



Обзор

© CC BY 4.0

УДК [616.13-007.271-005.4-004.6]+617-089.81+616.137.83-003.84
<https://doi.org/10.56871/RBR.2025.85.22.010>

Применение методики гидравлического разрыва Fracking при хронической кальцинированной окклюзии общей бедренной артерии

Никита Николаевич Груздев^{1, 2}, Алексей Владимирович Антропов¹, Александр Николаевич Липин^{1, 3},
Аршед Ахмад Кучай¹, Алексей Геннадьевич Борисов⁴, Кирилл Александрович Ахмадзас¹,
Ирина Михайловна Хохлова¹, Янис Павлович Эминов¹, Алина Игоревна Любимова¹

¹ Городская больница № 14, 198099, г. Санкт-Петербург, ул. Косинова, д. 19, Российская Федерация

² Городская больница Святого великомученика Георгия, 194354, г. Санкт-Петербург, Северный пр., д. 1, Российская Федерация

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

⁴ Конаковская центральная районная больница, 171252, Тверская область, г. Конаково, ул. Энергетиков, д. 32, Российская Федерация

Для цитирования: Груздев Н.Н., Антропов А.В., Липин А.Н., Кучай А.А., Борисов А.Г., Ахмадзас К.А., Хохлова И.М., Эминов Я.П., Любимова А.И. Применение методики гидравлического разрыва Fracking при хронической кальцинированной окклюзии общей бедренной артерии. *Российские биомедицинские исследования*. 2025;10(4):140–148. <https://doi.org/10.56871/RBR.2025.85.22.010>.

Поступила: 18.08.2025

Одобрена: 07.11.2025

Принята к печати: 15.12.2025

Автор**для корреспонденции:**

Никита Николаевич

Груздев

E-mail:

nikitag733@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Проходимость, достигаемая при традиционных периферических вмешательствах по поводу атеросклеротических поражений в общей бедренной артерии (ОБА), называемая «зоной без стентирования», не превосходит проходимость, достигаемую при хирургической эндартерэктомии, из-за наличия кальцинированных бляшек в этой области. Стратегии модификации бляшек для достижения улучшения проходимости ОБА обеспечивают лучшие клинические результаты, чем стандартная баллонная ангиопластика. Устройства для атерэктомии, которые фокусируются на модификации поверхностных кальцификаций, способствуют улучшению клинических результатов. Однако глубокие кальцификации препятствуют расширению сосуда, поэтому увеличение просвета сосуда достигается с трудом. В данном клиническом случае продемонстрировано успешное применение методики «фрекинга» (гидравлическое разрушение бляшки) для реканализации сильно кальцинированной хронической окклюзии ОБА у 61-летнего мужчины с критической ишемией конечности левой нижней конечности и трофической язвой в Центре спасения конечностей (СПб ГБУЗ «Городская больница № 14»). Традиционные антеградные и ретроградные эндоваскулярные попытки реканализации оказались неудачными. Под флюороскопическим контролем была выполнена прямая чрескожная пункция окклюзированного сегмента ОБА с использованием иглы 18G, соединенной с устройством для нагнетания контрастного вещества. Контролируемое введение контрастного вещества под низким давлением (2–3 атм) создало плоскости расслоения внутри кальцинированной бляшки, сформировав канал. Последующая антеградная баллонная ангиопластика ОБА и стентирование наружной подвздошной артерии восстановили кровоток, устранили боли в покое и позволили зажить трофическую язву. Данная методика представляет собой жизнеспособный вариант эндоваскулярного лечения кальцинированных окклюзий, устойчивых к стандартным методам, и может служить альтернативой открытой хирургической операции при наличии противопоказаний.

Ключевые слова: атеросклероз, критическая ишемия, эндоваскулярная хирургия, кальциноз

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

© Коллектив авторов, 2025



Review

<https://doi.org/10.56871/RBR.2025.85.22.010>

Application of the Fracking hydraulic rupture technique in chronic calcified occlusion of the common femoral artery

Nikita N. Gruzdev^{1,2}, Aleksey V. Antropov¹, Alexander N. Lipin^{1,3}, Arshed A. Kuchay¹, Aleksei G. Borisov⁴, Kirill A. Atmadzas¹, Irina M. Khokhlova¹, Yanis P. Eminov¹, Alina I. Lubimova¹

¹ City Hospital No. 14, 19 Kosinova str., Saint Petersburg, 198099, Russian Federation

² Saint George City Hospital, 1 Severny ave., Saint Petersburg, 194354, Russian Federation

³ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya str., Saint Petersburg, 194100, Russian Federation

⁴ Konakovsky Central District Hospital, 32 Energetikov str., Konakovo, Tver region, 171252, Russian Federation

For citation: Gruzdev N.N., Antropov A.V., Lipin A.N., Kuchay A.A., Borisov A.G., Atmadzas K.A., Khokhlova I.M., Eminov Ya.P., Lubimova A.I. Application of the Fracking hydraulic rupture technique in chronic calcified occlusion of the common femoral artery. *Russian Biomedical Research*. 2025;10(4):140–148. <https://doi.org/10.56871/RBR.2025.85.22.010>.

Received: 18.08.2025

Revised: 07.11.2025

Accepted: 15.12.2025

Corresponding author:

Nikita N. Gruzdev

E-mail:

nikitag733@gmail.com

ABSTRACT. The patency achieved by conventional peripheral interventions for atherosclerotic lesions in the common femoral artery (CFA), called the "no stenting zone", is not superior to that achieved by surgical endarterectomy due to calcified plaque occupying the area. Plaque modification strategies to obtain acute gain in CFA patency provide the better clinical outcomes than standard balloon angioplasty. Atherectomy devices, which focus on the modification of superficial calcifications, contribute to the improvement of clinical outcomes. However, deep calcifications resist vessel expansion such that luminal gain is not easily achieved. This case report demonstrates the successful application of the "Fracking" technique (hydraulic plaque disruption) for recanalizing a heavily calcified chronic occlusion of the common femoral artery (CFA) in a 61-year-old male patient presenting with critical limb ischemia (CLI) of the left lower extremity and a trophic ulcer at the Limb Salvage Center (St. Petersburg State Healthcare Institution "City Hospital No. 14"). Conventional antegrade and retrograde endovascular recanalization attempts failed. Under fluoroscopic guidance, direct percutaneous puncture of the occluded CFA segment was performed using an 18G needle connected to an inflation device. Controlled injection of contrast medium at low pressure (2–3 atm) created dissection planes within the calcified plaque, establishing a channel. Subsequent antegrade balloon angioplasty of the CFA and stenting of the external iliac artery restored flow, resolving rest pain and enabling healing of the trophic ulcer. This technique represents a viable endovascular salvage option for calcified occlusions resistant to standard methods and can serve as an alternative to open surgery when contraindicated.

Keywords: atherosclerosis, critical ischemia, endovascular surgery, calcification

© 2025 by the authors

Funding. This study was not supported by any external sources of funding.

ВВЕДЕНИЕ

Атеросклеротическое поражение периферических артерий (ПАП), особенно проявляющееся в форме критической ишемии нижних конечностей (КИНК), остается основной причиной высоких ампутаций и значительной инвалидизации пациентов. Больные с КИНК часто имеют многоуровневое поражение артерий, включая выраженно кальцинированные участки [1–10]. Эндоваскулярные вмешательства являются предпочтительным методом первой линии для реваскуляризации конечности. Однако хронические тотальные окклюзии (ХТО), особенно в общей бедренной артерии (ОБА), с выраженной кальцификацией представляют серьезную техническую проблему. Стандартные антеградные и ретроградные методики реканализации проводником часто оказываются неэффективными для прохождения через ригидные кальцинированные бляшки [11–13]. Открытая эндартерэктомия из ОБА (ОБЭ) является высокоэффективным методом лечения поражений этой локализации, однако сопряжена с более высоким риском осложнений и может быть противопоказана пациентам с тяжелой сопутствующей патологией. Это обуславливает необходимость поиска альтернативных эндоваскулярных стратегий для кальцинированных окклюзий ОБА. Методика Fracking (англ. fracking — гидроразрыв, гидравлический разрыв бляшки) была описана как потенциальное решение в подобных сложных ситуациях [14, 15].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель — представить клинический случай, демонстрирующий успешное применение и технические детали методики гидравлического разрыва (Fracking) для реканализации кальцинированной хронической тотальной окклюзии общей бедренной артерии у пациента с критической ишемией нижней конечности, при неэффективности стандартных эндоваскулярных подходов, подчеркнув роль Fracking как процедуры по спасению конечности и альтернативы открытому хирургическому вмешательству.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализирован случай лечения пациента с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей с критической ишемией левой нижней конечности, трофической язвой левой голени.

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

На основании собранного анамнеза, клинической картины и проведенного анализа истории болезни пациента были получены следующие результаты.

Пациент К., 61 год, поступил в приемный покой СПб ГБУЗ «Городская больница № 14» 24.04.2025 г.

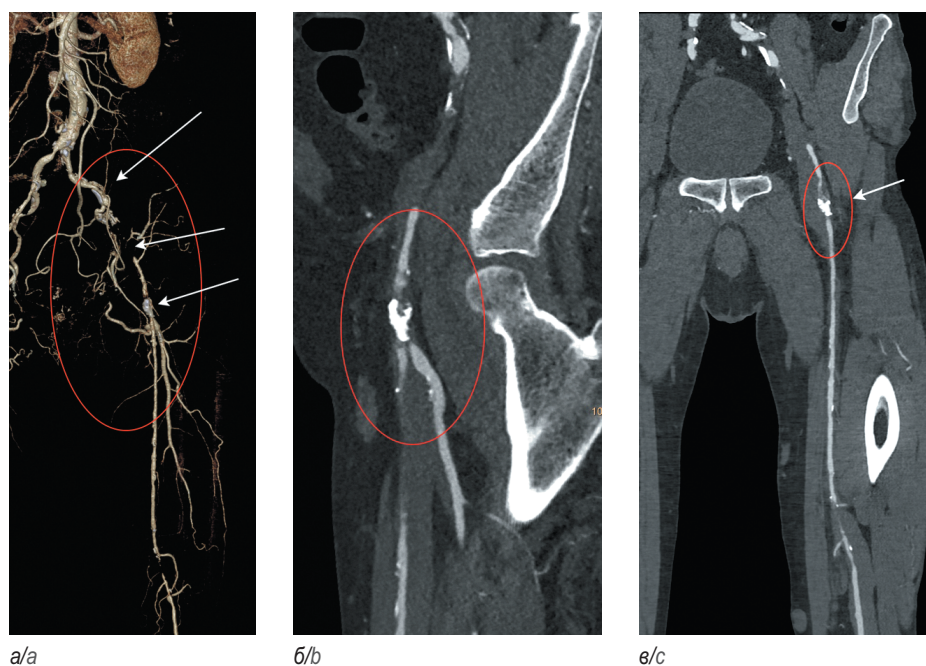


Рис. 1. Мультиспиральная компьютерная ангиография (а) и мультипланарный анализ подвздошно-бедренного (б) и бедрено-подколенного сегментов (в) (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

Fig. 1. Multislice spiral computed tomography angiography (a) and multi-planar analysis of the iliac-femoral (b) and femoral-popliteal segments (c) (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

с жалобами на боль в покое в левой нижней конечности, длительно незаживающую трофическую язву левой голени. Из анамнеза: облитерирующий атеросклероз сосудов нижних конечностей (ОАСНК) длительное время, ранее медицинскую помощь не получал, операций не было. Осенью 2024 г. ухудшение состояния в виде усиления болей и появления трофических нарушений на левой голени. Госпитализирован в экстренном порядке.

Основной клинический диагноз. ОАСНК. Критическая ишемия левой нижней конечности. Хроническая артериальная недостаточность (ХАН) IV стадии. Трофическая язва левой голени. Лимфангит.

Сопутствующая патология. Ишемическая болезнь сердца. Атеросклероз коронарных, церебральных сосудов. Гипертоническая болезнь II стадии, риск сердечно-сосудистых осложнений (ССО) — 4, хроническая сердечная недостаточность (ХСН) — II функционального класса (ФК). Цереброваскулярная болезнь. Дисциркуляторная энцефалопатия (ДЭ) II степени смешанного генеза.

Обследован, получены следующие данные.

Общий анализ крови: лейкоциты — $7,7 \times 10^9/\text{л}$, эритроциты — $5,05 \times 10^{12}/\text{л}$, гемоглобин — 159 г/л, тромбоциты — $284 \times 10^9/\text{л}$. Лейкоцитарная формула: палочкоядерные — 3%, сегментоядерные — 64%, лимфоциты — 25%, моноциты — 8%.

В биохимическом анализе крови повышение уровня креатинина — 127,33 мкмоль/л.

ЛПИ (лодыжечно-плечевой индекс): слева — 0,37.

МСКТ-ангиография: слева — общая подвздошная артерия (ОПА) — без значимого стенозирования, наружная подвздошная артерия (НПА), общая бедренная — окклюзированы, глубокая бедренная артерия (ГБА) — без значимого стенозирования, поверхностная бедренная артерия (ПБА) — короткая окклюзия в дистальной трети, подколенная артерия (ПКА), передняя большеберцовая артерия (ПББА), тибиоперонеальный ствол (ТПС), малоберцовая артерия (МБА), задняя большеберцовая артерия (ЗББА) — без значимого стенозирования (рис. 1).

Учитывая клиническую и ангиографическую картины, принято решение о выполнении реваскуляризации артерий левой нижней конечности.

Выполнен ретроградный левый плечевой доступ, установлен интродьюсер 5F. Катетеризирована брюшная аорта, выполнена селективная ангиография (рис. 2, 3).

Выполнена замена на гайд-интродьюсер 6.7F, который позиционирован в левую ОПА. С помощью гидрофильного, жесткого проводника 0.035" при поддержке баллон-катетера 6.0 мм, выполнена реканализация НПА, с выходом в истинный просвет в дистальной трети НПА. Попытки антеградной реканализации ОБА — безуспешны.

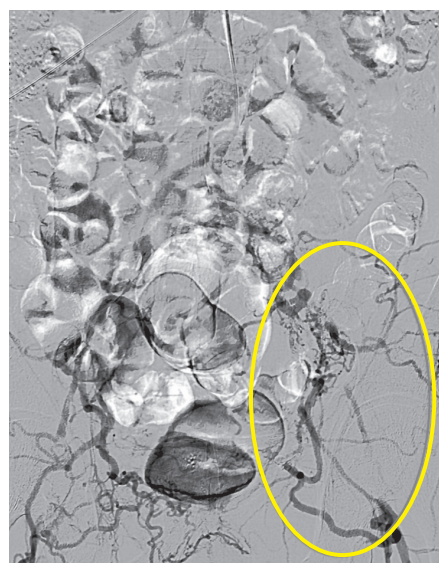


Рис. 2. Селективная ангиография. Окклюзия наружной подвздошной артерии, общей бедренной артерии слева (желтый овал) (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

Fig. 2. Selective angiography. Occlusion of the external iliac artery, common femoral artery on the left (yellow oval) (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

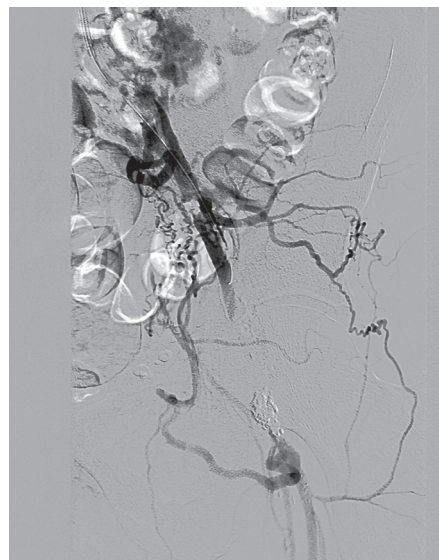


Рис. 3. Селективная ангиография. Выполнена реканализация наружной подвздошной артерии, селективная ангиография через баллон-катетер, кальцинированная окклюзия общей бедренной артерии, глубокая бедренная артерия и поверхностная бедренная артерия заполняются за счет коллатералей от проксимальной трети (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

Fig. 3. Selective angiography. Recanalization of the external iliac artery was performed, selective angiography through a balloon catheter, calcified occlusion of the common femoral artery, deep femoral artery and superficial femoral artery are filled due to collaterals from the proximal third (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

Выполнена ретроградная пункция ГБА в проксимальной трети, с помощью проводника нитинолового 0.014" и поддерживающего катетера, сделана попытка ретроградной реканализации окклюзии ОБА дистальной покрышки, безуспешно (рис. 4, 5). Принято реше-

ние о выполнении методики гидравлического разрыва Fracking кальцинированной окклюзии ОБА.

Методика выполнения: под контролем флюороскопии, 18G иглой, подключенной к шприцу-индефлятору с контрастом, выполнена пункция атеросклероти-

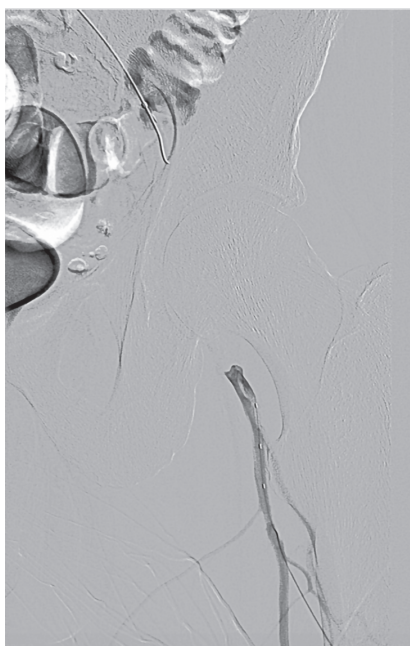


Рис. 4. Инструменты в глубокой бедренной артерии (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

Fig. 4. Instruments in the deep femoral artery (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

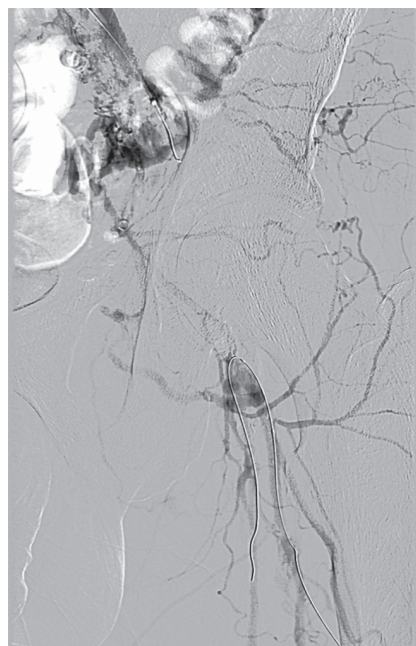


Рис. 5. Ретроградная реканализация общей бедренной артерии, «сваливание» инструментов в поверхностной бедренной артерии (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

Fig. 5. Retrograde recanalization of the common femoral artery, dropping of instruments into the deep femoral artery (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

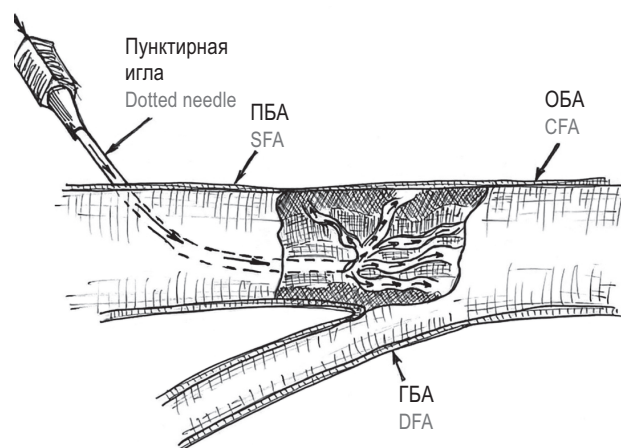


Рис. 6. Методика гидравлического разрыва Fracking: ГБА — глубокая бедренная артерия ОБА — общая бедренная артерия; ПБА — поверхностная бедренная артерия (схема Груздева Н.Н.)

Fig. 6. Hydraulic fracturing method Fracking: DFA — deep femoral artery; CFA — common femoral artery; SFA — superficial femoral artery (scheme by N.N. Gruzdev)



Рис. 7. Пункция общей бедренной артерии иглой 18G (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

Fig. 7. Puncture of the common femoral artery with an 18G needle (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

ческой бляшки (АСБ) в ОБА, медленное нагнетание давления 2–3 атм., до момента падения давления в шприце-индефляторе, что говорит о расслоении атеросклеротической бляшки (рис. 6).

Методика повторяется по ходу окклюзии ОБА (рис. 7, 8). На рисунке 8 виден сформированный канал в ОБА.

Далее выполнено антеградное заведение инструментов через сформированный канал в ГБА и баллонная ангиопластика ОБА, ГБА баллоном 5,0 мм, с удалением инструментов из ГБА с эндоваскулярным гемостазом ретроградной пункции ГБА (рис. 9).

Выполнена баллонная ангиопластика ОБА, наружной подвздошной артерии (НПА) со стентированием НПА нитиновым самораскрывающимся стентом 7,0–100,0 мм, с баллонной постдилатацией баллоном 7,0 мм. При контрольной ангиографии: магистральный кровоток по ОПА, НПА, ОБА, ГБА (экстравазации нет). ПБА диффузно стенозирована на всем протяжении, до субокклюзии в дистальной трети, ПКА, ПБА, ТПС, ЗБА — без значимого стенозирования (рис. 10).

Учитывая данные контрольной ангиографии, клинической картины и местного статуса, интраоперационно принято решение о завершении оперативного вмешательства без баллонной ангиопластики ПБА. Рекомендовано динамическое наблюдение за состоянием пациента и динамикой местного раневого процесса.

В послеоперационном периоде пациент отмечает улучшение состояния: боли покоя купированы, положительная динамика со стороны раневого

процесса. Выполнен контроль ультразвуковой доплерографией артерий нижних конечностей. ОБА, ГБА — магистрально-измененный кровоток (рис. 11). Местный статус: рана очистилась, воспаление купировано, активно гранулирует (рис. 12). Пациент выписан на амбулаторное лечение.

ВЫВОДЫ

На примере клинического случая продемонстрировано успешное применение методики гидравлического разрыва хронической кальцинированной окклюзии при неудаче других методов. Данный способ может также служить альтернативой открытым реконструкциям при их недоступности

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию медицинских данных.

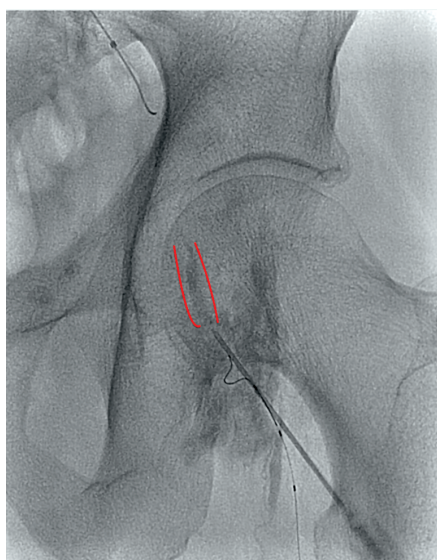


Рис. 8. Сформирован канал в общей бедренной артерии (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

Fig. 8. Channel formed in the common femoral artery (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

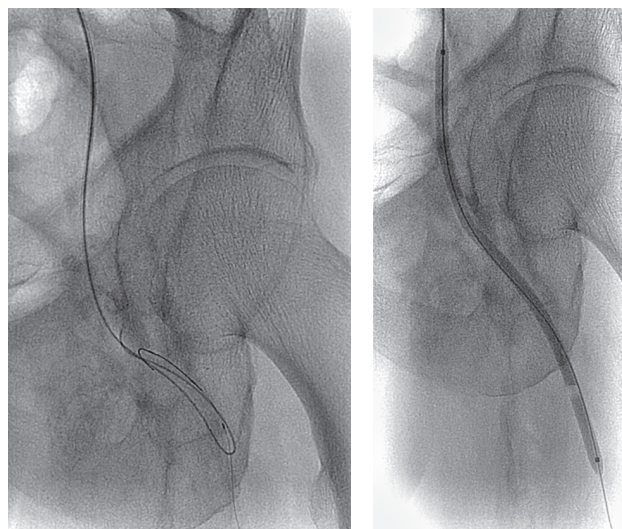


Рис. 9. Антеградное заведение инструментов через сформированный канал (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

Fig. 9. Antegrade placement of instruments through the formed channel (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

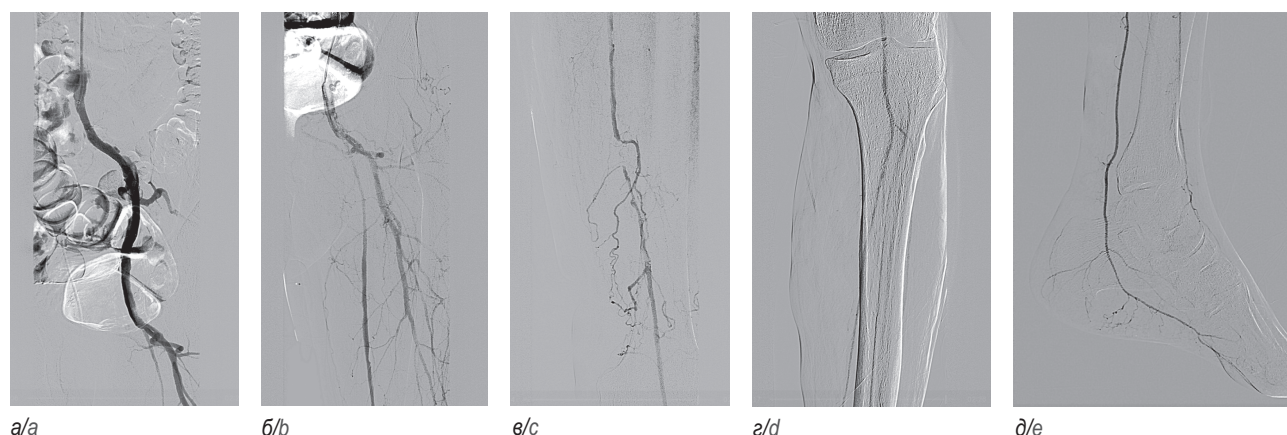


Рис. 10. Контрольные ангиограммы (а–д) (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

Fig. 10 Control angiograms (a–e) (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

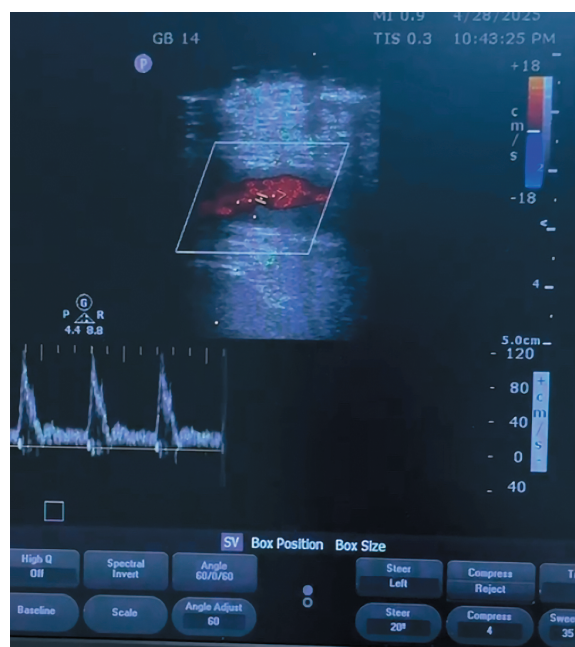


Рис. 11. Кровоток по общей бедренной артерии (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

Fig. 11. Blood flow according in common femoral artery (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)



Рис. 12. Местный статус (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

Fig. 12. Local status (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Norgren L., Hiatt W.R., Dormandy J.A. et al. Inter-Society Consensus on the Management of Patients with Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg.* 2007;45(Suppl S):S5–67. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2006.12.037>.
2. Кучай А.А., Липин А.Н., Груздев Н.Н., Борисов А.Г., Ширин В.А., Курач М. Заболевание периферических артерий нижних конечностей: современная эпидемиология, руководство и перспективные направления (научное сочинение). *Российские биомедицинские исследования.* 2023;8(4):54–64. <https://doi.org/10.56871/RBR.2023.32.30.007>



3. Rocha-Singh K.J., Zeller T., Jaff M.R. Peripheral arterial calcification: prevalence, mechanism, detection, and clinical implications. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2014;83(6):E212-20. <https://doi.org/10.1002/ccd.25387>.
4. Кучай А.А., Липин А.Н. и др. Гибридный подход в лечении протяженных окклюзий артерий нижних конечностей при КИНК. *Ангиология и сосудистая хирургия. Журнал им. академика А.В. Покровского.* 2019;25(S2):260–264. EDN: QWXIPN.
5. Gandhi R.T., Benenati J.F., Baumann D.S. et al. Fracking: a new approach to percutaneous treatment of severely calcified lesions in the femoropopliteal segment. *J Endovasc Ther.* 2017;24(1):112–118. <https://doi.org/10.1177/1526602816664881>.
6. Shishehbor M.H., Jaff M.R., Gray B.H. et al. Critical limb ischemia: current issues and prospects. *Ann Vasc Surg.* 2019;13(4):45–58.
7. Кучай А.А., Липин А.Н., Курьянов П.С., Груздев Н.Н., Атамдзас К.А., Карелина Н.Р., Артюх Л.Ю. Концепция дистального гибридного вмешательства при атеросклеротическом поражении артерий нижних конечностей. *Атеросклероз и дислипидемии.* 2023;(3(52)):37–43. <https://doi.org/10.34687/2219-8202.JAD.2023.03.0005>.
8. Кучай А.А., Липин А.Н., Падариа Ш.Ф., Груздев Н.Н., Борисов А.Г., Мухамедов Х.А., Ходжакулиев Г.Б., Ревякин А.А. Хроническая ишемия, угрожающая потерей конечности, — эпидемиология, патогенез, диагностика и стратегии лечения. *Российские биомедицинские исследования.* 2024;9(3):53–61. <https://doi.org/10.56871/RBR.2024.95.99.007>.
9. Kawarada O., Zen K., Hozawa K. et al. Modern interventions on the arteries of the lower leg for limb salvage: current concepts and perspectives. *Cardiol Cardiovasc Surg.* 2019;42(1):15–24.
10. Кучай А.А., Липин А.Н., Курьянов П.С. Преимущества техники гибридной реваскуляризации при лечении протяженных окклюзий поверхностной бедренной артерии и многоуровневых поражений артерий нижних конечностей. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция.* 2024;23(2):60–66. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2024-23-2-60-66>.
11. Bausback Y., Botsios S., Flux J. et al. Outback catheter for recanalization of chronic total occlusions of the femoropopliteal segment: experience of one center. *J Endovasc Ther.* 2013;20(1):56–62.
12. Kuchay A.A., Lipin A.N., Padaria Sh.F., Gruzdev N.N. Arterial restenosis: past, current status and future directions. *J Chronic Dis Prev Care.* 2024;1(1):1–8. <https://doi.org/10.33425/3065-7059-1004>.
13. Schmidt A., Ulrich M., Winkler B. et al. Angiographic patency and clinical outcomes after balloon angioplasty in extensive lower leg artery disease. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;76(7):1047–1054. <https://doi.org/10.1002/ccd.22658>.
14. Кучай А.А., Липин А.Н. Гибридные вмешательства на дистальных отделах магистральных артерий при протяженных хронических окклюзиях поверхностной бедренной артерии у пациентов с критической ишемией конечностей. *Атеросклероз и дислипидемии.* 2024;(2(55)):32–40. <https://doi.org/10.34687/2219-8202.JAD.2024.02.0004>.

15. Кучай А.А., Липин А.Н., Груздев Н.Н., Борисов А.Г., Кашапов И.С. Критическая ишемия нижних конечностей и ее лечение. *Российские биомедицинские исследования.* 2024;9(1):34–47. <https://doi.org/10.56871/RBR.2024.68.81.005>.

REFERENCES

1. Norgren L., Hiatt W.R., Dormandy J.A. et al. Inter-Society Consensus on the Management of Patients with Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg.* 2007;45(Suppl S):S5–67. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2006.12.037>.
2. Kuchay A.A., Lipin A.N., Gruzdev N.N., Borisov A.G., Shiran V.A., Kurach M. Lower extremity peripheral artery disease: contemporary epidemiology, management and future trends (a scientific statement). *Russian Biomedical Research (St. Petersburg).* 2023;8(4):54–64. (In Russian). <https://doi.org/10.56871/RBR.2023.32.30.007>.
3. Rocha-Singh K.J., Zeller T., Jaff M.R. Peripheral arterial calcification: prevalence, mechanism, detection, and clinical implications. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2014;83(6):E212-20. <https://doi.org/10.1002/ccd.25387>.
4. Kuchay A.A., Lipin A.N. et al. Hybrid approach in treatment of extended occlusions of arteries of the lower limbs in CLI. *Angiology and Vascular Surgery. Journal of Academician A.V. Pokrovsky.* 2019;25(S2):260–264. (In Russian). EDN: QWXIPN.
5. Gandhi R.T., Benenati J.F., Baumann D.S. et al. Fracking: a new approach to percutaneous treatment of severely calcified lesions in the femoropopliteal segment. *J Endovasc Ther.* 2017;24(1):112–118. <https://doi.org/10.1177/1526602816664881>.
6. Shishehbor M.H., Jaff M.R., Gray B.H. et al. Critical limb ischemia: current issues and prospects. *Ann Vasc Surg.* 2019;13(4):45–58.
7. Kuchay A.A., Lipin A.N., Kurianov P.S., Gruzdev N.N., Atmatzas K.A., Karelina N.R., Artyukh L.Y. The hybrid surgery concepts for atherosclerotic lesions of lower limb arteries. *The Journal of Atherosclerosis and Dyslipidemias.* 2023;(3(52)):37–43. (In Russian). <https://doi.org/10.34687/2219-8202.JAD.2023.03.0005>.
8. Kuchay A.A., Lipin A.N., Padaria Sh.Ph., Gruzdev N.N., Borisov A.G., Muhamedov H.A., Khojakuliev G.B., Revyakin A.A. Chronic limb threatening ischemia — epidemiology, pathogenesis, diagnostics and treatment strategies. *Russian Biomedical Research.* 2024;9(3):53–61. (In Russian). <https://doi.org/10.56871/RBR.2024.95.99.007>.
9. Kawarada O., Zen K., Hozawa K. et al. Modern interventions on the arteries of the lower leg for limb salvage: current concepts and perspectives. *Cardiol Cardiovasc Surg.* 2019;42(1):15–24.
10. Kuchay A.A., Lipin A.N., Kurianov P.S. Advantages of the hybrid revascularization technique in the treatment of extended occlusions of the superficial femoral artery and multilevel lesions of the lower extremity arteries. *Regional Blood Circulation and Microcirculation.* 2024;23(2):60–66. (In Russian). <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2024-23-2-60-66>.



11. Bausback Y., Botsios S., Flux J. et al. Outback catheter for recanalization of chronic total occlusions of the femoropopliteal segment: experience of one center. *J Endovasc Ther.* 2013;20(1):56–62.
12. Kuchay A.A., Lipin A.N., Padaria Sh.F., Gruzdev N.N. Arterial restenosis: past, current status and future directions. *J Chronic Dis Prev Care.* 2024;1(1):1–8. <https://doi.org/10.33425/3065-7059-1004>.
13. Schmidt A., Ulrich M., Winkler B. et al. Angiographic patency and clinical outcomes after balloon angioplasty in extensive lower leg artery disease. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;76(7):1047–1054. <https://doi.org/10.1002/ccd.22658>.
14. Kuchay A.A., Lipin A.N. Hybrid interventions on distal sections of the main arteries in extended chronic occlusions of the superficial femoral artery in patients with critical limb ischemia. *The Journal of Atherosclerosis and Dyslipidemias.* 2024;(2(55)):32–40. (In Russian). <https://doi.org/10.34687/2219-8202.JAD.2024.02.0004>.
15. Kuchay A.A., Lipin A.N., Gruzdev N.N., Borisov A.G., Kashapov I.S. Critical limb threatening ischemia and its management. *Russian Biomedical Research.* 2024;9(1):34–47. (In Russian). <https://doi.org/10.56871/RBR.2024.68.81.005>.

Об авторах

* **Никита Николаевич Груздев** — врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, СПб ГБУЗ «Городская больница № 14», Городская больница Святого великомученика Георгия. E-mail: nikitag733@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0006-7595-1101>; SPIN: 4902-9590

Алексей Владимирович Антропов — к.м.н., заведующий отделением РХМДЛ Центра спасения конечностей СПб ГБУЗ «Городская больница № 14». E-mail: antral77@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0002-2538-8139>; SPIN: 5008-9203

Александр Николаевич Липин — д.м.н., профессор кафедры госпитальной хирургии СПбГПМУ; руководитель центра спасения конечностей СПб ГБУЗ «Городская больница № 14». E-mail: a_lipin2001@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8347-8821>; SPIN: 6751-9628

Аршед Ахмад Кучай — врач сердечно-сосудистый хирург; клинический исследователь Городского центра спасения конечностей СПб ГБУЗ «Городская больница № 14». E-mail: drarshedcvs@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7974-9369>; SPIN: 5455-9033

Алексей Геннадьевич Борисов — врач сердечно-сосудистый хирург. E-mail: borisov_spb@yahoo.com; <https://orcid.org/0009-0003-3900-2652>; SPIN: 8049-4107

Кирилл Александрович Ахмадзас — врач рентген-хирургических методов диагностики и лечения. E-mail: atmadzas@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-0226-8463>; SPIN: 1214-4032

Ирина Михайловна Хохлова — главный врач СПб ГБУЗ «Городская больница № 14». <https://orcid.org/0009-0002-7419-2503>

Янис Павлович Эминов — сердечно-сосудистый хирург. E-mail: yanis.eminov.85@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-2470-4714>; SPIN: 5770-4928

Алина Игоревна Любимова — врач-хирург. E-mail: liubimovaalina@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0009-5807-5025>

* Автор, ответственный за переписку.
Corresponding author.

Authors' info

* **Nikita N. Gruzdev** — Endovascular surgeon City Limb Rescue Center of the City Hospital No. 14, Saint George City Hospital. E-mail: nikitag733@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0006-7595-1101>; SPIN: 4902-9590

Aleksei V. Antropov — Cand. Sci. (Med.), Head of the Endovascular Surgery Department of Limb Salvage Center, City Hospital No. 14. E-mail: antral77@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0002-2538-8139>; SPIN: 5008-9203

Alexander N. Lipin — Dr. Sci. (Med.), Professor, Military Medical Academy named after S.M. Kirov; Head of the City Limb Salvage Center, City Hospital No. 14. E-mail: a_lipin2001@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8347-8821>; SPIN: 6751-9628

Arshed A. Kuchay — Cardiovascular surgeon, clinical researcher of City Limb Salvage Center, City Hospital No. 14. E-mail: drarshedcvs@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7974-9369>; SPIN: 5455-9033

Aleksei G. Borisov — Cardiovascular surgeon. E-mail: borisov_spb@yahoo.com; <https://orcid.org/0009-0003-3900-2652>; SPIN: 8049-4107

Kirill A. Atmadzas — Endovascular surgeon. E-mail: atmadzas@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-0226-8463>; SPIN: 1214-4032

Irina M. Khokhlova — Chief physician City Hospital No. 14. <https://orcid.org/0009-0002-7419-2503>

Yanis P. Eminov — Cardiovascular surgeon. E-mail: yanis.eminov.85@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-2470-4714>; SPIN: 5770-4928

Alina I. Liubimova — surgeon. E-mail: liubimovaalina@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0009-5807-5025>