УДК 616.13.002.2
DOI: 10.24884/1682-6655-2018-17-2-42-48

СТРЕЛЬЦОВА Н. Н., ВАСИЛЬЕВ А. П., БЕССОНОВ И. С., КОЛУНИН Г. В.

Изменение микроциркуляторной картины у больных перемежающейся хромотой после эндоваскулярного восстановления магистрального кровотока конечности

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», г. Томск, Россия, Тюменский кардиологический научный центр
634009, Россия, г. Томск, пер. Кооперативный, д. 5
e-mail: sss@cardio.tmn.ru

Статья поступила в редакцию 19.02.18; принята к печати 19.03.18

Резюме

Введение. Большое патогенетическое значение у больных перемежающейся хромотой (ПХ) имеет состояние микроциркуляции (МЦ). Это делает ценным выявление ее особенностей после эндоваскулярных вмешательств на артериях конечности.

Цель – оценить характер изменения МЦ после восстановления магистрального кровотока в конечности у больных ПХ.

Материал и методы. У 37 больных до и через 1 месяц после ангиопластики артерии нижней конечности исследовали МЦ методом лазерной допплеровской флоуметрии.

Результаты. Восстановление магистрального кровотока сопровождалось увеличением нутритивного кровотока на 56,0 %, уменьшением артериоло-венулярного шунтирования (–30,7 %) и венозного полнокровия (–13,5 %).

Заключение. Восстановление кровотока в конечности у больных ПХ приводит к сбалансированности МЦ-процессов.

Ключевые слова: *перемежающаяся хромота, микроциркуляция, эндоваскулярная реваскуляризация*

Для цитирования: *Стрельцова Н. Н., Васильев А. П., Бессонов И. С., Колунин Г. В. Изменение микроциркуляторной картины у больных перемежающейся хромотой после эндоваскулярного восстановления магистрального кровотока конечности. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2018;17(2):44–50. doi: 10.24884/1682-6655-2018-17-2-42-48*

UDC 616.13.002.2
DOI: 10.24884/1682-6655-2018-17-2-42-48

STRELTSOVA N. N., VASILYEV A. P., BESSONOV I. S., KOLUNIN G. V.

The microcirculatory changes in patients with intermittent claudication after endovascular restoration of main blood flow to the extremity

Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia
634009, Russia, Tomsk, Kooperativny street, 5
e-mail: sss@cardio.tmn.ru

Received 19.02.18; accepted 19.03.18.

Summary

The functional state of microvascular blood flow is the major pathogenic determinant in patients with intermittent claudication (IC). Revealing features of microcirculation (MC) shifts has been especially valuable after endovascular interventions.

Purpose. To assess the alterations in MC profile after the restoration of main blood flow to affected extremity in patients with IC.

Material and methods. MC was assessed by laser Doppler flowmetry in 37 patients before and 1 month after lower extremity angioplasty.

Results. Restoration of main blood flow was associated with increased nutritional blood flow by 56.0 %, decreased arteriole-venule shunts by 30.7 % and venous congestion by 13.5 %.

Conclusion. Endovascular interventions in patients with IC are associated with recovery of balance in MC processes.

Key words*: intermittent claudication, microcirculation, endovascular revascularization of the limb*

For citation: *Streltsova N. N., Vasilyev A. P., Bessonov I. S., Kolunin G. V. The microcirculatory changes in patients with intermittent claudication after endovascular restoration of main blood flow to the extremity. Regional hemodynamics and microcirculation. 2018;17(2):44–50. doi: 10.24884/1682-6655-2018-17-2-42-48*

Введение

Перемежающаяся хромота (ПХ) – основной синдром атеросклеротического поражения артерий нижних конечностей – является довольно распространенной патологией, составляя около 20 % от всех сердечно-сосудистых заболеваний и встречается в зависимости от возраста у 0,9–7 % лиц [2, 12]. Этот факт, а также очень серьезный прогноз атеросклеротического поражения артерий нижних конечностей делает весьма актуальными раннее выявление и эффективное его лечение. Представляя собой одно из генерализованных проявлений атеросклероза, ПХ очень часто сочетается с поражением других сосудистых регионов, вызывающих тяжелые сосудистые катастрофы, – инфаркт миокарда, инсульт. На этом фоне симптоматике артериальной недостаточности нижних конечностей не всегда придается должное значение. Это является одной из возможных причин того, что на момент обращения к врачу пациент находится на стадии заболевания, требующей эндоваскулярного либо оперативного вмешательства. В ряде случаев восстановление кровотока является единственным способом спасения конечности от высокой ампутации.

В настоящее время существует 2 метода реваскуляризации: открытая операция (шунтирование) и чрескожная баллонная ангиопластика. Исследования последних лет продемонстрировали сходные результаты этих вмешательств [12]. Преимущества баллонной ангиопластики заключаются в том, что она осуществляется через прокол кожи, не требует общего обезболивания, характеризуется низким риском осложнений и позволяет проводить раннюю мобилизацию больного.

В патогенезе ПХ, помимо окклюзии магистральной артерии, определяющее значение имеет состояние терминального сосудистого русла. Многочисленные исследования продемонстрировали при данной патологии выраженные изменения микроциркуляции (МЦ) [1, 3, 5, 13]. В частности, показаны изменения микрососудов спастико-атонического характера с интенсификацией артериоло-венулярного шунтирования крови, ограничением нутритивного кровотока и формированием венозного застоя [3, 5]. Эндоваскулярное восстановление магистрального кровотока, сопровождающееся улучшением клинической картины – увеличением дистанции безболевой ходьбы, ростом лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ), – безусловно, отражается на микроциркуляторной картине. В этой связи оценка характера сдвигов гемоциркуляции на уровне терминального сосудистого русла имеет не только теоретическое, но и практическое значение, поскольку позволит рассмотреть возможность использования дополнительных консервативных методов воздействия, помимо традиционных (статины, дезагреганты, пентоксифиллин и др.).

Исходя из изложенного, **целью** исследования явилась оценка характера изменения микроциркуляторной картины после восстановления магистрального кровотока пораженной конечности у больных перемежающейся хромотой.

Материал и методы исследования

В исследование включены 37 больных мужского пола с ангиографически подтвержденным облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей (стеноз магистральной артерии более 80 % или его окклюзия: поражение подвздошно-бедренного сегмента – у 21 пациента, бедренно-подколенного сегмента – у 16), с ПХ IIБ стадии (по А. В. Покровскому) и ЛПИ≤0,85, без заболеваний крови, бронхо-легочной патологии, сахарного диабета, сложных нарушений ритма и сердечной недостаточностью не выше II функционального класса. В исследование были включены пациенты с классом поражения A и B по классификации TASK II. При проведении эндоваскулярного вмешательства использовали контралатеральный бедренный доступ. В случае стенотического поражения, после проведения сосудистого проводника, выполняли баллонную предилатацию. Реканализацию окклюзий проводили антеградным методом, с использованием поддерживающих катетеров. При неудовлетворительном результате после проведения предилатации (остаточный стеноз более 30 %, наличие дессекции артерии) выполняли имплантацию стента с последующей постдилатацией. Во всех случаях был восстановлен магистральный кровоток. В качестве критерия выраженности артериальной недостаточности использовали ЛПИ – объективный, хорошо воспроизводимый, простой, надежный и широко используемый в клинической практике показатель, имеющий также прогностическое значение [4, 14], что выгодно отличает его от традиционно используемого теста – дистанции безболевой ходьбы. Все пациенты получали базовую терапию, включавшую статины, аспирин, а при необходимости – гипотензивные препараты. За 3-е суток до исследования препараты с вазолитическим действием отменялись. На исходном этапе и через 1 месяц после баллонной ангиопластики с последующим стентированием пораженного сегмента артерии исследовали состояние МЦ кожи методом лазерной допплеровской флоуметрии (ЛДФ) на аппарате «ЛАКК-М» (НПП «Лазма», Россия). Исследование проводили в соответствии с существующими рекомендациями [6, 7]. Датчик фиксировали на тыльной поверхности стопы пораженной конечности на уровне 2-го пальца. Исследовали показатель микроциркуляции (ПМ; перф. ед.), отражающий средний уровень гемоперфузии в единице объема ткани за единицу времени. Расчет амплитудно-частотного спектра колебаний перфузии осуществлялся методом вейвлет-преобразования. Оценивали амплитудные показатели, отражающие активные, тонусформирующие механизмы контроля микроциркуляции – выраженность эндотелиальной (Аэ), нейрогенной (Ан), миогенной (Ам) функции микрососудов – и пассивные факторы регуляции, дающие представление о выраженности венозного оттока (Ад) и о пульсовом кровотоке (Ас). Общую мощность спектра флаксмоций определяли как сумму показателей амплитуд ритмических составляющих: $M=Аэ^2+Ан^2+Ам^2+Ад^2+Ас^2$, а вклад каждого компонента спектра рассчитывали по формуле $Ai/M\cdot100$ %. Нейрогенный тонус прекапиллярных резистивных микрососудов определяли по формуле

НТ=СКО·АДср/Ан·ПМ (ед.),

где СКО – среднее квадратичное отклонение показателя МЦ; АДср – среднее артериальное давление ((АД систолическое – АД диастолическое)/3+АД диастолическое); Ан – наибольшее значение амплитуды колебаний перфузии в нейрогенном частотном диапазоне; ПМ – показатель микроциркуляции. Миогенный тонус метартериол и прекапиллярных сфинктеров определяли как

МТ=СКО·АДср/Ам·ПМ (ед.),

где Ам – максимальное значение амплитуды колебаний кровотока в миогенном частотном диапазоне. Показатель артериоло-венулярного шунтирования крови вычисляли по формуле

ПШ=МТ/НТ (ед.).

Нутритивный кровоток ($М_{нутр}$) определялся как отношение ПМ/ПШ (ед.) [7]. В ходе исследования проводили окклюзионную пробу с расчетом резерва капиллярного кровотока (РКК), максимальной тканевой перфузии ($ПМ_{мах}$) и периода полувосстановления исходного уровня перфузии ($Т_{1/2}$). По методике [9] оценивали гемодинамические типы МЦ (ГТМ) с выделением нормоциркуляторного (НГТМ), спастического (СГТМ), гиперемического (ГГТМ) и застойно-стазического (ЗГТМ) вариантов.

Полученные результаты исследований обработаны с использованием IBM «SPSS Statistic 21» for Windows. Для анализа распределения переменных применяли критерий Колмогорова–Смирнова. Поскольку распределение почти всех изучаемых показателей было отличным от нормального, для оценки различий показателей до и после исследования использовали критерий Вилкоксона. Полученные данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха, 25–75 процентили (Me [Q_1; Q_2]). Различия считали статистически значимыми при двустороннем уровне значимости $p<0,05$.

Представленная работа одобрена Этическим комитетом Тюменского кардиологического научного центра и выполнена в соответствии со стандартами Good Clinical Practice и принципами Хельсинской декларации. У всех исследуемых пациентов получено письменное информированное согласие.

Результаты исследования и их обсуждение

На исходном этапе исследования, как было продемонстрировано в ранее полученных результатах [3, 13], МЦ кожи пораженной конечности у больных ПХ характеризовалась закономерными изменениями параметров ЛДФ, свидетельствующими о спастико-атонических сдвигах МС русла и перераспределении кровотока: спазме метартериол и прекапиллярных сфинктеров с ограничением нутритивного кровотока, с одной стороны, и дилатации артериол, увеличении притока крови в прекапиллярный сегмент, раскрытие артериоло-венулярных шунтов, возникновении венозного полнокровия и, как следствие, нарастании нарушений гемореологии, с другой.

После реваскуляризации магистральной артерии у всех пациентов отмечалось прекращение боли в конечности при ходьбе и увеличение ЛПИ с 0,65 [0,54; 0,79] ед. до 0,91 [0,79; 0,98] ед. ($p<0,001$). Улучшение клинической картины сопровождалось существенными сдвигами показателей микрогемоциркуляции. Несмотря на то, что при повторном исследовании через 1 месяц значения общей тканевой гемоперфузии

Значения ЛПИ и показателей ЛДФ у больных перемежающейся хромотой до и через 1 месяц после восстановления кровотока в магистральной артерии, Me [25; 75]

ABI and Laser Doppler flowmetry parameters in patients with intermittent claudication before and 1 month after the restoration of blood flow in main artery, Me [25; 75]

Показатель	Исходно	Через 1 месяц после эндоваскулярной реваскуляризации	p
ЛПИ, ед.	0,65 [0,54; 0,79]	0,91 [0,79; 0,98]	0,001
ПМ, перф. ед.	6,9 [5,5; 9,3]	6,9 [5,6; 9,5]	0,74
Аэ, перф. ед.	0,35 [0,22; 0,64]	0,35 [0,27; 0,45]	0,091
Ан, перф. ед.	0,49 [0,33; 0,71]	0,32 [0,20; 0,34]	0,004
Ам, перф. ед.	0,24 [0,13; 0,4]	0,24 [0,10; 0,35]	0,17
Ад, перф. ед.	0,15 [0,09; 0,25]	0,13 [0,07; 0,23]	0,05
Ас, перф. ед.	0,11 [0,08; 0,19]	0,16 [0,11; 0,20]	0,037
МТ, ед.	66,1 [46,9; 77,5]	36,1 [25,2; 52,3]	0,017
НТ, ед.	24,1 [12,6; 28,9]	34,2 [23,6; 53,4]	0,046
ПШ, ед.	2,25 [1,30; 3,18]	1,56 [1,05; 1,80)	0,028
$М_{нутр}$, ед.	3,27 [2,32; 5,54]	5,11 [3,35; 8,12]	0,021
РКК, %	145,6 [120,1; 190,8]	217,3 [133,0; 267,0]	0,017
$ПМ_{мах}$, перф. ед.	10,5 [7,4; 16,5]	13,9 [9,6; 17,3]	0,023
Т1/2, ед.	5,6 [2,8; 13,2]	2,95 [1,7; 6,4]	0,05

Примечание: Me [25; 75] – медиана (25–75-й процентили); p – уровень значимости; Аэ, Ан, Ам, Ад, Ас – амплитудные показатели в различных частотных диапазонах; ЛДФ – лазерная допплеровская флоуметрия; ЛПИ – лодыжечно-плечевой индекс; $М_{нутр}$ – величина нутритивного кровотока; НТ, МТ – нейрогенный и миогенный тонус; ПМ – показатель микроциркуляции; $ПМ_{мах}$ – максимальная тканевая перфузия; ПШ – показатель шунтирования; РКК – резерв капиллярного кровотока; Т1/2 – период полувосстановления исходного уровня перфузии.

(ПМ), как показано в таблице, не претерпели изменений (6,9 [5,5; 9,3] и 6,9 [5,6; 9,5] перф. ед.), в структуре МЦ выявлены значительные преобразования. Прежде всего, необходимо отметить статистически значимое снижение амплитуды колебаний кровотока в нейрогенном диапазоне (Ан) с 0,49 [0,33; 0,71] до 0,32 [0,20; 0,34] перф. ед. (на 59,4 %), свидетельствующее об активации симпатических вазомоторных волокон, увеличении тонуса артериол и ограничении по ним кровотока. Представленные результаты хорошо согласуются с ростом показателя нейрогенного тонуса с 24,1 [12,6; 28,9] до 34,2 [23,6; 53,4] ед. (p=0,046). Исходная дилатация артериол – так называемая паралитическая гиперемия, по нашему мнению [3], может быть связана с ишемической нейропатией, десимпатизацией артериальной стенки и ограничением констрикторного контроля сосудистого тонуса. Восстановление кровотока в конечности и ликвидация тканевой ишемии ведут к восстановлению адекватной нейрогенной регуляции функции микрососудистого русла. Это находит подтверждение в изменении показателя, отражающего рост реактивности сосудистой стенки в результате активизации симпатической иннервации, – сокращение периода полувосстановления кровотока после окклюзионной пробы ($T_{1/2}$) на 47,3 % (p=0,05). Полученные данные указывают на обратимость ишемических патофизиологических процессов на этапе проведения реваскуляризации.

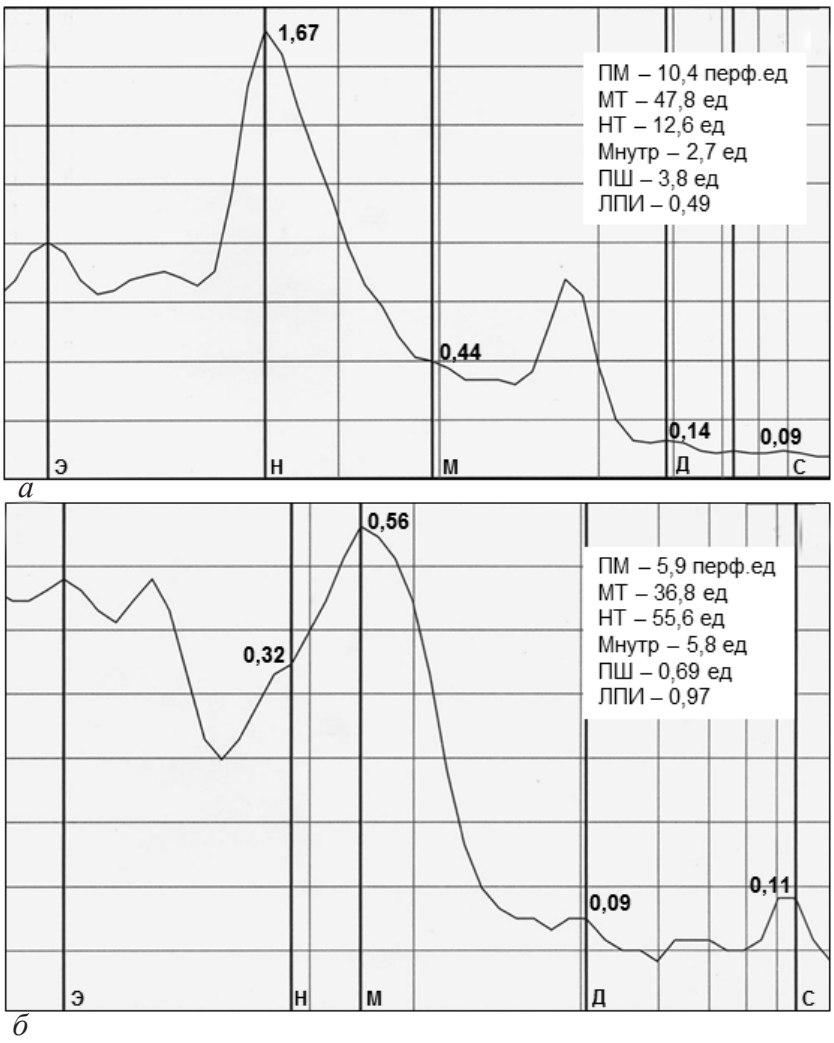

Рис. 1. Примеры ЛДФ-грамм больного перемежающейся хромотой на исходном этапе исследования (*а*) и после баллонной ангиопластики бедренной артерии (*б*) (вейвлет-преобразование). Показатели амплитуд колебаний кровотока в эндотелиальном (Э), нейрогенном (Н), миогенном (М), дыхательном (Д) и пульсовом (С) частотных диапазонах представлены в перф. ед.: ЛПИ – лодыжечно-плечевой индекс; $М_{нутр}$ – нутритивный кровоток; МТ – миогенный тонус; НТ – нейрогенный тонус; ПМ – показатель общей перфузии; ПШ – показатель шунтирования

Fig. 1. Example of Laser Doppler flowmetry in a patient with intermittent claudication at baseline (*a*) and after percutaneous transluminal angioplasty in femoral artery (*b*) (wavelet transform). Amplitudes of blood flow oscillations in endothelial (E), neurogenic (N), myogenic (M), respiratory (R) and pulse (C) frequency ranges measured in perfusion units. ABI – ancle-brachial index; NBF – nutritional blood flow; MT – myogenic tone; NT – neurogenic tone; TP – total perfusion rate; ShV – shunt values

Известно, что ишемия ткани, вызванная окклюзией приводящей артерии, сопровождается снижением давления в микрососудах, вызывает их спазм, замедление линейной и объемной скоростей кровотока в капиллярах. Это обуславливает уменьшение плотности функционирующих капилляров [11]. Данную картину функциональной перестройки микрососудистого русла мы наблюдаем у больных ПХ на исходном этапе исследования (таблица).

Восстановление магистрального кровотока в конечности приводит к снижению тонуса метартериол и прекапилляров, о чем свидетельствует уменьшение показателя МТ на 36,4 % (p=0,017). Кроме того, ангиопластика пораженной артерии сопровождается ростом пульсового кровенаполнения микрососудистого русла, которое отражается увеличением амплитуды флаксмоций в пульсовом частотном диапазоне с 0,11 [0,08; 0,19] до 0,16 [0,11; 0,20] перф. ед. (+45,4 %; p=0,037). Следствием выявленных изменений в регуляции микрогемоциркуляции является рост капиллярного кровотока ($М_{нутр}$) с 3,27 [2,32; 5,54] до 5,11 [3,35; 8,12] ед. (p=0,021) и ограничение шунтового артериоло-венулярного сброса крови (ПШ) с 2,25 [1,30; 3,18] до 1,29 [1,05; 1,80] ед. (p=0,028). Последнее, в свою очередь, создает условия для уменьшения венозного полнокровия, представление о котором дает снижение амплитуды осцилляций в респираторном частотном диапазоне с 0,15 [0,09; 0,25] до 0,13 [0,07; 0,23] перф. ед. (p=0,05). Физиологическое значение полученных сдвигов заключается в том, что, как известно, ослабление венозного застоя и увеличение скорости кровотока оказывают благоприятное

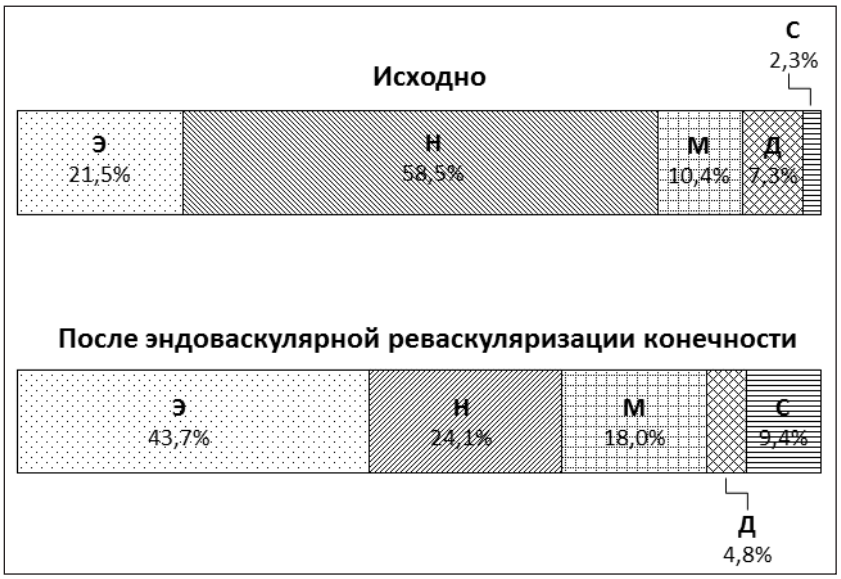

Рис. 2. Вклад различных механизмов контроля МЦ у больных перемежающейся хромотой на исходном этапе исследования и после восстановления кровотока в конечности: Э – эндотелиальный; Н – нейрогенный; М – миогенный; Д – дыхательный; С – пульсовой факторы контроля микрокровотока

Fig. 2. Parameters of various MC control mechanisms in patients with IC at baseline and after the restoration of blood flow to the extremity: Э – endothelial; Н – neurogenic; М – myogenic; Д – respiratory; С – pulse factors of micro-blood flow regulation

влияние на состояние реологических свойств крови [2, 10, 15].

Через 1 месяц после восстановления магистрального кровотока в нижней конечности наблюдается существенный прирост показателя РКК, составивший 217,3 [133,0; 267,0] против 145,6 [120,1; 190,8] % на исходном этапе исследования (p=0,017), и показателя $ПМ_{мах}$ с 10,5 [7,4; 16,5] до 13,9 [9,6; 17,3] перф. ед. (p=0,023). В многочисленных исследованиях установлено, что увеличение показателей постокклюзионной гиперемии обусловлено ростом числа функционирующих капилляров, уменьшением застоя в венулярном звене микрососудистого русла, восстановлением способности эндотелия реагировать на напряжение сдвига [7, 9, 16].

Полученные данные хорошо иллюстрируют показанные на рис. 1 амлитудно-частотные вейвлет-спектры осцилляций микрокровотока больного К., 63 г., с ПХ IIБ ст. до (рис.1, *а*) и после (рис.1, *б*) успешной эндоваскулярной реваскуляризации стенозированной бедренной артерии. На исходном этапе доминирующая роль в обеспечении тканевой гемоперфузии принадлежит нейрогенному фактору (Ан – 1,67 перф. ед.). Отмечается сравнительно низкий показатель пульсового кровенаполнения (Ас – 0,09 перф. ед.). При этом выявляется снижение продуктивности гемоциркуляции – сброс крови по артериоло-венулярным шунтам (ПШ – 3,8 ед.) на фоне уменьшения НТ (12,6 ед.) и повышенного МТ (47,8 ед.). Полученные данные вполне логично обосновывают факт ограничения капиллярного кровотока ($М_{нутр}$ – 2,7 ед.). Через 1 месяц после восстановления магистрального кровотока в конечности МЦ претерпевает существенные изменения. Преобладающей становится амплитуда колебаний кровотока в миогенном диапазоне, указывающая на снижение тонуса метартериол и прекапиллярных сфинктеров (Ам – 0,56 перф. ед.). Это согласуется со снижением показателя МТ (36,8 ед.) на 23 % и ростом показателя $М_{нутр}$ (5,8 ед.) на 114,8 %, свидетельствующего об увеличении объемного капиллярного кровотока. Повышение при этом НТ (55,6 ед.) на 34,0 % и ограничение артериолярного кровотока (Ан – 0,32 перф. ед.) сопровождается уменьшением артериоло-венулярного шунтирования крови (ПШ – 0,69 ед.) и венозного полнокровия (уменьшением Ад на 11,1 %). Представленная модификация параметров ЛДФ указывает на оптимизацию микрогемоциркуляции и сопровождается существенным улучшением клинической картины, увеличением переносимости физической нагрузки и ростом значений ЛПИ с 0,49 до 0,97.

Безусловный интерес представляет анализ вклада отдельных ритмических составляющих в общую мощность спектра флаксмоций (рис. 2). У больных ПХ на исходном этапе исследования вклад в спектр активных факторов представлен в основном ритмическими составляющими в нейрогенном (58,5 %) частотном диапазоне; среди пассивных механизмов контроля кровотока преобладали колебания в респираторном диапазоне (7,3 %), что подтверждает факт артериолярной гиперемии и венозного полнокровия, доминирующих в МЦ-картине. Спустя 1 месяц после реваскуляризации конечности основной вклад в спектре активных факторов МЦ представлен флаксмоциями в эндотелиальном частотном диапазоне, который возрос с 21,5 до 43,7 %; участие миогенных механизмов контроля микрокровотока составило 18,0 против 10,4 % на исходном этапе исследования. Пассивные факторы гемоциркуляции характеризовались ростом доли пульсового кровенаполнения (9,4 против 2,3 %) и снижением участия дыхательных механизмов с 7,3 до 4,8 %. Таким образом, после успешного восстановления магистрального кровотока в конечности наблюдалось увеличение на уровне микрососудистого русла роли эндотелиальных и миогенных механизмов контроля МЦ, в значительной мере определяющих капиллярный кровоток.

Общие представления о характере сдвигов микрососудистой гемоциркуляции дает анализ изменения гемодинамических типов МЦ (ГТМ) под влиянием эндоваскулярной терапии больных ПХ. Как показано на рис. 3, через 1 месяц наблюдалось уменьшение числа пациентов с наиболее прогностически неблагоприятным – застойно-стазическим – ГТМ с 24,3 до 10,9 %; реже встречался гиперемический тип (у 29,7 против 40,6 % первоначально). В то же время возросло число лиц с нормоциркуляторным ГТМ с 16,2

до 29,7 %. Несмотря на некоторую условность представленной классификации, в целом можно говорить о позитивных гемодинамических преобразованиях микроциркуляции.

Заключение

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о выраженных нарушениях процессов МЦ у больных облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей, отличающихся констрикцией прекапилляров, снижением капиллярного кровотока, артериолярной гиперемией, интенсификацией артериоло-венулярного шунтирования крови и венозного полнокровия. Восстановление магистрального кровотока в конечности, т. е. устранение основной причины тканевой ишемии, создает условия для нормализации функционирования микрососудистого русла. Прежде всего, это находит отражение в позитивных сдвигах наиболее важных патофизиологических процессов.

Во-первых, улучшение магистрального кровотока приводит к снижению миогенного констрикторного влияния на метаартериолы и прекапиллярные сфинктеры и, как следствие, увеличению плотности функционирующих капилляров, капиллярного кровотока и резервного потенциала микрососудистого русла. Это обеспечивает адекватный метаболическим запросам капиллярнотрофический эффект. Во-вторых, снижение тканевой ишемии в результате восстановления капиллярного кровотока уменьшает проявления ишемической нейропатии и тем самым приводит к восстановлению адекватного констрикторного нейрогенного контроля тонуса артериол, снижению так называемой паралитической гиперемии, ограничению артериоло-венулярного шунтирования крови и венозного полнокровия. Ликвидация венозного застоя и активизация венозного оттока сопровождаются улучшением реологических свойств крови.

Таким образом, успешное эндоваскулярное реконструктивное вмешательство у больных ПХ сопровождается комплексом взаимосвязанных и взаимообусловленных сдвигов, обеспечивающих оптимизацию регуляции МС-русла, что, безусловно, является основополагающим фактором улучшения клинической картины.

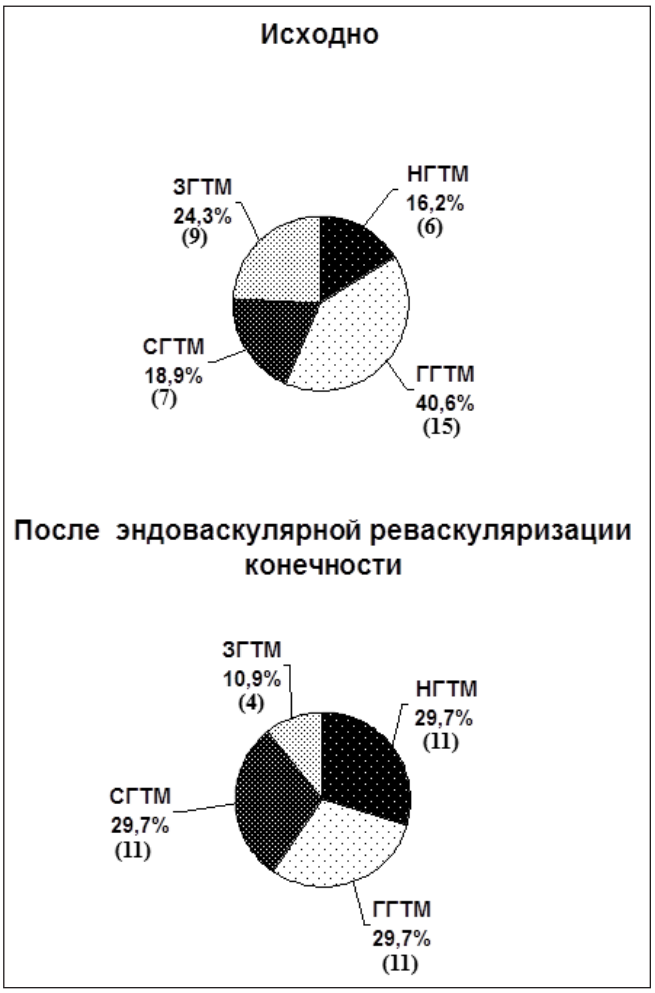

Рис. 3. Частота встречаемости различных гемодинамических типов микроциркуляции у больных перемежающейся хромотой на исходном этапе исследования и после эндоваскулярной реваскуляризации конечности: НГТМ – нормоциркуляторный; ГГТМ – гиперемический; ЗГТМ – застойно-стазический; СГТМ – спастические гемодинамические типы микроциркуляции

Fig. 3. The frequency of occurrence of various hemodynamic microcirculation types in patients with IC at baseline and after endovascular revascularization of the limb: НГТМ – normal circulation; ГГТМ – hyperemic; ЗГТМ – congestive type; СГТМ – spastic hemodynamic types of microcirculation.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interests.

Литература / References

1. Азизов Г. А., Дуванский В. А., Гагарин Е. Н. и др. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке микроциркуляции у больных облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей // Лазер. мед. – 2011. – Т. 15. – № 2. – С. 115. [Azizov GA, Duvanskiy VA, Gagarin EN et al. Laser Doppler flowmetry for evaluation of microcirculation in patients with obliterating atherosclerosis of the lower extremities. Laser Medicine. 2011;15(2):15. (In Russ)].

2. Болезни сердца и сосудов: рук-во Европ. об-ва кардиол. / под ред. Джона Кэма А., Томаса Ф. Люшера, Патрика В. Серруиса, Е. В. Шляхто. – М.: Гоэтар, 2011. [John Camm A, Thomas F Luscher, Patrick W Serruys. Lane, Shljahto EV, editors. The ESC Textbook of Cardiovascular Medicine. Moscow: Gojetar; 2011. (In Russ)].

3. Васильев А. П., Стрельцова Н. Н., Саламова Л. А. Функциональное состояние микрогемоциркуляции кожи у больных облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей по данным лазерной допплеровской // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2017. – Т. 16. – № 4. – С. 35–41. doi: 10.24884/1682-6655-2017-16-4-35-41. [Vasiliev AP, Streltsova NN, Salamova LA. Functionality of skin microhemocirculation in patientswith obliterating atherosclerosis of lower extremity arteriesas per laser doppler flowmetry. Regional hemodynamics and microcirculation. 2017;16(4):35-41. (In Russ)].

4. Клинические рекомендации по ведению пациентов с сосудистой артериальной патологией (Российский согласительный документ). М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. – 423 с. [Clinical recommendations for the management of patients with vascular arterial pathology (Russian conciliation document). Moscow: NCCVS, 2010. 423 p. (In Russ)].

5. Козлов В. И. Капилляроскопия в клинической практике. – М.: Практ. мед., 2015. [Kozlov VI. Capillaroscopy in clinical practice. Moscow: Practical medicine; 2015. (In Russ)].

6. Козлов В. И., Дуванский В. А., Азизов Г. А. и др. Лазерная допплеровская флоуметрия (ЛДФ) и оптическая тканевая оксиметрия (ОТО) в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови: метод. реком.: реком. ФМБА России. – М., 2014. [Kozlov VI, Duvanskij VA, Azizov GA et al. Laser Doppler flowmetry and optical tissue oximetry (OTO) in assessment of microcirculation and disorders. Methodical recommendations. Guidelines of Federal Medical and Biological Agency of Russia. Moscow, 2014. (In Russ)].

7. Крупаткин А. И., Сидоров В. В. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: рук-во для врачей. – М.: Либроком, 2013. [Krupatkin AI, Sidorov VV. Functional diagnostics of mikrotsirkuljatorno-tissue systems: Fluctuations, information, nonlinearity. Guide for Physicians. Moscow: Librokom, 2013. (In Russ)].

8. Левин Г. Я., Кудрицкий С. Ю., Изумрудов М. Р. Корреляция изменений гемореологии и микроциркуляции при синдроме диабетической стопы // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2011. – Т. 39. – № 3. – С. 44–48. [Levin GY, Kudritsky SJ, Izumrudov MR. Correlation changes of hemorheology and microcirculation in diabetic foot. Regional hemodynamics and microcirculation. 2011;39(3):44-48. (In Russ)].

9. Маколкин В. И. Микроциркуляция в кардиологии. – М.: Визарт, 2004. [Makolkin VI. Microcirculation in cardiology. Moscow: Vizart; 2004. (In Russ)].

10. Муравьев А. В., Михайлов П. В., Тихомирова И. А. Микроциркуляция и гемореология: точки взаимодействия // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2017. – Т. 16. – № 2. – С. 90–100. [Muravyov AV, Mikhailov PV, Tikhomirova IA. Microcirculation and Hemorheology: points of interaction. Regional hemodynamics and microcirculation. 2017;16(2):90-100. (In Russ)].

11. Мчедлишвили Г. И. Микроциркуляция. Общие закономерности и нарушения. –Л.: Наука, 1989. [Mchedlishvili GI. Microcirculation. General regularities and irregularities. Leningrad: Nauka»; 1989. (In Russ)].

12. Национальные рекомендации по ведению пациентов с патологией артерий нижних конечностей // Ангиол. и сосуд. хир. – 2013. – № 2 (Прил.). – С. 1–67. [National guidelines for the management of patients with diseases of the arteries of the lower limbs. Angiologi and vascular surgery. 2013;(2 supp):1-67. (In Russ)].

13. Стрельцова Н. Н., Васильев А. П., Шипицына Н. В. и др. Лазерная допплеровская флоуметрия в выявлении особенностей тканевого микрокровотока у больных с различной выраженностью перемежающейся хромоты // Лазер. мед. – 2017. – Т. 21. – № 4. – С. 23–28. [Streltsova NN, Vasilev AP, Shipitsyna NV et al. Laser doppler flowmetry in revealing features of peripheral blood flow in patients with different intensity of intermittent claudication. Laser Medicine. 2017;1(4):23-28. (In Russ)].

14. Diehm N, Pattynama PM, Jaff MR et al. Clinical Endpoints in Peripheral Endovascular Revascularization Trials: a Case for Standardized Defi nitions. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2008;36:409-419. doi: 10.1016/j.ejvs.2008.06.020.

15. Hamlin SK, Benedik PS. Basic Concepts of Hemorheology in Microvascular Hemodynamics. Crit Care Nurs Clin North Am. 2014;26(3):337-344. doi: 10.1016/j.ccell.2014.04.005.

16. Lorenzo S, Minson CT. Human cutaneous reactive hyperaemia: role of BKCa channels and sensory nerves. J Physiol. 2007;585(1):295-303. doi: 10.1113/jphysiol.2007.143867.

Информация об авторах

Стрельцова Нина Николаевна – научный сотрудник отделения артериальной гипертонии и коронарной недостаточности научного отдела клинической кардиологии Тюменского кардиологического научного центра ТНИМЦ РАН, e-mail: sss@cardio.tmn.ru.

Васильев Александр Петрович – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения артериальной гипертонии и коронарной недостаточности научного отдела клинической кардиологии Тюменского кардиологического научного центра ТНИМЦ РАН, e-mail: sss@cardio.tmn.ru.

Бессонов Иван Сергеевич – кандидат медицинских наук, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения № 1 Тюменского кардиологического научного центра ТНИМЦ РАН, e-mail: bessonov@cardio.tmn.ru.

Колунин Григорий Владимирович – кандидат медицинских наук, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения № 1 Тюменского кардиологического научного центра ТНИМЦ РАН, e-mail: kolunin@cardio.tmn.ru.

Author information

Streltsova Nina N. – scientific researcher, Department of Arterial Hypertension and Coronary Insufficiency of Scientific Division of Clinical Cardiology, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences Tomsk, e-mail: sss@cardio.tmn.ru.

Vasilyev Alexander P. – MD, PhD, Scientific Head of Arterial Hypertension and Coronary Insufficiency Department of Scientific Division of Clinical Cardiology, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences Tomsk, e-mail: sss@cardio.tmn.ru.

Bessonov Ivan S. – MD, PhD, interventional cardiologist, Department of X-ray and Surgery Methods of Diagnostics and Treatment № 1, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences Tomsk, e-mail: bessonov@cardio.tmn.ru.

Kolunin Grigoriy V. – MD, PhD, Head of Department of X-ray and Surgery Methods of Diagnostics and Treatment № 2, interventional cardiologist, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences Tomsk, e-mail: kolunin@cardio.tmn.ru.