

5. Минаев В.П. Технологии с использованием лазерных аппаратов на основе полупроводниковых и волоконных лазеров в эстетической медицине // Вестник эстетической медицины. – 2010. – Т. 9. – № 3. – С. 38–45.
6. Сапин М.Р. Анатомия человека. – М.: Медицина, 2001. – Т. 1. – 640 с.
7. Улумбеков Э.Г., Чельшиев Ю.А. Гистология (учебник для вузов). Гл. 6: Ткани внутренней среды. – М.: ГЭОТАР МЕД, 2001. – С. 127–143.
8. Anitua E., Andia I., Ardanza B. et al. Autologous platelets as a source of proteins for healing and tissue regeneration // Thromb Haemost. – 2004. – № 91. – P. 4–15.
9. Eduardo Anitua, Mohammad H. Alkhraisat, Gorka Orive Perspectives and challenges in regenerative medicine using plasma rich in growth factors // Journal of Controlled Release. – 2012. – P. 29–38.
10. Harris N.L., Huffer W.E., von Stade E. et al. The effect of platelet-rich plasma on normal soft tissues in the rabbit // J. Bone Joint Surg. Am. – 2012. – № 94. – P. 786–793.
11. Morizaki Y., Zhao C., An K.-N., and Amadio P.C. The effects of platelet-rich plasma on bone marrow stromal cell transplants for tendon healing in vitro // J. Hand Surg. Am. – 2010. – № 35. – P. 1833–1841.
12. Prodromos C.C., Han Y., Rogowski J. et al. A metaanalysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen // Arthroscopy. – 2007. – № 23. – P. 1320–1325. PMID: 18063176.
13. Spindler K.P., Wright R.W. Clinical practice. Anterior cruciate ligament tear // N Engl. J. Med. – 2008. – № 359. – P. 2135–2142. PMID: 19005197.
14. Sonnerly-Cottet B., Chambat P. Arthroscopic identification of the anterior cruciate ligament posterolateral bundle: the figure of four positions // Arthroscopy. – 2007. – № 23. – P. 1128.e1–1128.e3. PMID: 17916482.
15. Sonnerly-Cottet B., Colombet P. Partial tears of the anterior cruciate ligament // Orthop. Traumatol. Surg. Res. – 2016. – № 10. – P. 59–67. PMID: 26797008.
16. Seijas R., Are O., Cuscó X. et al. Cugat R Partial anterior cruciate ligament tears treated with intraligamentary plasma rich in growth factors // World J. Orthop. – 2014. – № 5 (3). – P. 373–378. ISSN 2218-5836. PMID: 25035842.
17. Saito M., Takahashi K.A., Arai Y. et al. Intraarticular administration of platelet-rich plasma with biodegradable gelatin hydrogel microspheres prevents osteoarthritis progression in the rabbit knee // Clin. Exp. Rheumatol. – 2009. – № 27. – P. 201–207.
18. Smith J.B., Nance T.A. Laser energy in arthroscopic surgery // Arthroscopic surgery. – 1988. – P. 325–330.
19. Sherk H.H. Current concepts review. The use of lasers in orthopaedic procedures // J. Bone Joint Surg. – 1993. – Vol. 75A. – № 5. – P. 768–776.
20. Whipple T.L., Caspari R.B., Meyers J.F. Arthroscopic laser meniscectomy in a gas medium // Arthroscopy. – 1985. – Vol. 1. – № 1. – P. 2–7.

Поступила в редакцию 07.11.2017 г.

Для контактов: Иванников Сергей Викторович
E-mail: Siivannikov@icloud.com

УДК 616.13-004.6:612.135-008-053.8

Стрельцова Н.Н., Васильев А.П., Шипицына Н.В., Саламова Л.А., Колунин Г.В.

Лазерная доплеровская флоуметрия в выявлении особенностей тканевого микрокровотока у больных с различной выраженностью перемежающейся хромоты

Streltsova N.N., Vasilev A.P., Shipitsyna N.V., Salamova L.A., Kolunin G.V.

Laser doppler flowmetry in revealing specific features of peripheral blood flow in patients with different intensity of intermittent claudication

Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН, Томск, Россия

Введение. Высокая распространенность и плохой прогноз атеросклеротического поражения артерий нижних конечностей выдвигают это заболевание в ряд весьма актуальных. На стадии перемежающейся хромоты (ПХ) данная патология диагностируется от 6 до 23% в зависимости от возраста. Основным методом лечения больных с ПХ является эндоваскулярная или оперативная реваскуляризация конечности. Однако около 40% больных могут рассчитывать лишь на медикаментозную терапию, которая остается единственной лечебной тактикой. В терапию ПХ включаются лекарственные препараты, действие которых осуществляется на уровне микроциркуляции (МЦ), поэтому расширение наших представлений о характере изменения периферического кровотока у больных с клиническими проявлениями атеросклеротического поражения артерий нижних конечностей приобретает особое значение. **Цель исследования.** Оценка характера функциональных сдвигов микрососудистого русла кожи у больных облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей (ОААНК) с различной выраженностью ПХ по данным лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ). **Материал и методы.** В исследовании приняли участие 62 больных мужского пола с ангиографически подтвержденным облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей, с ПХ ИБ стадии (по А.В. Покровскому), с ЛПИ $\leq 0,85$, без заболеваний крови, бронхолегочной патологии, сложных нарушений ритма и сердечной недостаточностью не выше II функционального класса. В соответствии со значениями ЛПИ больные были распределены на 2 группы: 1-я – с ЛПИ $\geq 0,55$, (n = 44, среднее значение $0,71 \pm 0,14$) и 2-я – с ЛПИ $< 0,55$ (n = 18, среднее значение $0,44 \pm 0,1$). Группы больных были равнозначны по возрасту ($64,02 \pm 6,6$ и $60,63 \pm 6,1$ года), числу лиц с артериальной гипертонией, сопутствующей ИБС и по степени артериальной гипертензии. Все пациенты получали базовую терапию, включавшую статины, аспирин, а при необходимости гипотензивные препараты. За 3 суток до исследования препараты с вазолитическим действием отменялись. Состояние МЦ кожи исследовали методом лазерной доплеровской флоуметрии. **Результаты.** Анализ структур ритмов колебаний гемоперфузии показал существенное увеличение их амплитуды у пациентов 2-й группы в нейрогенном диапазоне модуляции, составившем $0,92 \pm 0,77$ перф.ед против $0,43 \pm 0,25$ перф.ед у больных 1 группы (+111%; p = 0,001), что указывает на дилатацию артериол. Данный факт, вероятно, обусловлен развитием ишемической нейропатии, сопровождающейся аутосимпатэтомией и утратой нейрогенного контролера артериальной вазоконстрикции. В то же время показатель многогенного тонуса, отражающий состояние прекапиллярных сфинктеров, у пациентов 2-й группы был значительно выше: $84,9 \pm 57,7$ ед против $55,0 \pm$

31,5 ед в 1-й группе ($p = 0,015$), что приводило к существенному снижению нутритивного кровотока (на 48,9%; $p = 0,01$), увеличению кровотока через артериоло-венулярные шунты (+107,5%; $p = 0,002$) и формированию венозного полнокровия. Последнее способствует еще большему нарушению реологии крови. *Заключение.* Полученные данные свидетельствуют о грубых нарушениях МЦ у больных с ПХ, в значительной мере определяющих тяжесть и прогноз заболевания. Изучение МЦ дает возможность не только получить дополнительную объективную информацию о тяжести заболевания, но и определить тактику лечения, а также обеспечить контроль в процессе терапии. *Ключевые слова.* Облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей, перемежающаяся хромота, микроциркуляция кожи.

Background. High prevalence and a poor prognosis of lower-extremity atherosclerotic arterial disease determine it as an actual problem. This pathology is diagnosed in 6 to 23% of patients with intermittent claudication (IC) depending on their age. The main curative technique for treating patients with IC is endovascular or operative revascularization of limbs. However, about 40% of patients have medicamentous therapy that remains the only treatment tactics for them. IC therapy includes drugs affecting microcirculation (MC). Therefore, our better understanding of changes taking place in the peripheral blood flow of patients with clinical manifestations of lower-extremity atherosclerotic arterial disease acquires a special significance. *Purpose.* To assess skin microvascular functional changes in patients with obliterating atherosclerosis of lower extremities with different IC intensity by the ankle-brachial index (ABI). *Materials and methods.* The study enrolled 62 male patients with angiographically confirmed obliterating atherosclerosis of lower extremities, IC stage IIb (according to the classification modified by AV Pokrovsky), $ABI \leq 0.85$, without blood disease, bronchopulmonary pathology or complex rhythm disorders and with heart failure not higher than II Functional Class. These patients were divided into 2 groups by ABI index. Group 1 included subjects with $ABI \geq 0.55$, ($n = 44$, mean value 0.71 ± 0.14) and Group 2 – with $ABI < 0.55$ ($n = 18$, mean value 0.44 ± 0.1). Groups were matched by age (64.02 ± 6.6 vs 60.63 ± 6.1 years), by the number of patients with arterial hypertension (AH), by associated ischemic heart disease as well as by AH grade (mean arterial pressure – 98.4 ± 10.3 mm Hg vs 99.0 ± 0.79 mmHg, respectively). All patients were prescribed basic therapy including statins, aspirin, and antihypertensive drugs, if necessary. Vasolytic drugs were canceled 3 days before the trial. Skin MC was assessed by laser Doppler flowmetry. *Results.* The analysis of structures participating in the hemoperfusion rhythms has shown a significant increase in the amplitude of neurogenic modulation range in patients from Group 2 compared to Group 1 (0.92 ± 0.77 perfusion units (pfu) vs 0.43 ± 0.25 pfu, (+111%; $p = 0.001$), respectively) what indicates arteriole dilation. This fact is probably related to ischemic neuropathy with autonomic dysfunction and loss of neurogenic control over arterial vasoconstriction. At the same time, the myogenic tonus index indicating the state of precapillary sphincters, was significantly higher in patients of Group 2 versus Group 1 (84.9 ± 57.7 units vs 55.0 ± 31.5 units, $p = 0.015$, respectively) what caused a significant decrease in the nutritional blood flow (by 48.9%; $p = 0.01$), increased blood flow through arteriole-venule shunts (+107.5%; $p = 0.002$) and venous congestion. The latter brings more severe disorders in blood rheology. *Conclusion.* The data obtained demonstrate severe MC disturbances in patients with IC that determine the severity and prognosis of the disease, to a large extent. MC study makes it possible not only to obtain additional objective information on the severity of the disease, but also to identify an appropriate treatment strategy as well as to provide an adequate control in the course of treatment. *Key words:* obliterating atherosclerosis, lower extremities, intermittent claudication, skin microcirculation.

Введение

Высокая распространенность и плохой прогноз атеросклеротического поражения артерий нижних конечностей выдвигают это заболевание в ряд весьма актуальных. На стадии перемежающейся хромоты (ПХ) данная патология диагностируется от 6% до 23% в зависимости от возраста [4, 9]. На этом этапе развития болезни существует высокий риск развития инфаркта миокарда и острого нарушения мозгового кровообращения. Показано, что у 2/3 пациентов с атеросклеротическим поражением артерий нижних конечностей имеется ишемическая болезнь сердца. Риск развития инфаркта миокарда по сравнению с общей популяцией у них выше на 40–60%, инсульта – на 40% [11]. Причем у большей части больных на момент обращения за медицинской помощью регистрируется IIБ (хирургическая) стадия заболевания по классификации А.В. Покровского [12, 15]. Необходимо подчеркнуть, что ПХ имеет тенденцию к прогрессированию с переходом в стадию декомпенсации артериального кровотока и развитию критической ишемии нижних конечностей. По статистическим данным сохранить конечность в данном случае удастся лишь у 40% больных [9, 14].

Основным методом лечения больных с ПХ является эндоваскулярная или оперативная реваскуляризация конечности. Однако по некоторым данным провести хирургическое лечение можно далеко не всем из-за генерализованного стенотического поражения артерий. По этой причине около 40% больных могут рассчиты-

вать лишь на медикаментозную терапию, которая остается единственной лечебной тактикой [13]. Помимо активного воздействия на факторы риска атерогенеза, назначения дезагрегантов, использования дозированной физической нагрузки в терапию ПХ включаются лекарственные препараты, действие которых осуществляется преимущественно на уровне микроциркуляции (МЦ): улучшение реологических свойств крови, коррекция эндотелиальной дисфункции, ангиогенная терапия [1, 4, 9]. Исследование в последние годы МЦ картины у больных с хронической артериальной недостаточностью нижних конечностей позволило выявить некоторые закономерные особенности тканевой гемоперфузии [2, 3, 5]. Однако, принимая во внимание важность этого биологического объекта, дальнейшее расширение наших представлений о характере изменения периферического микрососудистого кровотока у больных с клиническими проявлениями атеросклеротического поражения артерий нижних конечностей приобретает особое значение.

Исходя из изложенного, целью настоящего исследования явилась оценка характера функциональных сдвигов микрососудистого русла кожи у больных облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей с различной выраженностью ПХ по данным лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ).

Материал и методы

В исследовании приняли участие 62 больных мужского пола, с ангиографически подтвержденным облитери-

рующим атеросклерозом артерий нижних конечностей, с ПХ ИБ стадии (по А.В. Покровскому), с ЛПИ $\leq 0,85$, без заболеваний крови, бронхолегочной патологии, сахарного диабета, сложных нарушений ритма и сердечной недостаточностью не выше II функционального класса. В качестве критерия выраженности артериальной недостаточности использовали ЛПИ – объективный, хорошо воспроизводимый, простой, надежный и широко используемый в клинической практике показатель, имеющий также прогностическое значение [9], что выгодно отличает его от традиционно используемого теста – дистанции безболевой ходьбы. Для деления больных на группы был выбран уровень ЛПИ (0,55), соответствующий среднему значению между крайними его показателями, включенных в исследование пациентов, и близкий к медиане (0,58). В соответствии со значениями ЛПИ больные были распределены на 2 группы: 1-я – с ЛПИ $\geq 0,55$, ($n = 44$, среднее значение $0,71 \pm 0,14$) и 2-я – с ЛПИ $< 0,55$ ($n = 18$, среднее значение $0,44 \pm 0,1$). Группы больных были равнозначны по возрасту ($64,0 \pm 6,6$ и $60,6 \pm 6,1$ года), «стажу заболевания» (длительность заболевания более 5 лет в группах составила 34,1% и 38,7% соответственно), числу лиц с артериальной гипертензией, сопутствующей ИБС, по степени артериальной гипертензии (среднее артериальное давление – $98,4 \pm 10,3$ и $99,0 \pm 10,8$ мм рт. ст. соответственно). Все пациенты получали базовую терапию, включавшую статины, аспирин, а при необходимости – гипотензивные препараты. За 3 суток до исследования препараты с вазолитическим действием отменялись.

Состояние МЦ кожи исследовали методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на аппарате «ЛАКК-М» (НПП «Лазма», Россия). Исследование проводили в соответствии с существующими рекомендациями [6, 8] в утренние часы, натощак, в горизонтальном положении больного, при температуре воздуха 22–24 °С, после 15-минутного периода адаптации в помещении. Датчик фиксировался на тыльной поверхности стопы пораженной конечности на уровне 2-го пальца. Оценивали следующие параметры: показатель микроциркуляции (ПМ; перф. ед.), отражающий средний уровень гемоперфузии в единице объема ткани за единицу времени; среднее квадратичное отклонение (СКО; перф. ед.) – средние колебания перфузии относительно среднего значения потока крови ПМ; коэффициент вариации (Кв; ед.), свидетельствующий о вазомоторной активности сосудов. Расчет амплитудно-частотного спектра колебаний перфузии осуществлялся методом вейвлет-преобразования. В различных частотных диапазонах оценивали амплитудные показатели, отражающие активные, тонусформирующие механизмы контроля микроциркуляции – выраженность эндотелиальной (Аэ, перф. ед.), нейрогенной (Ан, перф. ед.) и миогенной (Ам, перф. ед.) функции микрососудов. Пассивные факторы регуляции представлены показателями венозного оттока (Ад, перф. ед.) и пульсовым кровотоком (Ас, перф. ед.). Расчетным методом определяли нейрогенный тонус прекапиллярных резистивных микрососудов (НТ, ед.; МТ, ед.). Показатель артериоло-веноулярного шунтирования крови вычисляли по формуле: ПШ = МТ/НТ (у. ед.). Нут-

ритивный кровоток (Мнутр) определялся как отношение ПМ/ПШ (у. ед.) [7].

Полученные результаты исследований обработаны с использованием IBM «SPSS Statistic 21» for Windows. Данные представлены в виде среднего арифметического М и среднеквадратичного отклонения (SD). Для анализа распределения переменных применяли критерий Колмогорова–Смирнова. Поскольку распределение всех изучаемых параметров было отличным от нормального, для оценки различий между двумя независимыми выборками использовали U-критерий Манна–Уитни. Полученные различия считались статистически значимыми при двухстороннем уровне значимости $p < 0,05$. Корреляционный анализ проводился методом ранговых корреляций по Спирмену. Коэффициент корреляции r считался статистически значимым при $p < 0,05$.

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 и обсуждение

Параметры базального микрокровотока, отражающие объем тканевой гемоперфузии (ПМ), среднюю модуляцию кровотока во всех частотных диапазонах (СКО) и коэффициент вариации Кв, дающий представление о зависимости тканевой гемоперфузии от активной (тонусформирующей) регуляции кровотока, не имели значимого различия в рассматриваемых группах больных (табл. 1).

Таблица 1
Показатели ЛДФ у больных облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей 1-й и 2-й группы (М ± SD)

Показатели	1-я группа ЛПИ $\geq 0,55$ ($n = 44$)	2-я группа ЛПИ $< 0,55$ ($n = 18$)	p
ПМ, перф. ед.	$7,7 \pm 3,9$	$7,3 \pm 2,7$	0,91
СКО, перф. ед.	$0,87 \pm 0,46$	$1,15 \pm 0,64$	0,47
Кв, ед.	$15,9 \pm 7,7$	$11,6 \pm 4,5$	0,1
Аэ, перф. ед.	$0,39 \pm 0,25$	$0,36 \pm 0,16$	0,78
Ан, перф. ед.	$0,43 \pm 0,25$	$0,92 \pm 0,77$	0,001
Ам, перф. ед.	$0,26 \pm 0,17$	$0,33 \pm 0,31$	0,85
Ад, перф. ед.	$0,17 \pm 0,11$	$0,25 \pm 0,23$	0,048
Ас, перф. ед.	$0,18 \pm 0,08$	$0,11 \pm 0,06$	0,009
МТ, у. ед.	$55,0 \pm 31,5$	$84,9 \pm 57,7$	0,015
НТ, у. ед.	$30,8 \pm 15,7$	$22,3 \pm 9,5$	0,032
ПШ, у. ед.	$2,1 \pm 1,32$	$4,4 \pm 3,50$	0,002
Мнутр, у. ед.	$5,1 \pm 4,31$	$2,6 \pm 1,83$	0,01

Примечание. p – уровень статистической значимости; Аэ, Ан, Ам, Ад, Ас – амплитудные показатели колебаний микрокровотока, Мнутр – величина нутритивного кровотока, ЛДФ – лазерная доплеровская флоуметрия, ЛПИ – лодыжечно-плечевой индекс, МТ, НТ – миогенный и нейрогенный тонус, ПМ – показатель микроциркуляции, ПШ – показатель шунтирования, СКО – средние колебания перфузии относительно ПМ, Кв – коэффициент вариации.

Анализ амплитудно-частотного спектра колебаний гемоперфузии показал существенное увеличение их амплитуды у пациентов 2-й группы в нейрогенном диапазоне

модуляции, составившем $0,92 \pm 0,77$ перф. ед. против $0,43 \pm 0,25$ перф. ед. у больных 1-й группы (+111%; $p = 0,001$). По существующим представлениям, рост амплитуды осцилляций кровотока в нейрогенном диапазоне указывает на дилатацию мелких артериол [7, 16]. Следует отметить, что регуляция тонуса мелких артерий и артериол, обеспечивающих поступление крови в прекапиллярную область микрососудистого (МС) русла, осуществляется преимущественно нейрогенным симпатическим влиянием [7]. В условиях хронической ишемии тканей нижних конечностей у больных с ПХ развивается ишемическая нейропатия, характеризующаяся поражением миелиновой оболочки периферических нервов. Данные изменения сопровождаются аутосимпатэктомией и утратой нейрогенного контроля артериальной вазоконстрикции. То есть происходят структурно-функциональные преобразования периферических нервов, во многом сходные с таковыми при развитии диабетической полинейропатии [10]. Дилатация артериол нейрогенной природы находит подтверждение в снижении у больных 2-й группы НТ по сравнению с альтернативной группой на 27% ($p = 0,032$). В то же время МТ, отражающий состояние метартериол и прекапиллярных сфинктеров, у пациентов с низкими значениями ЛПИ был значительно выше: $84,9 \pm 57,7$ ед. против $55,0 \pm 31,5$ ед. в 1-й группе ($p = 0,015$). Констрикция прекапиллярных сфинктеров приводит к существенному снижению нутритивного кровотока (на 48,9%; $p = 0,01$). Избыточный в данном случае артериолярный приток крови в условиях повышенного тонуса прекапилляров сопровождается увеличением кровотока через артериоло-венулярные шунты, регуляция тонуса которых осуществляется симпатической нервной системой, в обход капиллярного русла. У больных 2-й группы ПШ достоверно превысил таковой в 1-й группе, составив $4,4 \pm 3,50$ ед. против $2,1 \pm 1,32$ ед. (+107,5%; $p = 0,002$).

Таким образом, несмотря на то что показатели общей тканевой гемоперфузии (ПМ) в рассматриваемых группах были идентичны (табл. 1), у больных с низкими значениями ЛПИ микрокровооток отличался низкой продуктивностью, так как в значительной мере обусловлен

интенсификацией артериоло-венулярного шунтирования. Последняя способствует формированию венозного полнокровия. Это подтверждается увеличением во 2-й группе пациентов амплитуды колебаний кровотока в респираторном частотном диапазоне (Ад +47%; $p = 0,048$) и достоверной корреляционной связью ПМ с Ан ($r = +0,44$; $p < 0,001$) и Ад ($r = +0,43$; $p < 0,001$). Следует отметить, что затруднение венозного оттока способствует еще большему нарушению реологических свойств крови и прогрессированию МЦ несостоятельности. О роли артериоло-венулярного шунтирования крови и механизмах его развития в патогенезе ПХ свидетельствует корреляционный анализ, показавший связь ЛПИ с НТ ($r = +0,38$; $p = 0,003$), ПШ ($r = -0,37$; $p = 0,004$) и Ан ($r = -0,37$; $p = 0,003$).

Характер изменения амплитудно-частотного спектра микрогемоциркуляции в рассматриваемых группах больных наглядно демонстрирует анализ вклада отдельных его ритмических составляющих. Суммарное соотношение активных тонусформирующих (эндотелиальных, нейрогенных, миогенных) и пассивных (дыхательных, пульсовых) механизмов контроля МЦ в группах было примерно одинаковым (86,9/13,1% и 93,3/6,7%). Однако вклад отдельных факторов, определяющих периферический кровоток, имел существенные различия (рис. 1).

У больных 1-й группы в спектре активных факторов МЦ доминируют ритмические составляющие в эндотелиальном (32,6%) и нейрогенном (39,8%) частотных диапазонах; пассивные факторы гемоциркуляции представлены в равной мере (6,2 и 6,9%). У больных 2-й группы периферическая гемоциркуляция пораженной конечности осуществлялась при значительном участии нейрогенных факторов, вклад которых в общий спектр модуляций составил 73,0%. Доля участия миогенных механизмов, в значительной мере определяющих капиллярный кровоток, составила лишь 9,4%. В диапазоне пассивных факторов регуляции микрокровоотка преобладали высокочастотные колебания дыхательных ритмов (5,7%).

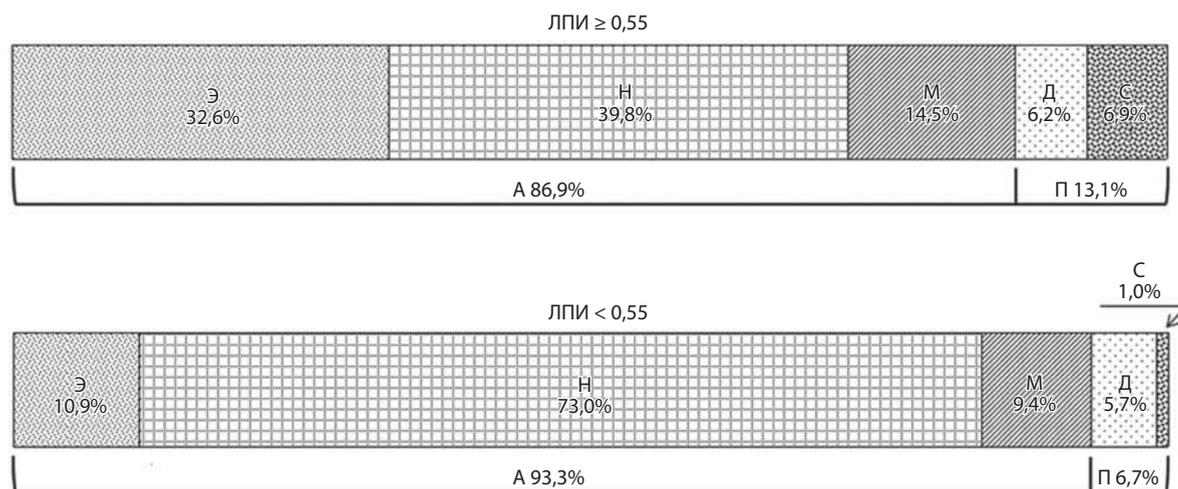


Рис. 1. Вклад отдельных ритмических составляющих в общую мощность спектра флуксуаций у больных 1-й и 2-й группы: Э – эндотелиальный, Н – нейрогенный, М – миогенный, Д – дыхательный, С – пульсовый факторы микрокровоотка, МЦ – микроциркуляция; А – активные (тонусформирующие) механизмы контроля МЦ, П – пассивные механизмы регуляции микрокровоотка

Таким образом, в структуре вклада различных ритмических составляющих в микрогемодициркуляцию у больных с более низкими значениями ЛПИ наблюдается выраженный дисбаланс, характеризующийся возрастанием роли нейрогенных факторов контроля МЦ и существенным ограничением миогенных факторов. То обстоятельство, что более 2/3 больных 2-й группы не смогли выдержать кратковременного пережатия нижней конечности манжетой тонометра при попытке проведения окклюзионной пробы, свидетельствует о весьма низких у них резервных возможностях МС-русла.

Заключение

Полученные результаты исследования подтверждают факт грубых нарушений микроциркуляции у больных с ПХ. МЦ кожи пораженной конечности характеризуется повышенным тонусом метартериол и прекапиллярных сфинктеров, существенно ограничивающим нутритивный кровоток. Избыточный в данных условиях прирост артериолярного притока крови, обусловленный дилатацией мелких артериол в результате ослабления констрикторного контроля симпатических нервов, направляется по артериоло-венулярным шунтам, делая гемоперфузию малопродуктивной. Уменьшение при этом венозного оттока и развитие венозного полнокровия оказывает негативное влияние на реологию крови, еще более усугубляя несостоятельность МЦ.

Описанные патофизиологические преобразования, характеризующиеся своеобразными спастико-атоническими сдвигами, несут явный патогенетический характер, способствуя прогрессированию недостаточности периферического кровотока. Это подтверждает факт более выраженной функциональной перестройки МЦ картины, сопровождающейся снижением резервного потенциала МС-кровотока у больных с более тяжелым проявлением перемежающейся хромоты.

В качестве примера на рис. 2 представлены амплитудно-частотные вейвлет-спектры осцилляций микрокровотока у больных ПХ с более высокими (а) и низкими (б) значениями ЛПИ.

В обоих случаях доминирующая роль в обеспечении в тканевой гемоперфузии принадлежит нейрогенному фактору (Ан). Однако в первом случае (а) амплитуда колебаний кровотока в этом частотном диапазоне составила 0,4 перф. ед. против 0,74 перф. ед. у второго больного, что свидетельствует о снижении симпатического вазоконстрикторного влияния и более выраженной дилатации мелких артериол у пациента с низким ЛПИ. При этом высокие значения ПШ и Ад указывают на интенсификацию артериоло-венулярного шунтирования и затруднение венозного оттока. Данные МЦ сдвиги сочетаются с повышенным тонусом прекапиллярных сфинктеров (МТ – 45,7 ед. против 36,1 у больного А) и ограничением нутритивного кровотока (Мнутр 5,5 ед. против 8,6 ед. у пациента А).

Таким образом, представленные результаты свидетельствуют о том, что функциональное состояние терминального сосудистого русла в значительной мере определяет тяжесть клинического состояния и прогноз заболеваний артерий у больных ПХ. Не вызывает сомнения, что изу-

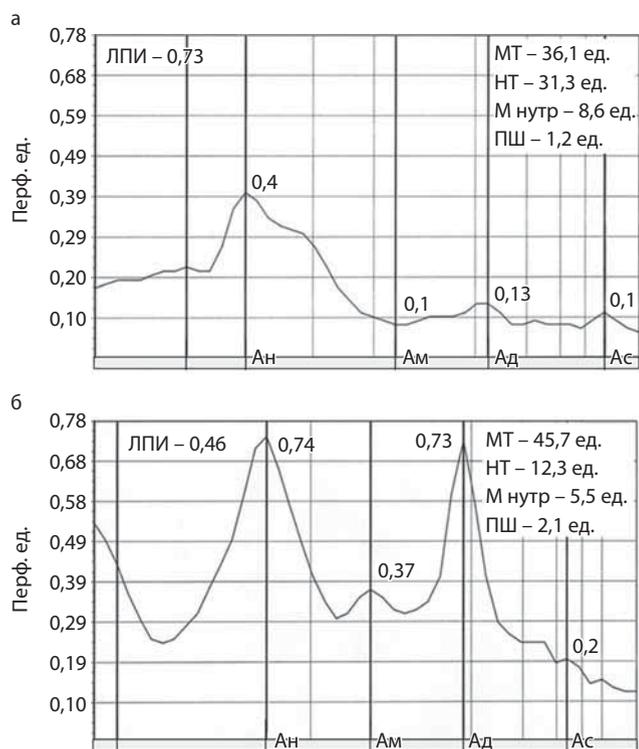


Рис. 2. Параметры ЛДФ-грамм больного ОААНК с более высоким (а) и низким (б) ЛПИ (вейвлет-преобразование): Ан – нейрогенная, Ам – миогенная, Ад – дыхательная. Ас – пульсовая амплитуда микрокровотока, Мнутр – нутритивный кровоток, МТ – миогенный тонус, НТ – нейрогенный тонус, ПШ – показатель шунтирования

чение МЦ с использованием ЛДФ позволит получить дополнительную объективную, персонализированную информацию об особенностях течения заболевания артерий нижних конечностей. Статистически значимая корреляционная связь ЛПИ с некоторыми показателями ЛДФ (Ан, ПШ, НТ) дает основание предполагать, что динамика параметров ЛДФ может в определенной мере быть использована для контроля эффективности лечения. Выявленные закономерности МЦ сдвигов при ПХ могут также служить основанием к разработке и изучению эффективности лечебных методов, заключающихся в воздействии на различные звенья патофизиологического процесса в зависимости от его индивидуальных особенностей, а также обеспечить контроль в процессе их проведения. В частности, выраженная дилатация артериол и интенсификация шунтового кровотока у больных ПХ предполагает возможность применения препаратов, используемых при лечении нейропатии, включение в терапию веноotonиков и более широкое использование дезагрегантов и лекарственных средств, улучшающих текучесть и реологию крови.

Литература

1. Ваулин Н.А. Применение пентоксифиллина при перемежающейся хромоте // Медицинский совет. – 2015. – № 4. – С. 52–56.
2. Зейдлиц Г.А., Климова А.С., Каменская О.В., Булатецкая Л.М. Функциональное состояние периферического микроциркуляторного кровотока у пациентов с хронической ишемией нижних конечностей / Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием «Микроциркуляция в клинической практике». 19–20 апреля 2012, г. Москва // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2012. – Т. 18. – № 5

- (приложение). – С. 68 (http://www.angiologia.ru/specialist/journal_angiologia/001_2012).
3. Казаков Ю.И., Казаков А.Ю., Ом П. Состояние микроциркуляторного русла у больных со стенозом внутренней сонной артерии и атеросклеротическим поражением артерий нижних конечностей пожилого и старческого возраста / Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием «Микроциркуляция в клинической практике». 19–20 апреля 2012, г. Москва // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2012. – Т. 18. – № 5 (приложение). – С. 69 (http://www.angiologia.ru/specialist/journal_angiologia/001_2012).
 4. Калинин Р.Е., Мжаванадзе Н.Д., Деев Р.В. Перемежающаяся хромота: Лечебная тактика практикующего врача // Лечащий врач. – 2013. – № 7. – С. 65–71.
 5. Козлов В.И., Азизов Г.А. Патологическая характеристика расстройств микроциркуляции при хронической артериальной ишемии нижних конечностей // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2007. – Т. 13. – № 1. – С. 17–23.
 6. Козлов В.И., Дуванский В.А., Азизов Г.А. и др. Лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) и оптическая тканевая оксиметрия (ОТО) в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови // Методические рекомендации. Рекомендации ФМБА России. – М., 2014. – 59 с.
 7. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность (руководство для врачей). – М.: Либроком, 2013. – 496 с.
 8. Маколкин В.И. Микроциркуляция в кардиологии. – М.: Визарт, 2004. – С. 73–87.
 9. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей. – М., 2013. – 68 с.
 10. Недосугова Л.В. Патогенез, клинические проявления, подходы к лечению диабетической нейропатии // Медицинский совет. – 2013. – № 12. – С. 43–49.
 11. Оболенский В.Н., Янишин Д.В., Исаев Г.А., Плотникова А.А. Хронические облитерирующие заболевания артерий нижних конечностей – диагностика и тактика лечения // Русский медицинский журнал. – 2010. – № 17. – С. 1049–1054.
 12. Савельев В.С., Кошкин В.М., Кунижев А.С. Критическая ишемия как следствие неадекватного лечения больных хроническими облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей на амбулаторном этапе // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2004. – № 1. – С. 7–10.
 13. Шагинян А.Р. Отдаленные результаты хирургического лечения синдрома Лериша // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2007. – № 1. – С. 53–59.
 14. Cacoub P., Cambou J.P., Kawnator S. et al. Prevalence of peripheral arterial disease in high-risk patients using ankle-brachial index in general practice: a cross-sectional study // Int. J. Clin. Pract. – 2009. – Vol. 63 (1). – P. 63–70.
 15. Norgren L., Hiatt W.R., Dormandy J.A. et al. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II) // Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. – 2007. – Vol. 33. – P. 1–70.
 16. Schmid-Schonbein H., Ziege S., Grebe R. et al. Synergetic Interpretation of Patterned Vasomotor Activity in Microvascular Perfusion: Discrete Effects of Miogenic and Neurogenic Vasoconstriction as well as Arterial and Venous Pressure Fluctuation // Int. J. Microcirc. – 1997. – Vol. 17. – P. 346–359.

Поступила в редакцию 01.12.2017 г.

Для контактов: Стрельцова Нина Николаевна
E-mail: vsem32@mail.ru

УДК 617.715-002.18

Корчуганова Е.А., Румянцева О.А., Нечеснюк С.Ю.

Исследование репаративных процессов тканей глаза после эксимерлазерной абляции склеры с целью активизации оттока водянистой влаги (экспериментальное исследование)

Korchuganova E.A., Rumyantseva O.A., Nechesnyk S.Yu.

Assessment of reparative processes of in the eye tissues after ablation of the sclera with excimer laser so as to enhance intraocular fluid outflow (experimental study)

ФГБОУ ВО «Российский научно-исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация

Современный тренд в разработке хирургических методик – создание безопасных и эффективных технологий в лечении больных различными нозологиями. Офтальмохирургами в последние годы уделяется большое внимание поиску новых техник, обеспечивающих длительный гипотензивный эффект у больных глаукомой и низкий риск ее осложнений. Стимуляция увеосклерального пути оттока водянистой влаги из глаза представляет наибольший интерес. Ввиду того, что в этом случае склера является конечным этапом движения внутриглазной жидкости из глаза, роль ее регенераторных свойств имеет огромное значение. Многолетними исследованиями доказано щадящее температурное воздействие энергии эксимерного лазера на роговицу при рефракционной хирургии. Предыдущие эксперименты на кадаверных глазах показали, что истончение склеры приводит к улучшению ее проницаемости и повышению коэффициента легкости оттока. Целью настоящего исследования явилось изучение состояния тканей и репаративных процессов после эксимерлазерной абляции и хирургической резекции склеры *in vivo*. Эксперимент проведен на 20 глазах 10 кроликов породы Шиншилла. На правом глазу производилась эксимерлазерная абляция склеры на глубину 200 мкм с использованием отечественного эксимерного лазера «Микроскан Визум» с длиной волны 193 нм (0,193 мкм), а на левом – выполнялась резекция хирургическим лезвием на 2/3 толщины склеры площадью 7,0 × 5,0 мм. Гистологическое исследование проводилось по стандартной методике с использованием окрасок гематоксилином и эозином, а также пикрофуксином по Ван-Гизону. Через 2 месяца после эксимерлазерной абляции склеры отмечается завершение регенераторных процессов и отсутствие воспалительных реакций в тканях глаза. *Ключевые слова:* склера, глаукома, увеосклеральный отток, эксимерлазерная абляция, эксимерный лазер, регенерация.

The modern trend in surgical technologies is to develop safe and effective approaches for treating patients with various nosologies. Lately, ophthalmic surgeons have been actively looking for new techniques which can give a long-lasting hypotensive effect