



Review



UDC [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>

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.



Обзор

<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 заживить 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

INTRODUCTION

Atherosclerotic peripheral artery disease (PAD), especially when it manifests as critical limb ischemia (CLI), is still remains a major cause of major limb amputation and disability in patients. Patients with CLI often have multilevel arterial disease, including severely calcified areas [1–10]. Endovascular interventions are the preferred first-line treatment for limb revascularization. However, chronic total occlusions (CTOs), especially in the common femoral artery (CFA), with severe calcification pose a serious technical challenge. Standard antegrade and retrograde recanalization techniques often prove ineffective for passing through rigid calcified plaques [11–13]. Open common femoral artery endarterectomy is a highly effective method of treating lesions in this location, but it is associated with a higher risk of complications and may be contraindicated in patients with severe concomitant pathology. This necessitates the search for alternative endovascular strategies for calcified occlusions of the CFA. The Fracking technique (hydraulic plaque fracturing) has been described as a potential solution in such complex situations [14, 15].

AIM

The aim is to present a clinical case demonstrating the successful application and technical details of the hydraulic fracturing (Fracking) for recanalization of calcified chronic total occlusion of the common femoral artery in a patient with critical lower limb ischemia, when standard endovascular approaches were ineffective, emphasizing the role of Fracking as a limb-saving procedure and an alternative to open surgery.

MATERIALS AND METHODS

A case report describing the treatment of a patient with obliterating atherosclerosis of the lower extremities with critical ischemia of the left lower extremity and a trophic ulcer of the left lower leg.

CLINICAL CASE PRESENTATION

Based on the patient's medical history, clinical findings, and medical records, the following results were obtained.

A 61-year-old patient K., was admitted to the emergency room of St. Petersburg City Hospital No. 14 on

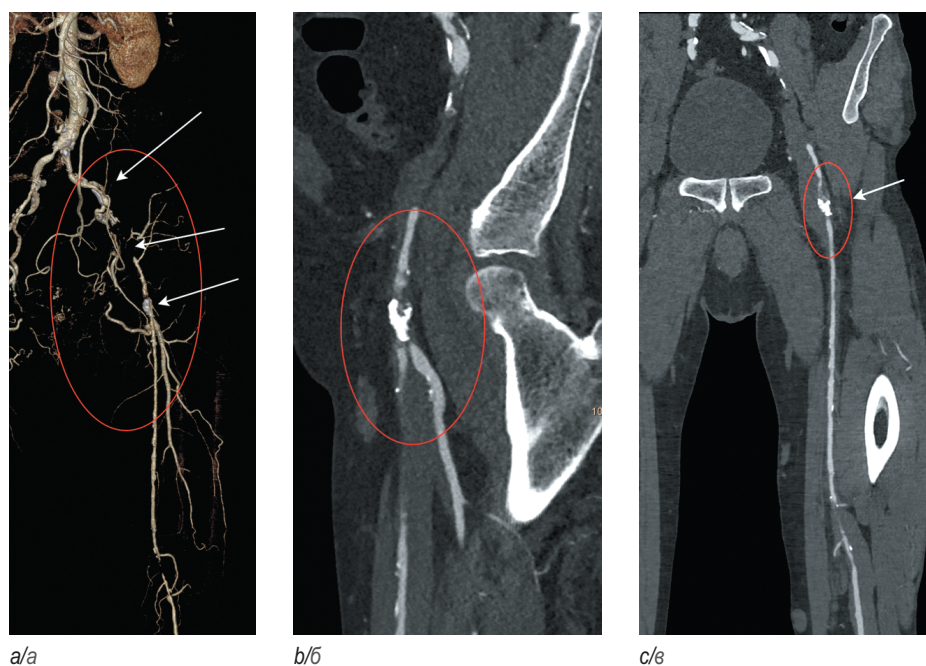


Fig. 1. Multislice spiral computed tomography angiography (a) and multi-planar analysis of the iliac-femoral (b) and femoral-popliteal segments (c) (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

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.)

April 24, 2025, complaining of pain at rest in his left lower limb and a chronic non-healing trophic ulcer on his left lower leg. Medical history: long-standing obliterating atherosclerosis of the lower extremities (OASLE), no previous medical care, no surgeries. In the fall of 2024, his condition worsened with increased pain and the appearance of trophic disorders on the left lower leg. He was hospitalized on an emergency basis.

Primary clinical diagnosis: obliterating atherosclerosis of the lower extremity arteries. Critical ischemia of the left lower extremity. Stage IV chronic arterial insufficiency (CAI). Trophic ulcer of the left lower leg. Lymphangitis.

Concomitant pathology. Ischemic heart disease. Atherosclerosis of the coronary and cerebral vessels. Stage II hypertension, risk of cardiovascular complications (CCO) — 4, chronic heart failure (CHF) — functional class (FC) II. Cerebrovascular disease. Grade II mixed-origin discirculatory encephalopathy (DE).

Examined, the following data obtained.

Complete blood count: leukocytes — $7.7 \times 10^9/L$, erythrocytes — $5.05 \times 10^{12}/L$, hemoglobin — 159 g/L, platelets — $284 \times 10^9/L$. Leukocyte formula: stab neutrophils — 3%, segmented neutrophils — 64%, lymphocytes — 25%, monocytes — 8%.

Serum biochemistry revealed elevated creatinine levels — $127.33 \mu\text{mol}/L$.

ABI (ankle-brachial index): left — 0.37.

MSCT angiography: left — common iliac artery (CIA) — no significant stenosis, external iliac artery (EIA), common femoral artery — occluded, deep femoral artery (DFA) — no significant stenosis, superficial femoral artery (SFA) — short occlusion in the distal third, popliteal artery (PA), anterior tibial artery (ATA), tibiofibular trunk (TFT), fibular artery (FA), posterior tibial artery (PTA) — no significant stenosis (Fig. 1).

Considering the clinical and angiographic findings, a decision was made to perform revascularization of the arteries of the left lower extremity.

Retrograde left brachial arterial access was obtained, and a 5F introducer was inserted. The abdominal aorta was catheterized, and selective angiography was performed (Figs. 2, 3).

A 6.7F guide introducer was inserted and positioned in the left CIA. Using a 0.035" hydrophilic, rigid guide-wire supported by a 6.0 mm balloon catheter, recanalization of the EIA was performed, with exit into the true



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

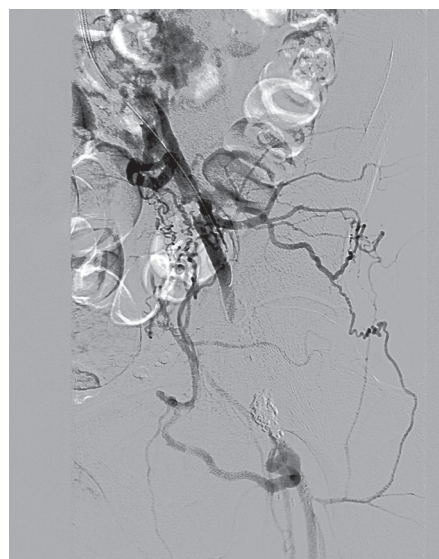


Fig. 3. Selective angiography. Recanalization of the external iliac artery was performed, selective angiography through a balloon catheter, calcified occlusion of the common femoral artery, deep femoral artery and superficial femoral artery are filled due to collaterals from the proximal third (from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

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.)

lumen in the distal third of the EIA. Attempts at ante-grade recanalization of the CFA were unsuccessful.

Retrograde puncture of the DFA was performed in the proximal third using a 0.014" nitinol guidewire and a support catheter, and an attempt was made to perform retro-

grade recanalization of the distal occlusion of the CIA, but it was unsuccessful (Figs. 4, 5). A decision was made to perform hydraulic fracturing of the calcified CIA occlusion.

Method: Under fluoroscopic guidance, an 18G needle connected to a syringe deflator with contrast

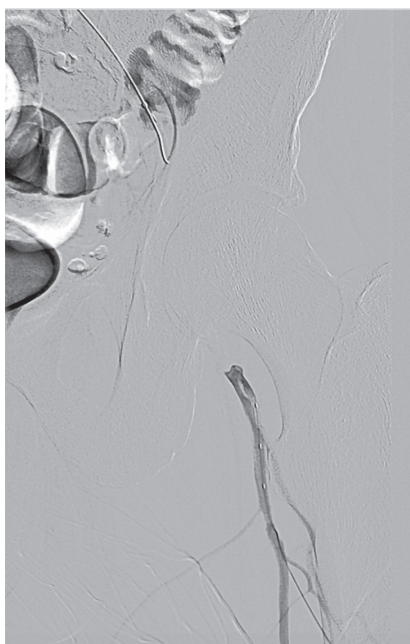


Fig. 4. Instruments in the deep femoral artery (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

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

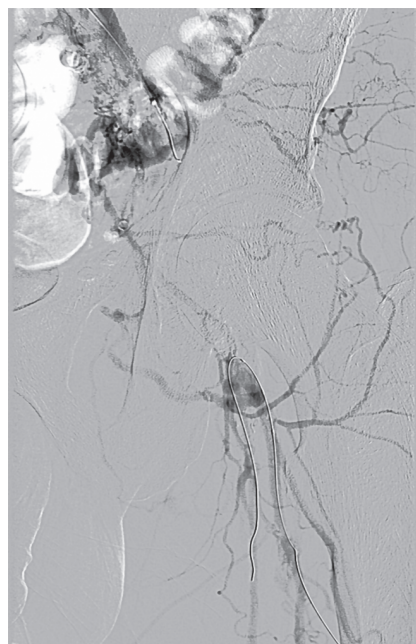


Fig. 5. Retrograde recanalization of the common femoral artery, dropping of instruments into the deep femoral artery (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

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

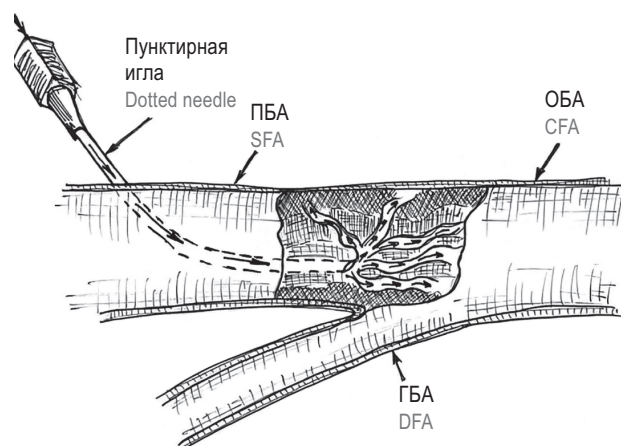


Fig. 6. Hydraulic fracturing method Fracking: DFA — deep femoral artery; CFA — common femoral artery; SFA — superficial femoral artery (scheme by N.N. Gruzdev)

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

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

medium was used to puncture the atherosclerotic plaque (ASP) in the CFA, with gradual injection of contrast under a pressure of 2–3 atm until the pressure in the deflator syringe dropped, indicating delamination of the atherosclerotic plaque (Fig. 6).

The procedure was repeated along the course of the CFA occlusion (Figs. 7, 8). Figure 8 shows the channel formed in the CFA.

Subsequently, antegrade instrument insertion was performed through the formed channel in the DFA and balloon angioplasty of the CFA and DFA with a 5.0 mm balloon, with removal of instruments from the DFA with endovascular hemostasis of retrograde puncture of the DFA (Fig. 9).

Balloon angioplasty of the CFA and external iliac artery (EIA) was performed with stenting of the EIA using a 7.0–100.0 mm nitinol self-expanding stent, with balloon post-dilatation using a 7.0 mm balloon. During follow-up angiography: patent blood flow through the CIA, EIA, CFA, DFA (no extravasation). The EIA was diffusely stenosed throughout its entire length, up to subocclusion in the distal third, PA, ATA, TFT, FA — without significant stenosis (Fig. 10).

Taking into account the data of the control angiography, clinical picture, and local status, an intraoperative decision was made to complete the surgical intervention without balloon angioplasty of the EIA. Dynamic

monitoring of the patient's condition and the dynamics of the local wound process was recommended.

In the postoperative period, the patient demonstrated an improvement in his condition: pain at rest was relieved, and there were positive dynamics in the wound process. Ultrasound Dopplerography of the arteries of the lower extremities was performed. CFA, DFA — main altered blood flow (Fig. 11). Local status: the wound has cleared, inflammation has been relieved, and active granulation is occurring (Fig. 12). The patient was discharged for outpatient treatment.

CONCLUSION

A clinical case study demonstrates the successful application of hydraulic fracturing to treat chronic calcified occlusion when other methods have failed. The technique may serve as a valuable alternative to open reconstruction when the latter is not feasible.

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.

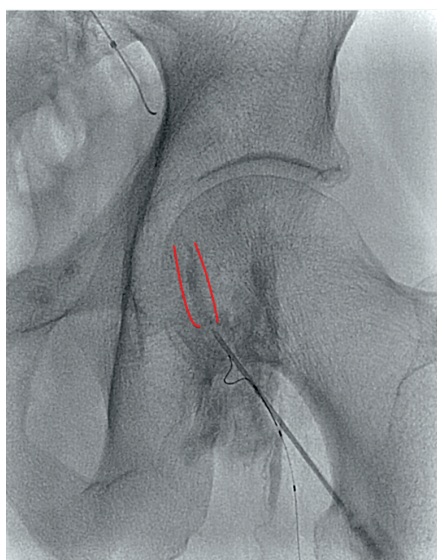


Fig. 8. Channel formed in the common femoral artery (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

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

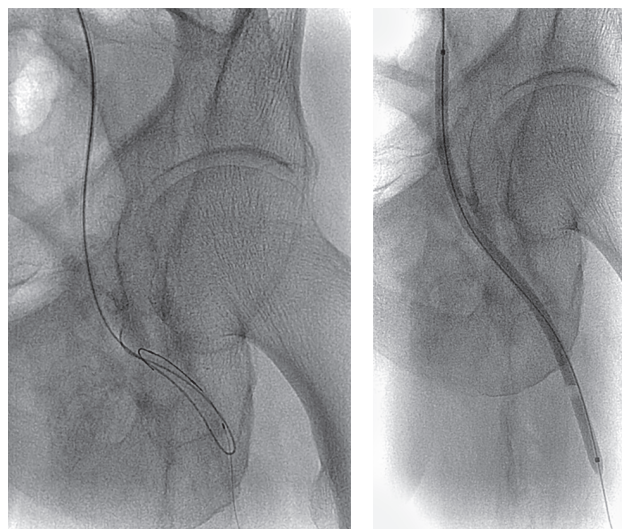


Fig. 9. Antegrade placement of instruments through the formed channel (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

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

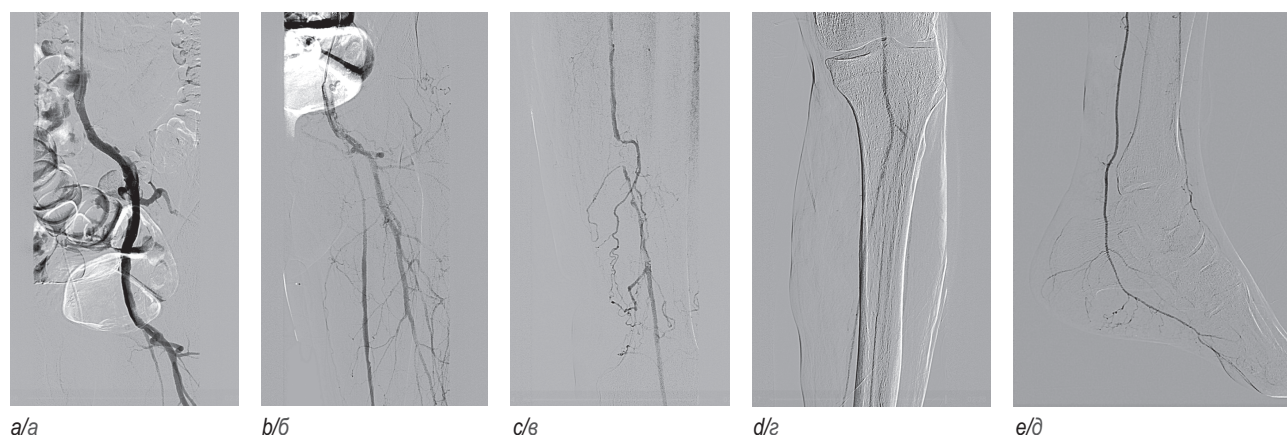


Fig. 10 Control angiograms (a–e) (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

Рис. 10. Контрольные ангиограммы (a–d) (из личного архива врача РЭДЛ Груздева Н.Н.)

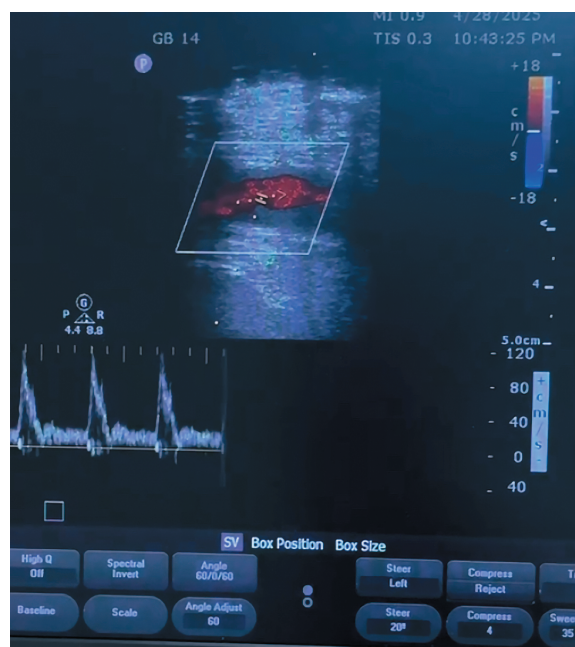


Fig. 11. Blood flow according in common femoral artery (from the personal archive of the REDL doctor N.N. Gruzdev)

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



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

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

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.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведе-

ние 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.



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>.

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., Ширан 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., Ахмадзас 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., Падария 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>.

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>

* Corresponding author.
Автор, ответственный за переписку.

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>