Дата публикации: 01.06.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_24
УДК 615.849.19;616.12-008.331.1;612.015.11;616.398

Publication date: 01.06.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_24
UDC 615.849.19;616.12-008.331.1;612.015.11;616.398

ВЛИЯНИЕ ВНУТРИВЕННОГО ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ КРОВИ НА ДОСТИЖЕНИЕ ЦЕЛЕВОГО АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И АНТИОКСИДАНТНО-ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЙ СТАТУС У ПАЦИЕНТОВ С РЕЗИСТЕНТНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

Р.Р. Звегинцев, В.А. Черноротов, Л.Н. Гуменюк, Э.И. Пономарчук
Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского (структурное подразделение Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»), г. Симферополь, Россия

Аннотация. Настоящее исследование является первым рандомизированным контролируемым исследованием, в котором оценена эффективность внутривенного лазерного облучения крови в дополнение к стандартному алгоритму антигипертензивной терапии у амбулаторных пациентов с резистентной артериальной гипертензией. Применение внутривенного лазерного облучения крови продемонстрировало высокую антигипертензивную эффективность, обеспечив значительное преимущество в достижении целевых уровней артериального давления. Кроме того, терапия с использованием внутривенного лазерного облучения крови способствовала увеличению активности супероксиддисмутазы и снижению уровня фактора некроза опухоли-альфа. Таким образом, внутривенное лазерное облучение крови может рассматриваться как одна из эффективных и патогенетически обоснованных стратегий комплексного лечения пациентов с резистентной артериальной гипертензией.

Ключевые слова: резистентная артериальная гипертензия, внутривенное лазерное облучение крови, фактор некроза опухоли-альфа, супероксиддизмутаза.

EFFECT OF INTRAVENOUS LASER BLOOD IRRADIATION ON ACHIEVING TARGET BLOOD PRESSURE AND ANTIOXIDANT-INFLAMMATORY STATUS IN PATIENTS WITH RESISTANT ARTERIAL HYPERTENSION

R.R. Zvegintsev, V.A. Chernorotov, L.N. Gumenyuk, E.I. Ponomarchuk
Order of the Red Banner of Labor Medical Institute named after S.I. Georgievsky (subdivision of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky), Simferopol, Russia

Abstract. The present study is the first randomized controlled trial evaluating the efficacy of intravenous laser blood irradiation as an adjunct to the standard antihypertensive therapy algorithm in outpatient patients with resistant arterial hypertension. The use of intravenous laser blood irradiation demonstrated high antihypertensive efficacy, providing a significant advantage in achieving target blood pressure levels. Moreover, therapy with intravenous laser blood irradiation contributed to an increase in superoxide dismutase activity and a reduction in tumor necrosis factor levels. Thus, intravenous laser blood irradiation can be considered one of the effective and pathogenetically justified strategies for the comprehensive treatment of patients with resistant arterial hypertension.

Keywords: resistant arterial hypertension, intravenous laser blood irradiation, tumor necrosis factor alpha, superoxide dismutase.

Введение. Резистентная артериальная гипертензия (АГ) – клинический фенотип, при котором соответствующие меры по модификации образа жизни и лекарственная терапия оптимальными или максимально допустимыми дозами трех препаратов различных классов, включая диуретик, не приводит к достижению показателей артериального давления (АД) <140/90 мм рт. ст., несмотря на засвидетельствованную приверженность к антигипертензивной терапии (АГТ) [1]. В общей популяции пациентов с АГ резистентная АГ имеет место в 14,7% случаев [2], ассоциируется с существенным увеличением риска сердечно-сосудистых осложнений (ССО), ухудшением прогноза, снижением качества жизни [3, 4], и продолжает оставаться серьезной медико-социальной проблемой во всем мире.

Патогенез резистентной АГ является сложным и многофакторным, при этом важную роль играют оксидативный стресс [5] и хроническое низкоуровневое воспаление [6]. Особое значение в этих процессах имеют

изменения активности супероксиддисмутазы (SOD) [5] и секреции фактора некроза опухоли-альфа (TNF-α) [7-11]. Анализ оксидантно-воспалительного профиля крови у пациентов с резистентной АГ выявил снижение активности SOD [5] и увеличение уровня TNF-α [7]. Кроме того, низкий уровень SOD тесно ассоциирован с высокими значениями АД, нефатальными инфарктами миокарда и повышенной сердечно-сосудистой смертностью [5]. В свою очередь, повышенный уровень TNF-α связан с прогрессированием эндотелиальной дисфункции [12], усилением симпатоадреналовой активности, ростом АД [13] и ухудшением течения заболевания [12]. В этом контексте модуляция активности SOD и секреции TNF-α теоретически может стать эффективной стратегией для преодоления резистентности к АГТ и достижения целевых уровней АД. Перспективным подходом представляется использование физиотерапевтических методов, которые способны дополнить стандартный алгоритм АГТ, повысить его эффективность и одновременно снизить риск полипрагмазии. Особый интерес вызывает внутривенное лазерное облучение крови (ВЛОК), которое демонстрирует хорошую переносимость, обладает доказанной эффективностью у пациентов с АГ [14] и оказывает ряд плейотропных эффектов, включая антиоксидантный [15, 16] и противовоспалительный [16, 17]. Вместе с тем рандомизированные клинические исследования по оценке возможности ВЛОК в дополнение к стандартному алгоритму АГТ в коррекции антиоксидантного и воспалительного статуса у пациентов с резистентной АГ ранее не проводились.

Цель исследования – изучение влияния применения внутривенного лазерного облучения крови в дополнение к стандартному алгоритму антигипертензивной терапии на достижение целевых уровней артериального давления и показатели в плазме крови SOD и TNF-α у пациентов с резистентной артериальной гипертензией.

Методы и организация исследования. Проведено рандомизированное контролируемое (сравнительное) открытое проспективное исследование на базе ГБУЗ РК «Симферопольская городская клиническая больница №7» г. Симферополь. В исследование были включены 100 амбулаторных пациентов с резистентной АГ (женщины – 55 и мужчины – 45, средний возраст – 41,4 [39,4; 44,3] лет).

Критерии включения пациентов в исследование являлись: возраст – от 18 до 45 лет, индекс массы тела – в пределах 18,5-24,9 кг/м², верифицированная истинная резистентная АГ (согласно актуальным национальным рекомендациям [9]), АГ I или II степени тяжести, а также отсутствие противопоказаний к применению ВЛОК.

К критериям невключения относились: вторичные и псевдорезистентные формы АГ, АГ III степени тяжести, клинически выраженные формы ишемической болезни сердца, перенесенный инфаркт миокарда и/или инсульт, хроническая сердечная недостаточность II–IV функциональных классов, нарушения ритма и проводимости сердца, снижение скорости клубочковой фильтрации менее 45 мл/мин/1,73 м², сахарный диабет I и II типов, аутоиммунные и онкологические заболевания, а также другая соматическая патология, приводящая к декомпенсации любой системы организма. Также не включались пациенты с синдромом обструктивного апноэ сна, хроническими вирусными инфекциями в течение 6 месяцев, предшествующих включению в исследование, психическими расстройствами и инсомнией в анамнезе, а также женщины в период беременности и лактации.

Все пациенты были рандомизированы на две группы: основной группе (n = 50) были назначены процедуры ВЛОК в дополнение к стандартному алгоритму АГТ, группе сравнения (n = 50) – только стандартный алгоритм АГТ. Исходная характеристика пациентов сформированных групп представлена в таблица 1. Группы пациентов были сопоставимы по всем показателям.

Все пациенты получали исходно терапию в соответствии со стандартным алгоритмом, который включал рекомендации по модификации образа жизни и комбинированную медикаментозную АГТ (блокатор рецепторов ангиотензина II 1 типа + блокатор медленных кальциевых каналов +

тиазидоподобный диуретик + антагонист минералокортикоидных рецепторов). У пациентов основной группы стандартный алгоритм АГТ был дополнен назначением ВЛОК. Для проведения процедуры использовалось лазерное физиотерапевтическое устройство «Лазмик» (зарегистрировано Министерством здравоохранения Российской Федерации – регистрационный номер РЗН 2015/2687 от 25.05.2015 г.) с длиной волны 635 нм и выходной интенсивностью излучения из основного световода в диапазоне 1,5 мВт. Курс ВЛОК включал 10 процедур, проводимых через день, с использованием длины волны 635 нм и мощности 1,0 мВт. Продолжительность воздействия постепенно увеличивалась: первые две процедуры – по 10 минут, 3-я – 15 минут, 4-я и 5-я – по 20 минут, 6-я и 7-я – по 30 минут, 8-я – 10-я – по 40 минут. Все пациенты как основной группы, так и группы сравнения успешно завершили исследование.

Таблица 1

Характеристика пациентов основной группы и группы сравнения, Me [Q1; Q3]

Показатель	Основная группа (n=50)	Группа сравнения (n=50)	P<
Возраст, лет	42,5 [39,7; 44,5]	41,2 [39,1; 44,1]	0,838
Женщины/мужчины, n (%)	27 (54,0) / 23 (46,0)	28 (56,0) / 22 (44,0)	0,834
Индекс массы тела, кг/м^2	23,1 [21,1; 24,6]	23,7 [22,0; 24,9]	0,889
Длительность АГ, годы	3,1 [2,6; 3,7]	3,3[2,4; 3,9]	0,771
АГ I степени тяжести, n (%)	21 (42,0)	19 (38,0)	0,788
АГ II степени тяжести, n (%)	29 (58,0)	31(62,0)	0,785
САД$_{24}$, мм рт. ст.	156,9 [154,0; 160,7]	156,8 [153,8; 160,3]	0,889
ДАД$_{24}$, мм рт.ст.	96,0 [93,3; 98,1]	96,2 [93,0; 98,0]	0,892
Гипертрофия левого желудочка, n (%)	30 (60,0)	28 (56,0)	0,983
Высокий кардиоваскулярный риск по SCORE, n (%)	50 (100,0)	50 (100,0)	1,000

Примечание: АГ – артериальная гипертензия; САД$_{24}$ – значения систолического артериального давления за сутки; ДАД$_{24}$ – значения диастолического артериального давления за сутки; ИИ – итоговый индекс; p_{1-2} – значимость различий показателей между основной группой и группой сравнения.

Результаты терапии оценивались спустя 2 месяца с их сравнением с исходными показателями. Эффективность в достижении целевых уровней АД в сформированных группах анализировали на основании динамики систолического (САД$_{24}$) и диастолического (ДАД$_{24}$) по данным суточного мониторирования (СМАД). Также фиксировались любые возможные нежелательные явления (НЯ). Дополнительно эффективность проводимой терапии оценивали по изменениям уровней SOD и TNF-α, которые определяли с помощью иммуноферментного анализа с использованием тестнаборов «Human SOD1 (Superoxide dismutase 1) ELISA Kit» (Fine Test, Китай) и «альфа-ФНО-ИФА-БЕСТ» (Россия).

Для статистической обработки полученных данных использовался программный пакет STATISTICA 8.0 (StatSoft Inc., США).

Количественные показатели представлены в виде медианы (Me) с интерквартильным размахом [25-й и 75-й перцентили (%)], качественные – в виде долей и абсолютных значений. Для оценки изменений количественных показателей в динамике внутри группы применяли критерий Вилкоксона. Сравнительный анализ количественных данных между группами проводился с использованием U-критерия Манна-Уитни, качественных – с помощью критерия χ^2. Уровень статистической значимости определяли при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. В настоящем исследовании представлены результаты применения ВЛОК в дополнение к стандартному алгоритму АГТ у амбулаторных пациентов с резистентной АГ. Насколько нам известно, это первое рандомизированное контролируемое исследование, в котором демонстрируется такой опыт.

Анализируя полученные результаты, можно констатировать подтверждение выдвинутой нами гипотезы. Действительно, добавление ВЛОК к стандартному алгоритму АГТ демонстрировало через 2 месяца терапии значительные преимущества в эффективности снижения среднесуточных значений АД по сравнению с применением только стандартного алгоритма АГТ: усредненная разница в изменении медианных значений относительно группы сравнения составила для $САД_{24}$ -10,8 [10,5; 10,1] мм рт. ст. (p=0,022), для ДАД24 – -12,8 [18,7; 8,9] мм рт. ст. (p=0,011).

Таблица 2

Сравнительная антигипертензивная эффективность в основной группе и группе сравнения, Me [Q1; Q3]

Показатель		Основная группа (n=50)	Группа сравнения (n=50)	P
$САД_{24}$, мм рт. ст.	исходные	156,9 [154,0; 160,7]	156,8 [153,8; 160,3]	0,889
	динамика	126,9 [119,6; 134,3] p<0,001	137,7 [130,1; 144,4] p=0,002	0,001
$ДАД_{24}$, мм рт. ст.	исходные	96,0 [93,3; 98,1]	96,2 [93,0; 98,0]	0,892
	динамика	76,3 [68,9; 83,7] p=0,011	89,1 [87,6; 92,6] p=0,056	0,037
Достижение ЦУ АД, n (%)	САД	35 (70,0%)	22 (44,0%)	p=0,014
	ДАД	32 (64,0%)	17 (34,0%)	p=0,011

Примечание: $САД_{24}$ – значения систолического артериального давления за сутки; $ДАД_{24}$ – значения диастолического артериального давления за сутки; ЦУ – целевые уровни; p – значимость различий между исходным и достигнутым показателем внутри группы; p_{1-2} – значимость различий между показателями основной группы и группы сравнения.

Таблица 3

Динамика плазменных показателей SOD и TNF-α в основной группе и группе сравнения, Me [Q1; Q3]

Показатель		Основная группа (n=50)	Группа сравнения (n=50)	P<
		1	2	
SOD, ед/мл	исходные	10,8 [9,4; 11,6]	11,5 [9,2; 12,4]	0,071
	динамика	21,1 [17,0; 24,3] p<0,001	12,2 [10,4; 14,4] p=0,086	0,001
TNF-α, пг/мл	исходные	6,4 [4,2; 7,3]	6,0 [3,8; 7,7]	0,076
	динамика	1,2 [0,8; 1,4] p<0,001	4,1 [2,5; 6,0] p=0,054	0,037

Примечание: SOD – супероксиддисмутаза; TNF-α – фактор некроза опухоли-альфа; p – значимость различий между исходным и достигнутым показателем внутри группы; p_{1-2} – значимость различий между показателями основной группы и группы сравнения.

Современные клинические рекомендации акцентируют внимание на важности достижения целевых значений АД, не превышающих 130<80 мм рт. ст., как наиболее оптимальных [18]. Добавление ВЛОК к стандартному алгоритму АГТ позволило через 2 месяца терапии достичь целевых уровней АД у подавляющего большинства пациентов группы ВЛОК: по САД – 70,0%, по ДАД – 64,0% что статистически значимо превышало показатели группы, получавшей только стандартный алгоритм АГТ (ОШ 0,337; 95% ДИ 0,148-0,767, p=0,014 и ОШ 0,290; 95% ДИ 0,127-0,659, p=0,011 соответственно) (табл. 2). Приведенные результаты обладают высокой клинической значимостью, потому как достижение целевых значений АД не только является приоритетной целью АГТ, но и выступает основным условием предотвращения сердечно-сосудистых и почечных осложнений. Соответственно, использование метода ВЛОК у

пациентов с резистентной АГ может быть рассмотрено как дополнительный инструмент с клинически значимым ресурсом для обеспечения кардиопротекторного и нефропротекторного эффектов.

Как упоминалось ранее, ожидания повышения эффективности стандартного алгоритма АГТ при добавлении ВЛОК мы связывали, главным образом, с его значительным антиоксидантным и противовоспалительным потенциалом. Полученные в ходе исследования результаты полностью подтвердили это предположение (табл. 3). В частности, спустя 2 месяца терапии в основной группе было зафиксировано увеличение активности SOD на 72,5% по сравнению с группой сравнения. Это имеет большое значение, так как известно, что повышение антиоксидантного потенциала связано с уменьшением риска сердечно-сосудистых осложнений, повторных госпитализаций и смертности [9]. Уровень TNF-α в основной группе оказался на 82,9% ниже, чем в группе сравнения, что также является важным результатом. С учетом того, что в современной медицине все больше внимания уделяется подходам, нацеленным на ослабление воспаления для уменьшения кардиоваскулярных рисков, наши результаты, демонстрирующие эффективность ВЛОК в улучшении воспалительного статуса у пациентов с резистентной АГ, можно рассматривать как клинически значимые.

Переносимость ВЛОК при добавлении его к стандартному алгоритму АГТ у пациентов с резистентной АГ в нашем исследовании была хорошей (не зарегистрировано ни одного НЯ).

Заключение. В нашем исследовании добавление ВЛОК к стандартному алгоритму АГТ продемонстрировало высокую антигипертензивную эффективность, обеспечив значительное преимущество в достижении целевых уровней артериального давления, а также способствовало повышению активности SOD и снижению уровня TNF-α. Таким образом, применение ВЛОК может быть рассмотрено как одна из эффективных и патогенетически обоснованных стратегий комплексной терапии пациентов с резистентной артериальной гипертензией.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 2018 practice guidelines for the management of arterial hypertension of the European society of cardiology and the European society of hypertension ESC/ESH task force for the management of arterial hypertension / B. Williams, G. Mancia, W. Spiering [et al.] // J Hypertens. – 2018. – Vol. 36. – No. 12. – P. 2284-2309. DOI: 10.1097/HJH.0000000000001961.
2. Global Prevalence of Resistant Hypertension: A Meta-Analysis of Data from 3.2 Million Patients / J.J. Noubiap, J.R. Nansseu [et al.] // Heart. – 2019. – Vol. 105. – P. 98-105. DOI: 10.1136/heartjnl-2018-313599.
3. Новые лекарственные средства для лечения резистентной артериальной гипертензии: нестероидный антагонист минералкортикоидных рецепторов финеренон и ингибитор альдостеронсинтазы баксдростат / О.Б. Кузьмин, В.В. Белянин, Н.В. Бучнева [и др.] // Артериальная гипертензия. – 2024. – Т. 30. – № 4. – С. 364-372. DOI: 10.18705/1607-419X-2024-2393.
4. Association of uncontrolled blood pressure in apparent treatment-resistant hypertension with increased risk of major adverse cardiovascular events plus / G. Bakris, C. Chen [et al.] // J Clin Hypertens. – 2023. – Vol. 25. – No. 8. – P. 737-747. DOI: 10.1111/jch.14701.
5. Association between oxidative balance score and resistant hypertension and arterial stiffness among US adults: A population-based study / R. Zheng, W. Song, C. Wang [et al.] // Nutr Metab Cardiovasc Dis. – 2024. – Vol. 34. – No. 8. – P. 1901-1911. DOI: 10.1016/j.numecd.2024.04.012.
6. Zhang, H. The Role of Pro-Inflammatory Cytokines in the Pathogenesis of Cardiovascular Disease / H. Zhang, N.S. Dhalla // Int J Mol Sci. – 2024. – Vol. 25. – No. 2. – P. 1082. DOI: 10.3390/ijms25021082.
7. Effects of Anti-TNF alpha Therapy on Blood Pressure in Resistant Hypertensive Subjects: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Pilot Study / A.P. Faria, A.M.V. Ritter, A. Santa-Catharina [et al.] // Arq Bras Cardiol. – 2021. – Vol. 116. – No. 3. – P. 443-451. DOI: 10.36660/abc.202190703.
8. Hypertension and increased endothelial mechanical stretch promote monocyte differentiation and activation: roles of STAT3, inter-leukin 6 and hydrogen peroxide / R. Loperena, J.P. Van Beusecum, H.A. Itani [et al.] // Cardiovasc. Res. – 2018. – Vol. 114. – No. 11. – P. 1547-1563. DOI: 10.1093/cvr/cvy112.
9. Полозова, Э.И. Роль иммунологических нарушений, эндотелиальной дисфункции и гемостати-

ческих расстройств в генезе артериальной гипертензии при метаболическом синдроме / Э.И. Полозова, Е.В. Пузанова, А.А. Сеськина // Медицинская иммунология. – 2020. – Т. 22. – № 2. – С. 221-230.
10. Радаева, О.А. Особенности циркадианных ритмов синтеза цитокинов у больных эссенциальной артериальной гипертензией / О.А. Радаева, А.С. Симбирцев // Российский иммунологический журнал. – 2018. – Т. 12. – № 4. – С. 730–732.
11. Immune mechanisms of hypertension. Nat. Rev / G.R. Drummond, A. Vinh, T.J. Guzik [et al.] // Immunol. – 2019. – Vol. 19. – No. 8. – P. 517-532. DOI: 10.1038/ s41577-019-0160-5.
12. Сафроненко, А.В. Эндотелиальная дисфункция при рефрактерной артериальной гипертензии / А.В. Сафроненко, Е.В. Ганцгорн // Южно-Российский журнал терапевтической практики. – 2021. – Т. 2. – № 2. – С. 26-33. DOI: 10.21886/2712-8156-2021-2-2-26-33.
13. Влияние ренальной денервации на уровень адипокинов и провоспалительный статус у больных резистентной артериальной гипертонией, ассоциированной с сахарным диабетом 2-го типа / А.Ю. Фальковская, В.Ф. Мордовин, С.Е. Пекарский [и др.] // Сибирский медицинский журнал. – 2019. – Т. 34. – № 4. – С. 118-127. DOI: 10.29001/ 2073-8552-2019-34-4-118–127.
14. Применение внутрисосудистого лазерного облучения крови у больных с гипертонической болезнью / Е.Л. Исмаилов, А.Л. Кокуров, Ж.К. Саулеева [и др.] // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2016. – Т. 1. – С. 319-321.
15. Возможность использования внутривенного лазерного облучения крови для коррекции процессов пероксидации и антиоксидантной активности в результате хирургического дистресса / Л.В. Мусихин, В.С. Ширяев, Ф.М. Шветский [и др.] // Лазерная медицина. – 2021. – Т. 25. – № 2. – С. 22-27. DOI: 10.37895/2071-8004-2021-25-2-22-27.
16. Chuang, Y.-C. Application of Intravenous Laser Irradiation of Blood (ILIB) in Physical Medicine: A Narrative Review / Y.-C. Chuang, Y.-Y. Cheng, // Rehabilitation Practice and Science. – 2024. – Vol. 1. – No. 2. DOI: 10.6315/3005-3846.2230.
17. The intravenous laser blood irradiation in chronic pain and fibromyalgia / S. Momenzadeh, M. Abbasi, A. Ebadifar [et al] // J Lasers Med Sci. – 2015. – Vol. 6. – No. 1. – P. 6-9.
18. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024 / Ж.Д. Кобалава, А.О. Конради [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2024. – Т. 29. – № 9. – С. 6117. DOI: 10.15829/1560-4071-2024-6117.

REFERENCES

1. Williams B., Mancia G., Spiering W. et al. ESC Scientific Document Group. 2018 practice guidelines for the management of arterial hypertension of the European society of cardiology and the European society of hypertension ESC/ESH task force for the management of arterial hypertension. *J Hypertens*, 2018, vol. 36, no. 12, pp. 2284-2309. DOI: 10.1097/HJH.0000000000001961.
2. Noubiap J.J., Nansseu J.R., Nyaga U.F. et al. Global Prevalence of Resistant Hypertension: A Meta-Analysis of Data from 3.2 Million Patients. *Heart*, 2019, vol. 105, pp. 98-105. DOI: 10.1136/heartjnl-2018-313599.
3. Kuz'min O.B., Beljanin V.V., Buchneva N.V. et al. New drugs for the treatment of resistant hypertension: nonsteroidal mineralcorticoid receptor antagonist finerenone and aldosterone synthase inhibitor baxdrostat. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial hypertension*, 2024, vol. 30, no. 4, pp. 364-372. DOI: 10.18705/1607-419X-2024-2393 (in Russ.)
4. Bakris G., Chen C., Campbell A.K. et al. Association of uncontrolled blood pressure in apparent treatment-resistant hypertension with increased risk of major adverse cardiovascular events plus. *J Clin Hypertens*, 2023, vol. 25, no. 8, pp. 737-747. DOI: 10.1111/jch.14701.
5. Zheng R., Song W., Wang C. et al. Association between oxidative balance score and resistant hypertension and arterial stiffness among US adults: A population-based study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2024, vol. 34, no. 8, pp. 1901-1911. DOI: 10.1016/ j.numecd.2024.04.012.
6. Zhang H., Dhalla N.S. The Role of Pro-Inflammatory Cytokines in the Pathogenesis of Cardiovascular Disease. *Int J Mol Sci*, 2024, vol. 25, no. 2, pp. 1082. DOI: 10.3390/ijms25021082.
7. Faria A.P., Ritter A.M.V., Santa-Catharina A., et al. Effects of Anti-TNF alpha Therapy on Blood Pressure in Resistant Hypertensive Subjects: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Pilot Study. *Arq Bras Cardiol*, 2021, vol. 116, no. 3, pp. 443-451. DOI: 10.36660/abc.202190703.
8. Loperena R., Van Beusecum J.P., Itani H.A. et al. Hypertension and increased endothelial mechanical stretch promote monocyte differentiation and activetion: roles of STAT3, interleukin 6 and hydrogen peroxide. *Cardiovasc. Res*, 2018, vol. 114, no. 11, pp. 1547-1563. DOI: 10.1093/cvr/cvy112.
9. Polozova E.I., Puzanova E.V., Ses'kina A.A. Role of immunological disorders, endothelial dysfunction and hemostatic disorders in the genesis of arterial hypertension in the metabolic syndrome. *Medical Immunology (Russia)*. 2020, vol. 22, no. 2, pp. 221-230. (in Russ.)
10. Radaeva O.A., Simbirtsev A.S. Peculiarities of Cytokine Synthesis Circadian Rhythms in Patients with Essential Arterial Hypertension. *Russian Journal of Immunology*. 2018, vol. 12, no. 4, pp. 730-732. (in Russ.)
11. Drummond G.R., Vinh A., Guzik T.J., Sobey C.G. Immune mechanisms of hypertension. *Nat. Rev. Immunol*, 2019, vol. 19, no. 8, pp. 517-532. DOI: 10.1038/ s41577-019-0160-5.

12. Cafronenko A.V., Gantsgorn E.V. Endothelial dysfunction at refractory arterial hypertension. *South Russian Journal of Therapeutic Practice*, 2021, vol. 2, no. 2, pp. 26-33. DOI: 10.21886/2712-8156-2021-2-2-26-33. (in Russ.)
13. Fal'kovskaya A.Yu., Mordovin V.F., Pekarskij S.E. et al. he effects of renal denervation on adipokines and pro-inflammatory status in patients with resistant arterial hypertension associated with type 2 diabetes mellitus. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2019, vol. 34, no. 4, pp. 118-127. DOI: 10.29001/2073-8552-2019-34-4-118–127. (in Russ.)
14. Ismailov E.L., Kokurov A.L., Sauleeva Zh.K. The use of intravascular laser irradiation of blood in patients with hypertension. *Vestnik KazNMU*, 2016, vol. 1, pp. 319-321. (in Russ.)
15. Musihin L.V., Shiryaev V.S., Shvetskij F.M. et al. Potentials of intravenous laser blood irradiation to correct peroxidation and antioxidant activity as a result of surgical distress. *Laser Medicine*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 22-27. DOI: 10.37895/2071-8004-2021-25-2-22-27. (in Russ.)
16. Chuang Y.-C., Cheng Y.-Y. Application of Intravenous Laser Irradiation of Blood (ILIB) in Physical Medicine: A Narrative Review. *Rehabilitation Practice and Science*, 2024, vol. 1, no. 2. DOI: 10.6315/3005-3846.2230.
17. Momenzadeh S., Abbasi M., Ebadifar A. et al. The intravenous laser blood irradiation in chronic pain and fibromyalgia. *J Lasers Med Sci*, 2015, vol. 6, no. 1, pp. 6-9.
18. Kobalava Zh.D., Konradi A.O., Nedogoda S.V. et al. Clinical practice guidelines for Hypertension in adults. Russian Journal of Cardiology, 2024, vol. 29, no. 9, pp. 6117. DOI: 10.15829/1560-4071-2024-6117. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Роман Романович Звегинцев – преподаватель, Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, e-mail: romamuse97@gmail.com.
Владимир Алексеевич Черноротов – доктор медицинских наук, профессор, Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, e-mail: chernorotov.csmu@mail.ru.
Леся Николаевна Гуменюк – доктор медицинских наук, профессор, Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, e-mail: lesya_gymenyuk@mail.ru.
Эвелина Игоревна Пономарчук – студентка, Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, e-mail: evelina.ponomarchuk13@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Roman R. Zvegintsev – Lecturer, Order of the Red Banner of Labor, Order of the Red Banner of Labor Medical Institute named after S.I. Georgievsky, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol, e-mail: romamuse97@gmail.com.
Vladimir A. Chernorotov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Order of the Red Banner of Labor Medical Institute named after S.I. Georgievsky, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol, email:chernorotov.csmu@mail.ru.
Lesya N. Gumenyuk – Doctor of Medical Sciences, Professor, Order of the Red Banner of Labor Medical Institute named after S.I. Georgievsky, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol, e-mail: lesya_gymenyuk@mail.ru.
Evelina I. Ponomarchuk – Student, Order of the Red Banner of Labor Medical Institute named after S.I. Georgievsky, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol, e-mail: evelina.ponomarchuk13@mail.ru.

Для цитирования: Влияние внутривенного лазерного облучения крови на достижение целевого артериального давления и антиоксидантно-воспалительный статус у пациентов с резистентной артериальной гипертензией / Р.Р. Звегинцев, В.А. Черноротов, Л.Н. Гуменюк, Э.И. Пономарчук // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_24

For citation: Zvegintsev R.R., Chernorotov V.A., Gumenyuk L.N., Ponomarchuk E.I. Effect of intravenous laser blood irradiation on achieving target blood pressure and antioxidant-inflammatory status in patients with resistant arterial hypertension. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_24