

УДК 617-089

DOI 10.34014/2227-1848-2024-1-64-72

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИСТАЛЬНОЙ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ У БОЛЬНЫХ С КРИТИЧЕСКОЙ ИШЕМИЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

А.Н. Беляев<sup>1</sup>, И.И. Дудоров<sup>2</sup>, И.С. Полькина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск, Россия;  
<sup>2</sup> ГБУЗ РМ «Мордовская республиканская центральная клиническая больница»,  
г. Саранск, Россия

*Критическая ишемия нижних конечностей (КИНК) приводит к возрастанию количества высоких ампутаций и смертности, достигающей 40 %.*

*Цель. Улучшение результатов лечения больных с КИНК путем включения в комплексную терапию эндоваскулярных методов реваскуляризации.*

*Материалы и методы. Проведен анализ результатов оперативных вмешательств на артериях нижних конечностей у 189 больных, из них с КИНК было 110 пациентов. Мужчин было 74 чел. (67,3 %), женщин – 36 (32,7 %). Средний возраст – 68 лет. Выполняли цветное дуплексное сканирование, КТ-ангиографию. Наряду с хирургической реваскуляризацией больным назначали антибактериальную, антикоагулянтную, дезагрегантную и инсулинотерапию (пациентам с сахарным диабетом).*

*Результаты. 110 больным с КИНК проведена эндоваскулярная реваскуляризация: баллонная ангиопластика – 110 (100 %), стентирование – 54 (49,1 %), гибридные вмешательства – 9 (8,2 %), атерэктомия и механическая аспирация – 9 (8,2 %). У 88 обследованных больных с КИНК (80 %) обнаружено многоуровневое поражение магистральных артерий нижних конечностей и лишь у 22 (20 %) больных – сегментарное. Ампутация на уровне бедра выполнена у 4 больных, на уровне голени – у 2. Из 110 пациентов умерло 7 чел. (6 %). Из 103 больных у 97 (94 %) достигнуто сохранение опорной функции стопы.*

*Выводы. У больных с КИНК и дистальным поражением артериального русла эндоваскулярная реваскуляризация в 94 % случаев предотвращает высокую ампутацию конечности и позволяет сохранить опорную функцию стопы.*

**Ключевые слова:** критическая ишемия нижних конечностей, эндоваскулярная реваскуляризация, ампутация.

**Введение.** Заболевания периферических артерий нижних конечностей являются третьей ведущей причиной атеросклеротических сердечно-сосудистых заболеваний после ишемической болезни сердца и инсульта. Критическая ишемия нижних конечностей (КИНК) представляет собой конечную стадию заболевания периферических артерий и является значимой проблемой здравоохранения в связи с растущей распространенностью и увеличением затрат на лечение [1]. КИНК приводит к возрастанию количества высоких ампутаций и смертности, достигающей 40 % в течение двух лет [2]. От 2 % до 42 % пациентов с КИНК, несмотря на реваскуляризацию, подвергаются

высокой ампутации нижних конечностей [3]. Нередко этим пациентам требуется повторная ампутация из-за нагноения или прогрессирующего ишемического краевого некроза кожи [4].

Хотя современные методы лечения КИНК включают антикоагулянты, дезагреганты, тромболитические препараты, вазодилаторы, хирургическое вмешательство в виде шунтирования и эндоваскулярной реваскуляризации показало значительные преимущества с меньшим количеством интра- и послеоперационных осложнений [5, 6].

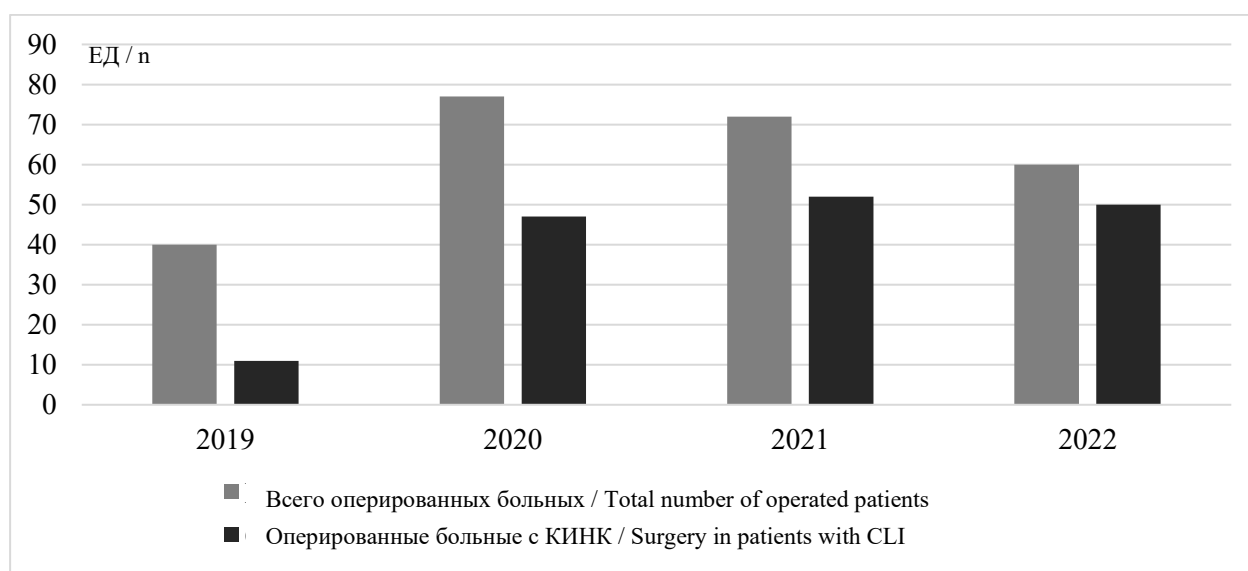
Открытыми хирургическими методами реваскуляризации являются артериальное шунтирование и эндартерэктомия, тогда как эндо-

васкулярная хирургия включает ангиопластику, стентирование и/или атерэктомиию. Гибридная реваскуляризация применяется чаще при многоуровневом поражении. При этом сочетание хирургических вмешательств и эндоваскулярных процедур используется с целью снижения рисков, возникающих вследствие инвазивных вмешательств [7]. Как правило, врачи предпочитают эндоваскулярное вмешательство открытой операции у пациентов с высоким риском периоперационной заболеваемости/смертности или в случае непригодности сосудистых аутопротезов для шунтирования [7, 8]. Вместе с тем нет достаточной информации о количестве и видах эндоваскулярных

вмешательств у больных с КИНК в общем числе реваскуляризирующих операций, не акцентируется роль сопутствующих заболеваний, особенно у больных с сахарным диабетом [9].

**Цель исследования.** Улучшение результатов лечения пациентов с критической ишемией нижних конечностей путем включения в комплексную терапию эндоваскулярных методов реваскуляризации.

**Материалы и методы.** Проведен анализ результатов оперативных вмешательств на артериях нижних конечностей 189 больных за 2019–2022 гг. Из них с КИНК было 110 пациентов (рис. 1): мужчин – 74 (67,3 %), женщин – 36 (32,7 %); средний возраст составил 68 лет.



**Рис. 1.** Операции на артериях у больных с критической ишемией нижних конечностей

**Fig. 1.** Arterioplasty in patients with critical limb ischemia

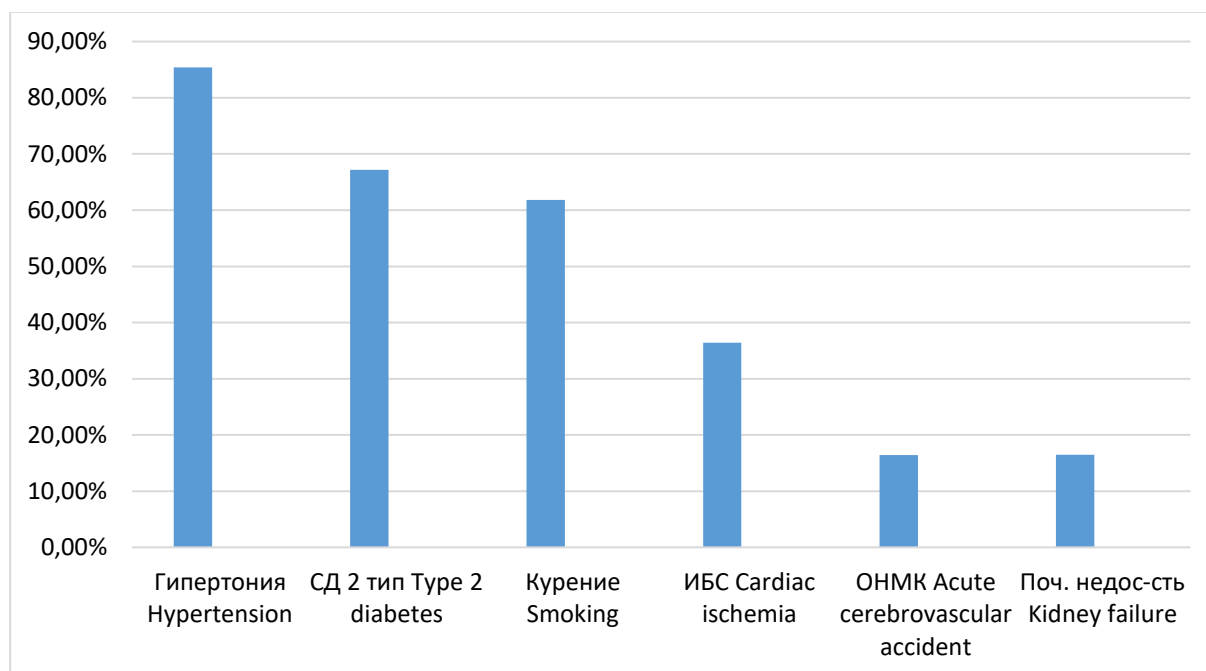
Сопутствующие заболевания имелись у всех 110 больных с КИНК (рис. 2). У 86 пациентов (78,2 %) выявлены трофические нарушения: язвы, флегмоны, некроз пальцев и стоп, явившиеся осложнением основного заболевания и требовавшие хирургической санации.

У 88 (80 %) обследованных больных с КИНК диагностировано многосегментарное поражение артерий нижних конечностей и лишь у 22 (20 %) больных – односегментарное.

Всем больным выполняли цветное дуплексное сканирование, по показаниям – КТ-ан-

гиографию. Наряду с хирургической реваскуляризацией больным назначали антибактериальную, антикоагулянтную, дезагрегантную и инсулинотерапию (пациентам с сахарным диабетом).

Оставшимся 79 больным без критической ишемии конечностей проводили протезирующие или шунтирующие операции с использованием аутовен или синтетических протезов. Из них 26 больным выполняли гибридные операции.



**Рис. 2.** Сопутствующие заболевания и факторы риска у больных с критической ишемией нижних конечностей

**Fig. 2.** Concomitant diseases and risk factors in patients with critical limb ischemia

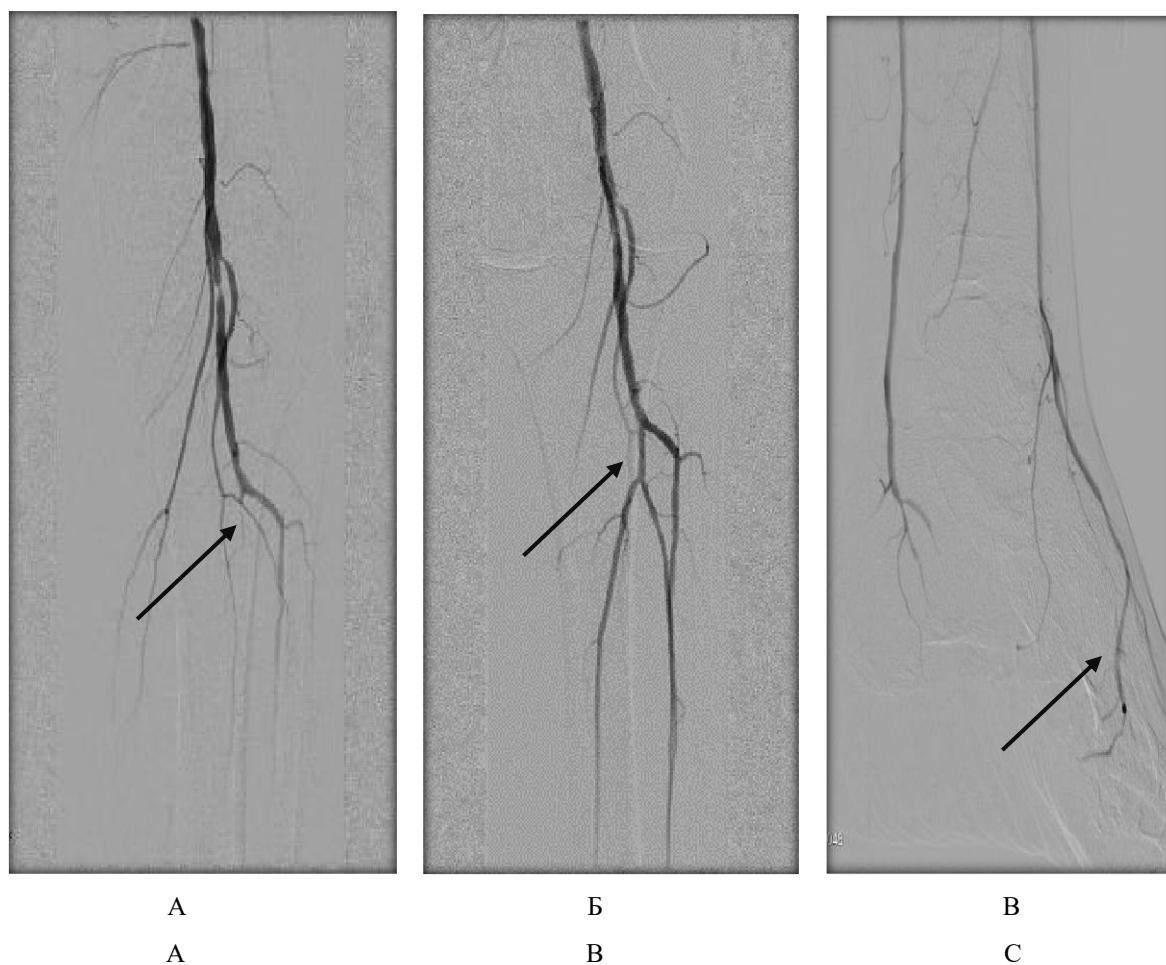
**Результаты.** Реваскуляризирующие операции были проведены 110 пациентам с КИНК: баллонная ангиопластика – 110 (100 %), стентирование – 54 (49,1 %), гибридные вмешательства – 9 (8,2 %), атерэктомия и механическая аспирация – 9 (8,2 %).

Оперативные вмешательства выполнены на следующих артериальных уровнях: подвздошные артерии – 7, бедренные артерии – 46, подколенная артерия – 47, артерии голени – 89. Соотношение пациентов и оперированных сегментов составило 1:1,7, т.е. большей части больных проведены операции на двух артериальных сегментах. У 53 (48,2 %) больных оперативные вмешательства включали некрэктомию, а также вскрытие и санацию гнойного очага.

Из прооперированных 110 пациентов умерло 7 чел. (6 %). Основными причинами были

острое нарушение мозгового кровообращения и инфаркт миокарда. Высокая ампутация проведена 4 пациентам (3,6 %), ампутация с сохранением коленного сустава (после реваскуляризации) – 2 больным. Повторная реваскуляризация в разные сроки выполнена 8 пациентам, из них четверем – вследствие острой ишемии конечности. Шести пациентам проведены эндоваскулярные вмешательства на другой конечности. С учетом летальности из 103 больных у 97 достигнуто сохранение опорной функции стопы. В послеоперационном периоде тромбоз артерий голени отмечен у 16 (14,5 %) пациентов, 11 из них выполнена повторная реваскуляризация.

На рис. 3 и 4 приведены примеры эндоваскулярной реваскуляризации с сохранением опорной функции стопы.



**Рис. 3.** Ангиография подколенной артерии и артерий голени.

Реканализация путем баллонной ангиопластики и стентирования при поражении артерий голени.

А – окклюзия артерий голени.

Б – баллонная ангиопластика задней большеберцовой и малоберцовой артерий.

В – восстановление кровотока в плантарной дуге.

Стрелками указаны области окклюзии (А) и реканализации (Б, В)

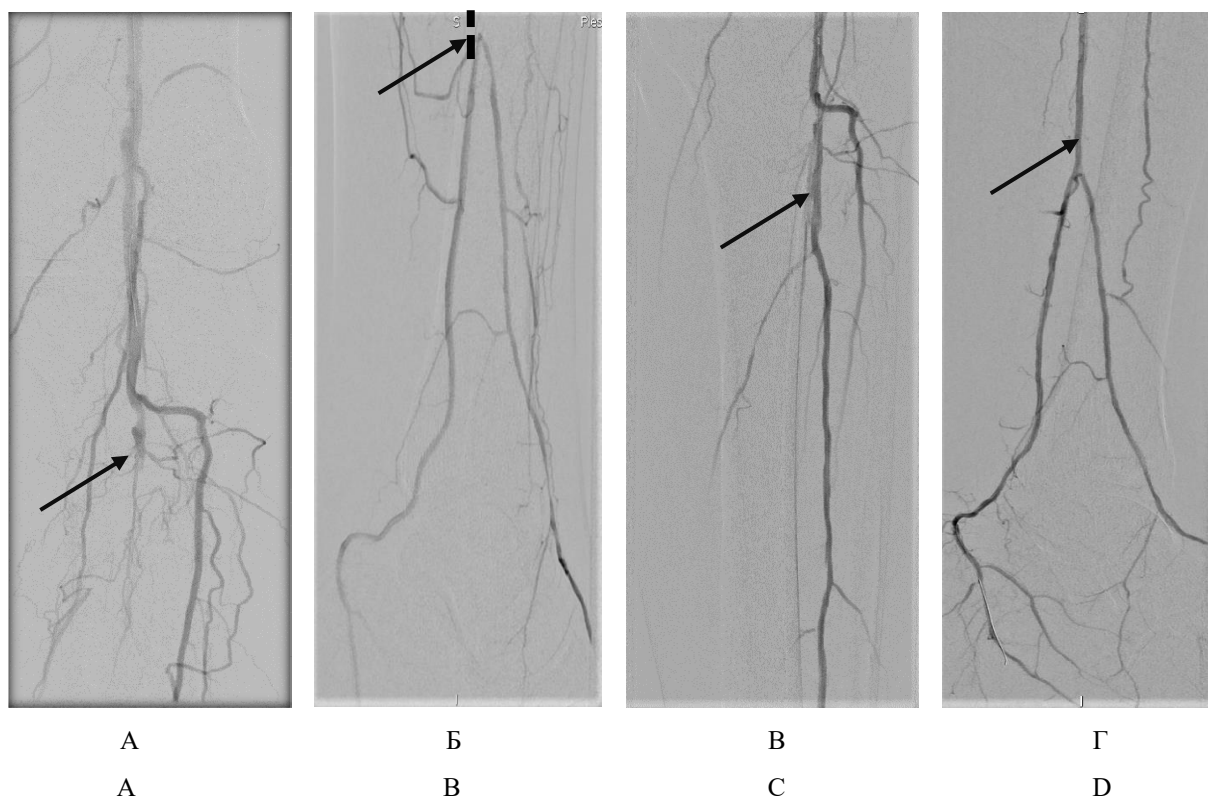
**Fig. 3.** Angiography of the popliteal and tibial arteries.

Recanalization by balloon angioplasty and stenting for peripheral artery disease.

A – arterial occlusion. B – balloon angioplasty for posterior tibial and peroneal arteries.

C – restoring blood flow to the plantar artery.

Arrows indicate occlusion (A) and recanalization (B, C) areas



**Рис. 4.** Ангиография артерий голени. Реканализация с баллонной ангиопластикой артерий голени при редком варианте анатомии с гипо/аплазией передней и задней большеберцовых артерий и нарушенным дистальным кровоснабжением.

А – окклюзия тибиоперонеального ствола с переходом на малоберцовую артерию и гипоплазированную заднюю большеберцовую артерию.

Б – дистальная культя окклюзии малоберцовой артерии.

В, Г – ангиография после баллонной ангиопластики с восстановлением антеградного кровотока по малоберцовой артерии.

Стрелками указаны области окклюзии (А, Б) и реканализации (В, Г)

**Fig. 4.** Angiography of tibial arteries. Recanalization by balloon angioplasty for tibial arteries in a rare anatomical variant with hypoplastic anterior and posterior tibial arteries and impaired distal blood supply.

A – tibial peroneal trunk artery occlusion with transition to the anterior tibial and hypoplastic posterior tibial arteries.

B – distal stump of anterior tibial artery occlusion.

C, D – angiography after balloon angioplasty with antegrade blood flow restoration via ATA.

Arrows indicate occlusion (A, B) and recanalization (C, D) areas

**Обсуждение.** В последние годы эндоваскулярная реваскуляризация с применением баллонной ангиопластики и стентирования артерий голени стала рассматриваться как эффективная операция даже при многосегментарном поражении и декомпенсированной ишемии нижних конечностей [10, 11]. Методика является малотравматичной, что определяет низкую частоту послеоперационных осложнений и короткий восстановительный

период [12]. При данных эндоваскулярных вмешательствах возможно проведение повторной реваскуляризации для достижения адекватного результата при рецидиве критической ишемии [13, 14], а также одномоментной ангиопластики не менее 2 артерий голени [15]. По нашим данным, эндоваскулярные вмешательства на артериях нижних конечностей составили 65,8 % от вмешательств на других артериях (сонных, почечных и др.). Решение об

оперативном вмешательстве при КИНК, как правило, принимала мультидисциплинарная команда, основываясь на оценке кардиального статуса, данных ЭХО-КГ и коронарографии. Затем определялась стратегия лечения: открытая, эндоваскулярная или гибридная реваскуляризация. Эндоваскулярная реваскуляризация проводилась согласно ангиосомному принципу с учетом анатомических вариантов артерий нижних конечностей и состояла в восстановлении магистрального кровотока к пораженному ангиосому. В нашей практике при невозможности выполнить реваскуляризацию по ангиосомному принципу проводилось лечение других артерий, являющихся донорскими (коллатерализация кровотока). По данным аналитических обзоров, вероятность сохранения конечности выше при осуществлении прямой реваскуляризации ишемического ангиосомы [16, 17].

Эндоваскулярные вмешательства у больных с гнойно-некротическим поражением

стоп позволили проводить операции с сохранением опорной функции стопы. Из 110 пациентов, которым проведены реваскуляризирующие операции (с учетом послеоперационной летальности – 7 больных), в 94 % случаев удалось сохранить опорную функцию стопы. Лишь у 4 больных выполнены высокие ампутации.

**Заключение.** У больных с критической ишемией нижних конечностей и дистальным поражением артериального русла эндоваскулярная реваскуляризация в 94 % случаев предотвращает высокую ампутацию конечности и позволяет сохранить опорную функцию стопы. Эндоваскулярная реваскуляризация у пациентов с КИНК связана с меньшим риском осложнений, может применяться у пациента повторно, осуществима при дистальном уровне поражения и включает в себя разнообразные методы (баллонная ангиопластика, стентирование, атерэктомия, механическая тромбаспирация).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования: Беляев А.Н.

Литературный поиск, участие в исследовании, обработка материала: Дудоров И.И., Полькина И.С.

Анализ и интерпретация данных: Беляев А.Н., Дудоров И.И., Полькина И.С.

Написание и редактирование текста: Беляев А.Н.

#### Литература

1. Fowkes F.G., Rudan D., Rudan I., Aboyans V., Denenberg J.O., McDermott M.M. Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis. *Lancet*. 2013; 382: 1329–1340. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61249-0.
2. Farber A., Eberhardt R.T. The Current State of Critical Limb Ischemia: A Systematic Review. *JAMA Surg*. 2016; 151 (11): 1070–1077. DOI: 10.1001/jamasurg.2016.2018.
3. Reinecke H., Unrath M., Freisinger E., Bunzemeier H., Meyborg M., Lüders F., Gebauer K., Roeder N., Berger K., Malyar N.M. Peripheral arterial disease and critical limb ischaemia: still poor outcomes and lack of guideline adherence. *Eur Heart J*. 2015; 36 (15): 932–938. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv006.
4. Phair J., DeCarlo C., Scher L., Koleilat I., Shariff S., Lipsitz E.C., Garg K. Risk factors for unplanned readmission and stump complications after major lower extremity amputation. *J Vasc Surg*. 2018; 67 (3): 848–856. DOI: 10.1016/j.jvs.2017.08.061.
5. Siracuse J.J., Farber A. Is open vascular surgery or endovascular surgery the better option for lower extremity arterial occlusive disease? *Adv Surg*. 2017; 51 (1): 207–217.
6. Menard M.T., Farber A., Assmann S.F., Choudhry N.K., Conte M.S., Creager M.A., Dake M.D., Jaff M.R., Kaufman J.A., Powell R.J., Reid D.M., Siami F.S., Sopko G., White C.J., Rosenfield K. Design and Rationale of the Best Endovascular Versus Best Surgical Therapy for Patients With Critical Limb Ischemia (BEST-CLI) Trial. *J Am Heart Assoc*. 2016; 5 (7): e003219. DOI: 10.1161/JAHA.116.003219.
7. Hiramoto J.S., Teraa M., de Borst G.J., Conte M.S. Interventions for lower extremity peripheral artery disease. *Nat Rev Cardiol*. 2018; 15 (6): 332–350. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41569-018-0005-0>.

8. Farber A., Eberhardt R.T. The Current State of Critical Limb Ischemia: A Systematic Review. *JAMA Surg.* 2016; 151 (11): 1070–1077. DOI: 10.1001/jamasurg.2016.2018.
9. Bhandari N., Newman J.D., Berger J.S., Smilowitz N.R. Diabetes mellitus and outcomes of lower extremity revascularization for peripheral artery disease. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes.* 2022; 8 (3): 298–306. DOI: 10.1093/ehjqcco/qcaa095.
10. Liistro F., Porto I., Angioli P., Grotti S., Ricci L., Ducci K., Falsini G., Ventrone G., Turini F., Bellandi G., Bolognese L. Drug-eluting balloon in peripheral intervention for below the knee angioplasty evaluation (DEBATE-BTK): a randomized trial in diabetic patients with critical limb ischemia. *Circulation.* 2013; 128 (6): 615–621. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.001811.
11. Kudo T., Chandra F.A., Ahn S.S. The effectiveness of percutaneous transluminal angioplasty for the treatment of critical limb ischemia: a 10-year experience. *J Vasc Surg.* 2005; 41 (3): 423–435. DOI: 10.1016/j.jvs.2004.11.041.
12. Darling J.D., Bodewes T.C.F., Deery S.E., Guzman R.J., Wyers M.C., Hamdan A.D., Verhagen H.J., Schermerhorn M.L. Outcomes after first-time lower extremity revascularization for chronic limb-threatening ischemia between patients with and without diabetes. *J Vasc Surg.* 2018; 67 (4): 1159–1169. DOI: 10.1016/j.jvs.2017.06.119.
13. Ohmine T., Iwasa K., Yamaoka T. Strategy of Revascularization for Critical Limb Ischemia Due to Infragenicular Lesions-Which Should Be Selected Firstly, Bypass Surgery or Endovascular Therapy? *Ann Vasc Dis.* 2015; 8 (4): 275–281. DOI: <https://doi.org/10.3400/avd.oa.15-00076>.
14. Лунатов К.В., Пермяков С.В., Асатрян А.Г., Бородин А.В., Гостищев В.К. Рентгеноэндоваскулярная хирургия при критической ишемии нижних конечностей с гнойно-некротическим поражением стоп. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2017; 9: 4–16. DOI: <https://doi.org/10.17116/hirurgia201794-16>.
15. Тарабрин А.С., Кузнецов М.Р., Ховалкин Р.Г., Желтов Н.Ю., Селезнев В.В., Тищенко И.С. Эндоваскулярная реваскуляризация у пациентов с гнойно-некротическими ранами нижних конечностей с инфраингвинальным протяженным поражением артериального русла. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2020; 9: 102–108. DOI: <https://doi.org/10.17116/hirurgia2020091102>.
16. Biancari F., Juvonen T. Angiosome-targeted lower limb revascularization for ischemic foot wounds: systematic review and meta-analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2014; 47 (5): 517–522. DOI: 10.1016/j.ejvs.2013.12.010.
17. Bosanquet D.C., Glasbey J.C.D., Williams I.M., Twine C.P. Systematic review and meta-analysis of direct versus indirect angiosomal revascularisation of infrapopliteal arteries. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery.* 2014; 48 (1): 88–97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2014.04.002>.

Поступила в редакцию 15.09.2023; принята 26.12.2023.

#### Авторский коллектив

**Беляев Александр Назарович** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общей хирургии им. профессора Н.И. Атясова, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68; e-mail: belyaevan@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0698-3007>.

**Дудоров Иван Иванович** – врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения, ГБУЗ РМ «Мордовская республиканская центральная клиническая больница». 430013, г. Саранск, ул. Победы, 14; e-mail: kerlaenda@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-7905-5424>.

**Полькина Ирина Сергеевна** – ординатор кафедры общей хирургии им. профессора Н.И. Атясова, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68; e-mail: polckinairina@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6012-3617>.

#### Образец цитирования

Беляев А.Н., Дудоров И.И., Полькина И.С. Эффективность дистальной реваскуляризации у больных с критической ишемией нижних конечностей. *Ульяновский медико-биологический журнал.* 2024; 1: 64–72. DOI: 10.34014/2227-1848-2024-1-64-72.

## EFFICACY OF DISTAL REVASCULARIZATION IN PATIENTS WITH CRITICAL LIMB ISCHEMIA

A.N. Belyaev<sup>1</sup>, I.I. Dudorov<sup>2</sup>, I.S. Pol'kina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia;

<sup>2</sup> Mordovian Republican Central Clinical Hospital, Saransk, Russia

*Critical limb ischemia (CLI) leads to an increase in the above-the-knee amputations and mortality, which can reach 40 %.*

*The aim of the study is to improve the results of treatment in patients with CLI by including endovascular revascularization methods in complex therapy.*

*Materials and Methods.* The results of surgeries on lower limb arteries in 189 patients were analyzed; among them 110 patients were diagnosed with CLI. The study enrolled 74 men (67.3 %), and 36 women (32.7 %). The average age was 68 years old. Patients underwent color duplex ultrasound scanning (CDUS) and CT angiography. Along with surgical revascularization, patients were prescribed antibacterial, anti-coagulant, antiplatelet and insulin therapy (those with diabetes mellitus).

*Results.* 110 patients with CLI underwent endovascular revascularization: balloon angioplasty – 110 (100 %), stenting – 54 (49.1 %), hybrid surgeries – 9 (8.2 %), atherectomy and mechanical aspiration – 9 (8.2 %). 88 patients with CLI (80 %) were also diagnosed with multilevel lower extremity arterial disease, and only 22 patients (20 %) had segmental lesions. Above-the-knee amputation was performed in 4 patients, below-the-knee amputation was conducted in 2 patients. Out of 110 patients, 7 people died (6 %). Out of 103 patients, 97 people (94 %) preserved foot balancing function.

*Conclusion.* In patients with CLI and distal arterial bed, endovascular revascularization prevented above-the-knee amputation in 94%. Thus, it allowed us to maintain foot balancing function in patients.

**Key words:** critical limb ischemia, endovascular revascularization, amputation.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

### Author contributions

Research concept and design: Belyaev A.N.

Literature search, participation in the research study, data processing: Dudorov I.I., Pol'kina I.S.

Data analysis and interpretation: Belyaev A.N., Dudorov I.I., Pol'kina I.S.

Text writing and editing: Belyaev A.N.

### References

1. Fowkes F.G., Rudan D., Rudan I., Aboyans V., Denenberg J.O., McDermott M.M. Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis. *Lancet*. 2013; 382: 1329–1340. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61249-0.
2. Farber A., Eberhardt R.T. The Current State of Critical Limb Ischemia: A Systematic Review. *JAMA Surg*. 2016; 151 (11): 1070–1077. DOI: 10.1001/jamasurg.2016.2018.
3. Reinecke H., Unrath M., Freisinger E., Bunzemeier H., Meyborg M., Lüders F., Gebauer K., Roeder N., Berger K., Malyar N.M. Peripheral arterial disease and critical limb ischaemia: still poor outcomes and lack of guideline adherence. *Eur Heart J*. 2015; 36 (15): 932–938. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv006.
4. Phair J., DeCarlo C., Scher L., Koleilat I., Shariff S., Lipsitz E.C., Garg K. Risk factors for unplanned readmission and stump complications after major lower extremity amputation. *J Vasc Surg*. 2018; 67 (3): 848–856. DOI: 10.1016/j.jvs.2017.08.061.
5. Siracuse J.J., Farber A. Is open vascular surgery or endovascular surgery the better option for lower extremity arterial occlusive disease? *Adv Surg*. 2017; 51 (1): 207–217.
6. Menard M.T., Farber A., Assmann S.F., Choudhry N.K., Conte M.S., Creager M.A., Dake M.D., Jaff M.R., Kaufman J.A., Powell R.J., Reid D.M., Siami F.S., Sopko G., White C.J., Rosenfield K. Design and Rationale of the Best Endovascular Versus Best Surgical Therapy for Patients With Critical Limb Ischemia (BEST-CLI) Trial. *J Am Heart Assoc*. 2016; 5 (7): e003219. DOI: 10.1161/JAHA.116.003219.
7. Hiramoto J.S., Teraa M., de Borst G.J., Conte M.S. Interventions for lower extremity peripheral artery disease. *Nat Rev Cardiol*. 2018; 15 (6): 332–350. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41569-018-0005-0>.



8. Farber A., Eberhardt R.T. The Current State of Critical Limb Ischemia: A Systematic Review. *JAMA Surg.* 2016; 151 (11): 1070–1077. DOI: 10.1001/jamasurg.2016.2018.
9. Bhandari N., Newman J.D., Berger J.S., Smilowitz N.R. Diabetes mellitus and outcomes of lower extremity revascularization for peripheral artery disease. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes.* 2022; 8 (3): 298–306. DOI: 10.1093/ehjqcco/qcaa095.
10. Liistro F., Porto I., Angioli P., Grotti S., Ricci L., Ducci K., Falsini G., Ventoruzzo G., Turini F., Bellandi G., Bolognese L. Drug-eluting balloon in peripheral intervention for below the knee angioplasty evaluation (DEBATE-BTK): a randomized trial in diabetic patients with critical limb ischemia. *Circulation.* 2013; 128 (6): 615–621. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.001811.
11. Kudo T., Chandra F.A., Ahn S.S. The effectiveness of percutaneous transluminal angioplasty for the treatment of critical limb ischemia: a 10-year experience. *J Vasc Surg.* 2005; 41 (3): 423–435. DOI: 10.1016/j.jvs.2004.11.041.
12. Darling J.D., Bodewes T.C.F., Deery S.E., Guzman R.J., Wyers M.C., Hamdan A.D., Verhagen H.J., Schermerhorn M.L. Outcomes after first-time lower extremity revascularization for chronic limb-threatening ischemia between patients with and without diabetes. *J Vasc Surg.* 2018; 67 (4): 1159–1169. DOI: 10.1016/j.jvs.2017.06.119.
13. Ohmine T., Iwasa K., Yamaoka T. Strategy of Revascularization for Critical Limb Ischemia Due to Infragenicular Lesions-Which Should Be Selected Firstly, Bypass Surgery or Endovascular Therapy? *Ann Vasc Dis.* 2015; 8 (4): 275–281. DOI: <https://doi.org/10.3400/avd.oa.15-00076>.
14. Lipatov K.V., Permyakov S.V., Asatryan A.G., Borodin A.V., Gostishchev V.K. Rentgenoendovaskulyarnaya khirurgiya pri kriticheskoy ishemii nizhnikh konechnostey s gnoyno-nekroticheskim porazheniem stop [Endovascular surgery for critical ischemia of lower extremities with suppurative necrotic lesion of the feet]. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova.* 2017; 9: 4–16. DOI: <https://doi.org/10.17116/hirurgia201794-16> (in Russian).
15. Tarabrin A.S., Kuznetsov M.R., Khovalkin R.G., Zheltov N.Yu., Seleznev V.V., Tishchenko I.S. Endovaskulyarnaya revaskulyarizatsiya u patsientov s gnoyno-nekroticheskimi ranami nizhnikh konechnostey s infraingvinal'nym protyazhennym porazheniem arterial'nogo rusla [Endovascular revascularisation in patients with necrotic wounds and extended infrainguinal arterial disease]. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova.* 2020; 9: 102–108. DOI: <https://doi.org/10.17116/hirurgia2020091102> (in Russian).
16. Biancari F., Juvonen T. Angiosome-targeted lower limb revascularization for ischemic foot wounds: systematic review and meta-analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2014; 47 (5): 517–522. DOI: 10.1016/j.ejvs.2013.12.010.
17. Bosanquet D.C., Glasbey J.C.D., Williams I.M., Twine C.P. Systematic review and meta-analysis of direct versus indirect angiosomal revascularisation of infrapopliteal arteries. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery.* 2014; 48 (1): 88–97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2014.04.002>.

Received September 15, 2023; accepted December 26, 2023.

#### Information about the authors

**Belyaev Aleksandr Nazarovich**, Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Chair of General Surgery named after professor N.I. Atyasov, National Research Ogarev Mordovia State University. 430005, Russia, Saransk, Bol'shevistskaya St., 68; e-mail: [belyaevan@mail.ru](mailto:belyaevan@mail.ru), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0698-3007>.

**Dudorov Ivan Ivanovich**, Doctor, Department of Interventional Radiology and Treatment, State Budgetary Healthcare Institution of the Republic of Moldova Mordovian Republican Central Clinical Hospital. 430013, Saransk, Pobedy St., 14; e-mail: [kerlaenda@yandex.ru](mailto:kerlaenda@yandex.ru), ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-7905-5424>.

**Pol'kina Irina Sergeevna**, Resident, Chair of General Surgery named after professor N.I. Atyasov, National Research Ogarev Mordovia State University. 430005, Russia, Saransk, Bol'shevistskaya St., 68; e-mail: [polckinairina@yandex.ru](mailto:polckinairina@yandex.ru), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6012-3617>.

#### For citation

Belyaev A.N., Dudorov I.I., Pol'kina I.S. Effektivnost' distal'noy revaskulyarizatsii u bol'nykh s kriticheskoy ishemiei nizhnikh konechnostey [Efficacy of distal revascularization in patients with critical limb ischemia]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskij zhurnal.* 2024; 1: 64–72. DOI: 10.34014/2227-1848-2024-1-64-72 (in Russian).