

УДК 616.137.83/93-004.6-06-08

<https://doi.org/10.23888/HMJ2024122317-328>

К вопросу оптимизации профилактики и лечения реперфузионного синдрома у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей атеросклеротического генеза

И. И. Кательницкий¹ ✉, Е. Е. Пушкаренко², Е. С. Кательницкая¹

¹ Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

² Центральная районная больница в Сальском районе, Сальск, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Кательницкий Игорь Иванович, katelnizkji@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Реперфузионный синдром является серьезным осложнением у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей атеросклеротического генеза. Этот синдром возникает при восстановлении кровоснабжения после периода ишемии и может привести к тканевой гипоксии, повреждению клеток и воспалению. Оптимизация профилактики и лечения реперфузионного синдрома имеет большое значение для улучшения прогноза и качества жизни таких пациентов. В литературе описаны различные подходы к оптимизации профилактики и лечению реперфузионного синдрома, включая использование антиоксидантов, антикоагулянтов, антиагрегантов, а также методов реабилитации и физиотерапии.

Заключение. Проблемы профилактики и лечения реперфузионного синдрома у пациентов с облитерирующим поражением артерий нижних конечностей атеросклеротического генеза крайне важны. Несмотря на большое количество исследований в данной области, постоянное пополнение данных и расширение возможностей методов исследования, свидетельствуют о постоянном развитии данной области и появлении новых знаний. Активное изучение реперфузионного синдрома направлено на использование этих данных для более эффективного изучения механизмов действия лекарственных препаратов, поиск инновационных технологий и разработку современных методов лечения, что, несомненно, способствует улучшению результатов терапии у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей.

Ключевые слова: *реперфузионный синдром; облитерирующий атеросклероз; синдром ишемии-реперфузии*

Для цитирования:

Кательницкий И. И., Пушкаренко Е. Е., Кательницкая Е. С. К вопросу оптимизации профилактики и лечения реперфузионного синдрома у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей атеросклеротического генеза // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2023. Т. 12, № 2. С. 317–328. <https://doi.org/10.23888/HMJ2024122317-328>.

<https://doi.org/10.23888/HMJ2024122317-328>

On Issue of Optimizing Prevention and Treatment of Reperfusion Syndrome in Patients with Obliterating Atherosclerosis of Arteries of Lower Limbs of Atherosclerotic Genesis

Igor'. I. Katelnitskiy¹ ✉, Evgeniy E. Pushkarenko², Ekaterina S. Katelnitskaya¹

¹ Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

² Central District Hospital in Salsky district, Salsky, Russian Federation

Corresponding author: Igor'. I. Katelnitskiy, katelnizkji@mail.ru

ABSTRACT

INTRODUCTION: Reperfusion syndrome is a severe complication in patients with obliterating atherosclerosis of the lower limb arteries of atherosclerotic genesis. This syndrome develops when blood supply is restored after a period of ischemia and can lead to tissue hypoxia, cell damage and inflammation. Optimizing prevention and treatment of reperfusion syndrome is of great importance for improving the prognosis and quality of life of such patients. In literature, various approaches to optimizing prevention and treatment of reperfusion syndrome are described including use of antioxidants, anticoagulants, antiplatelet agents, as well as rehabilitation and physiotherapy methods.

CONCLUSION: The problems of prevention and treatment of reperfusion syndrome in patients with obliterating lesion of the lower limb arteries of atherosclerotic genesis are extremely important. Despite a high amount of research in this area, constant replenishment of data and expansion of the potentials of the examination methods evidence continuous development of this field and emergence of new knowledge. An active study of reperfusion syndrome is aimed at using these data for more effective exploration of the mechanisms of action of medical drugs, search for innovative technologies and development of the modern treatment methods, which undoubtedly contributes to improvement of treatment results of patients with obliterating sclerosis of the lower limb arteries.

Keywords: *reperfusion syndrome; obliterating atherosclerosis; ischemia-reperfusion syndrome*

For citation:

Katelnitskiy I. I., Pushkarenko E. E., Katelnitskaya E. S. On Issue of Optimizing Prevention and Treatment of Reperfusion Syndrome in Patients with Obliterating Atherosclerosis of Arteries of Lower Limbs of Atherosclerotic Genesis. *Science of the young (Eruditio Juvenium)*. 2024;12(2):317–328. <https://doi.org/10.23888/HMJ2024122317-328>.

Актуальность

Реперфузионный синдром (РС) является осложнением, возникающим при восстановлении кровоснабжения кислородом после периода ишемии. Синдром продиктован сложными биохимическими процессами, которые происходят в организме при внезапном поступлении кислорода после его длительного дефицита. Частота развития РС у пациентов с облитерирующим поражением атеросклерозом артерий нижних конечностей после различных видов реконструктивных оперативных вмешательств составляет от 30–40%, из них, тяжелая степень — отмечена у 5–7%. При этом, развитие реперфузионного синдрома в послеоперационном периоде приводит к ампутации нижних конечностей на уровне бедра в 4,7% случаев [1, 2]. Кроме того, тяжелое течение реперфузионного синдрома приводит к летальному исходу в 2% случаев [3].

Облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей представляет собой серьезное заболевание, характеризующееся прогрессирующим стенозом артерий и нарушением кровоснабжения нижних конечностей. При лечении этого состояния возникает проблема РС, обусловленного реоксигенацией тканей при восстановлении магистрального кровотока. Развитие РС связано с несколькими факторами, включая воспаление, оксидативный стресс и нарушение микроциркуляции. Активация воспалительной реакции при облитерирующем атеросклерозе приводит к нарушению «интегритета» эндотелия и усилению проницаемости сосудов, что способствует развитию отека [4, 5].

Исследование, проведенное Сурсаевой Д. С., и др. в 2021 г., оценило воздействие разнообразных методов реваскуляризации на скорость возникновения реперфузионного синдрома у больных с критической ишемией конечности. Пациенты были разделены на две группы; которым выполнены реконструктивные вмешательства: бедренно-подколенное шунтирование аутовеной у 11 пациентов (48%) первой группы и эндартерэктомия из глубокой

бедренной артерии с профундопластикой у 18 пациентов (62%) второй группы. Авторами отмечается, что вид реконструктивных операций при критической ишемии нижних конечностей влияет на выраженность РС, однако наблюдение в динамике показало, что постишемический отек наблюдался в обеих группах, но сохранялся более длительно в первой [6]. Это указывает на необходимость более глубокого понимания механизмов развития отека для эффективного лечения пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей [5].

Оксидативный стресс, вызванный повышенным образованием свободных радикалов кислорода, также играет важную роль в развитии РС, нанося вред клеткам и тканям. Нарушение микроциркуляции, вызванное расширением капилляров и нарушением барьерной функции сосудов, также способствует развитию отека при реперфузии. Феномен «*no-reflow*» и активация лейкоцитов к эндотелию капилляров приводят к недостаточной перфузии капилляров и ухудшению кровоснабжения. Реперфузия также вызывает повреждение миоцитов и развитие внутритканевого отека, увеличивая гипоксию ишемизированной ткани. Нормализация показателей воспаления и оксидативного стресса является ключевым критерием выздоровления у таких пациентов [7].

В исследовании, проведенном Магамедовым И. Д., и др. в 2019 г., были изучены результаты лечения 44 пациентов с остро-инфарктным нарушением кровообращения и базисной терапией. Средний возраст участников составил 73 года (от 61 до 83 лет), среди которых было 23 мужчины и 21 женщина. У пациентов были выявлены различные сопутствующие заболевания, включая хроническую анемию (7%), сахарный диабет (11%), нарушения мозгового кровообращения (41%), патологию сердечно-сосудистой системы (100%), заболевания бронхолегочной системы (48%) и другие. Пациенты получали терапию в соответствии с национальными рекомендациями. Результаты исследования показали, что у всех пациентов

развилось системное воспаление. Уровни воспаления, такие как креатинкиназа и С-реактивный белок, а также изменения в составе лейкоцитов, различались у выживших и умерших пациентов. Корреляционный анализ выявил связь между исходом заболевания и уровнем лейкоцитов, нейтрофилов и С-реактивным белком. Также было обнаружено, что уровень оксидантной активности крови и общая антиоксидантная активность плазмы различались у пациентов до и после операции [8]. Эти факты могут быть полезны для оптимизации лечения и улучшения прогноза у пациентов с подобными состояниями.

Исследование биомеханических процессов, связанных с отекающей кровью в динамике, играет важную роль в понимании механизмов развития РС после реваскуляризации при окклюзионно-стенотических поражениях артерий нижних конечностей. РС характеризуется нарушением микроциркуляции и обратной перфузией тканей, что приводит к активному увеличению отека и токсических продуктов метаболизма из тканей. Биомеханические процессы в отекающей крови включают изменения в гидростатическом давлении, коэффициенте фильтрации, проницаемости сосудистой стенки и дренажной функции лимфатической системы.

Использование регионарной лимфотропной терапии может оказать влияние на процессы и способствовать эффективному удалению отекающей крови и токсических продуктов метаболизма. Современные исследования также акцентируют внимание на модели кровотока, где кровоток рассматривается как поток Пуазейля через проницаемую стенку, а интерстициальные и лимфатические потоки оцениваются как транспорт в пористой среде.

Способ так называемой «погруженной границы» (*immersed boundary*) позволяет использовать взаимодействие крови в капиллярной сети с интерстициальным объемом. Он позволяет учитывать необходимые биомеханические эффекты, происходящие на микроуровне, и получать результаты, необходимые для клиниче-

ского использования. Исследование, выполненное Шабрыкиной Н. С., и др. в 2022 г., демонстрирует новую математическую модель для анализа обмена жидкостями, когда капилляры и пространство оцениваются между ними как независимые структуры. Для взаимодействия одномерного движения через сеть капилляров и трехмерного потока через интерстициальное пространство был использован метод погруженной границы, рассматривающий связи крови в капиллярной сети с интерстициальным объемом. Эта модель позволяет связать микроциркуляцию и тканевые области. По мнению авторов, разработанная математическая модель, позволяет прогнозировать РС у пациентов с сахарным диабетом и предложить возможный способ объяснения того, почему реваскуляризация может вызвать обострение синдрома диабетической стопы. Модель использует некоторые патологические состояния, такие как отек в нижних конечностях, ишемия и гипоксия нижних конечностей у пациентов с сахарным диабетом [9]. Подход основан на рассмотрении отдельного капилляра, что делает модель более простой, но при этом позволяет учитывать эффекты, характерные для способов, использующих моделирование капиллярного русла. В то же время модель является недостаточно статистически значимой для клинического использования и требует дополнительного исследования и улучшения.

В обзоре Кутепова Д. Е., и др. в 2018 г. подчеркивается, что перекисное окисление липидов является ключевым механизмом повреждения тканей при синдроме ишемии-реперфузии. При перекисном окислении липидов образуются активированные формы кислорода, такие как супероксидные радикалы (O_2^-), которые взаимодействуют с липидами в клеточных мембранах, что приводит к структурным и функциональным изменениям в них. Пероксидные радикалы, появляющиеся в результате взаимодействия активных форм кислорода с двойными связями в ненасыщенных липидах, могут запускать цепные

реакции перекисного окисления, порождавая разнообразные перекисные продукты, включая малоновый диальдегид (MDA), 4-гидроксиноненаль (4-HNE) и другие производные. Повреждение биологических структур, таких как нуклеиновые кислоты, липиды, белки, вызванное перекисным окислением липидов, может нарушить нормальное клеточное функционирование и привести к гибели клеток через некроз или апоптоз. Оксидативный стресс, связанный с перекисным окислением липидов, может способствовать воспалительному ответу и увеличению проницаемости сосудов за счет активации производства простагландинов, цитокинов и других медиаторов воспаления [1]. Понимание роли перекисного окисления липидов в патогенезе синдрома ишемии-реперфузии имеет важное значение для разработки новых стратегий лечения и профилактики данного синдрома [7].

Исследование, проведенное Засимовичем В. Н., и др. в 2020 г. и опубликованное в журнале Гродненского государственного медицинского университета, посвящено анализу кислородтранспортной функции и уровней газотрансмиттеров в крови у 103 пациентов с окклюзией поверхностной бедренной артерии после проведения петлевой эндартерэктомии. Динамика изменений исследуемых показателей у пациентов с хронической атеросклеротической окклюзией поверхностной бедренной артерии свидетельствует о прогрессирующем ухудшении кислородного обеспечения нижних конечностей при нарастании стадии ишемии, причем степень нарушения исследуемых параметров находилась в прямо пропорциональной зависимости от стадии хронической артериальной недостаточности нижних конечностей. Помимо того, что авторами были получены данные о повышении насыщения венозной крови кислородом и концентрации газотрансмиттеров при хронической ишемии и после петлевой эндартерэктомии, установлено, что восстановление кровоснабжения нижней конечности после примененной операции

не сопровождается быстрой нормализацией кислородтранспортной функции, поскольку несоответствие между повышенным количеством кислорода и сниженной способностью к его утилизации через каскад патологических реакций приводит к реперфузионному повреждению тканей нижней конечности [10, 11].

Данное исследование, хотя и предполагает важность изучения изменений в кислород-транспортной функции и уровнях газотрансмиттеров у пациентов с атеросклеротической окклюзией до и после хирургического вмешательства, не предоставляет достаточно четких или новаторских результатов, однако может способствовать более глубокому пониманию механизмов атеросклеротической окклюзии и эффектов петлевой эндартерэктомии, оказываемых на параметры крови и метаболические процессы.

В работе Шамоян Г. М., и др. в 2017 г. был проведен анализ лечения пациентов с острой ишемией нижних конечностей, где сравнивались стандартные открытые хирургические вмешательства и селективный тромболизис. Оказалось, что стандартные хирургические вмешательства были более эффективны в уменьшении частоты ампутаций и смертности по сравнению с тромболизисом. Также установлено, что при необратимой ишемии конечности IIIБ степени восстановительная операция противопоказана в связи с развитием тяжелого РС. Единственно возможной операцией в данном случае является ампутация конечности [12]. Дальнейшие исследования в этой области помогут оптимизировать стратегии профилактики и лечения РС у пациентов с облитерирующим атеросклерозом.

Таким образом, патогенетические основы развития отека при РС связаны с воспалением, оксидативным стрессом и нарушением микроциркуляции. Важными направлениями профилактики и лечения являются мероприятия по улучшению перфузии, снижению воспаления и оксидативного стресса, а также поддержанию нормального кровотока в артериях нижних

конечностей. Лекарственные препараты различных групп (противовоспалительные, вазодилататоры, антиоксиданты) были исследованы на предмет их эффективности в уменьшении отеков и предотвращении РС.

В 2017 г. коллективом авторов был описан способ профилактики РС после реваскулярных операций на прецеребральных сосудах, который предполагает использование протективных субстанций с антиоксидантными и противовоспалительными свойствами. Кроме того, режим перфузии с низким напором и поддержание оптимального кровяного давления и перфузии мозга, также являются важными аспектами профилактики РС. В целом, комплексный подход к профилактике и лечению реперфузионного синдрома включает выбор оптимального метода лечения, адекватную поддержку пациента в послеоперационном периоде и оптимизацию факторов, влияющих на перфузию и состояние тканей [13].

Использование протективных субстанций для профилактики реперфузионного синдрома после реваскулярных операций может быть эффективным методом. Однако, возможны негативные аспекты, такие как возможные побочные эффекты от применения фармакологических средств, а также существует необходимость дальнейших исследований для оценки полной эффективности и безопасности данного метода профилактики.

Дальнейшие исследования в этой области помогут улучшить стратегии лечения и предотвращения РС у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей.

В работе Чесноковой Н. П., и др. в 2017 г. представлены следующие методы предоперационной подготовки пациентов с облитерирующим атеросклерозом:

1. Фармакологическая коррекция метаболических расстройств, направленная на восстановление нарушенных метаболических процессов при гипоксических состояниях.

2. Оптимизация кислородного режима с целью обеспечения оптимального

доступа кислорода к ишемизированным тканям и минимизации дальнейших повреждений в результате реперфузии.

3. Интенсивная терапия для стабилизации состояния пациента до проведения оперативного лечения реперфузионного синдрома.

4. Контроль гемодинамики, включающий мониторинг и коррекцию показателей гемодинамики с целью предотвращения возможных осложнений, связанных с реперфузией тканей [14].

Таким образом, исследование демонстрирует необходимость дальнейшего изучения эффективности фармакологической коррекции метаболических расстройств при гипоксических состояниях, оптимизации кислородного режима, применения интенсивной терапии и контроля гемодинамики в рамках профилактики и лечения РС. В то же время данное исследование подчеркивает важность комплексного подхода к предоперационной подготовке пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей.

Жигаловой М. С., и др. в 2021 г. проведено исследование с целью анализа эффективности разных методов лечения синдрома интенсивной реактивности у пациентов после реконструктивных операций по поводу критической ишемии нижних конечностей. В ходе исследования были изучены данные 92 пациентов — 85 мужчин и 7 женщин среднего возраста 68,4 лет. Пациенты были разделены на три группы, в которых применялись различные методы лечения, включая медикаментозную терапию, плазмообмен и онлайн гемодиализацию. Результаты исследования показали, что применение плазмообмена и онлайн гемодиализации привело к статистически значимому снижению уровня креатинфосфокиназы и миоглобина, а также к увеличению темпа диуреза у пациентов с синдромом интенсивной реактивности. Эти методы лечения также снизили риск неблагоприятных исходов у пациентов с критической ишемией нижних конечностей. В частности, комбинированная схема лечения с ис-

пользованием плазмообмена и гемодиализа показала наилучшие результаты по сравнению с консервативным медикаментозным лечением. Дополнительно, исследования подтверждают эффективность методов ишемического preconditionирования и применения фармакологических препаратов, таких как антиоксиданты и противовоспалительные средства, в профилактике РС [15, 16].

Выводом из данного исследования можно считать то, что медикаментозная терапия не показала столь же высокой эффективности в снижении уровня креатинфосфокиназы и миоглобина, а также в увеличении темпа диуреза у пациентов с синдромом интенсивной реактивности, по сравнению с применением плазмообмена и онлайн гемодиализа. Таким образом, можно говорить об ограниченной эффективности медикаментозной терапии в данном контексте и необходимости более интенсивных методов лечения для улучшения результатов у пациентов с критической ишемией нижних конечностей и синдромом интенсивной реактивности.

Исследование, проведенное группой ученых во главе с Зарудным О. А. в 2019 г., показало эффективность применения непрерывного вено-венозного малопоточного хай-флакс гемодиализа в раннем послеоперационном периоде у пациентов с тяжелой ишемией нижних конечностей и сопутствующей сердечной и хронической почечной недостаточностью. В исследование вошло 37 пациентов с острой ишемией нижних конечностей, которым было проведено оперативное лечение. Результаты исследования показали, что применение непрерывного вено-венозного малопоточного хай-флакс гемодиализа в ранние сроки после операции дало возможность достичь следующих результатов: уменьшения тяжести острого повреждения почек (позволило контролировать волемию и удалить избыточный калий, а также проводить коррекцию метаболического ацидоза, что способствовало улучшению функции почек у пациентов); снижения вероятности сердечно-легочной

недостаточности (позволило динамически контролировать внутрисосудистый объем крови, что помогло предотвратить объемную перегрузку и улучшить работу сердца у пациентов с сердечной недостаточностью); расширило возможности реваскуляризации конечности, способствуя снижению уровня миоглобина в крови. Исследование подчеркивает, что применение данного метода в раннем послеоперационном периоде является эффективным методом для улучшения функции почек, предотвращения сердечно-легочной недостаточности и обеспечения успешной реваскуляризации конечности у пациентов с критической ишемией нижних конечностей и сопутствующей сердечной и хронической почечной недостаточностью [17].

Ограниченность возможности проецирования результатов данного исследования на более широкую популяцию обусловлена небольшим размером выборки пациентов (37 человек). Это означает, что результаты исследования могут быть не столь репрезентативными для более обширной группы пациентов с аналогичными состояниями. Дальнейшие исследования с более крупными выборками могут помочь уточнить оптимальные параметры применения непрерывного вено-венозного малопоточного хай-флакс гемодиализа и лучше понять его роль в послеоперационном лечении пациентов с тяжелой ишемией нижних конечностей и сопутствующей сердечной и почечной недостаточностью.

Исследование, проведенное Калининым Р. Е., и др. в 2019 г., выполнено с целью оценки влияния генетических факторов на клиническое течение облитерирующего атеросклероза артерий нижних конечностей. В ходе исследования было выявлено, что мутации в генах, кодирующих матриксную металлопротеиназу 1 и печеночную липазу, могут ассоциироваться с остро возникшей артериальной непроходимостью и более неблагоприятным прогнозом течения заболевания. Анализ данных также показал, что клиническое течение заболевания у лиц с указанными мутациями связано с повышенным риском

развития атеротромбоза и гиперхолестеринемии [18].

Выводы исследования подчеркивают важность генетического анализа при диагностике и лечении облитерирующего атеросклероза артерий нижних конечностей, что позволяет индивидуализировать подход к каждому пациенту и оптимизировать стратегию лечения. Учитывая, что эндотелиальный резерв снижается на поздних стадиях заболевания, рекомендуется регулярное мониторинговое генетическое тестирование для своевременного выявления рисков и предотвращения прогрессирования заболевания. Эти результаты могут быть полезны для разработки индивидуализированных методов профилактики и лечения облитерирующего атеросклероза артерий нижних конечностей с целью снижения смертности и инвалидизации от сердечно-сосудистых заболеваний.

Однако исследование, проведенное в рамках данной работы, не дало четких и однозначных результатов, что затрудняет формулирование конкретных выводов. Несмотря на обширный анализ различных факторов, включая генетические, метаболические и клинические аспекты, не удалось выявить явных корреляций между ними и течением облитерирующего атеросклероза артерий нижних конечностей. Это говорит о необходимости дальнейших исследований и углубленного анализа для более точного понимания механизмов развития и прогноза данного заболевания.

Интересные данные были получены в исследовании Фаустовой А. Г., и др. в 2020 г., в ходе которого была изучена психологическая адаптация пациентов, перенесших ампутацию нижних конечностей в связи с облитерирующим атеросклерозом артерий. Экспериментальную группу составили 20 пациентов (13 мужчин, 7 женщин, средний возраст — $67,35 \pm 9,2$ лет), а контрольную группу — 20 респондентов без ампутации конечностей. Для сбора информации были использованы стандартизированные психологические методики, включая методику «Преодоление трудных жизненных ситуа-

ций», шкалу оценки воздействия травматического события, опросник ситуативной неудовлетворенности образом тела, копинг-тест телесного образа. Исследование выявило, что пациенты с ампутацией нижних конечностей часто прибегают к стратегии «избегание опыта» в ситуациях межличностного взаимодействия из-за негативного отношения к своему измененному внешнему облику. Они также активно используют копинг-стратегии, связанные с внешностью, что обусловлено приобретенными видимыми отличиями [19].

Исследование имеет ограниченную обобщаемость из-за небольшого размера выборки и недостаточной репрезентативности контрольной группы. Также, использование стандартизированных психологических методик может не полностью отражать сложность и индивидуальность психологической адаптации пациентов после ампутации. Недостаточное участие женщин в экспериментальной группе также может исказить результаты исследования. Кроме того, необходимо учитывать возможные влияния внешних факторов на результаты исследования, таких как социокультурные особенности и индивидуальные различия пациентов. Выводом из данного исследования подчеркивают важность разработки реабилитационных программ, направленных на психологическую адаптацию к измененному внешнему облику и преодоление нарушений телесного образа у пациентов после ампутации нижних конечностей. Это исследование может послужить отправной точкой для дальнейших исследований и разработки эффективных методов поддержки и реабилитации данной категории пациентов.

Закеряева А. Б., и др. в 2022 г, провели ретроспективное изучение данных пациентов, которым было выполнено бедренно-подколенное шунтирование венозным аутоотрансплантатом. Общее количество включенных пациентов составило 464. Различные типы аутовенозных кондуитов были использованы, включая реверсированную вену, аутовену, подготовленную *in situ*, аутовену, подготовленную

ex situ, и вены верхней конечности. Длительность отдаленного периода наблюдения составила $16,6 \pm 10,3$ месяца. Результаты исследования показали, что операция бедренно-подколенного шунтирования с использованием венозного аутотрансплантата характеризуется низкой частотой осложнений как в госпитальном, так и в отдаленном периодах наблюдения. В качестве предикторов неблагоприятных кардиоваскулярных событий в отдаленном периоде после операции были выявлены ожирение I и II степени, а также ПБ стадия основного заболевания. С другой стороны, протективными факторами развития отдаленных послеоперационных осложнений оказались постинфарктный кардиосклероз, избыточная масса тела и IV стадия. Эти результаты подчеркивают важность учета предикторов и протективных факторов при разработке шкал стратификации риска для пациентов после операции бедренно-подколенного шунтирования. Прецизионное управление пациентами, учитывающее эти факторы, может помочь снизить риски развития неблагоприятных кардиоваскулярных событий, увеличив отдаленную выживаемость и предотвращая тромбоз шунта и ампутацию конечности [20].

На основании данного исследования можно резюмировать, что хотя бедренно-подколенное шунтирование аутовенозным трансплантатом характеризуется низкой частотой осложнений в госпитальном и отдаленном периодах наблюдения, все же некоторые пациенты подвержены риску развития неблагоприятных кардиоваскулярных событий. Ожирение I и II степени,

стадия хронической ишемии нижних конечностей ПБ, постинфарктный кардиосклероз, избыточная масса тела и IV стадия хронической ишемии нижних конечностей были идентифицированы как предикторы неблагоприятных последствий после операции. Это указывает на необходимость проведения дополнительных исследований и более глубокого анализа для более точного понимания механизмов развития и прогноза данного заболевания.

Заключение

Проведенный анализ проблемы профилактики и оптимизации способов лечения реперфузионного синдрома у пациентов с облитерирующим поражением артерий нижних конечностей атеросклеротического генеза продемонстрировал, что непрерывное изучение этой проблемы остается крайне важным. Несмотря на большое количество исследований в данной области, постоянное пополнение данных и расширение возможностей методов исследования, свидетельствуют о постоянном развитии данной области и появлении новых знаний. Активное изучение реперфузионного синдрома направлено на использование этих данных для более эффективного изучения механизмов действия лекарственных препаратов, поиск инновационных технологий и разработку современных методов лечения, что, несомненно, способствует улучшению результатов терапии у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей.

Список источников

1. Кутепов Д.Е., Жигалова М.С., Пасечник И.Н. Патогенез синдрома ишемии-реперфузии // Казанский медицинский журнал. 2018. Т. 99, № 4. Р. 640–644. doi: [10.17816/KMJ2018-640](https://doi.org/10.17816/KMJ2018-640)
2. Apichartpiyakul P., Shinlapawittayatorn K., Rerkasem K., et al. Mechanisms and Interventions on Acute Lower Limb Ischemia/Reperfusion Injury: A Review and Insights from Cell to Clinical Investigations // Ann. Vasc. Surg. 2022. Vol. 86. P. 452–481. doi: [10.1016/j.avsg.2022.04.040](https://doi.org/10.1016/j.avsg.2022.04.040)
3. Дядьков И.Н., Винокуров И.А. Органная дисфункция после эмболэктомий из артерий нижних конечностей // Московский хирургический журнал. 2018. № 3 (61). С. 111.
4. Казаков Ю.И., Казаков А.Ю., Нефедов В.И., и др. Хирургическая тактика ведения пациентов с острой артериальной ишемией нижних конечностей на фоне атеросклеротического поражения артерий // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2019. Т. 7, № 1. С. 86–92. doi: [10.23888/HMJ20197186-92](https://doi.org/10.23888/HMJ20197186-92)
5. Obara H., Matsubara K., Kitagawa Y. Acute Limb Ischemia // Ann. Vasc. Dis. 2018. Vol. 11, No. 4. P. 443–448. doi: [10.3400/avd.ra.18-00074](https://doi.org/10.3400/avd.ra.18-00074)

6. Сурсаева Д.С., Толканица А.Ю. Влияния вида реваскуляризирующего оперативного вмешательства на скорость развития реперфузионного синдрома у пациентов с критической ишемией нижних конечностей. В сб.: Алексеев С.А., ред. Новое в хирургии: наука, практика, обучение: сборник тезисов докладов Республиканской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию кафедры общей хирургии УО БГМУ, Минск, Республика Беларусь, 24 сентября 2021 г. Минск; 2021. С. 286–287.
7. Ismaeel A., Lavado R., Smith R.S., et al. Effects of Limb Revascularization Procedures on Oxidative Stress // *J. Surg. Res.* 2018. Vol. 232. P. 503–509. doi: [10.1016/j.jss.2018.07.024](https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.07.024)
8. Магамедов И.Д., Пивоварова Л.П., Нохрин С.П., и др. Применение терапии дексаметазоном при лечении острой ишемии нижних конечностей у больных пожилого и старческого возраста // *Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского.* 2021. Т. 9, № 4. С. 70–80. doi: [10.33029/2308-1198-2021-9-4-70-80](https://doi.org/10.33029/2308-1198-2021-9-4-70-80)
9. Шабрыкина Н.С., Лукин П.С. Математическая модель микроциркуляции для прогнозирования реперфузионного синдрома у пациентов с сахарным диабетом // *Российский журнал биомеханики.* 2022. Т. 26, № 4. С. 88–96. doi: [10.15593/RZhBiomeh/2022.4.07](https://doi.org/10.15593/RZhBiomeh/2022.4.07)
10. Засимович В.Н., Иоскевич Н.Н. Реперфузионно-реоксигенационный синдром как проблема реконструктивной хирургии артерий при хронической ишемии нижних конечностей атеросклеротического генеза // *Новости хирургии.* 2017. Т. 25, № 6. С. 632–642. doi: [10.18484/2305-0047.2017.6.632](https://doi.org/10.18484/2305-0047.2017.6.632)
11. Norgren L., Patel M.R., Hiatt W.R., et al.; EUCLID Steering Committee and Investigators. Outcomes of Patients with Critical Limb Ischaemia in the EUCLID Trial // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2018. Vol. 55, No. 1. P. 109–117. doi: [10.1016/j.ejvs.2017.11.006](https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2017.11.006)
12. Шамоян Г.М., Стрелкова А.А. Лечение больных с острой ишемией нижних конечностей: селективный тромболитизис или открытые хирургические вмешательства. В сб.: Актуальные вопросы медицины в современных условиях: сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11 января 2017 г. СПб.: Инновационный центр развития образования и науки; 2017. Р. 121–123. Вып. IV.
13. Алехин Д.И., Евсеева Ю.Д., Кокоришвили М.А. Способ профилактики реперфузионного синдрома при реконструктивных операциях на прецеребральных сосудах. Патент РФ на изобретение № 2611357. заявл. 10.09.2015. Доступно по: https://patents.s3.yandex.net/RU2611357C1_20170221.pdf. Ссылка активна на 09.04.2023.
14. Чеснокова Н.П., Бриль Г.Е., Моррисон В.В., и др. Лекция 14. Механизмы реперфузионного повреждения ишемизированных тканей и возможности фармакологической коррекции метаболических расстройств при гипоксических состояниях // *Научное обозрение. Медицинские науки.* 2017. № 2. С. 64–66.
15. Жигалова М.С., Кутепов Д.Е., Пасечник И.Н. Влияние различных методов лечения синдрома ишемии-реперфузии на риск неблагоприятного исхода заболевания // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки.* 2021. № 4. С. 200–204. doi: [10.37882/2223-2966.2021.04.17](https://doi.org/10.37882/2223-2966.2021.04.17)
16. Жигалова М.С., Пасечник И.Н., Кутепов Д.Е. Эффективность применения плазмообмена у пациентов с синдромом ишемии-реперфузии нижних конечностей // *Казанский медицинский журнал.* 2019. Т. 100, № 1. С. 130–134. doi: [10.17816/KMJ2019-130](https://doi.org/10.17816/KMJ2019-130)
17. Зарудный О.А., Иванова Ю.В., Гилёв Б.В. Экстракорпоральная коррекция в раннем послеоперационном периоде у больных с тяжелой острой ишемией нижних конечностей // *World Science.* 2019. Т. 1, № 7 (47). С. 43–47. doi: [10.31435/rsglobal_ws/31072019/6589](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31072019/6589)
18. Калинин Р.Е., Сучков И.А., Чобанян А.А. Перспективы прогнозирования течения облитерирующего атеросклероза артерий нижних конечностей // *Наука молодых (Eruditio Juvenium).* 2019. Т. 7, № 2. С. 274–282. doi: [10.23888/HMJ201972274-282](https://doi.org/10.23888/HMJ201972274-282)
19. Фаустова А.Г., Афанасьева А.Э. Особенности совладающего поведения пациентов с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей // *Наука молодых (Eruditio Juvenium).* 2020. Т. 8, № 1. С. 15–23. doi: [10.23888/HMJ20208115-23](https://doi.org/10.23888/HMJ20208115-23)
20. Закрыев А.Б., Виноградов Р.А., Сухоручкин П.В., и др. Предикторы отдаленных осложнений бедренно-подколенного шунтирования аутовенозным трансплантатом // *Российский медико-биологический вестник им. академика И. П. Павлова.* 2022. Т. 30, № 2. С. 213–222. doi: [10.17816/PAVLOVJ96438](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ96438)

References

1. Kutevov DE, Zhigalova MS, Pasechnik IN. Pathogenesis of ischemia/reperfusion syndrome. *Kazan Medical Journal.* 2018;99(4):640–4. (In Russ). doi: [10.17816/KMJ2018-640](https://doi.org/10.17816/KMJ2018-640)
2. Apichartpiyakul P, Shinlapawittayatorn K, Rerkasem K, et al. Mechanisms and Interventions on Acute Lower Limb Ischemia/Reperfusion Injury: A Review and Insights from Cell to Clinical Inves-

- tigations. *Ann Vasc Surg.* 2022;86:452–81. doi: [10.1016/j.avsg.2022.04.040](https://doi.org/10.1016/j.avsg.2022.04.040)
3. Dyad'kov IN, Vinokurov IA. Organnaya disfunktsiya posle embol'ektomiy iz arteriy nizhnikh konechnostey. *Moscow Surgery Journal.* 2018; (3):111. (In Russ).
 4. Kazakov YuI, Kazakov AYu, Nefedov VI, et al. Surgical approach to management of patients with acute arterial ischemia of lower limbs with the underlying atherosclerotic lesion of arteries. *Nauka-Molodykh (Eruditio Juvenium).* 2019;7(1):86–92. (In Russ). doi: [10.23888/HMJ20197186-92](https://doi.org/10.23888/HMJ20197186-92)
 5. Obara H, Matsubara K, Kitagawa Y. Acute Limb Ischemia. *Ann Vasc Dis.* 2018;11(4):443–8. doi: [10.3400/avd.ra.18-00074](https://doi.org/10.3400/avd.ra.18-00074)
 6. Sursayeva DS, Tolkanitsa AYu. Vliyaniya vida revaskulyariziruyushchego operativnogo vmeshatel'stva na skorost' razvitiya reperfuzionnogo sindroma u patsiyentov s kriticheskoy ishemiyey nizhnikh konechnostey. In: *Alekseyev SA, editor. Novoye v khirurgii: nauka, praktika, obucheniye: sbornik tezisev dokladov Respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 100-letiyu kafedry obshchey khirurgii BSMU, Minsk, Respublika Belarus', 24 September 2021.* Minsk; 2021. P. 286–7. (In Russ).
 7. Ismael A, Lavado R, Smith RS, et al. Effects of Limb Revascularization Procedures on Oxidative Stress. *J Surg Res.* 2018;232:503–9. doi: [10.1016/j.jss.2018.07.024](https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.07.024)
 8. Magamedov ID, Pivovarova LP, Nokhrin SP, et al. The use of dexamethasone therapy in the treatment of acute ischemia of the lower limbs in elderly and senile patients. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal.* 2021;9(4):70–80. (In Russ). doi: [10.33029/2308-1198-2021-9-4-70-80](https://doi.org/10.33029/2308-1198-2021-9-4-70-80)
 9. Shabrykina NS, Lukin PS. A mathematical model of microcirculation for predicting reperfusion syndrome in diabetic patients. *Russian Journal of Biomechanics.* 2022;26(4):88–96. (In Russ). doi: [10.15593/RZhBiomeh/2022.4.07](https://doi.org/10.15593/RZhBiomeh/2022.4.07)
 10. Zsimevich VN, Ioskevich NN. Reperfusion (Reoxygenation) Injury as a Problem of the Artery Reconstructive Surgery in Atherosclerotic Genesis Chronic Ischemia of the Lower Limbs. *Novosti Khirurgii.* 2017;25(6):632–42. (In Russ). doi: [10.18484/2305-0047.2017.6.632](https://doi.org/10.18484/2305-0047.2017.6.632)
 11. Norgren L, Patel MR, Hiatt WR, et al.; EUCLID Steering Committee and Investigators. Outcomes of Patients with Critical Limb Ischaemia in the EUCLID Trial. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2018; 55(1):109–17. doi: [10.1016/j.ejvs.2017.11.006](https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2017.11.006)
 12. Shamoyan GM, Strelkova AA. Lecheniye bol'nykh s ostroy ishemiyey nizhnikh konechnostey: selektivnyy trombolizis ili otkrytyye khirurgicheskiye vmeshatel'stva. In: *Aktual'nyye voprosy meditsiny v sovremennykh usloviyakh: sbornik nauchnykh trudov po itogam III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Sankt-Petersburg, 11 January 2017.* Saint-Petersburg: Innovatsionnyy tsentr razvitiya obrazovaniya i nauki; 2017. P. 121–3. Vyp. IV. (In Russ).
 13. Alekhin DI, Evseveva YuD, Kokorishvili MA. Method for reperfusion syndrome prevention during reconstructive surgery on precerebral blood vessels. Patent RUS 2611357 C. 10/09/2015. Available at: https://patents.s3.yandex.net/RU2611357C1_20170221.pdf. Accessed: 2023 April 09. (In Russ).
 14. Chesnokova NP, Brill' GE, Morrison VV, et al. Lektsiya 14. Mekhanizmy reperfuzionnogo povrezhdeniya ishemizirovannykh tkaney i vozmozhnosti farmakologicheskoy korrektsii metabolicheskikh rasstroystv pri gipoksicheskikh sostoyaniyakh. *Scientific Review. Medical Sciences.* 2017; (2):64–6. (In Russ).
 15. Zhigalova M, Kutepov D, Pasechnik I. Effect of different treatments for ischemia-reperfusion syndrome on the risk of adverse outcome of the disease. *Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series 'Natural and Technical Sciences'.* 2021;(4):200–4. (In Russ). doi: [10.37882/2223-2966.2021.04.17](https://doi.org/10.37882/2223-2966.2021.04.17)
 16. Zhigalova MS, Pasechnik IN, Kutepov DE. Efficacy of plasma exchange in patients with ischemia-reperfusion syndrome of the lower extremities. *Kazan Medical Journal.* 2019;100(1):130–4. (In Russ). doi: [10.17816/KMJ2019-130](https://doi.org/10.17816/KMJ2019-130)
 17. Zarudnyi O A, Ivanova Yu V, Gilev BV. Extracorporeal Correction in the Early Postoperative Period in Patients with Severe Acute Lower Limb Ischemia. *World Science.* 2019;1(7):43–7. (In Russ). doi: [10.31435/rsglobal_ws/31072019/6589](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31072019/6589)
 18. Kalinin RE, Suchkov IA, Chobanyan AA. Prospects for forecasting the course of obliterating atherosclerosis of lower limb arteries. *Nauka Molodykh (Eruditio Juvenium).* 2019;7(2):274–82. (In Russ). doi: [10.23888/HMJ201972274-282](https://doi.org/10.23888/HMJ201972274-282)
 19. Faustova AG, Afanasyeva AE. Features of coping behavior in patients with obliterating atherosclerosis of the lower extremities blood vessels. *Nauka Molodykh (Eruditio Juvenium).* 2020;8(1): 15–23. (In Russ). doi: [10.23888/HMJ20208115-23](https://doi.org/10.23888/HMJ20208115-23)
 20. Zakeryayev AB, Vinogradov RA, Sukhoruchkin PV, et al. Predictors of Long-Term Complications of Femoropopliteal Bypass with Autovenous Graft. *I. P. Pavlov Russian Medical Biological Herald.* 2022;30(2):213–22. (In Russ). doi: [10.17816/PAVLOVJ96438](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ96438)

Дополнительная информация

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Информация об авторах:

✉ *Кательницкий Игорь Иванович* — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры хирургических болезней № 1, SPIN: 3583-6234, <https://orcid.org/0000-0002-3745-9064>, e-mail: katelnizkji@mail.ru

Пушкаренко Евгений Евгеньевич — врач-хирург поликлинического отделения для взрослых, <https://orcid.org/0009-0002-4077-0539>, e-mail: evgenyushcharenko-salsky@yandex.ru

Кательницкая Екатерина Сергеевна — канд. мед. наук, ассистент кафедры хирургических болезней № 1, SPIN: 2252-5492, <https://orcid.org/0000-0002-1148-1044>, e-mail: Livadnayay@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Funding. The authors declare no funding for the study.

Information about the authors:

✉ *Igor' I. Katel'nikskiy* — MD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Surgical Diseases No. 1, SPIN: 3583-6234, <https://orcid.org/0000-0002-3745-9064>, e-mail: katelnizkji@mail.ru

Evgeniy E. Pushkarenko — MD, Surgeon of the Polyclinic Department for Adults, <https://orcid.org/0009-0002-4077-0539>, e-mail: evgenyushcharenko-salsky@yandex.ru

Ekaterina S. Katel'nikskaya — MD, Cand. Sci. (Med.), Assistant of the Department of Surgical Diseases No. 1, SPIN: 2252-5492, <https://orcid.org/0000-0002-1148-1044>, e-mail: Livadnayay@mail.ru

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.