотелий-зависимой вазодилатации у пациентов с ИБС после операции КШ. Наблюдаемая отрицательная корреляция ($r=-0,76$ до операции и $r=-0,90$ после операции) подтверждает, что высокий уровень Нбсв. ассоциирован с ухудшением функции сосудистого эндотелия.

2. Результаты исследования показали, что искусственное кровообращение, используемое во время операций КШ, неблагоприятно сказывается на состоянии сосудистого эндотелия. Этот процесс особенно выражен в послеоперационный период, что подчеркивает необходимость тщательного мониторинга состояния пациентов.

3. Уровень интраоперационного гемолиза был идентифицирован как ключевой фактор, влияющий на степень усугубления ДЭ. Выявленная корреляция между выраженностью гемолиза и состоянием эндотелия указывает на важность контроля этой метрики для оценки рисков у пациентов.

4. Учитывая результаты, настоятельно рекомендуется уделять внимание реабилитационным мероприятиям, направленным на поддержание и восстановление функции эндотелия после операций на сердце. Это может включать использование методов, способствующих уменьшению гемолиза и контролю за уровнями свободного гемоглобина в послеоперационный период.

5. Результаты этого исследования подчеркивают необходимость проведения дальнейших исследований для более глубокого понимания механизмов воздействия свободного гемоглобина на эндотелий и для разработки более эффективных диагностических и лечебных подходов для пациентов с ИБС, перенесших операцию КШ.

6. Поддержание функции эндотелий-зависимой вазодилатации является критически важным для профилактики сердечно-сосудистых событий у пациентов с ИБС, что делает эту область исследования особенно актуальной для кардиологической практики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kim, L.K. Outcomes in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery in the United States based on hospital volume, 2007 to 2011 // P. Looser, R.V. Swaminathan, R.M. Minutello, et al. // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 2016. – Vol. 151, N6. – P.1686–1692.
2. Korthuis, R.J. Mechanisms of I/R-induced endothelium-dependent vasodilator dysfunction // R.J. Korthuis // Adv. Pharmacol. – 2018. – Vol. 81. – P.331–364.
3. Воробьев, А.П. Компьютерный реограф «Имплекард-М». Методика применения / А.П. Воробьев и др. – Минск, 2007. – 52 с.
4. Полонецкий, Л.З. Исследование вазомоторной функции эндотелия плечевой артерии с использованием импедансной технологии у больных атеросклерозом / Л.З. Полонецкий и др. // Медицинская панорама. – 2005. – №7. – С.40–43.
5. Maksimovich, Ye. Early complications after coronary bypass operation / Ye. Maksimovich, N. Chmara // Abstr. the 16th International congress of medical sciences (ICMS) for students and young doctors. – Bulgaria, 2017. – P.254.
6. Maksimovich, E.N. Faktory intraoperacionnogo

gemoliza pri koronarnom shuntirovanii s ispol'zovaniem ikkusstvennogo krovoobrasheniya / E.N. Maksimovich, V.V. Vasilevich, D.D. Truxovskaya, Yu.A. Koshheev, V.V. Kruglik // Sbornik materialov konferencii studentov i molody'x ucheny'x, posvyashhennoj 60-letiyu Grodnenskij gosudarstvenny'j medicinskij universitet. – Grodno, 2018. – S.315–316.

7. Maksimovich, E.N. Uroven' svobodnogo gemoglobina v plazme krovi pacientov s oslozhneniyami posle operacii koronarnogo shuntirovaniya / E.N. Maksimovich, V.V. Vasilevich, Yu.A. Koshheev, D.D. Truchovskaya // Mat. itogovoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktual'ny'e problemy' mediciny». – Grodno, 2018. – S.360–362.

8. Maksimovich, E.N. Hemolysis on endral experimental function in patients undergoing coronary artery bypass grafting with artificial circulation / E.N. Maksimovich // Collection of materials of the Republican scientific and practical conference of students and young scientists dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor I.Ya. Makshanov. – Grodno, 2024. – P.645–646.

9. Maksimovich, E.N. Causes of intraoperative hemolysis during coronary artery bypass grafting / E.N. Maksimovich // Fundamental science and clinical medicine – man and his health: materials of the XXVII International. medical and biological conference of young scientists. – St. Petersburg, 2024. – P.153–154.

10. Maksimovich, Ye. Early Complications and Changes in Iron Levels, Markers of Oxidative Stress, and Nitric Oxide Levels in Surgery // ISA Journal of Multidisciplinary (ISAJM). – Vol.2, Is.1. – P.1–5. doi: 10.5281/zenodo.14932809

11. Maksimovich, Ye. Mechanism of Reperfusion Syndrome and Prevention of Oxidative Stress // ISA Journal of Medical Sciences (ISAJMS). – Vol.2, Is.1. – P.9–11. doi: 10.5281/zenodo.14921486

12. Maksimovich, Ye. Pathogenesis of Arrhythmias after Coronary Shunting // ISA Journal of Medical Sciences (ISAJMS). – Vol.2, Is.1. – P.11–22. doi: 10.5281/zenodo.14921507

13. Maksimovich, Ye. Changes in the Iron Pool in Patients with Coronary Bypass Surgery // ISA Journal of Medical Sciences (ISAJMS). – Vol.2, Is.1. – P.1–6. doi: 10.5281/zenodo.14921415

14. Maksimovich, Ye. Varying Degrees of Hemolysis during Coronary Artery Bypass Grafting Operations // ISA Journal of Medical Sciences (ISAJMS). – Vol.2, Is.1. – P.1–6. doi: 10.5281/zenodo.14921456

15. Maksimovich, Ye.N. Connection of Intraoperative Hemolysis with the Development of Cardiac Rhythm Disturbances // Clinical medical research. – 2025. – Vol.14, N2. – P.28–36.

16. Maksimovich, Ye.N. Predicting of Early Cardiovascular Complications After Coronary Artery // World Journal of medical case reports. – Vol.6, N1. – P.1–4. https://doi.org/10.11648/j.wjmc.20250601.11

17. Maksimovich N.Y., Maksimovich Ye.N. (2025), The Relationship Between the Development of Arrhythmias and Changes in Free Hemoglobin Levels During Coronary Artery Bypass Grafting // J Clinical Research Notes. – 2025. – Vol.5, N2. doi:10.31579/2690-8816/159

Поступила 24.04.2025 г.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

Уважаемые авторы!

Предлагаем Вам опубликовать в нашем журнале статьи по следующим направлениям: **здоровье медработников, медицинская демография, медицина будущего, рынок лекарственных препаратов, современные технологии обучения в вузах, COVID-19: итоги и взгляд в будущее, динамика здоровья детского и взрослого населения за последние 30–40 лет, опыт организации и деятельности частных медицинских центров, опыт клинического использования лекарственных препаратов.**

К публикации принимаются проблемные статьи, научные обзоры, лекции (объемом до 20 стр. Word), а также статьи в формате обмена опытом и оригинальные исследования (8–10 стр. Word), выполненные на высоком профессиональном уровне.

Примеры оформления и требования смотрите на сайте www.mednovosti.by в разделе «Правила для авторов». Подготовленные материалы можно отправлять в электронной форме на адрес электронной почты редакции mednovosti1995@mail.ru.

Редакция журнала «Медицинские новости» выражает уверенность в том, что наши авторы и их соавторы являются подписчиками журнала.

Справки по тел.: +375 17 374 07 02, +375 29 69 59 419.