

УДК: 616-08-05

DOI: 10.37895/2071-8004-2021-25-2-9-15

# АНТИИШЕМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ И ИЗМЕНЕНИЕ КАРДИОДИНАМИКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ У БОЛЬНЫХ СТЕНОКАРДИЕЙ ПО СРАВНЕНИЮ С ДЕЙСТВИЕМ ОБЗИДАНА

**Н.Н. Стрельцова, А.П. Васильев**

Тюменский кардиологический научный центр, филиал

ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

## Резюме

**Цель:** оценить в сравнительном аспекте антиангинальный эффект и характер изменения гемодинамических показателей у больных стенокардией напряжения под влиянием курса низкоинтенсивного лазерного излучения и приема обзидана.

**Материал и методы.** В исследование включено 70 мужчин (средний возраст –  $51,7 \pm 8,4$  года) со стенокардией I–IV функционального класса, которые были рандомизированы в две равнозначные группы: 1-я – принимавших обзидан и 2-я – проходивших курсы лазерного облучения в инфракрасном спектре. На исходном этапе, а также через 1 час после приема 40 мг обзидана (1-я группа) и спустя 1 месяц после 10-дневного курса лазеротерапии (ЛТ) (2-я группа) пациентам проводилось эхокардиографическое исследование и велоэргометрическая проба. **Результаты.** Повторные исследования показали статистически значимое увеличение толерантности к физической нагрузке на 35,0 и 34,1 % у больных в группе ЛТ и обзидана соответственно. При этом эхокардиографические показатели имели однонаправленные, статистически значимые сдвиги, характеризующиеся улучшением инотропной функции миокарда: уменьшение конечно-систолического объема на 17,9 и 18,8 %, рост фракции выброса левого желудочка с  $50,3 \pm 6,2$  до  $55,7 \pm 5,8$  % и с  $46,3 \pm 4,3$  до  $50,1 \pm 6,1$  % после ЛТ и приема обзидана соответственно. Об оптимальной диастолической функции сердца свидетельствует сокращение времени изометрического расслабления миокарда с  $112,9 \pm 24,3$  до  $94,3 \pm 25,3$  мс ( $p = 0,012$ ) под влиянием ЛТ и с  $110,3 \pm 22,7$  до  $97,3 \pm 19,3$  мс после приема обзидана ( $p = 0,012$ ). Результаты нагрузочных проб свидетельствуют о включении механизмов экономизации сердечной деятельности в обеих группах. **Заключение.** Низкоинтенсивное лазерное излучение оказывает у больных стенокардией сходное с обзиданом действие на сердечную деятельность и не уступает последнему по антиишемическому эффекту, что, вероятно, обусловлено снижением энергетических затрат сердца на физическую нагрузку.

**Ключевые слова:** лазеротерапия, обзидан, стенокардия, кардиодинамика

**Для цитирования:** Стрельцова Н.Н., Васильев А.П. Антиишемический эффект и изменение кардиодинамики под влиянием низкоинтенсивного лазерного излучения у больных стенокардией по сравнению с действием обзидана. *Лазерная медицина*. 2021; 25(2): 9–15. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2021-25-2-9-15>

**Контакты:** Васильев А.П., e-mail: [sss@infarkta.net](mailto:sss@infarkta.net)

## ANTI-ISCHEMIC EFFECT AND CARDIODYNAMIC CHANGES UNDER LOW-INTENSIVE LASER IRRADIATION COMPARED TO THE OBSIDAN EFFECT IN PATIENTS WITH ANGINA PECTORIS

**Streltsova N.N., Vasiliev A.P.**

Tyumen Cardiology Research Center, branch of

Tomsk National Research Medical Center, Tomsk, Russia

## Abstract

**Purpose:** to estimate the anti-anginal effect and to assess changes in hemodynamic parameters in patients with angina pectoris (AP) under low-intensive laser irradiation and to compare them with those under Obsidan preparation administration.

**Materials and methods.** 70 males with AP of functional class I–IV were enrolled in the study and randomized into 2 equivalent groups: Group 1 – patients who took Obsidan; Group 2 – patients who were treated with infrared laser light. Patients were examined at the initial stage-one hour after 40 mg Obsidan take (Group 1), and one month after 10-day course of laser therapy (LT) (Group 2). All patients had echocardiography and cycle ergometric test.

**Results.** The performed examinations showed a statistically significant increase in exercise tolerance in patients of LT group and Obsidan group by 35.0% and 34.1%, respectively. It should be noted that echocardiographic indicators had unidirectional, statistically significant shifts characterized by improvements in the myocardial inotropic function: decrease in the end-systolic volume by 17.9% and 18.8%, increase in the left ventricular ejection fraction from  $50.3 \pm 6.2$  to  $55.7 \pm 5.8$ % and from  $46.3 \pm 4.3$  to  $50.1 \pm 6.1$  after LT and Obsidan, respectively. The optimal diastolic cardiac function was confirmed by the reduced time of myocardium isometric relaxation from  $112.9 \pm 24.3$  to  $94.3 \pm 25.3$  ms ( $p=0.012$ ) under LT and from  $110.3 \pm 22.7$  to  $97.3 \pm 19.3$  ms under Obsidan ( $p=0.012$ ). Results of the exercise tolerance test indicated the activation of cardiac economy mechanisms in both groups.

**Conclusion.** Low-intensive LT had an impact at the cardiac activity similar to that of Obsidan. Moreover, it also has the equal anti-ischemic effect what may be explained by the decrease of energy expenditure during physical activity in patients with AP.

**Key words:** laser therapy, Obsidan, angina pectoris, cardiodynamics

**For citations:** Streltsova N.N., Vasiliev A.P. Anti-ischemic effect and cardiodynamic changes under low-intensive laser irradiation compared to the ob-sidan effect in patients with angina pectoris. *Lazernaya medicina*. 2021; 25(1): 9–15. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2021-25-2-9-15>

**Contacts:** Vasiliev A.P., e-mail: [sss@infarkta.net](mailto:sss@infarkta.net)

## ВВЕДЕНИЕ

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) по-прежнему занимает лидирующее положение в структуре причин смертности. Данное обстоятельство стимулирует поиски более совершенных методов лечения коронарной недостаточности, в частности самой распространенной ее формы – стенокардии. Наряду с разработкой и внедрением в последние годы в клиническую практику новых медикаментозных средств с антиангинальными свойствами, широкое распространение получили эндоваскулярные и хирургические методы реваскуляризации миокарда. Однако проблема ИБС до сих пор остается весьма актуальной. Данное обстоятельство обусловлено высокой заболеваемостью ИБС в Российской Федерации, ограниченной доступностью чрескожных коронарных вмешательств, а также довольно многочисленной группой больных, которым технически невозможно провести реваскуляризацию миокарда. К их числу необходимо отнести пациентов с диабетической микроангиопатией сердца, число которых прогрессивно увеличивается. Из этого следует, что, помимо совершенствования традиционных приемов первичной и вторичной профилактики ИБС, требуется привлечение средств с иными механизмами лечебного действия на организм. Одним из таких методов терапевтического воздействия является использование низкоинтенсивного лазерного излучения. Последняя четверть XX века характеризовалась глубоким изучением влияния лазерного света на биологические объекты. Параллельно с теоретическим изучением фотобиологического действия лазерного излучения (ЛИ) в различных диапазонах длин волн шло исследование его лечебных свойств, в том числе в кардиологии. Так, Н.И. Шастин и соавт. в 1979 г. впервые представили результаты успешного лечения гелий-неоновым лазером больных стабильной стенокардией [1]. К настоящему времени накоплен большой материал по использованию когерентного света в лечении больных сердечно-сосудистыми заболеваниями. В многочисленных исследованиях продемонстрированы его антиангинальные, антиаритмические, гипотензивные свойства [2–5]. Клинический эффект лазерного излучения обусловлен многофакторным действием на организм: дезагрегационным, фибринолитическим, антиоксидантным, противовоспалительным, гиполипидемическим, улучшением процессов капиллярно-тканевой диффузии и др. [6, 7]. Необходимо отметить, что большинство данных клинического применения когерентного света получено при использовании красного гелий-неонового лазерного облучения крови. Применение полупроводниковых низкоинтенсивных лазеров в инфракрасном спектре излучения изучено в меньшей мере. Вместе с тем они имеют

некоторые технические преимущества: неинвазивность процедуры, большую проникающую способность, возможность комбинирования излучения с магнитным полем и использование широкого частотного диапазона. В числе недостаточно изученных вопросов можно назвать механизм антиангинального эффекта инфракрасного лазерного излучения у больных стенокардией. Поскольку объем кислородно-транспортной системы, определяющий функциональный потенциал организма, интегрирован в гемодинамических возможностях организма [8], анализ последних может дать ценную информацию о механизмах формирования антиангинального эффекта, особенно при сопоставлении с изменениями гемодинамических параметров при приеме хорошо изученных медикаментов с выраженным антиишемическим действием. На сегодня антиангинальными препаратами первой линии являются бета-адреноблокаторы [9].

Исходя из изложенного, **целью** настоящего исследования явилось оценить в сравнительном аспекте антиангинальный эффект и характер изменения гемодинамических показателей у больных стенокардией напряжения под влиянием курса низкоинтенсивного лазерного излучения и приема обзидана.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследовано 70 больных ИБС со стабильной стенокардией I–IV функционального класса, мужского пола (средний возраст –  $51,7 \pm 8,4$  года). В исследование не включались пациенты в возрасте старше 65 лет, с сердечной недостаточностью выше 2-го функционального класса (NYHA), имеющие постоянную форму фибрилляции предсердий, патологию бронхолегочной системы, анемию. Методом случайной выборки пациенты были разделены на две группы: группу лазеротерапии (ЛТ) ( $n = 40$ ), получавшие 10-дневные курсы лазерного облучения, и группу обзидана ( $n = 30$ ). Группы были равнозначны по основным клинико-anamnestическим данным (табл. 1).

Больные обеих групп получали медикаментозную терапию, включавшую ингибиторы АПФ, ацетилсалициловую кислоту, статины, диуретики, нитраты по показаниям в течение всего периода ЛТ. За 3 суток до проведения исследования лекарственные препараты отменялись (за исключением гипотензивных лекарственных средств короткого действия и нитроглицерина при необходимости). Всех пациентов исследовали дважды: на исходном этапе, и на вторые сутки через 1 час после приема 40 мг обзидана (пропранолол) («Изис Фарма ГмбХ», Германия) (группа обзидана) и спустя 1 месяц после 10-дневного курса лазерного облучения, поскольку, как было показано нами ранее [3], эффект ЛТ у больных ИБС в полной мере проявляется спустя

Таблица 1

Клиническая характеристика исследуемых групп больных ( $M \pm SD$ )

Table 1

Clinical characteristics of the studied groups ( $M \pm SD$ )

Параметры <i>Parameters</i>	Группа обзидана <i>Obsidan group</i> ( $n = 30$ )	Группа лазеротерапии <i>Laser therapy group</i> ( $n = 40$ )	$p$
Возраст, лет <i>Age, years</i>	52,2 $\pm$ 6,9	51,4 $\pm$ 7,8	0,68
Стенокардия напряжения: <i>Stable angina:</i>			
Функциональный класс I, $n$ (%) <i>Functional class I, n (%)</i>	8 (26,7)	8 (20,0)	0,51
Функциональный класс II, $n$ (%) <i>Functional class II, n (%)</i>	6 (20,0)	9 (22,5)	0,81
Функциональный класс III, $n$ (%) <i>Functional class III, n (%)</i>	10 (33,3)	15 (37,5)	0,7
Функциональный класс IV, $n$ (%) <i>Functional class IV, n (%)</i>	6 (20,0)	8 (20,0)	0,98
Инфаркт миокарда в анамнезе, $n$ (%) <i>Myocardial infarction in anamnesis, n (%)</i>	8 (26,7)	12 (30,0)	0,76
Артериальная гипертензия, $n$ (%) <i>Arterial hypertension, n (%)</i>	24 (80,0)	33 (82,5)	0,79

Примечание: (здесь и далее в таблицах):  $p$  – различия показателей при двустороннем уровне значимости.

Note: hereinafter:  $p$  – differences in indicators at two-sided level of significance.

4 недели после курса облучения, что обусловлено структурно-функциональной перестройкой биологических систем (группа ЛТ). ЛТ осуществлялась с использованием отечественного аппарата «Мустанг 2000», генерирующего низкоинтенсивное лазерное излучение с длиной волны 0,89 мкм, мощностью 7 Вт и частотой генерации импульсов 80 Гц. Выполнялось накожное облучение по стабильной контактной методике воздействия проекции клапанов аорты и легочной артерии (60 с), предсердной области передней стенки грудной клетки: средняя 1/3 грудины (120 с), IV межреберье на 1 см слева от грудины (120 с), верхушечный толчок (120 с), область абсолютной тупости сердца (120 с), сосудов шеи (60 с), паравертебральной области шейного отдела позвоночника на уровне  $C_{VIII}$ – $Th_{I-III}$  (120 с). Общее время экспозиции – 12 мин, площадь облучения – 12 см<sup>2</sup>, доза лазерного облучения – 0,042 Дж/см<sup>2</sup> (за 1 сеанс). Исследование включало велоэргометрическую пробу в режиме непрерывной ступенеобразно возрастающей нагрузки. Скорость педалирования – 60 оборотов в минуту. Начальная ступень – 25 Вт, последующее увеличение нагрузки – каждые 5 мин на 25 Вт до достижения критериев прекращения теста. На пороговом уровне физической нагрузки оценивалась частота сердечных сокращений (ЧСС), двойное произведение (ДП – произведение систолического АД на ЧСС, дающее представление о потреблении миокардом кислорода), отношение мощности пороговой нагрузки к приросту ДП ( $W/\Delta ДП$ ), свидетельствующее об эффективности сердечной деятельности [10]. Ультразвуковое исследование в В-режиме по методу

Simpson проводили на аппарате Apogee CLA RX 400 (США). Анализировали показатели: конечный систолический объем (КСО) левого желудочка (ЛЖ), сердечный индекс (СИ), фракцию выброса (ФВ) ЛЖ. Съемку спектра трансмитрального диастолического потока проводили из верхушечной 4-камерной позиции с расположением контрольного объема в устье митрального клапана. Определяли скорость медленного (А) и быстрого (Е) трансмитрального диастолического потока, а также отношение скоростей раннего и позднего потоков (А/Е). Время изоволюмического расслабления (ВИР) ЛЖ определяли как разность между окончанием трансаортального и началом трансмитрального кровотока [11]. Общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС) рассчитывали по формуле:  $ОПСС = АД_{ср} \times 79920 / МОК$ , где МОК – минутный объем крови,  $АД_{ср}$  – среднее артериальное давление =  $1/3 (АД_{систолическое} - АД_{диастолическое}) + АД_{диастолическое}$  [12].

Полученные результаты исследований обработаны с использованием пакета прикладных программ Statistica 7.0 и SPSS Statistics 21. Для установления распределения переменных применяли критерий Шапиро – Уилка. Поскольку все исследуемые параметры имели нормальное распределение, для сравнения использовали парный  $t$ -критерий Стьюдента с двусторонним уровнем значимости  $p \leq 0,05$ . Полученные данные представлены средней арифметической ( $M$ ) и стандартным отклонением ( $SD$ ). Различия считали статистически значимыми при двустороннем уровне значимости  $p \leq 0,05$ . Для сравнения относительных показателей использовался критерий  $\chi^2$ .

Таблица 2

Показатели кардиодинамики до и после приема обзидана и курса лазеротерапии у больных ИБС ( $M \pm SD$ )

Table 2

Cardiodynamic indices before and after Obsidan and laser therapy course in patients with coronary artery disease ( $M \pm SD$ )

Показатели Parameters	Группа обзидана Obsidan group (n = 30)			Группа ЛТ Laser therapy group (n = 40)		
	исходно initially	обзидан Obsidan	p	исходно initially	ЛТ LT	p
КСО ЛЖ, мл ESV, ml	64,3 ± 23,0	52,8 ± 24,1	0,046	66,4 ± 21,8	53,9 ± 18,1	0,018
СИ, л/мин/м <sup>2</sup> CI, l/min/m <sup>2</sup>	2,42 ± 0,52	2,43 ± 0,41	0,92	2,37 ± 0,93	2,39 ± 0,51	0,93
ФВ ЛЖ, % EF, %	46,3 ± 4,3	50,1 ± 6,1	0,001	50,3 ± 6,2	55,7 ± 5,8	0,009
Е/А, ед. A/E, units	1,10 ± 0,18	1,21 ± 0,19	0,038	1,18 ± 0,21	1,22 ± 0,27	0,2
ВИР, мс IVRT, msec	110,3 ± 22,7	97,3 ± 19,3	0,001	112,9 ± 24,3	94,3 ± 25,3	0,012
ОПСС, дин.×см <sup>-5</sup> TPVR, din.×sm <sup>-5</sup>	1721,9 ± 213,0	1563,9 ± 296,2	0,13	1721,9 ± 213,0	2011,0 ± 301,2	0,016

Примечание: ЛТ – лазеротерапия, А/Е – отношение скоростей раннего и позднего трансмитральных потоков, ВИР – время изоволюмического расслабления, КСО – конечный систолический объем, ЛЖ – левый желудочек, ОПСС – общее периферическое сосудистое сопротивление, СИ – сердечный индекс, ФВ – фракция выброса.

Notes: LT – laser therapy, A/E – ratio of rates of early and late transmitral flows, IVRT – isovolumic relaxation time, ESV – end-systolic volume, LV – left ventricle, TPVR – total peripheral vascular resistance, CI – cardiac index, EF – ejection fraction.

Представленное исследование выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики, правилами Good Clinical Practice и принципами Хельсинкской декларации ВМА. Исследование было одобрено Комитетом по биометрической этике Тюменского кардиологического научного центра.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Используемая нами методика ЛТ и доза облучения не вызывали у больных нежелательных эффектов. Не было также зарегистрировано появления описанного в литературе так называемого «вторичного обострения». Улучшение клинического состояния наступало в большинстве случаев спустя 3–4 недели после окончания курса ЛТ. С этого времени пациенты указывали на увеличение переносимости физических нагрузок и уменьшение потребности в нитроглицерине при том же или меньшем расходе антиангинальных препаратов. Через 1 месяц после курса ЛТ в целом по группе зарегистрировано увеличение переносимости физической нагрузки на 35,0 % (с 52,8 ± 30,7 до 71,3 ± 28,5 Вт;  $p < 0,001$ ), что соответствует результатам нагрузочного теста после приема обзидана, показывающим статистически достоверный рост толерантности к физической нагрузке с 62,5 ± 29,6 до 83,8 ± 34,1 Вт (+34,1 %). Позитивная динамика клинической картины больных сочеталась с изменениями эхокардиографических показателей, имеющих однонаправленные сдвиги в исследуемых группах (табл. 2).

Так, обзидан вызывал сокращение КСО ЛЖ на 17,9 % ( $p = 0,046$ ). На такую же величину данный показатель уменьшился после курса ЛТ (–18,8 %). Прием бета-адреноблокатора сопровождался ростом ФВ ЛЖ – с 46,3 ± 4,3 до 50,1 ± 6,1 % ( $p = 0,001$ ). Аналогичные изменения обнаружены после курса ЛТ: статистически значимое увеличение ФВ ЛЖ с 50,3 ± 6,2 до 55,7 ± 5,8 %. Обращает внимание тот факт, что, несмотря на явные признаки улучшения сократительной функции миокарда в исследуемых группах пациентов, минутный объем сердца (СИ) не претерпел статистически значимых сдвигов. Это обстоятельство, по-видимому, имеет физиологическое значение, т. к. свидетельствует о поддержании адекватного метаболическим запросам тканей кровообращения в состоянии покоя. Учитывая большое значение диастолической функции сердца в возникновении и развитии коронарно-миокардиальной несостоятельности, представляется важным проследить динамику некоторых диастолических показателей у исследуемых больных. Как следует из табл. 2, у пациентов, получавших обзидан, наблюдался рост отношения ранней и поздней скорости трансмитрального потока (Е/А) на 9 % ( $p = 0,038$ ). В группе ЛТ этот показатель имел явную тенденцию к росту.

Уменьшение ригидности миокарда и улучшение диастолической функции демонстрирует также динамика показателя времени изометрического расслабления сердца (ВИР): снижение на 11,8 % ( $p = 0,001$ ) под влиянием обзидана и на 16 % ( $p = 0,016$ ) после курса



Таблица 3

**Толерантность к физической нагрузке и пороговые значения гемодинамических показателей до и после приема обзидана и курса лазеротерапии у больных ИБС ( $M \pm SD$ )**

Table 3

**Effort tolerance and hemodynamic threshold values before and after Obsidan and laser therapy in patients with coronary artery disease ( $M \pm SD$ )**

Показатели Parameters	Группа обзидана Obsidan group (n = 30)			Группа ЛТ Laser therapy group (n = 40)		
	исходно initially	обзидан Obsidan	p	исходно initially	ЛТ LT	p
Толерантность к физической нагрузке, Вт Tolerance to exercise, W	62,5 ± 29,6	83,8 ± 34,1	0,001	52,8 ± 30,7	71,3 ± 28,5	0,001
Артериальное давление среднее пороговое, мм рт. ст. Blood pressure average, mm Hg	124,1 ± 16,9	113,4 ± 19,7	0,001	117,1 ± 13,5	117,6 ± 11,5	0,81
W/ΔДП, ед. W/ΔDM, units	0,71 ± 0,28	1,25 ± 0,61	0,001	0,67 ± 0,46	0,81 ± 0,23	0,16
ДП пороговое, ед. DM threshold, units	169,0 ± 39,8	146,8 ± 27,4	0,001	169,9 ± 37,9	174,9 ± 42,7	0,06
ЧСС пороговое, уд./мин HR threshold, BPM	107,1 ± 10,8	102,0 ± 13,2	0,044	101,6 ± 15,4	102,6 ± 17,6	0,77

*Примечание:* ЛТ – лазерная терапия, ДП – двойное произведение, ЧСС – частота сердечных сокращений, W – мощность физической нагрузки.

*Notes:* LT – laser therapy, DM – double multiplication, HR – heart rate, W – power of physical activity.

ЛТ больных ИБС. Важно отметить статистически значимое снижение под влиянием лазерного облучения периферического сосудистого сопротивления. У больных ИБС в группе обзидана препарат вызвал лишь некоторую тенденцию к снижению показателя ОПСС. Таким образом, сравнительный анализ модификации некоторых показателей кардиодинамики на фоне приема антиангинального препарата обзидана и курса ЛТ у больных стенокардией напряжения выявил сходный характер изменения, характеризующийся улучшением сократительной и диастолической функций миокарда.

Несмотря на то, что мощность физической нагрузки после приема обзидана превысила первоначальную на 34,1 %, пороговый уровень АД<sub>ср</sub>, ЧСС и ДП оказался статистически значимо ниже исходных значений на 10,0, 4,7 и 13,1 % соответственно (табл. 3).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что физическая нагрузка в данном случае обеспечивается меньшими гемодинамическими, и, следовательно, энергетическими затратами сердца. Более наглядно это демонстрирует показатель W/ΔДП, отражающий эффективность энергозатрат миокарда на физическую нагрузку, который увеличился на 76 %. После курса ЛТ данные показатели достигли значений, зарегистрированных на уровне первоначальной пороговой нагрузки. Принимая во внимание, что при повторном тестировании толерантность к физической нагрузке превысила исходную на 35,0 %, полученные результаты следует также трактовать как проявление экономизации сердечной деятельности.

Таким образом, гемодинамические изменения при выполнении физической нагрузки после приема

обзидана и курса ЛТ имеют сходный характер, отличаясь лишь выраженностью сдвигов.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Бета-адреноблокаторы широко применяются в клинической практике в течение нескольких десятилетий, являясь средством выбора среди антиангинальных препаратов. Механизм данной фармакологической группы хорошо изучен и в основном сводится к удлинению диастолы и увеличению продолжительности коронарной перфузии, а также снижению сократимости миокарда и систолического АД, что приводит к ограничению потребности миокарда в кислороде [13, 14]. Кроме того, ингибируя индуцированный катехоламинами выброс свободных жирных кислот, бета-адреноблокаторы улучшают метаболизм миокарда, в результате чего оптимизируется его функция, проявляющаяся, в частности, сокращением объема камер сердца и ростом ФВ ЛЖ [15]. Как показано в настоящей работе, низкоинтенсивное ЛО сопровождалось ростом у больных ИБС толерантности к физической нагрузке на величину, аналогичную при приеме обзидана. При этом изменения гемодинамических параметров в исследуемых группах больных были односторонними, характеризуются ростом инотропной и улучшением диастолической функций миокарда, а также признаками экономизации сердечной деятельности при физической нагрузке. Если подобные гемодинамические сдвиги и обусловленный ими антиишемический эффект бета-адреноблокаторов можно связать с ограничением негативного влияния катехоламинов

на сердце, то механизм антиишемического действия ЛИ представляется сложнее и, по-видимому, обусловлен его способностью вызывать многообразные реакции организма.

Известно, что ЛИ обладает антиоксидантным действием, повышая активность антиоксидантных ферментов: супероксиддисмутазы и каталазы, которые некоторые авторы относят к числу первичных фотоакцепторов [6, 16]. Ослабление перекисного окисления липидов, интенсивность которого при ИБС, как правило, повышена [17, 18], приводит к стабилизации липидного бислоя клеточной мембраны, улучшению ее физико-химических свойств и росту функциональной активности: оптимизации транспорта ионов, рецепции биологически активных веществ, ферментативного катализа многочисленных биохимических реакций и т. д. Нормализация ионного, в частности кальциевого, обмена кардиомиоцитов сопровождается снижением ригидности сердечной мышцы, в митохондриях препятствует разобщению окислительного фосфорилирования и способствует восстановлению адекватного энергообеспечения миокарда [19]. Ранее нами была продемонстрирована корреляционная связь структурных особенностей липидного бислоя клеточной мембраны с показателями кардиодинамики [3, 20]. Это обстоятельство согласуется с полученными нами данными, указывающими на положительные сдвиги в систолической и диастолической функции сердца. Повышение сократительной функции миокарда может быть также связано с предупреждением токсического действия катехоламинов на миоциты в результате сбалансированности функции вегетативной нервной системы под влиянием лазерного облучения [21]. Улучшение процессов миокардиальной биоэнергетики и экономизация сердечной деятельности при выполнении физической нагрузки, кроме того, могут быть обусловлены положительными сдвигами на уровне микроциркуляции. Это демонстрирует снижение у больных ИБС после курса ЛТ ОПСС и АД. Последнее происходит в результате оптимизации процессов регуляции тонуса метартериол и прекапилляров, обеспечивающих лучшие условия гемоциркуляции, увеличение эффективной плотности капилляров, способствующих увеличению капиллярно-тканевого обмена и росту артериовенозной разницы по кислороду, улучшения реологии крови [2, 3]. К числу факторов, существенно облегчающих работу сердца, следует отнести возникновение более полной деоксигенации гемоглобина в эритроцитах, обусловленной активацией под влиянием ЛИ 2,3-дифосфоглицерата [2].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные подтвердили факт антиангинальной эффективности ЛТ у больных ИБС, механизм действия которой заключается в гемодинамической экономизации сердечной деятельности на фоне улучшения показателей инотропной и диастолической

функции миокарда. Снижение энергетических затрат сердца на физическую нагрузку во многом идентично антиишемическому действию бета-адреноблокаторов. Однако, если механизм формирования антиангинального эффекта обусловлен блокадой бета-рецепторов, реализация антиишемического действия лазерного облучения представляется как итог всего многообразного спектра фотобиологического воздействия на функциональные структуры организма.

Таким образом, антиангинальный эффект ЛИ у больных ИБС обосновывает более широкое включение ЛТ в комплексное лечение коронарной недостаточности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.П., Стрельцова Н.Н., Секисова М.А. Клиническая эффективность однократного курса инфракрасного лазерного облучения больных стенокардией по данным шестимесячного наблюдения. *Вопросы курортологии физиотерапии и лечебной физической культуры*. 1999; 2: 5–6.
2. Бабушкина Г.Н., Картелишев А.В. Низкоинтенсивная лазерная терапия: Сборник трудов. Под ред. С.В. Москвина, В.А. Буйлина. М.: ТОО «Фирма «Техника»; 2000: 492–520.
3. Васильев А.П. Клинико-функциональные аспекты применения лазерного излучения у больных стенокардией. Тюмень: Медведь; 2003: 238.
4. Кипшидзе Н.Н., Чапидзе Г.Е., Марсагшвили Л.А., Бохуа М.Р. Лазеротерапия и аритмическая смерть при ишемической болезни сердца. *Советская медицина*. 1991; 4: 3–5.
5. Михайлова С.Д., Сторожков Г.И., Гукова С.Ю., Семушкина Т.М. К механизму антиаритмического эффекта лазерного облучения. *Журнал экспериментальной биологии и медицины*. 1992; 5: 460–462.
6. Низкоинтенсивная лазерная терапия: Сборник трудов. Под ред. С.В. Москвина, В.А. Буйлина. М.: ТОО «Фирма «Техника»; 2000: 724.
7. Лазерная терапия и профилактика широкого круга заболеваний. Методическое пособие по применению аппарата лазерной терапии РИКА®. Под ред. Ю.Г. Федорова. М.: МИЛТА; 2018: 258 с.
8. Guyton A.C. Textbook of medical physiology, 13<sup>th</sup> ed. Elsevier Science publishing company; 2015: 1168.
9. 2019 Рекомендации ESC по диагностике и лечению хронического коронарного синдрома. *Российский кардиологический журнал*. 2020; 25 (2): 3757. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-2-3757
10. Аронов Д.М., Лупанов В.П. Функциональные пробы в кардиологии. М.: МЕДпресс-информ; 2007: 326.
11. Otto C.M. The practice of clinical echocardiography. Philadelphia: W.B. Saunders Co; 1997: 861. DOI: 10.1002/cis.4960210518
12. Ромаков А.Ю., Десятниченко В.М., Сагиров А.М. и др. Клиническая характеристика и лечение больных стенокардией напряжения, рефрактерной к пропранололу. *Клиническая медицина*. 1984; 1: 57–63.
13. Метелица В.И. Справочник по клинической фармакологии сердечно-сосудистых лекарственных средств. М.: МИА; 2005: 1536.
14. Клиническая фармакология. Под ред. В.Г. Кукеса. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2013: 1056.

15. Waagstein F. Beta-blockers in congestive heart failure: The evolution of a new treatment concept-mechanism of action and clinical implications. *J Clin Basic Cardiol*. 2002; 5 (3): 215–223.
16. Владимиров Ю.А. Лазерная терапия: настоящее и будущее. *Соросовский образовательный журнал*. 1999; 12: 2–8.
17. Лопухин Ю.М., Арчаков А.И., Владимиров Ю.А., Коган Э.М. Холестериноз (Холестерин биомембран. Теоретические и клинические аспекты). М.: Медицина; 1983: 352.
18. Chuanyu Li, Jackson R.M. Reactive species mechanisms of cellular hypoxia-reoxygenation injury. *Am J Physiol*. 2001; 282 (2): C227–C241. DOI: 10.1152/ajpcell.00112.2001
19. Литвицкий П.Ф., Сандриков В.А., Демуров Е.А. Адаптивные и патогенные эффекты реперфузии и реоксигенации миокарда. М.: Медицина; 1994: 88–120.
20. Васильев А.П., Сенаторов Ю.Н., Стрельцова Н.Н., Малишевский М.В., Дубова Т.В., Зыкова Е.Л. Влияние мембраностабилизирующей магнитолазерной терапии на кардиодинамику у больных ишемической болезнью сердца. *Терапевтический архив*. 2003; 75 (12): 19–23.
21. Будкарь Л.Н., Антюфеев В.Ф., Оранский И.Е., Бехтер Т.В. Влияние воздействия магнитов и лазеров на клинический статус и электрофизиологические показатели сердца у пациентов с сердечной аритмией. *Вопросы курортологии физиотерапии и лечебной физической культуры*. 1996; 2: 5–8.

## REFERENCES

1. Vasiliev A.P., Streltsova N.N., Sekisova M.A. Clinical efficacy of a single course of infrared laser irradiation of patients with angina pectoris according to the data of six-month follow-up. *Voprosy kurortologii fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury*. 1999; 2: 5–6. [In Russ.].
2. Babushkina G.N., Kartelishvili A.V. Low-intensive laser therapy: Collected works. Ed. S.V. Moskvina, V.A. Builin. Moscow; 2000: 492–520. [In Russ.].
3. Vasiliev A.P. Clinical and functional aspects of laser irradiation in patients with angina pectoris. Tyumen; 2003: 238. [In Russ.].
4. Kipshidze N.N., Chapidze G.E., Marsagishvili L.A., Bokhua M.R. Laser therapy and arrhythmic death in coronary heart disease. *Sovetskaya meditsina*. 1991; 4: 3–5. [In Russ.].
5. Mikhailova S.D., Storozhkov G.I., Gukova S.Yu., Semushkina T.M. Mechanisms of antiarrhythmic effect of laser irradiation. *Zhurnal eksperimental'noy biologii i meditsiny*. 1992; 5: 460–462. [In Russ.].
6. Low-intensive laser therapy: Collected works. Ed. S.V. Moskvina, V.A. Builin. Moscow; 2000: 724. [In Russ.].
7. Laser therapy and prevention of a wide range of diseases. *Methodical manual for RIKTA® laser therapy device*. Ed. Yu.G. Fedorov. Moscow; 2018: 258. [In Russ.].
8. Guyton A.C. Textbook of medical physiology, 13<sup>th</sup> ed. Elsevier Science publishing company; 2015: 1168.
9. 2019 ESC Recommendations for the diagnosis and treatment of chronic coronary syndrome. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2020; 25 (2): 3757. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-2-3757 [In Russ.].
10. Aronov D.M., Lupanov V.P. Functional tests in cardiology. Moscow; 2007: 326. [In Russ.].

11. Otto C.M. The practice of clinical echocardiography. Philadelphia: W.B. Saunders Co; 1997: 861. DOI: 10.1002/cic.4960210518
12. Romakov A.Yu., Desyatnichenko V.M., Sagirov A.M., et al. Clinical characteristics and treatment of patients with exertional angina pectoris refractory to propranolol. *Klinicheskaya meditsina*. 1984; 1: 57–63. [In Russ.].
13. Metelitsa V.I. Handbook of clinical pharmacology of cardiovascular drugs. Moscow; 2005: 1536. [In Russ.].
14. *Clinical pharmacology*. Ed. V.G. Kukes. Moscow; 2013: 1056. [In Russ.].
15. Waagstein F. Beta-blockers in congestive heart failure: The evolution of a new treatment concept-mechanism of action and clinical implications. *J Clin Basic Cardiol*. 2002; 5 (3): 215–223.
16. Vladimirov Yu.A. Laser therapy: Present and future. *Sorossovskiy obrazovatel'nyy zhurnal*. 1999; 12: 2–8. [In Russ.].
17. Lopukhin Yu.M., Archakov A.I., Vladimirov Yu.A., Kogan E.M. Cholesterol (Cholesterol biomembranes. Theoretical and clinical aspects). Moscow; 1983: 352. [In Russ.].
18. Chuanyu Li, Jackson R.M. Reactive species mechanisms of cellular hypoxia-reoxygenation injury. *Am J Physiol*. 2001; 282 (2): C227–C241. DOI: 10.1152/ajpcell.00112.2001.
19. Litvitsky P.F., Sandrikov V.A., Demurov E.A. Adaptive and pathogenic effects of myocardial reperfusion and reoxygenation. Moscow; 1994: 88–120. [In Russ.].
20. Vasiliev A.P., Senatorov Yu.N., Streltsova N.N., Malishevsky M.V., Dubova T.V., Zyкова E.L. Influence of membrane-stabilizing magnetic laser therapy at cardiodynamics in patients with coronary heart disease. *Terapevticheskiy arkhiv*. 2003; 75 (12): 19–23. [In Russ.].
21. Budkar L.N., Antyufeyev V.F., Oranskiy I.E., Bekhter T.V. Effects of magnet and lasers at the clinical status and electrophysiological parameters of the heart in patients with cardiac arrhythmia. *Voprosy kurortologii fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury*. 1996; 2: 5–8. [In Russ.].

## Информация об авторах

**Стрельцова Нина Николаевна** – научный сотрудник отделения артериальной гипертензии и коронарной недостаточности научного отдела клинической кардиологии, Тюменский кардиологический научный центр, филиал ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»; e-mail: sss@infarkta.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8675-9103>

**Васильев Александр Петрович** – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения артериальной гипертензии и коронарной недостаточности научного отдела клинической кардиологии, Тюменский кардиологический научный центр, филиал ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»; e-mail: sss@infarkta.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4931-5383>

## Information about the authors

**Streltsova Nina** – Researcher, Department of Arterial Hypertension and Coronary Insufficiency, Tyumen Cardiology Research Center, branch of Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences; e-mail: sss@infarkta.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8675-9103>

**Vasiliev Alexandr** – Dr. Sc. (Med), Chief Researcher, Department of Arterial Hypertension and Coronary Insufficiency, Tyumen Cardiology Research Center, branch of Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences; e-mail: sss@infarkta.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4931-5383>

## Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.