

**АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ПАЦИЕНТОВ
ПРИ РАЗВИТИИ РЕСТЕНОЗА В ЗОНЕ АРТЕРИАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ
ПОСЛЕ БЕДРЕННО-ПОДКОЛЕННОГО ШУНТИРОВАНИЯ**

Курский государственный медицинский университет, г. Курск,
Российская Федерация

Цель. Выявить особенности нарушений микроциркуляции при развитии рестеноза зоны артериальной реконструкции у пациентов с облитерирующим атеросклерозом после бедренно-подколенного шунтирования.

Материал и методы. В исследование включено 82 пациента с облитерирующим атеросклерозом со II Б-III степенью хронической артериальной недостаточности, которым выполнено бедренно-подколенное шунтирование. У 21 пациента послеоперационный период протекал без развития рестеноза зоны артериальной реконструкции (I группа). Во II группу вошли 61 пациент, у которых в течение года развился рестеноз зоны артериальной реконструкции. Оценивали показатели микроциркуляции с анализом амплитудно-частотного спектра осцилляций кровотока до и после реваскуляризирующей операции.

Результаты. Установлено, что у пациентов II группы ниже показатель микроциркуляции (45,3%, $p < 0,001$) и резерв капиллярного кровотока (49,2%, $p < 0,001$) как исходно до операции, так и после проведения реваскуляризации (30,7%, $p < 0,001$ и 51,4%, $p < 0,001$) со значимо высокими значениями артериоло-венулярного шунтирования до и после операции (26,6%, $p < 0,001$ и 41,9%, $p < 0,001$), возрастающими после окклюзионной пробы, по сравнению с I группой. В амплитудно-частотном спектре II группы отмечено нарушение активных компонентов за счет исходного низкого значения миогенного компонента (47,3%, $p < 0,001$) и высокого нейрогенного (35,5%, $p < 0,001$) компонента со значимо высоким показателем после окклюзионной пробы (64,3%, $p < 0,05$) по сравнению с I группой, которые не нормализовались после реваскуляризации конечности, наряду с нарушением функции пассивных механизмов модуляции кровотока.

Заключение. Развитие рестеноза после бедренно-подколенного шунтирования сопровождается выраженным нарушением состояния микроциркуляции и сбалансированности механизмов модуляции кровотока, не нормализующихся после реваскуляризации конечности. Исследование показателей микроциркуляции с оценкой функциональной активности микроциркуляторного кровотока до и после операции позволит верифицировать имеющиеся нарушения и персонализировать лечебную тактику.

Ключевые слова: микроциркуляция, атеросклероз, рестеноз, бедренно-подколенное шунтирование, лазерная доплеровская флоуметрия

Objective. To identify the features of microcirculation disorders in the development of restenosis of the arterial reconstruction zone in patients with obliterating atherosclerosis after femoral-popliteal stenting.

Methods. The study included patients ($n=82$) with obliterating atherosclerosis with grade II-III chronic arterial insufficiency, who underwent femoral-popliteal stenting. In 21 patients, the postoperative period proceeded without the development of restenosis of the arterial reconstruction zone (group I). Group II included 61 patients who developed restenosis of the arterial reconstruction zone during the year. The parameters of microcirculation were evaluated with the analysis of the amplitude-frequency spectrum (AFS) of blood flow oscillations prior and after revascularization.

Results. The microcirculation index (45.3%, $p < 0.001$) and capillary blood flow reserve (49.2%, $p < 0.001$) were found to be lower in patients of group II both initially prior and after revascularization (30.7%, $p < 0.001$ and 51.4%, $p < 0.001$) with significantly high values of arteriolo-venular bypass prior and post surgery (26.6%, $p < 0.001$ and 41.9%, $p < 0.001$), increasing after occlusion test compared with group I. In the amplitude-frequency spectrum of group II, a violation of the active components was noted due to the initial low value of the myogenic component (47.3%, $p < 0.001$) and high neurogenic (35.5%, $p < 0.001$) component with a significantly high index after the occlusion test (64.3%, $p < 0.05$) compared to group I, not normalized after lower limb revascularization surgery, along with a violation of the function of passive mechanisms of blood flow modulation.

Conclusion. The development of restenosis after femoral-popliteal bypass surgery is accompanied by a pronounced violation of the state of microcirculation and the balance of the mechanisms of blood flow modulation, not normalized after lower limb revascularization surgery. The study of microcirculation indicators with an assessment of the functional activity of microcirculatory blood flow prior and after surgery will allow verifying the existing disorders and personalizing the treatment tactics.

Keywords: microcirculation, atherosclerosis, restenosis, femoral-popliteal bypass surgery, laser Doppler flowmetry



Научная новизна статьи

Впервые изучены особенности показателей микроциркуляции и механизмов модуляции микроциркуляторного кровотока у пациентов с облитерирующим атеросклерозом при развитии рестеноза в зоне анастомоза в течение года после бедренно-подколенного шунтирования. Установлено, что у пациентов с развитием рестеноза наблюдалось выраженное снижение показателя микроциркуляции и резерва капиллярного кровотока как исходно до операции, так и после реваскуляризации конечности, увеличение артериоло-веноулярного шунтирования и нарушение сбалансированности механизмов модуляции кровотока, не нормализующихся после операции.

What this paper adds

For the first time, the features of microcirculation parameters and mechanisms of microcirculatory blood flow modulation in patients with obliterating atherosclerosis with the development of restenosis in the anastomosis zone within the year after femoral-popliteal stenting have been studied.

It has been established that in patients with the development of restenosis, there is a pronounced reducing of microcirculation and capillary blood flow reserve both initially prior and after limb revascularization surgeries, an increase of arterio-venular shunting, and an imbalance in blood flow functions that are not normalized after surgery.

Введение

Несмотря на увеличение количества и активное внедрение новых видов прямой и непрямой реваскуляризации в лечении облитерирующих поражений артерий нижних конечностей, прогноз пациентов по-прежнему остается неблагоприятным [1]. В аспекте улучшения результатов реконструктивных операций обсуждается новая система оценки характера поражения артерий конечности GLASS – Global Limb Anatomic Staging System [2]. Помимо оценки артерий притока и оттока, в обеспечении эффективной реваскуляризации конечности важным является и система микроциркуляции тканей, регулирующая обменные процессы [3, 4]. Значимость функции микрососудов при реконструктивных операциях продемонстрирована в ряде исследований [5, 6]. В связи с этим актуальными являются изучение микроциркуляторных изменений и оценка регуляторных механизмов у пациентов с развитием рестеноза после реваскуляризирующих операций на бедренно-подколенном артериальном сегменте.

Цель. Выявить особенности нарушений микроциркуляции при развитии рестеноза зоны артериальной реконструкции у пациентов облитерирующим атеросклерозом после бедренно-подколенного шунтирования.

Материал и методы

В исследование вошли 82 пациента с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей, которым выполнено бедренно-подколенное шунтирование выше щели коленного сустава. Вариант хирургического лечения определялся согласно общепризнанным стандартам в сосудистой хирургии [7]. В качестве

трансплантата использовали политетрафторэтиленовые протезы.

В исследование не были включены пациенты с аутоиммунными заболеваниями, дегенеративными заболеваниями нервной системы, онкологическими заболеваниями в анамнезе и на момент обследования, сахарным диабетом, декомпенсированными заболеваниями сердечно-сосудистой системы, заболеваниями печени, системы крови, с наличием острой патологии, выполненными ранее реконструктивными вмешательствами на коронарных и периферических артериях.

В послеоперационном периоде была назначена стандартная общепринятая консервативная терапия согласно клиническим рекомендациям [7]. За пациентами наблюдали в течение одного года. В зависимости от исхода течения послеоперационного периода пациенты были разделены на две группы: I группа – 21 пациент, с положительным исходом, у которых в послеоперационном периоде не было диагностировано рестеноза зоны артериальной реконструкции; II группа – 61 пациент, с отрицательным исходом, у которых развился рестеноз зоны артериальной реконструкции.

Характеристика исследуемых групп представлена в таблице 1. Группы были сопоставимы по полу, возрасту ($p=0,063$), характеру сопутствующей патологии (артериальной гипертензии ($p=0,208$), ишемической болезни сердца ($p=0,149$), ХОБЛ ($p=0,894$)), длительности ишемии нижней конечности ($p=0,311$). Не установлено также значимых различий между группами по состоянию путей оттока ($p=0,922$) и исходному уровню лодыжечно-плечевого индекса ($p=0,189$). Однако имелись различия по исходной степени ишемии ($p=0,043$). В I группе II Б степень ишемии нижних конеч-

Таблица 1

Характеристика исследуемых групп			
Показатели	I группа (n=21)	II группа (n=61)	P
Возраст, лет ($M \pm \sigma$)	60,1 \pm 6,8	56,7 \pm 7,1	0,063
Средняя длительность заболевания, мес. ($M \pm \sigma$)	17,9 \pm 4,9	26,5 \pm 4,6	0,311
Сопутствующая патология			
Гипертоническая болезнь, абс. (%)	12 (57,14%)	44 (72,13%)	0,208
Ишемическая болезнь сердца, абс. (%)	10 (47,62%)	40 (65,57%)	0,149
Хроническая обструктивная болезнь легких, абс. (%)	3 (14,28%)	8 (13,11%)	0,894
Средний балл состояния путей оттока	4 \pm 0,45	4,05 \pm 0,25	0,922
Лодыжечно-плечевой индекс исходно	0,32 \pm 0,04	0,28 \pm 0,014	0,189
Лодыжечно-плечевой индекс после операции	0,81 \pm 0,04	0,70 \pm 0,022	0,015
Степень ишемии конечности			
II Б	14 (66,7%)	25 (40,98%)	0,043
III	7 (33,3%)	36 (59,01%)	

Примечание: данные представлены в формате $M \pm m$, где M – среднее арифметическое, m – стандартная ошибка среднего.

ностей установлена у 66,7% (14) пациентов, во II группе – у 40,98% (25) пациентов, а III степень – у 33,3% (7) и 59,01% (36) в I и II группах соответственно. У пациентов II группы после операции регистрировался значимо низкий уровень лодыжечно-плечевого индекса ($p=0,015$) по сравнению с I группой.

Во время госпитализации для постановки диагноза было проведено клинично-инструментальное обследование: ультразвуковое ангиосканирование аорты и артерий нижних конечностей (LOGIQ 5 Expert, GE, Medical systems, Inc (США)) с оценкой лодыжечно-плечевого индекса, аортография и селективная артериография нижних конечностей (ангиографический комплекс GE OEC 9800, Medical systems, Inc (США)) с балльной оценкой состояния путей оттока.

Микроциркуляцию тканей нижних конечностей изучали при помощи чрескожной лазерной доплеровской флоуметрии (ЛАКК – 02 НПО «ЛАЗМА», Россия) в условиях физиологического покоя (базальный кровоток) и после окклюзионной пробы в точке, расположенной на тыле стопы, до и на 5-е сутки после оперативных вмешательств [8]. Выполняли измерение показателя микроциркуляции с расчетом среднего значения в относительных перфузионных единицах (п.е.), резерва капиллярного кровотока (РКК) (%) и показателя шунтирования (ПШ) (отн.ед.), анализировали амплитудно-частотный спектр осцилляций кровотока с оценкой активных (нейрогенный, миогенный и эндотелиальный) и пассивных (дыхательный и сердечный) механизмов контроля микрогемодициркуляции. Анализ осцилляций кровотока выполняли с помощью программы вейвлет-анализа, расчет всех показателей проводили автоматически с помощью пакета программ (версия 2.0.0.423, НПО «ЛАЗМА», РФ).

Статистика

Статистический анализ результатов исследования выполняли с использованием стандартного набора офисных программ Statistica 10.0, Microsoft Office, Microsoft Excel. Характер распределения анализируемых параметров оценивали с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Для попарного сравнения двух групп нормально распределенных данных применяли парный или непарный критерий Стьюдента. Средние значения возраста больных представлены в формате $M \pm \sigma$, где M – среднее арифметическое, σ – стандартное отклонение признака, уровни исследованных показателей – в формате $M \pm m$, где M – среднее арифметическое, m – стандартная ошибка среднего. Различия между группами считались статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты

При сравнительном анализе между группами в предоперационном периоде показатель микроциркуляции во II группе был ниже (45,3%, $p < 0,001$) по сравнению с I группой. Также установлен ниже РКК (49,2%, $p < 0,001$) и выше ПШ базального кровотока (26,6%, $p < 0,001$) и после окклюзии (26,1%, $p < 0,001$) во II группе по сравнению с I группой (таблица 2).

После операции во II группе сохранялись статистически ниже значения показателя микроциркуляции (30,7%, $p < 0,001$) и РКК (51,4%, $p < 0,001$) по сравнению с I группой. Во II группе отмечался выше ПШ базального кровотока (41,9%, $p < 0,001$) и ПШ после окклюзионной пробы (32%, $p < 0,001$) по сравнению с I группой.

При оценке амплитудно-частотного спектра базального кровотока в предоперационном периоде установлены во II группе ниже значе-

Показатели микроциркуляции до и после реваскуляризации конечности ($M \pm m$)

Показатели		I группа (n=21)	II группа (n=61)
	до операции		
Показатель микроциркуляции, п.е.		1,67±0,207	0,91±0,101*
Показатель шунтирования, отн.ед.	базальный кровоток	1,49±0,07	1,89±0,04*
	после окклюзии	1,77±0,12	2,23±0,07*
Резерв капиллярного кровотока, %		432,59±38,51	219,74±15,89*
	после реваскуляризации		
Показатель микроциркуляции, п.е.		2,313±0,192	1,602±0,097*
Показатель шунтирования, отн.ед.	базальный кровоток	1,106±0,055	1,569±0,04*
	после окклюзии	1,44±0,08	1,89±0,05*
Резерв капиллярного кровотока, %		543,68±58,66	264,35±23,44*

Примечание: * – $p < 0,001$ при сравнении значений между группами.

ния миогенного компонента (47,3%, $p < 0,001$) и выше нейрогенного (35,5%, $p < 0,001$) компонента сосудистого тонуса по сравнению с I группой (рис. 1). Реакция на окклюзионную пробу характеризовалась значимыми отличиями между группами по параметрам нейрогенного тонуса, значения которых у пациентов II группы были выше, чем в I группе (64,3%, $p < 0,05$).

После операции при сравнении между группами амплитудно-частотного спектра базального кровотока установлены во II группе ниже значения эндотелиального (53,4%, $p < 0,001$) и миогенного (26%, $p < 0,001$) компонентов и выше нейрогенного, дыхательного и сердечного компонентов (59,9% ($p = 0,001$), 81,7% ($p < 0,01$) и 70,3% ($p < 0,001$) соответственно) по сравнению с I группой (рис. 2). Реакция на окклюзионную пробу характеризовалась

аналогичной тенденцией, за исключением различий по эндотелиальному компоненту.

Обсуждение

Для эффективности реконструктивных операций при облитерирующем атеросклерозе, помимо состояния магистральных артерий, важное значение имеют коллатеральное кровообращение и микроциркуляторное русло нижних конечностей [3]. Согласно данным литературы, проведение функциональных проб позволяет оценить как имеющиеся резервы, так и патогенетические нарушения микрогемодинамики [9, 10, 11].

Проведенные исследования показали, что состояние микроциркуляции и механизмы регуляции микроциркуляторного кровотока со-

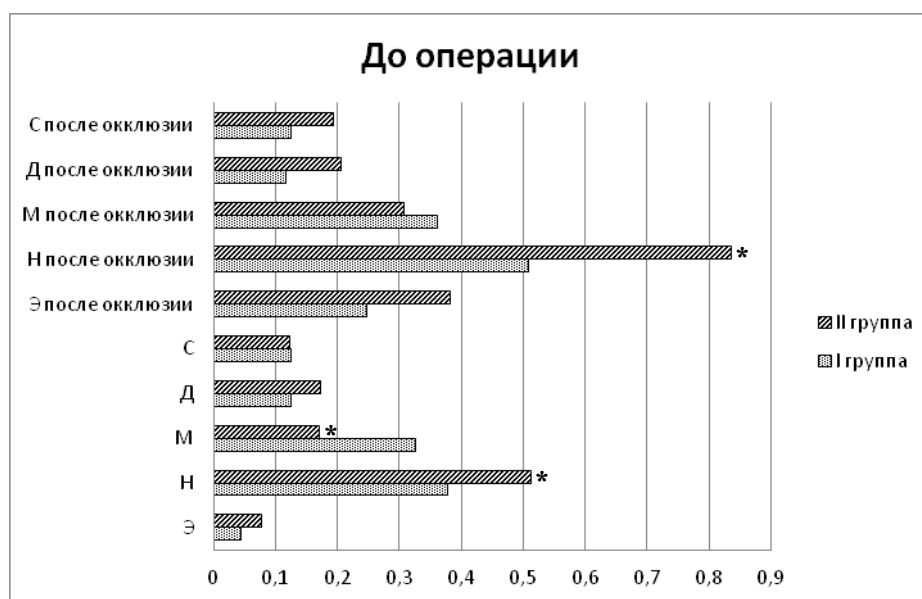


Рис. 1. Функциональная активность регуляторных механизмов микроциркуляции в группах исследования в предоперационном периоде

Примечание: 1) регуляторные механизмы микроциркуляции: Э – эндотелиальный, Н – нейрогенный, М – миогенный, Д – дыхательный, С – сердечный; 2) * – $p < 0,05$ значимость различий значений между группами.

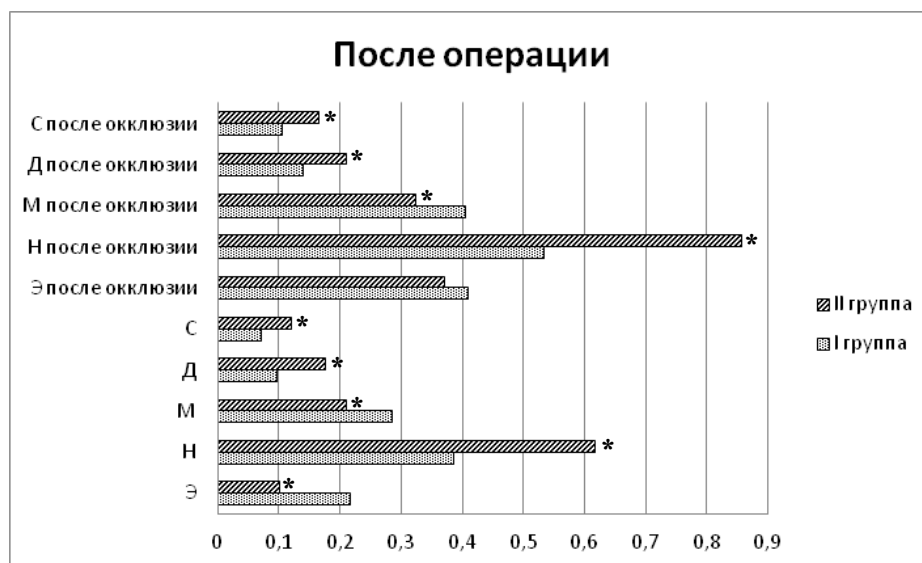


Рис. 2. Функциональная активность регуляторных механизмов микроциркуляции в группах исследования после операции.

Примечание: 1) регуляторные механизмы микроциркуляции: Э – эндотелиальный, Н – нейрогенный, М – миогенный, Д – дыхательный, С – сердечный; 2) * – $p < 0,05$ значимость различий значений между группами.

пряжены с особенностями послеоперационного периода, о чем свидетельствовали значимые изменения у пациентов II группы. Так, по сравнению с I группой, у пациентов II группы наблюдались статистически значимо более выраженные нарушения микроциркуляции: ниже показатель микроциркуляции (45,3%) и РКК (49,2%) исходно до операции, которые имели аналогичную тенденцию и после проведения реваскуляризации (30,7% и 51,4%).

У пациентов II группы исследования исходно регистрировалось увеличение шунтового кровотока, при этом ПШ после окклюзии был выше на 26,1%, чем в I группе исследования.

Активизация артериоло-венулярного шунтирования крови характерна для больных с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей [12], а восстановление кровотока в пораженной артерии сопровождалось улучшением микроциркуляции с ограничением артериоло-венулярного шунтирования крови, венозного полнокровия и увеличением капиллярного кровотока [5, 13, 14, 15]. Только наличие сопутствующего сахарного диабета у пациентов с облитерирующим поражением периферических артерий не позволяло обнаружить значимых сдвигов функциональных параметров микрососудистого русла на раннем этапе после восстановления кровотока в конечности, обусловленных неустранимыми явлениями латентно протекающих диабетической микроангиопатии и нейропатии [14].

В проведенном исследовании установлено, что у пациентов II группы определялся выше ПШ как до операции, так и после реваскуля-

ризации конечности, проявляя себя на уровне базального кровотока, и был значимо выше после окклюзионной пробы, по сравнению с пациентами I группы, что не обеспечивает адекватную перфузию микроциркуляторного русла, особенно в период реперфузии, и является подтверждением увеличенного артериоло-венулярного сброса.

Изучение механизмов микроциркуляторных изменений показало, что наблюдались исходно ниже значения миогенного и выше нейрогенного компонентов у пациентов II группы при развитии рестенозических осложнений в зоне реконструкции, а в послеоперационном периоде, наряду с вышеуказанными изменениями, которые так и не нормализовались после реваскуляризации конечности, и ниже значения эндотелиального компонента, что демонстрировало нарушение функций активных механизмов модуляции микроциркуляторного кровотока.

Колебательные процессы в эндотелиальном, нейрогенном, миогенном диапазонах как активные компоненты системы микроциркуляции отражают динамические изменения тонусформирующих механизмов, инициируясь именно в микроциркуляторном русле [8]. Улучшение капиллярного кровотока после успешной реваскуляризации конечности в значительной мере связывают с увеличением роли эндотелиальных и миогенных механизмов контроля микроциркуляции [13].

Обращает на себя внимание тот факт, что после реваскуляризации наблюдались значимые отличия между исследуемыми группами и в диапазоне пассивных механизмов: выше зна-

чения дыхательного и сердечного компонентов базального кровотока и после проведения окклюзионной пробы во II группе по сравнению с I группой. Как известно, патофизиологическое значение увеличения амплитуды дыхательной волны указывает на ухудшение венозного оттока [8]. Показатели микроциркуляции можно рассматривать как предикторы рестенозических осложнений в зоне реконструкции при реваскуляризирующих операциях на бедренно-подколенном артериальном сегменте.

Заключение

У пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей при развитии рестенозических осложнений состояние микроциркуляции и механизмы модуляции микрокровотока, отражающие активные и пассивные механизмы регуляции микрогемодинамики, существенно отличаются, исходно и при восстановлении кровотока, что необходимо учитывать при проведении реваскуляризирующих вмешательств на бедренно-подколенном артериальном сегменте. Исследование показателей микроциркуляции с оценкой функциональной активности микроциркуляторного кровотока до и после операции позволит верифицировать имеющиеся нарушения и персонализировать лечебную тактику.

Финансирование

Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований Курского государственного медицинского университета. Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов авторы не получали.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликт интересов отсутствует.

Этические аспекты

Исследование одобрено локально-этическим комитетом Курского государственного медицинского университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аракелян ВС. Пути снижения частоты осложнений у больных, перенесших реконструктивные и эндоваскулярные операции на артериях нижних конечностей. *Ангиология и Сосудистая Хирургия*. 2020;26(1):165-73. doi: 10.33529/ANGIO2020106
2. Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, White JV,

- Dick F, Fitridge R, Mills JL, Ricco JB, Suresh KR, Murad MH, Aboyans V, Aksoy M, Alexandrescu VA, Armstrong D, Azuma N, Belch J, Bergoeing M, Bjorck M, Chakfé N, Cheng S, Dawson J, Debus ES, Dueck A, Duval S, Eckstein HH, Ferraresi R, Gambhir R, Gargiulo M, Geraghty P, Goode S, Gray B, Guo W, Gupta PC, Hinchliffe R, Jetty P, Komori K, Lavery L, Liang W, Lookstein R, Menard M, Misra S, Miyata T, Moneta G, Munoa Prado JA, Munoz A, Paolini JE, Patel M, Pomposelli F, Powell R, Robless P, Rogers L, Schanzer A, Schneider P, Taylor S, De Ceniga MV, Veller M, Vermassen F, Wang J, Wang S; GVG Writing Group for the Joint Guidelines of the Society for Vascular Surgery (SVS), European Society for Vascular Surgery (ESVS), and World Federation of Vascular Societies (WFVS). Global Vascular Guidelines on the Management of Chronic Limb-Threatening Ischemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2019 Jul;58(1 Suppl):S1-S109.e33. doi: 10.1016/j.ejvs.2019.05.006
3. Белов ЮВ, Виноградов ОА, Ульянов НД, Дзюндзя АН. Прогнозирование результатов реваскуляризирующих операций на артериях нижних конечностей на основе методов оценки регионарного кровотока. *Кардиология и Сердечно-Сосудистая Хирургия*. 2014;7(5):62-67. <https://www.mediasphera.ru/issues/kardiologiya-i-serdechno-sosudistaya-khirurgiya/2014/5/031996-63852014512>
4. Гороховский СЮ, Лычиков АА, Каплан МЛ, Тихманович ВЕ. Необходимость и варианты функционального контроля в определении объема оперативного вмешательства при окклюдированных поражениях артерий нижних конечностей. *Новости Хирургии*. 2020;28(5):505-14. doi: 10.18484/2305-0047.2020.5.505
5. Ikeoka K, Watanabe T, Shinoda Y, Minamisaka T, Fukuoka H, Inui H, Ueno K, Inoue S, Mine K, Hoshida S. Pressure- and Velocity-based physiological assessment of stenotic lesions at hyperemia in superficial femoral artery disease: importance of hyperemic stenosis resistance. *Ann Vasc Dis*. 2019 Sep 25;12(3):362-66. doi: 10.3400/avd.oa.19-00034
6. Okamoto S, Iida O, Nakamura M, Yamauchi Y, Fukunaga M, Yokoi Y, Soga Y, Zen K, Hirano K, Suematsu N, Suzuki K, Shintani Y, Miyashita Y, Urasawa K, Kitano I, Yamaoka T, Ohura N, Hamasaki T, Uematsu M, Nanto S; OLIVE Investigators. Postprocedural skin perfusion pressure correlates with clinical outcomes 1 year after endovascular therapy for patients with critical limb ischemia. *Angiology*. 2015 Oct;66(9):862-66. doi: 10.1177/0003319715569907
7. Заболевания артерий нижних конечностей. Клинические рекомендации [Электронный ресурс]. Москва, РФ; 2016. 94 с. Available from: <https://racs.ru/clinic/files/2016/Diseases-lower-limb-arteries.pdf>
8. Крупаткин АИ, Сидоров ВВ. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: рук для врачей. Москва, РФ: ЛИБРО-КОМ; 2013. 496 с.
9. Jasperse JL, Shoemaker JK, Gray EJ, Clifford PS. Positional differences in reactive hyperemia provide insight into initial phase of exercise hyperemia. *J Appl Physiol* (1985). 2015 Sep 1;119(5):569-75. doi: 10.1152/jappphysiol.01253.2013
10. Tremblay B, Kleinsasser A, Stadlbauer KH, Steiner I, Pajk W, Pilch M, Burtcher M, Knotzer H. Cutaneous microvascular blood flow and reactivity

in hypoxia. *Front Physiol.* 2018 Mar 6;9:160. doi: 10.3389/fphys.2018.00160. eCollection 2018

11. Ichinose M, Nakabayashi M, Ono Y. Difference in the integrated effects of sympathetic vasoconstriction and local vasodilation in human skeletal muscle and skin microvasculature. *Physiol Rep.* 2019 Apr;7(7):e14070. doi: 10.14814/phy2.14070

12. Лазаренко ВА, Бобровская ЕА, Путинцева ЕВ, Богданова ЮГ, Жеребилов НН. Оценка состояния системы микроциркуляции и механизмов регуляции тканевого кровотока у больных облитерирующим атеросклерозом при различных уровнях поражения артериального русла. *Курский науч-практ вестн «Человек и Его Здоровье».* 2011;(3):82-86. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-sistemy-mikrotsirkulyatsii-i-mehanizmov-regulyatsii-tkanevogo-krovotoka-u-bolnyh-obliteriruyuschim>

13. Стрельцова НН, Васильев АП, Бессонов ИС, Колунин ГВ. Изменение микроциркуляторной картины у больных перемежающейся хромотой после эндоваскулярного восстановления магистрального кровотока конечности. *Региональное Кровообращение и Микроциркуляция.* 2018;17(2):42-48. doi: <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2018-17-2-42-48>

14. Васильев АП, Стрельцова НН, Бессонов ИС, Коротких АВ. Состояние микроциркуляции у больных атеросклерозом и сахарным диабетом после реваскуляризации конечности. *Ангиология и Судистая Хирургия.* 2020;26(1):22-29. doi: 10.33529/ANGIO2020112

15. Ruzsa Z, Róna S, Tóth GG, Sótonyi P, Bertrand OF, Nemes B, Merkely B, Hüttl K. Fractional flow reserve in below the knee arteries with critical limb ischemia and validation against gold-standard morphologic, functional measures and long term clinical outcomes. *Cardiovasc Revasc Med.* 2018 Mar;19(2):175-81. doi: 10.1016/j.carrev.2017.07.007

REFERENCES

1. Arakelyan VS. Ways of decreasing incidence of complications in patients after endured reconstructive and endovascular operations on lower limb arteries. *Angiologija i Sosudistaja Hirurgija.* 2020;26(1):165-73. doi: 10.33529/ANGIO2020106 (In Russ.)

2. Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, White JV, Dick F, Fitrige R, Mills JL, Ricco JB, Suresh KR, Murad MH, Aboyans V, Aksoy M, Alexandrescu VA, Armstrong D, Azuma N, Belch J, Bergoing M, Bjorck M, Chakfé N, Cheng S, Dawson J, Debus ES, Dueck A, Duval S, Eckstein HH, Ferraresi R, Gambhir R, Gargiulo M, Geraghty P, Goode S, Gray B, Guo W, Gupta PC, Hinchliffe R, Jetty P, Komori K, Lavery L, Liang W, Lookstein R, Menard M, Misra S, Miyata T, Moneta G, Munoa Prado JA, Munoz A, Paolini JE, Patel M, Pomposelli F, Powell R, Robless P, Rogers L, Schanzer A, Schneider P, Taylor S, De Ceninga MV, Veller M, Vermassen F, Wang J, Wang S; GVG Writing Group for the Joint Guidelines of the Society for Vascular Surgery (SVS), European Society for Vascular Surgery (ESVS), and World Federation of Vascular Societies (WFVS). Global Vascular Guidelines on the Management of Chronic Limb-Threatening Ischemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2019 Jul;58(1 Suppl):S1-S109.e33. doi: 10.1016/j.ejvs.2019.05.006

3. Belov Iu V, Vinogradov OA, Ul'ianov ND, Dziundzia AN. Prognosis of revascularization surgery

results on lower limbs arteries on the basis of assessment of regional blood flow. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya.* 2014;7(5):62-67. <https://www.mediasphera.ru/issues/kardiologiya-iserdechno-sosudistayakhirurgiya/2014/5/031996-63852014512> (In Russ.)

4. Gorokhovskiy SY, Lyzikov AA, Kaplan ML, Tihmanovich VE. Expediency and options for functional control in determining the extent of surgery for occlusive lesions of the lower extremity arteries. *Novosti Hirurgii.* 2020;28(5):505-14. doi: 10.18484/2305-0047.2020.5.505 (In Russ.)

5. Ikeoka K, Watanabe T, Shinoda Y, Minamisaka T, Fukuoka H, Inui H, Ueno K, Inoue S, Mine K, Hoshida S. Pressure- and Velocity-based physiological assessment of stenotic lesions at hyperemia in superficial femoral artery disease: importance of hyperemic stenosis resistance. *Ann Vasc Dis.* 2019 Sep 25;12(3):362-66. doi: 10.3400/avd.oa.19-00034

6. Okamoto S, Iida O, Nakamura M, Yamauchi Y, Fukunaga M, Yokoi Y, Soga Y, Zen K, Hirano K, Suematsu N, Suzuki K, Shintani Y, Miyashita Y, Urasawa K, Kitano I, Yamaoka T, Ohura N, Hamasaki T, Uematsu M, Nanto S; OLIVE Investigators. Postprocedural skin perfusion pressure correlates with clinical outcomes 1 year after endovascular therapy for patients with critical limb ischemia. *Angiology.* 2015 Oct;66(9):862-66. doi: 10.1177/0003319715569907

7. Zabolevanija arterij nizhnih konechnostej. Klinicheskie rekomendacii [Elektronnyj resurs]. Moscow, RF; 2016. 94 p. Available from: <https://raccv.ru/clinic/files/2016/Diseases-lower-limb-arteries.pdf> (In Russ.)

8. Krupatkin AI, Sidorov VV. Funkcional'naja diagnostika sostojanija mikroirkuljatorno tkanevyh sistem: kolebanija, informacija, nelinejnost': ruk dlja vrachej. Moscow, RF: LIBROKOM; 2013. 496 p. (In Russ.)

9. Jasperse JL, Shoemaker JK, Gray EJ, Clifford PS. Positional differences in reactive hyperemia provide insight into initial phase of exercise hyperemia. *J Appl Physiol* (1985). 2015 Sep 1;119(5):569-75. doi: 10.1152/jappphysiol.01253.2013

10. Treml B, Kleinsasser A, Stadlbauer KH, Steiner I, Pajk W, Pilch M, Burtscher M, Knotzer H. Cutaneous microvascular blood flow and reactivity in hypoxia. *Front Physiol.* 2018 Mar 6;9:160. doi: 10.3389/fphys.2018.00160. eCollection 2018

11. Ichinose M, Nakabayashi M, Ono Y. Difference in the integrated effects of sympathetic vasoconstriction and local vasodilation in human skeletal muscle and skin microvasculature. *Physiol Rep.* 2019 Apr;7(7):e14070. doi: 10.14814/phy2.14070

12. Lazarenko VA, Bobrovskaya EA, Putintseva EV, Bogdanova YuG, Zherebilov NN. The assessment of the microcirculation system and mechanisms of regulation of tissue blood flow in patients with obliterating atherosclerosis in various degrees of the arterial bed. *Kurskij nauch-prakt vestn «Chelovek i Ego Zdorov'e».* 2011;(3):82-86. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-sistemy-mikrotsirkulyatsii-i-mehanizmov-regulyatsii-tkanevogo-krovotoka-u-bolnyh-obliteriruyuschim> (In Russ.)

13. Streltsova NN, Vasilyev AP, Bessonov IS, Kolunin GV. The microcirculatory changes in patients with intermittent claudication after endovascular restoration of main blood flow to the extremity. *Regionarnoe Krovoobrashchenie i Mikrotsirkuljatsiia.*

2018;17(2):42-48. doi: <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2018-17-2-42-48> (In Russ.)

14. Vasil'ev AP, Strel'cova NN, Bessonov IS, Korotkih AV. State of microcirculation in patients with atherosclerosis and diabetes mellitus after limb revascularization. *Angiologija i Sosudistaja Hirurgija*. 2020;26(1):22-29. doi: 10.33529/ANGIO2020112 (In Russ.)

Адрес для корреспонденции

305041, Российская Федерация,
г. Курск, ул. К. Маркса, д. 3,
Курский государственный медицинский
университет, кафедра хирургических болезней
Института непрерывного образования,
тел.: +7 4712 58-81-32,
e-mail: azaroks@mail.ru,
Лазаренко Виктор Анатольевич

Сведения об авторах

Лазаренко Виктор Анатольевич, д.м.н., профессор,
заведующий кафедрой хирургических болезней
Института непрерывного образования, Курский го-
сударственный медицинский университет, г. Курск,
Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0002-2069-7701>

Бобровская Елена Анатольевна, д.м.н., доцент,
профессор кафедры хирургических болезней Ин-
ститута непрерывного образования, Курский го-
сударственный медицинский университет, г. Курск,
Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0003-3898-5522>

Информация о статье

Поступила 12 февраля 2021 г.

Принята в печать ? 2022 г.

Доступна на сайте 28 апреля 2022 г.

15. Ruzsa Z, Róna S, Tóth GG, Sótonyi P, Bertrand OF, Nemes B, Merkely B, Hüttl K. Fractional flow reserve in below the knee arteries with critical limb ischemia and validation against gold-standard morphologic, functional measures and long term clinical outcomes. *Cardiovasc Revasc Med*. 2018 Mar;19(2):175-81. doi: 10.1016/j.carrev.2017.07.007

Address for correspondence

305041, Russian Federation,
Kursk, K.Marx Street, 3,
Kursk State Medical University,
the Department of Surgical Diseases
of the Institute of Continuing Education,
tel. +7 4712 58-81-32,
e-mail: azaroks@mail.ru,
Lazarenko Victor A.

Information about the authors

Lazarenko Victor A., MD, Professor, Head of the
Department of Surgical Diseases of the Institute of
Continuing Education, Kursk State Medical University,
Kursk, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0002-2069-7701>

Bobrovskaya Elena A., MD, Associate Professor, the
Department of Surgical Diseases of the Institute of
Continuing Education, Kursk State Medical University,
Kursk, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0003-3898-5522>

Article history

Arrived: 12 February 2021

Accepted for publication: ?

Available online: 28 April 2022