

## ФИЗИОТЕРАПИЯ. ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

УДК 615.831:616.1:616.839:611.018.74

*В. А. Воловникова<sup>1</sup>, Я. Н. Машковская<sup>2</sup>, А. Н. Шишкин<sup>1</sup>, В. В. Кирьянова<sup>2</sup>*

### ВЛИЯНИЕ СЕЛЕКТИВНОЙ ФОТОТЕРАПИИ НА ВЕГЕТАТИВНУЮ РЕГУЛЯЦИЮ И ФУНКЦИЮ ЭНДОТЕЛИЯ У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

<sup>2</sup> Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, Российская Федерация, 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., 41

Изучено влияние визуальной фототерапии зеленым монохроматическим светом (длина волны 0,54 нм) на вегетативную регуляцию и эндотелиальную функцию у больных артериальной гипертензией. Обнаружено положительное влияние селективной фототерапии на динамику систолического и диастолического артериального давления. Подтверждена нормализация симпатомиметической реактивности сердечно-сосудистой системы. Получены данные, свидетельствующие об улучшении микроциркуляции под действием зеленого спектра излучения и его положительном влиянии на эндотелиальную функцию. Проведенная работа еще раз подтверждает высокую терапевтическую активность метода и обоснованность применения селективной фототерапии в комплексном лечении пациентов с артериальной гипертензией. Библиогр. 36 назв. Табл. 8.

*Ключевые слова:* селективная фототерапия, зеленый монохроматический свет, артериальная гипертензия, дисфункция эндотелия, вегетативный индекс.

### THE INFLUENCE OF SELECTIVE PHOTOCHEMOTHERAPY ON AUTONOMIC REGULATION AND ENDOTHELIAL FUNCTION OF THE PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION

*V. A. Volovnikova<sup>1</sup>, Y. N. Mashkovskaya<sup>2</sup>, A. N. Shishkin<sup>1</sup>, V. V. Kir'yanova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> St. Petersburg State University, 7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

<sup>2</sup> North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, 41, Kirochnaya ul., St. Petersburg, 191015, Russian Federation

The article represents the research about the influence of the visual photochemotherapy by green monochromatic light (wavelength 0.54 nm) on autonomic regulation and endothelial function of the patients with arterial hypertension. A positive impact of selective phototherapy on the systolic and diastolic blood pressure dynamics was established. Normalization of the sympatho-mimetic reactivity of the cardiovascular system was confirmed. The data obtained proves an improvement of microcirculation under the influence of green monochromatic light and the positive impact of it on endothelial function. The conducted research confirms the high therapeutic activity and validity of the selective phototherapy method in treatment of the patients with arterial hypertension. Refs 36. Tables 8.

*Keywords:* selective phototherapy, green monochromatic light, arterial hypertension, endothelial dysfunction, vegetative index.

Артериальная гипертензия (АГ) в Российской Федерации (РФ) остается одной из наиболее значимых медико-социальных проблем. Это обусловлено как широким распространением данного заболевания (около 40% взрослого населения РФ имеют повышенный уровень артериального давления (АД)), так и тем, что АГ является важнейшим фактором риска основных сердечно-сосудистых заболеваний — инфаркта миокарда и мозгового инсульта, главным образом определяющих высокую смертность в стране [1].

Одним из универсальных механизмов патогенеза практически всех сердечно-сосудистых заболеваний, включая и АГ, является дисфункция эндотелия (ДЭ). ДЭ рассматривается как фактор риска заболеваний, связанных с повышением АД и развитием атеросклероза [2]. Кроме того, большое значение в формировании АГ, особенно на начальных стадиях ее развития, отводят вегетативной дисфункции, вследствие которой нарушается равновесие между сердечным выбросом и сосудистым сопротивлением. Известно, что гиперактивность симпатического отдела вегетативной нервной системы (НС) способствует развитию электрической нестабильности миокарда, ремоделированию артерий и миокарда, повышает периферическое сопротивление, способствует нарушению диастолической функции и гипертрофии миокарда левого желудочка [3]. Уменьшение повреждения, коррекция и поддержание адекватного функционирования эндотелия, а также своевременная диагностика и медикаментозная коррекция вегетативной дисфункции являются важными аспектами современной терапии сосудистой патологии.

В последние годы все большее применение в медицине, в том числе и в лечении сердечно-сосудистой патологии, находят методы физиотерапии. Одним из традиционно используемых физиотерапевтических методов является светолечение (фототерапия). Множество фактов, полученных в результате продолжительных исследований, неопровержимо свидетельствует, что свет вызывает изменения почти всех функций организма: функционального состояния центральной нервной системы, обмена веществ, деятельности эндокринных желез, состава крови и т. д. [4].

Согласно проведенным исследованиям по изучению влияния различных длин волн видимой части спектра света на различные патологические процессы, выявлена неоднородность их действия [5]. Подчеркивается, что именно зеленая часть видимого спектра излучения (длина волны 0,54 нм) обладает, по сравнению с другими, более гармонизирующим, седативным, противовоспалительным, противоотечным эффектом, способным в адекватных дозах нормализовать микрокровооток на уровне пре- и посткапиллярного звена микроциркуляторного русла, стабилизировать региональное кровообращение за счет нормализации сосудистого тонуса и кровенаполнения сосудов. В частности, доказано положительное влияние зеленого монохроматического света на функциональное состояние нерва в экспериментальной модели компрессионно-ишемических невропатий [6], при хронической вертебральной недостаточности [7], при лечении рассеянного склероза [8], диабетических микроангиопатий нижних конечностей [9], псориаза [10], гипертонической болезни [11, 12].

Влияние селективной фототерапии с использованием различных спектров видимого света на вегетативную регуляцию известно давно и более изучено. Было продемонстрировано активизирующее действие синего цвета на парасимпатическую НС, красный цвет вызывал симпатикотонический эффект, увеличивая частоту сер-

дечных сокращений и значение вегетативного индекса (ВИ). При визуальной стимуляции зеленым спектром света наблюдалось одновременное торможение тонуса и симпатического, и парасимпатического отделов вегетативной НС, что приводило к снижению ВИ и свидетельствовало о «гармонизирующем» влиянии данного спектра излучения на вегетативную НС [13].

Возможное влияние видимой части света на функцию эндотелия (ФЭ) на сегодняшний день практически не изучено. Представлены единичные работы, подтверждающие эндотелийпротективное действие внутривенного лазерного облучения крови [14]. В то же время механизмы реализации многих положительных эффектов зеленого спектра излучения остаются не до конца ясными, а данные, касающиеся его возможного влияния на ФЭ, в литературе практически отсутствуют.

**Цель работы:** изучение влияния визуальной фототерапии зеленым монохроматическим светом (длина волны 0,54 нм) на вегетативную регуляцию и эндотелиальную функцию у больных артериальной гипертензией.

**Материалы и методы исследования.** Обследовано 115 пациентов с установленным диагнозом АГ 2–3-й степени. Из них 84 (73,0%) женщины, 31 (27,0%) мужчина. Все пациенты были разделены на две группы: основная ( $n = 65$ ), пациенты которой проходили медикаментозное лечение в сочетании с применением курса селективной фототерапии (СФ), и группа сравнения ( $n = 50$ ), в которой пациенты получали медикаментозное лечение по стандартной схеме и курс имитации СФ. Средний возраст пациентов составил  $57,5 \pm 1,9$  года ( $62,8 \pm 1,7$  и  $64,2 \pm 2,6$  года, соответственно в основной и в контрольной группах). В обеих группах преобладали лица старше 60 лет (58,5% (38 чел.) в первой группе и 62% (31 чел.) во второй группе). Средняя продолжительность АГ составила  $12,4 \pm 1,3$  года и  $10,8 \pm 1,5$  лет (в 1-й и 2-й группе соответственно). В обеих группах преобладали пациенты со 2-й и 3-й степенью АГ (75,4% (49 чел.) в основной группе и 74% (37 чел.) в контрольной группе). Средний уровень систолического АД (САД) в покое составил в основной группе  $172,8 \pm 3,2$  мм рт. ст., в контрольной —  $170,0 \pm 3,3$  мм рт. ст., диастолического АД (ДАД) —  $97,9 \pm 1,6$  мм рт. ст. и  $95,6 \pm 1,8$  мм рт. ст. соответственно, средняя частота сердечных сокращений (ЧСС) —  $79,1 \pm 2,07$  уд/мин в основной группе и  $78,3 \pm 2,2$  уд/мин в группе сравнения. По перечисленным выше показателям группы были сопоставимы.

Отбор больных для исследования и в группу сравнения проводился методом сплошной выборки с исключением пациентов с симптоматическими АГ, онкологическими заболеваниями, активными, тяжелыми и декомпенсированными болезнями почек, печени, сердца, легких, щитовидной железы, анемиями, лейкозами, аутоиммунными заболеваниями, диффузными болезнями соединительной ткани и системными васкулитами, сахарным диабетом.

Процедура СФ выполнялась с помощью аппарата «Спектр-ЛЦ-02» на рефлекторно-сегментарную зону С4-Т4 длиной волны 540 нм курсом 10 сеансов по 5 мин на 1 поле [5].

Для оценки функционального состояния эндотелия выполнялась проба с постокклюзионной реактивной гиперемией (ПРГ) по классической методике, предложенной D. S. Celermajer [15], в модификации О. В. Ивановой [16]. Исследование проводилось на ультразвуковом аппарате «Vivid-7» с помощью линейного датчика 7 МГц в режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК) и D-режимах. Нормальной реакцией считалась дилатация артерии на фоне ПРГ более чем на 10% от

исходного диаметра, меньшее ее значение или вазоконстрикция считались патологическими и свидетельствовали о снижении вазомоторной ФЭ. Одновременно оценивалась усредненная по времени скорость кровотока. Величина объемной скорости кровотока вычислялась как произведение площади поперечного сечения сосуда на усредненную по времени скорость кровотока. Для стандартизации результатов пробы вычисляли показатель напряжения сдвига на эндотелий ( $\tau$ ).

Для оценки степени вегетативного равновесия в регуляции сердечно-сосудистой системы использовали вегетативный индекс (ВИ), который рассчитывался как  $100 \times (1 - \text{ДАД} / \text{ЧСС})$ , где ДАД — диастолическое АД в мм рт. ст., ЧСС — частота сердечных сокращений (уд/мин). Отрицательная величина индекса характеризует преобладание влияний парасимпатической НС, положительная — свидетельствует о симпатикотонии [17].

Периферическое сопротивление сосудов (ПСС) рассчитывалось по формуле:  $\text{ПСС} = (\text{СКД} \times 1333 \times 60) / \text{МОК}$ , где ПСС — периферическое сопротивление сосудов,  $\text{дин}\cdot\text{см}^{-5}$ , СКД — среднее кровяное давление, мм рт. ст., 1333 — переводной коэффициент, 60 — число секунд в минуте, МОК — минутный объем крови, мл/мин. Нормативные показатели: ПСС = 1200 – 1500  $\text{дин}\cdot\text{см}^{-5}$ .

Все больные получали равноценную терапию согласно современным рекомендациям по лечению АГ [18]. Частота использования гемодинамически активных лекарственных препаратов (ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента, антагонисты рецепторов ангиотензина II, бета-адреноблокаторы, диуретики, антагонисты кальциевых каналов) в подгруппах не различалась ( $p \geq 0,05$ ). Физиотерапевтические процедуры назначались больным с их согласия на проведение комплексного обследования до и после курса лечения.

Статистическая обработка — унивариантная статистика с использованием Stat Soft Statistica 8.0, SPSS.

**Результаты.** При анализе влияния проведенного лечения на гемодинамические показатели отмечен достоверный гипотензивный эффект в обеих группах. В 1-й группе клиническое САД снизилось с  $172,1 \pm 3,2$  до  $130,1 \pm 2,1$  мм рт. ст., во второй группе — с  $170,8 \pm 3,3$  до  $140,6 \pm 1,5$  мм рт. ст. ( $p < 0,01$ ). Клиническое ДАД в 1-й группе снизилось с  $97,4 \pm 1,6$  до  $81,1 \pm 0,8$  мм рт. ст., во 2-й группе — с  $95,6 \pm 1,8$  до  $82,0 \pm 1,1$  мм рт. ст. Однако статистически значимые различия в динамике цифр ДАД не были выявлены ни в первой, ни во второй группе ( $p > 0,05$ ). Межгрупповые различия по данному показателю также выявлены не были. При сопоставлении динамики снижения САД в обследованных группах отмечено более выраженное снижение САД в основной группе ( $p < 0,001$ ). В то же время в основной группе наблюдалось достоверное снижение СКД с  $122,3 \pm 2,0$  до  $97,4 \pm 0,9$  мм рт. ст. В то время как в контрольной группе различия данного показателя до и после лечения оказались незначимыми ( $120,6 \pm 2,1$  и  $101,4 \pm 1,6$  мм рт. ст. соответственно). Анализ динамики ЧСС не выявил значимых изменений на фоне лечения в обеих группах ( $p > 0,05$ ). При этом после проведенного лечения отмечено достоверное снижение периферического сопротивления сосудов (ПСС) ( $1956,1 \pm 31,3$  vs  $1558,3 \pm 14,3$   $\text{дин}\cdot\text{с}/\text{см}^2$  и  $1929,3 \pm 32,9$  vs  $1623,8 \pm 17,4$   $\text{дин}\cdot\text{с}/\text{см}^2$  соответственно в основной и контрольной группах) ( $p < 0,05$ ). Данные гемодинамических показателей обследованных пациентов до и после лечения приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Гемодинамические показатели у обследованных пациентов основной группы до и после курса селективной фототерапии

Показатели	Основная группа (n = 65)				p
	до лечения		после лечения		
	M±m	min÷max	M±m	min÷max	
САД, мм рт. ст.	172,1±3,2	132÷240	130,1±2,1	105÷160	<0,01
ДАД, мм рт. ст.	97,4±1,6	70÷120	81,1±0,8	70÷110	>0,05
ЧСС, уд/мин	79,1±2,0	47÷120	72,2±1,4	47÷105	>0,05
СКД, мм рт. ст.	122,3±2,0	93,3÷153,3	97,4±0,9	83÷121,7	<0,05
ПСС, дин·см <sup>-5</sup>	1956,1±31,3	1493÷2453	1558,3±14,3	11328÷1946	<0,05

Таблица 2. Гемодинамические показатели у обследованных пациентов контрольной группы до и после курса селективной фототерапии

Показатели	Контрольная группа (n = 50)				p
	до лечения		после лечения		
	M±m	min÷max	M±m	min÷max	
САД мм рт. ст.	170,8±3,3	137÷220	140,6±1,5	110÷160	<0,01
ДАД мм рт. ст.	95,6±1,8	70÷120	82,0±1,1	65÷100	>0,05
ЧСС, уд/мин	78,3±2,2	52÷105	73,8±1,7	47÷92	>0,05
СКД, мм рт. ст.	120,6±2,1	93,3÷154	101,4±1,6	83÷120	>0,05
ПСС дин·см <sup>-5</sup>	1929,3±32,9	1503÷2453	1623,8±17,4	1333÷1920	<0,05

Оценка степени вегетативного равновесия показала, что в обеих группах до лечения преобладали пациенты с отрицательными значениями ВИ (67,7% (44 чел.) в 1-й группе и 68% (34 чел.) во второй группе), что расценивалось как парасимпатическое влияние. В то время как положительное значение ВИ (симпатическое влияние) выявлено в 2 наблюдениях как в первой, так и во второй группе (3,1% и 4% соответственно), эйтония наблюдалась у пациентов основной группы в 19 (29,2%) случаях, а контрольной группы – в 14 (28%). После проведения лечения в обеих группах отмечено достоверное увеличение числа пациентов с эйтонией (29,2% (19 чел.) vs 46,0% (29 чел.) в основной группе и 28% (14 чел.) vs 45,8% (22 чел.) в группе сравнения) ( $p < 0,05$ ) (табл. 3).

Таблица 3. Вегетативный индекс у обследованных пациентов до и после курса селективной фототерапии

Значение вегетативного индекса	Основная группа (n = 65)					Контрольная группа (n = 50)				
	до лечения		после лечения		p	до лечения		после лечения		p
	абс. ч.	%	абс. ч.	%		абс. ч.	%	абс. ч.	%	
Положительное	2	3,1	1	1,6	>0,05	2	4	2	4,2	>0,05
Отрицательное	44	67,7	33	52,4	>0,05	34	68	24	50,0	>0,05
Эйтония	19	29,2	29	46,0	<0,05	14	28	22	45,8	<0,05

При оценке динамики ВИ на фоне терапии в основной и контрольной группах была отмечена тенденция к приросту данного показателя на 14,8 и 11,9 соответственно, что отражено в таблице 4. При этом достоверных различий в приросте ВИ между группами выявлено не было ( $p > 0,05$ ).

Таблица 4. Динамика вегетативного индекса в результате физиотерапевтического лечения у пациентов с артериальной гипертензией

Группы	До лечения		После лечения		Изменения
	М±m	min÷max	М±m	min÷max	
Основная группа (n = 65)	-29,4±4,2	-129,2÷22,5	-14,6±2,3	-70,2÷20,0	14,8
Контрольная группа (n = 50)	-24,6±3,5	-73,1÷9,1	-12,7±3,1	-70,0÷20,7	11,9

При оценке эндотелиальной сосудистой функции при помощи пробы с ПРГ значения базального диаметра плечевой артерии у пациентов I группы ( $3,865 \pm 0,143$  мм) практически не различались и достоверно не отличались от соответствующих значений в группе контроля — II группа ( $4,075 \pm 0,135$  мм) ( $p > 0,05$ ).

Результаты пробы до проведения курса СФ показали, что в обеих группах преобладали пациенты с нарушениями ЭФ. Количество больных с положительной пробой, у которых диаметр артерии увеличивался менее чем на 10%, составило 66,1% (43 чел.) и 70,0% (35 чел.) соответственно в 1-й и 2-й группе. У 15,38% пациентов (10 чел.) 1-й группы и 10,0% (5 чел.) 2-й группы определялась парадоксальная вазоконстрикторная реакция (табл. 5).

Таблица 5. Результаты пробы с постокклюзионной реактивной гиперемией у обследованных пациентов до и после лечения.

Показатель	I группа (n = 65)		II группа (n = 50)	
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
Число больных с вазоконстрикторной реакцией (абс./%)	10/15,38	5/7,69	5/10,0	11/22,2
Число больных с положительной пробой (абс./%)	43/66,1	53/81,5	35/70,0	39/77,8
Число больных с нормальной реакцией (абс./%)	12/18,46	7/10,8	10/20,0	0

Проведенный анализ динамики прироста диаметра плечевой артерии в ответ на пробу с ПРГ выявил, что ни в основной, ни в контрольной группе не наблюдается различий в диаметре сосудов в результате лечения. Межгрупповые различия по этому параметру также отсутствуют ( $p > 0,05$ ) (табл. 6). Однако нами отмечено уменьшение числа пациентов с вазоконстрикторной реакцией, 15,38% (10 чел.) vs 7,69% (5 чел.) ( $p < 0,05$ ), после проведения курса комбинированной терапии, включающей СФ.

Линейные скорости кровотока между группами исходно были сопоставимы ( $0,91 \pm 0,05$  и  $0,93 \pm 0,05$  м/с соответственно в 1-й и 2-й группе) (табл. 7, 8). Также мы не обнаружили значимых различий между группами по скорости кровотока при репер-

фузии, которая составила в 1-й группе  $0,92 \pm 0,06$  м/с, а во второй группе  $0,98 \pm 0,05$  м/с ( $p > 0,05$ ). Увеличение объемной скорости кровотока происходило уже на первой минуте пробы, максимальный ответ наблюдался в обеих группах через 30–60 с как до, так и после лечения. Снижение скорости кровотока ожидаемо наблюдалось к 5 мин.

Таблица 6. Изменение диаметра плечевой артерии в пробе с постокклюзионной реактивной гиперемией у пациентов основной группы и группы сравнения до и после лечения (% к исходным значениям)

Группы	До лечения				После лечения			
	исходно (мм)	1 мин	2 мин	3 мин	исходно (мм)	1 мин	2 мин	3 мин
I группа (n = 65)	3,865±0,143	+1,94%	+1,55%	-0,12%	4,04±0,15	-4,82%	-2,59%	-1,11%
II группа (n = 50)	4,075±0,135	-0,12%	+3,19%	+2,70%	4,183±0,13	-2,27%	-5,97%	-4,42%

Таблица 7. Состояние сосудодвигательной функции эндотелия у пациентов с АГ до проведения ФХТ и после нее. Основная группа

Показатели	Время (с)	Основная группа (n = 65)				p
		до лечения		после лечения		
		Mean	Std. error	Mean	Std. error	
Скорость кровотока исходно (м/с)		0,91	0,053	0,741	0,038	< 0,05
Скорость кровотока при реперфузии (м/с)	30	0,919	0,058	0,785	0,060	< 0,05
	60	0,909	0,049	0,756	0,052	< 0,05
	120	0,990	0,052	0,759	0,051	< 0,05
	180	0,899	0,054	0,748	0,048	< 0,05
	240	0,889	0,048	0,758	0,045	< 0,05
	300	0,889	0,046	0,750	0,046	< 0,05
Прирост скорости кровотока (%)		1,09		6,7		< 0,05

Таблица 8. Состояние сосудодвигательной функции эндотелия у пациентов с АГ до проведения ФХТ и после нее. Контрольная группа

Показатели	Время (с)	Контрольная группа (n = 50)				p
		до лечения		после лечения		
		Mean	Std. error	Mean	Std. error	
Скорость кровотока исходно (м/с)	0	0,929	0,0538	0,923	0,049	> 0,05
Скорость кровотока при реперфузии (м/с)	30	0,976	0,054	0,982	0,052	> 0,05
	60	0,965	0,051	0,947	0,048	> 0,05
	120	0,960	0,052	0,969	0,053	> 0,05
	180	0,944	0,052	0,965	0,047	> 0,05
	240	0,947	0,055	0,957	0,047	> 0,05
	300	0,092	0,054	0,938	0,044	> 0,05
Прирост скорости кровотока (%)		5,3		5,4		> 0,05

Прирост скорости кровотока в первой группе составил 1,09%, в группе контроля — 5,3%. После проведения курса СФ как в основной группе, так и в группе контроля данный показатель сохранял низкие значения (6,7%, 5,4% соответственно), однако нами отмечено достоверное увеличение прироста скорости кровотока в группе, получавшей СФ (1,09% до лечения и 6,7% после лечения,  $p < 0,05$ ).

**Обсуждение.** По нашим наблюдениям, у большинства больных в обеих группах результатом проведенного лечения было достоверное снижение АД. Наибольшие изменения коснулись САД. При этом в основной группе снижение САД было более выраженным, чем в группе контроля ( $p < 0,001$ ). Выявленное в ходе исследования положительное влияние СФ на динамику ДАД, и особенно САД, согласуется с результатами работ, продемонстрировавшими снижение артериального давления после проведенного курса СФ [5, 11, 12, 19]. При этом авторы также обращают внимание на большее влияние СФ на САД, СКД и ПСС. Известно, что СКД и ПСС отражают степень эластичности артериальной стенки и несут информацию о состоянии кровотока в прекапиллярном русле. Изменение СКД и ПСС на фоне применения СФ может косвенно свидетельствовать об улучшении микроциркуляции.

Результаты проведенной работы еще раз подтверждают наличие нарушений вегетативной регуляции у пациентов с эссенциальной АГ, что согласуется с имеющимися литературными данными. Известно, что до лечения синдром вегетативной дисфункции обычно диагностируется у 70% больных с АГ в виде стойких расстройств вегетативной регуляции по типу гиперсимпатикотонии, которая, в свою очередь, не только способствует повышению артериального давления и стабилизации в последующем АГ, но и оказывает другие неблагоприятные воздействия на сердечно-сосудистую систему [20]. Нарушения вегетативной регуляции до начала лечения наблюдались нами у большинства обследованных пациентов. По нашим данным, в обеих группах до лечения преобладали пациенты с отрицательными значениями ВИ, что расценивалось как доминирование парасимпатического влияния. Традиционно считается, что АГ ассоциируется с гиперсимпатикотонией, что подтверждено многочисленными исследованиями [20–23]. Тем не менее в ряде работ было установлено наличие у части пациентов увеличения функциональной активности холинэргической системы [24, 25]. В частности, преобладание парасимпатического тонуса отмечено у женщин в перименопаузальном периоде [26]. Возможно, в какой-то мере полученные нами данные о преобладании отрицательных значений ВИ у лиц с АГ можно объяснить превалированием среди обследованных пациентов обеих групп женщин старшего возраста. Кроме того, доказано, что на активность вегетативной НС, а именно ее симпатического отдела, оказывают непосредственное влияние ряд лекарственных препаратов, таких как и-АПФ, бета-адреноблокаторы [27], которые входили в перечень медикаментозной терапии и наших пациентов.

Нельзя не отметить и тот факт, что способ оценки вегетативной регуляции при помощи ВИ имеет определенные недостатки. По мнению ряда авторов, одним из них является только качественное определение преобладающего вегетативного тонуса и, в некоторых случаях, неточность, так как значение показателя зависит от соотношения ЧСС и ДАД и не учитывается уровень систолического АД [24]. Как следует из полученных нами результатов, на фоне применения СФ достоверно изменились значения именно САД, в то время как на показатели ДАД и ЧСС лечение практически не оказало влияния. Аналогичная ситуация может возникать у больных с вы-

раженной тахикардией, если величина ДАД количественно больше ЧСС. Вследствие этого ВИ может иметь отрицательное значение и неверно свидетельствовать о «ваготонии».

Несмотря на то что интерпретация динамики ВИ в нашем исследовании имеет определенные сложности, необходимо отметить, что на фоне лечения наблюдалась тенденция к нормализации вегетативной регуляции, что выражалось в достоверном увеличении числа пациентов с эйтонией как в основной, так и в контрольной группе, а также в приросте средних значений показателя. Полученные результаты согласуются с работами, в которых были выявлены изменения показателей ВИ, отражающие нормализацию симпатомиметической реактивности сердечно-сосудистой системы, на фоне СФ с применением узкополосного светодиодного излучения с длиной волны  $540 \pm 20$  нм у пациентов, перенесших тяжелую черепно-мозговую травму [5], а также у больных гипертонической болезнью [11, 12, 19].

По нашим наблюдениям, у большинства обследованных пациентов, как в основной, так и в контрольной группе, до лечения выявлены признаки нарушения эндотелиальной функции. Эти данные согласуются с результатами многочисленных исследований, подтверждающих наличие у пациентов, страдающих гипертонической болезнью, дисфункции эндотелия (ДЭ), под которой, прежде всего, подразумевают нарушение вазорегулирующей функции сосудистого эндотелия [28].

Наблюдаемая нами у части пациентов парадоксальная вазоконстрикторная реакция свидетельствует о более выраженной ДЭ. Как известно, вазоконстрикция является следствием прямого воздействия на гладкомышечные рецепторы эндотелий-зависимых вазодилататоров в условиях максимально сниженной продукции NO [29] и ассоциируется с множеством факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний [30].

По нашим данным, после проведения курса СФ отмечалось достоверное снижение скорости кровотока на всех этапах пробы с ПРГ ( $p < 0,05$ ). Это, по нашему мнению, возможно, связано с уменьшением жесткости сосудистой стенки и объясняет эффект вазодилатации и снижения АД, наблюдаемый под действием зеленого спектра излучения. Изменение данного показателя опять же косвенно подтверждает влияние СФ на функцию эндотелия, так как известно, что изменение жесткости сосудистой стенки является следствием перестройки стенки сосуда вследствие длительного поддержания активного мышечного тонуса. Начальным механизмом, запускающим данный патологический процесс, является ДЭ [31].

Исходно низкий прирост скорости кровотока в обеих группах (менее 20%) свидетельствует о снижении резервных возможностей микроциркуляторного русла у пациентов с АГ. Увеличение прироста скорости кровотока в группе пациентов, получавших курс СФ, свидетельствует об улучшении микроциркуляции под действием зеленого спектра излучения. По мнению ряда авторов, микроциркуляторное русло является своеобразным интегратором регуляторных процессов, происходящих в сосудах различного калибра. Колебания кровотока в микроциркуляторном русле отражают процессы, которые регулируют скорость кровотока в сосудах всех калибров [32]. Работы по изучению реактивности сосудов у животных под влиянием различных видов светодиодного излучения (инфракрасного, красного, зеленого) продемонстрировали, что под действием зеленого спектра излучения повышается реактивность сосудов и значительно усиливается кровоток [5]. Кроме того, имеются

сведения о повышении эндотелий-зависимой вазодилатации и улучшении микроциркуляции при облучении видимым поляризованным некогерентным светом [14]. Механизм влияния света на сосудистое русло, в том числе на ЭФ, до конца не изучен. Известно, что исходные механизмы ДЭ сами по себе могут быть ассоциированы с недостатком эндотелий-опосредованных факторов релаксации endothelium-derived relaxing factors, в основном NO. При эссенциальной гипертонии установлено наличие поражения эндотелий-зависимой вазодилатации, которая, по-видимому, обусловлена нарушением синтеза и освобождением NO [33]. Именно оксиду азота отводят большую роль в реализации эффектов светотерапии. Считается, что свет проникает через верхние слои кожи и воздействует на кровь в капиллярах, в процессе чего меняется конформация молекул, в том числе NO-синтетазы (фермента синтезирующего NO) [34, 35]. Имеются работы, демонстрирующие повышение уровней оксида азота после облучения видимым полихроматическим и инфракрасным светом [36].

### Выводы

1. СФ с применением узкополосного светодиодного излучения с длиной волны  $540\pm 20$  нм оказывает положительное влияние на гемодинамические показатели пациентов, страдающих АГ, и усиливает эффективность проводимой гипотензивной терапии.

2. Применение СФ позволяет нормализовать реактивность сердечно-сосудистой системы. Наблюдаемое изменение ВИ у больных основной группы может отражать переход стадии срочной адаптации к стадии долговременной адаптации и является предиктором благоприятного функционального исхода, что еще раз подтверждает обоснованность применения СФ в комплексном лечении пациентов с АГ.

3. Несмотря на то что в обследованных группах не были выявлены достоверные изменения показателей пробы с РГ, уменьшение числа пациентов с парадоксальной вазоконстрикторной реакцией свидетельствует о положительном влиянии СФ на ЭФ, а увеличение прироста скорости кровотока в группе пациентов, получавших курс СФ, свидетельствует об улучшении микроциркуляции под действием зеленого спектра излучения.

Таким образом, проведенная нами работа не позволяет сделать окончательные выводы об эффекте зеленого спектра излучения на ЭФ. Остаются открытыми вопросы о механизме действия СФ на сосудистую реактивность. В то же время полученные в рамках работы результаты позволяют подтвердить выводы других исследователей о том, что узкополосное светодиодное излучение с длиной волны  $540\pm 20$  нм является активным физическим фактором, влияющим на вегетативную регуляцию, состояние сосудов, уровень АД. Более выраженный эффект гипотензивной терапии, нормализация вегетативной регуляции на фоне применения СФ указывают на высокую терапевтическую активность метода и целесообразность его включения в комплекс лечебных мероприятий у больных АГ.

### Литература

1. Информационно-статистический сборник. Результаты первого этапа мониторинга эпидемиологической ситуации по артериальной гипертонии в Российской Федерации (2003–2004 гг.), проведенного в рамках федеральной целевой программы «Профилактика и лечение артериальной гипертонии в Российской Федерации». М., 2005. 144 с.

2. Bonetti P.O., Lerman L.O., Lerman A. Endothelial dysfunction: a marker of atherosclerotic risk // *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 2003. Vol. 23, N 2. P.168–175.
3. Смоленская О. Г., Андреев П. В., Хурс Е. М. и др. Вегетативный дисбаланс в патогенезе метаболического синдрома // *Клин. Мед.* 2010. Т. 88, № 6. С. 39–42.
4. Кирьянова В. В., Егорова Г. И., Веселовский А. Б. и др. Применение светодиодного монохроматического красного излучения в комплексном лечении диабетических ангиопатий нижних конечностей // *Физиотерапия и бальнеология реабилитация.* 2005. № 6. С. 28–32.
5. Веселовский А. Б., Кирьянова В. В., Митрофанов А. С. и др. Тенденции развития, разработка и исследование физиотерапевтической аппаратуры для фотохромотерапии. Оптические и лазерные технологии: сб. статей / под ред. В. Н. Васильева. СПб.: СПбГИТМО(ТУ), 2001. С. 149–165.
6. Кирьянова В. В., Жулев Н. М., Гузалов П. И., Веселовский А. В. Селективная фотохромотерапия при компрессионно-ишемических невропатиях // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.* 2004. № 5. С. 10–16.
7. Машиковская Я. Н., Иванова Н. Е. Применение хромотерапии у больных с сосудистой патологией головного мозга / Тез. докл. 6-го Всерос. съезда физиотерапевтов. СПб., 2006. С. 134.
8. Янтарева Л. И., Гузалов П. И., Веселовский А. Б., Тузанов К. Ф. Применение зеленого светодиодного излучения в неврологической практике / Тез. докл. 6-го Всерос. съезда физиотерапевтов. СПб., 2006. С. 158–159.
9. Кирьянова В. В., Егорова Г. И., Чабан А. А. Опыт применения фотохромотерапии в комплексном лечении больных с диабетическими микроангиопатиями нижних конечностей / Тез. докл. 6-го Всерос. съезда физиотерапевтов. СПб., 2006. С. 174.
10. Корнищева В. Г., Кирьянова В. В., Ситникова О. В. Фотохромотерапия в лечении псориаза / Тез. докл. 6-го Всерос. съезда физиотерапевтов. СПб., 2006. С. 280.
11. Алиева Н. А., Осипова И. В., Кулишова Т. В. Применение селективной хромотерапии в лечении больных с артериальной гипертензией // *Материалы Российского национального конгресса кардиологов «От диспансеризации к высоким технологиям».* М., 2006. С. 20–21.
12. Князева Т. А., Кузнецова Л. Н., Отто М. П., Никифорова Т. И. Эффективность хромотерапии у больных гипертонической болезнью // *Вопр. курортол., физиотерапии и ЛФК.* 2006. № 1. С. 11–13.
13. Кукушкин М. Л. Диагностические и терапевтические подходы при боли в спине // *Лечащий врач.* 2013. № 5. С. 11–13.
14. Манова Е. А. Оценка эффективности применения немедикаментозных методов терапии в комплексном лечении метаболического синдрома: дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2006. 173 с.
15. Celermajer D.S, Sorensen K.E., Gooch V.M. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis // *Lancet.* 1997. Vol. 340, N 8828. P.1111–1115.
16. Иванова О. В., Балахонова Т. В., Соболева Г. Н. и др. Состояние эндотелийзависимой вазодилатации плечевой артерии у больных гипертонической болезнью, оцениваемое с помощью ультразвука высокого разрешения // *Кардиология.* 1997. № 7. С. 41–46.
17. Вейн А. М. Заболевания вегетативной нервной системы. М.: Медицина, 1991. 623 с.
18. European Society of Hypertension-European Society of Cardiology guidelines for management of arterial hypertension // *J. Hypertens.* 2013. Vol. 31, N 7. P.1281–1357.
19. Абрамович С. Г., Коровина Е. О. Применение фотохромотерапии больным пожилого возраста с артериальной гипертонией на поликлиническом этапе восстановительного лечения // *Сибирский медицинский журнал.* 2008. № 2. С. 29–32.
20. Шляхто Е. В., Конради А. О. Причины и последствия активации симпатической нервной системы при артериальной гипертензии // *Артериальная гипертензия.* 2003. № 3. С. 81–88.
21. Конради А. О. Вегетативная нервная система при артериальной гипертензии и сердечной недостаточности: современное понимание патофизиологической роли и новые подходы к лечению // *Российский кардиологический журнал.* 2013. Т. 4, № 102. С. 52–63.
22. Боданов Н. Н., Макаров А. К., Гамаюнов К. П. Вегетативный статус больных гипертонической болезнью. СПбМАПО, 2008. 31 с.
23. Суслина З. А. Практическая кардионеврология. М.: ИМА-ПРЕСС, 2010. 304 с.
24. Хромцова О. М. Особенности вегетативной регуляции сердца при гипертонической болезни // *Функциональная диагностика.* 2007. № 3. С. 47–52.
25. Спивак Е. М. Характер нарушений функционального состояния вегетативной нервной системы при первичной артериальной гипертензии у подростков // *Артериальная гипертензия.* 2014. № 2. С. 120–124.
26. Стрюк Р. И., Голикова А. А., Брыткова Я. В., Абдуразакова А. М. Вегетативный статус у женщин с гипертонической болезнью в перименопаузе и при беременности // *Кардиология.* 2012. № 7. С. 36–41.

27. *Okamura T., Tawa M., Geddaya A.* et al. Effects of atorvastatin, amlodipine, and their combination on vascular dysfunction in insulin-resistant rats // *J. Pharmacol. Sci.* 2014. Vol. 124, N 1. P. 76–85.
28. *Rizzoni D., Porteri E., Castellano M.* et al. Endothelial dysfunction in hypertension is independent from the etiology and from vascular structure // *Hypertension.* 1998. Vol. 31, N 2. P. 335–341.
29. *Clines D. B., Pollak E. S., Buck C. A.* et al. Endotelil cells in physiology and in pathophysiology of vascular disorders // *Blood.* 1998, Vol. 91. P. 3528–3561.
30. *Cohen R. A.* The role of nitric oxide and other endothelium-derived vasoactive substances in vascular diseases // *Progr. Cardiovasc. Dis.* 1995. Vol. 38. P. 256–258.
31. *Asmar R., Benetos A., Topouchian J.* et al. Assessment of arterial distensibility by automatic pulse wave velocity measurement: validation and clinical application studies // *Hypertension.* 1995. Vol. 26, N 3. P. 485–490.
32. *Хашиева Л. А., Шлык С. В, Глова С. Е. и др.* Возможности медикаментозной коррекции сосудистых нарушений у пациентов с артериальной гипертензией // *Российский кардиологический журнал.* 2010. Т. 85, № 5. С. 130–135.
33. *da Cunha N. V., Pinge-Filho P., Panis C.* et al. Decreased endothelial nitric oxide, systemic oxidative stress, and increased sympathetic modulation contribute to hypertension in obese rats // *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.* 2014. Vol. 306, N 10. P. 1472–1480.
34. *Самойлова К. А.* Механизмы противовоспалительного, иммуномодулирующего, ранозаживляющего и нормализующего обмен веществ действия света прибора Биоптрон / *Материалы науч.-практ. конф. «Новые направления в использовании светотерапии».* М.; Екатеринбург, 2003. С. 10–14.
35. *Abeyakirthi S., Mowbray M., Weller R.* Ultraviolet-labile nitric oxide stores in the skin may have beneficial cardiovascular effects // *British Journal of Dermatology.* 2009. Vol. 160, N 4. P. 909–909.
36. *Сетченкова Н. М., Ахмадеева Л. Л., Ушакова и др.* Оценка эффективности терапии поляризованным светом хронических неспецифических болей в нижней части спины // *Вертеброневрология.* 2006. Т. 13, № 3–4. С. 151–152.

Статья поступила в редакцию 6 мая 2015 г.

#### Контактная информация

*Воловникова Виктория Александровна* — кандидат медицинских наук, доцент;  
vict.volovnicova@yandex.ru

*Машковская Янина Николаевна* — аспирант; nika-2570@mail.ru

*Шишкин Александр Николаевич* — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой;  
alexshishkin@bk.ru

*Кирьянова Вера Васильевна* — доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой;  
vera.kiryanova@sngmu.ru

*Volovnikova Victoria A.* — Candidate of Medicine, Associate Professor; vict.volovnicova@yandex.ru

*Mashkovskaia Yanina N.* — post graduate student; nika-2570@mail.ru

*Shishkin Aleksandr N.* — Doctor of Medicine, Professor, Head of Department; alexshishkin@bk.ru

*Kiryanova Vera V.* — Doctor of Medicine, Professor, Head of Department; vera.kiryanova@sngmu.ru