

ISSN 2686-8644 (Online) ISSN 2071-8004 (Print)

# ЛАЗЕРНАЯ МЕДИЦИНА



## LASER MEDICINE



2023 / Том (Vol) 27 / № 1



# ФОТОДИТАЗИН®

[fotoditazin]

ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОР ХЛОРИНОВОГО РЯДА



«ФОТОДИТАЗИН®» гель — РУ № ФСР 2012/13043 от 03.02.2012 г.

«ФОТОДИТАЗИН®» концентрат для приготовления раствора для инфузий — РУ № ЛС 001246 от 18.05.2012 г.

«ФОТОДИТАЗИН®» применяется для флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии онкологических заболеваний различных нозологических форм, а также патологий неонкологического характера в следующих областях медицины:

- |                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| ✓ дерматология         | ✓ офтальмология             |
| ✓ гинекология          | ✓ травматология и ортопедия |
| ✓ урология             | ✓ комбустиология            |
| ✓ торакальная хирургия | ✓ гнойная хирургия          |
| ✓ стоматология         | ✓ ангиология                |
| ✓ нейрохирургия        |                             |

В соответствии с приказами МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РФ:

Приказ № 1629н от 29 декабря 2012 г. «Об утверждении перечня видов высокотехнологичной медицинской помощи»

Приказ № 915н от 15 ноября 2012 г. «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи взрослому населению по профилю „онкология“»

ООО «ВЕТА-ГРАНД»

123056, г. Москва, ул. Красина, д. 27, стр. 2  
Тел.: +7 (499) 253-61-81, +7 (499) 250-40-00  
E-mail: fotoditazin@mail.ru

[www.fotoditazin.com](http://www.fotoditazin.com)  
[www.фотодитазин.рф](http://www.фотодитазин.рф)

ISSN 2071-8004; DOI: <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1>

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
SCIENTIFIC AND CLINICAL JOURNAL

# ЛАЗЕРНАЯ МЕДИЦИНА

L A Z E R N A Y A M E D I C I N A



## LASER MEDICINE

*Журнал основан в 1997 году*  
*The magazine was founded in 1997*

**Учредитель:**  
ФГБУ «Научно-практический  
центр лазерной медицины  
им. О.К. Скобелкина  
ФМБА России»  
Москва, Россия

**Founder:**  
«Skobelkin Scientific  
and Practical Center  
for Laser Medicine  
of FMBA of Russia»  
Moscow, Russia

**2023 / Том (Vol.) 27 / № 1**

---

**ЛАЗЕРНАЯ МЕДИЦИНА** – научно-практический рецензируемый журнал. Основан в 1997 г. Выходит 4 раза в год. К публикации принимаются теоретические, экспериментальные и клинические статьи по проблемам лазерной медицины, подготовленные в соответствии с правилами для авторов, размещенными в конце номера и на сайте журнала.

Регистрационный ПИ № ФС 77-69450 (14 апреля 2017 г.).  
В регистре ISSN (International Standard Serial Number) зарегистрирован под названием Lazernaâ medicina, сокращенно Lasern. med. ISSN 2071-8004.  
Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 43176.

Журнал включен ВАК РФ в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал включен в Russian Science Citation Index (RSCI): Импакт-фактор журнала 0,442.  
Журнал индексируется в базах данных: Академия Google (Google Scholar), СОЦИОНЕТ, NLM Catalog, ВИНТИ, WorldCat, Ulrich's Periodicals Directory

Зав. редакцией Рябов М.В.  
Адрес редакции: 121165, Москва, ул. Студенческая, 40. Тел. 8 (495) 661-01-85.  
E-mail: journal@goslasmed.ru. Сайт журнала: <http://goslasmed.elpub.ru/jour/>

Опубликованные материалы являются собственностью журнала «Лазерная медицина». Копирование и воспроизведение материалов, опубликованных в журнале, допускается только с письменного разрешения редакции.

Подписано в печать 27.03.2023.  
Заказ № 45101.  
Отпечатано в ООО «Издательство «Триада».  
170034, г. Тверь, пр. Чайковского, 9, оф. 514. Тел./факс: (4822) 42-90-22, 35-41-30  
Тираж 250 экз.

---

**LASER MEDICINE** is a scientific and practical peer-reviewed journal. Founded in 1997. Published 4 times a year. Theoretical, experimental, and clinical articles on laser medicine prepared in accordance with the rules for authors published at the end of the issue and on the journal's website are accepted for publication.

Registration PI no. FS 77-69450 (April 14, 2017).  
The ISSN (International Standard Serial Number) register is registered under the name Lazernaâ medicina, abbreviated as Laser. med. ISSN 2071-8004.  
Subscription index in the United catalog «Press of Russia» – 43176.

The Journal is included in the «List of leading peer-reviewed editions, recommended for publication of Candidate's and Doctor's degree theses main results» approved by Higher Attestation Commission (VAK) RF.  
The journal is included in the Russian Science Citation Index (RSCI): the journal's impact factor is 0.442.  
The journal is indexed in the databases: Google Scholar; Socionet; NLM Catalog; VINITI; WorldCat; Ulrich's Periodicals Directory.

Chief of office Riabov M.V.  
Address: 121165 Moscow, Studencheskaya str., 40. Tel.: 8 (495) 661-01-85  
E-mail: journal@goslasmed.ru. Magazine website: <http://goslasmed.elpub.ru/jour/>

The published materials are the property of the «Laser Medicine» journal. Copying and reproduction of materials published in the journal is allowed only with the written permission of the editorial Board.

Signed for printing 27.03.2023.  
Order No. 45101.  
Printed in LTD «Publishing House «Triada».  
170034, Tver, Tchaikovsky Ave., 9, office 514. Tel./fax: (4822) 42-90-22.  
Edition of 250 copies.

© Лазерная медицина, 2023

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

### Баранов А.В.

доктор медицинских наук, директор  
ФГБУ «НПЦ лазерной медицины им. О.К. Скобелкина  
ФМБА России», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-7995-758x.

## CHIEF EDITOR

### Baranov A.V.

Dr. Sci. (Med.), Director of «Skobelkin  
State Scientific Center of Laser Medicine  
of FMBA of Russia», Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-7995-758x.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### Асташов В.В.

доктор медицинских наук, профессор кафедры  
анатомии человека ФГАОУ ВО  
«Российский университет дружбы народов»,  
Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-2846-1944.

## EDITORIAL BOARD

### Astashov V.V.

Dr. Sci. (Med.), Professor  
of Anatomy Department  
RUDN University,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-2846-1944.

### Байбеков И.М.

доктор медицинских наук, профессор, руководитель  
лаборатории патологической анатомии  
ГУ «Республиканский специализированный научно-  
практический медицинский центр хирургии им. академика  
В.В. Вахидова», Ташкент, Республика Узбекистан.  
ORCID: 0000-0003-0587-3188.

### Baybekov I.M.

Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Head of Pathological  
Anatomy Laboratory,  
«Vakhidov Scientific Center of Surgery»,  
Tashkent, Uzbekistan.  
ORCID: 0000-0003-0587-3188.

### Брилль Г.Е.

доктор медицинских наук, академик Российской  
академии естественных наук, профессор кафедры  
патологической физиологии ФГБОУ ВО «Саратовский  
ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России,  
Саратов, Россия.  
ORCID: 0000-0002-0402-9420.

### Brill G.E.

Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Academician of Russian Academy  
of Natural Sciences, Head of Pathophysiology Chair,  
«Razumovsky Saratov State Medical University»,  
Saratov, Russia.  
ORCID: 0000-0002-0402-9420.

### Дуванский В.А.

доктор медицинских наук, профессор,  
заведующий кафедрой эндоскопии, эндоскопической  
и лазерной хирургии факультета непрерывного  
медицинского образования медицинского института  
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»,  
Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0001-5880-2629

### Duvanskiy V.A.

MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Head of the Department of Endoscopy,  
endoscopic and laser surgery RUDN University,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0001-5880-2629

### Козлов В.И.

доктор медицинских наук, профессор, заслуженный  
деятель науки РФ, академик Международной  
академии наук высшей школы, академик Европейской  
академии естественных наук (Ганновер, Германия),  
заведующий кафедрой анатомии человека  
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»,  
Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0001-6332-748x.  
Scopus Author ID: 56823798800.

### Kozlov V.I.

Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored scientist of Russia,  
Academician of the International Academy of Sciences  
of Higher School, Academician of the European Academy  
of Natural Sciences (Hannover, Germany), Chief  
of the Anatomy Department, RUDN University,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0001-6332-748x.  
Scopus Author ID: 56823798800.

### Ану Макела

доктор медицинских наук, профессор,  
руководитель отдела клинических исследований  
«ABER Институт»,  
Хельсинки, Финляндия.  
ORCID: 0000-0002-9262-1036.

### Anu Makela

Dr. Sci. (Med.), T.C.M.D.,  
N.D. Dean of Acupuncture and Bioenergy  
Research, Institute «ABER Institute»,  
Helsinki, Finland.  
ORCID: 0000-0002-9262-1036.

---

---

**Наседкин А.Н.**

доктор медицинских наук, профессор кафедры оториноларингологии ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-3183-8749.

**Панченков Д.Н.**

доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией минимально инвазивной хирургии ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0001-8539-4392.

**Рохкинд С.**

доктор медицинских наук, профессор Тель-Авивского университета, заведующий отделением по восстановлению периферических нервов «Ichilov Medical Center», Тель-Авив, Израиль.  
ORCID: 0000-0002-9590-9764.

**Сидоренко Е.И.**

доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-9648-5625.

**Странадко Е.Ф.**

доктор медицинских наук, профессор, руководитель отделения лазерной онкологии и фотодинамической терапии ФГБУ «НПЦ лазерной медицины им. О.К. Скобелкина ФМБА России», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-1589-7661.

**Тучин В.В.**

доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой оптики и биофотоники ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», Саратов, Россия.  
ORCID: 0000-0001-7479-2694.

**Nasedkin A.N.**

Dr. Sci. (Med.), Professor of Otorhinolaryngology Chair, «Vladimirsky Moscow Regional Research and Clinical Institute», Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-3183-8749.

**Panchenkov D.N.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Laboratory of Minimally Invasive Surgery, «A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry», Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0001-8539-4392.

**Rochkind S.**

Dr. Sci. (Med.), Professor in Tel Aviv University, Director of Division of Peripheral Nerve Reconstruction, Department of Neurosurgery, «Ichilov Medical Center», Tel Aviv, Israel.  
ORCID: 0000-0002-9590-9764.

**Sidorenko E.I.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Head of Ophthalmology Chair, «Pirogov Russian National Research Medical University», Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-9648-5625.

**Stranadko E.Ph.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Department of Laser Oncology and Photodynamic Therapy «Skobelkin Scientific Center for Laser Medicine of FMBA of Russia», Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-1589-7661.

**Tuchin V.V.**

Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Head of Optics and Biophotonics Department, «Chernyshevsky State Medical University», Saratov, Russia.  
ORCID: 0000-0001-7479-2694.

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

### **Алексеев Ю.В.**

доктор медицинских наук, член-корреспондент  
Российской академии естественных наук,  
руководитель отдела медико-биологических  
исследований ФГБУ «НПЦ лазерной медицины  
им. О.К. Скобелкина ФМБА России», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-4470-1960.

### **Ачилев А.А.**

доктор медицинских наук, профессор, руководитель  
отделения лазерной амбулаторной медицины  
ФГБУ «НПЦ лазерной медицины им. О.К. Скобелкина  
ФМБА России», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0001-7220-246x.

### **Беришвили И.И.**

доктор медицинских наук, профессор, заслуженный  
деятель науки РФ, заведующий лабораторией  
трансмокардиальной лазерной реваскуляризации  
ФГБУ «НМИЦ сердечно-сосудистой хирургии  
им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-7796-7856.

### **Гаспарян Л.В.**

кандидат медицинских наук, научный сотрудник  
EMRED Oy, Хельсинки, Финляндия.  
ORCID: 0000-0002-7883-7420.

### **Данилин Н.А.**

доктор медицинских наук, профессор, руководитель  
отделения пластической хирургии  
ФГБУ «НПЦ лазерной медицины им. О.К. Скобелкина  
ФМБА России», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-2937-8173.

### **Дербенев В.А.**

доктор медицинских наук, профессор, главный  
научный сотрудник клинического отдела  
ФГБУ «НПЦ лазерной медицины им. О.К. Скобелкина  
ФМБА России», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-1673-7800.

### **Елисеенко В.И.**

доктор медицинских наук, профессор, главный  
научный сотрудник научно-организационного отдела  
ФГБУ «НПЦ лазерной медицины им. О.К. Скобелкина  
ФМБА России», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-4932-7760.

### **Есауленко И.Э.**

доктор медицинских наук, профессор,  
ректор ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко»  
Минздрава России, Воронеж, Россия.  
ORCID: 0000-0002-2424-2974.

### **Иванов А.В.**

доктор физико-математических наук, ведущий  
научный сотрудник лаборатории экспериментальной  
диагностики и биотерапии опухолей НИИ ЭДиТО  
ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина»  
Минздрава России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0001-7245-1108.

## EDITORIAL COUNCIL

### **Alekseev Yu.V.**

Dr. Sci. (Med.), Corresponding Member  
of the Russian Academy of Natural Sciences,  
Head of Medico-Biological Research Department,  
«Skobelkin Scientific Center for Laser Medicine  
of FMBA of Russia», Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-4470-1960.

### **Achilov A.A.**

Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Head of Laser Outpatient Medicine Department,  
«Skobelkin State Scientific Center of Laser Medicine  
FMBA of Russia», Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0001-7220-246x.

### **Berishvilli I.I.**

Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Head of Laboratory of Transmocardial Laser  
Revascularization, «Bakulev Center  
for Cardiovascular Surgery»,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-7796-7856.

### **Gasparyan L.V.**

Cand. Sci. (Med.), Researcher in EMRED Oy,  
Helsinki, Finland.  
ORCID: 0000-0002-7883-7420.

### **Danilin N.A.**

Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Head of Plastic Surgery Department «Skobelkin  
Scientific Center for Laser Medicine of FMBA of Russia»,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-2937-8173.

### **Derbenev V.A.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher  
of Clinical Department, «Skobelkin Scientific  
Center for Laser Medicine of FMBA of Russia»,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-1673-7800.

### **Yeliseenko V.I.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher  
at Department of Scientific Forecasting for Lasers  
in Medicine, «Skobelkin Scientific Center for Laser  
Medicine of FMBA of Russia», Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-4932-7760.

### **Yesaulenko I.E.**

Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Rector of «Burdenko Voronezh State Medical Academy»,  
Voronezh, Russia.  
ORCID: 0000-0002-2424-2974.

### **Ivanov A.V.**

Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor,  
Leading Researcher in Laboratory  
of Experimental Diagnostics and Biotherapy  
of Tumors, «Blokhin Institute of Oncology»,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0001-7245-1108.

---

---

**Карандашов В.И.**

доктор медицинских наук, профессор,  
заведующий отделением лазерных  
биотехнологий и клинической фармакологии  
ФГБУ «НПЦ лазерной медицины  
им. О.К. Скобелкина ФМБА России»,  
Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-0026-8862.

**Ковалев М.И.**

доктор медицинских наук, профессор  
кафедры акушерства и гинекологии  
ФГАЩУ ВО «Сеченовский университет»  
Минздрава России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-0426-587x.

**Минаев В.П.**

кандидат технических наук,  
эксперт Лазерной ассоциации,  
главный научный сотрудник отдела лазерных  
технологий в медицине ООО «Научно-техническое  
объединение “ИРЭ-Полюс”», Фрязино, Россия.  
ORCID: 0000-0001-9165-3039.

**Петрищев Н.Н.**

доктор медицинских наук, заслуженный деятель  
науки РФ, профессор кафедры патофизиологии  
ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. И.П. Павлова»  
Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия.  
ORCID: 0000-0003-4760-2394.

**Приезжев А.В.**

кандидат физико-математических наук, доцент  
кафедры общей физики и волновых процессов  
физического факультета, старший научный сотрудник  
Международного учебно-научного лазерного центра  
ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»,  
Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-4216-7653.

**Ступак В.В.**

доктор медицинских наук,  
руководитель нейрохирургического отделения  
ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России,  
Новосибирск, Россия.  
ORCID: 0000-0003-3222-4837.

**Фролов М.А.**

доктор медицинских наук, профессор, заведующий  
кафедрой глазных болезней ФГАОУ ВО «Российский  
университет дружбы народов», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-9833-6236.

**Karandashov V.I.**

Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Head of Department of Laser  
Biotechnology and Clinical Pharmacology  
«Skobelkin Scientific Center  
for Laser Medicine of FMBA of Russia»,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-0026-8862.

**Kovalev M.I.**

Dr. Sci. (Med.), Professor  
of Chair of Obstetrics and Gynecology,  
«Sechenov First Moscow  
State Medical University», Moscow, Russia,  
ORCID: 0000-0002-0426-587x.

**Minaev V.P.**

Dr. Sci. (Engineering),  
expert of Laser Association,  
Chief Researcher in laser technology  
in medicine and laser safety «IRE-Polyus»,  
Fryazino, Russia.  
ORCID: 0000-0001-9165-3039.

**Petrishchev N.N.**

Dr. Sci. (Med.), Honored Scientist of Russia,  
Professor at Chair of Pathophysiology  
«Pavlov First Petersburg State Medical University»,  
St-Petersburg, Russia.  
ORCID: 0000-0003-4760-2394.

**Priezzhev A.V.**

Dr. Sci. (Phys.-Math.),  
Associate Professor at Chair of General Physics  
and Wave Processes, Faculty of Physics;  
Senior Researcher in International Educational –  
Research Laser Center, «Lomonosov Moscow State  
University», Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-4216-7653.

**Stupak V.V.**

Dr. Sci. (Med.), Head of Neurosurgical  
Department, «Tsyvyan Novosibirsk State Research  
Institute of Traumatology and Orthopedics»,  
Novosibirsk, Russia.  
ORCID: 0000-0003-3222-4837.

**Frolov M.A.**

Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Head of Ophthalmology Chair,  
RUDN University, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-9833-6236.

**Содержание****Contents**

К столетию со дня рождения Олега Ксенофонтовича Скобелкина	8	To the centenary of the birth of Oleg Ksenofontovich Skobelkin
<b>Оригинальные исследования</b>		
Применение продуктов фотолиза фотосенсибилизатора хлоринового ряда для лечения внутрибольничных пневмоний <b>Ю.В. Алексеев, В.С. Ширяев, А.В. Баранов, А.М. Хосровян, В.Ю. Бабушкин</b>	16	Chlorin photosensitizer photolysis products for treating hospital-acquired pneumonia <b>Alekseev Yu.V., Shiriaev V.S., Baranov A.V., Khosrovyan A.M., Babushkin V.Yu.</b>
Микрососудистое русло кожи нижней конечности при перемежающейся хромоте как возможная модель микроциркуляции миокарда у пациентов с ишемической болезнью сердца <b>А.П.Васильев, Н.Н.Стрельцова, И.С. Бессонов, Г.В. Колунин</b>	23	The microvascular bed of the skin of lower limbs in patients with intermittent lameness and coronary heart disease as a possible model of their myocardial microcirculation <b>Vasiljev A.P., Streltsova N.N., Bessonov I.S., Kolunin G.V.</b>
Зависимость изменения светопоглощения татуажных пигментов от температуры <b>Е.А. Леонтьев, Г.Ю. Стручко, В.А. Козлов, А.Л. Федоров, Т.Ю. Леонтьева</b>	34	Dependence of light absorption on temperature changes in tattoo pigments <b>Leontiev E.A., Struchko G.Yu., Kozlov V.A., Fedorov A.L., Leontyeva T.Yu.</b>
Анатомо-физиологическое обоснование техники лазерной скульптурной увуллопалатоластики при ронхопатии и синдроме обструктивного апноэ сна <b>В.Б. Князьков, Э.Н. Праздников, Н.А. Дайхес</b>	39	Anatomical and physiological justification of laser sculptural uvulopalatoplasty in rhonchopathy and obstructive sleep apnea syndrome <b>Knyazkov V.B., Prazdnikov E.N., Daikhes N.A.</b>
<b>Обзоры</b>		
Применение лазерной терапии при остеоартрите (Обзор литературы) <b>Е.Н.Лазарева, В.В.Макашова, Е.Г. Осипова</b>	46	Laser therapy in osteoarthritis (Literature review) <b>Lazareva E.N., Makashova V.V., Osipova E.G.</b>
<b>Клинические наблюдения</b>		
Эффективность клинического применения светокислородной терапии при лечении подошвенных бородавок (Клиническое наблюдение) <b>Н.В. Дроздова, Ю.В.Алексеев, А.А.Луковкина</b>	53	Effectiveness of light-oxygen therapy in plantar warts (Clinical observation) <b>Drozdova N.V., Alekseev Yu.V., Lukovkina A.A.</b>

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-1-8-15

## К СТОЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ОЛЕГА КСЕНОФОНТОВИЧА СКОБЕЛКИНА

Профессор Олег Ксенофонтович Скобелкин – талантливый хирург, ученый с широким диапазоном научных интересов в различных областях общей, абдоминальной, грудной, неотложной хирургии, основатель НПЦ Лазерной медицины ФМБА, внесший огромный вклад в развитие использования лазеров в медицинских специальностях. Мировое сообщество ученых высоко ценит заслуги Олега Ксенофонтовича. Он был избран членом-корреспондентом РАМН, членом Нью-Йоркской академии наук, членом немецкого, австрийского и итальянского общества по хирургии и лазерной медицине, академиком ЛАН, академиком МАИ, академиком МТА, удостоен звания Почетного доктора медицины и хирургии старейшего Генуэзского университета.

9 марта 2023 года Олегу Ксенофонтовичу исполнилось бы 100 лет.

Олег Ксенофонтович Скобелкин родился в 1923 году в г. Халтурин Кировской области. После окончания средней школы был призван в ряды РККА,

закончил Киевское военно-медицинское училище и в 1942 году был направлен на фронт. Он прошел всю войну на переднем крае в качестве старшего военфельдшера танкового батальона. За заслуги перед Отечеством награжден орденом Отечественной войны I степени, орденом Красной Звезды, орденом «Знак Почета» и 15 медалями.

После окончания войны Олег Ксенофонтович закончил Курский медицинский институт, работал хирургом в Брянской областной больнице в течение трех лет. Позднее он закончил аспирантуру по специальности «хирургия» при ИИ МОЛГМИ им. Н.И. Пирогова, защитил кандидатскую диссертацию, несколько лет работал ассистентом, а затем и доцентом на кафедре хирургии Калининского медицинского института, где провел большое количество операций в отделениях общей, абдоминальной, грудной и неотложной хирургии.

Большую известность в это время получили работы О.К. Скобелкина, посвященные хирургии



Член-корреспондент РАМН, профессор О. К. Скобелкин



О. К. Скобелкин в годы Великой Отечественной Войны



**Сотрудники Лазерного хирургического отдела в 1978 г. (В. И. Елисеенко, А. М. Шаповалов, В. В. Калинин, Е. И. Брехов, Н. А. Данилин, О. К. Скобелкин, Т. М. Титова, В. П. Башилов, Г. Д. Литвин, В. В. Уткин, В. М. Чегин)**

пищевода. Им разработаны операции по созданию искусственного пищевода из большой кривизны желудка и оригинальные сшивающие аппараты, получившие высокую оценку у многих хирургов. Многолетний опыт изучения этой проблемы был обобщен Олегом Ксенофонтовичем в докторской диссертации на тему «Сравнительная оценка некоторых способов замещения пищевода и кардии желудком (Экспериментально-клиническое исследование)», которую он защитил в 1969 году, а также в монографии на эту тему. В это же время были высоко оценены работы О. К. Скобелкина, посвященные бужированию пищевода при непроходимости. Также весьма успешно Олег Ксенофонтович занимался вопросами диагностики и хирургического лечения рака и дивертикулеза толстой кишки, и в частности – диагностике и хирургическому лечению злокачественных опухолей ободочной кишки у лиц пожилого и старческого возраста. Его успешный опыт в этой области описан во множестве научных работ, которые получили высокую оценку специалистов.

Олега Ксенофонтовича отличал широкий научный кругозор, целеустремленность, умение находить принципиально новые решения и щий язык не только с коллегами своей специальности, но и с другими учеными. Благодаря творческому сотрудничеству

с создателями квантовой электроники, лауреатами Нобелевской премии, академиками РАН Г. Н. Басовым и А. М. Прохоровым, впервые в нашей стране были созданы лазерные хирургические и терапевтические установки. Первый хирургический лазер «Скальпель-1» был изготовлен на оборонном предприятии НИИ «Полюс» (в настоящее время НТО «ИРЭ-Полюс») под руководством известного ученого, профессора, генерала М. Ф. Стельмаха, который вместе с О. К. Скобелкиным внес большой вклад в создание лазерной медицинской техники в нашей стране. Уже с начала 1970-х годов хирургические углекислотные лазеры производились в СССР серийно.

С этого периода времени научные интересы Олега Ксенофонтовича связаны с совершенно новой и перспективной областью медицинской науки – лазерной хирургией и медициной.

Заведая ЦНИЛ 4 ГУ МЗ СССР в начале 70-х годов, Олег Ксенофонтович создает экспериментальную лабораторию и на базе хирургического отделения ГКБ № 51 г. Москвы лазерный хирургический отдел, в котором разрабатываются новые лазерные хирургические технологии для применения в отделениях хирургии всех профилей. В экспериментальной лаборатории под руководством профессора В. И. Елисеенко были



**Вручение О. К. Скобелкину Государственной премии СССР, 1981 г.**

проведены фундаментальные исследования по изучению возможности использования различных видов лазерного излучения в разных областях хирургии. В целом ряде исследований доказана уникальность воздействия излучения хирургических лазеров на биологические ткани.

О. К. Скобелкин уделял большое внимание разработке нового лазерного инструментария и сшивающих аппаратов для хирургии, и под его руководством был налажен их серийный выпуск. За фундаментальную комплексную работу «Создание, разработка и внедрение в клиническую практику новых лазерных хирургических средств и методов хирургического лечения в абдоминальной, гнойной и пластической хирургии» в 1981 году Олегу Ксенофоновичу с его учениками и коллегами (Е. И. Брехов, В. П. Башилов, А. А. Вишневский, Б. Н. Малышев, В. А. Салюк, В. А. Алейников, А. И. Ларюшин, С. Д. Плетнев) была присуждена Государственная премия СССР.

Им была создана школа лазерных хирургов – специалистов, применяющих лазеры практически во всех областях хирургии, работающих в различных регионах страны и за рубежом. В 1986 году Олег Ксенофонович реорганизовал ранее созданный на базе ГКБ № 51 г. Москвы лазерный хирургический отдел в первый в нашей стране специализированный

научно-исследовательский институт лазерных технологий – НИИ лазерной хирургии, впоследствии переименованный в Государственный Научный Центр, а в 2021 г. – в НПЦ лазерной медицины, которым он руководил 11 лет. В настоящее время Центр носит имя О. К. Скобелкина.

Начатые Олегом Ксенофоновичем исследования в области лазерной хирургии и медицины были продолжены его учениками и коллегами.

С появлением новых лазерных аппаратов на основе CO<sub>2</sub>-, YAG-Nd-, диодных лазеров были разработаны новые методы хирургических операций при заболеваниях органов желудочно-кишечного тракта, печени, желчного пузыря и желчевыводящих протоков, поджелудочной и щитовидной желез, позволившие расширить возможности хирургического вмешательства и сократить время проведения операции, значительно снизить кровопотерю, число осложнений и летальных исходов и ускорить восстановительный процесс. Были разработаны новые лазерные технологии дифференцированного использования современных хирургических лазерных установок на базе YAG-Nd-лазера и полупроводниковых лазеров для диссекции, коагуляции и обработки ложа желчного пузыря в лапароскопической холецистэктомии, позволяющие уменьшить количество специфических повреждений



**Ведущие сотрудники НИИ Лазерной хирургии в 1986 г. (слева направо: П.И. Толстых, В.И. Корепанов, О.К. Скобелкин, Г.Д. Литвин, Н.А. Данилин**

тканей, наблюдаемых при проведении электрокоагуляции, стимулировать развитие репаративных процессов в ложе пузыря и снизить риск развития интраоперационных и послеоперационных осложнений. Разработаны новые лазерные технологии лечения острого и хронического панкреатита, перитонита.

В Центре под руководством профессора М.Я. Авруцкого впервые разработаны методы анестезиологической защиты больных от хирургического стресса с применением внутривенного лазерного облучения крови с помощью низкоинтенсивных лазеров, которые позволили повысить качество анестезиологической защиты пациентов во время хирургических вмешательств и добиться уменьшения числа осложнений во время и после операций.

В эндоскопической хирургии были разработаны новые методы остановки острых желудочно-кишечных кровотечений с помощью YAG-Nd-лазера и аргонового лазера, лазерные методы удаления полипов, ворсинчатых опухолей желудка и реканализации пищевода и толстой кишки при стенозирующих опухолях и рубцовых изменениях этих органов.

В кожно-пластической хирургии и косметологии под руководством профессора Н.А. Данилина впервые были проведены исследования по изучению влияния на кожу и мягкие ткани различных источников лазерного излучения (СО- и СО<sub>2</sub>-лазеры, YAG-Nd-лазер,

аргоновый, на парах меди, эрбиевый, гелий-неоновый лазеры). Были изучены процессы регенерации кожных ран под воздействием лазерного излучения, особенности патологических и репаративных процессов при применении различных видов лазерного излучения в кожно-пластической хирургии. Доказаны преимущества использования различных типов лазеров при заболеваниях кожи и ее придатков. Разработаны и внедрены в клиническую практику хирургические методы лечения с применением различных типов лазеров у больных с доброкачественными и злокачественными опухолями кожи и ее придатков, гипертрофическими и келоидными рубцами, сосудистыми и пигментными поражениями и косметическими дефектами кожи.

Олег Ксенофонович обладал глубокой интуицией и научным предвидением. Еще в 80-е годы под его руководством были начаты экспериментальные исследования о возможности лазерной реваскуляризации миокарда при тяжелом течении ишемической болезни сердца путем создания перфорационных каналов с помощью высокоэнергетических лазеров (Е.И. Брехов, С.Р. Здравовский, В.И. Елисеенко).

В СССР первые такие операции в 1984–1986 годах провели Олег Ксенофонович Скобелкин и Юргис Бредикис из Каунасского мединститута. Но из-за несовершенства оборудования метод в широкое



**Сотрудники лазерного хирургического отдела в операционной Каунасского мединститута, после первой операции ТМЛР, 1984 г. (слева направо: С. Р. Здравовский, О. К. Скобелкин, Е. И. Брехов, В. И. Корепанов)**

клиническое использование не вошел. Расцвел он уже в новой стране. В 1993 г., на конгрессе сердечно-сосудистых хирургов в Барселоне, трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация (ТМЛР) официально была признана третьим альтернативным методом реваскуляризации миокарда. В 1996 г. такие операции начали проводить в России по инициативе директора Научного Центра сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева, академика РАМН Л. А. Бокерия с применением отечественных лазерных установок. Первая операция ТМЛР на бьющемся сердце с помощью СО<sub>2</sub>-лазера была выполнена 27 апреля 1997 года в НЦ ССХ им. А. Н. Бакулева РАМН.

В настоящее время этот метод применяется в клинике лазерной реваскуляризации миокарда Научно-исследовательского центра им. А. Н. Бакулева, в Челябинском НИИ лазерной хирургии, Томском НИИ кардиологии и др.

В области гнойной хирургии впервые в нашей стране под руководством профессора П. И. Толстых и профессора В. А. Дербенева разработана высокоэффективная программа лечения гнойно-воспалительных заболеваний мягких тканей с применением высокоэнергетических и низкоинтенсивных лазеров, протеиназ и антисептиков, иммобилизованных на текстильном перевязочном и дренирующем материале. В последние годы разработаны и внедрены

в клиническую практику новые методы лечения хронической гнойной инфекции у больных с длительно незаживающими ранами при варикозной болезни и сахарном диабете с применением метода фотодинамической терапии, плазменных потоков в режимах коагуляции и NO-терапии в сочетании с серотонином. Предложенные высокоэффективные способы лечения гнойных ран мягких тканей позволяют предотвращать развитие в гнойной ране вторичных некрозов и рост остаточной микрофлоры, обеспечивают стимулирование репаративных процессов, сокращают сроки лечения обширных гнойных ран и гнойно-воспалительных заболеваний мягких тканей.

ГНЦ лазерной медицины оказался в числе пионеров среди Европейских стран по развитию клинической фотодинамической терапии. В конце 80-х годов по поручению Фармкомитета Минздрава СССР впервые в нашей стране по инициативе и под непосредственным руководством директора Центра, профессора О. К. Скобелкина в сотрудничестве с Московским институтом тонкой химической технологии им М. В. Ломоносова была начата разработка объективных критериев лечебной эффективности и токсичности отечественных фотосенсибилизаторов для фотодинамической терапии злокачественных новообразований. В дальнейшем совместно с МНИОИ им. П. А. Герцена и проведены скрининговые



На Конгрессе Всемирной фотодинамической ассоциации (ИРА, 1992 г.). (слева направо: Е. Ф. Странадко, Т. Дж. Догерти, О. К. Скобелкин)

исследования фотосенсибилизаторов по избирательности накопления в опухолях, их токсичности, фармакодинамики в зависимости от исходного состояния организма, лекарственной формы и путей введения препаратов.

Изучены морфологические особенности разрушения различных опухолей, проведены экспериментальные исследования по разработке оптимальных параметров фотодинамического воздействия на опухолевую ткань (профессор М. И. Петухов). Исследования завершились созданием отечественного фотосенсибилизатора «Фотогем». В 1992 г. в ГНЦ Лазерной медицины впервые в России были начаты клинические исследования по применению ФДТ для лечения злокачественных новообразований. В последующие годы проведены исследования по разработке, клиническому испытанию и внедрению в практику новых фотосенсибилизаторов второго поколения – фотоактивных лекарственных веществ и соединений металлов для фотодинамической терапии. В дальнейшем под руководством профессора Е. Ф. Странадко были разработаны оригинальные методы лечения злокачественных новообразований наружной локализации: кожи (в том числе опухолей неудобных локализаций – век, крыльев носа, ушных раковин), ранних стадий рака молочной железы, рака орофарингеальной области, половых органов. В настоящее время

в НПЦ Лазерной медицины совместно с МОНКИ им. М. Ф. Владимирского и рядом других учреждений разрабатываются методики ФДТ рака пищевода и холангиоцеллюлярного рака. Применение ФДТ существенно улучшает течение заболевания у этих групп больных и значительно увеличивает продолжительность их жизни по сравнению с традиционными методами лечения. Разрабатываются и применяются в клинической практике методики ФДТ злокачественных новообразований головного мозга.

ФДТ находит применение не только в области противоопухолевой терапии. Она эффективно применяется при лечении широкого спектра неопухолевых заболеваний: гнойных ран, некоторых кожных заболеваний, хронических воспалительных заболеваний ЛОР-органов, предопухолевых и атрофических гинекологических состояний. Развиваются технологии применения ФДТ в травматологии и ортопедии, урологии. Широкое применение ФДТ получила в стоматологии.

Опыт применения ФДТ в ГНЦ лазерной медицины был высоко оценен мировым медицинским сообществом. Сообщения сотрудников ГНЦ о применении ФДТ регулярно публикуются в ведущих изданиях, сотрудники Центра принимали участие в большинстве международных конференций по ФДТ, многие известные зарубежные специалисты в этой области принимали участие в конференциях, организуемых

Центром лазерной медицины. Международные научные контакты О.К. Скобелкина дали возможность сотрудникам Центра напрямую сотрудничать с такими ведущими мировыми специалистами по ФДТ как Томас Дж. Догерти, Младен Корбеллик, Стивен Баун и многими другими.

Помимо хирургического направления применения лазеров в ГНЦ лазерной медицины активно разрабатывались инновационные технологии применения низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ). В области низкоинтенсивной лазерной терапии под руководством профессора В.И. Козлова были выполнены фундаментальные исследования по изучению механизмов взаимодействия различных видов лазерного излучения с биологическими тканями, изучены оптимальные параметры биостимулирующего влияния на систему микроциркуляции в различных органах и тканях с помощью лазерной доплерографии. Под руководством доктора мед. наук А.А. Ачилова разработаны и внедрены в клиническую практику методы применения НИЛИ в амбулаторных и стационарных условиях при различных патологических состояниях: сердечно-сосудистых заболеваниях, неспецифических заболеваниях легких, заболеваниях органов желудочно-кишечного тракта, воспалительных и дегенеративных заболеваниях суставов, воспалительных гинекологических, урологических заболеваниях и заболеваниях ЛОР-органов.

Проведены исследования по изучению фотозависимых патологических состояний, получены новые данные о молекулярных механизмах воздействия

света на биологические объекты. Создан универсальный фотозащитный препарат, разработана технология его изготовления и применения при некоторых видах фотодерматозов, разработаны методы наружного применения фотосенсибилизаторов.

В созданном О.К. Скобелкиным Центре получили развитие лазерные методы диагностики. Наибольшей информативностью обладают методы лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), спектроскопии рассеяния и поглощения, флуоресцентной диагностики. Методические основы ЛДФ разработаны под руководством профессора В.И. Козлова. С помощью ЛДФ изучаются расстройства микроциркуляции в тканях при различных патологических состояниях, метод позволяет также осуществлять контроль эффективности проводимого лечения. Методы лазерной флуоресцентной диагностики с фоточувствительными препаратами и спектроскопия используются для определения малигнизации тканей, для идентификации биологических и химических материалов микробной природы, для определения распространенности воспалительного процесса. В последние годы с развитием технологии оптической когерентной томографии проводятся исследования в эндоскопической диагностике воспалительных и опухолевых заболеваний желудочно-кишечного тракта. Метод позволяет выявить минимальные воспалительные изменения слизистой оболочки, дифференцировать доброкачественный процесс от злокачественного и определить границы патологических изменений.



Вручение О.К. Скобелкину диплома почетного доктора медицины и хирургии Генуэзского университета

Идеи Олега Ксенофонтовича нашли воплощение в работе его учеников и коллег по созданию новых лазерных технологий в нейрохирургии, в торакальной хирургии при туберкулезе и хронических неспецифических заболеваниях легких (Новосибирский лазерный центр), в абдоминальной хирургии при кишечной непроходимости (Татарский республиканский центр лазерной хирургии) и во многих других областях хирургии. Новые центры лазерных медицинских технологий открываются во всех субъектах РФ.

Благодаря уникальным организаторским способностям Олега Ксенофонтовича руководимый им Центр вышел на международный уровень. Помимо участия в научных конференциях специалисты Центра многократно посещали ведущие медицинские центры стран Европы, Азии, Америки, где вели обучение врачей технологиям применения лазеров в медицине, проводили мастер-классы. Сам О. К. Скобелкин был членом Нью-Йоркской академии наук, членом немецкого, австрийского и итальянского общества по хирургии и лазерной медицине, удостоен звания Почетного доктора медицины и хирургии старейшего Генуэзского университета.

Профессор О. К. Скобелкин подготовил множество высококвалифицированных специалистов в области лазерной хирургии и медицины. Под его руководством было выполнено около 100 докторских и кандидатских диссертаций, прошли подготовку

по лазерной медицине более 6000 врачей из различных регионов России. Им оставлено большое научное наследие в виде 22 монографий, книг и учебников и более 600 научных публикаций. В 1995 г. профессору О. К. Скобелкину присвоено звание члена-корреспондента Российской Академии Медицинских Наук. В 1997 г. в руководимом О. К. Скобелкиным Центре и при его непосредственном участии начат выпуск журнала «Лазерная медицина», который на сегодняшний день остается ведущим изданием в этой сфере.

Олег Ксенофонтович ушел из жизни 12 сентября 1998 г. Созданное О. К. Скобелкиным новое научное направление в медицине – лазерная хирургия и медицина – успешно развивается не только в России, но и широко за ее пределами. Применение лазерных технологий в диагностике, хирургии и терапии позволяет решать сложные задачи, стоящие перед медицинской наукой и практическим здравоохранением. Область применения лазеров в медицине велика, и в будущем потенциал лазерных технологий будет раскрываться. Вклад О. К. Скобелкина в развитие лазерной медицины в России неоценим, его идеи и в настоящее время продолжают развиваться, благодаря деятельности его учеников и последователей.

#### **Благодарности.**

Редакция благодарит семью О. К. Скобелкина и сотрудников ФГБУ «НПЦ Лазерной медицины им. О. К. Скобелкина» ФМБА России за предоставление материалов и внесение уточнений в статью.

УДК: 616.5-085.849.19-059:615.27:616.24-002

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-1-16-22

Оригинальные исследования

# ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ ФОТОЛИЗА ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА ХЛОРИНОВОГО РЯДА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ВНУТРИБОЛЬНИЧНЫХ ПНЕВМОНИЙ

**Ю.В. Алексеев<sup>1</sup>, В.С. Ширяев<sup>1</sup>, А.В. Баранов<sup>1</sup>, А.М. Хосровян<sup>2</sup>, В.Ю. Бабушкин<sup>2</sup>**<sup>1</sup> ФГБУ «Научно-практический центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина» ФМБА России, Москва, Россия<sup>2</sup> ГБУЗ «Госпиталь ветеранов войн № 2 Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

## Резюме

**Цель исследования:** разработать метод лечебного применения фотоактивированного фотосенсибилизатора «Радахлорин» для включения в комплексную терапию внутрибольничных пневмоний.

**Материал и методы.** Проведен анализ результатов лечения 12 больных с внутрибольничными пневмониями. Лечение проводилось аппаратом, разработанным по нашему техническому заданию ООО «Новые хирургические технологии» (г. Москва) на основе небулайзера с кольцевидным облучателем и диодами с  $\lambda \approx 660$  нм для фотоактивирования фотосенсибилизатора «Радахлорин» (производство ООО «РАДА-ФАРМА», г. Москва, регистрационный номер ЛС-001868). Ингаляции продуктами фотолиза раствора фотосенсибилизатора «Радахлорин» проводились 2 раза в день в течение 3 дней пребывания больных в отделении реанимации и интенсивной терапии на фоне стандартной терапии. Контрольную группу (12 пациентов) составили больные, которые ингаляции не получали.

**Результаты и обсуждение.** На 3-и сутки, в среднем, количество колониеобразующих единиц (КОЕ), высеванных из зева больных, различных возбудителей уменьшилось на  $39,45 \pm 3,17$  %, С-реактивный белок снизился на  $42,38 \pm 4,26$  %, прокальцитонин снизился на  $51,83 \pm 3,45$  % по сравнению с исходными данными. В контрольной группе (12 больных) за тот же срок количество КОЕ в посевах увеличилось в среднем на  $17,28 \pm 4,21$  %, С-реактивный белок повысился на  $27,76 \pm 3,52$  %, прокальцитонин повысился на  $30,15 \pm 2,24$  %. На 10-е сутки у пациентов основной группы количество КОЕ возбудителей снизилось на  $35,45 \pm 3,32$  %, С-реактивный белок снизился на  $72,15 \pm 2,56$  %, прокальцитонин снизился на  $55,56 \pm 4,23$  % от исходного уровня. В контрольной группе на 10-й день количество КОЕ оставалось повышенным на  $31,15 \pm 2,56$  %, С-реактивный белок оставался повышенным на  $65,32 \pm 4,27$  %, прокальцитонин оставался повышенным на  $30,21 \pm 3,45$  % по отношению к исходным показателям, что свидетельствовало о продолжении воспалительного процесса и требовало более тщательного подбора антибиотиков и других способов лечения. Вероятность случайного происхождения этих данных при статистической обработке –  $p < 0,05$ . Каких-либо побочных нежелательных эффектов при проведении процедур не наблюдалось.

**Заключение.** Обоснованное применение данного метода лечения – ингаляций с продуктами фотолиза производных хлора  $E_6$  – оказывает эффективное лечебное воздействие на течение внутрибольничных пневмоний. Представляется перспективным дальнейшее применение этого метода с изучением наиболее эффективных способов его проведения, в том числе определения оптимального количества и кратности процедур под контролем общеклинических и специальных методов обследования пациентов, так как полученные нами данные являются предварительными и могут быть дополнены.

**Ключевые слова:** небулайзер, продукты фотолиза фотосенсибилизатора, ингаляции, лечение пневмоний, Радахлорин

**Для цитирования:** Алексеев Ю.В., Ширяев В.С., Баранов А.В., Хосровян А.М., Бабушкин В.Ю. Применение продуктов фотолиза фотосенсибилизатора хлоринового ряда для лечения внутрибольничных пневмоний. *Лазерная медицина*. 2023; 27(1):16–22. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-16-22>

**Контакты:** Алексеев Ю.В., e-mail: ural377@mail.ru

## CHLORIN PHOTOSENSITIZER PHOTOLYSIS PRODUCTS FOR TREATING HOSPITAL-ACQUIRED PNEUMONIA

**Alekseev Yu.V.<sup>1</sup>, Shiriaev V.S.<sup>1</sup>, Baranov A.V.<sup>1</sup>, Khosrovyan A.M.<sup>2</sup>, Babushkin V.Yu.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Skobelkin Scientific and Practical Center of Laser Medicine of FMBA of Russia, Moscow, Russia<sup>2</sup> Municipal Hospital of War Veterans No. 2 of Moscow City Health Department, Moscow, Russia

## Abstract

**Purpose:** to develop a technique for therapeutic application of photoactivated photosensitizer “Radachlorin” to be included into the complex therapy of nosocomial pneumonia.

**Material and methods.** Twelve patients with nosocomial pneumonia were taken in the trial. They were treated with a device having a nebulizer with a ring-shaped irradiator and diodes  $\lambda \approx 660$  nm for photoactivation of photosensitizer “Radachlorin” (manufactured by ООО “РАДА-ФАРМА”, Moscow, registration number LS-001868). The photosensitizer was developed according to the technical tasks provided by ООО “New Surgical Technologies” (Moscow, Russia). Radachlorin solution photolysis products were inhaled by the patients twice a day for 3 days in combination with the standard therapy when they were in ICU. Patients in the control group ( $n = 12$ ) did not have any inhalations.

**Results and discussion.** On day 3, the number of colony-forming units (CFU) of various pathogens found in swabs from the throat decreased by  $39.45 \pm 3.17$  % on average; C-reactive protein decreased by  $42.38 \pm 4.26$  %; procalcitonin decreased by  $51.83 \pm 3.45$  %, if to compare to baseline limits. At the same period in the control group, CFU in swabs increased in average by  $17.28 \pm 4.21$  %; C-reactive protein increased by  $27.76 \pm 3.52$  %; procalcitonin increased by  $30.15 \pm 2.24$  %. On day 10 in the main group, the number of CFU pathogens decreased by  $35.45 \pm 3.32$  %; C-reactive protein decreased by  $72.15 \pm 2.56$  %; procalcitonin decreased by  $55.56 \pm 4.23$  %, if to compare to baseline limits.

On day 10 in the control group, CFU concentration remained elevated by  $31.15 \pm 2.56$  %; C-reactive protein – by  $65.32 \pm 4.27$ ; procalcitonin – by  $30.21 \pm 3.45$  %, if to compare to baseline values. These findings indicate that the inflammatory process acquired a progressive form which demands switching to other curative modalities and more careful selection of antibiotics. The probability of random origin in statistical processing is  $p < 0.05$ . There were no undesirable side effects during procedures.

**Conclusion.** Justified application of the described technique – inhalations of photolysis products of  $E_6$  chloride derivatives – has an effective therapeutic impact at the course of nosocomial pneumonia. It seems promising to continue investigations on the described technique, namely, to search for the most effective ways of its application, to find out an optimal number and frequency of procedures under the control of general clinical and special methods of examination of the studied patients, since the data which have been obtained by the authors us are preliminary and should be supplemented with new findings.

**Keywords:** nebulizer, photosensitizer photolysis products, inhalations, hospital-acquired pneumonia, Radachlorin

**For citations:** Alekseev Yu.V., Shiriaev V.S., Baranov A.V., Khosrovyan A.M., Babushkin V.Yu. Chlorin photosensitizer photolysis products for treating hospital-acquired pneumonia. *Laser Medicine*. 2023; 27(1): 16–22. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-16-22>

**Contacts:** Alekseev Yu.V., e-mail: ural377@mail.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема пневмоний остается приоритетной во многих отделениях реанимации и интенсивной терапии. Рост резистентности микроорганизмов к антибиотикам стимулировал во всем мире интенсивные исследования в направлении развития альтернативных методов лечения. Основная проблема в лечении пневмонии – устойчивость больничных микробов к антибиотикам, которыми лечат обычные пневмонии. Поэтому лекарства подбирают только после изучения данных посева возбудителей, определив чувствительность бактерий к препарату. Чаще всего используют средства из группы резерва – цефалоспорины III–IV поколений, защищенные пенициллины, аминогликозиды, фторхинолоны. Иногда необходимы крайне редкие лекарства. Следует отметить, что в РФ отмечается снижение чувствительности пневмококков к  $\beta$ -лактамам антибиотикам. Так, частота резистентности высокого уровня при сравнении периодов 2000–2003 гг. и 2014–2017 гг. возросла с 5,8 до 27,9 % (чувствительны при увеличенной экспозиции), для аминопенициллинов – с 0,9 до 14,3 %, для цефтриаксона – с 0,2 до 5,4 % (с 0,6 до 15,6 % чувствительны при увеличенной экспозиции). Около 30 % изолятов *S. pneumoniae* в РФ устойчивы к макролидам, к респираторным хинолонам, к линезолиду и ванкомицину.

Альтернативным методом, позволяющим ускорить лечение ряда инфекционных заболеваний, является фотодинамическая антибактериальная терапия (ФДАТ). ФДАТ предполагает использование фотосенсибилизаторов (ФС) в комбинации с воздействием лазерными источниками излучения [1–9]. При фотовоздействии на фотосенсибилизатор происходит генерация синглетного кислорода, образование которого приводит к гибели содержащих краситель биологических структур. Исследования *in vitro* показали, что антибактериальная фотодинамическая терапия обладает следующими свойствами: а) широким спектром действия – может быть использована для инактивации различных групп патогенов, таких как грамположительные и грамотрицательные бактерии, дрожжи; б) быстрой связью фотосенсибилизатора с микробными клетками – это позволяет производить облучение

после короткой (5–10 мин) инкубации, что гарантирует высокую селективность по сравнению с нормальными тканями; в) высокой эффективностью фотоинактивации – регистрируется снижение микробной популяции на 5–6 порядков; г) фоточувствительной активностью, независимой от устойчивости штаммов к антибиотикам; д) минимальным риском вызова мутагенных процессов. Большая часть предложенных антимикробных использований фотодинамической терапии базируется на данных, полученных в исследованиях *in vitro*, исследования моделей инфекции *in vivo* встречаются достаточно редко [10]. Однако стоит обратить внимание на то, что в процессе фотодинамической терапии воздействие на биологические объекты оказывает не только генерируемый фотосенсибилизатором синглетный кислород, но и продукты фотолиза фотосенсибилизатора. Это подтверждается тем, что количество фотосенсибилизатора при облучении по данным флуоресценции при спектрофотометрии уменьшается за счет нарушения структуры тетрапиррола [11].

Поэтому поиск новых высокоактивных средств, которые найдут применение при лечении инфекционных болезней стафилококковой, стрептококковой и грибковой этиологии, целесообразен и перспективен [12].

К настоящему времени накоплены данные о биологической активности фотоактивированных *in vitro* порфиринов, а именно – продуктов их фотолиза [13].

Перекисный характер образующихся промежуточных продуктов порфиринов при генерации синглетного кислорода были подтверждены в работах по фотохемолюминесценции А.А. Красновским с соавт. еще в 1974 г. [14].

На примере фотопродуктов протопорфирина IX также было показано, что предоблученный порфирин обладает гемолитической и иммуномодулирующей активностью [15].

Отмечено снижение концентрации фотосенсибилизаторов и генерации ими синглетного кислорода при их облучении в полосе Soret (395–405 нм), связанные с их фотолизом [16].

А.В. Решетников в 2007 г. отмечал, что при облучении порфиринов хлоринового ряда («Радахлорин») образуются долгоживущие перекиси как самого препарата, так и его субстратов. Время жизни этих



Рис. 1. Применяемый прибор

Fig. 1. Device applied in the trial



Рис. 2. Блок питания и ингалятор

Fig. 2. Power supply and inhaler

Рис. 3. Кольцевидный облучатель в красном диапазоне спектра с  $\lambda \approx 660$  нм, охватывающий колбу с разведенным раствором «Радахлорина» для ингаляцийFig. 3. A ring-shaped irradiator with red light ( $\lambda \approx 660$  nm), covering a flask with Radachlorine diluted solution for inhalations

перекисей, по данным хемилюминесценции, составляет от минут до десятков часов. Перекиси сохраняют способность к накоплению в патологических очагах и переносят атом кислорода (либо электрон) на биомолекулы патологически измененных клеток или микроорганизмов. Вследствие этого, по мнению автора, клетки становятся узнаваемыми для иммунной системы организма. При этом повышается уровень иммунитета в целом. Им же предложен термин для подобного способа лечения – фотоиммунотерапия, как новое направление фотодинамической терапии [17].

Нами было показано, что продукты фотолиза производного гематопорфирина при его облучении в полосе Соре, приводили к подавлению роста музейных штаммов *E. coli*, *S. enteritidis*, *Str. faecalis*, *S. aureus in vitro* [18].

Вышеизложенное позволило нам применить в клинической практике, а именно для лечения пневмоний, фотоактивированный препарат «Радахлорин» в виде аэрозоля для ингаляций.

**Цель исследования:** разработать метод лечебного применения фотоактивированного фотосенсибилизатора «Радахлорин», продукты фотолиза которого обладают антимикробным и иммуномодулирующим действием, для включения в комплексную терапию внутрибольничных пневмоний.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

По нашему техническому заданию ООО «Новые хирургические технологии» был разработан аппарат на основе небулайзера. В нем имеется возможность облучать фотосенсибилизатор лазерным излучением в красном диапазоне действия с  $\lambda \approx 660$  нм и проводить ингаляции облученным раствором фотосенсибилизатора в виде крупнозернистой взвеси для крупных бронхов и ЛОР-заболеваний, а также в виде мелкодисперсной взвеси для мелких бронхов. Аппарат состоит из блока питания, кольцевидного облучателя и ингалятора DocNeb («Flaem Nuova», Италия). Все компоненты, использованные в аппарате, разрешены к клиническому применению. Плотность мощности облучения составляла 440–480 мВт/см<sup>2</sup>. В приборе имеются 12 светодиодов с  $\lambda \approx 660$  нм, мощностью по 450 мВт (рис. 1). Использовался фотосенсибилизатор «Радахлорин» производства ООО «РАДА-ФАРМА» (Москва, регистрационный номер ЛС-001868). Применяемый разведенный и облученный лазерным излучением раствор «Радахлорина» распыляли в аэрозольном составе небулайзером в течение 15 мин через лицевую маску (рис. 2). Кольцевидный облучатель охватывает колбу емкостью 5 мл с раствором «Радахлорина», разведенного (1 : 20 мл в растворе 0,9%-ного NaCl) для ингаляций (рис. 3).

Проведен анализ результатов лечения у 24 пациентов. В основной группе ( $n = 12$ ) применение осуществлялось ингаляциями фотосенсибилизатора «Радахлорина», облученного лазерным излучением

с  $\lambda \approx 660$  нм в красном диапазоне спектра. В контрольной группе ( $n = 12$ ) ингаляции с раствором «Радахлорина» не проводились. Длительность ингаляций составляла 15 мин. За это время весь раствор расходовался. Ежедневно проводили по две ингаляции.

Все больные с внутрибольничными пневмониями получали по протоколу – следующие антибактериальные препараты: левофлоксацин (500 мг  $\times$  1 раз в день), цефоперазон / сульбактам (2 г  $\times$  2 раза в день), цефотаксим / сульбактам (2 г  $\times$  2 раза в день) (эмпирически). Так же в схемы лечения входили: амоксициллин (1200 мг  $\times$  2 раза в день), цефотаксим (1 г  $\times$  2 раза в день). В зависимости от результатов посевов: меропенем (2 г  $\times$  3 раза в день с коррекцией по СКФ), имипенем / циластатин (1000 мг  $\times$  3 раза в день), тигециклин (50 мг  $\times$  2 раза в день), линезолид (600 мг  $\times$  2 раза в день), ванкомицин (1 г  $\times$  1 раз в день), полимиксин В (50 мг  $\times$  2 раза в день).

Возраст больных, находящихся на лечении в отделении реанимации и интенсивной терапии госпиталя для ветеранов войн № 2 с подтвержденными диагнозами «Пневмония», в основной группе ( $n = 12$ ) составлял  $83,51 \pm 11,4$  года (8 женщин и 4 мужчины). Возраст больных контрольной группы ( $n = 12$ ) составлял  $79,8 \pm 14,7$  года (4 женщины и 9 мужчин). Больные находились в отделении реанимации и интенсивной терапии до 3 суток, далее переводились в профильные отделения. Анализы на посевы из зева с подсчетом

в колониеобразующих единицах (КОЕ) и С-реактивный белок брали ежедневно. Прокальцитонин – 1 раз в 3-е суток. Ингаляции проводились 2 раза в день в течение 3 суток по 15 мин. В дальнейшем в профильных отделениях ингаляции не проводились. На 10-е сутки брали посевы из зева, С-реактивный белок и прокальцитонин.

Статистическую обработку всех полученных данных осуществляли с использованием сред «Windows XP» и пакетов компьютерных программ «Excel 2007», «Biostat» и «Statistica 6.0». При обработке данных использовали характеристики выборочных распределений: среднее арифметическое ( $M$ ), ошибка средней ( $m$ ), среднее квадратичное отклонение ( $\sigma$ ). Результаты рассматривали как достоверные, если вероятность случайного их происхождения по t-критерию Стьюдента была менее 5 % ( $p < 0,05$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рисунках 4 и 5.

Таким образом, установлено, что применение ингаляций с продуктами фотоллиза в отделении реанимации в течение 3 дней показывает свою эффективность в комплексном лечении внутрибольничных пневмоний и оказывает антимикробное, иммуномодулирующее и противовоспалительное действие, что согласуется с экспериментальными данными и теоретическим обоснованием ряда авторов, цитируемых нами

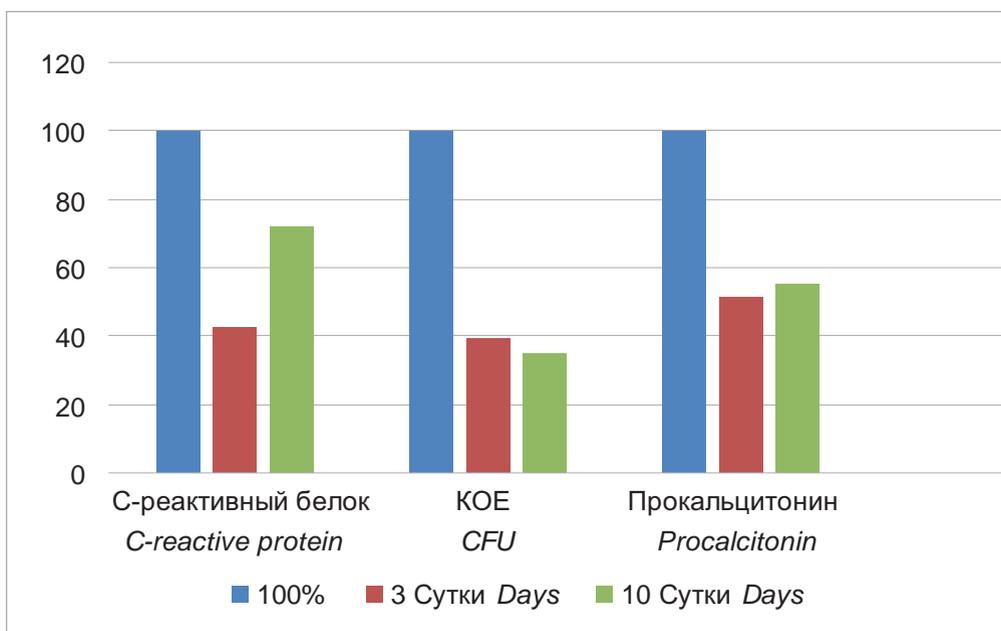
Таблица 1

### Наблюдаемые результаты

Table 1

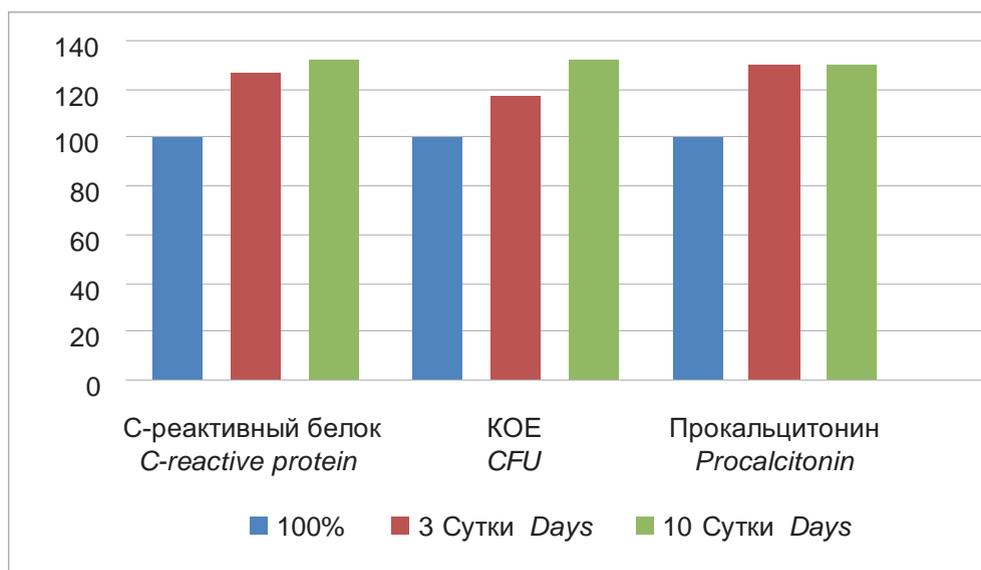
#### Obtained results

Параметры <i>Parameters</i>	Основная группа <i>Main group</i>		Контрольная группа <i>Control group</i>	
	3-и сутки <i>Day 3</i>	10-е сутки <i>Day 10</i>	3-и сутки <i>Day 3</i>	10-е сутки <i>Day 10</i>
Посевы в КОЕ по отношению к исходным данным <i>CFU in cultures compared to initial values</i>	Снижались, в среднем на $39,45 \pm 3,17$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average decrease by <math>39.45 \pm 3.17</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>	Снижались, в среднем, на $35,45 \pm 3,32$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average decrease by <math>35.45 \pm 3.32</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>	Повышались, в среднем, на $17,28 \pm 4,21$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average increase by <math>17.28 \pm 4.21</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>	Повышались, в среднем, на $31,15 \pm 2,56$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average increase by <math>31.15 \pm 2.56</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>
С-реактивный белок по отношению к исходным данным <i>C-reactive protein compared to initial values</i>	Снизился, в среднем, на $42,38 \pm 4,26$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average decrease by <math>42.38 \pm 4.26</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>	Снизился, в среднем, на $72,15 \pm 2,56$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average decrease by <math>72.15 \pm 2.56</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>	Повысился, в среднем, на $27,76 \pm 3,52$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average increase by <math>27.76 \pm 3.52</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>	Повысился, в среднем, на $65,32 \pm 4,27$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average increase by <math>65.32 \pm 4.27</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>
Прокальцитонин по отношению к исходным данным <i>Procalcitonin compared to initial values</i>	Снизился, в среднем, на $51,83 \pm 3,45$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average decrease by <math>51.83 \pm 3.45</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>	Снизился, в среднем, на $55,56 \pm 4,23$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average decrease by <math>55.56 \pm 4.23</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>	Повысился, в среднем, на $30,15 \pm 2,24$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average increase by <math>30.15 \pm 2.24</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>	Повысился, в среднем, на $30,21 \pm 3,45$ % ( $p < 0,05$ ) <i>Average increase by <math>30.21 \pm 3.45</math> % (<math>p &lt; 0.05</math>)</i>



**Рис. 4.** Результаты анализов в основной группе ( $n = 12$ ) на 3-и и 10-е сутки у больных после проведенных ингаляций раствором «Радахлорина», облученного лазерным воздействием в красном диапазоне. Исходные данные приняты за 100 %

**Fig. 4.** Findings obtained after lab tests in the main group ( $n = 12$ ) on days 3 and 10 in patients after inhalation of Radachlorin solution irradiated with red laser light. The initial data is taken as 100 %



**Рис. 5.** Результаты анализов в контрольной группе ( $n = 12$ ) на 3-и и 10-е сутки у больных без ингаляций облученным раствором «Радахлорина»

**Fig. 5.** Findings obtained after lab tests in the control group ( $n = 12$ ) on days 3 and 10 in patients who had no inhalations with Radachlorin solution irradiated with red laser light

выше. Это подтверждается достоверным снижением количества колониеобразующих единиц (КОЕ) в течение 3 дней проведения процедур, с сохранением данного эффекта до 10 дней наблюдений. Также наблюдалась тенденция к снижению таких показателей, как С-реактивный белок и прокальцитонин, что говорит о благоприятном течении заболевания. Эти показатели мы выбрали, так как они довольно быстро и точно отображают признаки воспаления. С-реактивный

белок – это основной белок плазмы крови, отражающий острые воспалительные процессы в организме; исследование уровня прокальцитонина позволяет диагностировать бактериальную инфекцию и сепсис, септические осложнения, гнойно-воспалительные процессы. Патогенами высокого уровня приоритетности в исследованиях были *Staphylococcus aureus* и *Klebsiella pneumoniae*. В то же время, в контрольной группе существенных изменений за этот период

не происходило, а количество КОЕ даже несколько увеличивалось, что требовало подключения к терапии других лекарственных препаратов и способов лечения. Следует также отметить, что больные в исследованных группах находились в преклонном возрасте и, соответственно, с целым рядом сопутствующих заболеваний. Каких-либо нежелательных побочных эффектов при проведении процедур не наблюдалось. Применение новых и безопасных методов лечения данного заболевания является целесообразным и актуальным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на сравнительно короткий курс применения метода ингаляций фотоактивированного фотосенсибилизатора, производного хлорина E<sub>6</sub>, в практике реанимационного отделения для комплексного лечения внутрибольничных пневмоний, он показал свою безопасность и эффективность.

Исследования нуждаются в дальнейшем продолжении с целью отработки оптимальных параметров данного способа лечения. По нашему мнению, подобный способ лечения может оказаться перспективным для терапии целого ряда бронхолегочных и ЛОР-заболеваний, так как имеется возможность облучать препарат и проводить ингаляции как в виде крупнодисперсной взвеси для крупных бронхов и ЛОР-заболеваний, так и в виде мелкодисперсной взвеси для мелких бронхов. Для облучения может быть использована и длина волны  $\approx 405$  нм (полоса Core). Возможны и другие способы получения фотоактивированных фотосенсибилизаторов для использования в клинической практике.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Красновский А. А. Фотодинамическое действие и синглетный кислород. *Биофизика*. 2004; 49 (2): 305–321.
2. Subramanian G., Mural R., Hoffman S.L., et al. Microbial disease in humans: A genomic perspective. *Mol Diagn*. 2001; 6(4): 243–252. DOI: 10.1054/modi.2001.28062
3. Алексеев Ю.В., Анфимова Н.А., Макарова Ю.Б. и др. Применение фотодинамической терапии в комплексном лечении аспе vulgaris. *Клиническая дерматология и венерология*. 2004; 2 (1): 55.
4. Алексеев Ю.В., Николаева Е.В., Макарова Ю.Б. и др. Применение фотодинамической терапии с тетрапирролами хлоринового ряда в дерматологической практике. *Лазерная медицина*. 2005; 9 (4): 4–8.
5. Andersen R., Loebel N., Hammond D., Wilson M. Treatment of periodontal disease by photodisinfection compared to scaling and root planing. *J Clin Dent*. 2007; 18 (2): 34–38.
6. Кустов А.В., Герасько Е.В., Белых Д.В. и др. Фотосенсибилизаторы хлоринового ряда антимикробной фотодинамической терапии. *Успехи современного естествознания*. 2016; 12 (2): 263–268.
7. Логунова Е.В. Клинико-лабораторное обоснование применения фотосенсибилизаторов второго поколения для антимикробной фотодинамической терапии больных

с гнойно-воспалительными заболеваниями верхних дыхательных путей. *Российская оториноларингология*. 2014; 1 (68): 144–148.

8. Лихачева Е.В., Алексеев Ю.В. Фотодинамическая терапия неонкологических заболеваний в амбулаторной оториноларингологии. *Лазерная медицина*. 2012; 16 (4): 16–21.
9. De Oliveira R.R., Schwartz-Filho H.O., Novaes A.B. Jr., Taba M. Jr. Antimicrobial photodynamic therapy in the non-surgical treatment of aggressive periodontitis: A preliminary randomized controlled clinical study. *J Periodontol*. 2007; 78 (6): 965–973. DOI: 10.1902/jop.2007.060494
10. Тутов Л.П., Ермакова Т.С., Самцов М.П. и др. Активируемое инфракрасным светом средство подавления стафилококковой и грибковой активности: Патент № 15152, Республика Беларусь; МПК А61К 31/404, А61Р 31/10, А61Р 31/04; заявитель и патентообладатель Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии»; Белорусский государственный университет. № а20091891; заявл. 29.12.09; опубл. 30.12.2011.
11. Алексеев Ю.В., Лихачева Е.В., Терёшкин Д.В. и др. Подбор эффективных фотосенсибилизаторов для лечения заболеваний лор-органов на основе изучения их накопления в патологически измененных тканях. *Биомедицинская химия*. 2012; 58(1): 112–120. DOI: 10.18097/btmc20125801112
12. Толстых П.И., Клебанов Г.И., Шехтер А.Б. и др. Антиоксиданты и лазерное излучение в терапии ран и трофических язв. М.: ЭКО; 2002.
13. Беличенко И.В. Цитотоксические и иммуномодулирующие эффекты продуктов фотолиза псоралена и порфиринов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.; 1996.
14. Красновский А.А. мл., Шапошникова М.Г. Фотохемилюминесценция хлорофилла в водных растворах детергента. *Молекулярная биология*. 1974; 8 (5): 666–674.
15. Мансурова Г.В. Скрининг гемолитической и иммуносупрессивной активности фотосенсибилизаторов порфиринового ряда: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.; 2007.
16. Багров И.В., Дадеко Л.В., Киселев В.М. и др. Сравнительные исследования фотофизических свойств димегина, фотодитазина и радахлорина. *Оптика и спектроскопия*. 2019; 126 (2): 162–169. DOI: 10.21883/OS.2019.02.47198.259-18
17. Решетников А.В. Фотоиммунотерапия (ФИТ) как направление фотодинамической терапии (ФДТ). *Успехи современного естествознания*. 2007; 6: 93–98.
18. Алексеев Ю.В., Давыдов Е.В., Пономарев Г.В. и др. Перспективы применения продуктов фотолиза 2,4-ди(1-метоксизетил)-дейтеропорфирина-IX (Димегина) в клинической практике. *Российский биотерапевтический журнал*. 2016; 15 (1): 6.

## REFERENCES

1. Krasnovsky A.A. Photodynamic effect and singlet oxygen. *Biophysics*. 2004; 49 (2): 305–321. [In Russ.].
2. Subramanian G., Mural R., Hoffman S.L., et al. Microbial disease in humans: A genomic perspective. *Mol Diagn*. 2001; 6(4): 243–252. DOI: 10.1054/modi.2001.28062

3. Alekseev Yu.V., Anfimova N.A., Makarova Yu.B., et al. Photodynamic therapy in the complex treatment of acne vulgaris. *Klinicheskaya Dermatologiya i Venerologiya*. 2004; 2 (1): 55. [In Russ.].
4. Alekseev Yu.V., Nikolaeva E.V., Makarova Yu.B., et al. Photodynamic therapy with tetrapyrroles of the chlorine raw in dermatological practice. *Laser Medicine*. 2005; 9 (4): 4–8. [In Russ.].
5. Andersen R., Loebel N., Hammond D., Wilson M. Treatment of periodontal disease by photodisinfection compared to scaling and root planing. *J Clin Dent*. 2007; 18 (2): 34–38.
6. Kustov A.V., Gerasko E.V., Belykh D.V., et al. Photosensitizers of the chlorine series of antimicrobial photodynamic therapy. *Advances in Current Natural Sciences*. 2016; 12 (2): 263–268. [In Russ.].
7. Logunova E.V. Clinical and laboratory rationale for the use of antimicrobial photodynamic therapy in patients with purulent-inflammatory diseases of the upper respiratory tract. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2014; 1 (68): 144–148. [In Russ.].
8. Likhacheva E.V., Alekseev Yu.V. Photodynamic therapy of non-oncological diseases in outpatient otorhinolaryngology. *Laser Medicine*. 2012; 16 (4): 16–21. [In Russ.].
9. De Oliveira R.R., Schwartz-Filho H.O., Novaes A.B. Jr., Taba M. Jr. Antimicrobial photodynamic therapy in the non-surgical treatment of aggressive periodontitis: A preliminary randomized controlled clinical study. *J Periodontol*. 2007; 78 (6): 965–973. DOI: 10.1902/jop.2007.060494
10. Titov L.P., Ermakova T.S., Samtsov M.P., et al. Infrared light-activated means of suppressing staphylococcal and fungal activity: Patent No. 15152, Republic of Belarus; 2011. [In Russ.].
11. Alekseev Yu.V., Likhacheva E.V., Tereshkin D.V., et al. Selection of effective photosensitizers for the treatment of diseases of the ENT organs based on the study of their accumulation in pathologically altered tissues. *Biomeditsinskaya Khimiya*. 2012; 58 (1): 112–120. [In Russ.]. DOI: 10.18097/pbmc20125801112
12. Tolstykh P.I., Klebanov G.I., Shekhter A.B., et al. Antioxidants and laser radiation in the treatment of wounds and trophic ulcers. Moscow: ECO Publ.; 2002. [In Russ.].
13. Belichenko I.V. Cytotoxic and immunomodulatory effects of psoralen photolysis products and porphyrins: Abstract of the dissertation for Cand. Sc. (Biol.). Moscow; 1996. [In Russ.].
14. Krasnovsky A.A. Jr., Shaposhnikova M.G. Photochemiluminescence of chlorophyll in aqueous solutions of detergent. *Molekulyarnaya biologiya*. 1974; 8 (5): 666–674. [In Russ.].
15. Mansurova G.V. Screening for hemolytic and immunosuppressive activity of porphyrin photosensitizers: Abstract of the dissertation for Cand. Sc. (Biol.). Moscow; 2007. [In Russ.].
16. Bagrov I.V., Dadeko L.V., Kiselev V.M., et al. Comparative study of the photophysical properties of dimegin, photoditazine and radachlorin. *Optics and Spectroscopy*. 2019; 126 (2): 162–169. [In Russ.]. DOI: 10.21883/OS.2019.02.47198.259-18
17. Reshetnikov A.V. Photoimmunotherapy (PIT) as a direction of photodynamic therapy (PDT). *Advances in Current Natural Sciences*. 2007; 6: 93–98. [In Russ.].
18. Alekseev Yu.V., Davydov E.V., Ponomarev G.V., et al. Prospects for the use of photolysis products of 2,4-di(1-methoxyethyl)-deuteroporphyrin-IX (Dimegin) in clinical practice. *Russian Journal of Biotherapy*. 2016; 15 (1): 6. [In Russ.].

**Конфликт интересов**

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interests**

The authors report no conflict of interest

**Соответствие нормам этики**

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо.

**Compliance with ethical standards**

The authors certify that all rights of participants in the study including their written consent, if necessary, were followed during the course of this research.

**Сведения об авторах**

**Алексеев Юрий Витальевич** – доктор медицинских наук, руководитель отделения экспериментальной лазерной медицины, ФГБУ «Научно-практический центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина» ФМБА России; e-mail: ural377@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0004-470-1960>

**Ширяев Владимир Сергеевич** – кандидат медицинских наук, руководитель отделения анестезиологии и реаниматологии, ФГБУ «Научно-практический центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина» ФМБА России; e-mail: vovafenan@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3113-0580>

**Баранов Алексей Викторович** – доктор медицинских наук, профессор, директор, ФГБУ «Научно-практический центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина» ФМБА России; e-mail: 2493905@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7995-758X>

**Хосровян Ашхен Мавровна** – кандидат медицинских наук, врач отделения реанимации и интенсивной терапии, ГБУЗ «Госпиталь ветеранов войн № 2 Департамента здравоохранения города Москвы»; e-mail: ashka13@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2705-7264>

**Бабушкин Вячеслав Юрьевич** – врач отделения реанимации и интенсивной терапии, ГБУЗ «Госпиталь ветеранов войн № 2 Департамента здравоохранения города Москвы»; e-mail: avoken@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4254-5298>

**Information about the authors**

**Alekseev Yury** – Dr. Sc. (Med.), Head of the Department of Experimental Laser Medicine, Skobelkin Scientific and Practical Center of Laser Medicine of FMBA of Russia; e-mail: ural377@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4470-1960>

**Shiriaev Vladimir** – Cand. Sc. (Med.), Head of the Department of Anesthesiology and Resuscitation, Skobelkin Scientific and Practical Center of Laser Medicine of FMBA of Russia; e-mail: vovafenan@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3113-0580>

**Baranov Aleksey** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Director, Skobelkin Scientific and Practical Center of Laser Medicine of FMBA of Russia; e-mail: 2493905@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7995-758X>

**Khosrovyan Ashkhen** – Cand. Sc. (Med.), Physician in the Department of Resuscitation and Intensive Care, Municipal Hospital of War Veterans No. 2 of Moscow City Health Department; e-mail: ashka13@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2705-7264>

**Babushkin Vyacheslav** – Physician in the Department of Resuscitation and Intensive Care, Municipal Hospital of War Veterans No. 2 of Moscow City Health Department; e-mail: avoken@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4254-5298>

УДК: 616.8-009.188.4:612.172.1

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-1-23-33

Оригинальные исследования

# МИКРОСОСУДИСТОЕ РУСЛО КОЖИ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ ПРИ ПЕРЕМЕЖАЮЩЕЙСЯ ХРОМОТЕ КАК ВОЗМОЖНАЯ МОДЕЛЬ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ МИОКАРДА У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

**А.П. Васильев, Н.Н. Стрельцова, И.С. Бессонов, Г.В. Колунин**

Тюменский кардиологический научный центр – филиал ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Томск, Россия

## Резюме

*Цель исследования:* оценить возможность использования результатов исследования микрососудистого русла кожи нижней конечности методом лазерной доплеровской флоуметрии у пациентов с облитерирующим атеросклерозом ее артерии в качестве модели микроциркуляции миокарда при ишемической болезни сердца.

*Материалы и методы.* Исследованы мужчины с ангиографически подтвержденными диагнозами «ишемическая болезнь сердца» ( $n = 70$ ) и «облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей» ( $n = 74$ ). Методом лазерной доплеровской флоуметрии исследовали микроциркуляцию кожи левого предплечья в зоне Захарьина – Геда у пациентов с ишемической болезнью сердца и кожи стопы пораженной конечности у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей. Оценивали базальный кровоток, амплитудно-частотный спектр его колебаний, миогенный, нейрогенный сосудистый тонус и показатели окклюзионной пробы. Группы сравнения включали 50 практически здоровых мужчин для пациентов с ишемической болезнью сердца и 20 – для пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей. Исследование проводилось на исходном этапе и спустя 2–3 недели после эндоваскулярного восстановления кровотока в миокарде и нижней конечности.

*Результаты и обсуждение.* На исходном этапе исследования микроциркуляции картина у пациентов с ишемической болезнью сердца и облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей отличалась от здоровых лиц односторонними сдвигами, охватывающими все звенья микрососудистого русла и характеризующимися констрикцией прекапиллярного сегмента, статистически значимым снижением медианных значений показателя капиллярного кровотока на 17,5 и 43,1 %, резерва микрососудистого кровотока – на 11,2 и 31,0 %, увеличением артериоло-веноулярного шунтирования крови – на 10,3 и 70,8 % соответственно. Восстановление кровотока в нижней конечности у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей приводило к прекращению болей в мышцах и нормализации лодыжечно-плечевого индекса. При этом наблюдался статистически значимый рост капиллярного кровотока (+13,6 %), увеличение резервного потенциала микрососудистого русла (+20,6 %) на фоне снижения сосудистого тонуса прекапиллярного сегмента (–15,1 %) и показателя артериоло-веноулярного шунтирования крови (–25,0 %). Улучшение клинической картины после коронарной ангиопластики у больных ишемической болезнью сердца сопровождалось аналогичной и однонаправленной тенденцией к положительным изменениям микрососудистого русла.

*Заключение.* Общность этиопатогенетических механизмов и клинических проявлений ишемической болезни сердца и облитерирующего атеросклероза артерий нижних конечностей, а также однонаправленность микроциркуляторных сдвигов в коже предплечья и стопы у этих пациентов до и после ангиопластики дает основание предполагать возможность аналогичных изменений в микроциркуляторной системе миокарда при ишемической болезни сердца. Это открывает возможность целенаправленного медикаментозного воздействия на уровне микрососудистого русла.

**Ключевые слова:** микроциркуляция, ишемическая болезнь сердца, облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей, реваскуляризация

**Для цитирования:** Васильев А.П., Стрельцова Н.Н., Бессонов И.С., Колунин Г.В. Микрососудистое русло кожи нижней конечности при перемежающейся хромоте как возможная модель микроциркуляции миокарда у пациентов с ишемической болезнью сердца. *Лазерная медицина*. 2023; 27(1): 23–33. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-23-33>

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

## THE MICROVASCULAR BED OF THE SKIN OF LOWER LIMBS IN PATIENTS WITH INTERMITTENT LAMENESS AND CORONARY HEART DISEASE AS A POSSIBLE MODEL OF THEIR MYOCARDIAL MICROCIRCULATION

**Vasiljev A.P., Streltsova N.N., Bessonov I.S., Kolunin G.V.**

Tyumen Cardiology Research Center – Branch of Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

## Abstract

*Purpose:* to assess possibility to extrapolate findings of skin microvascular bed examination in lower extremities with laser Doppler flowmetry in patients with obliterating atherosclerosis as a model of their myocardial microcirculation in coronary heart disease.

**Material and methods.** Males with angiographically confirmed coronary heart disease ( $n = 70$ ) and obliterating atherosclerosis in lower limb arteries ( $n = 74$ ) were taken in the study. Microcirculation of the skin in the left forearm in the Zakharyin – Head zone in patients with coronary heart disease and skin microcirculation in the foot of affected limb in patients with obliterating atherosclerosis of arteries of lower extremities were examined with laser Doppler flowmetry. The basal blood flow, amplitude-frequency spectrum of its oscillations, myogenic, neurogenic vascular tone and occlusion parameters were assessed as well. Comparison groups included 50 practically healthy males for the patients with coronary heart disease and 20 males – for the patients with obliterating atherosclerosis of arteries of lower extremities. Patients were examined at the initial stage and in 2–3 weeks after endovascular restoration of blood flow in the myocardium and lower limbs.

**Results and discussion.** At the initial research stage, the microcirculation picture in patients with coronary heart disease and obliterating atherosclerosis in lower extremities differed from that of healthy individuals by shifts covering all links of the microvascular bed and characterized by constriction of the precapillary segment, a statistically significant decrease in median values of capillary blood flow by 17.5 and 43.1 %, microvascular blood flow reserve – by 11.2 and 31.0 %, as well as by the increase in arteriolo-venular blood bypass – by 10.3 and 70.8 %, respectively. After the restoration of blood flow in lower extremities in patients with obliterating atherosclerosis, muscular pain disappeared, and the ankle-shoulder index got normalized. At the same time, one could observe a statistically significant increase in the capillary blood flow (+13.6 %), the increase of reserve potential in microvascular bed (+20.6 %) with the simultaneous decrease of vascular tone in the precapillary segment (–15.1 %) and of the blood bypass index (–25.0 %). Better clinical picture after coronary angioplasty in patients with coronary heart disease was accompanied with a similar and unidirectional tendency to positive changes in the microvascular bed.

**Conclusion.** As far as etiopathogenetic mechanisms and clinical manifestations of coronary heart disease and obliterating atherosclerosis in arteries of lower extremities have much in common and microcirculatory shifts in forearm and foot skin in these patients before and after angioplasty are unidirectional, all these allow to suggest that one can see similar changes in the myocardium microcirculatory system in patients with coronary heart disease. Thus, it opens possibilities to have a targeted medicamentous impact at the microvascular level.

**Keywords:** microcirculation, coronary heart disease, obliterating atherosclerosis, lower limb arteries, revascularization

**For citations:** Vasiljev A.P., Streltsova N.N., Bessonov I.S., Kolunin G.V. The microvascular bed of the skin of lower limbs in patients with intermittent lameness and coronary heart disease as a possible model of their myocardial microcirculation. *Laser Medicine*. 2023; 27(1): 23–33. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-23-33>

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

## ВВЕДЕНИЕ

Роль микроциркуляции (МЦ) в жизнедеятельности организма трудно переоценить. Сложно построенная и тонко регулируемая система терминального сосудистого русла обеспечивает адекватное метаболическим запросам поступление в ткани кислорода, энергетических субстратов, биологически активных веществ и выведение конечных продуктов метаболизма, а также распределение сердечного выброса между органами в соответствии с их потребностями. Являясь важнейшим элементом гомеостаза, МЦ отвечает изменениями на любой повреждающий фактор, которые можно расценивать как приспособительные. Вместе с тем, под влиянием чрезмерных и/или длительных раздражителей приспособительные реакции приобретают патологические черты, становясь важным звеном в патогенезе заболеваний. Данная концепция исходит из общих положений клинической физиологии [1] и обосновывает насущную необходимость получения объективной информации о состоянии микрососудистого (МС) русла миокарда у пациентов, в частности, страдающих ишемической болезнью сердца (ИБС), поскольку изучение трансформации компенсаторных сдвигов в патологические позволит выявить некоторые особенности патогенеза коронарной недостаточности. Повышенный интерес к изучению МС русла стимулировал разработку многочисленных методов исследования периферического кровотока. В настоящее время широкое распространение при изучении МЦ у пациентов с сердечно-сосудистой патологией получили доступные в клинических условиях методики: конъюнктивальная биомикроскопия, компьютерная капилляроскопия,

лазерная доплеровская флоуметрия. Объектом исследования при этом являются слизистая оболочка глаза, ногтевое ложе, кожа, МС система которых отражает некие общие принципы микрокровотока [2, 3]. В многочисленных работах отечественных и зарубежных авторов установлено вовлечение МЦ системы в развитие сердечно-сосудистой патологии [4–7]. В исследовании [8] выявлены ассоциации между показателями МС бульбарной конъюнктивы и выраженностью атеросклеротического поражения коронарных артерий у больных ИБС. Т. Antonios и соавт. [9] обнаружили снижение плотности капилляров в коже пациентов со стенокардией. Аналогичные результаты получены в работе [10], авторы которой установили корреляционные связи между структурно-функциональными изменениями на уровне капилляров в области ногтевого ложа и степенью тяжести сердечно-сосудистых заболеваний. Вместе с тем подобные сообщения, свидетельствуя о системном характере атеросклеротического процесса и его выраженности, не дают представления об особенностях изменения МС русла в конкретном органе, отличающимся функциональной специфичностью. В настоящее время методик, позволяющих прижизненно оценить функциональное состояние МЦ миокарда с анализом ее регуляторных механизмов, особенно в условиях преходящей тканевой ишемии, нет.

Принимая во внимание существенную роль нарушений МЦ в развитии ИБС [4, 10], представляется важным получить представление о характере изменения МЦ системы миокарда у пациентов с хронической коронарной недостаточностью. В этой связи большое значение приобретает поиск доступной

модели МС системы, патофизиологическая картина которой при атеросклерозе способна адекватно отражать изменения структуры и функции МС русла миокарда. В качестве такой модели может быть рассмотрена кожа ноги пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей (ОААНК). В данном случае ИБС со стенокардией и ОААНК с перемежающейся хромотой объединяет единый этиологический фактор (стенозирующий атеросклероз артерий) и клинические проявления, обусловленные преходящей тканевой ишемией. При этом МЦ кожи ноги непосредственно находится в зоне, периодически испытывающей эпизоды ишемии, аналогичные преходящей ишемии миокарда при ИБС – стенокардии.

**Цель работы:** оценить возможность использования результатов исследования микрососудистого русла кожи нижней конечности методом лазерной доплеровской флоуметрии у пациентов с облитерирующим атеросклерозом ее артерии в качестве модели микроциркуляции миокарда при ишемической болезни сердца.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Представленное исследование выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 2013 г. Исследование было одобрено Комитетом по биометрической этике Тюменского кардиологического научного центра (протокол № 171 от 11.05.2021). Все пациенты до включения в исследование подписали информированное согласие на участие в нем.

В исследование включено 144 пациента мужского пола, проходивших обследование и лечение в Тюменском кардиологическом научном центре, разделенных на две группы: первая – пациенты с ангиографически подтвержденным облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей с классом поражения А и Б по классификации TASK II, с синдромом перемежающейся хромоты IIБ стадии (по А.Б. Покровскому) и лодыжечно-плечевым индексом  $\leq 0,85$  (у некоторых из них диагностирована ИБС) ( $n = 74$ ); вторая – пациенты с диагнозом ИБС,

Таблица 1

### Клиническая характеристика пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей и ишемической болезнью сердца

Table 1

#### Clinical characteristics of patients with obliterating atherosclerosis in lower limb arteries and coronary heart disease

Параметры <i>Parameters</i>	Пациенты с ОААНК <i>Patients with OALLA (n = 74)</i>	Пациенты с ИБС <i>Patients with CHD (n = 70)</i>	<i>p</i>
Возраст, лет <i>Age, years</i>	61,0 [56,0; 67,0]	57,0 [50,0; 60,0]	0,11
АДс, мм рт. ст. <i>SBP, mmHg</i>	125,0 [120,0; 140,0]	140,0 [130,0; 160,0]	0,29
АДд, мм рт. ст. <i>DBP, mmHg</i>	80,0 [74,0; 90,0]	90,0 [80,0; 90,0]	0,20
АГ, <i>n</i> (%) <i>AH, n (%)</i>	70 (94,6)	70 (100)	0,91
ИМ в анамнезе, <i>n</i> (%) <i>Past history of MI, n (%)</i>	39 (40,6)	26 (37,1)	0,67
Курение, <i>n</i> (%) <i>Smoking, n (%)</i>	42 (56,8)	19 (28,4)	0,001
Стенокардия напряжения I–III ФК, <i>n</i> (%) <i>Angina pectoris of tension I–III FC, n (%)</i>	39 (40,6)	57 (81,4)	0,001
ЛПИ, ед. <i>ABI, U</i>	0,65 (0,59; 0,73)	0,98 (0,96; 1,30)	0,001
Глюкоза крови натощак, ммоль/л <i>Fasting blood glucose, mmol/L</i>	5,9 [5,2; 7,1]	6,0 [5,4; 7,3]	0,123
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> <i>BMI, kg/m<sup>2</sup></i>	32,3 [28,4; 36,3]	32,8 [28,7; 37,0]	0,670

**Примечание:** (здесь и далее) ОААНК – облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей; ИБС – ишемическая болезнь сердца; АДд – артериальное давление диастолическое; АДс – артериальное давление систолическое; АГ – артериальная гипертония; ИМ – инфаркт миокарда; ФК – функциональный класс; ЛПИ – лодыжечно-плечевой индекс; ИМТ – индекс массы тела.

**Note:** (hereinafter) OALLA – obliterating atherosclerosis of lower limb arteries; CHD – coronary heart disease; SBP – systolic blood pressure; DBP – diastolic blood pressure; AH – arterial hypertension; MI – myocardial infarction; FC – functional class; ABI – ankle-brachial index; BMI – body mass index.

установленном на основании клинко-анамнестических данных, результатов нагрузочных проб и коронароангиографии ( $n = 70$ ). В исследование не включались пациенты с сопутствующими заболеваниями крови, бронхолегочной патологией, сахарным диабетом, сердечной недостаточностью выше 2-го функционального класса (NYHA), сложными нарушениями ритма (фибрилляция предсердий, частая экстрасистолия). Как представлено в таблице 1, группы пациентов не имели статистически значимых различий по возрасту, анамнестическим данным и сопутствующей патологии. В первой группе чаще встречались курящие, во второй группе превалировало число пациентов со стенокардией напряжения. Все пациенты получали базовую терапию, включающую статины, аспирин, гипотензивные препараты. За трое суток до исследования препараты с сосудорасширяющим действием отменялись. С целью установления референсных значений исследуемых показателей для обеих групп пациентов были сформированы группы сравнения из практически здоровых мужчин (50 и 20 человек соответственно). Исследование проводилось дважды: на исходном этапе и спустя 2–3 недели после реваскуляризации миокарда или пораженной конечности.

Функциональное состояние МЦ оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии на аппарате «ЛАКК-02» (Россия) в утренние часы, в положении лежа на спине, в соответствии с существующими рекомендациями [11–13]. Световодный зонд фиксировали на тыльной поверхности стопы пораженной конечности, на уровне 2-го пальца у пациентов 1-й группы и на тыльной поверхности левого предплечья, на 4 см проксимальнее шиловидного отростка в зоне Захарьина – Геда для сердца – у пациентов 2-й группы. Определяли уровень общей тканевой гемоперфузии (показатель микроциркуляции (ПМ), измеряющийся в перфузионных единицах). Амплитудно-частотный спектр колебаний микрокровотока анализировали с использованием метода вейвлет-преобразования. По максимальным амплитудам вазомоций в соответствующем частотном диапазоне выделялись активные (тонусформирующие) факторы контроля кровотока – эндотелиальный ( $A_э$ ), нейрогенный ( $A_н$ ), миогенный ( $A_м$ ), и пассивные факторы МЦ – дыхательный ( $A_д$ ) и пульсовой ( $A_с$ ). Амплитуды модуляций кровотока оценивали в условных перфузионных единицах (перф. ед.). С целью снижения влияния нестандартных условий проведения исследований использовалась нормировка амплитуд ритмов относительно средней модуляции кровотока  $A/3\sigma$  [12]. Расчетным способом определяли показатель шунтирования кровотока ( $ПШ = A_н/A_м$ , ед.); показатель нутритивного кровотока ( $M_{н\text{итр}} = ПМ/ПШ$ , ед.), коррелирующий с плотностью капилляров [14]; показатель миогенного тонуса, отражающий преимущественно тонус метартериол и прекапиллярных сфинктеров ( $MT = (СКО \times АД_{ср}) / (A_м \times ПМ)$ , ед., где АД – среднее артериальное давление;

СКО – среднеквадратическое отклонение колебаний гемоперфузии относительно потока крови); нейрогенный тонус ( $HT = (СКО \times АД_{ср}) / (A_н \times ПМ)$ , ед.), дающий представление о функциональном состоянии мелких артериол [12]. В ходе окклюзионной пробы оценивали резерв капиллярного кровотока (РКК, %).

Полученные результаты исследований обработаны с использованием пакета прикладных программ «Statistica 7» (StatSoft Inc., США) и «IBM SPSS Statistics 26» (IBM Corp., США). Для анализа распределения полученных данных применяли тест Колмогорова – Смирнова. Поскольку распределение почти всех изучаемых данных не соответствовало нормальному, для оценки различий показателей использовали U-критерий Манна – Уитни для независимых групп и парный критерий знаковых рангов Вилкоксона. Полученные данные представлены в виде медианы ( $Me$ ) и интерквартильного размаха (25-й и 75-й перцентили). Различия считали статистически значимыми при двустороннем уровне значимости  $p \leq 0,05$ . Для сопоставления относительных показателей использовался критерий  $\chi^2$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования проведена оценка функционального состояния микрососудистой системы кожи у пациентов первой и второй групп. Полученные результаты, представленные в таблицах 2 и 3, демонстрируют сходные изменения параметров ЛДФ, свидетельствующие о спастико-атонических сдвигах МС русла. У пациентов обеих групп выявлено статистически значимое снижение амплитуды колебаний кровотока в миогенном диапазоне ( $A_м/3\sigma$ ), указывающее на увеличение тонуса метартериол и прекапиллярных сфинктеров, что подтверждается ростом по сравнению с группой здоровых лиц показателя миогенного тонуса (MT). Констрикция прекапиллярного сегмента МЦ системы сопровождалась уменьшением количества функционирующих капилляров. На это указывает статистически значимое снижение медианной величины показателя нутритивного кровотока ( $M_{н\text{итр}}$ ) на 42,2 % у пациентов первой группы и на 17,5 % – у пациентов второй группы, а также снижение резервного дилатационного потенциала МС русла (РКК) – на 30,9 и 11,2 % соответственно. Вместе с тем наблюдалось увеличение амплитуды осцилляции ЛДФ-сигнала в нейрогенном диапазоне частот ( $A_н/3\sigma$ ), превысившее данный показатель в обеих группах пациентов по сравнению со здоровыми лицами на 20,9 и 21,8 %. Указанный факт можно трактовать как проявление дилатации артериол в результате частичной утраты вазоконстрикторного контроля их тонуса волокнами симпатической нервной системы, основного фактора регуляции данного сегмента МЦ [12, 15]. На фоне констрикции прекапилляров и увеличенного артериолярного притока крови создаются условия для раскрытия артериоло-веноулярных анастомозов,

регуляция тонуса которых также находится под контролем симпатической нервной системы [12]. Как представлено в таблицах 2 и 3, показатель шунтирования (ПШ) во второй группе у пациентов с ИБС составил 2,05 (1,2; 3,5) ед. (кожа стопы) и 1,18 (0,94; 1,6) ед. (кожа предлечья), превысив таковой у здоровых лиц на 70,8 и 10,3 % соответственно. Интенсификация артериоло-веноулярного шунтирования сопровождалось еще большим сокращением нутритивного кровотока, что ведет к формированию венозного полнокровия и подтверждается увеличением амплитуды флуксуций в респираторном частотном диапазоне ( $A_d/3\sigma$ ). Таким образом, МЦ картина кожи верхней левой конечности у пациентов с ИБС и пораженной нижней конечности у пациентов с ОААНК характеризуется выраженными функциональными, однотипными нарушениями, охватывающими практически все звенья микрососудистого русла.

На втором этапе исследования проведена оценка динамики ЛДФ-показателей кожи после реваскуляризации миокарда у пациентов с ИБС и восстановления

магистрального кровотока нижней конечности у пациентов с ОААНК. С этой целью из числа исследуемых на первом этапе были сформированы две группы: группа 1а – пациенты с функционально значимым сужением подвздошно-бедренного ( $n = 15$ ) и бедренно-подколенного ( $n = 12$ ) сегментов артерий нижней конечности; группа 2а – пациенты с ИБС, стенокардией напряжения I–III функционального класса, с 1 (2) сосудистым стенотическим поражением коронарного русла ( $n = 18$ ), которым проводилась ангиопластика и стентирование стенозированных сосудов нижних конечностей или коронарных артерий соответственно.

Восстановление кровотока в магистральной артерии нижней конечности у пациентов группы 1а сопровождалось исчезновением боли в мышцах конечности при ходьбе, увеличением дистанции ходьбы и ростом лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) – объективного показателя, отражающего состояние кровотока нижней конечности, – с 0,65 (0,58; 0,74) до 0,96 (0,84; 1,03) ед. ( $p = 0,001$ ). При повторном анализе у них частотного спектра ЛДФ-грамм обнаружено снижение амплитуды

Таблица 2

**Исследование микроциркуляции кожи стопы методом лазерной доплеровской флоуметрии у здоровых и пораженной ноги у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей**

Table 2

**Microcirculation in foot skin by laser Doppler flowmetry in healthy subjects and in affected feet in patients with obliterating atherosclerosis of lower limb arteries**

Показатели Indicators	Здоровые Healthy ( $n = 20$ )	Пациенты с ОААНК Patients with OALLA ( $n = 74$ )	$p$
ПМ, перф. ед. $MI, PU$	5,9 (4,3; 8,6)	7,1 (5,5; 10,7)	0,19
$M_{nutr}$ , ед. $NBF, U$	6,5 (3,1; 12,8)	3,7 (2,1; 5,9)	0,047
РКК, % $BFR, \%$	203,8 (146,1; 245,9)	140,7 (124,2; 193,2)	0,032
НТ, ед. $NT, U$	32,8 (20,8; 57,0)	22,9 (16,7; 32,8)	0,05
МТ, ед. $MT, U$	26,5 (17,9; 35,2)	41,7 (28,7; 86,2)	0,026
ПШ, ед. $SHI, U$	1,2 (0,9; 1,5)	2,05 (1,2; 3,5)	0,04
$A_3/3\sigma$ , ед. $A_E/3\sigma, U$	14,3 (9,1; 17,5)	13,8 (9,8; 16,9)	0,85
$A_n/3\sigma$ , ед. $A_N/3\sigma, U$	14,2 (8,9; 18,6)	17,3 (14,8; 21,9)	0,034
$A_m/3\sigma$ , ед. $A_M/3\sigma, U$	17,3 (14,8; 20,9)	15,4 (4,4; 17,5)	0,007
$A_d/3\sigma$ , ед. $A_R/3\sigma, U$	3,0 (2,6; 3,9)	6,3 (4,1; 9,7)	0,001
$A_c/3\sigma$ , ед. $A_C/3\sigma, U$	7,5 (5,0; 10,4)	5,1 (3,4; 7,3)	0,043

**Примечание:** (здесь и далее)  $A_3, A_n, A_m, A_d, A_c$  – амплитудные показатели кровотока в различных частотных диапазонах;  $M_{nutr}$  – величина нутритивного кровотока; НТ, МТ – нейрогенный и миогенный тонус; перф. ед. – перфузионные единицы; ПМ – показатель микроциркуляции; ПШ – показатель шунтирования; РКК – резерв капиллярного кровотока.

**Note:** (hereinafter)  $A_E, A_N, A_M, A_R, A_C$  – amplitude indicators (AI) at various frequency ranges; NBF – indicator of nutritive blood flow; NT – neurogenic tone; MT – myogenic tone; PU – perfusion units; MI – microcirculation indicator; MR – microvascular resistance; SHI – shunt indicator; BFR – blood flow reserve.

Таблица 3

**Исследование микроциркуляции кожи предплечья методом лазерной доплеровской флоуметрии у здоровых и пациентов с ишемической болезнью сердца**

Table 3

**Microcirculation in the forearm skin by laser Doppler flowmetry in healthy subjects and in patients with coronary heart disease**

Показатели <i>Indicators</i>	Здоровые <i>Healthy</i> (n = 53)	Пациенты с ИБС <i>Patients with CHD</i> (n = 70)	p
ПМ, перф. ед <i>MI, PU</i>	7,9 (5,6; 9,2)	5,4 (4,8; 6,6)	0,19
M <sub>нyтp</sub> , ед <i>NBF, U</i>	5,7 (4,6; 8,6)	4,7 (3,5; 6,3)	0,002
РКК, % <i>BFR, %</i>	213,5 (159,3; 254,3)	189,5 (157,9; 223,0)	0,045
НТ, ед. <i>NT, U</i>	21,2 (17,4; 42,9)	37,7 (29,7; 59,3)	0,001
МТ, ед. <i>MT, U</i>	25,0 (18,8; 33,5)	47,4 (32,7; 68,6)	0,001
ПШ, ед. <i>SHI, U</i>	1,07 (0,96; 1,42)	1,18 (0,94; 1,6)	0,048
A <sub>з</sub> /3σ, ед. <i>A<sub>E</sub>/3σ, U</i>	14,4 (10,7; 18,3)	14,0 (10,33; 19,9)	0,21
A <sub>н</sub> /3σ, ед. <i>A<sub>N</sub>/3σ, U</i>	14,5 (10,1; 18,1)	18,4 (15,4; 23,1)	0,02
A <sub>м</sub> /3σ, ед. <i>A<sub>M</sub>/3σ, U</i>	14,4 (12,0; 16,3)	10,7 (7,8; 15,3)	0,001
A <sub>д</sub> /3σ, ед. <i>A<sub>R</sub>/3σ, U</i>	7,2 (4,9; 9,2)	8,9 (6,4; 12,4)	0,035
A <sub>с</sub> /3σ, ед. <i>A<sub>C</sub>/3σ, U</i>	14,6 (9,0; 19,3)	13,7 (9,4; 18,6)	0,19

колебаний кровотока в нейрогенном диапазоне (A<sub>н</sub>/3σ), свидетельствующее о восстановлении нейрогенного контроля и увеличении тонуса артериол, что подтверждается ростом показателя НТ на 43 % (p = 0,023). Ликвидация тканевой ишемии и восстановление адекватной нейрогенной регуляции функции МС русла сопровождались ограничением активности артериоло-венулярного шунтирования и, как следствие, уменьшением венозного полнокровия. Последнее демонстрирует статистически значимое снижение амплитуды колебаний кровотока в респираторном частотном диапазоне (A<sub>д</sub>/3σ) [16] (табл. 4).

Реваскуляризация конечности приводила к снижению тонуса сосудов прекапиллярного сегмента МЦ, на что указывает уменьшение медианных значений показателя МТ. Вместе с повышением пульсового кровенаполнения (A<sub>с</sub>/3σ) на 38,8 %, это обстоятельство способствовало увеличению капиллярного кровотока (M<sub>нyтp</sub>). Важно отметить прирост дилатационного резервного потенциала микрососудистого русла (РКК) на 20,5 %.

После проведения баллонной ангиопластики со стентированием коронарных артерий и восстановления кровотока в коронарном русле пациенты группы 2а отмечали прекращение приступов ангинозных болей, увеличение переносимости физических

нагрузок. Поскольку объект исследования у этой категории пациентов (левое предплечье) непосредственно не испытывает ишемии во время приступов стенокардии, мы ожидали, что МЦ картина данного региона не претерпит изменений после реваскуляризации миокарда. Однако анализ ЛДФ-грамм показал закономерную динамику показателей, сходную с таковой у пациентов группы 1а, характеризующуюся определенной тенденцией к росту амплитуды колебаний кровотока практически во всех частотных диапазонах, не достигнувших, однако, в ряде случаев уровня статистической значимости. Изменения наиболее важных параметров ЛДФ, свидетельствующих об оптимизации МЦ процессов (A<sub>з</sub>/3σ, A<sub>м</sub>/3σ, ПШ, РКК), отличались статистической значимостью (табл. 5).

Исследование МЦ кожи предплечья в зоне сердца Захарьина – Геда у пациентов с ИБС и стопы пораженной конечности у пациентов с ОААНК на исходном этапе продемонстрировало взаимосвязанные изменения, охватывающие практически все звенья микрососудистого русла. Как в первой, так и во второй группе пациентов обнаруженные однотипные изменения отражают патофизиологические сдвиги системного характера, обусловленные преимущественно атеросклеротическим процессом, артериальной гипертонией, факторами риска, реализующими свое

Таблица 4

Значения лодыжечно-плечевого индекса и показателей лазерной доплеровской флоуметрии у больных группы 1а до и после восстановления кровотока в магистральной артерии нижней конечности

Table 4

Ankle-brachial index and laser Doppler flowmetry values in patients from group 1a before and after restoration of blood flow in the main artery of the lower limb

Показатели <i>Indicators</i>	Исходно <i>Initially</i>	После эндоваскулярной реваскуляризации <i>After endovascular revascularization</i>	<i>p</i>
ЛПИ, ед. <i>ABI, U</i>	0,65 (0,58; 0,74)	0,96 (0,84; 1,03)	0,001
ПМ, перф. ед. <i>MC, PU</i>	6,9 (5,3; 9,8)	8,0 (5,6; 10,0)	0,39
$M_{\text{нур}}$ , ед. <i>NBF, U</i>	3,67 (2,08; 5,89)	4,17 (3,01; 7,37)	0,035
РКК, % <i>BFR, %</i>	163,5 (122,5; 197,9)	197,1 (137,6; 231,6)	0,036
НТ, ед. <i>NT, U</i>	23,7 (16,7; 38,4)	33,9 (20,4; 44,5)	0,023
МТ, ед. <i>MT, U</i>	44,4 (29,2; 76,7)	37,7 (31,3; 58,5)	0,045
ПШ, ед. <i>SHV, U</i>	2,05 (1,22; 3,18)	1,67 (1,28; 2,81)	0,020
$A_{\text{з}}/3\sigma$ , ед. $A_{\text{в}}/3\sigma$ , <i>U</i>	14,5 (10,3; 18,0)	14,5 (11,0; 17,5)	0,69
$A_{\text{н}}/3\sigma$ , ед. $A_{\text{п}}/3\sigma$ , <i>U</i>	16,9 (13,8; 21,5)	12,6 (10,9; 19,6)	0,01
$A_{\text{м}}/3\sigma$ , ед. $A_{\text{л}}/3\sigma$ , <i>U</i>	14,0 (11,5; 16,3)	15,3 (12,9; 17,8)	0,52
$A_{\text{д}}/3\sigma$ , ед. $A_{\text{г}}/3\sigma$ , <i>U</i>	5,2 (3,5; 9,2)	4,9 (3,0; 6,6)	0,001
$A_{\text{с}}/3\sigma$ , ед. $A_{\text{р}}/3\sigma$ , <i>U</i>	5,7 (3,6; 8,9)	7,9 (3,6; 11,7)	0,01

**Примечание:** ЛПИ – лодыжечно-плечевой индекс.

**Note:** ABI – ankle-brachial index.

негативное влияние на периферический кровоток посредством развития эндотелиальной дисфункции [2, 17, 18]. Данный факт является еще одним подтверждением известного тезиса о том, что МЦ кожи в определенной мере отражает общий характер изменений МС русла в условиях патологии. Более выраженные изменения параметров ЛДФ у пациентов с ОААНК, вероятно, обусловлены наличием у них тяжелого, распространенного атеросклероза (у 40 % пациентов группы 1а перемежающаяся хромота сочеталась с ИБС) и тем, что объект исследования (кожа стопы пораженной конечности) находится в зоне преходящей ишемии. Полученные результаты согласуются с ранее полученными данными [19, 20, 21]. Таким образом, МЦ-картина у пациентов группы 1а включает в себя системные структурно-функциональные нарушения атеросклеротической природы и изменения, вызванные преходящей тканевой ишемией.

Восстановление кровотока в пораженной конечности у пациентов данной группы сопровождалось позитивными сдвигами показателей ЛДФ, указывающими

на оптимизацию функции различных сегментов МС русла, рост капиллярного кровотока и его резервного потенциала. Полученные результаты дают основание утверждать, что восстановление кровотока в конечности у пациентов с ОААНК обеспечивает устранение повреждающих факторов, обусловленных тканевой ишемией на фоне сохраняющихся системных нарушений. В данном случае сдвиги функциональных параметров МС русла, ассоциирующиеся с изменением клинической картины, следует рассматривать как взаимосвязанные и взаимообусловленные факторы, лежащие в основе формирования и закрепления патологии на уровне терминальных сосудов. О патогенетическом значении изменений ряда функциональных показателей МС русла могут свидетельствовать результаты ранее проведенных исследований [20], показавшие у пациентов с перемежающейся хромотой наличие корреляционной связи между значением ЛПИ, отражающего тяжесть артериальной недостаточности конечности, и выраженностью нейрогенного тонуса МС (НТ;  $r = +0,38$ ;  $p = 0,05$ ), а также величиной артериоло-веноулярного

Таблица 5

**Значения показателей лазерной доплеровской флоуметрии в коже предплечья у пациентов группы 2а до и после восстановления кровотока в коронарном русле**

Table 5

**Laser Doppler flowmetry values in the forearm skin of patients from group 2a before and after restoration of coronary blood flow**

Показатели <i>Indicators</i>	Исходно <i>Initially</i>	После восстановления кровотока <i>After restoration of blood flow</i>	<i>p</i>
ПМ, перф. ед. <i>MC, PU</i>	11,3 (8,8; 13,5)	6,9 (6,2; 10,1)	0,021
$M_{\text{нупр}}$ , ед. <i>NBF, U</i>	5,2 (4,3; 10,3)	5,2 (2,9; 6,4)	0,17
РКК, % <i>BFR, %</i>	169,0 (152,7; 242,0)	230,1 (173,9; 267,1)	0,015
НТ, ед. <i>NT, U</i>	24,8 (16,7; 34,9)	30,2 (19,8; 48,3)	0,42
МТ, ед. <i>MT, U</i>	44,2 (29,9; 93,7)	55,1 (37,3; 77,8)	0,45
ПШ, ед. <i>SHV, U</i>	2,0 (1,3; 2,7)	1,5 (1,3; 2,2)	0,025
$A_{\text{э}}/3\sigma$ , ед. $A_{\text{г}}/3\sigma$ , <i>U</i>	14,1 (10,7; 16,3)	15,2 (13,2; 18,2)	0,039
$A_{\text{н}}/3\sigma$ , ед. $A_{\text{м}}/3\sigma$ , <i>U</i>	12,7 (8,3; 16,0)	14,4 (10,0; 18,6)	0,27
$A_{\text{м}}/3\sigma$ , ед. $A_{\text{м}}/3\sigma$ , <i>U</i>	6,1 (4,8; 8,6)	8,7 (6,2; 10,8)	0,02
$A_{\text{д}}/3\sigma$ , ед. $A_{\text{г}}/3\sigma$ , <i>U</i>	5,5 (4,1; 12,9)	11,2 (4,7; 15,8)	0,16
$A_{\text{с}}/3\sigma$ , ед. $A_{\text{с}}/3\sigma$ , <i>U</i>	6,9 (5,1; 11,0)	8,1 (6,1; 10,3)	0,91

сброса крови, обуславливающего венозное полнокровие – одного из факторов нарушения гемореологии [22, 23] (ПШ;  $r = -0,37$ ;  $p = 0,004$ ).

После реваскуляризации миокарда у пациентов с ИБС (группа 2а) и улучшения у них клинической картины динамика показателей ЛДФ кожи левого предплечья, несмотря на то что данный МС регион не находится в зоне преходящей ишемии, имела определенную позитивную тенденцию, напоминающую таковую у пациентов группы 1а. Данный факт, по-видимому, обусловлен тем, что объект исследования располагается в зоне Захарьина – Геда, имеющей анатомо-функциональную (метамерную) связь с сердцем, которая осуществляется через сегментарный аппарат спинного мозга посредством сложного моторно-трофического рефлекса и проявляется сокращением мышц, изменением сосудистой реакции и трофики кожи. То есть, данная зона является проекцией функционального состояния сердца [24].

Таким образом, представленный материал, свидетельствующий об однонаправленной тенденции сдвигов показателей ЛДФ у больных группы 2а после чрескожных коронарных вмешательств по сравнению с пациентами группы 1а после эндоваскулярной реваскуляризации конечности, дает основание предположить, что изменения МЦ в коже последней

у пациентов с перемежающейся хромотой будут во многом идентичны таковым в миокарде пациентов со стенокардией напряжения. Следует также принять во внимание то обстоятельство, что патофизиологическую картину МЦ системы миокарда при ИБС и скелетных мышц пораженной конечности у пациентов с ОААНК объединяет единый этиологический фактор – атеросклероз, в основе которого лежит дисфункция эндотелия, как типовое патологическое состояние [24], имеются общие патогенетические морфофункциональные механизмы со сходными клиническими проявлениями. К сказанному следует добавить результаты экспериментальных исследований стресса, показавшие, что воздействие различных по характеру и продолжительности раздражителей вызывает стереотипные нарушения в микрососудах (МС) у различных видов животных, то есть, изменения терминальных сосудов не имеют при этом тканевой специфичности [25, 26]. Все изложенное дает основание рассматривать в данном случае МЦ кожи пораженной конечности у больных ОААНК как доступную в клинической практике модель МЦ миокарда при стенокардии.

Идентичность МЦ изменений в условиях преходящей ишемии теоретически предполагает целесообразным дополнить традиционную терапию комплексным воздействием на отдельные патофизиологические

нарушения на уровне МС русла. Так, с целью уменьшения артериолярного притока крови, обусловленного развитием ишемической нейропатии [15], и ограничения артериоло-венулярного шунтирования крови оправдана активизация альфа-адренорецепторов при использовании бета-адреноблокаторов. Уместно также рассмотреть возможность применения препаратов альфа-липоевой кислоты (тиоктацид), положительно зарекомендовавшей себя при лечении нейропатий различной природы. Принимая во внимание важное патогенетическое значение венозного полнокровия, для повышения оттока крови теоретически можно считать обоснованным применение венотоников (детралекс) и использование препаратов, улучшающих реологию, текучесть крови (пентоксифиллин, низкомолекулярный декстран). Безусловно, представленные предложения, основанные на результатах проведенных исследований, нуждаются в подтверждении их клинической эффективности на практике. В настоящее время нами проводятся исследования, целью которых является оценка эффективности назначения дополнительного медикаментозного лечения, направленного на коррекцию патофизиологических синдромов МЦ русла у больных рефрактерной и микрососудистой стенокардией.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют об идентичности микроциркуляторной картины кожи стопы у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей и кожи левого предплечья в зоне Захарьина – Геда у больных ишемической болезнью сердца. Восстановление кровотока в пораженной конечности и миокарде, помимо улучшения клинического состояния пациентов, сопровождается однонаправленными функциональными сдвигами микрососудистого русла исследуемых объектов. Это, а также общность этиологии, патогенетических механизмов и клинических проявлений (перебегающая хромота и стенокардия) дает основание рассматривать кожу пораженной конечности пациента с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей, находящуюся в зоне преходящей ишемии, как возможную, доступную в клинических условиях модель микроциркуляторной картины миокарда при ишемической болезни сердца. Полученные данные могут быть полезны для разработки методов дополнительного терапевтического воздействия на уровне микрососудистой системы, прежде всего в тех случаях, когда ее поражение приобретает первостепенное патогенетическое значение – при микрососудистой и рефрактерной стенокардии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Парин В.В. Избранные труды. Т. 1: *Кровообращение в норме и патологии*. М.: Наука; 1974.
2. Arck P.C., Slominski A., Theoharides T.C., et al. Neuroimmunology of stress: Skin takes center stage. *J Invest Dermatol*. 2006; 126 (8): 1697–1704. DOI: 10.1038/sj.jid.5700104
3. Holowatz L.A., Thompson-Torgerson C.S., Kenney W.L. The human cutaneous circulation as a model of generalized microvascular function. *J Appl Physiol* (1985). 2008; 105 (1): 370–372. DOI: 10.1152/jappphysiol.00858.2007
4. Lanza G.A., De Vita A., Kaski J-C. 'Primary' microvascular angina: Clinical characteristics, pathogenesis and management. *Interv. Cardiol*. 2018; 13 (3): 108–111. DOI: 10.15420/icr.2018.15.2
5. Villano A., Lanza G.A., Crea F. Microvascular angina: Prevalence, pathophysiology and therapy. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2018; 19 (1): e36–e39. DOI: 10.2459/JCM.0000000000000638
6. Богоявленский В.Ф., Богоявленская О.В. Клинические аспекты изучения микроциркуляции: итоги и перспективы. *Казанский медицинский журнал*. 2011; 92 (2): 145–151.
7. Каменская О.В., Караськов А.М., Чернявский А.М., Клинова А.С. Ишемическая болезнь сердца и особенности периферической микроциркуляции в различных возрастных группах. *Российский кардиологический журнал*. 2014; 112 (8): 78–83. DOI: 10.15829/1560-4071-2014-8-78-83
8. Корнеева Н.В., Сиротин Б.З., Бондарь Н.В., Рудман В.Я. Взаимосвязь параметров микроциркуляции бульбарной конъюнктивы и коронарной ангиографии при ишемической болезни сердца. *Российский кардиологический журнал*. 2019; 24 (2): 44–52. DOI: 10.15829/1560-4071-2019-2-44-5
9. Antonios T.F., Kaski J.C., Hasan K.M., et al. Rarefaction of skin capillaries in patients with anginal chest pain and normal coronary arteriograms. *Eur Heart J*. 2001; 22 (13): 1144–1148. DOI: 10.1053/ehj.2000.2442
10. Беленков Ю.Н., Привалова Е.В., Данилгородская Ю.А., Щендрыгина А.А. Структурные и функциональные изменения микроциркуляторного русла на уровне капилляров у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, хроническая сердечная недостаточность), которые можно наблюдать в ходе компьютерной видеокапилляроскопии. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2012; 5 (2): 49–56.
11. Маколкин В.И. Микроциркуляция в кардиологии. М.: Визарт; 2004.
12. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: руководство для врачей. М.: Либроком; 2013.
13. Козлов В.И., Дуванский В.А., Азизов Г.А., Сидоров В.В. Лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) и оптическая тканевая оксиметрия (ОТО) в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови: Методические рекомендации. М.: ФМБА России; 2014.
14. Крупаткин А.И. Динамический колебательный контур регуляции капиллярной гемодинамики. *Физиология человека*. 2007; 33 (5): 93–101.
15. Schmid-Schönbein H., Ziege S., Grebe R., et al. Synergetic interpretation of patterned vasomotor activity in microvascular perfusion: Discrete effects of myogenic and neurogenic vasoconstriction as well as arterial and venous pressure fluctuations. *Int J Microcirc Clin Exp*. 1997; 17 (6): 346–359. DOI: 10.1159/000179251

16. *Тюрина М.И., Красников Г.В., Танканаг А.И. и др.* Формирование респираторзависимых колебаний скорости кровотока в микроциркуляторном русле кожи человека в условиях контролируемого дыхания. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2011; 3 (39): 31–37.
17. *Воробьева Е.Н., Шумахер Г.И., Хорева М.А., Осипова И.В.* Дисфункция эндотелия – ключевое звено в патогенезе атеросклероза. *Российский кардиологический журнал*. 2010; 82 (2): 84–91.
18. *Li Y-P., Fan Z-X., Gao J., et al.* Influencing factors of vascular endothelial function in patients with non-obstructive coronary atherosclerosis: A 1-year observational study. *BMC Cardiovasc Disord*. 2020; 20 (1): 40. DOI: 10.1186/s12872-020-01326-2
19. *Стрельцова Н.Н., Васильев А.П., Шипицына Н.В. и др.* Лазерная доплеровская флоуметрия в выявлении особенностей тканевого микрокровотока у больных с различной выраженностью перемежающейся хромоты. *Лазерная медицина*. 2017; 21 (4): 28–23.
20. *Стрельцова Н.Н., Васильев А.П., Бессонов И.С., Колунин Г.В.* Изменение микроциркуляторной картины у больных перемежающейся хромотой после эндоваскулярного восстановления магистрального кровотока конечности. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2018; 17 (2): 44–50. DOI: 10.24884/1682-6655-2018-17-2-42-48
21. *Лазаренко В.А., Бобровская Е.А.* Анализ показателей микроциркуляции у пациентов при развитии рестеноза в зоне артериальной реконструкции после бедренно-подколенного шунтирования. *Новости хирургии*. 2022; 30 (2): 144–151. DOI: 10.18484/2305-0047.2022.2.144
22. *Муравьев А.В., Михайлов П.В., Тихомирова И.А.* Микроциркуляция и гемореология: точки взаимодействия. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2017; 2(62): 90–100.
23. *Hamlin S.K., Benedik P.S.* Basic concepts of hemorheology in microvascular hemodynamics. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 2014; 26 (3): 337–344. DOI: 10.1016/j.ccell.2014.04.005
24. *Самосюк И.З., Евтушенко С.К., Самосюк Н.И.* Основные принципы выбора зон воздействия и их обоснование при использовании физических факторов в медицинской реабилитации. *Международный неврологический журнал*. 2012; 8 (54): 112–122.
25. *Власова Т.И., Петрищев Н.Н., Власов Т.Д.* Дисфункция эндотелия как типовое патологическое состояние. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2022; 21 (2): 4–15. DOI: 10.24884/1682-6655-2022-21-2-4-15
26. *Горизонтова М.П.* Динамика восстановления микроциркуляции в постстрессорном периоде. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 1984; 98 (10): 405–408.
- microvascular function. *J Appl Physiol (1985)*. 2008; 105 (1): 370–372. DOI: 10.1152/jappphysiol.00858.2007
4. *Lanza G.A., De Vita A., Kaski J-C.* 'Primary' microvascular angina: Clinical characteristics, pathogenesis and management. *Interv. Cardiol*. 2018; 13 (3): 108–111. DOI: 10.15420/icr.2018.15.2
5. *Villano A., Lanza G.A., Crea F.* Microvascular angina: Prevalence, pathophysiology and therapy. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2018; 19 (1): e36–e39. DOI: 10.2459/JCM.0000000000000638
6. *Bogoyavlenskiy V.F., Bogoyavlenskaya O.V.* Clinical aspects of microcirculation research: Achievements and perspectives. *Kazan Medical Journal*. 2011; 92 (2): 145–151. [In Russ.].
7. *Kamenskaya O.V., Karas'kov A.M., Chernyavsky A.M., Klinkova A.S.* Ischemic heart disease and specifics of peripheral microcirculation in various age groups. *Russian Journal of Cardiology*. 2014; 112 (8): 78–83. [In Russ.]. DOI: 10.15829/1560-4071-2014-8-78-83
8. *Korneeva N.V., Syrotin B.Z., Bondar N.V., Rudman V.Ya.* The relationship of microcirculation parameters of the bulbar conjunctiva and coronary angiography in patients with coronary artery disease. *Russian Journal of Cardiology*. 2019; 24 (2): 44–52. [In Russ.]. DOI: 10.15829/1560-4071-2019-2-44-52
9. *Antonios T.F., Kaski J.C., Hasan K.M., et al.* Rarefaction of skin capillaries in patients with anginal chest pain and normal coronary arteriograms. *Eur Heart J*. 2001; 22 (13): 1144–1148. DOI: 10.1053/ehj.2000.2442
10. *Belenkov Yu.N., Privalova E.V., Danilogorskaia Yu.A., Shchendrygina A.A.* Structural and functional changes in capillary microcirculation in patients with cardiovascular diseases (arterial hypertension, coronary heart disease, chronic heart failure) observed during computer videocapillaroscopy. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2012; 5 (2): 49–56. [In Russ.].
11. *Makolkin V.I.* Microcirculation in cardiology. Moscow: Vizart; 2004. [In Russ.].
12. *Krupatkin A.I., Sidorov V.V.* Functional diagnostics of the state of microcirculatory tissue systems: Fluctuations, information, non-linearity. A guide for physicians. Moscow: Librokomb; 2013. [In Russ.].
13. *Kozlov V.I., Duvanskij V.A., Azizov G.A., Sidorov V.V.* Laser doppler flowmetry (LDF) and optical tissue oximetry (OTO) in assessment of microcirculation and disorders. Methodical recommendations. Moscow: Federal Medical and Biological Agency of Russia; 2014. [In Russ.].
14. *Krupatkin A.I.* Dynamic oscillatory circuit of regulation of capillary hemodynamics. *Fiziologiya cheloveka*. 2007; 33 (5): 93–101. [In Russ.].
15. *Schmid-Schönbein H., Ziege S., Grebe R., et al.* Synergetic interpretation of patterned vasomotor activity in microvascular perfusion: Discrete effects of myogenic and neurogenic vasoconstriction as well as arterial and venous pressure fluctuations. *Int J Microcirc Clin Exp*. 1997; 17 (6): 346–359. DOI: 10.1159/000179251
16. *Tyurina M.Y., Krasnikov G.V., Tankanag A.V., et al.* Formation of the respiratory-associated blood flow oscillations in the microvascular bed of the human skin under controlled breath conditions. *Regional Blood Circulation and Microcirculation*. 2011; 3 (39): 31–37. [In Russ.].

## REFERENCES

1. *Parin V.V.* Selected works. Vol 1. *Blood circulation in normal and pathological conditions*. Moscow: Nauka Publ.; 1974. [In Russ.].
2. *Arck P.C., Slominski A., Theoharides T.C., et al.* Neuroimmunology of stress: Skin takes center stage. *J Invest Dermatol*. 2006; 126 (8): 1697–1704. DOI: 10.1038/sj.jid.5700104
3. *Holowatz L.A., Thompson-Torgerson C.S., Kenney W.L.* The human cutaneous circulation as a model of generalized

17. Vorobyeva E.N., Shumakher G.I., Khoreva M.A., Osipova I.V. Endothelial dysfunction – a key factor in atherosclerosis pathogenesis. *Russian Journal of Cardiology*. 2010; 82 (2): 84–91. [In Russ.].
18. Li Y-P., Fan Z-X., Gao J., et al. Influencing factors of vascular endothelial function in patients with non-obstructive coronary atherosclerosis: A 1-year observational study. *BMC Cardiovasc Disord*. 2020; 20 (1): 40. DOI: 10.1186/s12872-020-01326-2
19. Streltsova N.N., Vasilyev A.P., Shipitsyna N.V., et al. Laser doppler flowmetry in revealing specific features of peripheral blood. *Laser Medicine*. 2017; 21 (4): 28–23. [In Russ.].
20. Streltsova N.N., Vasilyev A.P., Bessonov I.S., Kolunin G.V. The microcirculatory changes in patients with intermittent claudication after endovascular restoration of main blood flow of the extremity. *Regional Blood Circulation and Microcirculation*. 2018; 17 (2): 44–50. [In Russ.]. DOI: 10.24884/1682-6655-2018-17-2-42-48
21. Lazarenko V.A., Bobrovskaya E.A. Analysis of microcirculation parameters in patients with the development of restenosis in the area of arterial reconstruction after femoral-popliteal bypass surgery. *Novosti Khirurgii*. 2022; 30 (2): 144–151. [In Russ.]. DOI: 10.18484/2305-0047.2022.2.144
22. Muravyov A.V., Mikhailov P.V., Tikhomirova I.A. Microcirculation and hemorheology: Points of interaction. *Regional Blood Circulation and Microcirculation*. 2017; 16 (2): 90–100. [In Russ.].
23. Hamlin S.K., Benedik P.S. Basic concepts of hemorheology in microvascular hemodynamics. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 2014; 26 (3): 337–344. DOI: 10.1016/j.ccell.2014.04.005
24. Samosyuk I.Z., Yevtushenko S.K., Samosyuk N.I. Basic principles for selection of treatment zones and their rationale for use of physical factors in medical rehabilitation. *International Neurological Journal*. 2012; 54 (8): 112–122. [In Russ.].
25. Vlasova T.I., Petrishchev N.N., Vlasov T.D. Endothelial dysfunction as the typical pathological state. *Regional Blood Circulation and Microcirculation*. 2022; 21 (2): 4–15. [In Russ.]. DOI: 10.24884/1682-6655-2022-21-2-4-15
26. Gorizontova M.P. Dynamics of microcirculatory system recovery in the post-stress period. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 1984; 98 (10): 405–408. [In Russ.].

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

**Сведения об авторах**

**Васильев Александр Петрович** – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения артериальной гипертонии 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>

**Стрельцова Нина Николаевна** – научный сотрудник отделения артериальной гипертонии 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>

**Бессонов Иван Сергеевич** – кандидат медицинских наук, врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения № 1, Тюменский кардиологический научный центр – филиал ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»; e-mail: bessonov@infarkta.net

**Колунин Григорий Владимирович** – кандидат медицинских наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения № 2, Тюменский кардиологический научный центр – филиал ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»; e-mail: angio@infarkta.net

**Information about the authors**

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

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

**Bessonov Ivan** – Cand. Sc. (Med.), Physician of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnostics and Treatment No. 1, Tyumen Cardiology Research Center – Branch of Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences; e-mail: bessonov@infarkta.net

**Kolunin Grigoriy** – Cand. Sc. (Med.), Head of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnostics and Treatment No. 2, Tyumen Cardiology Research Center – Branch of Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences; e-mail: angio@infarkta.net

УДК: 616.5–001.22

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-1-34-38

Оригинальные исследования

# ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СВЕТОПОГЛОЩЕНИЯ ТАТУАЖНЫХ ПИГМЕНТОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

**Е.А. Леонтьев<sup>1,2</sup>, Г.Ю. Стручко<sup>1,2</sup>, В.А. Козлов<sup>1</sup>, А.Л. Федоров<sup>2</sup>, Т.Ю. Леонтьева<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары, Россия<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола, Россия

## Резюме

**Цель:** изучение количественной интенсивности оптической плотности и светопоглощения электромагнитного излучения водным раствором татуажного пигмента в зависимости от его температуры.

**Материалы и методы.** Для исследования отобраны 123 самых распространенных на рынке татуировочных пигмента, из которых было изготовлено 369 образцов водных растворов. Определяли оптическую плотность каждого образца пигмента при температуре 14 и 77 °С. Далее каждый образец подвергался воздействию оптического излучения (IPL ксеноновая лампа импульсного света) при температуре 14 и 77 °С.

**Результаты и обсуждение.** При использовании электромагнитного излучения длиной волны 532 и 1064 нм повышение температуры с 14 до 77 °С увеличило эффективность разрушения татуажного пигмента с 78,27 до 84,37 %.

**Заключение.** Электромагнитное излучение оптического диапазона длиной волны 532 и 1064 нм не может разрушить все татуажные пигменты, при повышении температуры изменяется оптическая плотность растворов, что способствует деструкции красящих веществ.

**Ключевые слова:** татуажный пигмент, светопоглощение, оптическая плотность, температурная зависимость

**Для цитирования:** Леонтьев Е.А., Стручко Г.Ю., Козлов В.А., Федоров А.Л., Леонтьева Т.Ю. Зависимость изменения светопоглощения татуажных пигментов от температуры. *Лазерная медицина*. 2023; 27(1): 34–38. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-34-38>

**Контакты:** Леонтьев Е.А., e-mail: lea737@yandex.ru

# DEPENDENCE OF LIGHT ABSORPTION ON TEMPERATURE CHANGES IN TATTOO PIGMENTS

**Leontiev E.A.<sup>1,2</sup>, Struchko G.Yu.<sup>1,2</sup>, Kozlov V.A.<sup>1</sup>, Fedorov A.L.<sup>2</sup>, Leontyeva T.Yu.<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup> Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia<sup>2</sup> Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia

## Abstract

**Purpose:** to study the quantitative intensity of optical density and light absorption of the electromagnetic radiation with tattoo pigment aqueous solution depending on its temperature.

**Material and methods.** One hundred twenty-three of the most common commercial tattoo pigments were selected for the trial; 369 samples of aqueous solutions were made of them. Optical density of each pigment sample was determined at 14 and 77 °C. Then, each sample was exposed to optical radiation (IPL xenon lamp with pulsed light) at 14 and 77 °C.

**Results and discussion.** Electromagnetic radiation with wavelengths 532 and 1064 nm increased tattoo pigment destruction from 78,27 to 84,37 % under temperature rise from 14 to 77 °C.

**Conclusion.** Electromagnetic radiation of the optical range with wavelengths 532 and 1064 nm cannot destroy all tattoo pigments; however, optical density of solutions changes under temperature rise which promotes destruction of coloring agents.

**Keywords:** tattoo pigment, light absorption, optical density, temperature dependence

**For citations:** Leontiev E.A., Struchko G.Yu., Kozlov V.A., Fedorov A.L., Leontyeva T.Yu. Dependence of light absorption on temperature changes in tattoo pigments. *Laser Medicine*. 2023; 27(1): 34–38. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-34-38>

**Contacts:** Leontyev E.A., e-mail: lea737@yandex.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Существуют различные методы удаления татуажного пигмента в коже, включая эксфолиацию и хирургическое удаление верхних слоев дермы, в которых он расположен [1–11]. Такие способы удаления татуажа используются редко, так как они часто приводят к неудовлетворительным косметическим результатам [3, 11]. Лазерный метод удаления татуировок является в настоящее время самым распространенным, поскольку позволяет удалить татуажный пигмент

максимально безопасным и эффективным способом [2, 3, 12, 13]. При выборе лазера для удаления татуажа следует учитывать не только длину волны, но и другие характеристики, такие как интенсивность излучения и длительность импульса, чтобы достигнуть оптимальных результатов без повреждения здоровых тканей [11]. Эффективность лазерного излучения зависит от многих факторов, таких как цвет пигмента, глубина его пигмента, особенности кожи. Обычно используются лазеры с длиной

волны в диапазоне 532 и 1064 нм, но это не означает, что они эффективны в отношении всех видов татуажа [8, 9]. Татуажный пигмент, как и любой другой, способен поглотить только лазерное излучение с определенными спектральными характеристиками, зависящими от оптико-химических свойств пигмента [8, 9]. Показано, что некоторые пигменты имеют пиковое значение поглощения, отличающееся от характеристик лазеров для косметологии с модулированным коэффициентом добротности [3, 11].

Имеется линейная зависимость между оптической плотностью и толщиной слоя при неизменной концентрации, что является общим правилом, отклонение от которого возникает при непостоянстве температуры [9]. Таким образом, можно предположить, что с повышением температуры пигмента его способность поглощать электромагнитное излучение изменяется. Исходя из этого, представляется целесообразным изучить *in vitro* интенсивность оптической плотности и светопоглощения электромагнитного излучения водным раствором татуажного пигмента в зависимости от температуры с целью оптимизации методики его разрушения в коже.

**Цель исследования:** изучение количественной интенсивности оптической плотности и светопоглощения электромагнитного излучения водным раствором татуажного пигмента в зависимости от его температуры.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовано 123 самых распространенных татуажных пигмента, из которых было изготовлено 369 образцов водных растворов. Представлены все виды пигментов для татуажа: минеральные, растительные и органические. Минеральные пигменты представлены оксидами железа и цинка, растительные – смесями хны и цитрусовых, органические – красителями на основе хлорофилла, каротиноидов и флавоноидов (производители «BioTouch», «TKL», «Lushcolor», «Goochie»). Также исследовали пигменты кустарного и неизвестного происхождения (гелевые чернила, тушь, сажа). В качестве растворителя использована дистиллированная вода. В исследование не включались пигменты, производители которых рекомендуют иной растворитель (спирт, глицерин и сорбитол).

Высокоочищенные сухие пигменты с размером частиц  $10^{-3}$ – $10^{-5}$  см растворяли в дистиллированной воде в концентрации 0,2 мг/мл, затем готовые формы растворов применяли в дозах, рекомендованных производителем. В исследование включались интенсивно окрашенные растворы пигментов при минимальной концентрации вещества и высокой прозрачности раствора. Образцы с признаками окисления, испарения и расслоения раствора из исследования исключались. Для облучения растворы разливали по 6 мл в стандартные кварцевые кюветы толщиной 2 мм («Suprasil, Hellma, 110-QS», Германия), внешние

размеры (В × Ш × Г) – 52 × 12,5 × 3,5 мм. Каждый образец пигмента помещался в три кюветы. На начальном этапе исследования из 123 образцов сухого пигмента было изготовлено 369 образцов водных растворов татуировочных пигментов. Для определения оптической плотности раствора использован спектрофотометр «NachDR». Параметры оптической плотности определялись дважды: при температуре 14 и 77 °С.

В качестве источника излучения была использована IPL ксеноновая лампа 7.65.130 импульсного света с длиной волны от 440 до 1200 нм (в зависимости от поставленной задачи можно использовать часть диапазона). Мощность излучателя – 15–50 Дж/см<sup>2</sup>, межимпульсный промежуток – 0,1–99,9 мс, промежуток субимпульсной модуляции – 0,1–9,9 мс. Меньший поток мощности, по сравнению с лазерным излучением, обеспечивает больший размер пятна (55 × 15 мм). Освещенность измеряли в Вт/м<sup>2</sup>, а суммарную освещенность – в Дж/см<sup>2</sup> (количество света, полученное за временной интервал).

Для расчета длительности облучения применяли формулу:  $T = W / P$ , где  $T$  – время в секундах,  $W$  – энергия, выраженная в джоулях,  $P$  – мощность в ваттах. Ширину полосы поглощения принято характеризовать величиной  $\delta$ , полуширину полосы поглощения измеряют при  $\xi = 1/2\xi_{\max}$ . Максимальная интенсивность поглощения будет в точке  $\xi_{\max}$ , следовательно, при сужении полосы поглощения повышается интенсивность поглощения. Установлено, что для эффективного удаления татуажного пигмента необходимо провести сужение полосы поглощения с 50 %  $\xi_{\max}$  до 13 % от  $\xi_{\max}$  [6].

Для получения излучения с определенной длиной волны использовали светофильтры аппарата КФК-2 (№ 5, 6, 11). Для удаления татуировок чаще всего используется излучение с длиной волны в диапазоне 532–1064 нм. К диапазону 532 нм наиболее близки светофильтры аппарата КФК-2 № 5 (максимум пропускания – 490 ± 10 нм, полуширина полосы пропускания – 35 ± 10 нм) и № 6 (максимум пропускания – 540 ± 10 нм, полуширина полосы пропускания – 25 ± 10 нм), а к диапазону 1064 нм наиболее близок светофильтр аппарата КФК-2 № 11 (максимум пропускания – 980 ± 5 нм, полуширина полосы пропускания – 25 ± 5 нм). Следовательно, пигменты, полоса поглощения которых лежит в области 532 нм, могут быть эффективно разрушены светом, пропущенным светофильтрами аппарата КФК-2 № 5 и 6, а пигменты, полоса поглощения которых лежит в области 1064 нм, могут быть эффективно разрушены светом, пропущенным светофильтрами аппарата КФК-2 № 11. Если полоса поглощения пигментов лежит вне данного диапазона, то для их удаления требуется излучение с иными характеристиками.

Необходимость охлаждения раствора пигмента и светофильтров обусловлена тем, что в исследовании

был использован источник постоянного излучения с интенсивностью 1,5 мВт/см<sup>2</sup>. Время облучения подбиралось таким образом, чтобы доза облучения составила не менее 21,6 Дж/см<sup>2</sup> [3]. При этом необходимая для разрушения пигмента суммарная освещенность 21,6 Дж/см<sup>2</sup> достигается через 240 минут. Мощность излучения в импульсном режиме была настолько велика, что без активного принудительного охлаждения светофильтров температура в пробирке поднималась до закипания раствора. Для изменения температуры пробирок нами был использован термоэлектрический элемент Пельтье «ТЕС1-12706». Данный прибор при подаче электрического тока с одной стороны нагревается, а с другой – охлаждается, что позволяет при необходимости как понизить температуру камеры с пробирками до 14 °С, так и повысить – до 77 °С. Такой режим был выбран в связи с тем, что при температуре ниже 14 °С отмечалось запотевание пробирок, что нарушало эксперимент, а при 80 °С и выше началась реакция разрушения пигмента без воздействия светового излучения.

Оптическая плотность каждого образца определялась дважды: при 14 и 77 °С. Если представленный образец высокоэффективно поглощал излучение с выбранной длиной волны, оптическая плотность окрашивания образца значительно изменялась по сравнению с эталоном (в большинстве случаев регистрировалось снижение плотности, редко – ее повышение или инверсия цвета). Если излучение образцом не поглощалось, то оптическая плотность пигмента не менялась. В этом случае облучался аналогичный пигментный раствор при температуре 77 °С (образец пигмента повторно не использовался и был заменен на аналогичный). В качестве эталона использовали содержащийся в течение всего эксперимента в темноте такой же объем раствора пигмента с той же температурой и концентрацией, что и у исследуемой аликвоты.

Если под воздействием излучения цвет раствора изменялся, то эксперимент обозначался знаком «+»,

если цвет не менялся, то эксперимент был обозначен знаком «–». При этом изменении цвета может быть как осветление и полное обесцвечивание раствора, так и появление более интенсивной окраски. В образце, подвергнутом облучению с длиной волны в диапазоне максимума поглощения, по истечении 4 часов расщеплялось около 80 % от исходного количества пигмента. В отдельных случаях, когда диапазон излучения находился в абсолютном максимуме поглощения, оригинальный цвет был полностью отбелен и в результате получен бесцветный раствор и, напротив, когда длина волны отличалась от максимума поглощения, цвет раствора практически не отличался от эталонного образца.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования определяли оптическую плотность пигментного раствора при 14 и 77 °С. После определения максимальной интенсивности поглощения пигментного раствора соотносили его с ближайшим максимумом светопропускания светофильтра аппарата КФК-2. В случае, если пигментный раствор имел более одного пика  $\xi_{\max}$ , выбирали максимальный. Результаты представлены в таблице 1.

На следующем этапе исследования все образцы разделили на группы, где зарегистрировано полное обесцвечивание раствора, значительное обесцвечивание раствора и отсутствие эффекта при температуре раствора 14 и 77 °С (табл. 2).

Практически полное обесцвечивание раствора было получено в 115 (93,5 %) образцах при температуре раствора 77 °С и у 95 (77,24 %) – при 14 °С. В 3 (2,44 %) образцах при температуре раствора 77 °С и в 14 (11,38 %) – при 14 °С выявлено значительное обесцвечивание раствора. Отсутствие эффекта – в 5 (4,07 %) образцах при температуре раствора 77 °С и в 14 (11,38 %) – при 14 °С. Это показывает, что при повышении температуры расстояние между максимумом поглощения раствора и шириной светопропускания светофильтра может изменяться.

Таблица 1

**Количество случаев наблюдений в зависимости от максимума светопропускания светофильтра при температуре раствора пигмента 14 и 77 °С**

Table 1

**The number of cases of observations depending on the maximum light transmission of the light filter at the temperature of the pigment solution of 14 and 77 °С**

Светофильтр аппарата КФК-2, № <i>The light filter of the KFK-2 device, No.</i>	5	6	11
<b>Максимум пропускания, нм</b> <i>Maximum transmission, nm</i>	490 ± 10	540 ± 10	980 ± 5
<b>Ширина полосы пропускания, нм</b> <i>Bandwidth, nm</i>	35 ± 10	25 ± 10	25 ± 5
<b>Количество случаев наблюдения при температуре раствора пигмента 14 °С</b> <i>Number of cases observed at the temperature of the pigment solution 14 °С</i>	8 (6,5 %)	49 (39,84 %)	66 (53,66 %)
<b>Количество случаев наблюдения при температуре раствора пигмента 77 °С</b> <i>Number of cases observed at the temperature of the pigment solution 77 °С</i>	7 (5,69 %)	51 (41,46 %)	65 (52,85 %)

Таблица 2

## Результат облучения пигментов при температуре 14 и 77 °С

Table 2

## The result of irradiation of pigments at a temperature of 14 and 77 °C

Результат Result	Полное обесцвечивание раствора Complete discoloration of the solution	Значительное обесцвечивание раствора Significant discoloration of the solution	Отсутствие эффекта No effect
Количество случаев наблюдения при температуре раствора пигмента 14 °С <i>Number of cases observed at the temperature of the pigment solution 14 °C</i>	95 (77,24 %)	14 (11,38 %)	14 (11,38 %)
Количество случаев наблюдения при температуре раствора пигмента 77 °С <i>Number of cases observed at the temperature of the pigment solution 77 °C</i>	115 (93,5 %)	3 (2,44 %)	5 (4,07 %)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электромагнитное излучение оптического диапазона длиной волны 532 и 1064 нм не может разрушить все татуажные пигменты, при повышении температуры изменяется оптическая плотность растворов, что способствует деструкции красящих веществ.

## ЛИТЕРАТУРА

- Баграташвили В.Н., Баграташвили Н.В., Игнатьева Н.Ю. и др. Структурные изменения в соединительных тканях при умеренном лазерном нагреве. *Квантовая электроника*. 2002; 32 (10): 913–916. DOI: 10.1070/QE2002v032n10ABEH002316
- Елисеенко И.А., Струц С.Г., Лукинов В.Л., Ступак В.В. Факторы, влияющие на развитие рецидивов и продолженный рост первичных экстрамедуллярных опухолей, удаленных с использованием неодимового лазера. *Хирургия позвоночника*. 2021; 18 (4): 91–100. DOI: 10.14531/ss2021.4.91-100
- Микрюков В.А. Значение охлаждения кожи после лазерного воздействия на пигмент татуировки. *Лазеры в науке, технике, медицине: сборник научных трудов XXXI Международной конференции*. Под ред. В.А. Петрова. М.: Московское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова; 2020: 168–172.
- Москвин С.В. Можно ли заменить лазеры для терапии не лазерными источниками света? *Аппаратная косметология*. 2018; 1–2: 100–109.
- Мухин А.С., Леонтьев Е.А. Деструкция поверхностного слоя эпидермиса увеличивает глубину проникновения лазерного излучения в биологические ткани. *Врач-аспирант*. 2017; 81 (2): 75–81.
- Мухин А.С., Леонтьев Е.А. Оптимизация оптико-физических характеристик селективного фототермолиза. *Врач-аспирант*. 2017; 83 (4): 84–90.
- Морозова Е.А., Топольницкий О.З., Елисеенко В.И., Корнильев М.Н. Результаты гистологического исследования влияния лазерного излучения в режиме селективного фототермолиза на сосудистые поражения. *Эксперимент. Российский стоматологический журнал*. 2017; 21 (5): 237–241. DOI: 10.18821/1728-2802-2017-21-5-237-241
- Авраменко С.В., Ступин И.В. Устройство коагуляции тканей: Патент № 2100013 Рос. Федерация; МПК

6A61B17/39. № 95104929/14; заявл. 11.04.1995; опубл. 27.12.1997. 1997.

- Березина Н.М. Физико-химические методы анализа (фотометрия и турбидиметрия). Учебное пособие. Иваново; 2018.
- Чехлова Т.К. Физика лазеров: основные типы лазеров, особенности их работы и конструкции. М.: Российский университет дружбы народов (РУДН); 2019.
- Ma Y., Li X., Yan R., et al. Comparison between tape casting YAG:Nd:YAG/YAG and Nd:YAG ceramic lasers. *Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, CLEO-PR 2017*. Singapore; 2017: 1–3. DOI: 10.1109/CLEOPR.2017.8118599
- Marbach R., Heise H.M. Optical diffuse reflectance accessory for measurements of skin tissue by near-infrared spectroscopy. *Applied Optics*. 1995; 34 (4): 610–621.
- Verdel N., Lukač M., Majaron B. Characterization of tattoos in human skin using pulsed photothermal radiometry and diffuse reflectance spectroscopy. *Progress in Biomedical Optics and Imaging*. San Francisco; 2020: 112110X. DOI: 10.1117/12.2545606

## REFERENCES

- Bagratashvili V.N., Bagratashvili N.V., Ignatieva N.Yu., et al. Structural changes in connective tissues under moderate laser heating. *Quantum electronics*. 2002; 32 (10): 913–916. [In Russ.]. DOI: 10.1070/QE2002v032n10ABEH002316
- Eliseyenko I.A., Struts S.G., Lukinov V.L., Stupak V.V. Factors influencing the development of relapses and continued growth of primary extramedullary tumors removed using a neodymium laser. *Hirurgia Pozvonochnika*. 2021; 18 (4): 91–100. [In Russ.]. DOI: 10.14531/ss2021.4.91-100
- Mikryukov V.A. The value of skin cooling after laser exposure to tattoo pigment. *Lazery v nauke, tekhnike, meditsine: sbornik nauchnykh trudov XXXI Mezhdunarodnoy konferentsii*. Ed. by V.A. Petrov. Moscow: Moscow Scientific and Technical Society of Radio Engineering, Electronics and Communications named after A.S. Popov; 2020: 168–172. [In Russ.].
- Moskvin S.V. Is it possible to replace lasers for therapy with non-laser light sources? *Apparatnaya kosmetologiya*. 2018; 1–2: 100–109. [In Russ.].
- Mukhin A.S., Leontyev E.A. Destruction of the surface layer of the epidermis increases the depth of penetration of laser

- radiation into biological tissues. *Postgraduate doctor*. 2017; 81 (2): 75–81. [In Russ.].
6. *Mukhin A.S., Leontyev E.A.* Optimization of optical and physical characteristics of selective photothermolysis. *Postgraduate doctor*. 2017; 83 (4): 84–90. [In Russ.].
  7. *Morozova E.A., Topolnitskiy O.Z., Eliseenko V.I., Kornilyev M.N.* Results of histological study of the effect of laser radiation in the mode of selective photothermolysis on vascular lesions. *Experiment. Russian Journal of Dentistry*. 2017; 21 (5): 237–241. [In Russ.]. DOI: 10.18821/1728-2802-2017-21-5-237-241
  8. *Avramenko S.V., Stupin I.V.* Tissue coagulation device. Patent No. 2100013 of the Russian Federation; 1997. [In Russ.].
  9. *Berezina N.M.* Physico-chemical methods of analysis (photometry and turbidimetry). Study guide. Ivanovo; 2018. [In Russ.].
  10. *Chekhlova T.K.* Laser physics: the main types of lasers, features of their operation and design. Moscow: Peoples' Friendship University of Russia (RUDN); 2019. [In Russ.].
  11. *Ma Y., Li X., Yan R., et al.* Comparison between tape casting YAG:Nd:YAG/YAG and Nd:YAG ceramic lasers. *Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, CLEO-PR 2017*. Singapore; 2017: 1–3. DOI: 10.1109/CLEOPR.2017.8118599
  12. *Marbach R., Heise H.M.* Optical diffuse reflectance accessory for measurements of skin tissue by near-infrared spectroscopy. *Applied Optics*. 1995; 34 (4): 610–621.
  13. *Verdel N., Lukač M., Majaron B.* Characterization of tattoos in human skin using pulsed photothermal radiometry and diffuse reflectance spectroscopy. *Progress in Biomedical Optics and Imaging*. San Francisco; 2020: 112110X. DOI: 10.1117/12.2545606

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Сведения об авторах

**Леонтьев Евгений Анатольевич** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной и топографической анатомии с оперативной хирургией,

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»; ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; e-mail: lea737@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7406-2074>

**Стручко Глеб Юрьевич** – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой нормальной и топографической анатомии с оперативной хирургией, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»; профессор кафедры анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0549-5116>

**Козлов Вадим Авенирович** – доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, профессор кафедры медицинской биологии с курсом микробиологии и вирусологии, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»; e-mail: pooh12@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7488-1240>

**Федоров Алексей Леонидович** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры фундаментальной медицины, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; e-mail: alex-doctor74@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1019-1774>

**Леонтьева Татьяна Юрьевна** – ассистент кафедры анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»; ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2591-2447>

#### Information about the authors

**Leontiev Evgenij** – Cand. Sc. (Med.), Associate Professor of the Department of Anatomy, Topographic Anatomy and Operative Surgery, Ulyanov Chuvash State University; Mari State University; e-mail: lea737@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7406-2074>

**Struchko Gleb** – Dr. Sc. (Med.), Head of the Department of Normal and Topographic Anatomy with Operative Surgery, Ulyanov Chuvash State University; Professor of the Department of Anatomy, Topographic Anatomy and Operative Surgery, Mari State University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0549-5116>

**Kozlov Vadim** – Dr. Sc. (Biol.), Cand. Sc. (Med.), Professor of the Department of Medical Biology with a course in Microbiology and Virology, Ulyanov Chuvash State University; e-mail: pooh12@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7488-1240>

**Fedorov Alexey** – Cand. Sc. (Med.), Associate Professor of the Department of Fundamental Medicine, Mari State University; e-mail: alex-doctor74@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1019-1774>

**Leontyeva Tatyana** – Teaching Assistant of the Department of Anatomy, Topographic Anatomy and Operative Surgery, Ulyanov Chuvash State University; Mari State University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2591-2447>

УДК: 616.315.2:621.373.826

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-1-39-45

Оригинальные исследования

# АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИКИ ЛАЗЕРНОЙ СКУЛЬПТУРНОЙ УВУЛОПАЛАТОПЛАСТИКИ ПРИ РОНХОПАТИИ И СИНДРОМЕ ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА

**В.Б. Князьков<sup>1</sup>, Э.Н. Праздников<sup>2</sup>, Н.А. Дайхес<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Клиника реабилитации в Хамовниках, Москва, Россия<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России, Москва, Россия<sup>3</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

## Резюме

**Цель:** изучение анатомо-физиологических особенностей мягкого неба у больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна для минимизации повреждения тканевых структур при лазерной увулопалатопластике.

**Материалы и методы.** Обследовано 523 больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна с помощью индексного метода определения отношения диаметра окружности к показателю длины (высоты) шеи, фарингоскопии и эндоскопии полостей рта и глотки.

**Результаты.** Синдром обструктивного апноэ сна чаще наблюдается у больных ронхопатией с брахиморфным и мезоморфным типом шеи. Выявлена четкая закономерность увеличения количества больных ронхопатией со средней и тяжелой степенью синдрома обструктивного апноэ сна по мере увеличения гипертрофии мягкого неба в сочетании с его птозом. Наличие конусовидного углубления на передней поверхности мягкого неба отмечено у 80–90 % больных с нормальным весом (индекс массы тела < 25), у 40–60 % больных с ожирением I степени (индекс массы тела – 30–34,9), у 10–15 % больных с ожирением II степени (индекс массы тела – 35–39,9), у больных с ожирением III степени (индекс массы тела > 40) это углубление отсутствует. Размеры утолщения в виде подушки на задней поверхности мягкого неба варьируют от 1 × 0,5 × 0,5 см у больных с неосложненным храпом до 2 × 1,5 × 1 см у больных с тяжелой степенью синдрома обструктивного апноэ сна.

**Заключение.** Эффективность лазерной увулопалатопластики зависит не только от адекватного выбора основных параметров применяемого лазерного излучения, но и от тщательного учета анатомо-функциональных особенностей мягкого неба каждого оперируемого больного ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна.

**Ключевые слова:** ронхопатия, синдром обструктивного апноэ сна, мягкое небо, лазерная увулопалатопластика

**Для цитирования:** Князьков В.Б., Праздников Э.Н., Дайхес Н.А. Анатомо-физиологическое обоснование техники лазерной скульптурной увулопалатопластики при ронхопатии и синдроме обструктивного апноэ сна. *Лазерная медицина*. 2023; 27(1): 39–45. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-39-45>

**Контакты:** Князьков В.Б., e-mail: v.b.knyazkov@mail.ru

## ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL JUSTIFICATION OF LASER SCULPTURAL UVULOPALATOPLASTY IN RHONCHOPATHY AND OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA SYNDROME

**Knyazkov V.B.<sup>1</sup>, Prazdnikov E.N.<sup>2</sup>, Daikhes N.A.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Rehabilitation Clinic in Khamovniki, Moscow, Russia<sup>2</sup> A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia<sup>3</sup> National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

## Abstract

**Purpose:** to study anatomical and physiological features of the soft palate in patients with rhonchopathy and obstructive sleep apnea (OSA) syndrome so as to minimize damage to tissue structures during laser uvulopalatoplasty.

**Material and methods.** Five hundred twenty-three patients with rhonchopathy and OSA syndrome were examined using the index technique for determining neck circumference-height ratio (NHR), pharyngoscopy and endoscopy of the oral and pharyngeal cavities.

**Results.** Obstructive sleep apnea syndrome is more often met in patients having rhonchopathy and the brachymorphic and mesomorphic type of their neck. The researchers have found a clear dependence between the increase in the number of patients having rhonchopathy and moderate and severe obstructive sleep apnea syndrome and the increase of soft palate hypertrophy combined with ptosis. A cone-shaped depression on the anterior surface of the soft palate was noted in 80–90 % of patients with normal weight (body mass index < 25); in 40–60 % of patients with grade I obesity (body mass index – 30–34.9); in 10–15 % of patients with grade II obesity (body mass index – 35–39.9); in patients with grade III obesity (body mass index > 40) there were no any depression in the soft palate. Patients with uncomplicated snoring have a thick area in the form a pillow at the back of their soft palate sized 1 × 0.5 × 0.5 cm, while in patients with severe OSA syndrome this “pillow” is up to 2 × 1.5 × 1 cm.

**Conclusion.** The effectiveness of laser uvulopalatoplasty depends not only on the adequate choice of main parameters for laser irradiation, but also on the careful consideration of anatomical and functional features of the soft palate in each operated patient with rhinopathy and obstructive sleep apnea syndrome.

**Keywords:** rhinopathy, obstructive sleep apnea syndrome, soft palate, laser uvulopalatoplasty

**For citations:** Knyazkov V.B., Prazdnikov E.N., Daikhes N.A. Anatomical and physiological justification of laser sculptural uvulopalatoplasty in rhinopathy and obstructive sleep apnea syndrome. *Laser Medicine*. 2023; 27(1): 39–45. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-39-45>

**Contacts:** Knyazkov V.B., e-mail: v.b.knyazkov@mail.ru

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большинство специалистов, занимающихся лечением больных ринхопатией (РП) и синдромом обструктивного апноэ сна (СОАС), отмечают, что избавление от храпа не может быть осуществлено без хирургического удаления участков слизистой оболочки и структур подслизистого слоя, находящихся в состоянии воспалительного отека и гипертрофии мягкого неба (МН) [1, 2].

Изучение литературы, посвященной вопросам развития методов хирургического вмешательства на МН в лечении больных РП и СОАС, позволяет утверждать, что основной задачей как первых традиционных операций [3, 4] и лазерных хирургических вмешательств [5, 6], так и всех последующих модификаций этих операций было устранение патологической вибрации небной занавески, вызывающей храп и эпизоды остановки дыхания у спящего человека. При этом хирурги, пытаясь усилить ригидность и/или ограничить подвижность небной занавески, травмировали не только слизистую оболочку и подслизистый слой МН, но и сухожильно-мышечную пластинку. Длительное течение посттравматического воспалительного процесса провоцировало развитие рубцов и дистрофии тканей небной занавески, что существенно нарушало ее функцию

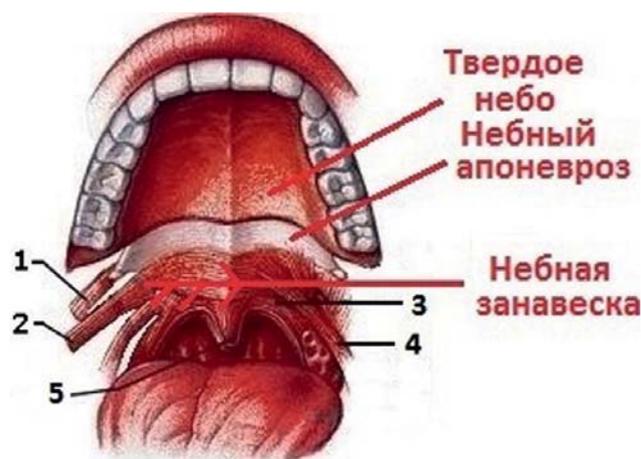
и неизбежно вело к изменению фонации, затруднению дыхания и глотания, а также развитию рецидива заболевания с еще более тяжелым клиническим течением, чем это имело место до операции. Все послеоперационные морфофункциональные нарушения МН, как правило, имели необратимый характер и обуславливали тенденцию к их прогрессивному развитию [7].

Недостаточная эффективность традиционных хирургических вмешательств на МН у больных РП и особенно СОАС средней или тяжелой степени обусловлена, прежде всего, хирургической травмой мышц МН, а лазерных вмешательств – использованием лазерного излучения (ЛИ) необоснованно высокой мощности и нарушением техники удаления патологически измененных тканей. При этом площадь и глубина операционной травмы практически пропорционально усугубляют клиническое течение и длительность посттравматического процесса, что в свою очередь затрудняет заживление операционных ран и способствует развитию рубцовой ткани, наличие которой является причиной нарушения сухожильно-мышечного апоневроза и, как следствие, состояния МН.

Становится очевидным, что соблюдение максимальной сохранности анатомической целостности структур сухожильно-мышечной пластинки МН лежит в основе полноценного восстановления ее функции и, следовательно, стойкого выздоровления больного с надежной профилактикой рецидива заболевания. Именно это побуждает специалистов к продолжению поисков новых, менее травмирующих методов увуллопалатопластики (УПП), а в качестве главного направления поиска преимущественно рассматриваются методы УПП с применением излучения углекислотного лазера, направленные на оптимизацию характеристик и параметров ЛИ, а также способов его непосредственного воздействия на патологически измененные ткани небной занавески при минимальной травматизации тканевых структур МН.

Осложнения и неудачные результаты лазерной увуллопалатопластики (ЛУПП), на наш взгляд, обусловлены не только неадекватным выбором основных параметров и характеристик ЛИ, применяемого для осуществления этой операции, но и некорректным его воздействием на оперируемые ткани что, очевидно, происходит при недостаточном учете анатомофункциональных особенностей МН (рис. 1).

Сокращение мышц МН изменяет его пространственное положение и обеспечивает дозированный



**Рис. 1.** Твердое небо, небный апоневроз и небная занавеска (вид спереди после удаления слизистой оболочки ротовой поверхности мягкого неба): 1 – *m. tensor veli palatini*, 2 – *m. levator veli palatini*, 3 – *m. palatopharyngeus*, 4 – *m. palatoglossus*, 5 – *m. uvulae*

**Fig. 1.** Hard palate, palatine aponeurosis and palatine curtain (front view after removal of the mucous membrane of the oral surface of the soft palate): 1 – *m. tensor veli palatini*, 2 – *m. levator veli palatini*, 3 – *m. palatopharyngeus*, 4 – *m. palatoglossus*, 5 – *m. uvulae*

подъем небной занавески вплоть до ее полного при-  
мыкания к задней стенке глотки, отделяя при этом по-  
лость носоглотки от полости ротоглотки (рис. 2).

Любая из пяти парных мышц МН имеет четко опре-  
деленную функцию, частичная или полная потеря  
которой отражается на клинической картине после-  
операционных осложнений и определяет результат  
хирургического вмешательства. Механическое, тер-  
мическое или любое другое повреждение даже одной  
из этих мышц или ее сухожилия в процессе выполне-  
ния традиционной УПП или ЛУПП неизбежно сопро-  
вождается стойкими функциональными нарушениями  
не только этой отдельной мышцы [8–11], но и всей  
сухожильно-мышечной пластинки в целом, что при-  
водит к нарушению фонации, глотания и усилению  
храпа [12].

Последствия механического и/или термического  
повреждения каждой из мышц, формирующих сухо-  
жильно-мышечную пластинку МН, представлены в та-  
блице 1.

Из этого следует, что учет анатомо-функциональ-  
ных особенностей МН необходим хирургу, выполня-  
ющему оперативное вмешательство у больных РП  
и СОАС.

**Цель исследования:** изучение анатомо-физи-  
ологических особенностей мягкого неба у больных  
рнхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна  
для минимизации повреждения тканевых структур  
при лазерной увулопалатопластике.

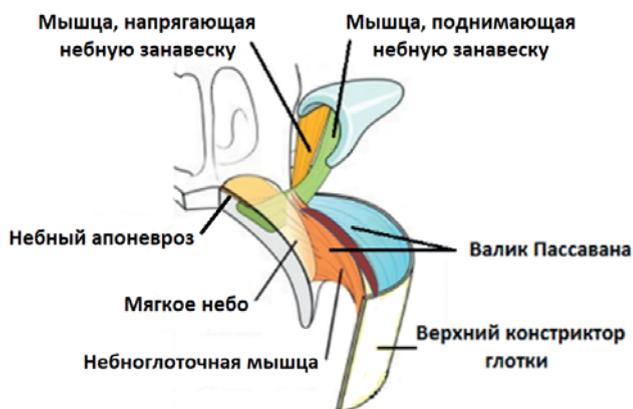


Рис. 2. Механизм запирающей функции мягкого неба

Fig. 2. Mechanism of the locking function of the soft palate

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу работы положен анализ результатов обследо-  
вания с целью выявления анатомо-физиологических  
особенностей и патоморфологических изменений МН  
у 523 больных за период с 2011 по 2020 г., обративших-  
ся для лечения по поводу РП и СОАС. Исследование  
одобрено Межвузовским Комитетом по этике (выписка  
из протокола № 12–22 от 15.12.2022).

Осмотр полостей рта и глотки и эндоскопиче-  
ское исследование с помощью аппарата «Otopront»  
проводили по стандартной методике. Для изучения  
корреляции формы шеи с размерами МН прово-  
дили измерения длины (высоты) шеи (расстояние

Таблица 1

Последствия механического и/или термического повреждения мышц, формирующих сухожильно-мышечную пластинку мягкого неба

Table 1

#### Consequences of mechanical and/or thermal damage to muscles forming the soft palate tendon-muscle plate

Название мышцы <i>The name of the muscle</i>	Результат повреждения <i>Result of the damage</i>
Мышца, напрягающая мягкое небо <i>Muscle straining the soft palate</i>	Смещение мягкого неба вниз и вперед. Сопровождается снижением оксигенации крови, увеличением подвижности тела во сне, дневной сонливостью <i>Displacement of soft palate down and forward; accompanied with decreased blood oxygenation, increased body mobility during sleep and daytime drowsiness</i>
Мышца, поднимающая мягкое небо <i>Muscle elevating the soft palate</i>	Потеря тонуса и увеличение птоза мягкого неба <i>Loss of tone and increased ptosis of soft palate</i>
«Сфинктер глотки»: небно-язычная мышца, мышца язычка, поперечная мышца языка <i>“Pharyngeal sphincter”: palatine lingual muscle, tongue muscle, transverse tongue muscle</i>	Нарушение первой фазы глотания: фрагментации пищевого комка и продвижения его в ротоглотку <i>Disorders in the first phase of swallowing: fragmentation of food lump and its promotion into the oropharynx</i>
Небно-глоточная мышца <i>Palatopharyngeal muscle</i>	Неполное смыкание мягкого неба с задней стенкой глотки, развитие небно-глоточной недостаточности, попадание пищи в носоглотку <i>Incomplete closure of soft palate with the back wall of the pharynx, development of palatopharyngeal insufficiency, penetration of food into the nasopharynx</i>
Мышца язычка <i>Muscle of the uvula</i>	Нарушение фонации и закрытия носоглотки при глотании за счет неполного примыкания мягкого неба к валику Пассавана при глотании, носовой алиментарный рефлюкс, ринофония <i>Phonation violations and nasopharynx closure when swallowing due to incomplete adjunction of soft palate to Passavan roller when swallowing, nasal alimentary reflux, rhinophonia</i>

между подбородочной и верхне-грудинной точками) и окружности у точек ее основания. Индексный метод определения отношения диаметра окружности к показателю длины (высоты) шеи позволяет определить типы анатомического строения шеи: брахиморфный, характерный для больных с короткой и толстой шеей; долихоморфный, характерный для больных с длинной и худой шеей; и средний – мезоморфный.

Статистический анализ и визуализация полученных данных проводились с использованием среды для статистических вычислений «R 4.2.1» (R Foundation for Statistical Computing, Австрия). Описательные статистики представлены в виде наблюдаемого числа наблюдений (относительная частота) для качественных переменных и среднего (стандартная ошибка средней) – для количественных. Для изучения ассоциации категориальных переменных использовался тест  $\chi^2$  Пирсона и точный тест Фишера, в качестве меры силы связи при анализе таблиц сопряженности использовалась V-статистика Крамера (с соответствующим 95%-ным доверительным интервалом). Для сравнения количественных переменных использовался t-тест Уэлча. Корреляционный анализ порядковых переменных проводили с использованием рангового коэффициента корреляции  $r_b$  Кендалла (с соответствующим 95%-ным доверительным интервалом). Ассоциацию считали статистически значимой при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно исследованиям В.Н. Шевкуненко [13], анатомическая форма шеи человека, а именно длина (высота) и величина ее окружности, в значительной мере определяет анатомо-топографические особенности заключенных в шее органов. Так, у больных с короткой и толстой шеей (брахиморфный тип), МН и его язычок более широкие и укороченные. При этом

язычок при нормальном состоянии небной занавески, то есть при отсутствии отека ее слизистой оболочки, не достигает поверхности корня языка. У больных с длинной шеей (долихоморфный тип) небный язычок и МН удлинены, а дистальная часть язычка практически лежит на верхней поверхности корня языка. При наличии отека слизистой оболочки нижней трети МН это прилегание становится более выраженным и плотным.

В наших наблюдениях брахиморфный тип шеи имел место у 113 больных РП и СОАС мужчин (окружность шеи –  $44 \pm 0,7$  см), и у 62 больных РП и СОАС женщин (окружность шеи –  $41 \pm 0,4$  см;  $p = 0,0003$ ), что составило 21,6 и 11,9 % соответственно ( $p = 0,0191$ ). Мезоморфный тип шеи определен у 198 больных РП и СОАС мужчин (окружность шеи –  $42 \pm 0,5$  см) и у 131 больных РП и СОАС женщин (окружность шеи –  $38 \pm 0,8$  см;  $p < 0,0001$ ), что составило 37,9 и 25,0 % соответственно ( $p = 0,0821$ ). Долихоморфный тип шеи определен у 12 больных РП и СОАС мужчин (окружность шеи –  $39 \pm 0,3$  см) и у 7 больных РП и СОАС женщин (окружность шеи –  $37 \pm 0,6$  см;  $p = 0,0153$ ), что составило 2,3 и 1,3 % соответственно ( $p = 0,6443$ ). В таблице 2 представлено распределение больных с брахиморфным, мезоморфным и долихоморфным типами анатомического строения шеи в зависимости от клинической выраженности РП и СОАС, определенной на основании данных, полученных в процессе применения методов уточняющей диагностики.

Очевидно, что СОАС чаще наблюдается у больных с брахиморфным и мезоморфным типом шеи. При фарингоскопии у всех 523 обследованных пациентов РП и СОАС обращали внимание на наличие у них гипертрофии иптоза МН, причем у подавляющего большинства имелась гипертрофия, в значительном

Таблица 2

**Распределение больных с различными типами анатомического строения шеи в зависимости от клинической выраженности ринхопатии и синдрома обструктивного апноэ сна**

Table 2

**Distribution of patients by different types of neck anatomical structure depending on clinical severity of rhonchopathy and obstructive sleep apnea syndrome**

Конституциональный тип шеи больного <i>Constitutional type of patient's neck</i>	Количество больных <i>Number of patients</i>					
	Неосложненная ринхопатия <i>Uncomplicated rhonchopathy</i>	Синдром обструктивного апноэ сна, степень <i>Obstructive sleep apnea syndrome, degree</i>			<i>p</i>	<i>n</i>
		Легкая <i>Mild</i>	Средняя <i>Moderate</i>	Тяжелая <i>Severe</i>		
Брахиморфный <i>Brachymorphic</i>	78	65	22	10	0,9228	175
Мезоморфный <i>Mesomorphic</i>	151	112	44	22	0,902	329
Долихоморфный <i>Dolichomorphic</i>	8	7	3	1	0,9429	19
<b>Итого <i>Total</i></b>	237	286			–	523

Таблица 3

**Распределение больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна в зависимости от наличия гипертрофии, птоза мягкого неба и их сочетания**

Table 3

**Distribution of patients with rhonchopathy and obstructive sleep apnea syndrome depending on hypertrophy, soft palate ptosis and their combination**

Заболевания мягкого неба <i>Soft palate disorders</i>	Количество больных <i>Number of patients</i>				<i>p</i>	<i>n</i>
	Неосложненный храп <i>Uncomplicated snoring</i>	Синдром обструктивного апноэ сна, степень <i>Obstructive sleep apnea syndrome, degree</i>				
		Легкая <i>Mild</i>	Средняя <i>Moderate</i>	Тяжелая <i>Severe</i>		
Гипертрофия <i>Hypertrophy</i>	174 (33,3 %)	119 (22,8 %)	47 (8,9 %)	5 (0,9 %)	< 0,0001	345 (65,9 %)
Птоз <i>Ptosis</i>	63 (12,1 %)	52 (9,9 %)	0	0	< 0,0001	115 (22,0 %)
Гипертрофия и птоз <i>Hypertrophy and ptosis</i>	0	13 (2,5 %)	22 (4,2 %)	28 (5,4)	< 0,0001	63 (12,1 %)
<b>Итого</b> <b>Total</b>	237 (45,4 %)	286 (54,6 %)			–	523 (100 %)

количестве – птоз, а также нередко их сочетание, что представлено в таблице 3.

Нами установлена статистически значимая связь СОАС с гипертрофией, птозом МН или их сочетанием (V-статистика Крамера – 0,48; 95% ДИ: 0,42–0,54;  $p < 0,0001$ ). Как следует из таблицы 3, гипертрофия МН при отсутствии его птоза встречалась у 345 человек (65,9 % от общего количества обследованных больных РП и СОАС), из них с неосложненным храпом – у 174 (33,3 %), с СОАС легкой степени – у 119 (22,8 %), средней степени – у 47 (8,9 %), тяжелой степени – у 5 (0,9 %).

Птоз МН при отсутствии его гипертрофии был выявлен у 115 человек (22,0 % от общего количества обследованных больных РП и СОАС), из них с неосложненным храпом – у 63 (12,1 %), с СОАС легкой степени – у 52 (9,9 %), а у больных с СОАС средней и тяжелой степени он не встречался. Гипертрофия в сочетании с птозом МН отсутствовала у больных с неосложненным храпом, но была выявлена у 13 (2,5 %) больных с СОАС легкой степени, у 22 (4,2 %) больных – с СОАС средней степени и у 28 (5,4 %) больных – с СОАС тяжелой степени. При этом отмечена четкая закономерность увеличения количества больных РП со средней и, тем более, тяжелой степенью СОАС по мере увеличения гипертрофии МН в сочетании с его птозом.

При фарингоскопии обращали внимание на наличие или отсутствие конусовидного углубления (точка Камами) на передней поверхности МН. По нашим наблюдениям, наличие этого углубления имело место у 80–90 % больных РП и СОАС с нормальным весом (индекс массы тела (ИМТ) < 25), у 40–60 % больных РП и СОАС с ожирением I степени (ИМТ – 30–34,9), у 10–15 % больных РП и СОАС с ожирением

II степени (ИМТ – 35–39,9), а у больных РП и СОАС с ожирением III степени (ИМТ > 40) это углубление не наблюдали.

У всех обследованных больных на задней поверхности МН выше основания язычка наблюдали небольшое утолщение в виде подушки, размеры которой варьировали от 1 × 0,5 × 0,5 см у больных с неосложненным храпом до 2 × 1,5 × 1 см у больных с тяжелой степенью СОАС. Это утолщение, покрытое гладкой и более бледной по сравнению с другими отделами задней поверхности МН слизистой оболочкой, объединяет 4 пары мышц МН, а мышца язычка стабилизирует функцию этих мышечных пар для напряжения, приподнимания и смещения МН кзади. Во время глотания или речи именно на уровне этого утолщения осуществляется максимальное примыкание МН к валику Пассавана на задней стенке глотки для отделения носоглотки от ротоглотки. Повреждение этого участка МН неизбежно приводит к нарушению запирающей функции небной занавески.

Нами разработан и использован в лечении 309 больных РП и СОАС метод лазерной скульптурной увулопалатопластики (ЛСУПП) [14], основу которого составляет применение высокоэнергетического ЛИ, воздействующего на поверхность патологически измененных тканей с целью их испарения в режиме «Superpuls», подразумевающим генерацию излучения суперкороткими импульсами, при мощности излучения 2–5 Вт с использованием сканирующей установки. Выбранный режим позволяет осуществлять послойное удаление патологически измененной слизистой оболочки и структур подслизистого слоя, оказывая минимальное термическое воздействие на окружающие и подлежащие испарению ткани. Минимизация травматического воздействия во время операции

обуславливает более короткое течение посттравматического воспалительного процесса, чем при традиционных хирургических вмешательствах на тканях небной занавески, что в свою очередь не только оптимизирует интенсивность и длительность послеоперационного воспаления оперируемых тканей, но и способствует заживлению раневой поверхности преимущественно путем реституции. Последнее является залогом сохранения функциональных способностей сухожильно-мышечного апоневроза МН, что в свою очередь является надежной профилактикой возникновения послеоперационных осложнений даже у больных с СОАС средней и тяжелой степени.

Изменяя в процессе осуществления ЛСУПП площадь лазерного воздействия на поверхности конкретного фрагмента МН и скорость перемещения луча по его поверхности, хирург получает удобный способ управления процессом лазерного испарения патологически измененных тканей небной занавески при гарантированном минимальном тепловом повреждении тканей краев раны. Крайне важным является наличие возможности дифференцированного выбора параметров лазерного воздействия для осуществления лазерной вапоризации патологически измененных тканей. Перемещая при этом лазерный луч по всей поверхности патологически измененного участка слизистой оболочки МН и его язычка и регулируя фокусное расстояние, позволяющее концентрировать энергию в количестве, оптимальном только для испарения тканевого фрагмента, максимально ограничивая процесс коагуляции тканей края раны, хирург получает реальную возможность послойного удаления тканей при непосредственном визуальном контроле глубины раневого дефекта, оставляя при этом неповрежденными структуры сухожильно-мышечной пластинки.

Такая техника лазерного удаления патологически измененных тканей МН и его язычка нашла отражение в названии данного метода операции – «лазерная скульптурная увулопалатопластика» (по аналогии с понятием «скульптура» от латинского *sculpro* – «вырезаю», «высекаю» – вид изобразительного пластического искусства, при котором в процессе работы мастер высекает или удаляет лишние слои из исходного цельного блока).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективность лазерной увулопалатопластики зависит не только от адекватного выбора основных параметров применяемого лазерного излучения, но и от тщательного учета анатомо-функциональных особенностей мягкого неба каждого оперируемого больного ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лопатин А.С., Бузунов Р.В., Смушко А.М. и др. Храп и синдром обструктивного апноэ во сне. *Российская ринология*. 1998; 4: 17–33.
2. Franklin K.A., Hokmgren P.A., Jönsson F., et al. Snoring, pregnancy-induced hypertension, and growth retardation of the fetus. *Chest*. 2000; 117 (1): 137–141. DOI: 10.1378/chest.117.1.137
3. Ikematsu T. Study of snoring, 4th report: Therapy. *J Jpn Otorhinolaryngol*. 1964; 64: 434–435.
4. Fujita S., Conway W., Zorick F., Rot T. Surgical correction of anatomical abnormalities of obstructive sleep apnea syndrome: uvulopalatopharyngoplasty. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1981; 89 (6): 923–934. DOI: 10.1177/019459988108900609
5. Carenfelt C. Laser uvulopalatopharyngoplasty in treatment of habitual snoring. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1991; 100 (6): 451–454. DOI: 10.1177/000348949110000604
6. Kamami Y.V. Laser CO<sub>2</sub> for snoring. Preliminary results. *Acta Otorhinolaryngol Belg*. 1990; 44 (4): 451–456.
7. Wischhusen J., Qureshi U., Camacho M. Laser-assisted uvulopalatoplasty (LAUP) complications and side effects: A systematic review. *Nat Sci Sleep*. 2019; 11: 59–67. DOI: 10.2147/NSS.S178540
8. Lerault P., Chevallier H., Attias E., et al. Anatomie du voile, incidences therapeutiques dans le traitement du ronflement. *Paris: Les monographies du CCA Wagram*. 1993: 8–32.
9. Dauber W. Feneis Anatomisches Bilderwörterbuch. Stuttgart, New York: Thieme; 1988: 114–117.
10. Riga T. Anatomie topografica, Chirurgie experimental operatorie. Zweiter Band. Bucuresti: L.M.F.; 1958: 123–125, 341–348.
11. Schafer J. Schnarchen, Schlafapnoe und obere Luftwege? Stuttgart, New York: Tieme; 1996: 33–180.
12. Metternich F.U., Brusis T., Koebe J., Wenzel S. Studies of the histomorphology and function of the uvula. *Laryngorhinootologie*. 2000; 79 (8): 465–470. DOI: 10.1055/S-2000-5907
13. Шевкуненко В.Н. Типовая анатомия человека. Л.; 1935.
14. Князьков В.Б., Князьков И.В., Праздников Э.Н., Стаханов М.Л. Способ хирургического лечения больных с ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна: Патент № 2760295 Рос. Федерация; МПК А61В 17/00 (2006.01), А61Н 5/067 (2006.01); заявитель и патентообладатель В.Б. Князьков. № 2021109961; заявл. 12.04.2021; опубл. 23.11.2021. 2021; (33).

## REFERENCES

1. Lopatin A.S., Buzunov R.V., Smushko A.M., et al. Snoring and obstructive sleep apnea syndrome. *Rossiyskaya Rinologiya*. 1998; 4: 17–33. [In Russ.].
2. Franklin K.A., Hokmgren P.A., Jönsson F., et al. Snoring, pregnancy-induced hypertension, and growth retardation of the fetus. *Chest*. 2000; 117 (1): 137–141. DOI: 10.1378/chest.117.1.137
3. Ikematsu T. Study of snoring, 4th report: Therapy. *J Jpn Otorhinolaryngol*. 1964; 64: 434–435.
4. Fujita S., Conway W., Zorick F., Rot T. Surgical correction of anatomical abnormalities of obstructive sleep

- apnea syndrome: uvulopalatopharyngoplasty. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1981; 89 (6): 923–934. DOI: 10.1177/019459988108900609
5. *Carenfelt C.* Laser uvulopalatopharyngoplasty in treatment of habitual snoring. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1991; 100 (6): 451–454. DOI: 10.1177/000348949110000604
  6. *Kamami Y.V.* Laser CO<sub>2</sub> for snoring. Preliminary results. *Acta Otorhinolaryngol Belg.* 1990; 44 (4): 451–456.
  7. *Wisshusen J., Qureshi U., Camacho M.* Laser-assisted uvulopalatoplasty (LAUP) complications and side effects: A systematic review. *Nat Sci Sleep.* 2019; 11: 59–67. DOI: 10.2147/NSS.S178540
  8. *Lerault P., Chevaillier H., Attias E., et al.* Anatomie du voile, incidences therapeutiques dans le traitement du ronflement. *Paris: Les monographies du CCA Wagram.* 1993: 8–32.
  9. *Dauber W.* Feneis Anatomisches Bilderwörterbuch. Stuttgart, New York: Thieme; 1988: 114–117.
  10. *Riga T.* Anatomie topografica, Chirurgie experimental operatorie. Zweiter Band. Bucuresti: L.M.F.; 1958: 123–125, 341–348.
  11. *Schafer J.* Schnarchen, Schlafapnoe und obere Luftwege? Stuttgart, New York: Tieme; 1996: 33–180.
  12. *Metternich F.U., Brusis T., Koebeke J., Wenzel S.* Studies of the histomorphology and function of the uvula. *Laryngorhinootologie.* 2000; 79 (8): 465–470. DOI: 10.1055/S-2000-5907
  13. *Shevkunenko V.N.* Typical human anatomy. Leningrad; 1935. [In Russ.].
  14. *Knyazkov V.B., Knyazkov I.V., Prazdnikov E.N., Stakhonov M.L.* Method of surgical treatment of patients with

rhonchopathy and obstructive sleep apnea syndrome: *Patent* No. 2760295 of the Russian Federation. 2021; (33). [In Russ.].

#### Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Сведения об авторах

**Князьков Владимир Борисович** – кандидат медицинских наук, врач, Клиника реабилитации в Хамовниках; e-mail: v.b.knyazkov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5742-3459>

**Праздников Эрик Нариманович** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России; e-mail: enp1964@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5817-0702>

**Дайхес Николай Аркадьевич** – доктор медицинских наук, профессор, член-корр. РАН, директор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства»; e-mail: otorrhino1@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5636-5082>

#### Information about the authors

**Knyazkov Vladimir** – Cand. Sc. (Med.), Rehabilitation Clinic in Khamovniki; e-mail: v.b.knyazkov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5742-3459>

**Prazdnikov Erik** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; e-mail: enp1964@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5817-0702>

**Daikhes Nikolai** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Associate Member of the Russian Academy of Sciences, Director, National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia; e-mail: otorrhino1@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5636-5082>

УДК: 616.72(075.8):621.373.8

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-1-46-52

Обзоры

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ОСТЕОАРТРИТЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**Е.Н. Лазарева<sup>1</sup>, В.В. Макашова<sup>1</sup>, Е.Г. Осипова<sup>2</sup>**<sup>1</sup> ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора России, Москва, Россия<sup>2</sup> ООО «РИКТАМЕД», Москва, Россия

### Резюме

Представлен обзор исследований импульсного воздействия лазерного излучения в зависимости от длины волны при остеоартритах. Применение лазерного излучения с длиной волны от 600 нм стимулирует регенерацию костной ткани, использование длины волны свыше 800 нм способствует уменьшению слабости и атрофии скелетной мускулатуры с увеличением силы разгибателей и подвижности суставов. Сочетание импульсного воздействия источников лазерного излучения разных длин волн оказывает преобладающий анальгетический эффект над противовоспалительным в послеоперационном периоде при эндопротезировании.

**Ключевые слова:** остеоартрит, лазерная терапия, импульсное воздействие лазера, регенерация костной ткани, эндопротезирование

**Для цитирования:** Лазарева Е.Н., Макашова В.В., Осипова Е.Г. Применение лазерной терапии при остеоартрите (обзор литературы). *Лазерная медицина*. 2023; 27(1): 46–52. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-46-52>

**Контакты:** Лазарева Е.Н., e-mail: elniklazareva@yandex.ru

## LASER THERAPY IN OSTEOARTHRITIS (LITERATURE REVIEW)

**Lazareva E.N.<sup>1</sup>, Makashova V.V.<sup>1</sup>, Osipova E.G.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Central Research Institute of Epidemiology, Rospotrebnadzor, Moscow, Russia<sup>2</sup> ООО «РИКТАМЕД», Moscow, Russia

### Abstract

The authors present a review of the studies of the effect of pulsed laser light in osteoarthritis depending on its wavelength. Laser radiation with wavelength 600 nm stimulates regeneration of bone tissues; laser light wavelength over 800 nm reduces weakness and atrophy of skeletal muscles with a simultaneous increase of extensor strength and joint mobility. Combination of pulsed laser light of various wavelengths has a marked analgesic effect in anti-inflammatory processes at the postoperative period after endoprosthetic surgery.

**Keywords:** osteoarthritis, laser therapy, pulsed laser light, bone tissue regeneration, endoprosthetic surgery

**For citations:** Lazareva E.N., Makashova V.V., Osipova E.G. Laser therapy in osteoarthritis (literature review). *Laser Medicine*. 2023; 27(1): 46–52. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-46-52>

**Contacts:** Lazareva E.N., e-mail: elniklazareva@yandex.ru

Остеоартрит (ОА) является социально-экономической проблемой в связи с ухудшением качества жизни пациентов из-за присутствия постоянного болевого синдрома и, впоследствии, возможности инвалидизации. На сегодняшний день ОА диагностируется у 7 % общего населения, что составляет более 500 млн человек. При этом прогнозируется рост числа больных за счет увеличения продолжительности жизни и количества пациентов с избыточной массой тела [1]. В России заболеваниями суставов страдает более 16 млн человек, и каждое третье обращение к врачу связано с болями в суставах при нагрузке. Эпидемиологические исследования выявили зависимость заболеваемости ОА от возраста, где на пятидесятилетних пациентов приходится 27 % общей популяции. После шестидесяти лет ОА встречается практически у каждого второго пациента. Самой распространенной формой заболевания является ОА коленного сустава – у 76,8 % мужчин и у 68 % женщин; второе место занимает ОА суставов кистей рук:

при гендерном соотношении, соответственно, 50,3 и 27 %. По современным представлениям, патогенез ОА характеризуется клеточным стрессом и деградацией экстрацеллюлярного матрикса всех тканей сустава, возникающих на фоне макро- и микроповреждений. В результате нарушается адаптация суставного хряща к механической нагрузке со смещением баланса обмена хрящевой ткани в сторону катаболических процессов, что приводит к формированию функциональных и анатомических изменений суставов. Своевременная профилактика и терапия ОА может способствовать регрессу повреждений суставов, уменьшению частоты инвалидизации, что позволит улучшить качество жизни и сократить экономические затраты на лечение и реабилитацию для пациентов и государства [2].

Основные направления терапии ОА заключаются в комбинации фармакологических и нефармакологических методов лечения. Обязательным компонентом всех терапевтических программ является изменение образа жизни, снижение массы тела и физические

упражнения. Результаты крупномасштабного исследования показали, что потеря веса на 1 % снижает риски тотального эндопротезирования коленного сустава на 2 % [3].

Фармакологическая терапия направлена на уменьшение боли и воспаления, где центральное место занимают препараты из группы нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП). Они обладают выраженным анальгетическим эффектом, однако он достигается только на 10–14-е сутки после начала терапии. По результатам метаанализа, включавшего 72 рандомизированных контролируемых исследования, было доказано снижение эффективности НПВП с уменьшением функциональной способности суставов при приеме в течение 3–6 месяцев. Кроме того, лечение этими препаратами ассоциируется с увеличением риска нежелательных побочных реакций со стороны желудочно-кишечного тракта и сердечно-сосудистой системы, а также с возможным развитием острой почечной недостаточности, особенно в начале терапии [3, 4].

Симптоматические препараты замедленного действия (Symptomatic Slow Acting Drugs for OsteoArthritis, SYSADOA), такие как глюкозамин, хондроитинсульфат и диацереин, также были предложены в качестве раннего лечения ОА коленного сустава. Проведенный на протяжении трех лет метаанализ плацебо-контролируемых исследований лечения препаратами SYSADOA показал их незначительный положительный эффект у пациентов с ОА [5]. В то же время, по данным другого исследования, сочетание SYSADOA с НПВП в минимальных дозах позволило достигнуть выраженного анальгетического эффекта через 20 суток от начала терапии. Эксперты Российской Федерации по диагностике и лечению остеоартрита считают, что только длительный прием SYSADOA способствует замедлению прогрессирования ОА [2].

Пациентам с ОА при отсутствии противопоказаний показано физиотерапевтическое лечение. Фотобиомодулирующая терапия (ФБМТ) – немедикаментозное и нетепловое лечение, включающее применение лазерного и светодиодного излучения от видимого до инфракрасного спектра. На ранних этапах применения лазера в травматологии отмечалось увеличение количества и диаметра функционирующих капилляров, ускорение кровотока, стабилизация гистогематического барьера и функционального состояния сосудистой стенки, улучшение реологии крови. У пациентов после второй-третьей процедуры значительно уменьшался болевой синдром [6]. В экспериментальных и клинических исследованиях был доказан эффект ФБМТ в модуляции ряда медиаторов воспаления (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10, PGE2), что способствовало уменьшению боли [7, 8].

Боль при остеоартрите вызывает трудности в повседневной деятельности. Когда пациент старается избежать боли при ходьбе, происходит уменьшение

длины шага, увеличение опорной базы и удлинение времени, необходимого для фазы двойной поддержки. Это приводит к слабости сгибателей и разгибателей коленного сустава, что в свою очередь способствует снижению динамической стабильности и потере контроля над коленным суставом [9].

Физические упражнения в сочетании с низкоинтенсивной лазерной терапией (НЛТ) оказывают воздействие на снижение боли и уровня инвалидности у людей с ОА коленного сустава [10, 11]. Лазерное излучение может непосредственно воздействовать на мышечные клетки, стимулировать цитохромоксидазу, повышающую активность митохондрий, в результате чего увеличивается выработка энергии в мышечных волокнах [12].

Выявлена зависимость эффекта НЛТ от длины волны на мышечную силу и функциональную активность у пациентов с ОА коленного сустава легкой и умеренной степени тяжести. Использование длины волны 808 нм приводило к статистически значимому увеличению силы разгибателей колена по сравнению с группой контроля, где применялись волны длиной 660 нм, не оказывающие терапевтического воздействия на мышечную силу. Не исключено, что такие различия в терапевтических эффектах связаны с воздействием фотонов на биологические ткани. Когда фотоны попадают в биологическую ткань, их дальнейшая транспортировка зависит от эффектов отражения, рассеяния и поглощения. Спектр длины волны 808 нм находится в инфракрасном диапазоне, а 660 нм – в красном [13]. Установлено, что цитохромоксидаза и белки мембраны поглощают свет в красной и инфракрасной частях электромагнитного спектра. Они оказывают сходные биологические эффекты, но приводят к различной метаболической активности [12].

Известно, что лазерное лечение оказывает влияние на эффекты ходьбы. Не исключено, что сокращение времени ходьбы у пациентов в возрасте старше 50 лет с ОА коленного сустава связано с уменьшением боли и увеличением силы мышц колена на фоне НЛТ. Однако в ряде исследований лазерное излучение с длиной волны 808 нм не показало превосходящих эффектов по сравнению с 660 нм, что не исключает высокую вероятность влияния биопсихосоциальных факторов, связанных с высвобождением нейротрансмиттеров и активацией многих областей мозга [13]. С помощью функциональной магниторезонансной томографии было продемонстрировано улучшение в области средней лобной извилины головного мозга при воздействии физиотерапевтических процедур [14]. При восьминедельном применении НЛТ 808 нм, 5,6 Дж в сочетании с программой физических упражнений у пациентов с ОА коленного сустава отмечали улучшение параметров походки, таких как частота и продолжительность поддержки пораженной конечности. Это связали с тем, что такое

длительное лазерное лечение привело к уменьшению боли и усилению сокращения четырехглавой мышцы и подколенного сухожилия, в результате чего была предотвращена чрезмерная нагрузка на сустав во время физической активности высокой интенсивности. Оценено влияние комбинированной терапии на боль, скованность, функциональные и пространственно-временные параметры походки у пациентов с двухсторонним ОА коленного сустава. Больные были разделены на четыре группы: первая – контрольная группа, не получавшая лечения; вторая – «лазерная» группа; третья – выполняющая физические упражнения; четвертая – «лазерная» группа с физическими упражнениями. Через 8 недель во всех группах отмечали значительное увеличение скорости походки в сравнении с контрольной: Частота и продолжительность одиночной поддержки значительно увеличивались у больных четвертой группы [15].

В настоящее время определен эргогенный эффект лазерного излучения на скелетные мышцы. Однократное проведение НЛТ способствовало уменьшению накопления лактата и креатинкиназы в сыворотке крови перед тренировкой у здоровых лиц, что ускоряло восстановление мышц между тренировками. У пациентов с ОА регистрировали увеличение силы сокращения на 16,0 % в концентрических и на 14,5 % – в эксцентрических упражнениях, и возрастание на 18 % среднего крутящего момента четырехглавой мышцы в равной степени в обоих типах упражнений, связанных с физическими характеристиками НЛТ [16]. Данный эффект связан с усилением микроциркуляции, стимуляции цитохромоксидазы, активации митохондрий для синтеза АТФ. Показано, что однократное воздействие лазера на скелетные мышцы приводит к активации этих процессов. В результате устраняется слабость и атрофия четырехглавой мышцы с последующим улучшением функции коленного сустава у пациентов с ОА [17].

Важную роль в процессах построения костного матрикса и формирования новой ткани играют мезенхимальные стромальные клетки (МСК), которые могут быть рекрутированы в место повреждения кости из надкостницы, костного мозга – мезенхимальные стволовые клетки человека (hMSCs). В некоторых работах *in vivo* рассматривали влияние НЛТ на процессы регенерации костной ткани, используя источники разной природы, длин волн и параметров воздействия. Это привело к появлению множества протоколов лечения с неодинаковыми, а иногда и противоречивыми результатами. Но, несмотря на это, продолжают исследования влияния НЛТ на регенерацию костной ткани. В исследовании А. Тапé и соавт. продемонстрировано воздействие диодного лазера с длинами волн 405, 635 и 808 нм на жизнеспособность, пролиферацию, адгезию и остеогенную дифференцировку. Установлено, что наиболее благоприятное воздействие на сборку актинового цитоскелета с увеличением

богатых винкулином очаговых участков адгезии преимущественно на периферии клеток оказывает лазерное излучение с длиной волны 635 нм. Винкулин является основным механосенсорным белком адгезии, с помощью которого остеобласты определяют жесткость матрикса. Он влияет на регуляцию различных процессов остеобластов, включая их рост, миграцию и дифференцировку. При этом воздействие в инфракрасном диапазоне излучения (808 нм) вызывало не только перестройку цитоскелета с образованием массивных, четко очерченных филаментов F-актина, но и повышение экспрессии винкулина, который агрегировал в большие кластеры на концах филаментов. Эти процессы значительно снижали пролиферативную способность остеобластов [18]. Воздействие синего диапазона излучения (405 нм) вызывало изменения в остеобластах, сопоставимых с контрольными клетками. На МСК доноров излучение длиной волны 635 нм вызывало значительное увеличение клеточной пролиферации [18, 19]. Необходимо отметить, что в этих клетках регистрировали не только повышение экспрессии Runx-2, который является основным фактором транскрипции, связанным с дифференцировкой остеобластов, индуцирующей их принадлежность к остеогенной линии, а также увеличение отложения минерализованных остеоподобных узелковых структур [18]. Эти результаты согласуются с тем, что лазерное излучение красного диапазона (660 нм, 3 Дж/см<sup>2</sup>) стимулирует пролиферацию стволовых клеток жировой ткани человека (hASCs). Лазерное излучение синего (420 нм) и зеленого (540 нм) диапазона оказывает выраженное влияние на процессы дифференцировки по сравнению с красным спектром [20]. Определено, что низкоинтенсивное лазерное облучение модулирует экспрессию каналов TRPC1 в остеобластах, активность которых положительно влияет на кластеризацию винкулина и дифференцировку клеток [18]. На основании приведенных фактов НЛТ длиной волны 635 нм можно рассматривать в качестве эффективного варианта для стимулирования регенерации костной ткани.

Включение НЛТ в лечение ОА обеспечивает не только восстановление морфологической структуры тканей, но и способствует коррекции патогенетических механизмов прогрессирования этого заболевания, что позволяет повысить качество жизни пациентов и снизить их инвалидизацию. В настоящее время медицинская статистика свидетельствует о том, что ежегодные темпы роста производства аппаратов для лазерной терапии на порядок превышают темпы производства оборудования для всех остальных перспективных технологий. На рынке присутствуют несколько моделей аппаратов с определенными параметрами, определяющие их функциональные особенности. Так, например, терапевтические аппараты серии «МАТРИКС» с широким выбором лазерных излучающих головок давно и хорошо зарекомендовали

себя при лечении многих заболеваний. Аппараты серии «ЛАЗМИК» отличаются от своих аналогов расширенным диапазоном частот – до 10 КГц, что позволяет значительно повысить мощность импульсных лазеров до 10–15 Вт, необходимую в методиках «обезболивания» [21]. Также в практическом здравоохранении более 20 лет применяют аппараты магнито-инфракрасной терапии серии «РИКТА». В отличие от серии «МАТРИКС» и «ЛАЗМИК», аппараты «РИКТА» оснащены световым воздействием красного и инфракрасного диапазона, который необходим для улучшения физиологических процессов в различных тканях, в том числе, при ОА. Благодаря тандему низкоинтенсивного лазерного излучения и чрескожной нейроадаптивной электростимуляции (transcutaneous neuroadaptive electrical stimulation, TNES), эффект обезболивания сопровождается коррекцией патологических изменений. Эти аппараты относятся к классу 1М по ГОСТ IEC 60825-1, безопасных при любых обоснованно предсказуемых условиях работы, и широко используются как населением в домашних условиях, так и врачами не только в России, но и в странах Европы (в Германии, Франции, Швейцарии, Испании, Италии, Израиле). Эффективность аппаратов серии «РИКТА» подтверждена многочисленными научными и клиническими испытаниями, положительными отзывами. Например, у больных с хроническим гонартрозом в стадии обострения назначение одного курса лазеропунктуры с использованием аппарата «РИКТА-04» (импульсивный лазер инфракрасного спектра излучения) способствовало регрессу синовита в короткие сроки. Воздействие на 5–6 точек акупунктуры в течение одной минуты с мощностью ИК-светодиодного излучения 60 мВт, частотой 1 КГц и магнитной индукцией 35 мТл оказывало содействие в исчезновении выраженного болевого синдрома, отека и гиперемии кожных покровов в проекции больного сустава в статистически значимо более короткие сроки по сравнению с группой больных, не получавших рефлексотерапию [22]. По данным М.Ф. Ибрагимова и З.В. Шамсутдинова, применение магнито-инфракрасной лазерной терапии у больных с ОА в комплексе с грязевыми аппликациями и ваннами типа «Мацеста» способствовало не только раннему разрешению болевого синдрома и увеличению функциональной активности суставов, но и продолжительности сохранения положительного эффекта [23]. Положительный эффект НЛТс применением аппарата «РИКТА 02/1» в комплексе с хондропротекторами и НПВП наблюдали у больных гонартрозом и коксартрозом, которым проводили двукратное воздействие излучением частотой 50 Гц, а затем – 5 Гц и экспозицией по 1 минуте на тазобедренные и коленные суставы, в результате чего отмечали статистически значимое снижение индекса по шкале WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) в 1,8 раза от первоначальных

значений [24]. Подобные результаты были получены при применении аппарата «МИЛТА», параметры которого аналогичны отечественной модели «РИКТА 04/4». В течение 10 суток у больных ОА на суставные щели пораженного сустава, внутреннего и наружного мыщелка бедра воздействовали НЛТ с частотой импульсов 600–1500 Гц и мощностью 20–40 Вт по 2–4 минуты. Дополнительно стимулировали зоны сегментарной иннервации L<sub>3</sub>–S<sub>2</sub> на стороне поражения с частотой импульсов 150 Гц, мощностью 40 Вт по 4 минуты. В результате отмечалось снижение боли, скованности в суставе и улучшение показателя повседневной активности по шкалам ВАШ (визуальная аналоговая шкала) и WOMAC [25].

При лечении 100 пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями костно-мышечной системы применение аппарата «РИКТА 04/4» позволило добиться анальгезирующего эффекта в короткие сроки и сохранить его на протяжении длительного времени. Положительную динамику связывали с улучшением микроциркуляции за счет дилатации микросудов в результате индукции синтеза индуцибельной NO-синтазы и последующем увеличением продукции оксида азота [26].

Влияние лазера на повышение работоспособности, ускорение восстановления и ослабление окислительного стресса, вызванного физической нагрузкой, наблюдали у футболистов высшей категории. После проведения прогрессивного бегового теста в группе спортсменов, получавших однократное импульсное инфракрасное излучение, в сравнении с контролем, отмечали статистически значимое возрастание скорости поглощения кислорода мышцами, увеличение промежутка времени до их истощения, а также время и объем, при котором достигался анаэробный и аэробный порог. Кроме того, регистрировали значительное снижение активности креатинфосфокиназы и лактатдегидрогеназы, уровней тиобарбитуровой кислоты и карбонилированных белков, повышение активности супероксиддисмутазы и каталазы [27]. Это позволило рекомендовать применение НЛТ не только в лечении ОА, но и в спортивной, авиакосмической и дайвинг-медицине.

В настоящее время конечной точкой хронических дегенеративных заболеваний с прогрессирующей деформацией суставов и потерей их функции за счет износа хряща является эндопротезирование. Практически только через 3 месяца отмечается уменьшение боли у 79 % больных и у 45 % – избавление от хромоты [28]. В клинических рекомендациях «Коксартроз (03.09.2021)», утвержденных Минздравом РФ, из физиотерапевтических процедур в рамках реабилитации в послеоперационном периоде предложено проведение только импульсной магнитотерапии, ультрафиолетового облучения, локальной криотерапии с целью получения анальгетического, противовоспалительного,

противоотечного, ангиопротективного, репаративно-регенераторного эффектов. Однако опыт использования зарубежными клиницистами импульсного воздействия лазерных источников различных длин волн доказал свою эффективность не только в уменьшении боли, но и в восстановлении тканей. С помощью беспроводного портативного устройства «PainAway/PainCure» (Multi Radiance Medical, США), параметры воздействия которого аналогичны отечественной модели «РИКТА 04/4», в группе пациентов после артропластики тазобедренного сустава на пяти участках/точках по всей протяженности хирургического рубца с расстоянием 2 см между участками, проводили однократное облучение в течение 300 секунд с общей выделяемой энергией до 39,8 Дж. Сочетание импульсного воздействия источников разных длин волн способствовало не только статистически значимому снижению интенсивности боли более чем в 2 раза по шкале ВАШ, но и уменьшению уровней активности IL-8 и TNF- $\alpha$  на фоне незначимого снижения IL-6 [29]. Ранее подобную динамику наблюдали и другие исследователи. Сформировался взгляд о модулирующем эффекте импульсного лазерного излучения с преобладанием анальгетического воздействия по сравнению с противовоспалительным в послеоперационном периоде [30]. Улучшение контроля боли может сократить продолжительность госпитального периода, снизить финансовые затраты, ускорить функциональное восстановление и улучшить долгосрочные результаты. Это позволяет рекомендовать включение лазероманнитерапии с помощью аппарата «РИКТА» в комплексное лечение пациентов при эндопротезировании суставов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эпидемиологический прогноз остеоартрита свидетельствует о постоянном возрастании количества пациентов с прогрессирующей деформацией суставов. Поэтому важной является профилактика и лечение этого заболевания. Изучение воздействия импульсного лазерного облучения на патогенетические процессы формирования остеоартрита показали зависимость терапевтического эффекта от длины волны (600–800 нм), когда происходит стимуляция пролиферации стволовых клеток с увеличением отложения минерализованных остеоподобных узелковых структур, в результате чего улучшается регенерация костной ткани. Применение длины волны лазерного излучения более 800 нм способствует улучшению микроциркуляции и метаболической активности митохондрий, что ведет к уменьшению болевого синдрома и улучшению подвижности суставов при остеоартрите. Сочетание импульсного воздействия источников лазерного излучения разных длин волн оказывает превалирующий анальгетический эффект над противовоспалительным в послеоперационном периоде при эндопротезировании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Global Burden of Disease Collaborative Network. *Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019)*. 2020. URL: <https://ghdx.healthdata.org/gbd-2019>
2. Резолюция консенсуса экспертов Российской Федерации по диагностике и лечению остеоартрита для врачей первичного звена. *Терапия*. 2022; 5 (57): 119–128. DOI: 10.18565/therapy.2022.5.119-128
3. Salis Z., Sainsbury A., Keen H., et al. Weight loss is associated with reduced risk of knee and hip replacement: A survival analysis using Osteoarthritis Initiative data. *Int J Obes (Lond)*. 2022; 46 (4): 874–884. DOI: 10.1038/s41366-021-01046-3
4. Osani M.C., Vaysbrot E.E., Zhou M., et al. Duration of symptom relief and early trajectory of adverse events for oral nonsteroidal antiinflammatory drugs in knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2020; 72 (5): 641–651. DOI: 10.1002/acr.23884
5. Honvo G., Reginster J., Rabenda V., et al. Safety of symptomatic slow-acting drugs for osteoarthritis: Outcomes of a systematic review and meta-analysis. *Drugs Aging*. 2019; 36 (Suppl 1): 65–99. DOI: 10.1007/s40266-019-00662-z
6. *Актуальные вопросы медицинской науки и практики: сборник статей специалистов ТОГБУЗ «Городская клиническая больница имени архиепископа Луки г. Тамбова»*. Отв. ред. В.П. Зимин. Тамбов: Принт-Сервис; 2019.
7. De Almeida P., Lopes-Martins R.Á., Tomazoni S.S. et al. Low-level laser therapy and sodium diclofenac in acute inflammatory response induced by skeletal muscle trauma: Effects in muscle morphology and mRNA gene expression of inflammatory markers. *Photochem Photobiol*. 2013; 89 (2): 501–507. DOI: 10.1111/j.1751-1097.2012.01232.x
8. Tomazoni S.S., Frigo L., Dos Reis Ferreira T.C., et al. Effects of photobiomodulation therapy and topical non-steroidal anti-inflammatory drug on skeletal muscle injury induced by contusion in rats –part 1: Morphological and functional aspects. *Lasers Med Sci*. 2017; 32 (9): 2111–2120. DOI: 10.1007/s10103-017-2346-z
9. Alnahdi A.H., Zeni J.A., Snyder-Mackler L. Muscle impairments in patients with knee osteoarthritis. *Sports Health*. 2012; 4 (4): 284–292. DOI: 10.1177/1941738112445726
10. Bannuru R.R., Osani M., Vaysbrot E., et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2019; 27 (11): 1578–1589. DOI: 10.1016/j.joca.2019.06.011
11. Letizia Mauro G., Scaturro D., Gimigliano F., et al. Physical agent modalities in early osteoarthritis: A scoping review. *Medicina (Kaunas)*. 2021; 57 (11): 1165. DOI: 10.3390/medicina57111165
12. Smith K.C. Molecular targets for low-level light therapy. *Laser Ther*. 2010; 19 (3): 135–142. DOI: 10.5978/islsm.19.135
13. Jankaew A., You Y.L., Yang T.H., et al. The effects of low-level laser therapy on muscle strength and functional outcomes in individuals with knee osteoarthritis: A double-blind randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2023; 13 (1): 165. DOI: 10.1038/s41598-022-26553-9
14. Kaptchuk T.J., Miller F.G. Placebo effects in medicine. *N Engl J Med*. 2015; 373 (1): 8–9. DOI: 10.1056/NEJMp1504023
15. Braghin R.M.B., Libardi E.C., Junqueira C., et al. The effect of low-level laser therapy and physical exercise on pain, stiffness, function, and spatiotemporal gait variables in subjects

- with bilateral knee osteoarthritis: A blind randomized clinical trial. *Disabil Rehabil.* 2019; 41 (26): 3165–3172. DOI: 10.1080/09638288.2018.1493160
16. Leal-Junior E.C., Vanin A.A., Miranda E.F., et al. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: A systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2015; 30 (2): 925–939. DOI: 10.1007/s10103-013-1465-4
  17. Li C.-F., Chen Y.-J., Lin T.-Y., et al. Immediate responses of multi-focal low level laser therapy on quadriceps in knee osteoarthritis patients. *Kaohsiung J Med Sci.* 2019; 35 (11): 702–707. DOI: 10.1002/kjm2.12113
  18. Tani A., Chellini F., Giannelli M., et al. Red (635 nm), near-infrared (808 nm) and violet-blue (405 nm) photobiomodulation potentiality on human osteoblasts and mesenchymal stromal cells: A morphological and molecular in vitro study. *Int J Mol Sci.* 2018; 19 (7): 1946. DOI: 10.3390/ijms19071946
  19. Giannelli M., Chellini F., Sassoli C., et al. Photoactivation of bone marrow mesenchymal stromal cells with diode laser: Effects and mechanisms of action. *J Cell Physiol.* 2013; 228 (1): 172–181. DOI: 10.1002/jcp.24119
  20. Wang Y., Huang Y.Y., Wang Y., et al. Red (660 nm) or near-infrared (810 nm) photobiomodulation stimulates, while blue (415 nm), green (540 nm) light inhibits proliferation in human adipose-derived stem cells. *Sci Rep.* 2017; 7 (1): 7781. DOI: 10.1038/s41598-017-07525-w
  21. Москвин С.В., Пономаренко Г.Н. Лазерная терапия аппаратами серии «Матрикс» и «Лазмик». М.: Триада; 2015.
  22. Денисова Е.В. Аппаратные методы рефлексотерапии в комплексном лечении больных с гонартрозами. *Материалы первого всероссийского съезда врачей восстановительной медицины РЕАСПОМЕД.* М.; 2007: 85.
  23. Ибрагимов М.Ф., Шамсутдинов З.В. Результаты лечения магнито-инфракрасной лазерной терапией больных остеоартрозом в сочетании с природными факторами санаторий «Бакирово» (грязевыми аппликациями и H<sub>2</sub>S водой типа «Мацеста»). *Актуальные вопросы медицинской реабилитации, восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии: материалы научно-практической конференции.* Под ред. Г.П. Котельникова. Самара; 2015: 62–63.
  24. Тигиева Н.М., Топров И.Н., Хетарурова З.В. Эффективность применения лазерного излучения в комплексном лечении больных остеоартрозом. *Кубанский научный медицинский вестник.* 2014; 1 (143): 165–167. DOI: 10.25207/1608-6228-2014-1-165-167
  25. Жданова Г.В. Лазероманнитерапия аппаратом «Милта» в реабилитации больных остеоартрозом коленного сустава. *Вестник гигиены и эпидемиологии.* 2018; 22 (2): 62–63.
  26. Брагин Л.Х., Гончарова А.Г., Брагин Д.Л. Физиологическое обоснование эффективности методов квантовой полифакторной терапии функциональных расстройств и травматических дисфункций. *Эколого-физиологические проблемы адаптации: материалы XVII Всероссийского симпозиума.* Рязань; 2017: 37–38.
  27. Tomazoni S.S., Machado C.S.M., Marchi T., et al. Infra-red low-level laser therapy (photobiomodulation therapy) before intense progressive running test of high-level soccer players: Effects on functional, muscle damage, inflammatory, and oxidative stress markers – a randomized controlled trial. *Oxid Med Cell Longev.* 2019; (2019): 6239058. DOI: 10.1155/2019/6239058
  28. Черкасов М.А., Тихилов П.М., Шубняков И.И. и др. Первичное эндопротезирование тазобедренного сустава: предоперационные ожидания пациентов и факторы, на них влияющие. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2018; 1 (31): 52–57. DOI: 10.17238/issn2226-2016.2018.1.52-57
  29. Langella L.G., Casalechi H.L., Tomazoni S.S., et al. Photobiomodulation therapy (PBMT) on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty: A randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2018; 33 (9): 1933–1940. DOI: 10.1007/s10103-018-2558-x
  30. Leal-Junior E.C., Johnson D.S., Saltmarche A., Demchak T. Adjunctive use of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes phototherapy on nonspecific knee pain: Double-blinded randomized placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2014; 29 (6): 1839–1847. DOI: 10.1007/s10103-014-1592-6

## REFERENCES

1. Global Burden of Disease Collaborative Network. *Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019).* 2020. URL: <https://ghdx.healthdata.org/gbd-2019>
2. Resolution of the consensus of experts of the Russian Federation on the diagnosis and treatment of osteoarthritis for primary care physicians. *Therapy.* 2022; 5 (57): 119–128. [In Russ.]. DOI: 10.18565/therapy.2022.5.119-128
3. Salis Z., Sainsbury A., Keen H., et al. Weight loss is associated with reduced risk of knee and hip replacement: A survival analysis using Osteoarthritis Initiative data. *Int J Obes (Lond).* 2022; 46 (4): 874–884. DOI: 10.1038/s41366-021-01046-3
4. Osani M.C., Vaysbrot E.E., Zhou M., et al. Duration of symptom relief and early trajectory of adverse events for oral nonsteroidal antiinflammatory drugs in knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2020; 72 (5): 641–651. DOI: 10.1002/acr.23884
5. Honvo G., Reginster J., Rabenda V., et al. Safety of symptomatic slow-acting drugs for osteoarthritis: Outcomes of a systematic review and meta-analysis. *Drugs Aging.* 2019; 36 (Suppl 1): 65–99. DOI: 10.1007/s40266-019-00662-z
6. Topical issues of medical science and practice: a collection of articles by specialists of the TOGBUZ “Archbishop Luke City Clinical Hospital of Tambov”. Ed. by V.P. Zimin. Tambov: Print Service Publ.; 2019. [In Russ.].
7. De Almeida P., Lopes-Martins R.Á., Tomazoni S.S. et al. Low-level laser therapy and sodium diclofenac in acute inflammatory response induced by skeletal muscle trauma: Effects in muscle morphology and mRNA gene expression of inflammatory markers. *Photochem Photobiol.* 2013; 89 (2): 501–507. DOI: 10.1111/j.1751-1097.2012.01232.x
8. Tomazoni S.S., Frigo L., Dos Reis Ferreira T.C., et al. Effects of photobiomodulation therapy and topical non-steroidal anti-inflammatory drug on skeletal muscle injury induced by contusion in rats –part 1: Morphological and functional aspects. *Lasers Med Sci.* 2017; 32 (9): 2111–2120. DOI: 10.1007/s10103-017-2346-z
9. Alnahdi A.H., Zeni J.A., Snyder-Mackler L. Muscle impairments in patients with knee osteoarthritis. *Sports Health.* 2012; 4 (4): 284–292. DOI: 10.1177/1941738112445726

10. *Bannuru R.R., Osani M., Vaysbrot E., et al.* OARSJ guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2019; 27 (11): 1578–1589. DOI: 10.1016/j.joca.2019.06.011
11. *Letizia Mauro G., Scaturro D., Gimigliano F., et al.* Physical agent modalities in early osteoarthritis: A scoping review. *Medicina (Kaunas)*. 2021; 57 (11): 1165. DOI: 10.3390/medicina57111165
12. *Smith K.C.* Molecular targets for low-level light therapy. *Laser Ther*. 2010; 19 (3): 135–142. DOI: 10.5978/islsm.19.135
13. *Jankaew A., You Y.L., Yang T.H., et al.* The effects of low-level laser therapy on muscle strength and functional outcomes in individuals with knee osteoarthritis: A double-blind randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2023; 13 (1): 165. DOI: 10.1038/s41598-022-26553-9
14. *Kaptchuk T.J., Miller F.G.* Placebo effects in medicine. *N Engl J Med*. 2015; 373 (1): 8–9. DOI: 10.1056/NEJMp1504023
15. *Braghin R.M.B., Libardi E.C., Junqueira C., et al.* The effect of low-level laser therapy and physical exercise on pain, stiffness, function, and spatiotemporal gait variables in subjects with bilateral knee osteoarthritis: A blind randomized clinical trial. *Disabil Rehabil*. 2019; 41 (26): 3165–3172. DOI: 10.1080/09638288.2018.1493160
16. *Leal-Junior E.C., Vanin A.A., Miranda E.F., et al.* Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: A systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci*. 2015; 30 (2): 925–939. DOI: 10.1007/s10103-013-1465-4
17. *Li C.-F., Chen Y.-J., Lin T.-Y., et al.* Immediate responses of multi-focal low level laser therapy on quadriceps in knee osteoarthritis patients. *Kaohsiung J Med Sci*. 2019; 35 (11): 702–707. DOI: 10.1002/kjm2.12113
18. *Tani A., Chellini F., Giannelli M., et al.* Red (635 nm), near-infrared (808 nm) and violet-blue (405 nm) photobiomodulation potentiality on human osteoblasts and mesenchymal stromal cells: A morphological and molecular in vitro study. *Int J Mol Sci*. 2018; 19 (7): 1946. DOI: 10.3390/ijms19071946
19. *Giannelli M., Chellini F., Sassoli C., et al.* Photoactivation of bone marrow mesenchymal stromal cells with diode laser: Effects and mechanisms of action. *J Cell Physiol*. 2013; 228 (1): 172–181. DOI: 10.1002/jcp.24119
20. *Wang Y., Huang Y.Y., Wang Y., et al.* Red (660 nm) or near-infrared (810 nm) photobiomodulation stimulates, while blue (415 nm), green (540 nm) light inhibits proliferation in human adipose-derived stem cells. *Sci Rep*. 2017; 7 (1): 7781. DOI: 10.1038/s41598-017-07525-w
21. *Moskvin S.V., Ponomarenko G.N.* Laser therapy with devices of the Matrix and Lazmic series. Moscow: Triada Publ.; 2015. [In Russ.].
22. *Denisova E.V.* Hardware methods of reflexotherapy in the complex treatment of patients with gonarthrosis. *Materialy pervogo vserossiyskogo s"ezda vrachey vosstanovitel'noy meditsiny REASPOMED*. Moscow; 2007: 85. [In Russ.].
23. *Ibragimov M.F., Shamsutdinov Z.V.* Results of treatment with magneto-infrared laser therapy of patients with osteoarthritis in combination with natural factors sanatorium "Bakirovo" (mud applications and H<sub>2</sub>S water of the "Matsesta" type). *Aktual'nye voprosy meditsinskoj reabilitatsii, vosstanovitel'noy meditsiny, kurortologii i fizioterapii: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ed. by G.P. Kotelnikov. Samara; 2015: 62–63. [In Russ.].
24. *Tigieva N.M., Totrov I.N., Khetagurova Z.V.* The effectiveness of laser radiation in the complex treatment of patients with osteoarthritis. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2014; 1 (143): 165–167. [In Russ.]. DOI: 10.25207/1608-6228-2014-1-165-167
25. *Zhdanova G.V.* Laser magnetotherapy with the "Milta" device in the rehabilitation of patients with osteoarthritis of the knee joint. *Bulletin of Hygiene and Epidemiology*. 2018; 22 (2): 62–63. [In Russ.].
26. *Bragin L.H., Goncharova A.G., Bragin D.L.* Physiological substantiation of the effectiveness of quantum multifactorial therapy of functional disorders and traumatic dysfunctions. *Ekologo-fiziologicheskie problemy adaptatsii: materialy XVII Vserossiyskogo simpoziuma*. Ryazan; 2017: 37–38. [In Russ.].
27. *Tomazoni S.S., Machado C.S.M., Marchi T., et al.* Infra-red low-level laser therapy (photobiomodulation therapy) before intense progressive running test of high-level soccer players: Effects on functional, muscle damage, inflammatory, and oxidative stress markers – a randomized controlled trial. *Oxid Med Cell Longev*. 2019; (2019): 6239058. DOI: 10.1155/2019/6239058
28. *Cherkasov M.A., Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., et al.* Primary hip replacement: Preoperative expectations of patients and factors influencing them. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2018; 1 (31): 52–57. [In Russ.]. DOI: 10.17238/issn2226-2016.2018.1.52-57
29. *Langella L.G., Casalechi H.L., Tomazoni S.S., et al.* Photobiomodulation therapy (PBMT) on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty: A randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2018; 33 (9): 1933–1940. DOI: 10.1007/s10103-018-2558-x
30. *Leal-Junior E.C., Johnson D.S., Saltmarche A., Demchak T.* Adjunctive use of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes phototherapy on nonspecific knee pain: Double-blinded randomized placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci*. 2014; 29 (6): 1839–1847. DOI: 10.1007/s10103-014-1592-6

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

**Сведения об авторах**

**Лазарева Елена Николаевна** – доктор медицинских наук; ведущий научный сотрудник, ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора России; e-mail: elniklazareva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6081-1740>

**Макашова Вера Васильевна** – доктор медицинских наук, профессор; ведущий научный сотрудник, ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора России; e-mail: veramakashova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0982-3527>

**Осипова Екатерина Григорьевна** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, ООО «РИКТАМЕД»; e-mail: egdok@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7505-5119>

**Information about the authors**

**Lazareva Elena** – Dr. Sc. (Med.), Leading Researcher, Central Research Institute of Epidemiology, Rospotrebnadzor; e-mail: elniklazareva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6081-1740>

**Makashova Vera** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Leading Researcher, Central Research Institute of Epidemiology, Rospotrebnadzor; e-mail: veramakashova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0982-3527>

**Osipova Ekaterina** – Cand. Sc. (Med.), Leading Researcher, ООО "RIKTAMED"; e-mail: egdok@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7505-5119>

УДК: 616.591:621.373.826

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-1-53-56

Клинические наблюдения

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОКИСЛОРОДНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПОДОШВЕННЫХ БОРОДАВОК (КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ)

**Н.В. Дроздова<sup>1</sup>, Ю.В. Алексеев<sup>1</sup>, А.А. Луковкина<sup>2</sup>**<sup>1</sup> ФГБУ «Научно-практический центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина» ФМБА России, Москва, Россия<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Москва, Россия

## Резюме

**Цель работы:** представление клинического случая успешного применения светокислородной терапии у пациентки с множественными подошвенными бородавками.

**Материалы и методы.** В публикации представлен клинический случай успешного применения светокислородной терапии – облучение в спектре поглощения эндогенного кислорода с переводом его в синглетное состояние – у пациентки с множественными подошвенными бородавками. В качестве источника лазерного излучения мы использовали отечественный диодный лазер «Супер Сэб» с длиной волны близкой к 1265 нм (производство ООО «Новые хирургические технологии», г. Москва), мощность лазера – от 0 до 3 Вт.

Мощность излучения была от 2,1 до 2,7 Вт. Плотность мощности – от 0,86 до 1,86 Вт/см<sup>2</sup>. Экспозиционная доза – от 258 до 558 Дж/см<sup>2</sup>. Проведение анестезии не требовалось. Максимальная температура нагрева поверхности во время проведения процедуры была 41 °С. Измерение температуры осуществлялось бесконтактным инфракрасным термометром ELARI SmartCare модель YC-E13 (производство Чжэнъян Юньчэн Медикал Технолоджи Ко. Лтд., Китай) для исключения термического эффекта. Процедуры проводились 2 раза в неделю с интервалом в течение 3–4 дня.

**Результат.** После проведенного лечения (14 процедур) достигнута полная клиническая ремиссия.

**Выводы.** Применение светокислородной терапии у пациентки с множественными подошвенными бородавками явилось эффективным и безопасным методом лечения.

**Ключевые слова:** светокислородная терапия, подошвенные бородавки, синглетный кислород

**Для цитирования:** Дроздова Н.В., Алексеев Ю.В., Луковкина А.А. Эффективность клинического применения светокислородной терапии при лечении подошвенных бородавок (клиническое наблюдение). *Лазерная медицина*. 2023; 27(1): 53–56. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-53-56>

**Контакты:** Дроздова Н.В., e-mail: [ttl1000@yandex.ru](mailto:ttl1000@yandex.ru)

# EFFECTIVENESS OF LIGHT-OXYGEN THERAPY IN PLANTAR WARTS (CLINICAL OBSERVATION)

**Drozдова N.V.<sup>1</sup>, Alekseev Yu.V.<sup>1</sup>, Lukovkina A.A.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Skobelkin Scientific and Practical Center of Laser Medicine of FMBA of Russia, Moscow, Russia<sup>2</sup> Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

## Abstract

**Purpose:** to describe a clinical case of successful application of light-oxygen therapy (LOT) in a patient with plantar warts.

**Material and methods.** The publication presents a clinical case of the successful outcome after light-oxygen therapy in the absorption spectrum of endogenous oxygen with its transfer to the singlet state in a patient with plantar warts. Russian-made diode laser "Super Seb", manufactured by LLC New Surgical Technologies (Moscow, Russia) with wavelength near 1265 nm, laser power 0–3 W was used as a source of laser light.

Radiation power was from 2.1 to 2.7 W. Power density – from 0.86 to 1.86 W/cm<sup>2</sup>. Exposure dose – from 258 to 558 J/cm<sup>2</sup>. No anesthesia was required. The maximal surface heating temperature during the procedure was 41 °C. Temperature was controlled with non-contact infrared thermometer ELARI SmartCare model YC-E13 (manufactured by Zhengyang Yuncheng Medical Technology Co. Ltd., China) to eliminate thermal damage.

Laser sessions were twice a week with 3–4 day intervals.

**Results.** Complete clinical remission was achieved after 14 LOT sessions.

**Conclusions.** Light-oxygen therapy is an effective and safe procedure for patients with plantar warts.

**Keywords:** light-oxygen therapy, plantar warts, singlet oxygen

**For citations:** Drozdova N.V., Alekseev Yu.V., Lukovkina A.A. Effectiveness of light-oxygen therapy in plantar warts (clinical observation). *Laser Medicine*. 2023; 27(1): 53–56. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-53-56>

**Contacts:** Drozdova N.V., e-mail: [ttl1000@yandex.ru](mailto:ttl1000@yandex.ru)

## ВВЕДЕНИЕ

Вирусные бородавки (verrucae) – доброкачественное пролиферативное заболевание кожи, вызываемое вирусами папилломы человека (ВПЧ) и характеризующееся появлением эпидермальных узелков с реактивными изменениями дермы.

Передача вируса может происходить контактно-бытовым путем, при ауто- или гетероинокуляции в местах повреждения эпителия. Риск инфицирования ВПЧ зависит от ряда факторов, таких как локализация очагов поражения, количественные показатели ВПЧ (вирусная нагрузка), степень и характер контакта с инфекцией, состояние общего и локального иммунного статуса. Инфицированию способствует наличие микротравм и воспалительных процессов кожных покровов и слизистых оболочек [1, 2].

В клетках базального слоя вирус может находиться длительное время в латентном состоянии. При наличии благоприятных факторов начинается процесс репликации ВПЧ в эпителии, что приводит к нарушению дифференцировки клеток и формированию морфологически измененных тканей [1, 2].

Вирусные бородавки являются одной из наиболее широко распространенных инфекционных патологий кожи, имеющей тенденцию к длительному рецидивирующему течению. Клинические проявления папилломавирусной инфекции кожи наблюдаются у 3–9 % детей и подростков и у 28–30 % взрослых лиц. Достоверной корреляционной зависимости между частотой встречаемости данной патологии и расовой или гендерной принадлежностью не наблюдается. Около 38–42 % людей являются носителями ВПЧ на видимо здоровой коже [3].

Кодирование заболевания по Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем: B07 – Вирусные бородавки.

В соответствии с классификацией опухолей кожи ВОЗ 2018 г. [2], выделяют:

1. вульгарные бородавки;
2. подошвенные (ладонно-подошвенные) бородавки;
3. плоские бородавки.

Ладонно-подошвенные бородавки – плотные, нередко болезненные округлые папулы, локализующиеся на коже подошв стоп и/или ладонной поверхности кистей, незначительно возвышающиеся над уровнем окружающей кожи; имеют зернистую поверхность, покрытую гиперкератотическими наслоениями; в центре нередко наблюдаются черно-коричневые точки – тромбированные капилляры гипертрофированных сосочков дермы. Бородавки проявляют склонность к периферическому росту и слиянию, при этом размер бородавок варьирует от 2–4 мм до 1–3 см. Кистозные бородавки – образования в виде мягкого узла с гиперкератозом и трещинами на поверхности, при вскрытии которого выделяется бело-желтое творожистое содержимое; локализуются в местах наибольшего давления костных структур стопы.

Ведущим направлением в лечении вирусных бородавок является деструктивная терапия. Данная методика является приоритетной, несмотря на то что ее эффективность составляет 50–80 %, а вероятность развития рецидива после регенерации тканей остается весьма высокой [1].

Среди деструктивных методов широко используется:

- электрокоагуляция;
- лазерная деструкция при помощи полупроводниковых (диодных), углекислотных и эрбиевых лазеров;
- высокочастотная радиоволновая деструкция;
- криодеструкция.

Следует отметить, что при всех вышеперечисленных методах рекомендовано выполнять инфльтрационную анестезию, с предварительным анализом аллергологического анамнеза.

В случае отказа от прямой деструкции взрослым пациентам (старше 18 лет) рекомендовано проведение деструкции растворами кислот (селенистой, азотной, уксусной, щавелевой, молочной), тригидрата нитрата меди [1].

Светоокислородный эффект, являющийся основой светоокислородной терапии (СКТ), в последнее время используется в клинической практике в дерматологии [4], в косметологии [5], в стоматологии [6]. Показания к применению СКТ все время расширяются. Было показано, что светоокислородный эффект с излучением в инфракрасном диапазоне спектра способен подавлять репликацию вирусов (бактериофаги) *in vitro* [7] и имеет перспективы в лечении вирусных заболеваний кожи [8].

На основании вышеуказанного нами была применена СКТ для лечения подошвенных бородавок.

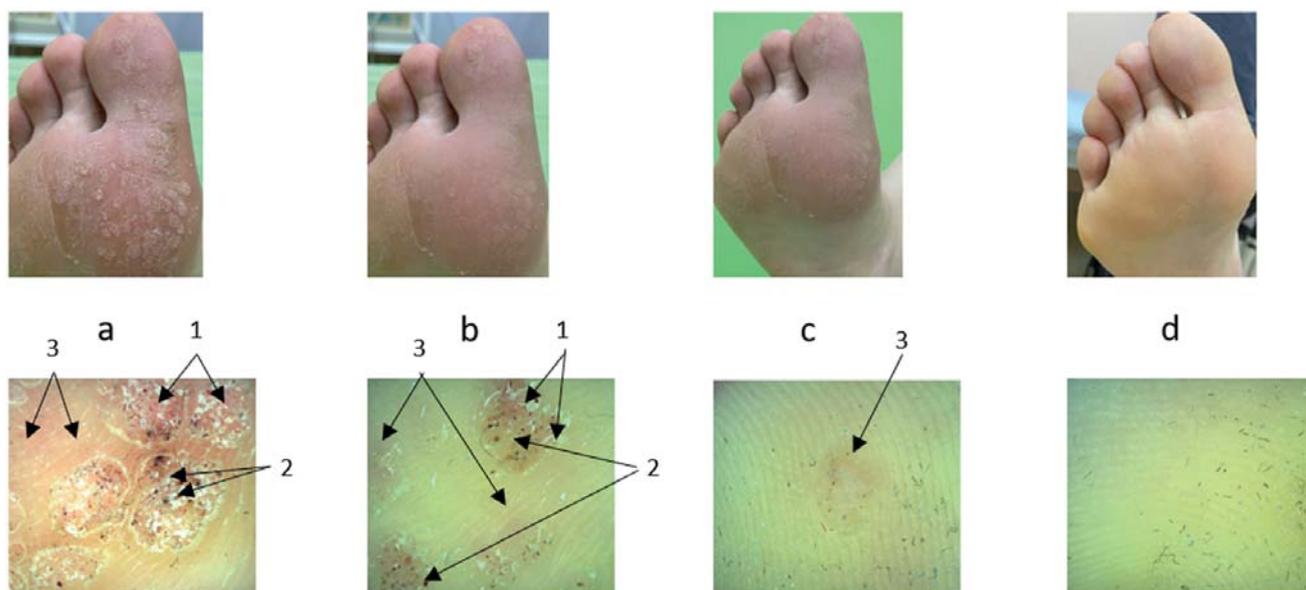
**Целью** данной публикации является представление клинического случая успешного применения СКТ – облучения в спектре поглощения эндогенного кислорода с переводом его в синглетное состояние – в лечении пациентки с множественными подошвенными бородавками.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Лечение проводилось с использованием отечественного диодного лазера «Супер Сэб» с длиной волны близкой к 1265 нм (производство ООО «Новые хирургические технологии», г. Москва); мощность лазера, одобренного для клинической практики в 2020 г., составила от 0 до 3 Вт.

Пациентка М., 2002 г. рождения, обратилась с жалобами на наличие высыпаний в области подошвенной поверхности и большого пальца правой стопы. Высыпания сопровождалась болезненностью при ходьбе. Со слов пациентки, количество высыпаний постоянно увеличивается. По данным анамнеза – длительность заболевания около года.

Объективно на подошвенной поверхности и большом пальце правой стопы визуализируются



**Рис. 1.** Этапы СКТ при множественных подошвенных бородавках (макро- и микрофотографии): а – до проведения СКТ; б – после 6-й процедуры СКТ; с – после 10-й процедуры СКТ; д – полная клиническая ремиссия, контроль через 2 месяца после проведения 1-й процедуры; 1 – кератиновые чешуйки; 2 – тромбированные сосуды; 3 – зоны гиперемии

**Fig. 1.** Stages of light oxygen therapy in multiple plantar warts (macro- and microphotos): a – before LOT; b – after 6th LOT session; c – after 10th LOT session; d – complete clinical remission, 2 months after the first LOT session; 1 – keratin scales; 2 – thrombosed vessels; 3 – hyperemia areas

множественные плоские округлые бугристые папулы, покрытые гиперкератотическими чешуйками. В центре папул просматриваются черно-коричневые пятна – тромбированные капилляры. Размер каждой папулы – от 0,1 до 0,4 см, общий диаметр зоны высыпаний – 9,3 см. Пациентке было рекомендовано проведение СКТ.

Мощность излучения составляла от 2,1 до 2,7 Вт. Плотность мощности – от 0,86 до 1,86 Вт/см<sup>2</sup>. Экспозиционная доза – от 258 до 558 Дж/см<sup>2</sup>. При этом применение анестезии не требовалось. Максимальная температура нагрева поверхности во время проведения процедуры не превышала 41 °С. Измерение температуры осуществлялось бесконтактным инфракрасным термометром ELARI SmartCare модель YC-E13 (производство Чжэньян Юньчэн Медикал Технолоджи Ко. Лтд., Китай) для исключения гипертермии. Всего проведено 14 процедур с периодичностью 1 раз в 3–4 дня. В ходе контрольного осмотра через 2 месяца терапии была отмечена полная клиническая ремиссия. Динамика визуального эффекта, а также микрофотографии СКТ после 1-й, 6-й, 10-й процедуры и через 2 месяца после проведения 1-й процедуры представлены ниже (рис. 1).

## ОБСУЖДЕНИЕ

До конца механизмы реализации светокислородного эффекта в биологических объектах не выяснены,

однако можно предположить, что применяемые параметры облучения вызывают при подошвенных бородавках цитостатический эффект (подавляют пролиферацию кератиноцитов), обладают противовирусной активностью и имеют иммуномодулирующий эффект.

При этом большим плюсом является отсутствие необходимости проведения инфильтрационной анестезии, а также отсутствие каких-либо побочных нежелательных эффектов.

Успешное применение светокислородного эффекта при лечении подошвенных бородавок впервые показало его клинические перспективы при указанном заболевании, открывая возможность дальнейшего подбора эффективных параметров излучения при различных видах доброкачественных новообразований кожи и слизистых оболочек, что требует продолжения исследований в этом направлении.

## ВЫВОДЫ:

1. Применение СКТ в лечении подошвенных бородавок показало ее высокую эффективность и безопасность.

2. Метод прост в исполнении, не имеет побочных эффектов, не требует проведения анестезии, способствует улучшению качества жизни пациентов, что позволяет рекомендовать его для лечения бородавок.

3. Метод является перспективным и, несомненно, показания к его применению будут расширяться.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Российское общество дерматовенерологов и косметологов*. Клинические рекомендации «Вирусные бородавки». 2020. URL: [https://medi.ru/klinicheskie-rekomendatsii/virusnye-borodavki\\_14334/](https://medi.ru/klinicheskie-rekomendatsii/virusnye-borodavki_14334/)
2. *Cardoso J.C., Calonje E.* Cutaneous manifestations of human papillomaviruses: A review. *Acta Dermatovenerol Alp Pannonica Adriat.* 2011; 20 (3): 145–154.
3. *WHO classification of skin tumours*. Ed. by Elder D.E., Massi D., Scolyer R., Willemze R. 4th ed., Vol. 11. 2018.
4. *Дроздова Н.В., Алексеев Ю.В., Дуванский В.А.* Применение светокислородной терапии при псориазе (клиническое наблюдение). *Лазерная медицина*. 2022; 26 (1): 20–23. DOI: 10.37895/2071-8004-2022-26-1-20-23
5. *Алексеев Ю.В., Давыдов Е.В., Дуванский В.А., Дроздова Н.В.* Перспективы применения светокислородного эффекта в косметологии. *Лазерная медицина*. 2021; 25 (S3): 41. DOI: 10.37895/2071-8004-2021-25-3S-41
6. *Chunikhin N.A., Bazikyan E.A., Chunikhin A.A., Klinovskaya A.S.* Morphological assessment of the effect of nano-second diode laser radiation with a wavelength of 1265 nm on periodontal tissue in the treatment of apical periodontitis: An experimental study. *J Lasers Med Sci.* 2021; 12: e43. DOI: 10.34172/jlms.2021.43.
7. *Фиалкина С.В., Алексеев Ю.В., Дуванский В.А., Давыдов Е.В.* Изучение воздействия лазерного излучения 1270 нм на репликацию вирулентных фаговых вирионов. *Лазерная медицина*. 2021; 25 (1): 50–54. DOI: 10.37895/2071-8004-2021-25-1-50-54
8. *Дроздова Н.В., Алексеев Ю.В., Дуванский В.А., Иванов А.В.* Перспективы применения светокислородного эффекта в лечении вирусных заболеваний кожи. *Медицинская физика*. 2022; 1 (93): 25.

## REFERENCES

1. *Russian Society of Dermatovenereologists and Cosmetologists*. Clinical recommendations on Verrucae. 2020. [In Russ.]. URL: [https://medi.ru/klinicheskie-rekomendatsii/virusnye-borodavki\\_14334/](https://medi.ru/klinicheskie-rekomendatsii/virusnye-borodavki_14334/)
2. *Cardoso J.C., Calonje E.* Cutaneous manifestations of human papillomaviruses: A review. *Acta Dermatovenerol Alp Pannonica Adriat.* 2011; 20 (3): 145–154.
3. *WHO classification of skin tumours*. Ed. by Elder D.E., Massi D., Scolyer R., Willemze R. 4th ed., Vol. 11. 2018.
4. *Drozдова N.V., Alekseev Yu.V., Duvanskiy V.A.* Application of light-oxygen therapy in psoriasis (clinical observation). *Laser Medicine*. 2022; 26 (1): 20–23. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2022-26-1-20-23
5. *Alekseev Yu.V., Davydov E.V., Duvanskiy V.A., Drozdova N.V.* Prospects for the application of the light-oxygen effect in cosmetology. *Laser Medicine*. 2021; 25 (S3): 41. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2021-25-3S-41
6. *Chunikhin N.A., Bazikyan E.A., Chunikhin A.A., Klinovskaya A.S.* Morphological assessment of the effect of nano-

second diode laser radiation with a wavelength of 1265 nm on periodontal tissue in the treatment of apical periodontitis: An experimental study. *J Lasers Med Sci.* 2021; 12: e43. DOI: 10.34172/jlms.2021.43.

7. *Fialkina S.V., Alekseev Yu.V., Duvanskiy V.A., Davydov E.V.* Research of the effect of 1270 nm laser radiation on the replication of virulent phage virions. *Laser Medicine*. 2021; 25 (1): 50–54. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2021-25-1-50-54
8. *Drozдова N.V., Alekseev Yu.V., Duvanskiy V.A., Ivanov A.V.* Prospects for the use of the light-oxygen effect in the treatment of viral skin diseases. *Meditsinskaya Fizika*. 2022; 1 (93): 25.

## Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## Сведения об авторах

**Наталья Владимировна Дроздова** – врач-дерматовенеролог, младший научный сотрудник отделения экспериментальной лазерной медицины, ФГБУ «Научно-практический центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина» ФМБА России; e-mail: [ttl1000@yandex.ru](mailto:ttl1000@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6165-4022>

**Юрий Витальевич Алексеев** – доктор медицинских наук, руководитель отделения экспериментальной лазерной медицины, ФГБУ «Научно-практический центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина» ФМБА России; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4470-1960>

**Алина Алексеевна Луковкина** – клинический ординатор-дерматовенеролог кафедры дерматовенерологии, аллергологии и косметологии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9776-6103>

## Information about the authors

**Drozдова Natalia** – Dermatovenereologist, Junior Researcher at the Department of Experimental Laser Medicine, Skobelkin Scientific and Practical Center of Laser Medicine of FMBA of Russia; e-mail: [ttl1000@yandex.ru](mailto:ttl1000@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6165-4022>

**Alekseev Yuriy** – Dr. Sc. (Med.), Head of the Department of Experimental Laser Medicine, Skobelkin Scientific and Practical Center of Laser Medicine of FMBA of Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4470-1960>

**Lukovkina Alina** – Clinical Resident, Dermatovenereologist, the Department of Dermatovenereology, Allergology and Cosmetology, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9776-6103>

## Вклад авторов

**Дроздова Н.В.** – обобщение анализа собранных данных, разработка дизайна, научное редактирование рукописи, 45 %.

**Алексеев Ю.В.** – критическая доработка с целью получения важного интеллектуального содержания, 45 %.

**Луковкина А.А.** – помощь в сборе данных исследования, 10 %

## Authors' contribution

**Drozдова N.V.** – data collection, analysis and interpretation, study design, manuscript scientific editing, 45 %.

**Alekseev Yu.V.** – critical revision and providing the intellectual content, 45 %.

**Lukovkina A.A.** – data collection, 10 %.

Хирургический диодный аппарат «КРИСТАЛЛ» является лазерным прибором последнего поколения, разные модификации которого специально созданы для различных областей медицины:

- дерматология и малая поликлиническая хирургия;
- косметология;
- оториноларингология;
- гинекология;
- флебология (ЭВЛК);
- проктология.



**ОСНОВНЫМИ ПЛЮСАМИ ПРИБОРОВ ЯВЛЯЮТСЯ  
МАЛЫЕ ГАБАРИТЫ, НИЗКАЯ СТОИМОСТЬ И БЫСТРАЯ ОКУПАЕМОСТЬ.**



Аппарат «Мустанг-2000 ЛИПО» для холодного лазерного липолиза.

Лазерный липолиз – новейшая методика эстетической медицины, направленная на локальное устранение жировых отложений и целлюлита на проблемных участках без хирургического вмешательства, проколов или инъекций.

**НАДЕЖНОСТЬ** – аппарат разработан на базе одного из лучших профессиональных аппаратов лазерной терапии «Мустанг-2000».

**КОМПАКТНОСТЬ** – вес аппарата менее 3 кг.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ** – уменьшение талии до 11 см за курс из 10 процедур.

**УДОБСТВО** – имеет простое и наглядное управление, малый вес и габариты.

**БЕЗОПАСНОСТЬ** – соответствует современным требованиям стандартов безопасности.

