

ISSN 2311-4495
ISSN 2410-5155 (Online)
УДК 616.137-089
<https://doi.org/10.18705/2311-4495-2026-13-1-6-15>

Имплантация прототипа саморасширяющегося нитинолового стента для периферических артерий в экспериментальной модели на свиньях

Е. В. Верховская, А. Г. Ванюркин, Ю. К. Пантелеева,
Е. О. Поплавский, Е. В. Цветкова, С. В. Когай, М. А. Чернявский

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр имени
В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской
Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Верховская Екатерина Вадимовна,
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»
Минздрава России,
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург,
Россия, 197341.
E-mail: verkhovskayakatya@gmail.com

Резюме

Введение. Эндovasкулярное лечение на сегодняшний день является основным методом лечения пациентов с заболеваниями периферических артерий. Основным недостатком данного метода лечения является частое развитие рестеноза в отдаленном послеоперационном периоде, что диктует необходимость разработки более усовершенствованных устройств, направленных на сохранение целостности внутреннего слоя артерии. **Цель.** Изучить влияние нового саморасширяющегося стента из нитинола на изменение архитектуры сосудистой стенки и клеточных компонентов тканей, прилегающих к месту имплантации, путем анализа состояния сосудов у специально подготовленных лабораторных свиней. **Материалы и методы.** Двум поросётам породы Ландрас провели установку стентов в общие подвздошные артерии с оверсайзингом от 5 до 20 %. Во время всего периода наблюдения постоянно мониторились ключевые жизненные показатели животных, а за три дня до вмешательства и далее использовалась комбинированная терапия препаратами, снижающими агрегацию тромбоцитов. Спустя три месяца после операции была выполнена диагностика с помощью ангиографии и ультразвукового исследования подвздошно-бедренного сегмента, после чего животные были гуманно умерщвлены путем эвтаназии. Извлеченные участки артерий с имплантированными стентами были подвергнуты тщательному макроскопическому и гистологическому анализу. **Результаты.** В течение 3 месяцев параметры жизнедеятельности оставались в пределах нормы. Ангиография и УЗИ выявили проходимость стентированного участка без значимых рестенозов. Морфологическое изучение тканей продемонстрировало целостность внутренней эластической мембраны артерий. **Вывод.** Имплантация нового отечественного саморасширяющегося нитинолового стента вызвала благоприятную реакцию стенки общей подвздошной артерии с минимальной миоинтимальной гиперплазией в послеоперационном периоде. Таким образом, разработанный нами новый отечественный саморасширяющийся нитиноловый стент успешно прошел стадию доклинических испытаний на животных.

Ключевые слова: саморасширяющийся нитиноловый стент, общая подвздошная артерия свиньи, исследование *in vivo*, подвздошно-бедренный сегмент, заболевание периферических артерий, экспериментальная модель

Для цитирования: Верховская Е. В., Ванюркин А. Г., Пантелеева Ю. К. и др. Имплантация прототипа саморасширяющегося нитинолового стента для периферических артерий в экспериментальной модели на свиньях. *Трансляционная медицина*. 2026;13(1):6–15. <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2026-13-1-6-15>; <https://elibrary.ru/HGIDPH>

Implantation of a prototype self-expanding nitinol stent for peripheral arteries in an experimental pig model

Ekaterina V. Verkhovskaya, Almaz G. Vanyurkin,
Yulia K. Panteleeva, Evgeniy O. Poplavskiy, Elena V. Tsvetkova,
Sergey V. Kogay, Mikhail A. Chernyavskiy

Federal State Budgetary Institution “V. A. Almazov National Medical Research Centre” of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

Corresponding author:

Ekaterina V. Verkhovskaya,
V. A. Almazov NMRC,
2 Akkuratova str., St. Petersburg, Russia,
197341.
E-mail: verkhovskayakatya@gmail.com

Abstract

Introduction. Endovascular treatment is currently the main treatment method of patients with peripheral arterial disease. The main disadvantage of this treatment method is the frequent development of restenosis in the long-term postoperative period, which necessitates the development of more advanced devices aimed at preserving the integrity of the inner layer of the artery. **Objective.** To study the effect of a new self-expanding nitinol stent on changes in the architecture of the vascular wall and cellular components of tissues adjacent to the implantation site by analyzing the vascular condition in laboratory pigs. **Material and methods.** Two Landrace pigs had stents with 5–20 % oversizing implanted in the common iliac artery. Vital signs were monitored during the follow-up; 3 days before the procedure and thereafter, dual antiplatelet therapy was used. After 3 months, angiography and ultrasound of the iliofemoral segment were performed, then the animals were euthanized. The extracted sections of the arteries with implanted stents were subjected to a thorough macroscopic and histological analysis. **Results.** For 3 months, the vital signs remained within the normal range. Angiography and ultrasound revealed patency of the stented area without significant restenosis. Morphological examination of the tissues demonstrated the integrity of the internal elastic membrane of the arteries. **Conclusion.** The implantation of the new domestic self-expanding nitinol stent caused a favorable reaction of the common iliac artery wall with minimal myointimal hyperplasia in the postoperative period. Thus, the new domestic self-expanding nitinol stent developed by us has successfully passed the stage of preclinical animal testing.

Keywords: self-expanding nitinol stent, porcine common iliac artery, in vivo study, iliofemoral segment, peripheral arterial disease, experimental model

For citation: Verkhovskaya EV, Vanyurkin AG, Panteleeva YuK, et al. Implantation of a prototype self-expanding nitinol stent for peripheral arteries in an experimental pig model. *Translational Medicine*. 2026;13(1):6–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2026-13-1-6-15>; <https://elibrary.ru/HGIDPH>

Список сокращений: ЗПА — заболевания периферических артерий, ОПА — общая подвздошная артерия, УЗИ — ультразвуковое исследование.

Введение

Заболевания сердечно-сосудистой системы возглавляют список наиболее распространенных причин утраты трудоспособности и смертельных исходов среди населения мира. Приблизительно одна пятая часть всех зарегистрированных сердечно-сосудистых патологий относится к заболеваниям периферических артерий (ЗПА), причем в абсолютном большинстве случаев (более 80 %) их возникновение обусловлено атеросклеротическими изменениями сосудов [1]. Распространенность данной патологии варьирует в диапазоне от 600 до 800 случаев на миллион человек населения. В Российской Федерации (РФ) показатель обращаемости за специализированной медицинской помощью вследствие ЗПА составляет около 140–160 госпитализаций ежегодно на каждую сотню тысяч граждан [2]. Разработка и оценка эндоваскулярных устройств, включая саморасширяющиеся нитиновые стенты, остаются приоритетными для снижения заболеваемости и улучшения клинических исходов при ЗПА.

Современная медицинская практика все чаще прибегает к малотравматичным эндоваскулярным операциям на сосудах, особенно у пациентов с высоким хирургическим риском. Суть данных манипуляций заключается в применении техники баллонной ангиопластики, которая предполагает введение баллона в зону стеноза сосуда, последующее расширение просвета сосуда и установку стента [3]. Несмотря на доказанную эффективность, широкое распространение эндоваскулярных технологий в России тормозится из-за дефицита соответствующих отечественных материалов, таких как качественные внутрисосудистые стенты для периферических артерий. Зарубежные аналоги, обладая необходимыми техническими параметрами, отличаются дороговизной, что существенно ограничивает их использование и, соответственно, объем необходимой лечебной помощи гражданам, страдающим от ЗПА.

Среди важнейших задач, стоящих перед современными технологиями эндоваскулярной хирургии, особое место занимает проблема рецидивирующего сужения сосудов (рестеноза) после установки стента, особенно проявляющегося спустя длительное время после операции. Часто такие рецидивы требуют повторного вмешательства, увеличивая риск осложнений и снижая общую эффективность лечения. Чтобы преодолеть данную проблему, нами была разработана оригинальная конструкция отечественного стента, предусматривающего сохранение

целостности внутреннего слоя артерии — эластичной мембраны. Подобный подход направлен на предупреждение избыточного роста клеток мышечной и соединительной ткани, являющегося основным триггером формирования рестеноза. Благодаря этому нововведению возможно существенное сокращение вероятности развития рестеноза и, таким образом, повышение успешности лечения пациентов с ЗПА.

Цель данного исследования — изучить влияние нового саморасширяющегося стента из нитинола на изменение архитектуры сосудистой стенки и клеточных компонентов тканей, прилегающих к месту имплантации, путем анализа состояния сосудов у специально подготовленных лабораторных свиней.

Материал и методы

На основании проведенных нами оригинальных экспериментальных исследований, осуществленных в строгом соответствии с уникальной патентованной технологией (патент РФ № 229651 от 17.10.2024), разработана принципиально новая конструкция голометаллического стента для лечения ЗПА («Внутрисосудистый стент для лечения заболеваний периферических артерий»). Структура изделия представляет собой трубчатый каркас из нитинола с геометрическим распределением элементов решетки, позволяющим добиться наиболее оптимального сочетания прочности и эластичности конструкции (рис. 1). Края стента оснащены контрастирующими маркерами из танталового сплава, значительно облегчающими визуализацию устройства в процессе его имплантации. Минимизированный внешний диаметр стента в компактированном состоянии, размещенного в системе доставки размером 5–6F, достигает 2,1 мм.

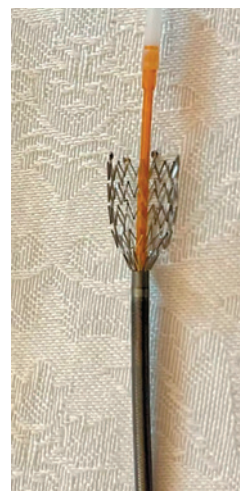


Рис. 1. Прототип саморасширяющегося стента из нитинола с полузакрытым расположением ячеек

Fig. 1. Prototype of a self-expanding nitinol stent with a semi-closed cell structure

Исследование проводилось в Центре доклинических и трансляционных исследований ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России. Оно было одобрено Этико-экспертным комитетом по вопросам содержания и использования лабораторных животных (IACUC). Исследование выполнено в строгом соответствии с утвержденным протоколом (№ ПЗ_22_3ЧернявскийМАv2 от 17.02.2022) с учетом последующих изменений, внесенных 18 января 2023 г.

Экспериментальная имплантация саморасширяющегося стента из нитинола (с превышением размера относительно естественного диаметра сосуда на 5–20 %) была проведена на двух свиньях породы Ландрас массой 40 и 42 кг. Перед началом исследования животные подверглись карантину в течение месяца. Чтобы предотвратить образование тромбов, животным назначался лекарственный препарат Коплавикс, включающий комбинацию клопидогрела и ацетилсалициловой кислоты (аспирина) в дозировке 75 мг + 100 мг соответственно. Прием препарата начинался за трое суток до начала экспериментального исследования и осуществлялся ежедневно на протяжении всего срока наблюдений.

Процедура имплантации стентов проходила в специально оборудованной рентгенологической операционной комнате, при этом животное находилось под наркозом. Операция выполнялась с использованием внутривенного контрастного вещества, содержащего йод, для лучшей визуализации артерий. Артериальное вмешательство производили методом

пункции общей бедренной артерии, отслеживая ход процедуры с помощью УЗИ (рис. 2, А).

После соответствующей подготовки области бедра в общую бедренную артерию устанавливался интродьюсер диаметром 6F. Затем по нему продвигали специальный проводник Radiofocus. Далее по этому проводнику заводили диагностический катетер, после чего осуществлялось исследование кровеносных сосудов методом ангиографии (рис. 2, Б).

Затем непосредственно в область общей подвздошной артерии заводили и имплантировали стент (каждой особи имплантировали один стент) (рис. 3, А). Завершив вмешательство, каждому животному дополнительно проводили контрольную ангиографию для проверки степени проходимости стентированного участка сосуда (рис. 3, Б).

По окончании операции используемые инструменты извлекались из просвета сосуда, после чего ручным способом останавливалось кровотечение, и животное выводилось из состояния наркоза.

Общая анестезия осуществлялась с использованием ингаляционного средства изофлюран в концентрации 2–3 %. Дополнительно вводились следующие медикаменты: золетил (20 мг на килограмм массы тела внутримышечно), ксилазин (3 мг на килограмм веса внутримышечно) и атропин (0,1 мг на килограмм подкожно).

Первоначальная стадия оперативного вмешательства была организована на специальном операционном столе. Во время нее проводились интубационные

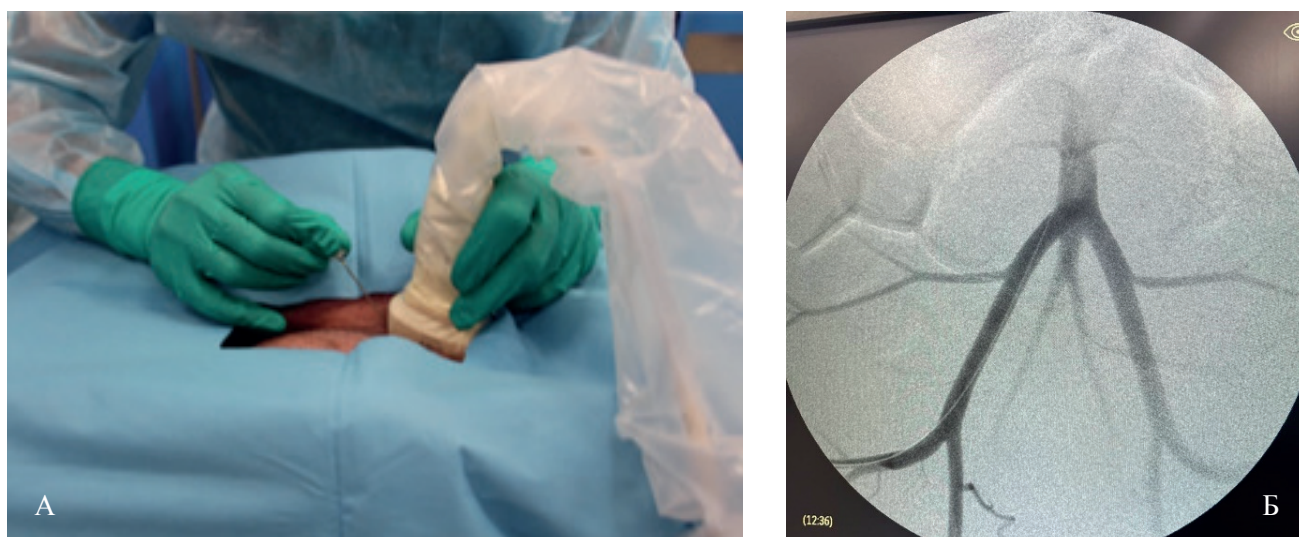


Рис. 2. Пункция общей бедренной артерии проводилась под постоянным визуальным контролем ультразвукового сканирования (А); ангиографическое исследование показало свободную проходимость общей подвздошной артерии (Б)

Fig. 2. The puncture of the common femoral artery was performed under constant visual control of ultrasound scanning (A); angiographic examination showed free patency of the common iliac artery (B)

мероприятия трахеи животных, после чего пациенты были переведены на управляемую искусственную вентиляцию легких. Параметры вентиляции устанавливались следующим образом: объем дыхания составлял 25–30 мл/кг/мин, частота дыхательных циклов находилась в пределах 20–25 мин., концентрация кислорода в подаваемом воздушном потоке поддерживалась на уровне 65 %.

За 24 часа до запланированной операции и на протяжении всего периода наблюдения у каждого животного ежедневно контролировали важнейшие физиологические показатели: температура тела измерялась ректально, регистрировалась частота пульса, определялся уровень артериального давления и насыщение крови кислородом.

Через три месяца после окончания основного этапа исследования животным, находящимся под воздействием общей анестезии, была выполнена контрольная ангиографическая диагностика и ультразвуковая оценка скорости движения крови в местах установки стента. После завершения обследования животные были безболезненно умерщвлены с соблюдением этических норм: сначала использовалась повышенная доза изофлюрана, затем инъекции хлорида калия и раствора лидокаина (концентрация 10 %). Посмертно проведены осмотры сосудов с установленным стентом, включавшие визуальный осмотр и лабораторное исследование образцов тканей под микроскопом.

Для проведения гистологического анализа из сосудов, содержащих установленный стент, были изъятые фрагменты длиной 3 см вверх и вниз от зоны имплантации. Сразу после забора биологический материал погружали в стабилизирующий 10%-ный раствор формалина российского производителя «Биовитрум» сроком на одни сутки. Последующая обработка заключалась в выдерживании образцов в 3%-ном концентрированном растворе глюкозы марки «Ленреактив» (Россия), предварительно разведенном в фосфорнокислом буфере Sigma-Aldrich (США), на протяжении двух суток. После предварительной стабилизации образцы погружали в среду OCT Compound японской компании Sakura Finetek, подвергали глубокой заморозке и далее делали тонкие срезы толщиной ровно 12 мкм с использованием автоматизированного японского прибора для фиксации замороженного материала — криостата марки Sakura Tissue-Tek Cryo3. Нарезанные слои окрашивались классическими красителями: гематоксилин Майера и эозин производства компании «Биовитрум» (Россия), а также смесью резорцин-фуксин по Вейгерту с дополнительным окрашиванием пикрофуксином по Ван-Гизону. Просмотр и фотографирование готовых препаратов осуществлялись с помощью светового микроскопа APERIO AT2 (компании Leica). Общая схема этапов исследования представлена на рисунке 4.

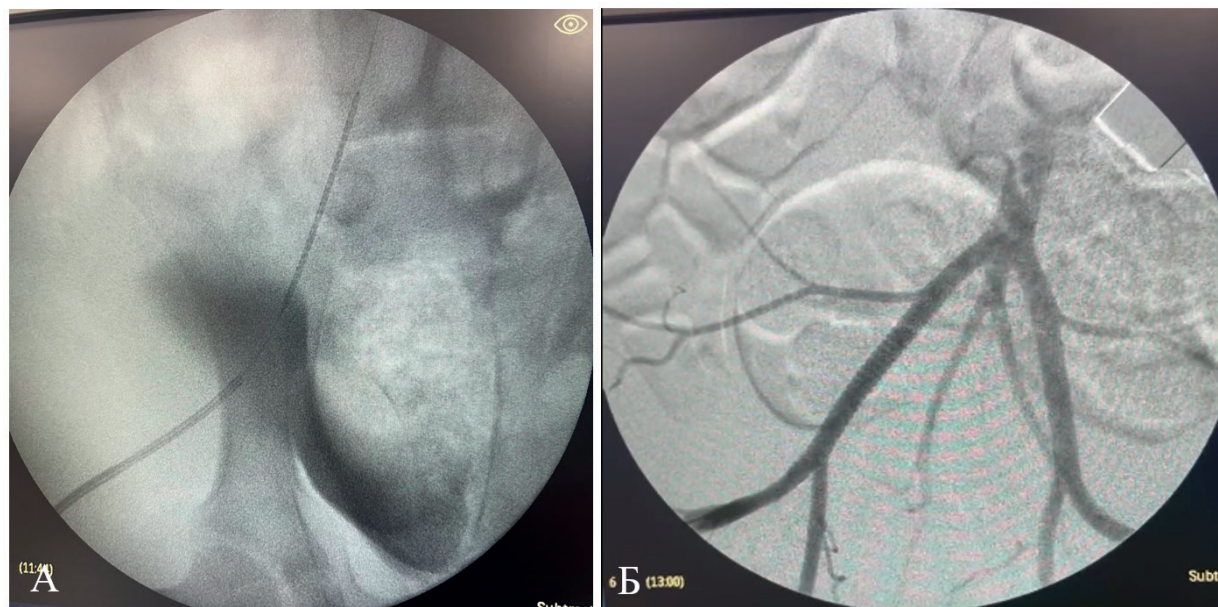


Рис. 3. Стент установлен в подвздошную артерию (А); контрольная ангиография сразу после процедуры показывает оптимальный итог (Б)

Fig. 3. The stent is inserted into the iliac artery (A); a control angiography immediately after the procedure shows the optimal outcome (B)

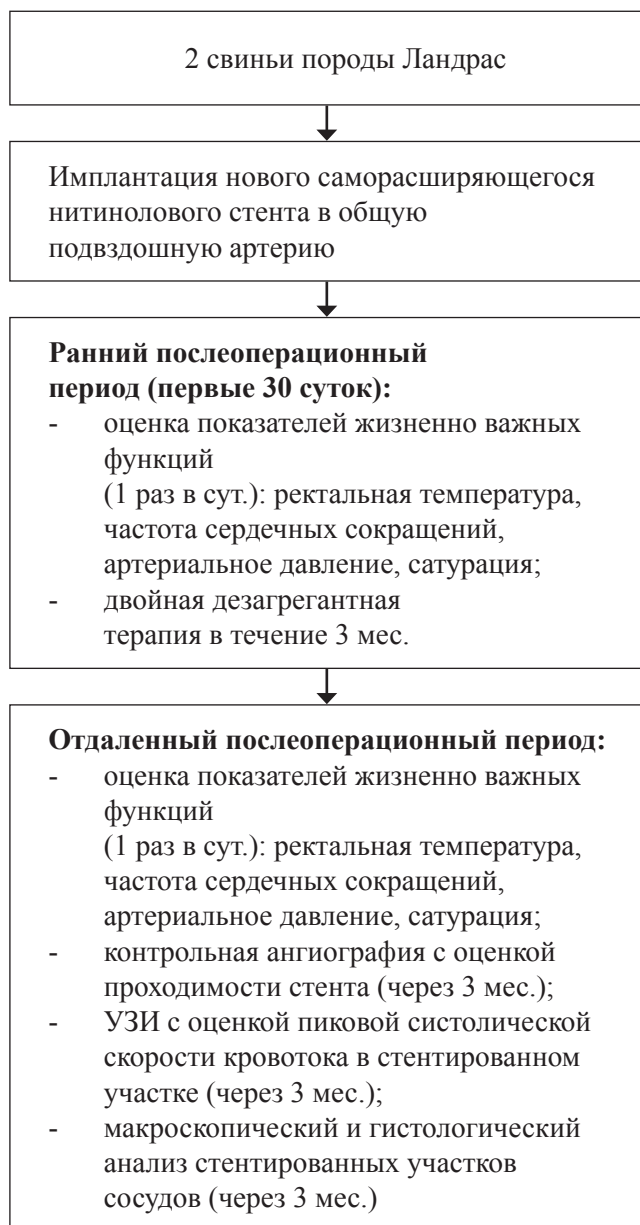


Рис. 4. Общий дизайн исследования

Fig. 4. Overall study design

Результаты

Продолжительность наблюдения за состоянием животных составила 3 месяца. В течение указанного срока показатели основных жизненных функций — ректальная температура, пульс, артериальное давление и уровень насыщения крови кислородом — у обеих особей стабильно соответствовали нормам.

Контрольные ангиографические исследования, проведенные спустя 3 месяца после операции, однозначно зафиксировали полную проходимость установленных стентов и отсутствие значимых признаков сужения сосудов внутри имплантированных конструкций у обеих исследуемых свиней (рис. 5).



Рис. 5. Спустя три месяца после операции проведена контрольная ангиография, подтверждающая полную проходимость общей подвздошной артерии

Fig. 5. Three months after the operation, a follow-up angiography was performed, which confirmed the complete patency of the common iliac artery

Допплеровское УЗИ показало, что пиковая скорость кровотока в зоне установленного стента у обследованных свиней не превышала 120 см/с (рис. 6).

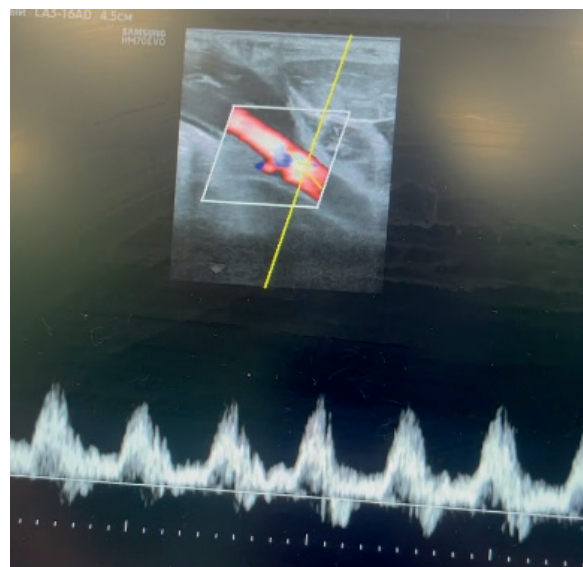


Рис. 6. УЗИ с измерением спектральных показателей кровотока: проходимость стентированного участка общей подвздошной артерии

Fig. 6. Ultrasound examination with the measurement of spectral parameters of the circulation: the stented area of the common iliac artery is patent

Макроскопическое исследование, проведенное спустя 3 месяца после установки стента, выявило у обоих животных отчетливые отпечатки ячеек стента на эндотелиальном слое ОПА при сохранении целостности субэндотелиального слоя (рис. 7, А, Б).

При гистологическом изучении образцов у обоих животных отмечено равномерное формирование дополнительного клеточного слоя (неоинтимы) на внутренней стороне стента без значительного сужения просвета сосуда. У краев стента наблюдалось незначительное скопление фибриновых волокон (рис. 7, В), при этом внутренняя эластическая мембрана артерии оставалась интактной (рис. 7, Г).

Согласно результатам проведенного гистологического исследования, сделан вывод, что саморасширяющийся стент из нитинола с инновационной конструкцией позволяет поддерживать удовлетворительную долгосрочную проходимость в зоне оперативного вмешательства на артерии.

Обсуждение

Международное научное сообщество признало саморасширяющиеся стенты из нитинола золотым стандартом в лечении ЗПА благодаря их уникальным свойствам, таким как сверхэластичность и пластичность, позволяющим выдерживать



Рис. 7. Макроскопические образцы фрагмента общей подвздошной артерии с имплантированным стентом (А) и в продольном рассечении (Б); гистологический материал: пристеночные тромбы, состоящие преимущественно из волокон фибрина и содержащие нейтрофильные лейкоциты (метод окраски гематоксилин-эозином) (В); внутренняя эластическая мембрана артерии интактна (окраска по Вейгерту) (Г)

Fig. 7. Macroscopic samples of a fragment of the common iliac artery with an implanted stent (A) and in a longitudinal section (B); histological preparations: parietal thrombi, consisting mainly of fibrin fibers and containing neutrophilic leukocytes (hematoxylin-eosin staining method) (B); the internal elastic membrane of the artery is intact (Weigert staining) (Г)

высокие механические нагрузки без деформации [4]. Самым распространенным осложнением при использовании голометаллических стентов является развитие вторичного сужения сосуда (рестеноз), вызванное усиленным ростом мышечных и соединительных клеток (миоинтимальная гиперплазия). Исследования последних лет [5–8] выявили закономерность: риск рестеноза увеличивается пропорционально степени увеличения диаметра стента относительно исходного диаметра артерии (oversizing); риск резко возрастает, если размер стента превосходит естественный диаметр сосуда более чем на 20 %. В настоящем эксперименте нами было выбрано оптимальное соотношение размеров стента и сосуда, что позволило достичь благоприятных результатов с точки зрения сохранения длительной проходимости стента.

Взаимодействие стента с тканями сопровождается образованием полимера фибрина. Выступающая поверхность стента формирует микроповреждения на внутреннем слое сосуда (интима), а чрезмерное растяжение (oversizing) дополнительно нарушает целостность эндотелия и подлежащих слоев, вызывая воспаление. Незначительные перемещения стента провоцируют дополнительное повреждение клеток поверхностного слоя сосуда и окружающих соединительнотканых волокон, активируя скопление лейкоцитарных клеток. Спустя определенный срок стент прочно внедряется внутрь сосудистых стенок, формируя слой из тромбоцитов. Последующее физическое влияние стимулирует значительное увеличение толщины мышечного слоя и внутренней оболочки сосуда, что полностью согласуется с выявленными нами морфологическими преобразованиями.

Разработанный в настоящем исследовании саморасширяющийся стент из нитинола, обладающий оригинальной конструкцией с кольцевыми гофрами и переменным расстоянием между ними, гарантирует прочное и однородное сцепление с внутренним слоем сосуда. Эта особенность способствует сохранению оптимальной механической устойчивости конструкции и эффективному восстановлению диаметра просвета сосуда, что способно снизить силу воспалительной реакции и предотвратить образование повторного сужения в месте операции.

Заключение

Проведенный эксперимент подтвердил, что имплантация саморасширяющегося нитинолового стента вызвала мягкую адаптационную реакцию организма животного, практически исключив проявления миоинтимальной гиперплазии внутренней стенки подвздошной артерии в отдаленные сроки после операции.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declares no conflict of interest.

Финансирование / Funding

Данная работа выполнена в рамках государственного задания «Разработка саморасширяемого нитинолового стента для лечения атеросклеротического поражения периферических артерий» № 000000032 от 01.07.2025. / This work was performed within the framework of the state task “Development of a self-expanding nitinol stent for the treatment of atherosclerotic lesions of peripheral arteries” No. 000000032 dated 01.07.2025.

Соответствие нормам этики / Compliance with ethical principles

Исследование одобрено локальным этическим комитетом. / The study was approved by the Local Ethics Committee.

Исследование осуществлялось согласно регламентам Комиссии по контролю содержания и использования экспериментальных животных (IACUC), с применением протокола № ПЗ_22_3ЧернявскийMAv2 от 17.02.2022, обновленного дополнением от 18.01.2023. / The study was conducted in accordance with the regulations of the Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC) under protocol No. ПЗ_22_3ChernyavskyMAv2 dated February 17, 2022, as amended by the addendum of January 18, 2023.

Авторы заявляют об отсутствии использования генеративного искусственного интеллекта. / The authors declare no use of Generative AI in the preparation of this manuscript.

Список источников / References

1. Writing Committee Members, Gornik HL, Aronow HD, Goodney PP, et al. 2024 ACC/AHA/AACVPR/APMA/ABC/SCAI/SVM/SVN/SVS/SIR/VESSE Guideline for the management of lower extremity peripheral artery disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2024;83(24):2497–2604. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2024.02.013>
2. Гавриленко А. В., Егоров А. А., Котов А. Е. и др. Хирургическое лечение больных с атеросклеротической окклюзией аорто-подвздошного сегмента в сочетании с поражением дистального русла. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2012;18(3):101–105. <https://www.elibrary.ru/PCPWSH>
- Gavrilenko AV, Egorov AA, Kotov AE, et al. Surgical treatment of patients with atherosclerotic occlusion of the aortoiliac segment combined with distal-bed lesions. *Angiology and vascular surgery. Journal named after academician A.V. Pokrovsky*. 2012;18(3):101–105. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/PCPWSH>

3. Tang QH, Chen J, Hu CF, et al. Comparison between endovascular and open surgery for the treatment of peripheral artery diseases: a meta-analysis. *Ann Vasc Surg.* 2020;62:484–495. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2019.06.039>
4. Duda SH, Bosiers M, Lammer J, et al. Drug-eluting and bare nitinol stents for the treatment of atherosclerotic lesions in the superficial femoral artery: long-term results from the SI-ROCCO trial. *J Endovasc Ther.* 2006;13(6):701–710. <https://doi.org/10.1583/05-1704.1>
5. Jeshari S, Die Loucou J, Leboffe M, et al. Preoperative sizing to lower in-stent restenosis in peripheral arterial occlusive disease. *Ann Vasc Surg.* 2024;106:37–50. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2024.02.017>
6. Saguner AM, Traupe T, Räber L, et al. Oversizing and restenosis with self-expanding stents in iliofemoral arteries. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2012;35(4):906–913. <https://doi.org/10.1007/s00270-011-0275-y>
7. Bernini M, Colombo M, Dunlop C, et al. Oversizing of self-expanding Nitinol vascular stents — A biomechanical investigation in the superficial femoral artery. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022;132:105259. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2022.105259>
8. Li H, Rha SW, Choi BG, et al. Impact of chronic outward force on arterial responses of proximal and distal of long superficial femoral artery stent. *BMC Cardiovasc Disord.* 2021;21(1):323. <https://doi.org/10.1186/s12872-021-02141-z>

Информация об авторах:

Верховская Екатерина Вадимовна — лаборант-исследователь научно-исследовательского отдела сосудистой и интервенционной хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, клинический ординатор по специальности «сердечно-сосудистая хирургия», Санкт-Петербург, Россия, verkhovskayakatya@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8673-7198>;

Ванюркин Алмаз Гафурович — младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела сосудистой и интервенционной хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, врач — сердечно-сосудистый хирург, Санкт-Петербург, Россия, almaz.vanyurkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8209-9993>;

Пантелеева Юлия Константиновна — младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела сосудистой и интервенционной хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, врач — сердечно-сосудистый хирург, Санкт-Петербург, Россия, ybel96@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5799-7778>;

Поплавский Евгений Олегович — врач-стажер, клинический ординатор по специальности «сердечно-сосудистая хирургия» ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, poplavskiyevg@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-4231-1340>;

Цветкова Елена Васильевна — врач-эндокринолог ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-

Петербург, Россия, Tsvetkova_EV@almazovcentre.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9487-2584>;

Когай Сергей Валериевич — врач-кардиолог ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, Kogay_SV@almazovcentre.ru, <https://orcid.org/0009-0009-3633-6845>;

Чернявский Михаил Александрович — доктор медицинских наук, заведующий научно-исследовательским отделом сосудистой и интервенционной хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, врач — сердечно-сосудистый хирург, доцент кафедры факультетской хирургии с клиникой, Санкт-Петербург, Россия, machern@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1214-0150>.

Вклад авторов:

Верховская Е. В. — обзор литературы, написание статьи, утверждение окончательного варианта статьи; Ванюркин А. Г. — обзор литературы, утверждение окончательного варианта статьи; Пантелеева Ю. К. — обзор литературы, утверждение окончательного варианта статьи; Поплавский Е. О. — написание статьи, утверждение окончательного варианта статьи; Цветкова Е. В. — написание статьи, утверждение окончательного варианта статьи; Когай С. В. — написание статьи, утверждение окончательного варианта статьи; Чернявский М. А. — исправление статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors information:

Ekaterina V. Verkhovskaya, Laboratory Researcher of the Research Department for Vascular and Interventional Surgery, Clinical Resident in Cardiovascular Surgery, V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, verkhovskayakatya@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8673-7198>;

Almaz G. Vanyurkin, Junior Researcher of the Research Department for Vascular and Interventional Surgery, Cardiovascular Surgeon, V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, almaz.vanyurkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8209-9993>;

Yulia K. Panteleeva, Junior Researcher of the Research Department for Vascular and Interventional Surgery, Cardiovascular Surgeon, V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, ybel96@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5799-7778>;

Evgeniy O. Poplavskiy, Intern, Clinical Resident in Cardiovascular Surgery, V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, poplavskiyevg@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-4231-1340>;

Elena V. Tsvetkova, Endocrinologist, V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, Tsvetkova_EV@almazovcentre.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9487-2584>;

Sergey V. Kogay, Cardiologist, V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, Kogay_SV@almazovcentre.ru, <https://orcid.org/0009-0009-3633-6845>;

Mikhail A. Chernyavskiy, MD, PhD, Head of the Research Department for Vascular and Interventional Surgery, Associate Professor of the Department of Faculty Surgery with the Clinic,

V. A. Almazov NMRC, St. Petersburg, Russia, machern@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1214-0150>.

Contribution of the authors:

Verkhovskaya E. V. — literature review, drafting the article, final approval of the version to be published; Vanyurkin A. G. — literature review, final approval of the version to be published; Panteleeva Yu. K. — literature review, final approval of the version to be published; Poplavskiy E. O. — drafting the article,

final approval of the version to be published; Tsvetkova E. V. — drafting the article, final approval of the version to be published; Kogay S. V. — drafting the article, final approval of the version to be published; Chernyavskiy M. A. — critical revision of the article, final approval of the version to be published.

Поступила в редакцию / Received: 17.09.2025

Принята к публикации / Accepted: 19.03.2026
