

УДК 612.14; 612.182; 612.135; 616-76
DOI: 10.24884/1682-6655-2023-22-4-56-68

А. А. ФЕДОРОВИЧ^{1, 2}, А. И. КОРОЛЕВ¹, В. А. ДАДАЕВА^{1, 3},
М. А. МИХАЙЛОВА¹, А. Ю. ГОРШКОВ¹,
О. М. ДРАПКИНА¹

Анализ параметров микроциркуляторного кровотока на фоне курсового применения чрескожной электро-стимуляции у мужчин с впервые выявленной артериальной гипертензией

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия
101990, Россия, Москва, Петроверигский пер., д. 10, стр. 3

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки государственный научный центр Российской Федерации «Институт медико-биологических проблем» РАН, Москва, Россия
123007, Россия, Москва, Хорошевское шоссе, д. 76 А

³ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6
E-mail: faa-micro@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 15.09.23 г.; принята к печати 20.10.23 г.

Резюме

Цель. Изучить динамику микроциркуляторного кровотока в коже при курсовом применении электростимулятора «АВР-051» у мужчин низкого и умеренного сердечно-сосудистого риска с впервые выявленной артериальной гипертензией. **Материалы и методы.** В одноцентровое плацебо контролируемое исследование были включены 44 мужчины трудоспособного возраста (30–60 лет) с низким и умеренным сердечно-сосудистым риском с впервые выявленной артериальной гипертензией, которые случайным образом были разделены на 2 группы. В группу контроля (ГК) вошли 30 испытуемых, которые проводили электростимуляцию серийным прибором. В группу плацебо (ГП) вошло 14 мужчин, которые применяли аппарат «АВР-051» с отключенной функцией электростимуляции. Дизайн исследования включал 3 визита. После визита 1 и рандомизации испытуемые в домашних условиях проводили электростимуляцию/имитацию 2 раза в день на протяжении 14 дней. Визит 2 проводился сразу после окончания курса физиотерапии, визит 3 – через 14 дней после визита 2. На каждом из визитов проводилось одномоментное комплексное исследование микроциркуляции (видеокапилляроскопия, лазерная доплеровская флоуметрия и фотоплетизмография) и суточное мониторирование АД на левой верхней конечности. **Результаты.** В ГК на фоне снижения АД на визитах 2 и 3 на 5,5/3,5 и 7,5/3,5 мм рт. ст. относительно исходных значений статистически значимые изменения на уровне микрососудистого русла зарегистрированы только на визите 3 – увеличение функциональной плотности капиллярной сети на 10 кап/мм², увеличение амплитуды пульсовых колебаний кровотока с 0,68 до 1,06 пф и перфузионного вклада пульсовых колебаний с 3,89 до 8,22 %, снижение индекса аугментации с 6,25 до 3,2 %, снижение индекса жесткости с 7,45 до 7 см/с и индекса отражения с 37,4 до 30,2 % соответственно. В ГП достоверной динамики не зарегистрировано ни по одному из анализируемых параметров. **Заключение.** Положительная динамика на уровне микрососудистого русла кожи является следствием снижения уровня АД на фоне системной нормализации симпатического тонуса. После курса электростимуляции гипотензивный эффект отмечается у 86,7 % мужчин на ранних стадиях развития АГ, а у 20 % из них отмечается полная нормализация уровня АД.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, физиотерапия, чрескожная электростимуляция, микроциркуляция, капилляроскопия, лазерная доплеровская флоуметрия, фотоплетизмография

Для цитирования: Федорович А. А., Королёв А. И., Дадаева В. А., Михайлова М. А., Горшков А. Ю., Драпкина О. М. Анализ параметров микроциркуляторного кровотока на фоне курсового применения чрескожной электростимуляции у мужчин с впервые выявленной артериальной гипертензией. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2023;22(4):56–68. Doi: 10.24884/1682-6655-2023-22-4-56-68.

A. A. FEDOROVICH^{1, 2}, A. I. KOROLEV¹, V. A. DADAEVA^{1, 3},
M. A. MIKHAILOVA¹, A. Yu. GORSHKOV¹,
O. M. DRAPKINA¹

Analysis of microcirculatory blood flow parameters during a course of transcutaneous electrical stimulation in men with newly diagnosed arterial hypertension

¹ National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia

10, str. 3, Petroverigskij per., Moscow, Russia, 101990

² Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

76 A, Horoshevskoe shosse, Moscow, Russia, 123007

³ Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

6, Mikluho-Maklaya str., Moscow, Russia, 117198

E-mail: faa-micro@yandex.ru

Received 15.09.23; accepted 20.10.23

Summary

Objective. To study the dynamics of microcirculatory blood flow in the skin during a course of use of the electrical stimulator AVR-051 in men of low and moderate cardiovascular risk with newly diagnosed arterial hypertension. **Materials and methods.** The single-center placebo-controlled study included 44 men of working age (30–60 years) with low and moderate cardiovascular risk with newly diagnosed hypertension, who were randomly divided into 2 groups. The control group (CG) included 30 men who underwent electrical stimulation with a commercial device. The placebo group (PG) included 14 men who used the AVR-051 device, with the electrostimulation function disabled. The study design included 3 visits. After visit 1 and randomization, the subjects underwent electrical stimulation/sham at home 2 times a day for 14 days. Visit 2 was carried out immediately after the end of the physiotherapy course, visit 3 was 14 days after visit 2. At each visit, a one-stage comprehensive study of microcirculation (video capillaroscopy, laser Doppler flowmetry and photoplethysmography) and 24-hour blood pressure monitoring on the left upper limb were performed. **Results.** In the CG, while blood pressure decreased at visits 2 and 3 by 5.5/3.5 and 7.5/3.5 mm Hg relative to the initial values, statistically significant changes at the level of the microvascular bed were recorded only at visit 3: an increase in the functional density of the capillary network by 10 cap/mm², an increase in the amplitude of pulse oscillations of blood flow from 0.68 to 1.06 PU and the perfusion contribution of pulse oscillations from 3.89 to 8.22 %, a decrease in the augmentation index from 6.25 to 3.2 %, a decrease in the stiffness index from 7.45 to 7 cm/s and the reflection index from 37.4 to 30.2 %, respectively. In the GP, no reliable dynamics was recorded for any of the analyzed parameters. **Conclusion.** Positive dynamics at the level of the microvascular bed of the skin is a consequence of a decrease in blood pressure level against the background of systemic normalization of sympathetic tone. After the course of electrical stimulation, a hypotensive effect is observed in 86.7 % of men at early stages of the hypertension development, and in 20 % of them, a complete normalization of blood pressure level is observed.

Keywords: arterial hypertension, physiotherapy, transcutaneous electrical stimulation, microcirculation, capillaroscopy, laser Doppler flowmetry, photoplethysmography

For citation: Fedorovich A. A., Korolev A. I., Dadaeva V. A., Mikhailova M. A., Gorshkov A. Yu., Drapkina O. M. Analysis of microcirculatory blood flow parameters during a course of transcutaneous electrical stimulation in men with newly diagnosed arterial hypertension. *Regional hemodynamics and microcirculation*. 2023;22(4):56–68. Doi: 10.24884/1682-6655-2023-22-4-56-68.

Введение

Артериальная гипертензия (АГ), как один из ведущих факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, цереброваскулярных болезней и поражения почек, по-прежнему остается самым распространенным хроническим неинфекционным заболеванием. По данным исследования ЭССЕ-РФ-2, стандартизированная по возрасту распространенность АГ в Российской Федерации составила 44,2 %, статистически значимо выше у мужчин (49,1 %), чем у женщин (39,9 %) [1].

На начальной стадии АГ развивается без симптомов, поэтому примерно треть людей с АГ даже не подозревают о наличии у них болезни, а диа-

гноз ставится впервые при обращении к врачу по другому поводу. Основная цель лечения больных АГ состоит в максимальном снижении риска развития осложнений. Лечение АГ на ранних стадиях рекомендуется начинать с коррекции модифицируемых факторов риска – снижение избыточного веса, уменьшение потребления соли, отказ от курения, борьба с гиподинамией, нормализация режима труда и другие. Если в течение трех месяцев после изменения образа жизни не происходит нормализации уровня АД, назначается медикаментозная антигипертензивная терапия. В действующих стандартах медицинской помощи больным с АГ не предусмотрены физиотерапевтические процедуры,



Рис. 1. Расположение электростимулятора «АВР-051» в режиме 1 – высокое артериальное давление

Fig. 1. Location of the AVR-051 electrical stimulator in mode 1 – high blood pressure

хотя они давно и эффективно применяются у пациентов данной категории при санаторно-курортном лечении и в поликлинических условиях по месту жительства.

Из инструментальных методов физиотерапии при АГ наиболее часто применяются дарсонвализация, магнитотерапия, амплипульстерапия, индуктотермия и другие [2–4]. В 2016 году группой компаний «Инферум» совместно с холдингом «Швабе» был представлен чрескожный электростимулятор для коррекции артериального давления «АВР-051», который в том же году получил регистрационное удостоверение Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения. Многочисленные рандомизированные плацебо-контролируемые исследования на более чем 1000 пациентах в ведущих научно-медицинских центрах, включая НМИЦ им. В. А. Алмазова, НИИ Медицины труда им. академика Н. Ф. Измерова, Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова и других, продемонстрировали эффективность курсового применения стимулятора «АВР-051» в 90 % случаев у больных с АГ 1–3-й степени. На основании полученных результатов были разработаны методические рекомендации по применению электростимулятора «АВР-051» в клинической практике [5].

Микроциркуляторное русло (МЦР) является одним из важнейших звеньев патогенеза АГ и поражения органов-мишеней [6–8]. В отличие от хорошо зарекомендовавших себя при АГ физиопроцедур (хлоридно-натриевые ванны, комплексная магнитотерапия и др.), которые оказывают комплексное воздействие непосредственно на систему микроциркуляции [9], чрескожная электростимуляция аппаратом «АВР-051» воздействует на чувствительные нервы внутренней поверхности дистального отдела левого предплечья (область Захарьина-Геда для сердца) сложными электрическими импульсами средней и низкой частоты (77 и 9,2 Гц). Данный режим электростимуляции через чувствительные нервы воздействует на вазомоторный центр продолговатого мозга, способствуя снижению тонуса симпатической нервной системы [5].

Целью данного исследования явилось изучение динамики микроциркуляторного кровотока в коже верхних конечностей при курсовом применении электростимулятора «АВР-051» у мужчин низкого и умеренного сердечно-сосудистого риска с впервые выявленной АГ.

Материалы и методы исследования

В одноцентровое плацебо контролируемое исследование были включены 60 мужчин трудоспособного возраста (30–60 лет) с низким и умеренным сердечно-сосудистым риском с впервые выявленной АГ. Группа была сформирована в рамках НИР «Сердечно-сосудистый континуум», который включает неинвазивное исследование всех отделов сердечно-сосудистой системы от «капилляров до сердца»: 1) компьютерную видеокапилляроскопию (ВКС); 2) двухканальную лазерную доплеровскую флоуметрию (ЛДФ); 3) двухканальную фотоплетизмографию (ФПГ); 4) четырехманжеточную объемную сфигмографию; 5) определение поток-зависимой вазодилатации; 6) ультразвуковое дуплексное сканирование брахиоцефальных и бедренных артерий; 7) эхокардиографию; 8) суточное мониторирование артериального давления (СМАД); 9) электрокардиографию; 10) клинический и биохимический анализы крови.

Критериями включения в исследование были отсутствие в анамнезе заболеваний сердечно-сосудистой системы, сахарного диабета или нарушения толерантности к глюкозе, онкологических и дерматологических заболеваний, трансплантации органов, острых инфекционных заболеваний, диффузных заболеваний соединительной ткани, отсутствие приема каких-либо медикаментозных препаратов на постоянной основе, низкий или умеренный сердечно-сосудистый риск (ССР), наличие АГ по данным СМАД. ССР и АГ определялись в соответствии с рекомендациями Министерства здравоохранения РФ по диагностике и лечению АГ у взрослого населения от 2020 г. – среднесуточное АД $\geq 130/80$ мм рт. ст. и/или дневное АД $\geq 135/85$ мм рт. ст. и/или ночное АД $\geq 120/70$ мм рт. ст. [10].

Исследование проводилось в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (GCP) и принципами Хельсинкской декларации. Все испытуемые дали письменное согласие на участие в исследовании. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом.

Согласно рекомендациям ЕОК на первом этапе лечения впервые выявленной АГ при низком или умеренном сердечно-сосудистом риске всем мужчинам были даны индивидуальные рекомендации по устранению модифицируемых факторов риска (избыточный вес, курение, гиподинамия и т.д.) и предложено пройти курс с применением стимулятора «АВР-051» в домашних условиях.

Дизайн исследования. После комплексного обследования сердечно-сосудистой системы (1-й визит) и включения в исследование пациенты на протяжении 14 дней в домашних условиях проводили чрескожную электростимуляцию два раза в день – утром перед работой и вечером после работы с ведением дневника АД (при наличии тонометра), переносимости процедур и общего самочувствия. Сразу после окончания курса электростимуляции (2-й визит) и через 14 дней после второго визита (3-й визит) пациентам проводилось измерение массы тела, комплексное исследование системы микроциркуляции и суточное

Таблица 1

Клиническая характеристика анализируемых групп

Table 1

Clinical characteristics of the analyzed groups

Характеристика		ГК (n=30)	ГП (n=14)	P
Возраст (лет)		44,5 [38; 54]	44,5 [40; 51]	>0,05
Рост (см)		176 [171; 183]	178 [173; 183]	>0,05
Вес (кг)		88,8 [81; 101]	86 [82; 94]	>0,05
ИМТ (кг/м ²)		28,4 [26,4; 30,8]	27,5 [25,3; 29,4]	>0,05
Эритроциты (10 ¹² /л)		4,97 [4,77; 5,2]	5,02 [4,7; 5,41]	>0,05
Гемоглобин (г/л)		153 [147; 161,3]	155 [149; 164,5]	>0,05
Лейкоциты (10 ⁹ /л)		6,15 [5,38; 7]	5,98 [5,17; 7,08]	>0,05
Тромбоциты (10 ⁹ /л)		214 [191; 244,75]	221 [194; 251,2]	>0,05
ХС общий (ммоль/л)		5,4 [4,88; 6,1]	5,13 [4,69; 6,02]	>0,05
ХС ЛПВП (ммоль/л)		1,32 [1,13; 1,5]	1,35 [1,19; 1,63]	>0,05
ХС ЛПНП (ммоль/л)		3,4 [2,92; 4,11]	3,6 [2,78; 4,2]	>0,05
Триглицериды (ммоль/л)		1,27 [0,84; 1,76]	1,14 [0,91; 1,68]	>0,05
Общий белок (г/л)		72 [70; 76]	74 [70; 79]	>0,05
Фибриноген (г/л)		3,4 [3,08; 3,8]	3,25 [3,11; 3,66]	>0,05
Креатинин (ммоль/л)		82 [76; 93]	79 [74; 89]	>0,05
Глюкоза (ммоль/л)		5,8 [5,44; 6,18]	5,6 [5,18; 6,02]	>0,05
ВчСРБ (мг/л)		1,08 [0,57; 2,38]	0,97 [0,55; 2,02]	>0,05
САД	Сутки (мм рт. ст.)	136,5 [130; 142]	138 [132; 146]	>0,05
	День (мм рт. ст.)	142 [135; 144]	145 [138; 151]	>0,05
	Ночь (мм рт. ст.)	122,5 [111; 134]	125,5 [114; 129]	>0,05
ДАД	Сутки (мм рт. ст.)	85,5 [83; 93]	87,5 [83; 92]	>0,05
	День (мм рт. ст.)	90 [87; 98]	90,5 [86; 94]	>0,05
	Ночь (мм рт. ст.)	76 [71; 84]	76 [69; 83]	>0,05
Курение	Курит, n (%)	18 (60 %)	8 (57,2 %)	>0,05
	Бросил, n (%)	7 (23,3 %)	3 (21,4 %)	>0,05
	Не курил, n (%)	5 (16,7 %)	3 (21,4 %)	>0,05
Низкий ССР		12 (40 %)	6 (43 %)	>0,05
Умеренный ССР		18 (60 %)	8 (57 %)	>0,05

мониторирование АД. СМАД на всех этапах исследования осуществлялся в амбулаторных условиях с использованием аппарата BpLab (ООО «Петр Телегин», Россия). Все исследования микроциркуляции проводились в первой половине дня (09:00–12:00) натощак в лаборатории с постоянно поддерживаемым микроклиматом (температура $+23\pm 1^\circ\text{C}$; влажность 40–60 %).

Перед началом исследования испытуемые случайным образом были разделены на две группы. В первую группу (группа контроля – ГК) вошли 40 мужчин, которые получили стандартные серийные приборы «ABP-051». Во вторую группу (группа плацебо – ГП) вошли 20 мужчин, которым были выданы модернизированные приборы «ABP-051» с сохраненной звуковой и световой индикацией, но отключенной функцией электростимуляции. Все испытуемые, согласно методическим рекомендациям по применению аппарата «ABP-051» [5], прошли под-

робный инструктаж по проведению сеансов электростимуляции с размещением прибора на внутренней (ладонной) поверхности дистальной трети левого предплечья (рис. 1).

На втором визите после анализа дневниковых записей из дальнейшего участия в эксперименте были исключены 16 пациентов (10 мужчин в ГК и 6 в ГП) ввиду большого количества пропусков (<75 %) сеансов электростимуляции – 20 и менее из 28. Исходные клинические характеристики включенных в окончательный анализ испытуемых приведены в табл. 1. Из полученных данных видно, что среди испытуемых преобладали мужчины с избыточной массой тела. Нормальный вес (ИМТ < 25 кг/м²) в ГК и ГП имели 4 (13 %) и 2 (14 %), избыточный вес (ИМТ – 25–29,99 кг/м²) – 17 (57 %) и 9 (64 %), ожирение 1 степени (ИМТ – 30–34,99 кг/м²) – 9 (30 %) и 3 (22 %) мужчин соответственно. Дислипидемию (ХС общий ≥ 5 ммоль/л и/или ХС ЛПНП $\geq 3,0$ ммоль/л

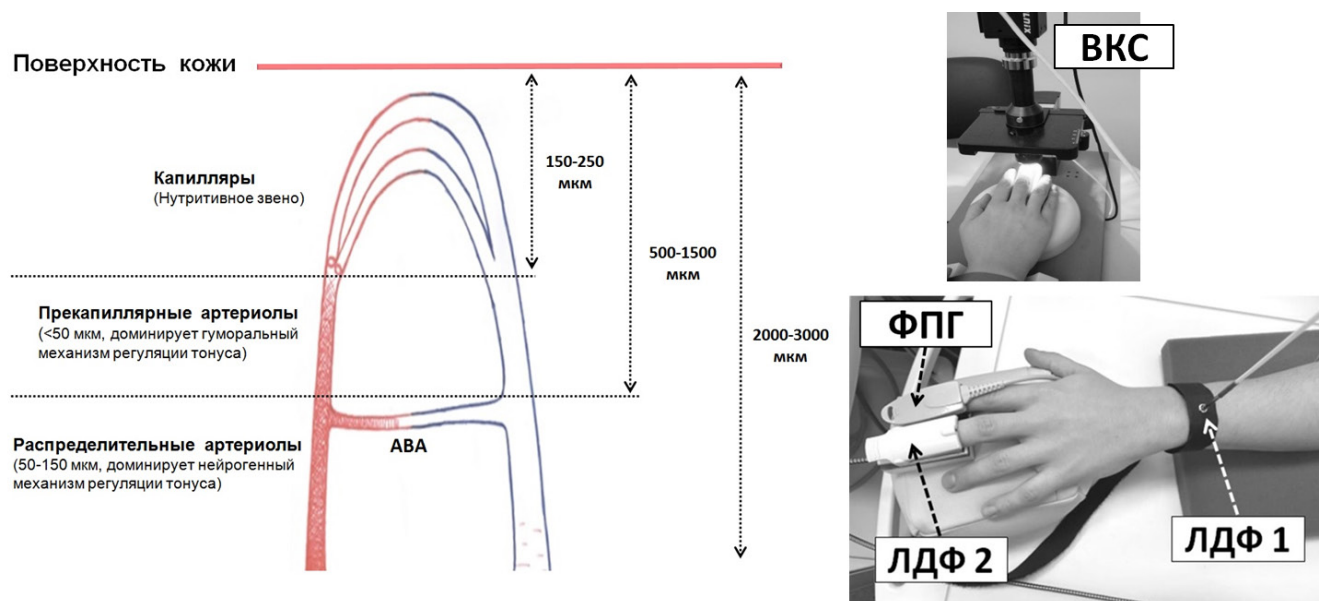


Рис. 2. Ангиоархитектоника микрососудистого русла кожи и методы его исследования: ВКС – видеокапилляроскопия, ФПГ – фотоплетизмография, ЛДФ – лазерная доплеровская флоуметрия

Fig. 2. Angioarchitecture of the microvascular bed of the skin and methods of its study: ВКС – video capillaroscopy, ФПГ – photo-plethysmography, ЛДФ – laser Doppler flowmetry

и/или ХС ЛПВН ≤ 1 ммоль/л и/или ТГ $\geq 1,7$ ммоль/л) имели 24 (80 %) испытуемых в ГК и 10 (71 %) в ГП.

Учитывая структурно-функциональные особенности различных звеньев МЦР и глубину их залегания относительно поверхности кожи (рис. 2), для оценки изменений на уровне микрососудистого русла кожи применялся комплексный подход, описанный в ранее опубликованной работе [11].

Для оценки обменного звена МЦР первым этапом проводилась ВКС компьютерным видеокапилляроскопом «Капилляроскан-1» (ООО «Новые Энергетические Технологии», Россия) в области кожи ногтевой фаланги безымянного пальца левой кисти в положении сидя. Оценивался размер перикапиллярной зоны (ПЗ), количество функционирующих капилляров (функциональная плотность капиллярной сети – ФПКС), максимальное количество капилляров, способных вовлекаться в кровоток (структурная плотность капиллярной сети – СПКС) и коэффициент ФПКС/СПКС.

Вторым этапом в положении лежа на левой верхней конечности проводилось одномоментное исследование функционального состояния прекапиллярных артериол и посткапиллярных венул методом ЛДФ в двух областях (наружная поверхность предплечья и ладонная поверхность ногтевой фаланги среднего пальца) и функциональное состояние терминальных мышечных артерий и распределительных артериол методом ФПГ на просвет в ногтевой фаланге указательного пальца (рис. 2).

ЛДФ выполнялась с использованием двухканального лазерного анализатора ЛАКК-02 (НПП «ЛАЗ-МА», Россия). Оценивался уровень тканевой перфузии (М), усредненная по времени амплитуда вазомоций (Ai) по максимальным значениям в соответствующем частотном диапазоне для эндотелиального (Аэ), нейрогенного (Ан), миогенного (Ам), веноулярного (Ав) и кардиального (Ас) звеньев модуляции кровотока. Параметры М и Ai приведены в условных перфузи-

онных единицах (пф). Кроме абсолютных значений амплитуды вазомоций оценивали функциональный вклад каждого регуляторного механизма в общий уровень тканевой перфузии по формуле: $Ai/M \times 100 \%$, где Ai – амплитуда вазомоций регуляторного механизма, М – средний уровень тканевой перфузии. Исследование констрикторной активности при дыхательной пробе (ДП) и дилататорного резерва при пробе с пятиминутной артериальной окклюзией (АО) проводилось согласно ранее описанной методике [12].

ФПГ проводился программно-аппаратным комплексом «Ангиоскан-01» (ООО «Ангиоскан», Россия). По результатам контурного анализа пульсовой волны определялись следующие параметры: 1) $Alp75$ (%) – расчетный индекс аугментации, скорректированный по ЧСС 75 уд./мин, который характеризует вклад давления отраженной пульсовой волны в пульсовое артериальное давление; 2) SpO_2 (%) – сатурация (насыщение) крови кислородом; 3) индекс жесткости (SI) (м/с) – расчетный показатель, отражающий среднюю скорость распространения пульсовых волн по крупным эластическим сосудам; 4) индекс отражения (RI) (%) – расчетный параметр, использующийся для оценки вклада отраженного компонента в пульсовую волну и характеризующий тонус мелких мышечных артерий и артериол.

Исходные показатели структурно-функционального состояния различных звеньев МЦР анализируемых групп приведены в табл. 2.

Статистика. Статистическая обработка проводилась с помощью программы Statistica 10.0. Для оценки вида распределения признака использовали критерий Shapiro–Wilk. Полученные данные представлены в виде медианы и интерквартильных интервалов (Me [Q_{25} ; Q_{75}]). Для определения различий показателей между группами использовался критерий Mann–Whitney. Для оценки достоверности динамики параметров использовался тест Wilcoxon. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Таблица 2

Исходное состояние системы микроциркуляции в анализируемых группах

Table 2

Initial state of the microcirculation system in the analyzed groups

	ГК (n=30)	ГП (n=14)	P
<i>Видеокапилляроскопия</i>			
ПЗ (мкм)	97 [77; 120]	109 [87; 122]	> 0,05
ФПКС (капп./мм ²)	77 [70; 92]	80 [71; 85]	> 0,05
СПКС (капп./мм ²)	103 [90; 125]	99 [88; 124]	> 0,05
ФПКС/СПКС	0,77 [0,7; 0,86]	0,8 [0,75; 0,85]	> 0,05
<i>Лазерная доплеровская флоуметрия – предплечье</i>			
М (пф)	3,76 [3,24; 4,14]	3,55 [3,32; 4,36]	> 0,05
Аэ (пф)	0,15 [0,11; 0,27]	0,18 [0,1; 0,33]	> 0,05
Аэ/М (%)	4,58 [3,11; 7]	5,07 [3,07; 8,62]	> 0,05
Ан (пф)	0,21 [0,14; 0,29]	0,18 [0,13; 0,24]	> 0,05
Ан/М (%)	5,59 [3,89; 7]	4,95 [3,61; 6,41]	> 0,05
Ам (пф)	0,13 [0,1; 0,22]	0,14 [0,1; 0,25]	> 0,05
Ам/М (%)	3,98 [2,9; 5,67]	3,56 [3,15; 5,95]	> 0,05
Ав (пф)	0,08 [0,07; 0,19]	0,08 [0,05; 0,13]	> 0,05
Ав/М (%)	2,13 [1,67; 5,06]	2,13 [1,67; 5,06]	> 0,05
Ас (пф)	0,29 [0,16; 0,43]	0,26 [0,2; 0,36]	> 0,05
Ас/М (%)	8,72 [4,59; 9,92]	7,41 [4,37; 9,06]	> 0,05
ДП (%)	48 [33; 58]	38 [32; 50]	> 0,05
АО (%)	239 [209; 290]	220 [198; 252]	> 0,05
<i>Лазерная доплеровская флоуметрия – палец</i>			
М (пф)	17,9 [15,8; 19,9]	17,4 [14,7; 18,7]	> 0,05
Аэ (пф)	0,61 [0,49; 0,86]	0,5 [0,17; 1,16]	> 0,05
Аэ/М (%)	4,29 [2,76; 6,44]	3,3 [1,16; 5,61]	> 0,05
Ан (пф)	0,68 [0,53; 0,92]	0,57 [0,21; 0,7]	> 0,05
Ан/М (%)	3,72 [3,14; 6,54]	3,2 [1,23; 5,19]	> 0,05
Ам (пф)	0,44 [0,29; 0,57]	0,31 [0,2; 0,54]	> 0,05
Ам/М (%)	3,06 [1,7; 3,69]	2,77 [1,18; 4,01]	> 0,05
Ав (пф)	0,18 [0,15; 0,26]	0,16 [0,15; 0,19]	> 0,05
Ав/М (%)	1,13 [0,82; 1,48]	0,96 [0,74; 1,19]	> 0,05
Ас (пф)	0,68 [0,54; 1,05]	0,8 [0,56; 1]	> 0,05
Ас/М (%)	3,89 [2,83; 8,11]	4,23 [3,22; 6,28]	> 0,05
ДП (%)	48 [33; 60]	54 [35; 62]	> 0,05
АО (%)	115 [109; 128]	113 [109; 126]	> 0,05
<i>Фотоплетизмография</i>			
Alp75 (%)	6,25 [1,1; 17,8]	8,3 [0,2; 17,4]	> 0,05
SpO ₂ (%)	95,6 [94,6; 96,3]	96,4 [94,9; 97]	> 0,05
SI (см/с)	7,45 [7,1; 8,1]	7,85 [7,4; 8,2]	> 0,05
RI (%)	37,4 [32,8; 48,1]	40,8 [33,2; 47,3]	> 0,05

Результаты исследования и их обсуждение

При запланированных сроках визита 2 на 15-е сутки и визита 3 на 29-е сутки относительно визита 1, комплексное исследование на визите 2 проводилось в диапазоне 15–19-х суток, на визите 3 – 31–39-х суток в обеих группах. Ни один из испытуемых не

провел все 28 запланированных сеансов электростимуляции. Среднее количество проведенных процедур составило 24±2 в обеих группах, а все пропущенные приходились только на утренние часы.

В группе контроля ни один из участников не предъявлял жалоб на плохую переносимость электро-

Результаты СМАД в группе контроля

Table 3

Results of daily blood pressure monitoring in the control group

		Визит 1 (n=30)	Визит 2 (n=30)	Визит 3 (n=22)	P ₁	P ₂	P ₃
САД	Сутки	136,5 [130; 142]	131 [125; 138]	129 [124; 135]	=0,023	>0,05	=0,019
	День	142 [135; 144]	136 [128; 140]	134 [127; 138]	=0,018	>0,05	=0,015
	Ночь	122,5 [111; 134]	117 [108; 126]	115,5 [107; 121]	=0,029	>0,05	=0,009
ДАД	Сутки	85,5 [83; 93]	82 [79; 85]	82 [78; 85]	=0,011	>0,05	=0,01
	День	90 [87; 98]	85 [82; 90]	86 [82; 88]	=0,016	>0,05	=0,014
	Ночь	76 [71; 84]	73 [69; 76]	71 [65; 73]	=0,01	>0,05	=0,009

П р и м е ч а н и е: здесь и далее P₁ – визит 1 – визит 2; P₂ – визит 2 – визит 3; P₃ – визит 1 – визит 3.

стимуляции. На третьем этапе трое испытуемых отказались от дальнейшего участия в исследовании, а из оставшихся 27 мужчин пятеро отказались от проведения СМАД. Результаты СМАД в ГК приведены в табл. 3.

На втором визите по данным СМАД у семи мужчин (23,3 %) снижения уровня АД не отмечено. Двое из них от дальнейшего исследования отказались, еще двое на третьем визите отказались проводить СМАД, а у остальных трех на визите 3 отмечалось снижение среднесуточных САД в пределах 4–7 мм рт. ст. и ДАД на 2–4 мм рт. ст. По итогам визита 3 наиболее существенное снижение среднесуточного уровня САД (на 12–15 мм рт. ст.) и ДАД (на 6–8 мм рт. ст.) отмечалось у четверых испытуемых – трое пациентов отказались от курения, а один некурящий, соблюдая рекомендации по здоровому питанию и физической активности, за месяц снизил массу тела на 5 кг.

Исходя из критериев АГ [10], у шести мужчин (20 %) уровень АД полностью нормализовался, а у остальных отмечалось снижение АД различной степени выраженности как в дневные, так и в ночные часы.

Результаты комплексного неинвазивного исследования структурно-функционального состояния микрососудистого русла кожи левой верхней конечности приведены в табл. 4.

Из полученных данных видно, что сразу после окончания курса электростимуляции достоверных различий в структурно-функциональном состоянии МЦР выявлено не было.

В отсроченном периоде (через 2 недели после окончания курса электростимуляции) по данным ВКС отмечается статистически значимое увеличение ФПКС и относительно исходных данных, и относительно визита 2, что можно расценивать как уменьшение функциональной rareфикации капиллярного русла. По данным ЛДФ на предплечье на визите 3 относительно визита 2 статистически значимо уменьшилась амплитуда респираторно связанных колебаний кровотока, что указывает на уменьшение степени веноулярного кровенаполнения. При ЛДФ на пальце отмечается снижение уровня тканевой перфузии относительно визита 2 и увеличение амплитуды пульсовых колебаний микро-

кровотока и вклада пульсовых колебаний в тканевую перфузию относительно исходных данных, что свидетельствует об увеличении притока артериальной крови к обменному (капиллярному) руслу. По данным ФПГ на визите 3 относительно исходных значений отмечается статистически значимое снижение расчетного индекса аугментации, индекса жесткости и индекса отражения.

В группе плацебо после визита 2 отказ от дальнейшего участия в исследовании составил 36 % (n=5), в то время как в группе контроля данный показатель составил всего 10 % (n=3). Из оставшихся 9 человек двое отказались от проведения СМАД на третьем этапе. Результаты СМАД приведены в табл. 5.

Как видно из полученных данных, снижения АД в данной группе не наблюдается, хотя двое испытуемых на визите 2 продемонстрировали снижение среднесуточных значений САД на 7 и 8 мм рт. ст. и ДАД на 3 и 5 мм рт. ст. соответственно, что может быть связано с полным отказом от курения. От дальнейшего участия в исследовании испытуемые отказались, ссылаясь на занятость.

Данные структурно-функционального состояния МЦР в ГП на всех этапах исследования приведены в табл. 6.

Из полученных данных видно, что достоверной динамики ни на уровне капиллярного русла, ни на уровне прекапиллярных и распределительных артериол в группе плацебо не получено. Единственный статистически значимый результат получен только для индекса аугментации, который на визите 3 увеличился относительно значений визита 2, что свидетельствует об увеличении вклада давления отраженной пульсовой волны в пульсовое артериальное давление.

В исследование были включены мужчины трудоспособного возраста с низким и умеренным сердечно-сосудистым риском с впервые выявленной АГ. Все испытуемые на момент первого визита не предъявляли никаких жалоб и субъективно считали себя здоровыми. Можно сделать предположение, что субъективное благополучие явилось основным фактором низкой комплаентности испытуемых. Ни один из 60 первично включенных в исследование не провели все 28 запланированных

Таблица 4

Динамика параметров системы микроциркуляции в группе контроля

Table 4

Dynamics of the microcirculation system parameters in the control group

	Визит 1 (n=30)	Визит 2 (n=30)	Визит 3 (n=27)	P ₁	P ₂	P ₃
<i>ВКС</i>						
ПЗ (мкм)	97 [77; 120]	105 [90; 123]	101 [85; 122]	>0,05	>0,05	>0,05
ФПКС (капп./мм ²)	77 [70; 92]	77,5 [73; 91]	88 [82; 97]	>0,05	=0,041	=0,038
СПКС (капп./мм ²)	103 [90; 125]	99,5 [91; 118,5]	110 [107; 117]	>0,05	>0,05	>0,05
ФПКС/СПКС	0,77 [0,7; 0,86]	0,79 [0,71; 0,86]	0,81 [0,77; 0,85]	>0,05	>0,05	>0,05
<i>ЛДФ – предплечье</i>						
М (пф)	3,76 [3,24; 4,14]	3,6 [3,1; 4,77]	3,4 [2,7; 4,1]	>0,05	>0,05	>0,05
Аэ (пф)	0,15 [0,11; 0,27]	0,18 [0,13; 0,29]	0,15 [0,12; 0,2]	>0,05	>0,05	>0,05
Аэ/М (%)	4,58 [3,11; 7]	4,63 [3,39; 6,38]	5 [3,33; 7,07]	>0,05	>0,05	>0,05
Ан (пф)	0,21 [0,14; 0,29]	0,2 [0,14; 0,26]	0,17 [0,13; 0,27]	>0,05	>0,05	>0,05
Ан/М (%)	5,59 [3,89; 7]	4,8 [3,15; 6,86]	6,06 [3,93; 7,81]	>0,05	>0,05	>0,05
Ам (пф)	0,13 [0,1; 0,22]	0,15 [0,11; 0,2]	0,13 [0,1; 0,16]	>0,05	>0,05	>0,05
Ам/М (%)	3,98 [2,9; 5,67]	3,57 [2,5; 4,69]	4,06 [3,93; 7,81]	>0,05	>0,05	>0,05
Ав (пф)	0,08 [0,07; 0,19]	0,09 [0,07; 0,18]	0,07 [0,05; 0,12]	>0,05	=0,021	>0,05
Ав/М (%)	2,13 [1,67; 5,06]	2,08 [1,64; 3,99]	1,85 [1,6; 2,86]	>0,05	>0,05	>0,05
Ас (пф)	0,29 [0,16; 0,43]	0,26 [0,19; 0,47]	0,27 [0,18; 0,41]	>0,05	>0,05	>0,05
Ас/М (%)	8,72 [4,59; 9,92]	6,62 [4,76; 10,31]	8,68 [6,57; 12,22]	>0,05	>0,05	>0,05
ДП (%)	48 [33; 58]	47,5 [32,5; 54]	42 [32; 56]	>0,05	>0,05	>0,05
АО (%)	239 [209; 290]	236 [198; 282]	249 [209; 306]	>0,05	>0,05	>0,05
<i>ЛДФ – палец</i>						
М (пф)	17,9 [15,8; 19,9]	19,5 [15,7; 21,2]	15,2 [9,4; 19,2]	>0,05	=0,034	>0,05
Аэ (пф)	0,61 [0,49; 0,86]	0,68 [0,44; 0,99]	0,57 [0,47; 1,24]	>0,05	>0,05	>0,05
Аэ/М (%)	4,29 [2,76; 6,44]	3,92 [2,08; 5,2]	5,88 [3,22; 8,92]	>0,05	>0,05	>0,05
Ан (пф)	0,68 [0,53; 0,92]	0,66 [0,44; 0,97]	0,72 [0,48; 1,23]	>0,05	>0,05	>0,05
Ан/М (%)	3,72 [3,14; 6,54]	3,87 [1,9; 5,43]	5,77 [3,37; 8,54]	>0,05	>0,05	>0,05
Ам (пф)	0,44 [0,29; 0,57]	0,47 [0,3; 0,65]	0,51 [0,28; 0,62]	>0,05	>0,05	>0,05
Ам/М (%)	3,06 [1,7; 3,69]	2,96 [1,46; 3,54]	3,36 [2,36; 5,51]	>0,05	>0,05	>0,05
Ав (пф)	0,18 [0,15; 0,26]	0,2 [0,17; 0,23]	0,18 [0,15; 0,22]	>0,05	>0,05	>0,05
Ав/М (%)	1,13 [0,82; 1,48]	1,03 [0,76; 1,41]	1,24 [1,16; 1,55]	>0,05	>0,05	>0,05
Ас (пф)	0,68 [0,54; 1,05]	0,93 [0,53; 1,17]	1,06 [0,76; 1,5]	>0,05	>0,05	=0,032
Ас/М (%)	3,89 [2,83; 8,11]	5,22 [2,43; 6,99]	8,22 [4,51; 14,54]	>0,05	>0,05	=0,019
ДП (%)	48 [33; 60]	44 [27; 51]	46 [28; 58]	>0,05	>0,05	>0,05
АО (%)	115 [109; 128]	112 [107; 129]	116 [106; 134]	>0,05	>0,05	>0,05
<i>ФПГ</i>						
Alp75 (%)	6,25 [1,1; 17,8]	5,6 [-3,9; 15,8]	3,2 [-16,6; 8,6]	>0,05	>0,05	=0,029
SPoO ₂ (%)	95,6 [94,6; 96,3]	94,6 [93,3; 95,7]	96 [94,6; 96,7]	>0,05	>0,05	>0,05
SI (см/с)	7,45 [7,1; 8,1]	7,6 [7,2; 8,2]	7 [6,8; 7,3]	>0,05	>0,05	=0,022
RI (%)	37,4 [32,8; 48,1]	35,7 [26,7; 43,1]	30,2 [27,5; 35]	>0,05	>0,05	=0,017

ных сеансов электростимуляции. Ввиду пропуска большого количества сеансов электростимуляции 16 (26,7 %) испытуемых (10 из ГК и 6 из ГП) были выведены из исследования. Из оставшихся 44 человек на визит 3 не явились 8 (18,2 %) мужчин (3 в ГК и 5 в ГП) и еще 7 человек на визите 3 от-

казались от проведения контрольного СМАД (5 в ГК и 2 ГП). В итоге, на визите 3 комплексное исследование МЦР удалось провести у 36 (81,8 %) испытуемых, а СМАД только у 29 (65,9 %) человек. Только 6 (13,6 %) испытуемых выполняли данные им рекомендации по модификации образа жизни

Результаты СМАД в группе плацебо

Table 5

Results of daily blood pressure monitoring in the placebo group

		Визит 1 (n=14)	Визит 2 (n=14)	Визит 3 (n=7)	P ₁	P ₂	P ₃
САД	Сутки	138 [132; 146]	137 [128; 144]	138 [130; 148]	>0,05	>0,05	>0,05
	День	145 [138; 151]	142,5 [135; 149]	144 [136; 150]	>0,05	>0,05	>0,05
	Ночь	125,5 [114; 129]	124 [113; 127]	125 [116; 130]	>0,05	>0,05	>0,05
ДАД	Сутки	87,5 [83; 92]	85 [80; 89]	88 [81; 95]	>0,05	>0,05	>0,05
	День	90,5 [86; 94]	90 [84; 93]	90 [87; 98]	>0,05	>0,05	>0,05
	Ночь	76 [69; 83]	75 [72; 78]	76 [68; 84]	>0,05	>0,05	>0,05

и управлению факторами риска – 5 из которых отказались от курения, 1 снизил массу тела.

Клинические испытания в ведущих научно-медицинских центрах (НМИЦ им. В. А. Алмазова, НИИ Медицины труда им. Академина Н. Ф. Измерова, Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова) и применение электростимулятора «АВР-051» в клинической практике [13, 14] продемонстрировали хороший гипотензивный эффект у больных с АГ I–III стадии в комбинации с антигипертензивной терапией. В данном исследовании чрескожная электростимуляция применялась в виде монотерапии у пациентов с впервые выявленной АГ, которым на первом этапе лечения было рекомендовано устранение модифицируемых факторов риска (курение, избыточный вес, гиподинамия и др.).

Полученные данные (табл. 3) показали, что в группе контроля медианные среднесуточные значения САД снизились на 5,5 мм рт. ст. сразу после окончания курса электростимуляции и еще на 2 мм рт. ст. через две недели после окончания курса терапии. Динамика суточных значений ДАД более скромная – снижение на 3,5 мм рт.ст. на визите 2 и отсутствие динамики на визите 3. Суммарное снижение суточных значений к окончанию исследования в среднем по группе составили 7,5 мм рт. ст. для САД и 3,5 мм рт. ст. для ДАД. Наиболее выраженное снижение АД (12–15/6–8 мм рт. ст.) на визите 3 отмечалось у четырех испытуемых, которые выполняли данные им рекомендации: трое – полный отказ от курения, один – снижение массы тела за месяц на 5 кг. У семи испытуемых на визите 2 по данным СМАД снижения АД не зарегистрировано. На визите 3 у троих из них отмечено снижение АД на 4–7/2–4 мм рт. ст., а у остальных четверых данные получить не удалось из-за неявки на визит 3 или отказа проводить СМАД. По результатам СМАД можно сделать заключение, что в процессе неполного курса электростимуляции (22–26 процедур) гипотензивный эффект различной степени выраженности отмечается у 26 (86,7 %) мужчин с впервые выявленной АГ. У шести (20 %) испытуемых на визите 3 отмечается полная нормализация уровня АД. У троих испытуемых нормализация АД отмечена при сочетании электростимуляции и устранении факторов риска, у остальных трех некурящих, но с избыточной массой

тела (25,4–27,9 кг/м²), – только на фоне неполного курса электростимуляции (23–26 сеансов).

Несмотря на свои малые размеры, МЦР кожи в структурно-функциональном плане очень неоднородно и имеет определенные регионарные особенности. Комплексный подход к исследованию МЦР встречается в единичных работах [11, 12, 15] и позволяет оценивать изолированно состояние различных звеньев МЦР: ВКС – обменное звено (капиллярное русло); ЛДФ – прекапиллярные артериолы (диаметром 15–50 мкм), в которых доминирует гуморальный механизм регуляции тонуса и посткапиллярные вены; ФПГ – терминальные артерии и крупные распределительные артериолы (диаметром 50–150 мкм), в которых доминирует нейрогенный механизм регуляции тонуса.

На уровне капиллярного русла кожи после окончания курса электростимуляции (визит 2) изменений зарегистрировано не было ни по одному из анализируемых параметров (табл. 4). На визите 3 отмечается статистически значимое увеличение функциональной плотности капиллярной сети в среднем на 10 кап/мм² как относительно исходных значений, так и относительно визита 2. Это свидетельствует о том, что в состоянии покоя функционирует большее количество капилляров, что увеличивает площадь обменной поверхности. На этом фоне размер перикапиллярной зоны, который отражает степень гидратации интерстициального пространства и дистанцию кровь↔клетка для питательных веществ и продуктов обмена, структурная плотность капиллярной сети и коэффициент ФПКС/СПКС достоверной динамики не продемонстрировали.

При ЛДФ на предплечье, где в область зондирования артериоло-венулярные анастомозы не попадают поэтому параметры перфузии больше отражают нутритивную направленность микрокровотока, достоверной динамики не выявлено ни на одном из этапов исследования. Нет динамики ни в уровне перфузии, ни в функциональном состоянии основных тонусформирующих механизмов модуляции микрокровотока (эндотелиальный, нейрогенный, миогенный). Единственный параметр, который продемонстрировал статистически значимые различия между визитом 2 и визитом 3, – амплитуда респираторно обусловленных колебаний кровотока. Снижение данного

Таблица 6

Динамика параметров системы микроциркуляции в группе плацебо

Table 6

Dynamics of the microcirculation system parameters in the placebo group

	Визит 1 (n=14)	Визит 2 (n=14)	Визит 3 (n=9)	P ₁	P ₂	P ₃
<i>ВКС</i>						
ПЗ (мкм)	109 [87; 122]	93,5 [82; 119]	99 [81; 116]	>0,05	>0,05	>0,05
ФПКС (капп./мм ²)	80 [71; 85]	82 [76; 95]	79 [74; 92]	>0,05	>0,05	>0,05
СПКС (капп./мм ²)	99 [88; 124]	103 [91; 126]	102 [94; 129]	>0,05	>0,05	>0,05
ФПКС/СПКС	0,8 [0,75; 0,85]	0,78 [0,74; 0,84]	0,79 [0,75; 0,83]	>0,05	>0,05	>0,05
<i>ЛДФ – предплечье</i>						
М (пф)	3,55 [3,32; 4,36]	3,92 [3,5; 4,5]	3,4 [3,1; 3,7]	>0,05	>0,05	>0,05
Аэ (пф)	0,18 [0,1; 0,33]	0,17 [0,13; 0,24]	0,15 [0,12; 0,28]	>0,05	>0,05	>0,05
Аэ/М (%)	5,07 [3,07; 8,62]	4,85 [4,23; 5,54]	5,48 [4,41; 8,24]	>0,05	>0,05	>0,05
Ан (пф)	0,18 [0,13; 0,24]	0,19 [0,14; 0,26]	0,17 [0,12; 0,27]	>0,05	>0,05	>0,05
Ан/М (%)	4,95 [3,61; 6,41]	5,42 [4,08; 6,02]	5,21 [4,8; 8,75]	>0,05	>0,05	>0,05
Ам (пф)	0,14 [0,1; 0,25]	0,12 [0,1; 0,16]	0,21 [0,14; 0,4]	>0,05	>0,05	>0,05
Ам/М (%)	3,56 [3,15; 5,95]	3,19 [2,50; 3,86]	6,77 [4,12; 8,75]	>0,05	>0,05	>0,05
Ав (пф)	0,08 [0,05; 0,13]	0,07 [0,05; 0,08]	0,07 [0,06; 0,1]	>0,05	>0,05	>0,05
Ав/М (%)	2,13 [1,67; 5,06]	1,73 [1,45; 2,59]	2,26 [1,94; 2,7]	>0,05	>0,05	>0,05
Ас (пф)	0,26 [0,2; 0,36]	0,25 [0,22; 0,29]	0,27 [0,24; 0,33]	>0,05	>0,05	>0,05
Ас/М (%)	7,41 [4,37; 9,06]	6,46 [5,17; 7,34]	9,71 [7,3; 12,94]	>0,05	>0,05	>0,05
ДП (%)	38 [32; 50]	37,5 [28; 47]	41 [36; 52]	>0,05	>0,05	>0,05
АО (%)	220 [198; 252]	231 [203; 297]	215 [157; 264]	>0,05	>0,05	>0,05
<i>ЛДФ – палец</i>						
М (пф)	17,4 [14,7; 18,7]	18,4 [16,5; 19,7]	17,7 [15,5; 20,2]	>0,05	>0,05	>0,05
Аэ (пф)	0,5 [0,17; 1,16]	0,61 [0,25; 0,95]	0,93 [0,67; 1,28]	>0,05	>0,05	>0,05
Аэ/М (%)	3,3 [1,16; 5,61]	3,52 [2,41; 9,48]	5,61 [3,22; 6,52]	>0,05	>0,05	>0,05
Ан (пф)	0,57 [0,21; 0,7]	0,55 [0,27; 1,03]	0,9 [0,51; 1,19]	>0,05	>0,05	>0,05
Ан/М (%)	3,2 [1,23; 5,19]	3,94 [1,52; 9,87]	3,76 [2,22; 7,63]	>0,05	>0,05	>0,05
Ам (пф)	0,31 [0,2; 0,54]	0,35 [0,24; 0,67]	0,75 [0,42; 0,82]	>0,05	>0,05	>0,05
Ам/М (%)	2,77 [1,18; 4,01]	2,34 [1,42; 4,06]	3,84 [2,02; 4,84]	>0,05	>0,05	>0,05
Ав (пф)	0,16 [0,15; 0,19]	0,18 [0,15; 0,19]	0,19 [0,17; 0,22]	>0,05	>0,05	>0,05
Ав/М (%)	0,96 [0,74; 1,19]	1 [0,82; 1,82]	1,1 [0,96; 1,23]	>0,05	>0,05	>0,05
Ас (пф)	0,8 [0,56; 1]	0,79 [0,51; 1]	0,86 [0,75; 1,12]	>0,05	>0,05	>0,05
Ас/М (%)	4,23 [3,22; 6,28]	4,94 [3,7; 5,4]	5,5 [4,87; 7,03]	>0,05	>0,05	>0,05
ДП (%)	54 [35; 62]	55 [38; 69]	55 [33; 70]	>0,05	>0,05	>0,05
АО (%)	113 [109; 126]	110 [107; 121]	110 [106; 113]	>0,05	>0,05	>0,05
<i>ФПГ</i>						
Alp75 (%)	8,3 [0,2; 17,4]	2,1 [-2,8; 18,7]	17,9 [5,8; 23,7]	>0,05	=0,046	>0,05
SPoO ₂ (%)	96,4 [94,9; 97]	95,6 [94,6; 96,4]	96,1 [95,9; 96,7]	>0,05	>0,05	>0,05
SI (см/с)	7,85 [7,4; 8,2]	8,05 [6,8; 8,7]	7,7 [7,3; 8,1]	>0,05	>0,05	>0,05
RI (%)	40,8 [33,2; 47,3]	38,2 [30,4; 53,8]	39,9 [28,2; 41,6]	>0,05	>0,05	>0,05

параметра можно расценивать как уменьшение степени веноулярного кровенаполнения через 2 недели после окончания курса электростимуляции. Однако относительно исходных значений данный параметр достоверно не отличался. Не получено динамики и при функциональных тестах – констрикторной дыха-

тельной пробе и постокклюзионной реактивной гиперемии при пятиминутной артериальной окклюзии.

При ЛДФ в области подушечки среднего пальца, где много поверхностно расположенных артериоло-веноулярных анастомозов, а характер тканевой перфузии больше отражает терморегуляторную

направленность микрокровотока, отмечается статистически значимое снижение уровня перфузии на визите 3 относительно визита 2, но различий между исходными значениями нет. Функциональное состояние тонусформирующих механизмов модуляции микрокровотока без достоверной динамики. Отмечается статистически значимое увеличение амплитуды пульсовых колебаний кровотока (Ас) и их перфузионного вклада (Ас/М) на визите 3 относительно исходных значений. Амплитуда пульсовых колебаний косвенно отражает количество притекающей к обменным микрососудам артериальной крови. Амплитуда пульсовых колебаний демонстрировала рост и на визите 2, но статистических значимых различий она не достигла. Констрикторная активность и дилататорный резерв МЦР, как и на предплечье, без динамики.

По данным ФПГ на просвет на уровне распределительных артериол диаметром 50–150 мкм, в которых доминирует нейрогенный механизм регуляции тонуса, сразу после окончания курса электростимуляции достоверной динамики в анализируемых параметрах не выявлено. Статистически значимые изменения выявляются только через 2 недели после окончания электростимуляции. Относительно исходных значений отмечается снижение $Alp75$, SI и RI , что свидетельствует о снижении вклада давления отраженной пульсовой волны в пульсовое АД, снижении скорости распространения пульсовых волн по крупным эластическим сосудам и снижении тонуса мелких мышечных артерий и артериол.

Как было показано в работе А. И. Королева с соавторами, у мужчин на ранних стадиях АГ основные нарушения выявляются именно на уровне более крупных распределительных артериол [15], что согласуется с нейрогенной теорией патогенеза Ланга-Мясникова, в основе которой лежит психоэмоциональное «перенапряжение» высших нервных центров, регулирующих сосудистый тонус. Курсовое воздействие аппаратом «АВР-051» приводит к нормализации функционального состояния вазомоторного центра продолговатого мозга со снижением тонуса симпатической нервной системы, что приводит к снижению АД, снижению тонуса распределительных артериол, увеличению притока артериальной крови к обменному звену сосудистого русла и увеличению количества функционирующих капилляров.

В группе плацебо после курсового применения аппарата «АВР-051» с отключенной функцией электростимуляции на визите 2 СМАД было проведено у всех 14 испытуемых, а на третьем – только у семерых. Данные, которые удалось получить (табл. 5), демонстрируют отсутствие динамики уровня АД. У двух испытуемых на визите 2 отмечено снижение среднесуточных значений САД на 7 и 8 мм рт. ст. и ДАД на 3 и 5 мм рт. ст. соответственно, что может быть обусловлено выполнением рекомендаций по устранению факторов риска (отказ от курения), но они от дальнейшего исследования отказались. При исследовании МЦР (табл. 6), которое на визите 3 проведено у 9 испытуемых, динамики не зарегистрировано ни по одному из параметров, за исключением увеличения

индекса аугментации при ФПГ на визите 3 относительно визита 2.

Заключение

Ограничением исследования является малая выборка и низкая комплаентность испытуемых. Никто из включенных в исследование мужчин в обеих группах не провел все 28 запланированных процедур электростимуляции и только 6 человек выполняли данные им рекомендации по устранению модифицируемых факторов риска.

Несмотря на существующие ограничения, проведение курсового применения электростимуляционного аппарата «АВР-051» позволило снизить уровень АД различной степени выраженности в 86,7 % случаев у мужчин трудоспособного возраста с низким и умеренным сердечно-сосудистым риском с впервые выявленной артериальной гипертензией. Гипотензивный эффект отмечается сразу после окончания курса электростимуляции и сохраняется на протяжении 2–3 недель после его окончания с дальнейшей положительной динамикой.

Выявленные изменения на уровне МЦР кожи, которые выражаются снижением тонуса резистивных артериол, увеличением количества функционирующих капилляров и увеличением притока крови к ним, регистрируются в отсроченном периоде (2–3 недели после окончания курса физиотерапии) и, вероятнее всего, обусловлены непосредственно снижением АД на фоне системной нормализации симпатического тонуса.

На начальных стадиях развития АГ у данной категории пациентов – полная нормализация уровня АД на фоне курсового применения электростимулятора «АВР-051» составила 20 %, половина из которых (10 %) – при сочетании курса электростимуляции и устранения факторов риска, вторая половина – на фоне монотерапии аппаратом «АВР-051».

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare that they have no conflicts of interest.

Необходимое для проведения исследования оборудование – серийно производимые корректоры артериального давления «АВР-051» и модернизированные аппараты, соответствующие критериям плацебо, – предоставлены компанией ООО «Инферум» на безвозмездной основе. / The equipment necessary for the study (the commercially produced blood pressure correctors AVR-051 and modernized devices meeting the placebo criteria) was provided by ООО Inferum on a free-of-charge basis.

Литература / References

1. Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Имаева А.Э. и др. Распространенность артериальной гипертензии, охват лечением и его эффективность в Российской Федерации (данные наблюдательного исследования ЭССЕ-РФ-2) // Рациональная фармакотер. в кардиол. – 2019. – Т. 15, № 4. – С. 450–466. [Balanova YuA, Shalnova SA, Imaeva AE, Kapustina AV, Muromtseva GA, Evstifeeva SV, Tarasov VI, Redko AN,

Viktorova IA, Prishchepa NN, Yakushin SS, Boytsov SA, Drapkina OM. Prevalence, awareness, treatment and control of hypertension in Russian Federation (Data of observational ESSERF-2 study). *Rational Pharmacol Cardiol.* 2019;15(4):450-466. (In Russ.). Doi: 10.20996/1819-6446-2019-15-4-450-466.

2. Абрамович С.Г. Физиотерапия артериальной гипертензии: проблемы и пути решения // Здоровье. Мед. экол. Наука. – 2014. – № 2(56). – С. 73–75. [Abramovich SG. Physiotherapy of arterial hypertension: problems and solutions. *Health. Med ecol. The science.* 2014;(2(56)):73-75 (In Russ.)].

3. Абрамович С.Г., Куликов А.Г., Долбилкин А.Ю. Общая магнитотерапия при артериальной гипертензии // Физиотер., бальнеол. и реабил. – 2014. – № 5. – С. 50–55. [Abramovich SG, Kulikov AG, Dolbilkin AY. General magnetic therapy for arterial hypertension. *Russ J Phys Ther, Balneol Rehabil.* 2014;(5):50-55. (In Russ.)].

4. Метаболические эффекты низкоинтенсивной дециметровой физиотерапии при артериальной гипертензии / Логаткина А.В., Бондарь С.С., Терехов И.В., Собченко А.А. // Вестн. новых мед. технол. – 2015. – Т. 22, № 2. – С. 71–77. [Logatkina AV, Bondar SS, Terekhov IV, Sobchenko AA. Metabolic effects of low-intensity decimeter physiotherapy for arterial hypertension. *Bull New Med Technol.* 2015;22(2):71-77. (In Russ.)]. Doi: 10.12737/11839.

5. Применение электростимулятора «АВР-051» для коррекции артериального давления в клинической практике: методические рекомендации. – СПб.: «Лазурь», 2018. – 20 с. [Use of the electrical stimulator “AVR-051” for blood pressure correction in clinical practice. *Guidelines.* St. Petersburg, «Lazur», 2018:20. (In Russ.)].

6. Состояние микроциркуляции при гипертенгической болезни / Маколкин В.И., Подзолков В.И., Павлов В.И., Самоilenko В.В. // Кардиология. – 2003. – Т. 43, № 5. – С. 60–67. [Makolkin VI, Podzolkov VI, Pavlov VI, Samoilenko VV. The state of microcirculation in hypertension. *Cardiology.* 2003;43(5):60-67. (In Russ.)].

7. Feihl F, Liauder L, Waeber B, Levy BI. Hypertension: a disease of the microcirculation? *Hypertension.* 2006;48:1012-1017. Doi: 10.1161/01.HYP.0000249510.20326.72.

8. Подзолков В.И., Булатов В.А. Нарушение микроциркуляции при артериальной гипертензии: причина, следствие или еще один «порочный круг» // Сердце. – 2008. – Т. 4, № 3. – С. 132–138. [Podzolkov VI, Bulatov VA. Violation of microcirculation in arterial hypertension: cause, effect or another «vicious circle». *Heart.* 2008;4(3):132-138. (In Russ.)].

9. Абрамович С.Г., Долбилкин А.Ю. Новая технология реабилитации и современные подходы тактики лечения у больных артериальной гипертензией в санаторно-курортных условиях // Вестн. новых мед. технол. – 2017. – № 2. – С. 152–158. [Abramovich SG, Dolbilkin AY. New rehabilitation technology and modern approaches to treatment tactics for patients with arterial hypertension in sanatorium-resort conditions. *Bull New Med Technol.* 2017;(2):152-158. (In Russ.)]. Doi: 10.12737/article_59099ffc8b3b87.66520236.

10. Российское кардиологическое общество. [Электронный ресурс]. Клинические рекомендации «Артериальная гипертензия у взрослых» 2020. URL: https://scardio.ru/content/Guidelines/Clinic_rek_AG_2020.pdf. [Russian Society of Cardiology. Clinical recommendations «Arterial hypertension in adults» 2020. Available at: https://scardio.ru/content/Guidelines/Clinic_rek_AG_2020.pdf. (In Russ.)].

11. Омельяненко К.В., Горшков А.Ю., Федорович А.А. и др. Гендерные особенности микроциркуляторного русла кожи у здоровых лиц трудоспособного возраста // Кардиоваск. тер. и профил. – 2021. – Т. 20, № 8. – С. 48–55. [Omelyanenko KV, Gorshkov AY, Fedorovich AA, Korolev AI, Dadaeva VA, Akasheva DU, Drapkina OM. Gender features of the microvasculature of the skin in healthy people of working age. *Cardiovasc Ther Prevent.* 2021;20(8):48-55. (In Russ.)]. Doi: 10.15829/1728-8800-2021-3111.

12. Королев А.И., Федорович А.А., Горшков А.Ю. и др. Параметры микроциркуляторного кровотока в коже верхних конечностей у здоровых мужчин трудоспособного возраста // Профилактич. мед. – 2021. – Т. 24, № 7. – С. 60–69. [Korolev AI, Fedorovich AA, Gorshkov AY, Dadaeva VA, Kim OT, Mikhailova MA, Vasilyev DK, Dzhirova ON, Akasheva DU, Drapkina OM. Parameters of microcirculatory blood flow in the skin of the upper extremities in healthy men of working age. *Prevent med.* 2021;24(7):60-69. (In Russ.)]. Doi: 10.17116/profmed20212407160.

13. Возможность коррекции артериального давления с использованием неинвазивной чрескожной электростимуляции у пациентов старших возрастных групп / Лузина А.В., Котовская Ю.В., Ткачева О.Н., Рунихина Н.К. // Кардиол.: новости, мнения, обучение. – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 14–17. [Luzina AV, Kotovskaya YuV, Tkacheva ON, Runikhina NK. Possibilities of blood pressure correction using non-invasive transcutaneous electrical stimulation in patients of older age groups. *Cardiol.: news, opinions, training.* 2018;6(4):14-17. (In Russ.)]. Doi: 10.24411/2309-1908-2018-14002.

14. Федоров А.А., Малахов В.В., Трухина А.С. и др. Оценка эффективности и безопасности применения чрескожной периферической электростимуляции у больных артериальной гипертензией // Курортная мед. – 2019. – № 2. – С. 41–49. [Fedorov AA, Malakhov VV, Trukhina AS, Ivanov VV, Gurov AA. Evaluation of the effectiveness and safety of transcutaneous peripheral electrical neurostimulation in patients with arterial hypertension. *Resort Med.* 2019;(2):41-49. (In Russ.)].

15. Korolev AI, Fedorovich AA, Gorshkov AY, Dadaeva VA, Omelyanenko KV, Chashchin MG, Drapkina OM. Structural and functional state of various parts of skin microcirculation at an early stage of hypertension in working-age men. *Microvasc Res.* 2023;145:104440. Doi: 10.1016/j.mvr.2022.104440.

Информация об авторах

Федорович Андрей Александрович – канд. мед. наук, старший научный сотрудник лаборатории «Микроциркуляции и регионального кровообращения», Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины; старший научный сотрудник лаборатории «Вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы», Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия, e-mail: faa-micro@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-5140-568X.

Королев Андрей Игоревич – младший научный сотрудник Лаборатории микроциркуляции и регионального кровообращения, НИИЦ терапии и профилактической медицины, Москва, Россия, e-mail: dr.korolev.andrei@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9830-8959.

Дадеева Валида Арсланиевна – канд. мед. наук, научный сотрудник отдела фундаментальных и прикладных аспектов ожирения, НИИЦ терапии и профилактической медицины; магистр кафедры общественного здоровья, здравоохранения и гигиены, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия, e-mail: dr.dadaeva@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0348-4480.

Михайлова Мария Александровна – научный сотрудник отдела фундаментальных и прикладных аспектов ожирения,

Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины, Москва, Россия, e-mail: marya.filina-2015@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8089-8970.

Горшков Александр Юрьевич – канд. мед. наук, руководитель Лаборатории микроциркуляции и регионарного кровообращения, Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины, Москва, Россия, e-mail: aygorshkov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1423-214X.

Драпкина Оксана Михайловна – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, директор, НМИЦ терапии и профилактической медицины, Москва, Россия, e-mail: drapkina@bk.ru, ORCID: 0000-0002-4453-8430.

Authors information

Fedorovich Andrey A. – Candidate (PhD) of Medical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Microcirculation and Regional Circulation, National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Senior Researcher, Laboratory of Autonomic Regulation of Cardiovascular System, Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences (IBMP), Moscow, Russia, e-mail: faa-micro@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-5140-568X.

Korolev Andrei I. – Junior Researcher, laboratory of Microcirculation and Regional Circulation, National Medical Research

Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia, e-mail: dr.korolev.andrei@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9830-8959.

Dadaeva Valida A. – Candidate (PhD) of Medical Sciences, Researcher, Department of Fundamental and Applied Aspects of Obesity, National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia; Master, Department of Public Health, Healthcare and Hygiene, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia, e-mail: dr.dadaeva@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0348-4480.

Mikhailova Maria A. – Researcher, Department of Fundamental and Applied Aspects of Obesity, National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia, e-mail: marya.filina-2015@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8089-8970.

Gorshkov Alexander Yu. – Candidate (PhD) of Medical Sciences, Head, Laboratory of Microcirculation and Regional Circulation, National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia, e-mail: aygorshkov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1423-214X.

Drapkina Oksana M. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Director, National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia, e-mail: drapkina@bk.ru, ORCID: 0000-0002-4453-8430.