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

ЛАЗЕРНАЯ МЕДИЦИНА

LASER MEDICINE

2023 / Том (Vol) 27 / № 3

ISSN 2071-8004; DOI: https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC AND CLINICAL JOURNAL

ЛАЗЕРНАЯ МЕДИЦИНА

LAZERNAYA MEDICINA

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** / **№ 3**

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, ВИНИТИ, 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 27.11.2023.
Заказ № 12221.
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.
Adress: 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 27.11.2023.
Order No. 12221.
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.

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.

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.

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.

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.

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.

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

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.

EDITORIAL BOARD

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

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

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.

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.

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.

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 ЛМ 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, ведущий научный сотрудник-руководитель отделения экспериментальной лазерной медицины ФГБУ «НПЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина» ФМБА России, Москва, Россия.
ORCID: 0000-0003-4470-1960.

Ачилов А.А.
доктор медицинских наук, профессор, руководитель отделения амбулаторной лазерной медицины ФГБУ «НПЦ ЛМ 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 трансмиокардиальной 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, ведущий научный сотрудник отделения лазерных технологий в хирургии ФГБУ «НПЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина» ФМБА России, Москва, Россия.
ORCID: 0000-0003-2937-8173.

Дербенев В.А.
доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отделения лазерных технологий в хирургии ФГБУ «НПЦ ЛМ 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 ЛМ 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.

EDITORIAL COUNCIL

Alekseev Yu.V.
Dr. Sci. (Med.), Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Head and Leading Researcher at Department of Experimental Laser Medicine, «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 Transmiocardial 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, Leading Researcher at Department of Laser Technologies in Surgery, «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 at Department of Laser Technologies in Surgery, «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, Chief Researcher at Department of Scientific Forecasting, «Skobelkin Scientific Center for Laser Medicine of FMBA of Russia», Moscow, Russia.
ORCID: 0000-0003-4932-7760.

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.

Карандашов В.И.
доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник отделения лазерных технологий в хирургии ФГБУ «НПЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина» ФМБА России, Москва, Россия.
ORCID: 0000-0002-0026-8862.

Ковалев М.И.
доктор медицинских наук, профессор кафедры акушерства и гинекологии ФГАОУ 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.

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.

Karandashov V.I.
Dr. Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher at Department of Department of Laser Technologies in Surgery, «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

Оригинальные исследования

Морфологические особенности процессов репарации ран при применении низкоинтенсивной лазерной терапии у больных синдромом диабетической стопы
Багрий А.Э., Луценко Ю.Г., Сычёва Д.Р. 8

Лазерные и радиочастотные технологи в лечении дегенеративной полисегментарной патологии позвоночника у лиц пожилого возраста
Горбунов А.В., Потапов В.Э., Сорковиков В.А., Животенко А.П., Ларионов С.Н. 15

Экспериментальное исследование возможности использования «синего» (λ 450 нм) лазерного излучения для удаления пигментных образований кожи
Подурар С.А. , Горбатова Н.Е., Брянцев А.В., Золотов С.А., Дуванский В.А., Тертычный А.С.,Варев Г.А. 21

Эффективность применения комбинированной технологии лазерного лечения у пациентов с глаукомой
Соколовская Т.В., Усанова Г.Ю., Краснова Е.О. 36

Клинические наблюдения

Первый опыт лечения тонкокишечной билиарной непроходимости с применением тулиевого лазера (TM:YAG) у пациента с синдромом Бувере
Бедин В.В., Коржева И.Ю., Амирова В.В., Амиров М.З. 40

Опыт применения лазерной ударно-волновой деструкции в лечении очаговой плоскоклеточной гиперплазии вульвы (Клиническое наблюдение)
Полухова Е.В., Умаханова М.М., Ежов В.В., Салюк В.А. 46

Contents

Original researches

Morphological features of wound repair processes in the application of low-intensity laser therapy in patients with diabetic foot syndrome
Bagri E., Lutsenko Yu.G., Sycheva D.R. 8

Laser and radio frequency technologies in the treatment of degenerative polysegmental pathology of the spine in the elderly
Gorbunov A.V., Potapov V.E., Sorkovikov V.A., Zhivotenko A.P., Larionov S.N. 15

Experimental study of the possibility of using «blue» (λ 450 nm) laser radiation to remove pigmented skin formations
Podurar S.A., Gorbatova N.E., Bryantsev A.V., Zolotov S.A., Duvansky V.A., Tertychny A.S., Varev G.A. 21

The effectiveness of combined laser treatment technology in patients with glaucoma.
Sokolovskaya T.V., Usanova G.Yu., Krasnova E.O. 36

Clinical observations

The first experience of treating small bowel biliary obstruction using a thulium laser (TM:YAG) in a patient with Bouveret syndrome
Bedin V.V., Korzheva I.Yu., Amirova V.V., Amirov M.Z. 40

Experience of using laser shock wave destruction in the treatment of focal squamous cell hyperplasia of the vulva (Clinical observation)
Polukhova E.V., Umakhanova M.M., Yezhov V.V., Salyuk V.A. 46

УДК 617.586-002.44:616.379-008.64]-001-091+615.849.19
DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-3-8-14
Оригинальные исследования

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ РЕПАРАЦИИ РАН ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ У БОЛЬНЫХ СИНДРОМОМ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

А.Э. Багрий, Ю.Г. Луценко, Д.Р. Сычёва

ФГБУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького» Минздрава России, Донецк, Россия

Резюме

Цель: оценить морфологические особенности регенерации ткани нижних конечностей у пациентов с синдромом диабетической стопы после проведения низкоинтенсивной лазерной терапии.

Материалы и методы. В работе представлен сравнительный ретроспективный анализ гистологического материала тканей ран 125 пациентов с синдромом диабетической стопы (СДС). Материал для исследования – гистологические срезы ткани раневых дефектов, окрашенные гематоксилин-эозином. Изученный материал разделен на две группы: основную – 65 микропрепаратов ткани ран пациентов СДС, у которых на фоне традиционной терапии при лечении раневых дефектов применяли низкоинтенсивную лазерную терапию (НИЛТ); контрольную – 60 микропрепаратов тканей ран пациентов СДС, которым после проведения хирургической обработки проводилась стандартная комплексная терапия с местным лечением ран влажно-высыхающими повязками.

Результаты и обсуждение. Анализ полученных результатов показал, что НИЛТ способствует активации и увеличению количества клеточного состава: макрофагов, лимфоцитов, появлению фибробластов, более быстрому протеканию всех фаз регенераторного процесса, формированию грануляционной ткани и значительному уменьшению площади раневой поверхности по сравнению с группой пациентов, пролеченных традиционной комплексной методикой с местным лечением ран.

Заключение. Применение НИЛТ в комплексном лечении пациентов с гнойно-некротическими формами СДС может ускорять репаративные процессы в раневых дефектах, приводить к значительному сокращению их площади. Данная методика способствует скорейшему очищению ран, а также позволяет в более короткие сроки, чем при традиционном лечении, уменьшить или ликвидировать воспалительный процесс, стимулирует развитие грануляционной ткани и ускоряет процесс эпителизации.

Ключевые слова: сахарный диабет, диабетическая стопа, лазеротерапия, грануляционная ткань, репарация

Для цитирования: Багрий А.Э., Луценко Ю.Г., Сычёва Д.Р. Морфологические особенности процессов репарации ран при применении низкоинтенсивной лазерной терапии у больных синдромом диабетической стопы. *Лазерная медицина*. 2023; 27(3): 8–14. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-8-14

Контакты: Багрий А.Э., e-mail: hirurgiya.fipo@mail.ru

MORPHOLOGICAL FEATURES OF WOUND REPAIR PROCESSES UNDER LOW-LEVEL LASER THERAPY IN PATIENTS WITH THE DIABETIC FOOT SYNDROME

Bagry A.E., Lutsenko Yu.G., Sycheva D.R.

Gorky Donetsk State Medical University, Donetsk, Russia

Abstract

Purpose. To assess morphological features of tissue regeneration processes in lower extremities in patients with the diabetic foot syndrome after low-level laser therapy (LLLT).

Materials and methods. The article presents a comparative retrospective analysis of the histological material of wound tissues in 125 patients with the diabetic foot syndrome (DFS). Studied material – histological sections of wound tissues stained with hematoxylin-eosin. The material was divided into two groups: main group – 65 micro-preparations of wound tissues of DFS patients who were treated traditionally plus LLLT; control group – 60 micro-preparations of wound tissues of DFS patients who had surgical wound debridement , then traditional comprehensive therapy with local wet-drying dressings.

Results and discussion. The analysis of the obtained results has shown that LLLT promotes activation of cellular components and increases their number: macrophages, lymphocytes, fibroblasts. One can also see faster regenerative processes and granulation tissue formation as well as significantly less area of wound surface, if to compare to the group of patients treated with traditional comprehensive wound management and local techniques.

Conclusion. LLLT in the comprehensive management of patients with DFS purulent-necrotic forms can accelerate reparative processes in wound defects and significantly reduce their area. It also helps to clean wounds, to reduce or eliminate inflammatory processes within much shorter terms than under traditional care. LLLT stimulates production of granulation tissue and accelerates epithelialization as well.

Keywords: diabetes mellitus, diabetic foot, laser therapy, granulation tissue, repair

For citations: Bagry A.E., Lutsenko Y.G., Sycheva D.R. Morphological features of wound repair processes under low-level laser therapy in patients with diabetic foot syndrome. *Laser Medicine.* 2023; 27(3): 8–14. [In Russ.]. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-8-14

Contacts: Bagry A.E., e-mail: hirurgiya.fipo@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

На симпозиуме ВОЗ «Сахарный диабет» (Женева, 1987) синдром диабетической стопы (СДС) был определен как патологическое состояние стопы при сахарном диабете (СД), возникающее на фоне патологии периферических нервов и сосудов, проявляющееся в виде трофических язв, костно-суставных изменений и гнойно-некротических процессов [1]. В Международном соглашении по диабетической стопе (2000) было принято определение СДС как комплекса анатомо-функциональных изменений стопы у больного СД, связанного с диабетической нейропатией, ангиопатией, остеоартропатией, на фоне которых развиваются гнойно-некротические процессы [2]. Больные с диабетическими трофическими язвами стоп составляют 6–10 % всех госпитализированных лиц с СД, а срок их пребывания в стационаре на 60 % больше, чем у лиц без нарушений целостности кожных покровов [3]. К наиболее грозным последствиям, возникающим у пациентов с синдромом диабетической стопы (СДС), относится ампутация нижних конечностей. В настоящее время 50–70 % всех ампутаций нижних конечностей выполняется у больных СД [4]. Эффективность консервативного лечения больных сахарным диабетом с синдромом диабетической стопы не превышает 30 % [5]. Также одним из наиболее типичных и распространенных проявлений СДС является развитие хронических раневых дефектов нижних конечностей, приводящих к значительному снижению качества жизни пациентов, инвалидизации, высокому риску присоединения бактериальной флоры в некротизированных участках, развитию различных септических осложнений в случаях отсутствия своевременно подобранного хирургического и терапевтического лечения.

Независимо от типа и объема раны процесс заживления раневого дефекта включает в себя определенные, последовательные стадии: фазу воспалительных изменений, пролиферативную фазу, фазу эпителизации. При острых ранах в каждой из фаз все биологические и морфологические процессы протекают параллельно друг другу – в свою очередь, для хронического течения процесса, при длительно существующем раневом дефекте, характерном для СДС, хронология этапов заживления значительно нарушается. Хронические раны диабетической этиологии имеют тенденцию к длительной задержке в определенной фазе, значительно замедляя процесс регенерации [9]. При неосложненном течении продолжительность фазы воспаления занимает от 3 до 5 суток – происходит остановка кровотечения, элиминация некротического детрита, очищение раневого ложа. Основные типы клеток, находящиеся в участке воспаления в данную фазу – нейтрофилы (являются первой линий защиты, фагоцитируют чужеродные агенты), макрофаги (принимают активное участие в дальнейшем процессе элиминации некротического детрита, очищают раневое ложе и подготавливают его к пролиферативной фазе, синтезируют факторы роста), лимфоциты (выделяют лимфокины). У пациентов с СД повышенный уровень глюкозы значительно снижает лейкоцитарную активность, способность данного типа клеток своевременно мигрировать в зону воспаления и осуществлять фагоцитоз. Для пролиферативной фазы при неосложненном течении репаративного процесса характерно восстановления кровотока и заполнение раневого ложа новообразованной, молодой, хорошо васкуляризированной соединительной тканью, богатой клетками, бедной коллагеновыми волокнами – грануляционной тканью. Продолжительность данной фазы при неосложненных условиях занимает от 10 до 30 дней. Для формирования грануляционной ткани необходимо наличие в раневом ложе достаточного количества специализированных клеток – фибробластов. Данный тип клеток мигрирует в поврежденный участок под воздействием факторов роста, вырабатываемых макрофагами в фазу воспалительных изменений. Высокий уровень глюкозы в крови оказывает негативное влияние на способность фибробластов к миграции, а также значительно замедляет их пролиферацию – со временем развивается потеря чувствительности данного типа клеток к стимуляции факторами роста. Фаза эпителизации завершает процесс регенерации и является самой продолжительной – до 50–60 суток, даже при неосложненном течении. Для инициации этой фазы необходимы условия, которые могли бы обеспечить процесс миграции клеточного состава из краев в центр раневого дефекта. Миграция клеток возможна по ровной, однородной поверхности – данные условия реализуются только в случае полного заполнения дефекта грануляционной тканью. В процессе эпителизации грануляционная ткань превращается в рубцовую – плотную волокнистую соединительную ткань, которая является морфологическим субстратом неполной репаративной регенерации.

У пациентов с СД хронические раневые дефекты находятся в фазе воспаления гораздо дольше, чем при ненарушенном углеводном обмене. При незавершенной, длительной фазе воспалительных изменений, истощении клеточного состава, наличии некротических масс в раневом дефекте отсутствуют необходимые условия для инициации фазы регенерации, активации фибробластов. Вследствие вышеуказанных морфологических особенностей не происходит синтез грануляционной ткани в достаточном количестве – отсутствуют необходимые для дальнейшей эпителизации условия.

Процесс репарации раневых дефектов у пациентов СДС значительно замедлен – из-за большого количества как клеточных, так и сосудистых нарушений. Заживление ран у пациентов СДС, особенно в случае

присоединения вторичной бактериальной инфекции с образованием гнойного экссудата, характеризуется десинхронизацией фаз воспаления и регенерации, проявляющейся в пролонгировании воспалительных изменений на фоне макрофагальной реакции и расстройств микроциркуляции. Одновременно происходит торможение репаративного процесса, что приводит к возникновению длительно незаживающих ран [6]. Современный подход к хирургическому лечению пациентов СДС включает в себя не только традиционную комплексную терапию с местным лечением ран, но и разнообразные физические методы воздействия на некротизированные участки ткани. В ряде работ последних лет была доказана эффективность применения внутривенного лазерного облучения крови (ВЛОК) при лечении гнойно-некротических форм пациентов СДС [7]. В литературе имеются многочисленные упоминания о местном применении различных видов низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) – в непрерывном режиме красного спектра (633–635 нм), в импульсном режиме инфракрасного спектра (ИК) (890–904 нм). Данный метод физического воздействия считается эффективным при лечении раневых дефектов пациентов СДС – способствует отторжению некротизированных участков ткани, активирует и ускоряет процесс регенерации. За счет неинвазивного освечивания НИЛИ восстанавливается эластичность мембран клеток, нормализуется лимфо- и гемомикроциркуляция в участке воздействия. Хронические раны пациентов СДС склонны к задержке в альтеративной и экссудативной фазах воспаления, значительному замедлению регенерации. В. И. Елисеенко [8] было показано, что процесс заживления лазерных ран характеризуется редукцией экссудативной фазы воспаления, что связано со стерилизацией раны за счет термического компонента лазерного воздействия, активной пролиферацией клеточных элементов макрофагального ряда, наличием минимальной нейтрофильной инфильтрации формирующейся грануляционной и окружающей ткани.

НИЛТ способствует ускорению и завершению процессов регенерации тканевого дефекта за счет стимуляции репарации поврежденной ткани, роста объема грануляций и краевой эпителизации, улучшения кровообращения в ране.

Основываясь на гистологической картине, можно определить особенности влияния НИЛТ на течение раневого процесса у пациентов СДС, сравнить с морфологической картиной репаративных изменений у пациентов контрольной группы – биопсийным материалом больных, которые были пролечены традиционным методом.

Цель работы: оценить морфологические изменения степени выраженности регенеративных процессов в тканях нижних конечностей у пациентов с синдромом диабетической стопы после проведения низкоинтенсивной лазерной терапии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен сравнительный ретроспективный анализ гистологического материала тканей ран 125 пациентов СДС, находившихся на стационарном лечении в специализированном хирургическом отделении ГБУ «ЦГКБ № 9 г. Донецка» за период 2020–2022 гг. Среди пациентов СДС было 53 % женщин и 47 % мужчин в возрасте от 22 до 90 лет с медианным значением 66 (61–73) лет. У всех больных установлен диагноз сахарный диабет I или II типа с длительностью заболевания 10–15 лет (min – до 1 года, max – 52 года). Объем поражения тканей стопы варьировал от II до III степени по классификации Wagner (II степень диагностирована в 54,6 % случаев). Основную группу составили 65 пациентов СДС, у которых на фоне традиционной терапии при лечении раневых дефектов применяли НИЛТ. Лазеротерапию проводили полупроводниковым лазером в инфракрасном диапазоне в импульсном режиме с длинной волны 0,89 мкм, с частотой 80 Гц, на зоны проекции крупных сосудов, на заднюю группу мыши голеней, бедер и раневой дефект. Количество зон воздействия за одну процедуру составляло от 2 до 4. Время экспозиции на одну зону – 128 с. Курс – 7–8 сеансов.

Группу контроля составили 60 пациентов с гнойно-некротическими формами диабетической стопы, которым после проведения хирургической обработки проводилась стандартная комплексная терапия с местным лечением ран влажно-высыхающими повязками с водным раствором хлоргексидина. Морфологическое исследование проводились на базе централизованного патолого-анатомического отделения Центральной городской клинической больницы № 1 города Донецка. Материал для гистологического исследования был представлен микропрепаратами ткани раневых дефектов нижних конечностей пациентов СДС – образцы фиксировались в 5 % растворе нейтрального формалина, заливались в парафиновые блоки.

Методом последовательных биопсий исследовали кусочки ткани из раневых дефектов с 1-х по 20-е сутки после операции. При световой микроскопии использовали окраску срезов гематоксилином и эозином, толуидиновым синим и по Ван Гизону. С помощью микроскопа «Micros MC 50», объектива «WF EWF 10x/18» были изучены морфологические особенности течения репаративного процесса в раневых дефектах пациентов СДС: клеточный состав и его степень выраженности, наличие или отсутствие некротически измененных фрагментов ткани, появление грануляций, особенности ангиогенеза. Для статистической обработки полученных данных использовалась программа Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологическое исследование показало, что у больных основной группы после применения

НИЛТ первые 3 суток в дне раневых дефектов 44 случаев определялась отечность жировой ткани, с выраженной в 42 случаях и умеренной в 12 случаях лейкоцитарной инфильтрацией, с наличием единичных макрофагов, гистиоцитов, моноцитов, фрагментов раневого детрита в 43 случаях. В прилежащих к ране тканях пациентов основной группы определялись расстройства микроциркуляции к началу 3-х суток: гемостаз в 31 случае, сладжи эритроцитов в сосудистом русле в 44 случаях, диапедезные периваскулярные кровоизлияния в 28 случаях, венозная гиперемия в 50 случаях, плазматическое пропитывание сосудистой стенки с явлением десквамации эндотелиоцитов в 22 случаях. У больных контрольной группы в течение первых 3 суток в раневых дефектах 56 случаев определялась выраженная отечность жировой ткани, в 12 случаях в жировой клетчатке наблюдалась гибель липоцитов, их фагоцитирование и появление макрофагов с ячеистой цитоплазмой, содержащей капли жира к концу 3-х суток. К началу 2-х суток у пациентов контрольной группы в дне раневых дефектов 55 случаев определялась выраженная лейкоцитарная инфильтрация, с единичными макрофагами, остатками раневого детрита и очаговым скоплением фибрина. В прилежащих к раневому дефекту тканях пациентов контрольной группы к началу 2-х суток также определялись расстройства микроциркуляции: в 15 случаях артериальная гиперемия, в 22 случаях – венозная гиперемия, очаговые кровоизлияния в 24 случаях, выраженная десквамация эндотелия в 33 случаях к концу 2-х суток, плазматическое пропитывание сосудистых стенок также в 33 случаях, набухание эндотелиальных клеток в 20 случаях, в 10 случаях к концу 2-х суток – агглютинация эритроцитов и формирование микротромбов.

Лейкоцитарная инфильтрация, с наличием большого количества лейкоцитарно-некротического детрита, визуализировалась в краях ран пациентов контрольной группы (после применения традиционной комплексной терапии с местным лечением ран) на 4-е сутки – в 35 случаях умеренная нейтрофильная инфильтрация сетчатого слоев дермы (рис. 1), в 25 случаях – слабовыраженная клеточная инфильтрация сосочкового слоя дермы (рис. 1). В раневых дефектах тканей материала пациентов основной группы (после применения НИЛТ) – в 55 случаях определялась умеренная лейкоцитарная инфильтрация на 3-и сутки, в 10 случаях – слабовыраженный нейтрофильный инфильтрат на 4-е сутки.

В тканях раневых дефектов пациентов основной группы в 38 случаях лейкоцитарно-некротический детрит (ЛНД) отсутствовал на 5-е сутки, в 20 случаях –визуализировался в области краев раны к концу 5-х суток, в 7 случаях занимал все поле зрения на 5-е сутки. В тканях ран материала контрольной группы в 42 случаях ЛНД, с диффузной лейкоцитарной инфильтрацией, занимал все поле зрения к 6–7-м суткам, в 18 случаях – ЛНД визуализировался к концу 6-х суток на 1/2 площади поверхности поля зрения, с очаговой лейкоцитарной инфильтрацией. Лейкоцитарно-некротический детрит микроскопически идентифицировали по скоплению нейтрофилов, наличию некротически измененных пучков коллагеновых волокон (ПКВ), покрытых фибрином, диффузной лейкоцитарной инфильтрации (рис. 2). Фокусы некроза были представлены гомогенными, бесструктурными, безъядерными участками коллагеновых волокон.

В сетчатом и сосочковом слоях дермы пациентов основной группы в 50 случаях определялась выраженная макрофагальная инфильтрация на 5-е сутки,

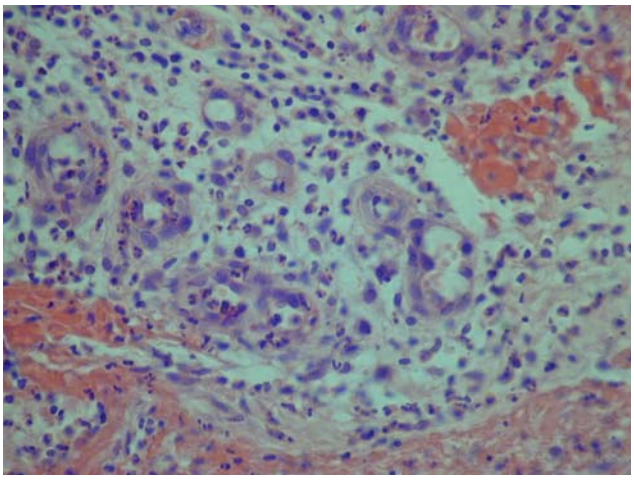


Рис. 1. Нейтрофильная инфильтрация сосочкового слоя дермы у пациентов контрольной группы. Окраска гематоксилином и эозином, ×400

Fig. 1. Neutrophil infiltration of the dermis papillary layer in the control group of patients. Staining with hematoxylin and eosin, ×400

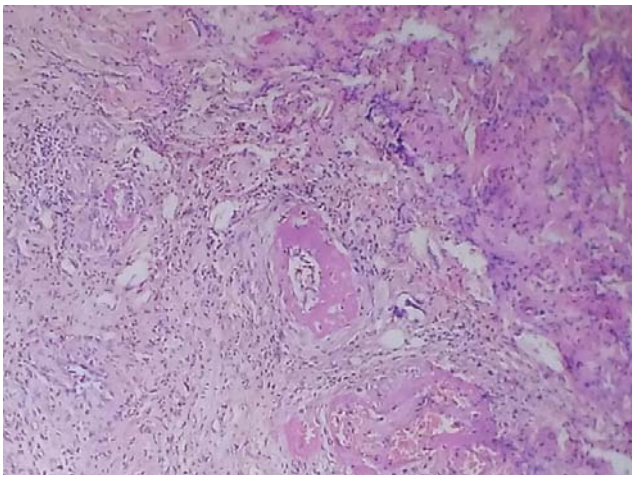


Рис. 2. Участок лейкоцитарно-некротического детрита в крае раны у пациента контрольной группы на 6-е сутки. Окраска гематоксилином и эозином, ×200

Fig. 2. A leukocyte-necrotic detritus area at the wound edge in a patient from the control group on day 6. Staining with hematoxylin and eosin, ×200

с тенденцией к увеличению их количества в направлении от краев раны к центру, в 15 случаях – слабовыраженная инфильтрация макрофагами к концу 5-х суток. У пациентов контрольной группы в 35 случаях визуализировались единичные макрофаги в области краев раны на 6-е сутки, в 22 случаях – слабо выраженная макрофагальная инфильтрация, без тенденции к увеличению количества клеток от краев к центру раневого дефекта к концу 6-х суток, и только в 3 случаях – выраженная инфильтрация макрофагами на 6-е сутки. В краях ран 49 пациентов основной группы после применения 5 сеансов НИЛТ определялись небольшие скопления лимфоцитов в сосочковом слое дермы (рис. 3), в 11 случаях лимфоциты располагались периваскулярно в сетчатом слое к началу 4-х суток. В 5 случаях отмечалась тенденция к увеличению числа лимфоцитов от области дна раневого дефекта к периферическим участкам – с выраженной лимфоцитарной инфильтрацией данных зон к началу 6-х суток. У пациентов контрольной группы в 36 случаях визуализировались единичные лимфоциты в сосочковом слое дермы к концу 6-х суток, в 19 случаях определялась слабовыраженная лимфоцитарная инфильтрация сосочкового и сетчатого слоев дермы на 8-е сутки, в 5 случаях лимфоциты в обоих слоях дермы лимфоциты отсутствовали к 8–9-м суткам.

У пациентов основной группы после применения 8 сеансов НИЛТ в 24 случаях отмечалось появление фибробластов (больше половины поля зрения), представленных компактными, веретенообразными клетками, окруженными тонкими пучками оксифильных коллагеновых волокон (рис. 4). В 23 случаях в тканях ран пациентов СДС основной группы фибробласты занимали 1/2 поля зрения к началу 10-х суток, в 18 случаях – все поле зрения на 11-е сутки. В 27 случаях к концу 13-х суток в области дна раневого дефекта пациентов контрольной группы определялись адвентициальные клетки – небольших размеров, веретеновидной уплощенной формы, располагались по ходу капилляров, занимали 1/4 поля зрения. В 23 случаях в ткани ран пациентов СДС контрольной группы фибробласты визуализировались в краях раневого дефекта – занимали 1/3 поля зрения к 13–14-м суткам, в 10 случаях отсутствовали как адвентициальные клетки, так и фибробласты на 13-е сутки.

Более выраженное и активное разрастание грануляционной ткани, которая микроскопически была представлена тонкостенными капиллярами и недифференцированными клетками соединительной ткани, встречалось у 47 пациентов основной группы на 15–16-е сутки – в поле зрения определялась грануляционная ткань, полностью восполняющая раневой дефект, от сетчатого слоя дермы, до рогового слоя эпидермиса к концу 16-х суток, у 18 пациентов сформировалась только в дерме на 16-е сутки. У пациентов контрольной группы появление активных грануляций было менее выражено, с ограничением репаративного процесса зонами сетчатого и сосочкового слоев дермы – в 24 случаях к концу 19-х суток, только в сетчатом слое дермы – в 36 случаях на 18-е сутки.

Таким образом, результаты проведенных гистологических исследований показали, что применение такого метода физического воздействия как НИЛТ значительно ускоряет репаративные процессы в хронических ранах пациентов СДС – способствует более быстрому формированию грануляционной ткани и значительному уменьшению площади раневой поверхности по сравнению с группой пациентов, пролеченных традиционной комплексной методикой с местным лечением ран. НИЛТ-терапия благотворно

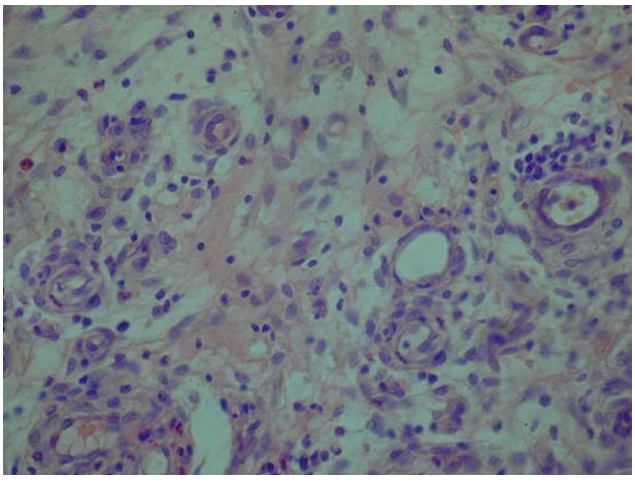


Рис. 3. Единичные нейтрофилы и мелкие группы лимфоцитов в сосочковом слое дермы. Рана после 5 сеансов лазерного излучения. Окраска гематоксилином и эозином, ×400

Fig. 3. Sporadic neutrophils and small groups of lymphocytes in the dermis papillary layer. Wound after five LLLT sessions. Staining with hematoxylin and eosin, ×400

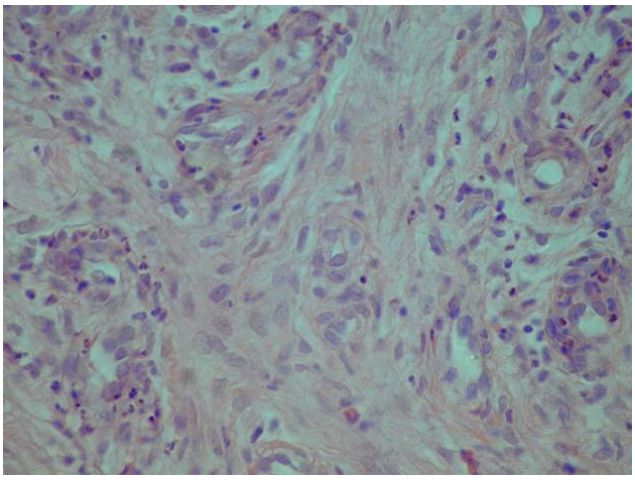


Рис. 4. Компактное скопление фибробластов, окруженных тонкими пучками оксифильных коллагеновых волокон. Рана после 8 сеансов лазерного излучения. Окраска гематоксилином и эозином, ×400

Fig. 4. Clusters of fibroblasts surrounded by thin bundles of oxyphilic collagen fibers. Wound after eight LLLT sessions. Staining with hematoxylin and eosin, ×400

влияет на количественные характеристики и клеточный состав каждой фазы регенераторного процесса: в фазу воспалительных изменений активирует миграцию лейкоцитов, увеличивает число макрофагов в раневых дефектах – за счет данных типов клеток происходит более быстрая элиминация лейкоцитарно-некротического детрита. НИЛТ оказывает стимулирующие действие на пролиферативную фазу – при изучении морфологии тканей ран пациентов СДС в проведенном исследовании микроскопически было обнаружено наличие большого количества активных фибробластов в раневых дефектах. Появлению активных фибробластов в тканях ран пациентов СДС после применения НИЛТ способствовало увеличение количества макрофагов и лимфоцитов, также обусловленное данным методом физического воздействия – макрофаги и лимфоциты, выделяют цитокины и факторы роста, потенцирующие коллагенсинтезирующую функцию фибробластов. На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что после применения НИЛТ-терапии, по сравнению с традиционной комплексной методикой лечения, в сформировавшейся грануляционной ткани появляется большее количество зрелых, активных фибробластов и новообразованных тонкостенных сосудов, улучшается процесс васкуляризации – данные морфологические особенности играют важную роль в процессах дальнейшего, активного созревания грануляционной ткани (чем большая площадь поверхности раневого дефекта заполнена грануляциями, тем быстрее наступит финальная фаза эпителизации и заживление). Полученные результаты позволяют заключить, что применение лазерного излучения в комплексном лечении больных с гнойно-некротическими формами синдрома диабетической стопы способствует скорейшему очищению ран, сокращению площади раневых дефектов, позволяет в более короткие сроки, чем при традиционном лечении, уменьшить или ликвидировать воспалительный процесс, стимулирует развитие грануляционной ткани и ускоряет процесс эпителизации. Это позволяет сократить сроки и улучшить результаты лечения больных. НИЛТ можно отнести к перспективной, надежной и эффективной (что подтверждается результатами данного исследования) методике лечения раневых дефектов пациентов СДС за счет выраженной стимуляции процесса регенерации хронических ран.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение низкоинтенсивной лазерной терапии положительно влияет на репаративные процессы хронических ран пациентов СДС – активирует процесс формирования грануляционной ткани, приводящий к значительному уменьшению площади раневой поверхности, по сравнению с группой пациентов, пролеченных традиционной комплексной методикой с местным лечением ран.

Использование НИЛТ в комплексном лечении гнойных ран ведет к более быстрому переходу тканей ран пациентов СДС из воспалительной фазы в пролиферативную – раневой дефект не останавливается в фазе воспаления на длительное время, снижается риск развития дальнейших гнойно-некротических осложнений.

Применение НИЛТ в лечении гнойно-некротических ран нижних конечностей у больных сахарным диабетом благотворно влияет на количественные характеристики и клеточный состав каждой фазы регенераторного процесса: в фазу воспалительных изменений активирует процесс миграции лейкоцитов, увеличивает число макрофагов, лимфоцитов; в пролиферативной фазе способствует появлению активных фибробластов, улучшает процессы васкуляризации грануляционной ткани, наличие которой необходимо для своевременного наступления фазы эпителизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мараев В.В. Лазерные технологии в лечении длительно не заживающих язв различного генеза [Текст] / В.В. Мараев, В.И. Елисеенко, М.М. Мусаев. *Лазерная медицина*. 2018; 22(2): 13–18.
2. Гейниц А.В., Дуванский В.А., Гаджиев Э. Влияние импульсной магнито- и лазеротерапии на регионарную микроциркуляцию при лечении больных гнойными ранами. *Ангиология и сосудистая хирургия* (Приложение). М.: 2006; 82 с.
3. Митиш В.А., Пасхалова Ю.С., Ерошкин И.А., Галстян Г.Р. Гнойно-некротические поражения стопы, критическая ишемия нижних конечностей и сахарный диабет. *Неотложная медицинская помощь*. 2012; 1: 35–39.
4. Зайцева Е.Л., Токмакова А.Ю. Роль факторов роста и цитокинов в репаративных процессах в мягких тканях у больных сахарным диабетом. *Сахарный диабет*. 2014; Т. 17(1): 59–70.
5. Вертьянов В.А. Применение лазерного излучения в лечении гнойных ран. *Хирургия.* 1987; 7: 22–26.
6. Берченко Г.Н., Шехтер А.Б., Николаев А.В., и др. Особенности заживления гнойных ран у больных при лечении коллагеновыми препаратами (гистохимическое и электронно-микроскопическое исследование). *Архив патологии*. 1985; 12: 37–44.
7. Гавриленко А.В., Мусаев М.М. Лазерные методики в комплексном лечении больных трофическими язвами нижних конечностей венозной этиологии. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2011; (4): 64–67.
8. Елисеенко В.И. Патологическая анатомия и патогенез лазерной раны. *Лазерная медицина*. 2017; 21 (4): 5–10. DOI: 10.37895/2071-8004-2017-21-4-5-10
9. Saeedi P., Petersohn I., Salpea P., et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res Clin. Pract.* 2019; 157: 1 07843. DOI: 10.1016/j.diabres.2019.107843

REFERENCES

1. Maraev V.V. Laser technologies in the treatment of long-term non-healing ulcers of various genesis .V.V. Mareev, V.I. Eliseenko, M.M. Musaev. *Lazernaya medicina.* 2018; 22(2): 13–18. [In Russ.].
2. Gainits A.V., Duvansky V.A., Gadzhiev E. The influence of pulsed magneto and laser therapy on regional microcirculation in the treatment of patients with purulent wounds. *Angiologia i sosudistaya khirurgia*. Moscow: 2006: 82 p. [In Russ.].
3. Mitish V.A., Paskhalova Yu.S., Eroshkin I.A., Galstyan G.R. Purulent-necrotic lesions of the foot, critical ischemia of the lower extremities and diabetes mellitus. *Neotlozhnaya meditsinskaya pomosch.* 2012; 1: 35–39. [In Russ.].
4. Zaitseva E.L., Tokmakova A.Yu. The role of growth factors and cytokines in reparative processes in soft tissues in patients with diabetes mellitus *Sakharniy diabet.* 2014; 17(1): 59–70. [In Russ.].
5. Vertyanov V.A. Laser light in the treatment of purulent wounds. *Khirurgia.* 198; 7: 22–26. [In Russ.].
6. G.N. Berchenko, A.B. Shechter, A.V. Nikolaev, etc. Features of healing of purulent wounds in patients treated with collagen preparations (histochemical and electron microscopic examination). *Arkhiv patologii.* 1985; 12: 37–44. [In Russ.].
7. Gavrilenko A.V., Musaev M.M. Laser treatment of trophic venous leg ulcers. *Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova.* 2011; (4): 64–67. [In Russ.].
8. Yeliseenko V.I. Laser wounds: Pathologic anatomy and pathogenesis. *Lazernaya medicina.* 2017; 21(4): 5–10. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2017-21-4-5-10
9. Saeedi P., Petersohn I., Salpea P., et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res Clin Pract* 2019; 157: 107843. DOI: 10.1016/j.diabres.2019.107843

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.

Conflict of interest

The authors state that this work, its theme, subject and content do not affect competing interests.

Сведения об авторах

Багрий Андрей Эдуардович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой внутренних болезней № 2 ФГБУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького»; e-mail: hirurgiya.fipo@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0295-3724

Луценко Юрий Григорьевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры хирургии ФИПО, ФГБУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького»; e-mail: hirurgiya.fipo@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9442-5207

Сычёва Дарья Романовна, ассистент кафедры патологической анатомии, ФГБУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького; e-mail: darya.hardy@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0001-0168-9925

Information about the authors

Bagry Andrey – Dr. Sci. (Med.), professor, head of the Department of Internal Diseases No 2, Gorky Donetsk State Medical University; e-mail: hirurgiya.fipo@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0295-3724

Lutsenko Yuri – Cand. Sci. (Med.), associate professor at the Surgical Department, Gorky Donetsk State Medical University; e-mail: hirurgiya.fipo@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9442-5207

Sycheva Darya – assistant at the Department of Pathological Anatomy, Gorky Donetsk State Medical University; e-mail: darya.hardy@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0009-0001-0168-9925

УДК: 615.849.19:617.3
DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-3-15-20
Оригинальные исследования

ЛАЗЕРНЫЕ И РАДИОЧАСТОТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ ДЕГЕНЕРАТИВНОЙ ПОЛИСЕГМЕНТАРНОЙ ПАТОЛОГИИ ПОЗВОНОЧНИКА У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

А.В. Горбунов[1], В.Э. Потапов[1], В.А. Сорковиков[1,2], А.П. Животенко[1], С.Н. Ларионов[1]

[1] ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», Иркутск, Россия

[2] Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Иркутск, Россия

Резюме

В работе представлены результаты лечения 88 пациентов пожилого возраста с дегенеративной патологией позвоночника. Декомпрессивно-стабилизирующие операции ранее проведены 42 больным. Клинические проявления заболевания характеризовались длительным болевым синдромом, люмбоишиалгией вследствие дегенеративно-дистрофических изменений в дугоотростчатых суставах, прогрессирующей дегенерации межпозвонковых дисков.

Оперативное лечение у 65 пациентов включало пункционную лазерную абляцию медиальной ветви спинномозгового нерва фасеточного сустава. У 23 больных абляция медиальной ветви спинномозгового нерва на двух (8) и трех (15) уровнях выполнена с использованием четырехканального радиочастотного генератора COSMAN G4.

Отличные и хорошие результаты после операции выявлены у 58 (65,9 %) пациентов. Анализ промежуточных результатов лечения в сроки до 3 лет выполнен у 55 больных, и у 37 (42,01 %) из них отмечен стойкий положительный результат. Использование малоинвазивных лазерных и радиочастотных технологий при лечении дегенеративной полисегментарной патологии позвоночника у лиц пожилого и преклонного возраста обосновано и является важным компонентом их реабилитации.

Ключевые слова: дегенеративный спондилоартроз, малоинвазивные технологии, лазерная и радиочастотная абляция ветви спинномозгового нерва

Для цитирования: Горбунов А.В., Потапов В.Э., Сорковиков В.А., Животенко А.П., Ларионов С.Н. Лазерные и радиочастотные технологии в лечении дегенеративной полисегментарной патологии позвоночника у лиц пожилого возраста. *Лазерная медицина*. 2023; 27(3): 15–20. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-15-20

Контакт: Животенко А.П., e-mail: sivotenko1976@mail.ru

LASER AND RADIOFREQUENCY TECHNOLOGIES IN THE TREATMENT OF DEGENERATIVE POLYSEGMENTAL PATHOLOGIES OF THE SPINE IN ELDERLY PEOPLE

Gorbunov A.V.[1], Potapov V.E.[1], Sorokovikov V.A.[1,2], Zhivotenko A.P.[1], Larionov S.N.[1]

[1] Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, Irkutsk, Russia

[2] Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education. Yubileyniy 100, Irkutsk 664049, Russia

Abstract

The article discusses outcomes after treating 88 elderly patients with degenerative pathologies of the spine, 42 of whom had previous decompression-stabilizing surgical interventions. Clinical manifestations of the disease were characterized by prolonged pain syndrome, lumboishialgia caused by degenerative-dystrophic changes in the arch-process joints and progressive degeneration of the intervertebral discs.

Surgical intervention in 65 patients included puncture laser ablation of the medial branch of the spinal nerve in the facet joint. In 23 patients, ablation of the medial branch of the spinal nerve was performed at two (*n* = 8) and three (*n* = 15) levels using four-channel radio frequency generator COSMAN G4.

Excellent and good results after surgery were found in 58 (65.9%) patients. The researchers assessed intermediate results within 3 years in 55 patients, and 37 (42.01%) of them had a stable positive state. Minimally invasive laser and radiofrequency technologies in the treatment of degenerative polysegmental pathologies of the spine in elderly and old people is justified, and it is an important component of their rehabilitation.

Keywords: degenerative spondyloarthrosis, minimally invasive technologies, laser and radiofrequency ablation, spinal nerve branch

For citation: Gorbunov A.V., Potapov V.E., Sorkovikov V.A., Zhivotenko A.P., Larionov S.N. Laser and radio frequency technologists in the treatment of degenerative polysegmental pathologies of the spine in elderly people. *Laser Medicine.* 2023; 27(3): 15–20. [In Russ.]. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-15-20

Contact: Zhivotenko A.P., e-mail: sivotenko1976@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Развитие медицины и увеличение продолжительности жизни населения закономерно привело к росту выявляемости дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника [1, 2, 3]. Стенотические изменения позвоночного канала и фораминальных отверстий с компрессией невральных образований вследствие остеодистрофических трансформаций позвоночника встречаются у 85–90 % лиц преклонного возраста [4, 5, 6].

Коморбидная патология и возрастные изменения органов и систем не только увеличивают риски осложнений, но и в 16–18 % случаев обуславливают неудовлетворительные результаты хирургического лечения дегенеративной патологии позвоночника [5, 6].

Прогрессирующие деформации на фоне послеоперационных изменений нередко приводят к многоуровневым поражениям позвоночника со сложным переплетением симптомов заболевания. В клинической практике нарастание дегенеративных изменений на смежном к ранее оперированному уровню поражения позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) рассматривается как «синдром поражения смежного уровня» (СПСУ). Не менее сложной является и проблема лечения дегенеративных полисегментарных спондилезов и спондилоартрозов в связи с необходимостью выявления одно-, двух- или многоуровневых поражений для решения вопроса о возможности использования хирургических технологий, так как консервативное лечение не всегда эффективно.

Хирургические вмешательства с использованием расширенных декомпрессивно-стабилизирующих операций, нередко повторных, также не всегда дают положительный результат, а использование малоинвазивных технологий не нашло широкого применения [6, 7]. Целью настоящего исследования было оценить влияние малоинвазивных технологий на снижение интенсивности болевого синдрома и улучшение качества жизни пациентов пожилого возраста с дегенеративной полисегментарной патологией поясничного отдела позвоночника при использовании пункционной лазерной (ПЛДФС) и радиочастотной дерецепции фасеточных суставов (РЧДФС).

Таблица

Уровень ранее проведенных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств

Table

The level of previous decompressive-stabilizing interventions

Сегмент Segment	Количество (%) Number (%)
L_{III}–L_{IV}	3 (7,14 %)
L_{IV}–L_{V}	14 (33,33 %)
L_{V}–S_{I}	17 (40,47 %)
L_{III}–L_{IV}–Lv	5 (11,90 %)
L_{IV}–Lv–S_{I}	3 (7,14 %)

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За период с 2018 по 2022 г. в нейрохирургическом отделении ФГБНУ ИНЦХТ методами ПЛДФС и РЧДФС оперировано 88 человек, относящихся к старшей возрастной категории (60 лет и старше), из них 42 пациента ранее оперированы по поводу дегенеративной патологии позвоночника.

Критерии включения: возраст 60 и старше; клинически значимый болевой синдром при полисегментарном спондилезе и спондилоартрозе (МКБ 10: М-47; М-54,5); неэффективность консервативного лечения в течение 12 недель, положительный эффект от диагностических блокад со снятием интенсивности боли на 75–80 % по шкале ВАШ.

Критерии исключения: компрессионные формы радикулопатий и синдрома КПХ; сахарный диабет в стадии декомпенсации; несостоятельность имеющейся металлоконструкции, наркотическая зависимость или психические расстройства пациента; (МКБ 10: F10–F19; F00–F09; F20–F29); инфекционные заболевания кожи в месте манипуляции; отсутствие ответа на диагностическую блокаду.

Отмечено некоторое преобладание женщин – 50, мужчин соответственно – 38. Средний возраст составил 64,5 ± 4,1 года.

Клинические проявления не имели специфической симптоматики и характеризовалась сочетанием ноцецептивного болевого, мышечно-тонического и вертеброгенного синдромов. Эти синдромы развились вследствие дегенеративно-дистрофических изменений в дугоотростчатых суставах, прогрессирующей дегенерации межпозвонковых дисков.

У ранее оперированных пациентов период времени от предшествующей операции до госпитализации составил от 3,0 до 6,5 года (в среднем 3,3 ± 1,7 года).

Неврологические симптомы отображали рецидивирующие проявления алгических и рефлекторно-тонические синдромов с преобладанием люмбоишиалгии у 37 пациентов (88,09 %), хронические проявления радикулопатии отмечены у 5 больных (11,91 %).

Уровень ранее проведенных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств представлен в таблице.

Ведущее место в структуре патологического процесса занимали дегенеративные центральные и латеральные стенозы на фоне спондилоартроза у 36 (85,7 %); клинически значимые грыжи межпозвонковых дисков при нестабильности позвоночно-двигательного сегмента выявлены у 6 (14,3 %) пациентов.

В неврологическом статусе преобладали проявления люмбалгии и люмбоишиалгии – 33 (78,6 %), а у 9 пациентов клиническая симптоматика характеризовалась радикулопатией.

Сорок шесть пациентов с дегенеративной патологией позвоночника и проявлениями спондилеза и полисегментарного спондилоартроза ранее

не оперировались и поступили на лечение в связи с неэффективностью консервативной терапии, выраженным болевым и вертеброгенным синдромом.

Сопутствующая соматическая патология выявлена у всех пациентов: гипертоническая болезнь – у 68; ишемическая болезнь сердца – у 12 человек; сахарный диабет II типа – у 7 человек; ожирение 1–2-й ст. и избыточная масса тела отмечена у 55 человек; остеопения и остеопороз – у 36 человек; артрозы 2–3-й ст. коленных и тазобедренных суставов – у 24 человек; онкологические операции в анамнезе – у 4 пациентов.

Нарастание дегенеративных измененной костно-хрящевой и дисковой ткани на смежном к ранее оперированному уровню явилось причиной обращения 42 пациентов (47,7 %) (рис. 1), у остальных 46 (52,3 %) в клинической картине преобладали проявления деформирующего полисегментарного спондилеза и спондилоартроза (рис. 2).

Пункционная лазерная абляция медиальной ветви спинномозгового нерва проведена 65 пациентам при использовании диодного аппарата АЛОД-01, длина волны – 810–1061 нм («Медлаз-Нева», Санкт-Петербург). Регистрационное удостоверение в сфере здравоохранения и социального развития № ФС 02262006/2929–06 от 29.03.2006 г. Лазерная технология деструкции медиальной ветви спинномозгового нерва осуществлялась следующим образом. Пациент находится в положении лежа на животе. Под контролем электронно-оптического преобразователя (ЭОП) из заднебокового доступа (местная анестезия Sol. Lidocaini 2 %, 5 мл) проводили иглу с мандреном (№ 20G) к месту соединения поперечного отростка и соответствующего дугоотростчатого сустава. Мандрен заменяли на оптоволоконный световод и осуществляли абляцию медиальной ветви спинномозгового нерва дугоотростчатого сустава. При тракции иглы изменяли ее положение вдоль латеральной поверхности фасеточного сустава и при повторном облучении осуществляли расширенную дерецепцию сустава. Воздействие импульсным излучением лазера в режиме 970 нм проводили 3-кратно с интервалом 5 секунд, частотой 9 Гц, мощностью 3 Вт в суммарной дозе 100 Дж. Общее время составляло 10–12 секунд.

Радиочастотная абляция (РЧА) медиальной ветви спинномозгового нерва выполнена 23 больным с использованием четырехканального радиочастотного генератора COSMAN G4. Деструкцию проводили на двух у 8 и трех уровнях у 15 пациентов изолированными иглами длиной 100–150 мм с рабочим оголенным концом на срезе 5–10 мм. Под контролем ЭОП дистальные кончики игл располагали сбоку от дугоотростчатых суставов («глаз терьера»), в месте прохождения срединной медиальной ветви спинномозгового нерва. С целью контроля точного расположения канюли в проекции медиальной ветви спинномозгового нерва осуществляли сенсорную и моторную стимуляцию малым током частотой 50 (100) Гц для чувствительных волокон и 2 Гц для двигательных, при этом ощущение пациентом покалывания при мощности менее 0,5 Вт

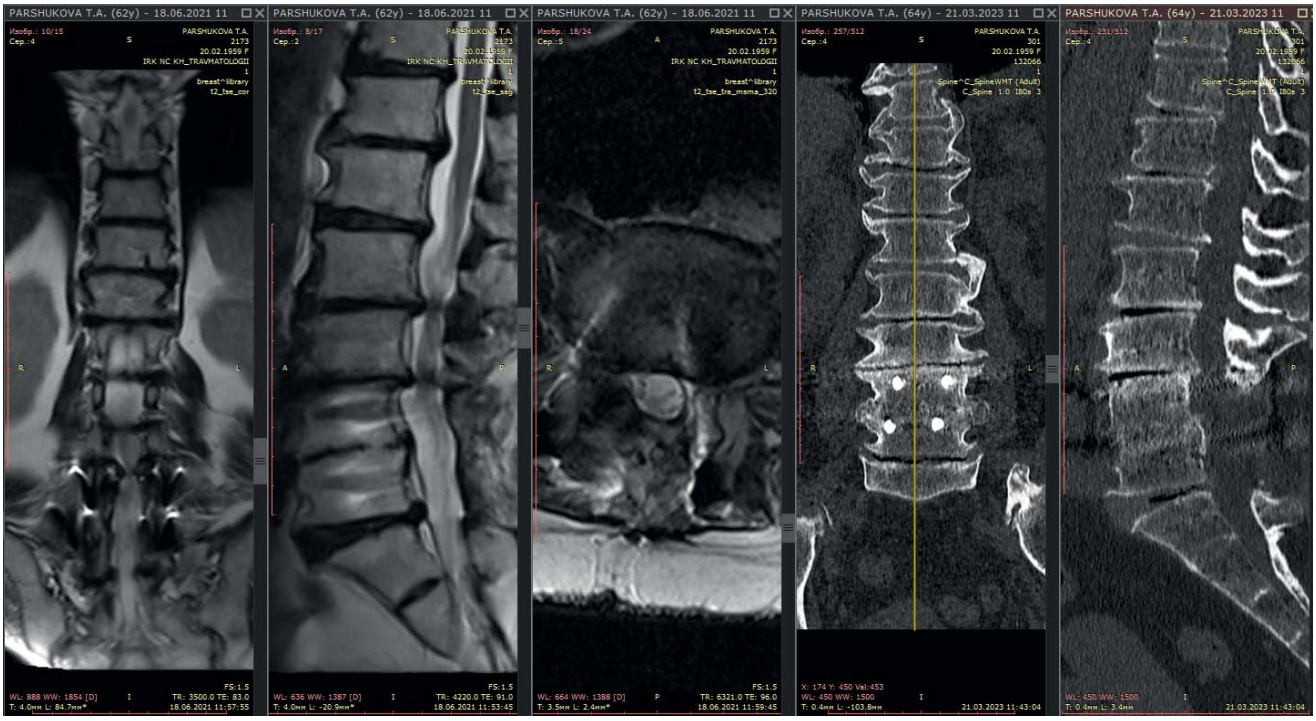


Рис. 1. МРТ поясничного отдела позвоночника. Т2 взвешенные изображения. MPR в фронтальной (а), сагиттальной (б), аксиальной плоскости (в) и МСКТ поясничного отдела позвоночника. MPR во фронтальной (г) и сагиттальной плоскости (д)

Fig. 1. MRI of the lumbar spine. T2 weighted images. MPR in the frontal (a), sagittal (б), axial plane (в) and MSCT of the lumbar spine. MPR in the frontal (г) and sagittal plane (д)

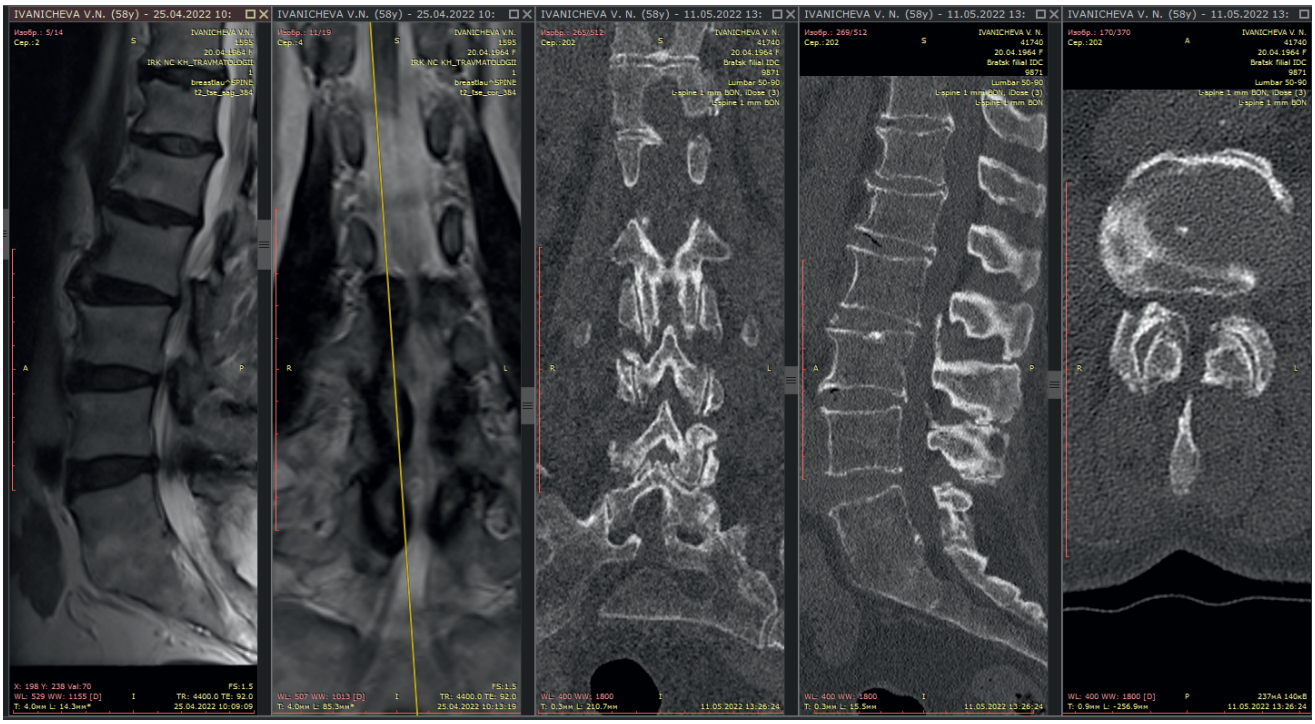


Рис. 2. МРТ поясничного отдела позвоночника. T_2 взвешенные изображения. MPR в сагиттальной (а), фронтальной (б) плоскости и МСКТ поясничного отдела позвоночника MPR во фронтальной (в), сагиттальной (г) и аксиальной плоскости (д)

Fig. 2. MRI of the lumbar spine. T2 weighted images. MPR in the sagittal (a), frontal (б) plane and MSCT of the lumbar spine MPR in the frontal (в), sagittal (г) and axial planes (д)

указывали на оптимальное приближение иглы к нерву. После введения небольшого количества местного анестетика кончик иглы нагревали до 70–80 °С в течение 60–90 секунд. По завершении процедуры вводили 1,0–1,2 мл 0,2 % раствора ропивакаина и извлекали иглу.

Эффективность хирургического лечения оценивалась в послеоперационном периоде до 6 месяцев с применением опросников визуально-аналоговой шкалы боли (ВАШ) и MacNab. Полученные результаты проанализированы с применением статистических методов в программе Statistica v.10.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Болевой вертеброгенный синдром по опроснику ВАШ значимо снизился в раннем послеоперационном периоде у 79 (89,7 %) пациентов с 6,57 ± 0,5 до 2,36 ± 0,4 см (χ^{22} = 0,049, при P < 0,05).

По субъективно-оценочной шкале Макнаб «отличный» результат лечения получен у 8 пациентов, 3 из которых проводилась РЧДФС и 5 – ПЛДФС с уменьшением интенсивности болевого синдрома с 5–6 до 0,5–1 см; «хороший» и «удовлетворительный» – у 50 пациентов после ПЛДФС и у 20 после РЧДФС с уменьшением интенсивности боли по ВАШ с 6–7 до 2–4 см; «неудовлетворительный» – у 4 больных после ПЛДФС, которым впоследствии было проведено декомпрессивно-стабилизирующее хирургическое вмешательство.

Анализ промежуточных результатов лечения в сроки от 9 мес. до 3 лет выполнен у 55 больных (62,5 %). «Отличный» результат отмечен у 5 человек, у них полностью отсутствовал болевой синдром, больные выполняли прежнюю работу (регресс ВАШ с 4,88 ± 0,18 до 0,92 ± 0,1 см; χ^2 = 0,006 при P < 0,05).

«Удовлетворительный» результат выявлен у 32 человек (регресс ВАШ с 6,82 ± 0,07 до 2,61 ± 0,11 см; χ^2 = 0,112, при P < 0,05).

Лечение боли при патологии позвоночника у лиц пожилого возраста остается сложной задачей [3, 4] из-за течения естественного дегенеративного процесса, а в случаях оперативных вмешательств – прогрессирования как инволютивных, так и послеоперационных изменений. При рассмотрении «патологии смежных сегментов» необходимо помнить о дуализме обсуждаемой сущности и необходимости разграничения дегенерации смежного сегмента (ДСС), прогрессирующей вследствие оперативного вмешательства на соседнем ПДС и естественного процесса старения [2, 3]. Первое представлено клинико-рентгенологическим синдромом дегенеративных изменений позвонков и дисков, с характерными клиническими симптомами и признаками, проявившимися в течение первых 2–3 лет после ригидной фиксации ПДС. С другой стороны – инволютивные изменения позвоночника, сопровождающиеся полисегментарной дегенерацией и характерными проявлениями спондилоартроза и спондилеза.

Клинические и лучевые границы межу этими понятиями расплывчаты, так как в обеих группах имеет место дегенерация дисков, нестабильность, костно-хрящевые разрастания, стеноз канала и даже

компрессионные переломы; неврологические проявления также неспецифичны и характеризуются полиморфной симптоматикой на фоне рецидивирующих вертеброгенного и болевого синдромов.

Одним из кардинальным признаков, позволяющих, хоть и условно, разграничить эти патологические состояния, является временной промежуток между оперативным вмешательством и возникновением новых симптомов и признаков.

Сравнительный анализ эффективности использованных технологий указывает на необходимость их более широкого применения в клинической практике. Высказываться о преимуществах и недостатках лазерной и радиочастотной дерецепции рано, так как требуется накопление клинического материала. Не вызывает сомнения, что использование малоинвазивных технологий можно рассматривать как вмешательства «первой линии» при лечении алгических синдромов при дегенеративной патологии позвоночника. Перспективно и одномоментное использование стабилизирующих операций и радиочастотных или лазерных вмешательств при полисегментарных поражениях позвоночника как альтернатива продленного спондилодеза.

Наш опыт свидетельствует, что малоинвазивные технологии, как то лазерная абляция, могут быть использованы при наличии у пациентов характерных морфологических изменений – протрузий и костно-хрящевых разрастаний, возникших как проявления СПСУ после оперативного вмешательства на позвоночнике на одном (реже двух) уровнях, тогда как радиочастотная дерецепция более эффективна при полисегментарном поражении и необходимости воздействия на несколько гипертрофированных фасеточных суставов [2, 7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При лечении пациентов с полисегментарной патологий позвоночника могут использоваться перкутантные малоинвазивные методы лечения (ПЛДФС и РЧДФС), которые показали высокую эффективность в снижение интенсивности болевого синдрома и улучшающие качество жизни пациента пожилого возраста. Лазерная абляция показана при моносегментарной патологии или после оперативных вмешательств на позвоночнике, тогда как радиочастотная дерецепция более эффективна при полисегментарном поражении и необходимости воздействия на несколько гипертрофированных фасеточных суставов.

Дальнейшее изучение роли малоинвазивных лазерных и радиочастотных технологий при лечении дегенеративной патологии позвоночника у лиц пожилого и преклонного возраста является важным и обоснованным с точки зрения как эффективности, так и необходимости более широкого внедрения в клиническую практику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пахомов А.Г., Вчерашний Д.Б., Новосельцев С.В., Круглов В.Н. Низкоинтенсивное лазерное излучение в терапии болевого синдрома при грыжах дисков поясничнo-крестцового отдела позвоночника. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»*. 2018; 3: 26–31.
2. Щедренок В.В., Себелев К.И., Иваненко А.В., Могучая О.В. Результаты пункционных методов лечения остеохондроза позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2010; (1): 46–48. DOI: 10.14531/ss2010.1.46-48
3. Alkalay R., David H. Diffusion based MR measurements correlates with age-related changes in human intervertebral disks. *Clin Biomech*. 2019 Jan; 61: 38–45. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2018.06.007
4. Бывальцев В.А, Калинин А.А, Степанов И.А., Оконешникова А.К. *Дегенеративные заболевания дугоотростчатых суставов поясничного отдела позвоночника: диагностика и хирургическое лечение*. Новосибирск: Наука; 2018. 208 с.
5. Потапов В.Э., Сороковиков В.А., Ларионов С.Н., Животенко А.П. Фасет-синдром. Малоинвазивное хирургическое лечение. Клинический случай и обзор литературы. *Клиническая практика.* 2021; 12 (4): 92–99. DOI: 10.17816/clinpract81435
6. Helm S., Simopoulos T.T., Stojanovic M., Abdi S., El Terany M.A. Effectiveness of Thermal Annular Procedures in treating discogenic low back pain. *Pain Physician*. 2017; 20: 447–470.
7. Liu Z., Ma R., Fan C., Chen J., Zhang R., Zheng Z., Xu Y., Liu Z., Zhao Q., Li Q. Sinuvertebral nerve block treats discogenic low back pain: a retrospective cohort study. *Ann Transl Med.* 2022 Nov; 10(22): 1219. DOI: 10.21037/atm-22-5297

REFERENCES

1. Pakhomov A.G., Yesterday DB, Novoseltsev S.V., Kruglov V.N. Low-intensity laser radiation in the treatment of pain with disc herniation of the lumbosacral spine. *Vestnik meditzinskogo instituta "REAVIZ"*. 2018; 3: 26-31. [In Russ.].
2. Shchedryonok V.V., Sebelev K.I., Ivanenko A.V., Moguchaya O.V. Outcomes of puncture methods for treatment of spinal osteochondrosis. *Hirurgia pozvonocnika.* 2010; (1): 46–48. DOI: 10.14531/ss2010.1.46-48. [In Russ.].
3. Alkalay R., David H. Diffusion based MR measurements correlates with age-related changes in human intervertebral disks. *Clin Biomech*. 2019 Jan; 61: 38–45. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2018.06.007
4. Byvaltsev V.A., Kalinin A.A., Stepanov I.A., Okoneshnikova A.K. *Degenerative diseases of the articular lumbar spine joints: diagnosis and surgical treatment*. Novosibirsk: Nauka; 2018. 208 p. [In Russ.].
5. Potapov V.E., Sorokovikov V.A., Larionov S.N., Zhivoteko A.P. Facet syndrome. Minimally invasive surgical treatment. A clinical case and literature review. *Klinichesksys praktika*. 2021; 12 (4): 92–99. [In Russ.]. DOI: 10.17816/clinpract81435.
6. Helm S., Simopoulos T.T., Stojanovic M., Abdi S., El Terany M.A. Effectiveness of Thermal Annular Procedures in treating discogenic low back pain. *Pain Physician*. 2017; 20:447–470.
7. Liu Z., Ma R., Fan C., Chen J., Zhang R., Zheng Z., Xu Y., Liu Z., Zhao Q., Li Q. Sinuvertebral nerve block treats discogenic low back pain: a retrospective cohort study. *Ann Transl Med.* 2022 Nov; 10(22): 1219. DOI: 10.21037/atm-22-5297

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Горбунов Анатолий Владимирович – врач-нейрохирург нейрохирургического отделения, младший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; e-mail: a.v.gorbunov58@mail.ru, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1352-0502

Потапов Виталий Энгельсович – кандидат медицинских наук, заведующий нейрохирургическим отделением, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; e-mail: pva454@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9167-637X

Сороковиков Владимир Алексеевич – доктор медицинских наук, профессор, директор, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; e-mail: vasorokovikov@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9008-6383

Животенко Александр Петрович – младший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; e-mail: sivotenko1976@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4032-8575

Ларионов Сергей Николаевич – доктор медицинских наук, зав. НКО нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; e-mail: snlar@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9189-3323

Information about the authors

Gorbunov Anatoly – neurosurgeon in the Neurosurgical Department, researcher at the Research and Clinical Department of Neurosurgery in Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; e-mail: a.v.gorbunov58@mail.ru, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1352-0502

Potapov Vitaliy – Cand. Sci. (Med.), head of the Neurosurgical Department, leading researcher at the Research and Clinical Department of Neurosurgery in Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; e-mail: pva454@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9167-637X

Sorokovikov Vladimir – Dr. Sci. (Med.), professor, acting director of Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology; head of the Department of Trauma. Orthopedics and Neurosurgery in Irkutsk State Medical Academy of Continuous Professional Education; e-mail: vasorokovikov@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9008-6383

Zhivotenko Aleksander – Dr. Sci. (Med.), junior researcher at the Research and Clinical Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; e-mail: sivotenko1976@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4032-8575

Larionov Sergey – Dr. Sci. (Med.), leading researcher at the Research and Clinical Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; e-mail: snlar@mail.ru; ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9189-3323

УДК 616.5-003.829:621373.8
DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-3-21-35
Оригинальные исследования

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «СИНЕГО» (λ = 450 НМ) ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ПИГМЕНТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ КОЖИ

С.А. Подурар[1], Н.Е. Горбатова[1], А.В. Брянцев[1], С.А. Золотов[1], В.А. Дуванский[2], А.С. Тертычный[3], Г.А. Варев[4]

[1] ГБУЗ «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия

[2] ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Москва, Россия

[3] ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Россия

[4] ООО «Русский инженерный клуб», Тула, Россия

Резюме

Актуальность. Доброкачественные пигментные образования кожи, в том числе пигментные пятна, невусы, включая врожденные гигантские пигментные невусы (ВГПН), – это расположенные в различных слоях кожи патологические образования, состоящие из скопления меланоцитов – клеток, содержащих пигмент меланин. ВГПН представляют особую психологическую, эстетическую и медицинскую проблему, связанную с обширным изменением кожного покрова и изменением облика пациента.

В настоящее время существуют многочисленные методы лечения ВГПН и других пигментных образований кожи, в том числе с использованием лазерного излучения. Однако они часто неэффективны и приводят к неудовлетворительным клиническим и эстетическим результатам, при этом частота осложнений в виде рубцовой деформации и рецидива образования достигает 41 %. В связи с этим проблема эффективного и корректного лечения пигментных образований кожи продолжает оставаться актуальной и требует дальнейшего исследования.

Цель. Экспериментальное обоснование возможности использования лазерного излучения с длиной волны 450 нм для улучшения результатов лечения пигментных образований кожи, включая ВГПН у детей.

Материалы и методы. В работе использовали лазерное излучение «синего» диапазона с длиной волны 450 нм, близкой к пику поглощения меланина, гемоглобина и оксигемоглобина. Данное излучение генерирует диодный лазерный аппарат «Лазермед 10-03», разработанный для медицинских целей ООО «Русский инженерный клуб», г. Тула, Россия. Экспериментальное медико-биологическое исследование выполнено *in vitro* на охлажденных образцах печени и мышцах мини-свиньи и *in vivo* на пигментированной коже живой лабораторной крысы с морфометрической оценкой и изучения динамики регенеративного раневого процесса участков воздействия.

Результаты. На основании результатов выполненного экспериментального исследования определены оптимальные режимы лазерного излучения с длиной волны 450 нм для прецизионного удаления различных пигментных образований кожи.

Заключение. Лазерное излучение с длиной волны 450 нм является перспективным для эффективного лечения пигментных образований кожи, включая ВГПН, в том числе у пациентов детского возраста.

Ключевые слова: «синее» лазерное излучение, пигментные образования кожи, врожденный гигантский пигментный невус, экспериментальное исследование, морфологическое исследование

Для цитирования: Подурар С.А., Горбатова Н.Е., Брянцев А.В., Золотов С.А., Дуванский В.А., Тертычный А.С., Варев Г.А. Экспериментальное исследование возможности использования «синего» (λ=50 нм) лазерного излучения для удаления пигментных образований. *Лазерная медицина.* 2023; 27(3):21–35. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-21-35

Контакты: Подурар С.А., e-mail: podurar.stanislav@yandex.ru

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE APPLICATION OF “BLUE” (λ = 450 NM) LASER LIGHT TO REMOVE PIGMENTED SKIN FORMATIONS

Podurar S.A.[1], Gorbatova N.Ye.[1], Bryantsev A.V.[1], Zolotov S.A.[1], Duvanskiy V.A.[2], Tertychny A.S.[3], Varev G.A.[4]

[1] Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow, Russia

[2] RUDN University, Moscow, Russia

[3] Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

[4] Limited Company «Russian Engineering Club», Tula, Russia

Abstract

Objective. Pigment benign skin formations, including pigment spots, nevi and congenital giant pigment nevi (CGPN) are pathological skin formations located in its various layers, consisting of a cluster of melanocytes – cells containing the pigment melanin. CGPN are a special psychological and medical problem associated with extensive unaesthetic changes in the skin and with changed appearance of the patient.

Currently, there are numerous methods for treating pigmented skin formations, including CGPN. But all them are often ineffective and lead to unsatisfactory clinical and aesthetic results, while the incidence of complications sometimes reaches 41 % of cases in the form of scarring and recurrences. In this regard, the problem of effective and correct treatment of them continues to be relevant and requires further research in this direction.

Purpose. To experimentally substantiate the effectiveness of application of laser light with wavelength λ = 450 nm for improving outcomes of treatment of pigmented skin formations, including CGPN, in children.

Materials and methods. In the present trial, the researchers used laser light of "blue" spectral range (λ = 450 nm) with the absorption peak close to melanin, hemoglobin and oxyhemoglobin. Such light is generated by diode laser «Lasermed 10-03», developed for medical purposes by Russian Engineering Club LLC, Tula, Russian Federation. An experimental biomedical study was performed *in vitro* on cooled samples of mini-pig liver and muscles and *in vivo* on the pigmented skin of a live laboratory rat with the assessment of morphometric parameters and dynamics of the regenerative wound process at the irradiated zones.

Results. The results of the performed experimental study promoted the development of optimal modes of "blue" (λ = 450 nm) laser irradiation for the precise removal of various pigmented skin formations.

Conclusion. Laser light with wavelength 450 nm is a promising technique for the effective treatment of pigmented skin formations, among others CGPN, in pediatric patients as well.

Keywords: "blue" laser light (λ = 450 nm), pigmented skin formations, congenital giant pigmented nevus, experimental study, morphological examination

For citation: Podurar S.A., Gorbatova N.E., Bryantsev A.V., Zolotov S.A., Duvanskiy V.A., Tertychny A.S., Varev G.A. An experimental study on the application of "blue" (λ = 450 nm) laser light to remove pigmented skin formations. *Laser Medicine.* 2023; 27(3): 21–35. [In Russ.]. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-21-35

Contacts: Podurar S.A., e-mail: podurar.stanislav@yandex.ru

Пигментные невусы (ПН) – это образования, состоящие из меланоцитов и представленные в виде родимых пятен различной формы и локализации. Впервые термин «невус», обозначающий пигментные образования кожи, применил R. Virchow в 1863 году [1]. Врожденные гигантские пигментные невусы (ВГПН) представляют собой кожные образования, расположенные в различных слоях кожи, занимающие обширные участки и состоящие из скопления меланоцитов различной степени дифференцировки.

ПН имеют нейроэктодермальный генез: на шестой неделе эмбриогенеза меланобласт начинает миграцию из невронального гребешка в структуры кожи [2]. Происхождение ВГПН вызвано мутацией в генах, кодирующих белки NRAS и KRAS в клетках организма, которые возникают на ранних стадиях эмбрионального развития в течение первых двенадцати недель беременности [3]. Выделяют группу простых, редких и врожденных гигантских пигментных невусов в соответствии с классификацией пигментных невусов [4]. По размеру ВГПН подразделяют на истинно гигантский (от 10 до 60 см и более), средний (от 1,5 до 10 см) и малый (до 1,5 см) [5].

Частота возникновения ВГПН, по данным разных авторов, варьирует от 1 на 20 000 до 1 на 500 000 новорожденных. ВГПН чаще локализуются на различных открытых участках тела: лице, туловище и нередко занимают обширные площади. Эти образования оказывают серьезное психологическое воздействие на пациента, связанное с изменением облика, и в связи с этим представляют значительную медицинскую и одновременно социальную проблему [6, 7]. В течение жизни ребенка отмечают этапы резкого увеличения ВГПН в возрасте 4 и 7 лет, и особенно часто в период гормональной перестройки (в 76,8 % случаев). Возможны осложнения в результате травматического повреждения образования одеждой и предметами быта (23,2 %), избыточной инсоляции (64,9 %), которые могут привести к фрагментации и десквамации поверхности, воспалению и кровотечению, а также к малигнизации, чаще у взрослых пациентов (в 10–15 % случаев) [8].

В настоящее время удаление ПН осуществляют различными способами: хирургическим иссечением с кожной пластикой, методами криодеструкции и диатермокоагуляции (электрокоагуляции), механической и химической дермабразии и с помощью различного лазерного излучения.

Большинство из обозначенных выше многочисленных методов лечения имеют существенные недостатки: либо они недостаточно эффективны, либо вызывают избыточное термическое воздействие из-за невозможности контроля его глубины, что сопровождаются значительным повреждением тканевых структур и приводит к осложнениям [9, 10].

Неудовлетворительные результаты лечения пигментных образований кожи, включая ВГПН, отмечают до 41 % случаев, с осложнениями в виде рубцовой деформации кожного покрова; рецидивы пигментных образований – до 6 % случаев [11, 12].

На сегодня наиболее перспективным рассматривают удаление ПН с использованием различного лазерного излучения. Для лечения образований применяют пигментно-специфические лазерные аппараты: на рубине (λ = 694 нм), александрите (λ = 755 нм), иттрий-алюминий-гранате Nd: (YAG) – λ = 1064 нм), а также абляционные лазеры: эрбий YAG Er: YAG (λ = 2940 нм) и определенные режимы коротко импульсного лазерного излучения, например CO_2-лазеров (λ = 10,6 нм) [13, 14]. Однако при использовании указанных лазеров не исключено образование гипертрофических и келоидных рубцов, особенно в проблемных

зонах, которые отмечают в 2–5 % случаев [15, 16]. После выполнения лазерной дермабразии в зависимости от ее глубины возможно возникновение гиперпигментации до 21 % случаев и гипопигментации до 34 % случаев [17].

Таким образом, сохраняется актуальная проблема лечения различных пигментных образований кожи, что требует поиска новых высокоэффективных методов лечения на основе использования селективных свойств лазерного излучения к хромофорам кожи, что могло бы обеспечить избирательное удаление пигментных образований при минимальном повреждении окружающих тканевых структур.

В последнее время в литературе появились немногочисленные публикации по использованию лазерного излучения «синего» спектрального диапазона с длиной волны 450 нм, имеющей почти одинаково высокую степень поглощения меланином, гемоглобином и оксигемоглобином и очень низкое поглощение водой. Показатели поглощения представлены на рисунке 1. Глубина проникновения «синего» лазерного излучения с длиной волны 450 нм в ткани кожи относительно неглубока, в пределах эпидермиса и верхних слоев дермы (рис. 2).

Однако на сегодня исследования по воздействию лазерного излучения с длиной волны 450 нм на биологические объекты проводили лишь в экспериментах, а именно на сосудистых тканях куриных эмбрионов [19, 20, 21].

В связи с этим вопрос использования лазерного излучения синего спектрального диапазона с длиной волны 450 нм для удаления пигментных образований кожи, включая ВГПН, остается нерешенным, что создает необходимость выполнения экспериментальных исследований для определения оптимальных параметров данного лазерного излучения, обеспечивающих прецизионное и радикальное удаление тканей пигментных образований.

Целью работы является экспериментальное обоснование возможности использования лазерного излучения с длиной волны 450 нм для улучшения результатов лечения пигментных образований кожи, включая ВГПН у детей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали лазерное излучение «синего» спектрального диапазона (λ = 450 нм), с мощностью до 10 Вт и диаметром пятна 0,6–1,5 мм, генерируемое в непрерывном и импульсном режиме диодным лазерным аппаратом «Лазермед 10–03», разработанным для медицинских целей в ООО «Русский инженерный клуб», г. Тула, Россия (рис. 3).

Экспериментальное исследование включало два раздела: *in vitro* и *in vivo*.

В эксперименте *in vitro* задействовано две минисвиньи: 24 образца охлажденных препаратов печени и мышечной ткани, выполнено исследование

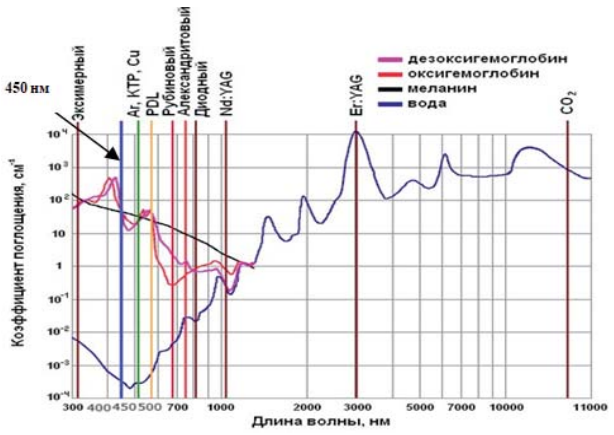


Рис. 1. Спектры поглощения лазерного излучения хромофорами кожи [18]

Fig. 1. Absorption spectra of laser radiation by skin chromophores [18]

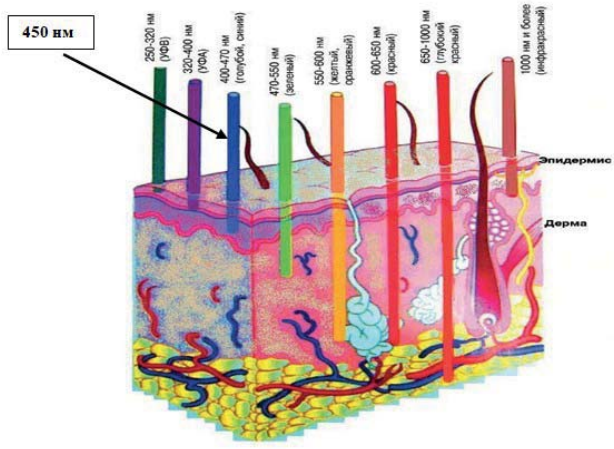


Рис. 2. Глубина проникновения лазерного излучения [18]

Fig. 2. Depth of laser light penetration [18]

Рис. 3. Лазерный аппарат «Лазермед 10–03»

Fig. 3. Laser device “Lasermed 10–03”

24 макроскопических препаратов и 24 соответствующих гистологических препаратов.

В эксперименте *in vivo* в качестве биологической модели было задействовано 36 живых

пигментированных черными пятнами лабораторных крыс в возрасте

6–8 месяцев, выполнено 168 экспериментальных проб пигментированной кожи, исследование 168 макроскопических и 168 соответствующих гистологических препаратов.

Образцы биотканей с зонами воздействия лазерного излучения (λ = 450 нм) для гистологического исследования фиксировали в 10 % нейтральном формалине. Дальнейшее исследование проводили в автоматическом режиме для гистологической проводки в аппарате фирмы Excelsior (Termo Scientific, Великобритания), заливали в парафин на аппарате EC350 (Microm, Германия). С парафиновых блоков получали срезы толщиной 2–3 мкм на микротоме HM355S с системой переноса срезов STS (Termo Scientific, Великобритания). Гистопрепараты депарафинировали и выполняли окраску гематоксилином и эозином. Гистологические препараты просматривали в микроскопе CX41 (Olympus, Япония). Микрофотографии гистологических препаратов получали сканированием на микроскопе Pannoramic Midi (3DHISTECH, Венгрия) и изучали при различном увеличении полученное полноценное изображение с анализом и интерпретацией результатов. Гистологическое исследование зон лазерного воздействия проводили с оценкой морфометрических параметров и замером участков поврежденных тканей.

Методика выполнения экспериментального исследования *in vitro*

На охлажденные образцы печени через ее капсулу и на мышцы воздействовали в импульсном и непрерывном режиме единичными импульсами с неподвижным лазерным пятном излучения (λ = 450 нм).

В непрерывном режиме использовали режимы мощности излучения (λ = 450 нм): 1,0, 3,0, 6,0 и 10,0 Вт, время воздействия было постоянным – 1 секунда, диаметр лазерного пятна на поверхности объекта – 1,0 мм.

В импульсном режиме на образцы воздействовали лазерным излучением в импульсном режиме, с неподвижным лазерным пятном диаметром 1,0 мм на поверхности объекта. Использовали переменные параметры лазерного излучения (λ = 450 нм): мощности (1,0, 3,0, 6,0 и 10,0 Вт), а также длительность импульса 0,5 сек. и расстояние между импульсами 0,5 сек.

При выполнении эксперимента изучали визуально определяемые макроскопические изменения в зонах воздействия на поверхности указанных образцов. В дальнейшем было выполнено гистологическое исследование соответствующих препаратов.

Методика выполнения экспериментального исследования *in vivo*

В эксперименте *in vivo* в качестве биологической модели было задействовано 36 пигментированных черными пятнами лабораторных крыс в возрасте 6–8 месяцев.

Предварительно живую лабораторную крысу взвешивали, затем вводили анестезиологический препарат по инструкции. Эксперименты проведены под общим обезболиванием, анестезиологическим пособием: препаратом «Золетил» из расчета 0,1 мл на 100 мг веса лабораторного животного путем внутримышечного введения. В области спины проводили эпиляцию кожного покрова с помощью электробритвы (фирмы Moser) насадкой под 0, затем кожу спины обрабатывали неспиртовыми антисептическими растворами (хлоргексидин или мирамистин).

На кожу воздействовали лазерным излучением (λ = 450 нм) с постоянными параметрами диаметра лазерного пятна 1,0 мм и с постоянной скоростью однократного сканирования 0,5 см в 1 секунду по поверхности зоны объекта.

В непрерывном режиме лазерного излучения использовали переменные параметры мощности: 3,0, 6,0 и 10,0 Вт. Параметры режимов непрерывного лазерного излучения (λ = 450 нм), использованные в эксперименте *in vivo* представлены в таблице 1. Соответствующие им зоны воздействия на коже спины лабораторных крыс обозначены стрелочками с нумерацией режимов и представлены на рисунке 4.

В импульсном режиме лазерного излучения (λ = 450 нм) с постоянной длительностью импульса 0,5 сек. использовали переменные параметры: интервал между импульсами 0,5, 0,25 и 0,1 сек. и мощность 3,0, 6,0 и 10,0 Вт. Параметры режимов импульсного лазерного излучения (λ = 450 нм), использованные в эксперименте, представлены в таблице 2. Соответствующие им зоны воздействия на коже спины лабораторных крыс обозначены стрелочками с нумерацией режимов и представлены на рисунке 5.

Забор экспериментального материала для гистологического исследования осуществляли сразу после воздействия, на 4, 7, 12, 21, 30 и 90-е сутки методом хирургического иссечения под общим обезболиванием препаратом «Золетил». Лабораторное животное выводили из эксперимента путем гуманной эвтаназии с увеличением дозы данного препарата (согласно руководству и материалам Федерации европейских научных ассоциаций по лабораторным животным: FELASA).

При выполнении эксперимента изучали визуально определяемые макроскопические изменения в зонах воздействия на поверхности указанных образцов, фиксировали фотодокументированием. Далее из макропрепаратов кожи готовили соответствующие гистопрепараты для последующего исследования. В течение всего периода наблюдения за биологическими моделями на основании результатов макроскопического и гистологического исследования изучали состояние тканей и особенность течения регенеративного раневого процесса в зонах воздействия.

Таблица 1

Режимы воздействия непрерывного режима

Table 1

Modes of irradiation in the continuous mode

Режим № Mode No	Мощность, Вт Power, W
1	3
2	6
3	10

Таблица 2

Режимы воздействия импульсного излучения

Table 2

Modes of impact of pulsed irradiation

Режим № Mode No	Мощность, Вт Power, W	Время между импульсами, сек. Time between pulses, sec
1–3	3	0,5; 0,25; 0,1
4–6	6	0,5; 0,25; 0,1
7–9	10	0,5; 0,25; 0,1

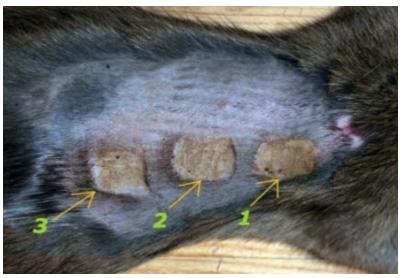


Рис. 4. Зоны воздействия при непрерывном режиме

Fig. 4. Zones irradiated in the continuous mode

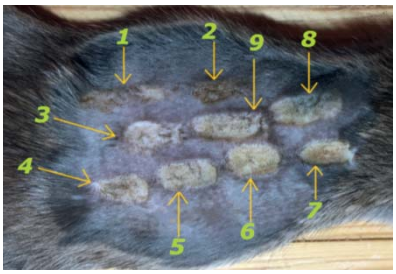


Рис. 5. Зоны воздействия при импульсном режиме

Fig. 5. Zones irradiated in the pulsed mode

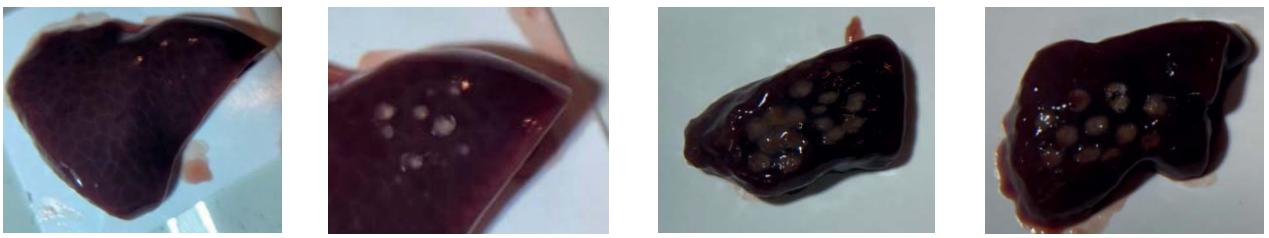
РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты макроскопического исследования образцов печени

Было определено, что при всех использованных параметрах лазерного излучения наличие округлых дефектов-кратеров с коагуляционным коричнево-желтого цвета венчиком вокруг. Размеры их увеличиваются от 0,5 до 2,0 мм при большей энергетике непрерывного режима, причем при импульсном режиме и мощности 1,0 Вт видимый эффект отсутствует.

Отмечено, что при использовании импульсного режима на печени образуются дефекты значительно меньшего размера от 0,3 до 1,5 мм, чем при применении непрерывного режима при сравнимых параметрах излучения. Примеры представлены на рисунках 6 (А, Б, В, Г) и 7 (А, Б, В, Г).

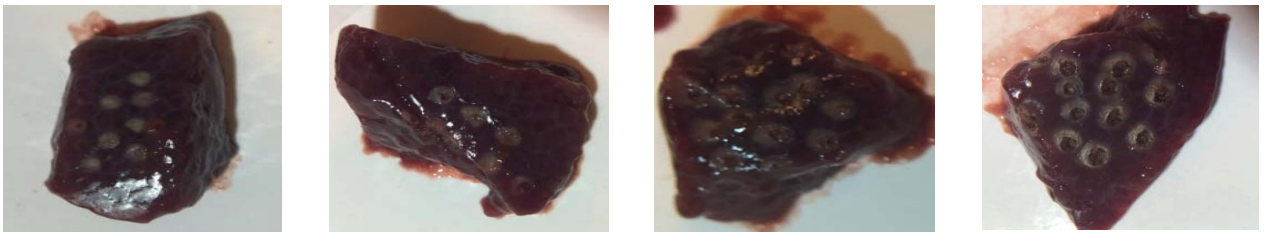
Результаты гистоморфологического исследования ткани печени, на основании которых были определены особенности воздействия лазерного излучения (λ = 450 нм) в непрерывном и импульсном режиме.



А Б В Г

Рис. 6. Воздействие на охлажденные образцы печени свиньи в импульсном режиме: А – 1 Вт, Б – 3 Вт, В – 6 Вт, Г – 10 Вт

Fig. 6. Cooled pig liver samples irradiated in the pulsed mode: A – 1 W, Б – 3 W, B – 6 W, Г – 10 W



А Б В Г

Рис. 7. Воздействие на охлажденные образцы печени свиньи в непрерывном режиме: А – 1 Вт, Б – 3 Вт, В – 6 Вт, Г – 10 Вт

Fig. 7. Cooled pig liver samples irradiated in the continuous mode: A – 1 W, Б – 3 W, B – 6 W, Г – 10 W

Лазерное излучение (λ = 450 нм) в непрерывном режиме при обозначенных параметрах мощности оказывает выраженное термическое повреждение на ткань печени. В зонах воздействия присутствуют все участки деструктивных и распространенных повреждений, характерные для лазерного излучения, шириной на поверхности до 1150,0 ± 250,0 мкм, глубиной до 230,0 ± 100,0 мкм. Проявления их сходные при использованных параметрах мощности и усиливаются до образования значительного размера минусового дефекта-кратера при непрерывном воздействии с мощностью 10,0 Вт (рис. 8).

В импульсном режиме лазерное излучение (λ = 450 нм) формирует термическое повреждение в виде широких до 1350,0 ± 150,0 мкм деструктивных изменений, представленных на поверхности тонким слоем 45,0 ± 5,0 мкм компактного коагуляционного некроза, под которым присутствует слой гомогенизированной ткани до 200,0 мкм ± 50 мкм (рис. 9).

Таким образом, импульсный режим по сравнению с непрерывным режимом при всех сравнимых параметрах имеет схожее воздействие, которое носит прогнозируемый стабильный характер повреждения, глубиной 250,0 мкм ± 50 мкм, но более выраженный по интенсивности компактного коагуляционного эффекта на поверхности.

Макроскопическое исследование образцов мышц

При всех использованных параметрах непрерывного режима было отмечено образование округлой формы слегка заглубленной бело-желтого цвета поверхности, размеры которой увеличиваются от 0,5 до 2,5 мм с нарастанием мощности. В центре зоны воздействия при 6,0 Вт присутствовал более темного цвета, точечный, минусовой дефект до 0,2 мм, более выраженный при 10,0 Вт (рис. 10).

В импульсном режиме при мощности 3,0 Вт определен незначительный эффект воздействия в виде слегка беловатой поверхности диаметром не более 0,5 мм. При использовании мощности 6,0 Вт и 10,0 Вт отмечено наличие поверхностных округлых беловато-желтого

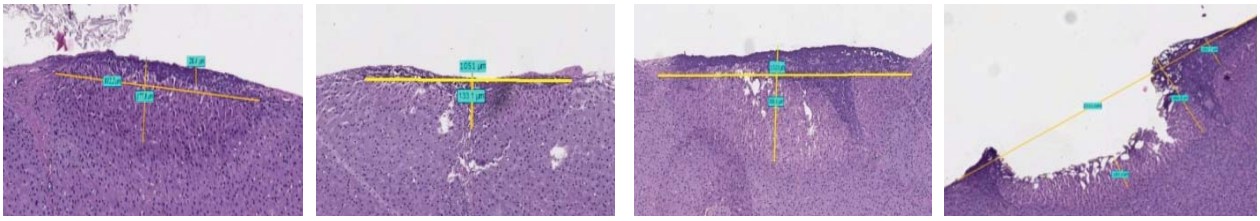


Рис. 8. Воздействие на охлажденные образцы печени свиньи в непрерывном режиме: А – 1 Вт, Б – 3 Вт, В – 6 Вт, Г – 10 Вт

Fig. 8. Cooled pig liver samples irradiated in the continuous mode: A – 1 W, Б – 3 W, B – 6 W, Г – 10 W

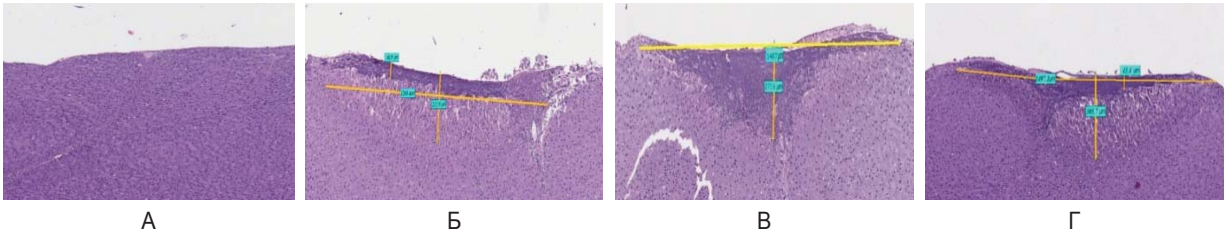


Рис. 9. Воздействие на охлажденные образцы печени свиньи в импульсном режиме: А – 1 Вт, Б – 3 Вт, В – 6 Вт, Г – 10 Вт

Fig. 9. Cooled pig liver samples irradiated in the pulsed mode: A – 1 W, Б – 3 W, B – 6 W, Г – 10 W

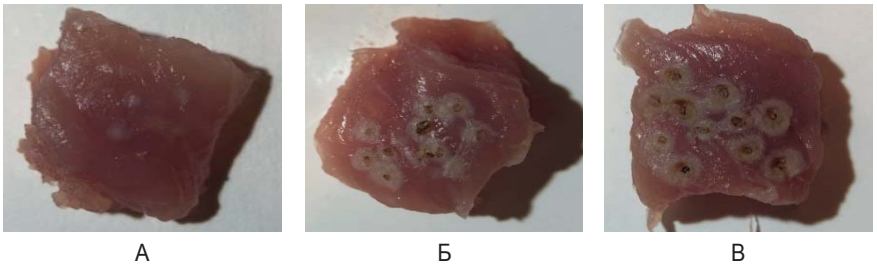


Рис. 10. Воздействие на охлажденные образцы мышц свиньи в непрерывном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

Fig. 10. Cooled pig muscle samples irradiated in the continuous mode: A – 1 W, Б – 3 W, B – 6 W, Г – 10 W

цвета дефектов диаметром 1,0 и 2,0 мм соответственно, минус-ткань в центре не определяется (рис. 11).

Сравнительный анализ макропрепаратов мышц определил, что при использовании указанных параметров импульсного режима по сравнению с непрерывным режимом излучения на мышцах образуются значительно меньшего размера дефекты, чем при применении последнего.

Гистоморфологическое исследование результата воздействия лазерного излучения (λ = 450 нм) на мышечную ткань

При использовании непрерывного режима (λ = 450 нм) отмечен выраженный термический эффект, который носит поверхностный характер в виде тонкого слоя компактного коагуляционного некроза, средней глубиной до 250,0 ± 120,0 мкм, без повреждения подлежащих миоцитов (рис. 12).

В импульсном режиме использование лазерного излучения (λ = 450 нм) термическое повреждение выявлено только при увеличении мощности до 6,0 Вт в виде тонкого слоя компактного коагуляционного некроза на поверхности средней глубиной 190,0 мкм ± 20,0 мкм (рис. 13).

Таким образом, импульсный и непрерывный режим при всех указанных параметрах имеет схожее термическое воздействие на мышечную ткань, которое носит стабильно неглубокий характер повреждения, при использовании импульсного режима оно более поверхностное по сравнению с непрерывным режимом.

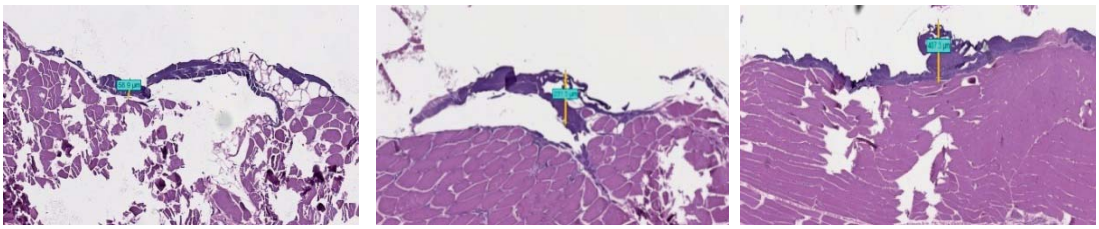
In vivo

Результаты сравнительного анализа использования лазерного излучения с длиной волны 450 нм в импульсном режиме с мощностью 3,0 Вт и интервалом между импульсами 0,1, 0,25 и 0,5 сек. определили, что образующиеся участки коагуляционного некроза при времени между импульсами 0,5 сек. более выраженные и большей глубины до 336 ± 15,0 мкм по сравнению с другими указанными периодами тепловой релаксации. В свою очередь, при использовании

А Б В

Рис. 11. Воздействие на охлажденные образцы мышц свиньи в импульсном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

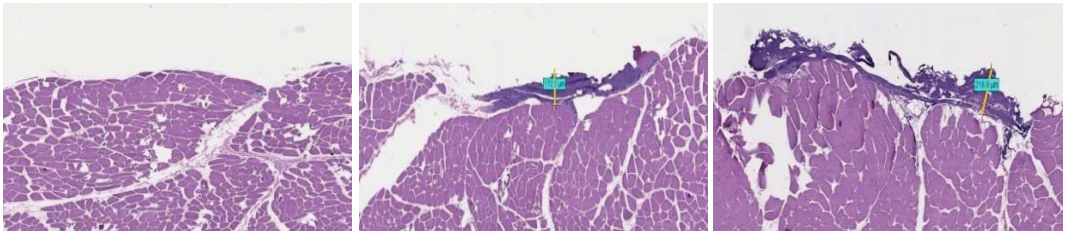
Fig. 11. Cooled pig muscle samples irradiated in the pulsed mode: А – 1 W, Б – 3 W, В – 6 W, Г – 10 W



А Б В

Рис. 12. Воздействие на охлажденные образцы мышц свиньи в непрерывном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

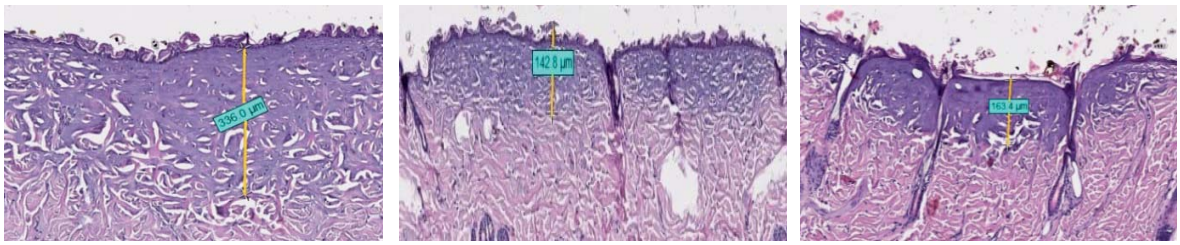
Fig. 12. Cooled pig muscle samples irradiated in the continuous mode: А – 1 W, Б – 3 W, В – 6 W, Г – 10 W



А Б В

Рис. 13. Воздействие на охлажденные образцы мышц свиньи в импульсном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

Fig. 13. Cooled pig muscle samples irradiated in the pulsed mode: А – 1 W, Б – 3 W, В – 6 W, Г – 10 W



А Б В

Рис. 14. Гистологическая картина воздействия на кожу спины живой лабораторной крысы сразу после воздействия в импульсном режиме: мощность 3 Вт, интервал между импульсами А – 0,5 сек., Б – 0,25 сек., В – 0,1 сек.

Fig. 14. Histological picture of the back skin of a live laboratory rat immediately after laser light irradiation in the pulsed mode: power 3 W, interval between pulses A – 0.5 sec, Б – 0.25 sec, B – 0.1 sec.

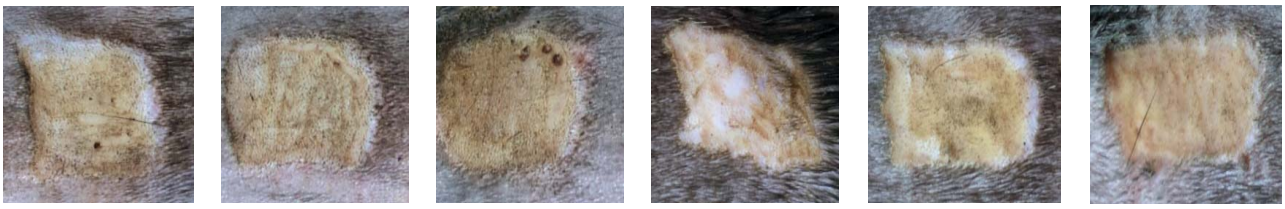
времени между импульсами 0,25 сек. по сравнению с 0,1 сек. отмечено наличие более гармоничных и менее выраженных коагуляционных изменений, глубиной до 150,0 ± 10,0 мкм (рис. 14).

Таким образом, на основании результатов сравнительного анализа использования выше указанных параметров лазерного излучения λ = 450 нм в импульсном режиме при мощности 3,0 Вт было определено, что оптимальным для дальнейшего экспериментального исследования являются длительность импульса 0,5 сек и время между импульсами 0,25 сек.

Особенности макроскопических изменений сразу после воздействия и до 90 суток после воздействия лазерного излучения с длиной волны 450 нм

Сразу после воздействия излучения определяется светлый ровный участок поверхности, выполненной беловато-желтой коагуляционной корочкой. При использовании большей энергетической активности и непрерывном режиме излучения данная послеоперационная корочка более плотная и интенсивнее окрашена в желто-коричневый цвет, с 12-х суток отмечено ее частичное отторжение с краев, причем при использовании непрерывного режима она сохраняется дольше – до 21-х суток, полное отторжение которой при всех режимах определяется на 30-е сутки. Эпителизация раневой поверхности отчетливо определяется с 21-х суток, все зоны воздействия представлены светлой кожей без пигментации, которая присутствует и на 90-е сутки. Воспалительные проявления на всех сроках наблюдения отсутствуют.

Примеры макроскопических изменений на разных сроках в зонах воздействия лазерного излучения λ = 450 нм при использовании непрерывных и импульсных режимов представлены на рисунках 15–19.



А Б В Г Д Е

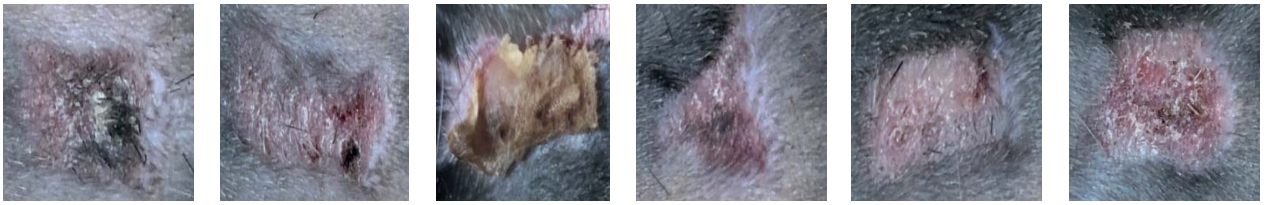
Рис. 15. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы сразу после воздействия: А –3 Вт, Б – непрерывный режим 6 Вт, В – непрерывный режим 10 Вт, Г – импульсный режим 3 Вт, Д – импульсный режим 6 Вт, Е – импульсный режим 10 Вт

Fig. 15. The back skin of a live laboratory rat immediately after exposure: A – 3 W; Б – continuous mode 6 W; B – continuous mode 10 W; Г– pulsed mode 3 W; Д – pulsed mode 6 W; E – pulsed mode 10 W

А Б В Г Д Е

Рис. 16. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 12-е сутки: А – 3 Вт, Б – непрерывный режим 6 Вт, В – непрерывный режим 10 Вт, Г – импульсный режим 3 Вт, Д – импульсный режим 6 Вт, Е – импульсный режим 10 Вт

Fig. 16. The back skin of a live laboratory rat on day 12 after exposure: A – 3 W; Б – continuous mode 6 W; B – continuous mode 10 W; Г– pulsed mode 3 W; Д – pulsed mode 6 W; E – pulsed mode 10 W



А Б В Г Д Е

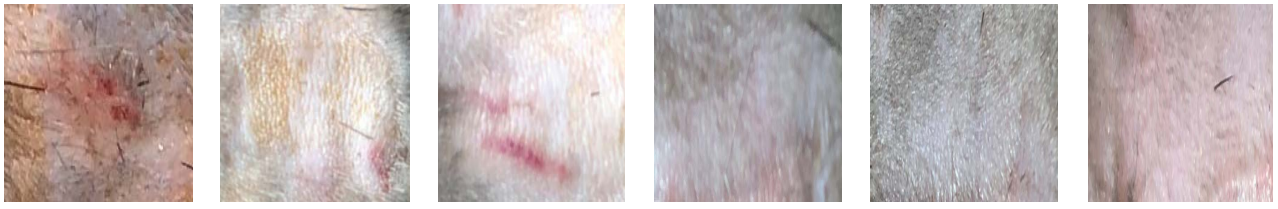
Рис. 17. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 21-е сутки: А –3 Вт, Б – непрерывный режим 6 Вт, В – непрерывный режим 10 Вт, Г – импульсный режим 3 Вт, Д – импульсный режим 6 Вт, Е – импульсный режим 10 Вт

Fig. 17. The back skin of a live laboratory rat on day 21 after exposure: A – 3 W; Б – continuous mode 6 W; B – continuous mode 10 W; Г– pulsed mode 3 W; Д – pulsed mode 6 W; E – pulsed mode 10 W

А Б В Г Д Е

Рис. 18. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 30-е сутки: А –3 Вт, Б – непрерывный режим 6 Вт, В – непрерывный режим 10 Вт, Г – импульсный режим 3 Вт, Д – импульсный режим 6 Вт, Е – импульсный режим 10 Вт

Fig. 18. The back skin of a live laboratory rat on day 30 after exposure: A – 3 W; Б – continuous mode 6 W; B – continuous mode 10 W; Г– pulsed mode 3 W; Д – pulsed mode 6 W; E – pulsed mode 10 W



А Б В Г Д Е

Рис. 19. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 90-е сутки: А –3 Вт, Б – непрерывный режим 6 Вт, В – непрерывный режим 10 Вт, Г – импульсный режим 3 Вт, Д – импульсный режим 6 Вт, Е – импульсный режим 10 Вт

Fig. 19. Thed back skin of a live laboratory rat on day 90 after exposure: A – 3 W; Б – continuous mode 6 W; B – continuous mode 10 W; Г– pulsed mode 3 W; Д – pulsed mode 6 W; E – pulsed mode 10 W

Во всех случаях сразу после воздействия поверхность светло-желтого цвета, ровная, выполнена тонкой сухой коагуляционной корочкой, пигментация не определяется.

На 12-е сутки при всех непрерывных режимах поверхность зоны воздействия выполнена сухой желто-серого цвета коагуляционной корочкой, частично отторгшейся с краев, в окружающих тканях – незначительные воспалительные проявления.

При импульсном режиме с мощностью 3,0 Вт в центре сохраняется небольшая коагуляционная корочка, на месте ее отторжения – светлая кожа; при 6,0 и 10,0 Вт поверхность выполнена сухой коагуляционной корочкой желто-коричневого цвета, частично отторгающейся у краев.

На 21-е сутки при всех непрерывных и импульсных режимах, кроме мощности 10,0 Вт непрерывного режима, в зоне воздействия отмечено полное отторжение послеоперационной корочки, наличие светлой кожи без пигментации, эпителиальная выстилка сохранена, признаков воспаления нет. При 10,0 Вт непрерывного режима присутствует сухая желтого цвета коагуляционная корочка, отторгающаяся с краев.

При всех использованных непрерывных и импульсных режимах в зоне воздействия на 30-е сутки отмечена светлая кожа без пигментации, деформации кожного покрова нет, в окружающих тканях воспалительные проявления не определяются.

На 90-е сутки в зонах воздействия во всех случаях отмечается светлая эпителизированная кожа без пигментации, деформация поверхности не определяется.

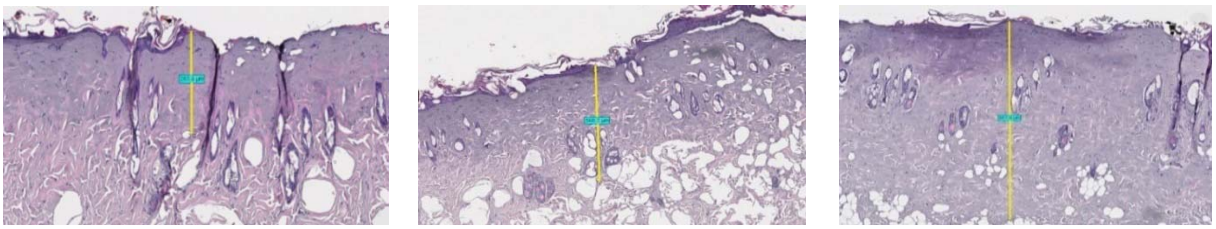
Гистологическая картина в зонах воздействия лазерного излучения λ = 450 нм

Сразу после воздействия в непрерывном режиме определяется на поверхности тонкий участок компактного коагуляционного некроза средней толщиной 10,0 мкм ± 5,0 мкм, далее участок коагуляционного гомогенного некроза средней толщиной 550,0 ± 250,0 мкм с переходом в неизмененную ткань. Придатки кожи с коагуляционными изменениями сохраняются в основном в более глубоких подлежащих участках кожи, единичные до поверхности. Более выраженные коагуляционные изменения отмечены при увеличении мощности до 10,0 Вт до подкожно-жировой клетчатки, где сохраняются придатки кожи с коагуляционными изменениями, карбонизация не определяется (рис. 20).

При воздействии в импульсном режиме поверхность представлена коагуляционным некрозом толщиной 275,0 ± 125,0 мкм, придатки кожи сохраняются частично в зоне некроза, прослеживаются до поверхности, карбонизации нет. С увеличением мощности толщина и плотность коагуляционных изменений увеличиваются незначительно (рис. 21).

На 12-е сутки при непрерывном режиме с мощностью 3,0 Вт зона воздействия выполнена восстановившимся эпидермисом и базальным слоем эпителия с множественными кератиноцитами, толщиной 365,0 мкм. Структура кожи сохранена, включая единичные придатки. При мощности 6,0 и 10,0 Вт зона воздействия выполнена коагуляционным некрозом, средней толщиной 625,0 ± 25,0 мкм. Эпителий деструктурирован, гомогенизирован (рис. 22).

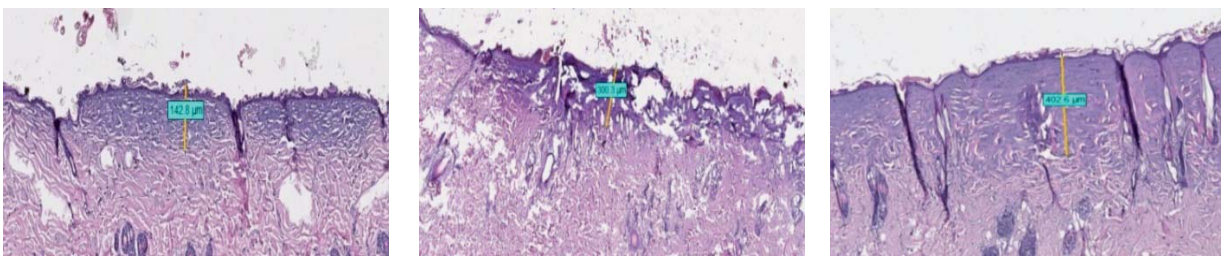
При импульсном режиме с мощностью 3,0 Вт зона воздействия на 12-е сутки выполнена восстановившимся эпидермисом и базальным слоем эпителия толщиной 120,0 мкм. Структура кожи сохранена, включая множественные ее придатки. При мощности 6,0 и 10,0 Вт зона воздействия представлена коагуляционным



А Б В

Рис. 20. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы сразу после воздействия в непрерывном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

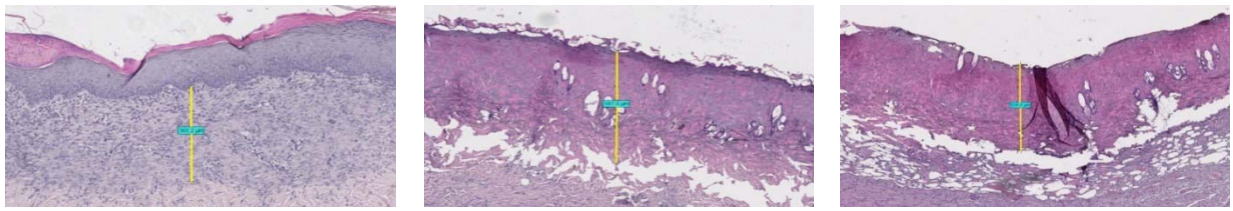
Fig. 20. The back skin of a live laboratory rat immediately after exposure in the continuous mode: A – 3 W; Б – 6 W; B – 10 W



А Б В

Рис. 21. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы сразу после воздействия в импульсном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

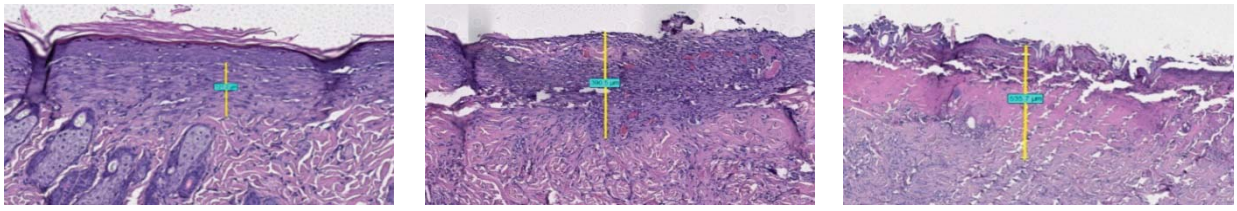
Fig. 21. The back skin of a live laboratory rat immediately after exposure in the pulsed mode: A – 3 W; Б – 6 W; B – 10 W



А Б В

Рис. 22. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 12-е сутки в непрерывном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

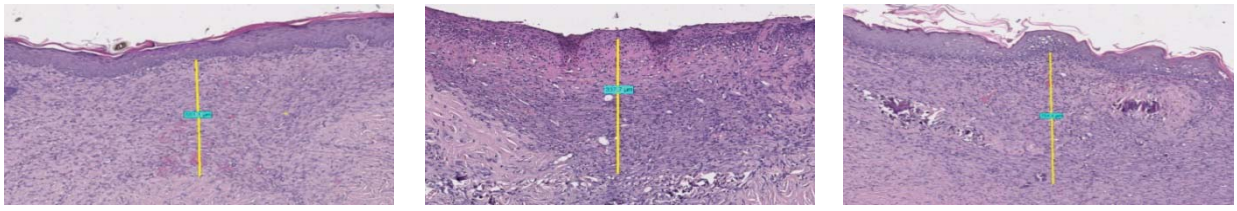
Fig. 22. The back skin of a live laboratory rat on day 12 after exposure in the continuous mode: A – 3 W; Б – 6 W; B – 10 W



А Б В

Рис. 23. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 12-е сутки в импульсном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

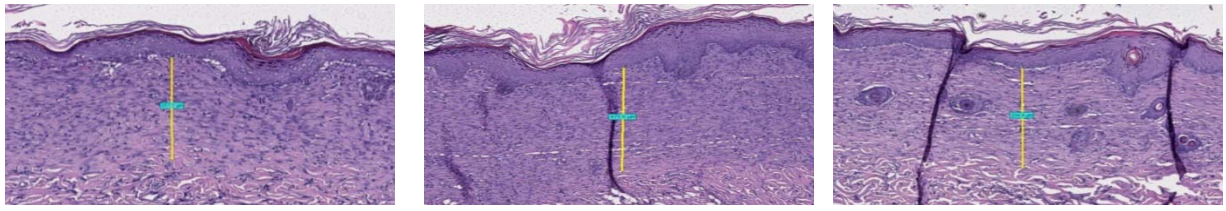
Fig. 22. The back skin of a live laboratory rat on day 12 after exposure in the pulsed mode: A – 3 W; Б – 6 W; B – 10 W



А Б В

Рис. 24. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 21-е сутки в непрерывном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

Fig. 24. The back skin of a live laboratory rat on day 21 after exposure in the continuous mode: A – 3 W; Б – 6 W; B – 10 W



А Б В

Рис. 25. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 21-е сутки в импульсном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

Fig. 25. The back skin of a live laboratory rat on day 21 after exposure in the pulsed mode: A – 3 W; Б – 6 W; B – 10 W

некрозом средней толщиной 450,0 ± 75,0 мкм. Под зоной некроза определяется подкожно-жировая клетчатка с коагуляционными изменениями, придатки кожи единичные с коагуляционными изменениями (рис. 23).

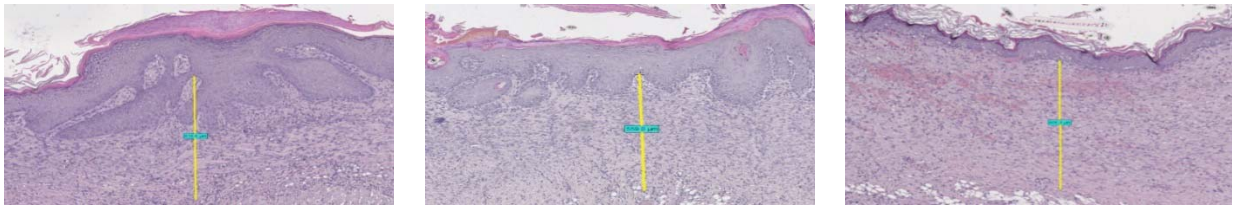
На 21-е сутки при непрерывном режиме зона воздействия выполнена восстановившимся эпидермисом и эпителием с множественными кератиноцитами средней толщиной 500,0 ± 200,0 мкм. С увеличением мощности до 6,0 и 10,0 Вт определяется слой гиперкератоза и акантоза. Под эпителием относительно широкий слой хаотично расположенных и организующихся параллельно поверхности коллагеновых волокон (рис. 24).

При импульсном режиме зона воздействия на 21-е сутки выполнена восстановившимся эпидермисом и эпителием с множественными кератиноцитами толщиной 350,0 ± 100,0 мкм. Отмечено полное восстановление всех слоев эпителия и его придатков, базальная клеточная зона роста отчетливая ровная. Под эпителием определяется зона частично правильно организованных параллельно поверхности коллагеновых волокон (рис. 25).

К 21-м суткам при всех режимах отмечается полное восстановление эпителиального слоя и организация под ним зоны коллагеноза из организующейся параллельной поверхности коллагеновых волокон, причем толщина этого слоя практически не зависит от использованного режима мощности.

На 30-е сутки при использовании непрерывного режима структура кожи восстановлена полностью, включая придатки. Отмечается гиперкератоз на поверхности, выраженный акантоз. Под эпителием относительно широкий слой организованных параллельно поверхности коллагеновых волокон толщиной 600,0 ± 50,0 мкм (рис. 26).

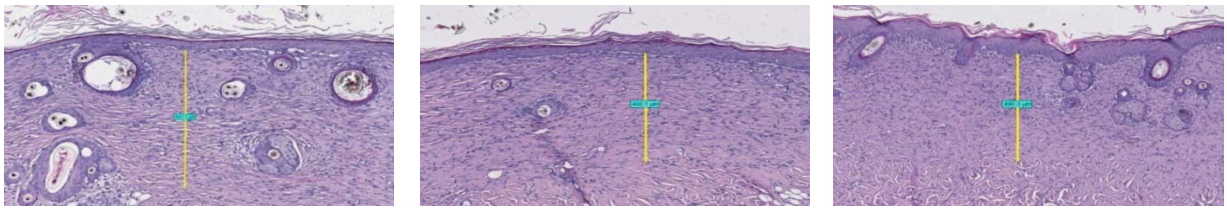
В импульсном режиме при всех параметрах мощности отмечено полное восстановление всех слоев эпителия и его придатков, базальная клеточная зона роста отчетливая ровная, отмечается незначительный гиперкератоз на поверхности. Под эпителием присутствует зона коллагеновых волокон, расположенных параллельно поверхности, толщина слоя коллагеноза при всех режимах мощности почти одинаковая и равна 450,0 мкм ± 50,0 мкм (рис. 27).



А Б В

Рис. 26. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 30-е сутки в непрерывном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

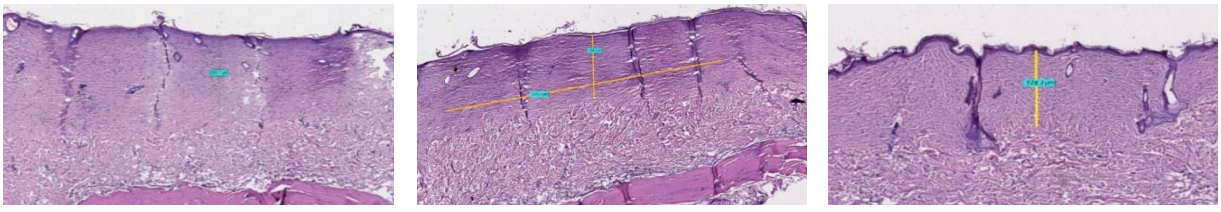
Fig. 26. The back skin of a live laboratory rat on day 30 after exposure in the continuous mode: A – 3 W; Б – 6 W; B – 10 W



А Б В

Рис. 27. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 30-е сутки в импульсном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

Fig. 27. The back skin of a live laboratory rat on day 30 after exposure in the pulsed mode: A – 3 W; Б – 6 W; B – 10 W



А Б В

Рис. 28. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 90-е сутки в непрерывном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

Fig. 28. The back skin of a live laboratory rat on day 90 after exposure in the continuous mode: A – 3 W; Б – 6 W; B – 10 W

Таким образом, к 30-м суткам при всех режимах отмечено полное восстановление эпителиального слоя и организация под ним зоны коллагеноза из параллельной поверхности коллагеновых волокон, причем толщина слоя повреждения практически не зависит от использованного режима мощности. В случае применения непрерывного режима проявления восстановительных регенеративных изменений (акантоз, гиперкератоз и других) более выраженные в ответ на более агрессивное воздействие.

На 90-е сутки при использовании непрерывного режима зона воздействия выполнена восстановившимся эпидермисом и под ним равномерно параллельно расположенными коллагеновыми волокнами толщиной слоя до 500,0 мкм ± 150,0 мкм (рис. 28).

При применении импульсного режима зона воздействия выполнена восстановившимся эпидермисом и хорошо организованным участком с равномерно параллельно расположенными коллагеновыми волокнами толщиной слоя до 800,0 ± 50,0 мкм (рис. 29).

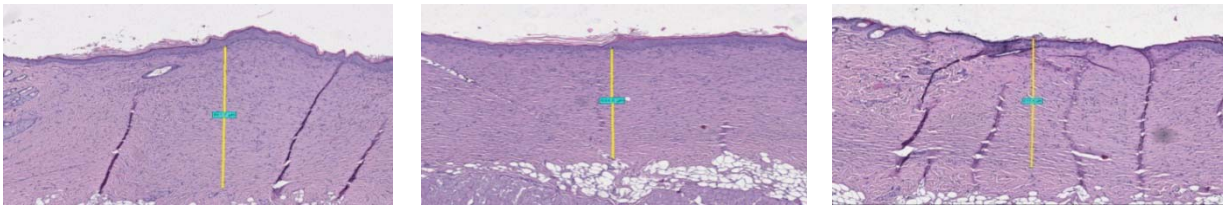
Таким образом, на 90-е сутки при всех использованных режимах лазерного излучения (λ = 450 нм) отмечено полное восстановление эпителия, последний слегка утолщен, его придатки хорошо определяются, под ним широкий слой правильно ориентированных параллельно поверхности кожи коллагеновых волокон средней толщиной 700 ± 150,0 мкм.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате экспериментального исследования *in vitro* отмечено: лазерное излучение с длиной волны 450 нм оказывает прогнозируемое относительно неглубокое термическое повреждение биологических тканей, от 200 до 450 мкм, увеличивающееся в соответствии с увеличением мощности.

Лазерное излучение (λ = 450 нм) вызывает термическое повреждение ткани печени с образованием всех участков термического повреждения, свойственных лазерному воздействию, проявления которых сходны при использованных параметрах, менее выраженные при импульсном режиме, и усиливаются до образования минусового дефекта-кратера при непрерывном воздействии с мощностью 10,0 Вт.

Воздействие при использовании сравнимых параметров лазерного излучения с длиной волны 450 нм



А Б В

Рис. 29. Воздействие на кожу спины живой лабораторной крысы на 90-е сутки в импульсном режиме: А – 3 Вт, Б – 6 Вт, В – 10 Вт

Fig. 29. The back skin of a live laboratory rat on day 90 after exposure in the pulsed mode: A – 3 W; Б – 6 W; B – 10 W

на ткань печени боле выраженное по сравнению с мышечной тканью.

На основании анализа серии исследования *in vivo* по воздействию лазерного излучения с длиной волны 450 нм в непрерывном и импульсном режиме отмечены:

– минимальные термические повреждения в виде коагуляционного участка повреждения эпителия с почти полным сохранением не измененных придатков кожи наблюдаются к 12-м суткам при мощности 3,0 Вт;

– значительно более выраженные термические повреждения определены при мощности 6,0 и 10,0 Вт, которые представлены участком компактного коагуляционного некроза с деструктуризацией и проявлениями ячеистого некроза, ниже с термическими изменениями подлежащей ткани;

– полное восстановление эпителиальных структур при мощности 3,0 Вт отмечено к 12-м суткам, и при мощности 6,0 и 10 Вт – к 21-м и 30-м суткам;

– воспалительный раневой процесс носит асептический характер, свойственный лазерным ранам, и сопоставим с соответствующими физиологическими сроками;

– глубина термического повреждения незначительно увеличивается с увеличением мощности, в среднем составляет 425 нм, в процессе наблюдения глубина повреждения не нарастает.

Воздействие на пигментированные ткани осуществляли «синим» лазерным излучением с длиной волны (λ = 450 нм), имеющим высокий коэффициент селективного поглощения меланином и гемоглобином, в меньшей степени водой. Этот феномен обеспечивает послойное и прогнозируемое удаление тканей пигментных образований с сохранением проксимальных участков придатков кожи. Данный факт обеспечивает «центральную» эпителизацию, заживление раневой поверхности в физиологические сроки, площадь которой в этом случае не ограничена установленными критериями и может быть относительно большой, а также минимальное повреждение подлежащих тканей. В экспериментальном исследовании определены оптимальные параметры лазерного излучения с длиной волны 450 нм, применение которых может быть перспективно при дальнейшем использовании в клиническом исследовании для послойного удаления пигментных тканевых структур кожи путем сканирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментально определены особенности «синего» лазерного излучения с длиной волны 450 нм для послойного и прогнозируемого удаления тканей пигментных образований кожного покрова с сохранением проксимальных участков придатков кожи, обеспечивающие удаление рассматриваемых образований на относительно большой площади при минимальном повреждении подлежащих тканей.

Для лечения различных пигментных структур кожи, включая ВГПН, экспериментально определены оптимальные режимы лазерного излучения с длиной волны 450 нм – мощностью 3,0 и 6,0 Вт с длительностью импульса 0,5 сек. и временем между импульсами 0,25 сек.

Лазерное излучение «синего» спектрального диапазона с длиной волны 450 нм перспективно для послойного удаления сканированием тканей пигментных образований кожи, включая ВГПН.

ЛИТЕРАТУРА

1. McCalmont, Timothy H. et al. “Perineuriomatous melanocytic nevi. Journal of cutaneous pathology; 2011; 38 (12): 940–2.
2. Червонная Л.В. *Пигментные новообразования кожи*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2016: 224 с.
3. Roh Mi Ryung, Eliades Philip, Gupta Sameer, Tsao Hensin. Genetics of melanocytic nevi. *Pigment Cell & Melanoma Research*. 2015; 28 (6): 661–672. DOI: 10.1111/pcmr.12412
4. Вулф К. Дерматология по Томасу Фицпатрику (атлас-справочник) издание 2-е. Москва. М.: *Практика*. 2007: 1248 с.
5. Krengel S., Scope A., Dusza S.W., Vonthein R., Marghoob A.A. New recommendations for the categorization of cutaneous features of congenital melanocytic nevi. *J Am Acad Dermatol*. 2013; (68): 441–451. DOI: 10.1016/j.jaad.2012.05.043
6. Дорошенко М.Б., Утяшев И.А., Демидов Л.В., Алиев М.Д. Клинические и биологические особенности гигантских врожденных невусов у детей. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. 2016; (95–4): 50–56.
7. Arya Savita, Manali Jain, Motilal Bunkar and Rajendra Prasad Takhar. “Giant Congenital Melanocytic Nevus with Limb Hypoplasia and Lipomatosis: A Rare Association.” Journal of Pigmentary Disorders. 2016; (3): 1–3.
8. Schaffer J.V. Pigmented lesions in children: when to worry. *Curr Opin Pediatr*. 2007 Aug; 19(4): 430–40. DOI: 10.1097/MOP.0b013e32825b0788.

9. Ersen, B, Selçuk Akın, Ayse Sahin, Mehmet Can Şaki, Ismail Aksu, Orhan Tunalı, Furkan Karabulut and Suleyman Cecen. Clinical and histopathological analysis of 790 naevi excised from 509 patients due to cosmetic reasons. European Journal of Plastic Surgery. 2014; (38): 133–138.
10. Капустина О.Г. «Диагностика и оптимизация лечения новообразований кожи в амбулаторной практике дерматолога». 2009, 22 с.
11. Sommer L.L. et al. Persistent melanocytic nevi: a review and analysis of 205 cases. *J. Cutan. Pathol*. 2011; 38 (6): 503–507.
12. King Roy, Brett A Hayzen, Robert N. Page, Paul B Googe, Deborah Zeagler and Martin C. Jr. Mihm. Recurrent nevus phenomenon: a clinicopathologic study of 357 cases and histologic comparison with melanoma with regression. Modern Pathology 22 (2009): 611–617.
13. Данилин Н.А., Мариничева И.Г., Курдяев И.В. Современные методы лечения доброкачественных сосудистых и пигментных образований кожи. *Пластическая хирургия и эстетическая медицина.* 2023;3:130–137. DOI: 10.17116/plast.hirurgia2023031130
14. Данилин Н.А., Курдяев И.В. Применение углекислотного лазера в лечении доброкачественных новообразований кожи. *Лазерная медицина*. 2022; 26(1): 30–36. DOI: 10.37895/2071-8004-2022-26-1-30-36
15. Hong Kyung Tae, Jung Min Lim and Sang Eun Lee. A Treatment of Medium-to-Giant Congenital Melanocytic Nevi with Combined Er:YAG Laser and Long-Pulsed Alexandrite Laser. *Med Laser*. 2017; 6 (2):77–85. DOI: 10.25289/ML.2017.6.2.77
16. Цховребова Л.Э. Врожденные гигантские пигментные невусы у детей: клиника, диагностика, лечение. *Детская хирургия*. 2014; 18 (1): 38–41.
17. Гейниц А.В., Доронин В.А. Дермабразия CO2-лазером эпидермально-дермальных дефектов, а также увядающей кожи в амбулаторных условиях. М.: 2004: 92 с.
18. Скомаровский В.С., Дорофеева Т.Г. Технологии на основе световых, радиочастотных и плазменных воздействий в эстетической медицине. *Альманах клинической медицины*, 2008; (17–2): 184–185.
19. Nguyen Duy & Pang Jing-Yin & Madill, Catherine & Novakovic, Daniel. Effects of 445-nm Laser on Vessels of Chick Chorioallantoic Membrane with Implications to Microlaryngeal Laser Surgery. *The Laryngoscope*. 2021; 131(6): 1950–1956.
20. Дуванский В.А. Физические и физико-химические методы в комплексном лечении гнойных ран и трофических язв. *Автореферат дис.* … д-ра мед. наук. М. 2002. 30 с.
21. Astashov V.V., Kozlov V.I., Duvanskiy V.A., Novokreshchenov P.V., Pushkar I.M. The effect of photobiostimulation by light waves in the blue range of the spectrum on microcirculation parameters and the activity of oxidative homeostasis enzymes in the skin. *Journal of biomedical photonics & engineering* 2023; 9(1): 10309.

REFERENCES

1. McCalmont, Timothy H. et al. “Perineuriomatous melanocytic nevi. Journal of cutaneous pathology; 2011; 38 (12): 940–2.
2. Chervonnaya L.V. *Pigmented neoplasms of the skin [Pigmentnye novoobrazovaniya kozhi].* Moscow: GEOTAR-Media; 2016: 224 p. [In Russ.].
3. Roh Mi Ryung, Eliades Philip, Gupta Sameer, Tsao Hensin. Genetics of melanocytic nevi. *Pigment Cell & Melanoma Research*. 2015; 28 (6): 661–672. DOI: 10.1111/pcmr.12412
4. Vulf K. *Dermatology by Thomas Fitzpatrick (atlas-handbook) 2nd edition*. Moscow: *Praktika.* 2007: 1248 p. [In Russ.].
5. Krengel S., Scope A., Dusza S.W., Vonthein R., Marghoob A.A. New recommendations for the categorization of cutaneous features of congenital melanocytic nevi. *J Am Acad Dermatol*. 2013; (68): 441–451. DOI: 10.1016/j.jaad.2012.05.043
6. Doroshenko M.B., Utyashev I.A., Demidov L.V., and Aliev M.D. Clinical and biological features of giant congenital nevi in children. *Pediatriya*. *Zhurnal im. G. N. Speranskogo*. 2016; 95 (4): 50–56. [In Russ.].
7. Arya Savita, Manali Jain, Motilal Bunkar and Rajendra Prasad Takhar. “Giant Congenital Melanocytic Nevus with Limb Hypoplasia and Lipomatosis: A Rare Association.” Journal of Pigmentary Disorders. 2016; (3): 1–3.
8. Schaffer J.V. Pigmented lesions in children: when to worry. *Curr Opin Pediatr*. 2007 Aug; 19(4): 430–40. DOI: 10.1097/MOP.0b013e32825b0788.
9. Ersen B, Selçuk Akın, Ayse Sahin, Mehmet Can Şaki, Ismail Aksu, Orhan Tunalı, Furkan Karabulut and Suleyman Cecen. Clinical and histopathological analysis of 790 nevi excised from 509 patients due to cosmetic reasons. European Journal of Plastic Surgery. 2014; (38): 133–138.
10. Kapustina O.G. Diagnostics and optimization of skin nevi treatment in the out-patient practice of a dermatologist. 2009: 22 p. [In Russ.].
11. L.L. Sommer et al. Persistent melanocytic nevi: a review and analysis of 205 cases. *J. Cutan. Pathol*. 2011; 38 (6): 503–7.
12. King Roy, Brett A Hayzen, Robert N. Page, Paul B Googe, Deborah Zeagler and Martin C. Jr. Mihm. Recurrent nevus phenomenon: a clinicopathologic study of 357 cases and histologic comparison with melanoma with regression. Modern Pathology 22 (2009): 611–617.
13. Danilin N.A., Marinicheva I.G., Kurdyaev I.V. Modern treatment of benign vascular and pigmented skin lesions. *Plasticheskaya chirurgia i esteticheskaya medicina.* 2023;(3):130–137. [In Russ.]. DOI: 10.17116/plast.hirurgia2023031130
14. Danilin N.A., Kurdyaev I.V. Carbon dioxide laser in the treatment of benign skin neoplasms. *Lazernaya medicina*. 2022;26(1):30–36. [In Russ.]. DOI: 10.37895/2071-8004-2022-26-1-30-36
15. Hong, Kyung Tae, Jung Min Lim and Sang Eun Lee. A Treatment of Medium-to-Giant Congenital Melanocytic Nevi with Combined Er:YAG Laser and Long-Pulsed Alexandrite Laser. *Med Laser*. 2017; 6 (2):77–85. DOI: 10.25289/ML.2017.6.2.77
16. Tskhovrebova L.E. Congenital giant pigmented nevi in children: clinic, diagnosis, treatment. *Detskaya hirurgiya*. 2014; (18-1): 38–41. [In Russ.].
17. Geinitz A.V., Doronin V.A. Dermabrasion with CO2 laser of epidermal-dermal defects, as well as fading skin in the outpatient unit. Moscow. M.: 2004: 92 p. [In Russ.].
18. Skomarovskij V.S., & Dorofeeva T.G. Technologies based on light, radio frequency and plasma effects in aesthetic medicine. *Al’manah klinicheskoj mediciny,* (2008; (17–2): 184–185. [In Russ.].

19. Nguyen, Duy & Pang, Jing-Yin & Madill, Catherine & Novakovic, Daniel. Effects of 445-nm Laser on Vessels of Chick Chorioallantoic Membrane with Implications to Microlaryngeal Laser Surgery. *The Laryngoscope*. 2021; 131(6): 1950–1956.
20. Duvanskiy V.A. Physical and physic-chemical methods in the comprehensive treatment of purulent wounds and trophic ulcers. *Avtoreferat diss* … Sci. (Med.), Moscow, 2002: 30 p. [In Russ.].
21. Astashov V.V., Kozlov V.I., Duvanskiy V.A., Novokreshchenov P.V., Pushkar I.M. The effect of photobiostimulation by light waves in the blue range of the spectrum on microcirculation parameters and the activity of oxidative homeostasis enzymes in the skin. *Journal of biomedical photonics & engineering.* 2023; 9(1): 10309.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Подурар Станислав Александрович – врач – детский хирург, аспирант ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ г. Москвы; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4293-5467

Горбатова Наталья Евгеньевна – кандидат медицинских наук, академик АМТН РФ, ведущий научный сотрудник ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ г. Москвы; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4949-7655

Брянцев Александр Владимирович – детский хирург, кандидат медицинских наук, директор ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ г. Москвы; ORCID: https://orcid.org/0009-0001-7508-8524

Золотов Сергей Александрович – детский хирург, кандидат медицинских наук, ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ г. Москвы; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9964-7810

Тертычный Семенович Александр – доктор медицинских наук, профессор кафедры патологической анатомии им. академика А.И. Струкова ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» МЗРФ (Сеченовский Университет); ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5635-6100

Дуванский Владимир Анатольевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой эндоскопии, эндоскопической и лазерной хирургии факультета непрерывного медицинского образования медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5880-2629

Варев Геннадий Александрович – кандидат технических наук, генеральный директор, учредитель ООО «Русский инженерный клуб»; ORCID: https://orcid.org/0009-0007-0543-2477

Information about the authors

Podurar Stanislav – pediatric surgeon, postgraduate student, “Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology”; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4293-5467

Gorbatova Natalya – pediatric surgeon, Cand. Sci. (Med.), AMTN RF Academician, leading researcher, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4949-7655

Bryantsev Alexander – pediatric surgeon, Cand. Sci. (Med.), director of Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology; ORCID: https://orcid.org/0009-0001-7508-8524

Zolotov Sergey – pediatric surgeon, Cand. Sci. (Med.), Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9964-7810

Tertychnyy Aleksandr – Dr. Sci. (Med.), Prof., Chair of Pathology, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5635-6100

Duvansky Vladimir – Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Endoscopy, endoscopic and laser surgery RUDN University; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5880-2629

Varev Gennady – Cand. Sci. (Tech.), General Director, Founder of Russian Engineering Club LLC; ORCID: https://orcid.org/0009-0007-0543-2477

УДК: 617.7-007.681
DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-3-36-39
Оригинальные исследования

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО ЛЕЧЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ГЛАУКОМОЙ

Т.В. Соколовская, Г.Ю. Усанова, Е.О. Краснова

ФГАУ «НМИЦ МНТК “Микрохирургия глаза” им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

Цель: изучить эффективность комбинированной технологии лазерного лечения пациентов с развитой стадией первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ).

Материалы и методы: настоящее исследование выполнено на 63 глазах (63 пациента) с диагнозом ПОУГ, развитая стадия, которые были разделены на основную (32 глаза) и контрольную (31 глаз) группы. Возраст пациентов варьировал от 65 до 78 лет (средний возраст в опытной группе составлял 70,68 ± 4,39 года, в контрольной группе – 69,48 ± 3,82 года). Уровень внутриглазного давления (ВГД) P_0 у всех пациентов был компенсирован на гипотензивной терапии и в среднем составлял 20,02 ± 1,27 мм рт. ст. в опытной группе, 20,01 ± 1,43 мм рт. ст. в контрольной группе. Количество применяемых гипотензивных средств до операции составляло от 2 до 3 (в среднем 2,40 ± 0,49 в опытной группе, 2,51 ± 0,50 в контрольной). Для проведения YAG-лазерной активации трабекулы (YAG–ЛАТ) использовался Nd-YAG-лазер Lightlas YAG фирмы Lightmed (США). Для выполнения микроимпульсной транссклеральной циклофотокоагуляции (мЦФК) использовался прибор «Cyclo G6 Glaucoma Laser System» (IRIDEX, США). В опытной группе всем пациентам проводили YAG-ЛАТ с мЦФК, в контрольной группе – мЦФК. Пациентов наблюдали на 1,7 сутки, затем через 1, 3 и 6 мес. после проведенного лечения. Полученные результаты суммировались в виде таблицы и подвергались статистической обработке.

Результаты: на 1-е сутки после вмешательства в опытной группе ВГД составляло (мм рт. ст.): 20,59 ± 1,5; в контрольной – 19,9 ± 2,68; 7-е сутки: опытная группа – 17,54 ± 1,10, контрольная – 18,61 ± 1,16; 1 месяц: опытная группа – 13,95 ± 1,67, контрольная – 15,8 ± 1,5; 3 месяца: опытная группа – 15,04 ± 1,13, контрольная – 16,48 ± 1,12; 6 месяцев: опытная группа – 15,27 ± 1,77, контрольная –16,23 ± 1,41.

Заключение: комбинированная технология лазерного лечения у пациентов, включающая проведение YAG-лазерной активации трабекулы и мЦФК, является эффективным и безопасным методом снижения внутриглазного давления у пациентов с глаукомой.

Ключевые слова: глаукома, микроимульсная ЦФК, активация трабекулы, ВГД

Для цитирования: Соколовская Т.В., Усанова Г.Ю., Краснова Е.О. Эффективность применения комбинированной технологии лазерного лечения у пациентов с глаукомой. *Лазерная медицина*. 2023; 27(3): 36–39. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-36-39

Контакты: Краснова Е.О., e-mail: dr.qrasnova@yandex.ru

EFFECTIVENESS OF THE COMBINED LASER TREATMENT TECHNOLOGY IN PATIENTS WITH GLAUCOMA

Sokolovskaya T.V., Usanova G.Yu, Krasnova E.O.

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow, Russia

Abstract

Purpose: to study the effectiveness of combined laser treatment in patients with the advanced primary open-angle glaucoma (POAG).

Material and methods: the present study included 63 patients with POAG. They were divided into the studied group (32 eyes) and control group (31 eye). Patients age ranged from 65 to 78 years (mean 70.68 ± 4.39 years in the studied group and 69.48 ± 3.82 in the control group). Intraocular pressure (IOP) in all patients was compensated with antihypertensive drops, and in average was 20.36 ± 1.27 mm Hg in the studied group and 20.02 ± 1.43 mm Hg in the control group. The number of antihypertensive drugs used before surgery ranged from 2 to 3 (average 2.40 ± 0.49 in the studied group and 2.51 ± 0.50 in the control group). YAG-LAT was performed with Lightlas YAG Nd-YAG laser (Lightmed, USA). Microimpulse transcleral cyclophotocoagulation (mTS-CPC) was performed with Cyclo G6 Glaucoma Laser System (IRIDEX, USA). In the studied group, all patients had YAG-LAT with mTS-CPC; in the control group – mTS-CPC. Patients were examined on days 1 and 7; and then in 1, 3 and 6 months after the treatment. The obtained results were summarized in a table and were statistically processed.

Results: in the studied group, on day 1 after the intervention IOP was (mm Hg): 19.36 ± 1.36, in the control group – 19.45 ± 1.15; on day 7: studied group – 20.59 ± 1.5, control group – 19.9 ± 2.68; in one month: studied group – 13.95 ± 1.67, control group – 15.8 ± 1.5; in three months: studied group – 15.04 ± 1.13, control group – 16.48 ± 1.12; in 6 months: studied group – 15.27 ± 1.77, control group – 16.23 ± 1.41.

Conclusion: the combined laser technology which includes YAG-laser activation of the trabecula and mTS-CPC is an effective and safe method for lowering intraocular pressure in patients with glaucoma.

Keywords: glaucoma, mTS-CPC, trabecula activation, intraocular perssure

For citation: Sokolovskaya T.V., Usanova G.Yu., Krasnova E.O. The effectiveness of combined laser treatment technology in patients with glaucoma. *Laser Medicine*. 2023; 27(3): 36–39. [In Russ.]. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-36-39

Contacts: Krasnova E.O., e-mail: dr.qrasnova@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Одной из значимых социальных проблем в настоящее время остается глаукома, которая по-прежнему занимает одну из лидирующих причин слепоты в мире [1, 7]. По-прежнему единственным патогенетически обоснованным способом лечения глаукомы является снижение уровня внутриглазного давления (ВГД). Терапией первого выбора у пациентов с развитой стадией глаукомы остается медикаментозная терапия, однако последние годы широкое применение получили лазерные методы лечения, направленные на улучшение оттока внутриглазной жидкости, в первую очередь из-за высокого уровня безопасности таких вмешательств и низкого риска развития осложнений. Данные операции оказывают минимальное повреждающее действие на трабекулярную ткань, обладая при этом патогенетической направленностью [2]. Одна из последних разработок в области лазерного лечения глаукомы является микроимпульсная транссклеральная циклофотокоагуляция (мЦФК). Многочисленные исследования подтверждают наличие гипотензивного эффекта мЦФК, однако в литературе встречаются данные о том, что не всегда использование мЦФК позволяет достичь оптимального гипотензивного эффекта [4, 5]. Таким образом, разработка технологии комбинированного лечения с различной направленностью механизма действия является актуальной проблемой современной офтальмологии.

Цель: изучить эффективность комбинированной технологии лазерного лечения пациентов с развитой стадией первичной открытоугольной глаукомы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование выполнено на 63 глазах (63 пациента), которые были разделены на основную (32 глаза) и контрольную (31 глаз) группы. Для исследования были отобраны пациенты с диагнозом «первичная открытоугольная глаукома», развитая стадия. Верификацию диагноза и стадии глаукомы проводили с использованием стандартного офтальмологического обследования, гониоскопии, компьютерной периметрии и оптического когерентного томографа. Возраст пациентов варьировал от 61 до 78 лет (средний возраст 70,68 ± 4,39 года в опытной группе, 69,48 ± 3,82 года – в контрольной группе). До лечения ВГД (P_0) у всех пациентов было компенсировано на гипотензивных каплях и в среднем составляло 20,02 ± 1,27 мм рт. ст. в опытной группе, 20,01 ± 1,45 мм рт. ст.– в контрольной группе. Количество применяемых гипотензивных средств до операции составляло от 2 до 3 (в среднем 2,40 ± 0,49 в опытной группе, 2,51 ± 0,5 – в контрольной). Для проведения YAG–ЛАТ использовался Nd-YAG-лазер Lightlas YAG фирмы Lightmed (США) со следующими параметрами: длина волны – 1064 нм, диаметр пятна – 8–10 мкм, экспозиция – 3 нс, энергия – 0,8–1,2 мДж. После инстилляционной анестезии на глаз пациента устанавливали контактную линзу Гольдмана для гониоскопии, на уровне проекции шлеммова канала осуществляли последовательно лазерное воздействие единичными аппликатами в количестве 55–70 (протяженностью 360 градусов), на равном расстоянии друг от друга, при энергии в импульсе 0,8–1,2 мДж. Для выполнения мЦФК использовался прибор «Cyclo G6 Glaucoma Laser System» (IRIDEX, США). В опытной группе всем пациентам проводилось комбинированное лазерное лечение, которое включало YAG-лазерную активацию трабекулы и через 1 час последующее проведение мЦФК. В контрольной группе – мЦФК по стандартной методике: в микроимпульсном режиме (длина волны 810 нм, экспозиция 80 с), в нижней и верхней полусфере глазного яблока вдоль лимба (энергия воздействия 1200 мДж, рабочий цикл 31,3 %, длительность импульса 0,5 мс, периодом 1,1 мс). Срок наблюдения – до 6 месяцев после лечения. Пациентов наблюдали на 1-е, 7-е сутки, затем через 1, 3 и 6 мес. после проведенного лечения. Полученные результаты суммировались в виде таблицы и подвергались статистической обработке. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием компьютерных программ Statistica 13.3 («StatSoft», США) и Microsoft Office Excel 2007 («Microsoft», США). Статистически достоверными признавали различия, при которых уровень достоверности (p) $p < 0,05$.

Таблица 1

Показатели уровня внутриглазного давления (ВГД) P_0 в различные сроки наблюдения

Table 1

IOP level P_0 at different terms of observation

Группы наблюдения Group	Сроки наблюдения после операции Terms of observation after surgery					
	До операции Before surgery	1-е сутки Day 1	7-е сутки Day 7	1 месяц In one month	3 месяца In three months	6 месяцев In six months
Опытная группа (YAG-ЛАТ + мЦФК) Studied group YAG-LAT + mTS-CPC	20,02 ± 1,27	20,59 ± 1,5	17,54 ± 1,10*	13,95 ± 1,67*	15,04 ± 1,13*	15,27 ± 1,77
Контрольная группа (мЦФК) Contro group mTS-CPC	20,01 ± 1,45	19,9 ± 2,68	18,61 ± 1,16	15,8 ± 1,5	16,48 ± 1,12	16,23 ± 1,41

Примечание: * – статистически значимое различие с основной группой, $p < 0,05$
Note: *– difference with the control group is reliable, $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во время послеоперационного наблюдения осложнений выявлено не было, признаков воспаления не отмечалось. Перед проведением лазерного лечения показатели ВГД (P_0) в опытной группе и группе контроля не имели статистически значимых различий. Показатели уровня ВГД (P_0) в различные сроки наблюдения и достоверность различий представлены в таблице 1.

Через 6 месяцев после проведенного лечения разница в показателях уровня ВГД (P_0) не имела статистического различия. Однако в опытной группе через 6 месяцев на гипотензивном режиме находились 4 пациента, которые использовали 1 вид препаратов. В контрольной группе средний показатель количества используемых препаратов составил 1,33 ± 0,48. Анализ результатов компьютерной периметрии и оптической когерентной томографии после лечения позволил сделать вывод о стабилизации глаукомного процесса в течение всего периода наблюдения у пациентов обеих групп.

В последние годы интерес многих исследований вызывает применение лазерной энергии в лечении глаукомы, так как это позволяет снизить риск послеоперационных осложнений. Особенно актуальным вектором применения лазерной энергии рассматривается касательно пациентов с начальной и развитой стадией глаукомы с высокими показателями зрительных функций. Одной из последних разработок в области лазерных технологий является микроимульсная ЦФК, применяемых в лечении пациентов с глаукомой [6]. За последние годы в литературе встречаются убедительные данные об эффективности мЦФК у пациентов с начальной и развитой стадиями глаукомы [2]. Однако не всегда использование данной технологии позволяет вызвать оптимальный гипотензивный эффект и достичь уровня «давления цели» [5]. Результаты настоящего исследования подтвердили наличие гипотензивного эффекта микроимпульсной лазерной трансскле-ральной циклокоагуляции у пациентов с развитой стадией, что согласуется с данными, представленными в мировой литературе [4]. Анализируя полученные результаты, можно сделать закономерный вывод о том, что применение мЦФК в сочетании с YAG-лазерной активацией трабекулы может приводить к взаимодополняющему усилению гипотензивного эффекта за счет различной патогенетической направленности воздействия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комбинированное лазерное лечение пациентов, включающее проведение YAG-лазерной активации трабекулы и мЦФК, является эффективным и безопасным методом снижения внутриглазного давления у пациентов с глаукомой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров Е.А., ред. *Национальное руководство по глаукоме*. 3-е изд. / Е.А. Егоров. Текст: непосредственный.// Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2013: 44–62.
2. Курышева Н.И. Трансскле-ральная циклофотокоагуляция в микроимпульсном режиме в лечении начальной первичной открытоугольной глаукомы / Н.И. Курышева, М.М. Раджабов. Текст: непосредственный. *Современные технологии в офтальмологии*. 2020; 4.
3. Соколовская Т.В., Дога А.В., Магарамов Д.А., Кочеткова Ю.А. Лазерная активация трабекулы в лечении первичной открытоугольной глаукомы / Т.В. Соколовская, А.В. Дога, Д.А. Магарамов, Ю.А. Кочеткова. Текст: непосредственный. *Офтальмохирургия*. 2015; 1; 27–31.
4. Ходжаев Н.С. Микроимпульсная трансскле-ральная циклофотокоагуляция в лечении глаукомы / Н.С. Ходжаев, А.В. Сидорова, А.В. Старостина, М.А. Елисеева. Текст: непосредственный. *Российский офтальмологический журнал*. 2020; 13(2): 105–111. DOI: 10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111
5. Magacho L. Double-Session Micropulse Transscleral Laser (CYCLO G6) as a Primary Surgical Procedure for Glaucoma/ L. Magacho, F.E. Lima, M.P. Avila. Text: unmediated. *J Glaucoma*. 2020 Mar; 29(3): 205–210. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001426
6. Sanchez F.G. Update on Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation . *J Glaucoma*. 2020 Jul; 29(7): 598–603. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001539
7. Quigley H.A. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. / H.A. Quigley, A.T. Broman Text: unmediated. *Br. J. Ophthalmol.* 2006; 90 (3): 262–7. DOI:10.1136/bjo.2005.081224

REFERENCES

1. Egorov E.A., *National guidelines for glaucoma*. 3rd ed. Moscow: GEOTAR-Media; 2013: 44–62. [In Russ.].
2. Kurysheva N.I. Transscleral cyclophotocoagulation in micropulse mode in the treatment of initial primary open-angle glaucoma. *Sovremenii tekhnologii v oftalmologii*. 2020; 4. [In Russ.].
3. Sokolovskaya T.V., Doga A.V., Magaramov D.A., Kochetkova Yu.A. Laser activation of the trabecula in the treatment of primary open-angle glaucoma. *Ophthalmokhirurgia*. 2015; 1: 27–31. [In Russ.].
4. Khodzhaev N.S., Sidorova A.V., Starostina A.V., Eliseeva M.A. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma. *Rossiiskiy oftalmologicheskii zhurnal*. 2020; 13 (2): 105–111 [In Russ.]. DOI: 10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111
5. Magacho L. Double-Session Micropulse Transscleral Laser (CYCLO G6) as a Primary Surgical Procedure for Glaucoma. *J Glaucoma*. 2020 Mar; 29(3): 205–210. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001426
6. Sanchez F.G. Update on Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation F.G. Sanchez, J.C. Peirano-Bonomi, N. Brossard Barbosa, Z. Khoueir, T.M. Grippo. Text: unmediated. *J Glaucoma*. 2020 Jul; 29(7): 598–603. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001539
7. Quigley H.A. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020 / H.A. Quigley, A.T. Broman Text: unmediated. *Br. J. Ophthalmol*. 2006; 90 (3): 262–267. DOI: 10.1136/bjo.2005.081224

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Соколовская Татьяна Викторовна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела хирургии глаукомы ФГАУ «НМИЦ МНТК “Микрохирургия глаза” им. акад. С.Н. Федорова»; ORCID: https://orcid.org/0009-0000-9396-8210

Усанова Галина Юрьевна – врач-офтальмолог, младший научный сотрудник ФГАУ «НМИЦ МНТК “Микрохирургия глаза” им. акад. С.Н. Федорова»; ORCID: https://orcid.org/0009-0009-3728-6763

Краснова Екатерина Олеговна – врач-офтальмолог ФГАУ «НМИЦ МНТК “Микрохирургия глаза” им. акад. С.Н. Федорова»; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5319-4898

Information about the authors

Sokolovskaya Tatyana – Cand. Sci. (Med.), ophthalmologist, leading researcher at the department of glaucoma surgery in the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; ORCID: https://orcid.org/0009-0000-9396-8210

Usanova Galina – ophthalmologist, junior researcher at the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; ORCID: https://orcid.org/0009-0009-3728-6763

Krasnova Ekaterina – ophthalmologist at the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5319-4898

УДК: [616-089; 617.5]:616.3
DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-3-40-45
Клиническое наблюдение

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ЛЕЧЕНИЯ ТОНКОКИШЕЧНОЙ БИЛИАРНОЙ НЕПРОХОДИМОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТУЛИЕВОГО ЛАЗЕРА (TM:YAG) У ПАЦИЕНТА С СИНДРОМОМ БУВЕРЕ

В.В. Бедин[1,2], И.Ю. Коржева[1,2], В.В. Амирова[1], М.З. Амиров[1]

[1] ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

[2] ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

Желчнокаменная болезнь, осложненная билиоэнтеральным свищом и тонкокишечной билиарной непроходимостью, является абсолютным показанием к оперативному лечению. На сегодня современные возможности высокотехнологичной специализированной внутрипросветной оперативной эндоскопии с использованием лазерной литотрипсии позволяют избежать рутинного хирургического вмешательства, уменьшая риски развития нежелательных явлений и сокращая сроки госпитализации пациента. В данном клиническом случае описана диагностика и первый опыт лечения синдрома Бувере методом литотрипсии с использованием тулиевого лазера (Tm:YAG).

Цель: улучшение результатов лечения больных с синдромом Бувере с применением тулиевого лазера (Tm:YAG) в качестве первого и окончательного метода хирургического (эндоскопического) лечения.

Материалы и методы: в ГКБ им. С.П. Боткина поступила пациентка с жалобами на боль в верхних отделах живота, слабость, рвоту после приема пищи. В приемном покое ей выполнены: общий и биохимический анализ крови, трансабдоминальное ультразвуковое исследование и рентгенологическое исследование органов брюшной полости, после перевода в хирургическое отделение были выполнены компьютерная томография, магнитно-резонансная холангиопанкреатография и эзофагогастродуоденоскопия.

Результаты: в ходе инструментальных исследований у больной выявлен крупный конкремент в луковице двенадцатиперстной кишки диаметром до 4,5 см и наличие свищевого хода диаметром до 2,0 см с желчным пузырем. С учетом длительности анамнеза заболевания, наличия сформированного внутреннего свища для разрешения тонкокишечной непроходимости одномоментно пациентке была выполнена эзофагогастродуоденоскопия и литотрипсия конкремента с помощью тулиевого лазера (Tm:YAG), литотрипторной корзины и эндоскопической петли с последующей экстракцией фрагментов крупного конкремента. Проведенное эндоскопическое вмешательство с использованием тулиевого лазера (Tm:YAG) показало высокую эффективность метода.

Заключение: доказана эффективность лечения больных с синдромом Бувере методом лазерной терапии с использованием тулиевого лазера (Tm:YAG).

Ключевые слова: тонкокишечная билиарная непроходимость, тулиевый лазер (Tm:YAG), билиоэнтеральный свищ, синдром Бувере, лазерная терапия

Для цитирования: Бедин В.В., Коржева И.Ю., Амирова В.В., Амиров М.З. Первый опыт лечения тонкокишечной билиарной непроходимости с применением тулиевого лазера (Tm:YAG) у пациента с синдромом Бувере. *Лазерная медицина*. 2023; 27(3): 40–45. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-40-45

Контакты: Амирова В.В., e-mail: ha-ha_irina@bk.ru

THE FIRST EXPERIENCE IN THE TREATMENT OF SMALL BOWEL BILIARY OBSTRUCTION USING TULIUM LASER (TM:YAG) IN A PATIENT WITH BOUVERET SYNDROME

Bedin V.V.[1,2], Korzheva I.Yu.[1,2], Amirova V.V.[1], Amirov M.Z.[1]

[1] Botkin Hospital of Moscow City Health Department, Moscow, Russia

[2] Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

Abstract

Cholelithiasis complicated with a bilioenteral fistula and small bowel biliary obstruction is an absolute indication for surgical treatment. To date, modern capabilities of high-tech specialized intra-luminal operative endoscopy with laser lithotripsy can prevent the routine surgical intervention, thus reducing the risk of adverse events and length of hospital stay. This clinical case describes diagnostics of the pathology and the first experience in treating the Bouveret syndrome with lithotripsy and thulium laser (Tm:YAG) light.

Purpose: to improve outcomes in patients with small bowel biliary obstruction and a bilioenteral fistula using thulium laser (Tm:YAG) light as the first and final method of surgical (endoscopic) treatment.

Material and methods: a patient with pains in the upper abdomen, weakness, vomiting after eating was admitted to the Botkin Hospital. Complete blood analysis, biochemical blood analysis, transabdominal ultrasound and X-ray examination of abdominal organs were made at the reception department. After that, she was transferred to the surgical department where computed tomography, magnetic resonance cholangiopancreatography and esophagogastroduodenoscopy were performed.

Results: The performed instrumental diagnostics revealed a large calculus with diameter up to 4.5 cm in the bulb of the duodenum and a fistula passage connecting to the gallbladder with diameter of up 2.0 cm. Because of long disease duration and a formed internal fistula the patient

was simultaneously made esophagogastroduodenoscopy and lithotripsy to resolve small bowel obstruction. The calculus was removed using thulum laser (Tm:YAG) technique, a lithotriptor basket and an endoscopic loop for fragments extraction. The performed endoscopic procedure with thulium laser light has showed its high efficiency.

Conclusion: The effectiveness of laser medical technique with Tm:YA in patients with Bouveret syndrome has been proven by the authors.

Keywords: small bowel biliary obstruction, thulium laser (Tm:YAG), bilioenteral fistula, Bouveret syndrome, laser therapy

For citation: Bedin V.V., Korzheva I.Yu., Amirov V.V., Amirov M.Z. The first experience in the treatment of small bowel biliary obstruction using tulium laser (Tm:YAG) in a patient with Bouveret syndrome. *Laser Medicine.* 2023; 27(3): 40–45. [In Russ.]. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-40-45

Contacts: Amirova V.V., e-mail: ha-ha_irina@bk.ru

ВВЕДЕНИЕ

Желчнокаменная болезнь (ЖКБ) зачастую может приводить к серьезным осложнениям, таким как холецистит, острый холангит и панкреатит [1]. Однако в практике клиницист может столкнуться с еще одним тяжелым и грозным явлением – билиоэнтеральным свищом (БЭС) с развитием синдрома Бувере. Причиной развития БЭС могут стать хроническое воспаление между стенкой желчного пузыря и стенкой желудка или двенадцатиперстной кишки (ДПК), пенетрирующие язвы, опухолевое поражение желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) или травмы органов брюшной полости.

Частота развития БЭС, по данным ряда авторов, составляет 0,9 % в общей популяции и 3,2 % у пациентов с патологией желчевыводящих путей. Наиболее распространенными симптомами являются боль в эпигастральной области и сепсис [2, 3]. У пациентов с билиоэнтеральными свищами могут наблюдаться как обструктивные, так и необструктивные симптомы. Необструктивные симптомы включают в себя рецидивирующий холангит и синдром мальабсорбции, в то время как обструктивные симптомы – непроходимость ЖКТ, рвоту и/или мелену [4]. Другими редкими осложнениями являются аорто-кишечные свищи, которые сопровождаются массивным желудочно-кишечным кровотечением [5]. Синдром Бувере – механическая обструкция выходного отдела желудка или просвета ДПК крупным (> 2,0 см) желчным конкрементом [6]. Данная патология встречается у 0,3–5 % пациентов с ЖКБ и проявляется неспецифичной клинической триадой: болью в животе, рвотой и желудочно-кишечной непроходимостью [7]. На сегодня нет установленных алгоритмов диагностики и лечения пациентов с данной патологией. Кроме того, учитывая редкость заболевания, отсутствие специфичных клинических проявлений и сложности диагностики, синдром Бувере часто упускается из вида, и диагноз устанавливается с задержкой. Тем не менее желчнокаменная кишечная непроходимость по-прежнему связана с относительно высокими показателями заболеваемости и смертности, что требует более детального и прецизионного подхода к пациентам с желчнокаменной болезнью.

Согласно литературным данным, абсолютное преимущество при технически возможных условиях – за мини-инвазивными эндоскопическими методами с применением механической, электрогидравлический, экстракорпоральной ударно-волновой или лазерной литотрипсии [8]. Красной нитью проходят лазерные методики лечения, показывая свою высокую безопасность и эффективность [9, 10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пациентка К., 65 лет, поступила в экстренном порядке в ГКБ им. С. П. Боткина с жалобами на боль в верхних отделах живота, слабость, рвоту после приема пищи.

При исследовании общего анализа крови выраженных изменений не обнаружено. В биохимическом анализе крови уровень общего билирубина – 35,2 мкмоль/л, прямой билирубин – 7,9 мкмоль/л, непрямой билирубин – 27,3 мкмоль/л.

При трансабдоминальном ультразвуковом сканировании стенки желудка визуально не утолщены, дифференцировка слоев сохранена. Желудок увеличен за счет неоднородного содержимого приблизительным объемом 750 мл. Стенки тонкой кишки 2 мм толщиной, дифференциация на слои сохранена, перистальтика не усилена. Петли в пределах 16 мм диаметром. Червеобразный отросток не визуализируется. Ободочная кишка заполнена газом, по ходу ободочной кишки утолщение стенок не определяется, дифференциация стенки на слои в переделах видимости сохранена. Лимфоузлы ее брыжейки не увеличены. Желчный пузырь сокращен до спасшегося состояния, не увеличен в размерах, стенки не утолщены. Содержимое желчного пузыря – конкременты до 9 мм.

По данным рентгенографии органов брюшной полости в проекции желудка определяется слабоинтенсивная рентгеноконтрастная тень диаметром ~ 3,0 см (рис. 1).

Выполнена компьютерная томография исследования пассажа водорастворимого контрастного вещества по кишечнику. Исследование выполнено с толщиной слоя 1 мм, с пероральным контрастированием раствором за 6 часов до исследования. Основная масса контрастного препарата определяется в желудке, малая часть – в проксимальных отделах тонкой кишки.

В антральном отделе у привратника и частично в просвете ДПК определяется инородное тело с округлыми контурами, с признаками «обтекания» его контрастным препаратом. Диаметр инородного тела – до 33 мм, длина – 45 мм. Петли тонкой

кишки не расширены. В брюшную полость в процессе исследования контрастное вещество не поступает. Расширение толстой кишки не отмечено. Заключение: КТ-картина инородного тела в области привратника желудка и частично в просвете ДПК, существенно затрудняющее пассаж контрастного препарата по ЖКТ – безоар. Петли тонкой и толстой кишки не расширены (рис. 2–4).

После перевода пациента в хирургическое отделение была выполнена экстренная

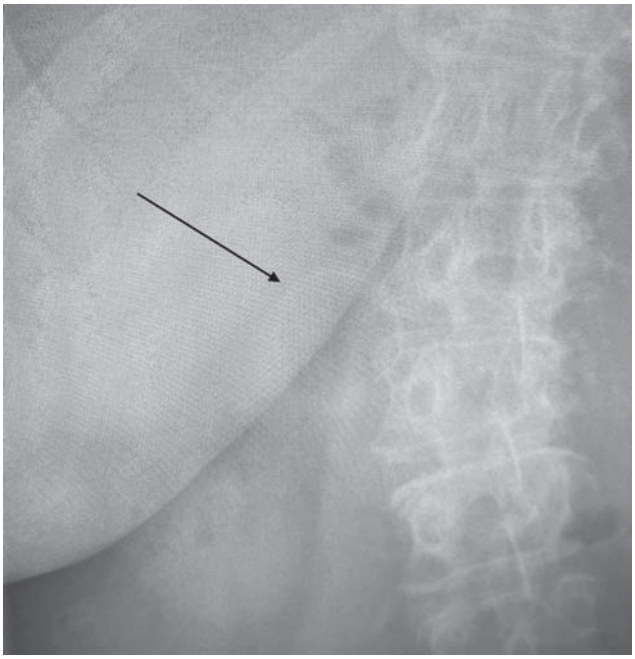


Рис. 1. Рентгенограмма: в проекции желудка определяется слабоинтенсивная рентгеноконтрастная тень

Fig. 1. Radiography: X-ray contrast shadow with low intensity is seen in the projection of the stomach

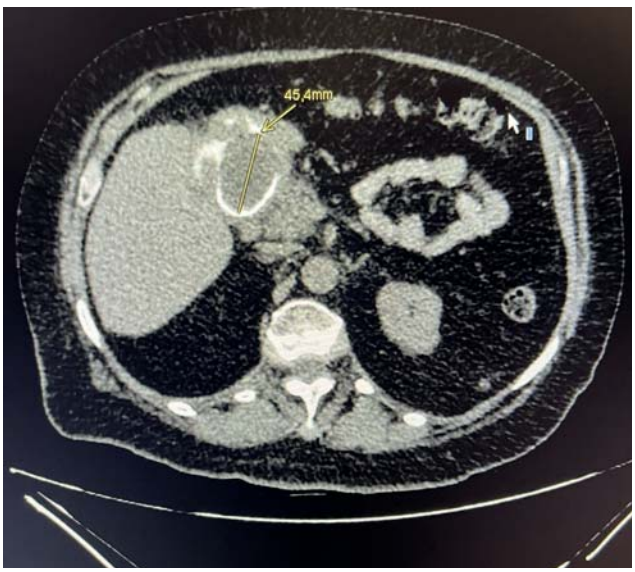


Рис. 2. КТ с пероральным введением водорастворимого контрастного вещества (сагиттальная проекция): в проекции антрального отдела желудка, привратника и луковицы ДПК определяется инородное тело диаметром до 4,5 см с гиперэхогенным ободком

Fig. 2. CT with oral administration of a water-soluble contrast agent (sagittal projection): in the projection of the stomach antrum, pylorus and the duodenum bulb, a foreign body with diameter up to 4.5 cm with a hyperechoic rim is seen

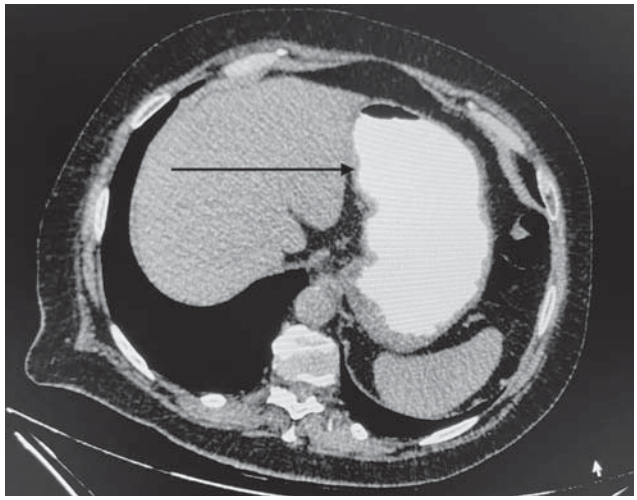


Рис. 3. КТ с пероральным введением водорастворимого контрастного вещества (сагиттальная проекция): затрудненный пассаж контрастного вещества (скопление контрастного вещества в желудке)

Fig. 3. CT with oral administration of a water-soluble contrast agent (sagittal projection): impeded passage of the contrast agent (accumulation of the contrast agent in the stomach)

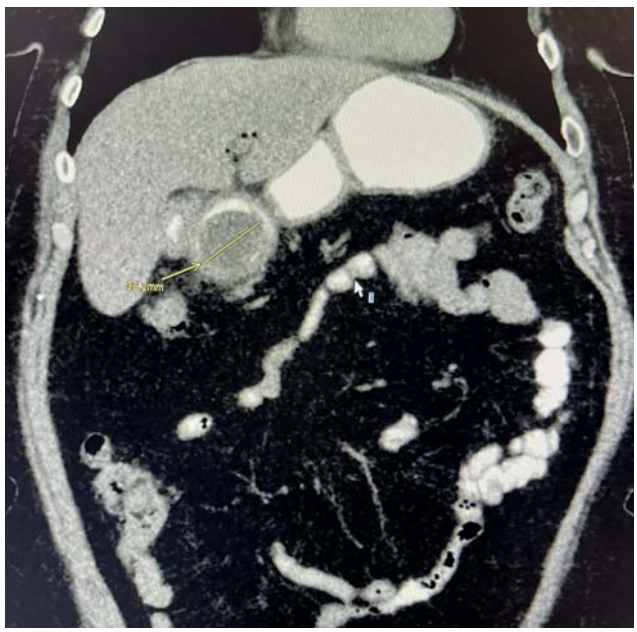


Рис. 4. КТ с пероральным введением водорастворимого контрастного вещества (фронтальная проекция): определяется инородное тело в проксимальных отделах ДПК диаметром до 3,5 см и скопление контрастного вещества в просвете желудка

Fig. 4. CT with oral administration of a water-soluble contrast agent (frontal projection): a foreign body in the proximal parts of the duodenum with diameter up to 3.5 cm and accumulation of the contrast agent in the stomach lumen is seen

эзофагогастродуоденоскопия. При осмотре слизистая в препилорической зоне розовая, тусклая, ярко очагово гиперемирована, отечна, инфильтрирована. Привратник деформирован, несколько сужен, для аппарата диаметром 0,9 см проходим, слизистая его отечная, инфильтрирована. В луковице ДПК определяется скопление пищевых масс (?) каменистой плотности размером до 3,0–4,0 см (безоар?). Попытки эндоскопического инструментального удаления (эндоскопическая петля, ловушка, корзинка-экстрактор, захват по типу крысиный зев) безрезультатны. Попытки провести аппарат дистальнее безуспешны. Попытки установки назоинтестинального зонда – без удовлетворительного результата.

Выполнено повторное трансабдоминальное ультразвуковое исследование, при котором определяется, что желчный пузырь с неровными нечеткими контурами, стенки дифференцируются нечетко, фрагментарно, толщиной до 3,0 мм. Размеры желчного пузыря около 46 × 30 мм. В проекции полости визуализируются конкременты до 10 мм. К желчному пузырю интимно прилежит расширенная петля двенадцатиперстной кишки с утолщенными до 6–7 мм стенками, в просвете кишки визуализируется конкремент до 37 мм. При повороте пациента на левый бок газ из кишки перемещается в полость желчного пузыря.

Выполнена магнитно-резонансная холангиопанкреатография, по результатам которой долевые желчные протоки не расширены. Общий желчный проток имеет нормальный диаметр, четкие и ровные контуры. Пузырный и вирсунгов протоки прослеживаются, не расширены. Желчный пузырь небольших размеров, стенки его утолщены до 8 мм. К нему прилежит петля двенадцатиперстной кишки, в просвете которой имеется округлой формы структура, с МР-характеристиками конкремента, диаметром 34 мм. Заключение: Билиарной и панкреатической гипертензии не выявлено. Конкремент (?) в просвете петли двенадцатиперстной кишки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

С учетом полученных данных выполнено повторное эндоскопическое вмешательство с экстракцией конкремента из просвета луковицы ДПК в просвет желудка (с целью декомпрессии) и дальнейшей попыткой выполнения механической литотрипсии. Из-за гигантских размеров конкремента выполнить механическую литотрипсию не представляется возможным. Также в луковице ДПК по всем стенкам определяются неглубокие сливные дефекты слизистой, прикрытые фибрином, а по нижней полуокружности луковицы ДПК визуализируется свищевой ход до 2,0 см в диаметре, вероятнее всего, в просвет желчного пузыря. Установлен назоинтестинальный зонд. Эндоскопическая картина пузырно-дуоденального свища, осложненного высокой тонкокишечной непроходимостью.

После предоперационной подготовки выполнена эндоскопически ассистированная операция с применением комбинированной общей анестезии с миорелаксантами и ИВЛ.

При выполнении эзофагогастродуоденоскопии просвет желудка не деформирован, при инсуффляции расправляется свободно, содержит небольшое количество слизи, слюны; в антральном отделе визуализируется инородное тело, овальной формы, буровато-черного цвета, размерами ~ 3,5 × 4,5 см. Просвет луковицы ДПК несколько деформирован по передненижней полуокружности, где визуализируется свищевой ход до 2,0 см в диаметре, вероятнее всего, в просвет желчного пузыря.

Конкремент с помощью литотрипторной корзины фиксирован и выведен на 1,0 см от стенки желудка (рис. 5). С помощью зонда тулиевого лазера (Tm:YAG), расположенного по проксимальному краю конкремента и далее – по направлению «вглубь», в режиме «фрагментации» выполнена литотрипсия (рис. 5, 6). С использованием литотрипторной корзины и эндоскопической петли фрагменты конкремента желтоватого цвета, неправильной формы, размерами от 0,5 до 2,0 см в диаметре инструментально удалены (рис. 7).

Продолжительность операции составила 2 часа 35 минут. При контрольной эзофагогастродуоденоскопии дефектов слизистой желудка не выявлено, в просвете определяется умеренное количество жидкости и мелкодисперсных частиц, последние удалены.

Послеоперационный период протекал без осложнений. В процессе госпитализации проводилась противовоспалительная, антибактериальная, спазмолитическая, инфузионная, дезинтоксикационная терапия. Пациентку выписали на следующие на сутки на амбулаторный этап лечения в стабильном состоянии. Продолжительность пребывания в стационаре составила 9 дней.

ОБСУЖДЕНИЕ

Основываясь на результатах представленного клинического случая, методом выбора для лечения желчнокаменной болезни, осложненной билиоэнтеральным свищом и тонкокишечной билиарной непроходимостью явились эзофагогастроскопия с внутрипросветной контактной литотрипсией с применением тулиевого лазера (Tm:YAG), продемонстрировавшие высокую эффективность и безопасность данной методики лечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, современные возможности высокотехнологичной специализированной внутрипросветной оперативной эндоскопии с использованием контактной лазерной литотрипсии в определенных клинических ситуациях позволяют избежать рутинного хирургического вмешательства, уменьшая риски развития нежелательных явлений и сокращая сроки госпитализации пациента с синдромом Бувере.

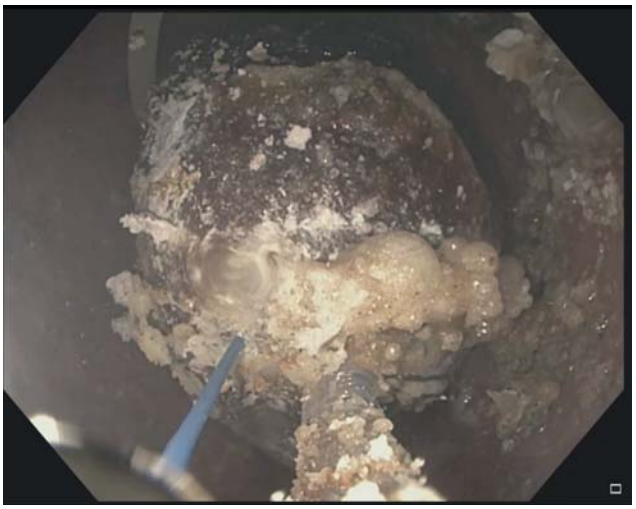


Рис. 5. Эзофагогастродуоденоскопия: фиксация конкремента литотрипторной козиной и литотрипсия с продвижением «вглубь» с помощью тулиевого лазера (Tm: YAG)

Fig. 5. Esophagogastroduodenoscopy: fixation of a calculus with a lithotriptor basket and lithotripsy with tulium laser light which allows to move deeper

Рис. 6. Извлеченные фрагменты конкремента

Fig. 6. Extracted fragments of the calculus

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Zdanowicz K., Daniluk J., Lebensztejn D.M., Daniluk U. The Etiology of Cholelithiasis in Children and Adolescents-A Literature Review. *Int J Mol Sci.* 2022; 2;23(21): 13376. DOI: 10.3390/ijms232113376. PMID: 36362164; PMCID: PMC9657413.
2. Aguilar-Espinosa F., Maza-Sánchez R., Vargas-Solís F., Guerrero-Martínez G.A., Medina-Reyes J.L., Flores-Quiroz P.I. Cholecystoduodenal fistula, an infrequent complication of cholelithiasis: Our experience in its surgical management. *Rev Gastroenterol Mex*. 2017 Oct-Dec; 82(4): 287–295. English, Spanish. DOI: 10.1016/j.rgmx.2016.10.010. PMID: 28389051.
3. Wu M.B., Zhang W.F., Zhang Y.L., Mu D., Gong J.P. Choledochoduodenal fistula in Mainland China: a review of epidemiology, etiology, diagnosis and management. *Ann Surg Treat Res*. 2015; 89(5): 240–246. DOI: 10.4174/astr.2015.89.5.240. PMID: 26576403; PMCID: PMC4644904.
4. Crespi M., Montecamozzo G., Foschi D. Diagnosis and Treatment of Biliary Fistulas in the Laparoscopic Era. *Gastroenterol Res Pract.* 2016; 2016: 6293538. DOI: 10.1155/2016/6293538. PMID: 26819608; PMCID: PMC4706943.
5. Zad M., Do C.N., Teo A., Dixon E., Welch C., Karamatic R. Concurrent cholecystoduodenal fistula and primary aortoenteric fistula. *Oxf Med Case Reports*. 2021; 26(10): PMID: 34729200; PMCID: PMC8557450.
6. Hussain J., Alrashed A.M., Alkhadher T., Wood S., Behbehani A.D., Termos S. Gall stone ileus: Unfamiliar cause of bowel obstruction. Case report and literature review. *Int J Surg Case Rep*. 2018; 49: 44–50. DOI: 10.1016/j.ijscr.2018.06.010. PMID: 29960209; PMCID: PMC6039705.
7. Turner A.R., Sharma B., Mukherjee S. Gallstone Ileus. 2022 Sep 19. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan. PMID: 28613584.
8. Nuño-Guzmán C.M., Marín-Contreras M.E., Figueroa-Sánchez M., Corona J.L. Gallstone ileus, clinical presentation, diagnostic and treatment approach. *World J Gastrointest Surg*. 2016; 27–8(1): 65–76. DOI: 10.4240/wjgs.v8.i1.65. PMID: 26843914; PMCID: PMC4724589.
9. Alsolaiman M.M., Reitz C., Nawras A.T., Rodgers J.B., Maliakkal B.J. Bouveret's syndrome complicated by distal gallstone ileus after laser lithotropsy using Holmium: YAG laser. BMC *Gastroenterol.* 2002; 18; 2: 15. DOI: 10.1186/1471-230x-2-15. PMID: 12086587; PMCID: PMC117132.
10. Sethi S., Kochar R., Kothari S., Thosani N., Banerjee S.. Good Vibrations: Successful Endoscopic Electrohydraulic Lithotripsy for Bouveret's Syndrome. *Dig Dis Sci*. 2015 Aug; 60(8):2264–2266. DOI: 10.1007/s10620-014-3424-8. PMID: 25381652.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Бедин Владимир Владимирович – доктор медицинских наук, заместитель главного врача по хирургии ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы; профессор кафедры хирургии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8441-6561

Коржева Ирина Юрьевна – доктор медицинских наук, руководитель эндоскопического центра ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы; заведующая кафедрой эндоскопии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5984-5660

Амирова Валерия Викторовна – врач-эндоскопист эндоскопического отделения ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2917-9967

Амиров Магомед Захарович – врач-эндоскопист эндоскопического отделения ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4397-2462

Information about the authors

Bedin Vladimir – Dr. Sci. (Med.), chief of the surgical department in Botkin Hospital; professor of the surgical department in the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8441-6561

Korzheva Irina – Dr. Sci. (Med.), head of the Endoscopic Center at Botkin Hospital; head of the endoscopic department in the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5984-5660

Amirova Valeriia – MD, endoscopist at the endoscopic department in Botkin Hospital; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2917-9967

Amirov Magomed – MD, endoscopist at the endoscopic department in Botkin Hospital; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4397-2462

УДК: 615.837.036:616-006.66
DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-3-46-49
Оригинальные исследования

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ДЕСТРУКЦИИ В ЛЕЧЕНИИ ОЧАГОВОЙ ПЛОСКОКЛЕТОЧНОЙ ГИПЕРПЛАЗИИ ВУЛЬВЫ (КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ)

Е.В. Полухова[1], М.М. Умаханова[1], В.В. Ежов[1], В.А. Салюк[2]

[1] ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, Москва, Россия

[2] ФГБУН ФИЦ «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук», Москва, Россия

Резюме

В статье продемонстрирован клинический пример использования лазерной ударно-волновой деструкции (далее ЛУВД) в лечении пациентки с очаговой плоскоклеточной гиперплазией вульвы. Пример проиллюстрирован в динамике и показан избирательный характер воздействия на биоткань, без повреждения соседних участков. Подтверждена эффективность методики лечения и прослежена стойкая продолжительная ремиссия.

Ключевые слова: ударно-волновая лазерная деструкция, дистрофические заболевания вульвы

Для цитирования: Полухова Е.В., Умаханова М.М., Ежов В.В., Салюк В.А. Опыт применения лазерной ударно-волновой деструкции в лечении очаговой плоскоклеточной гиперплазии вульвы (клиническое наблюдение). *Лазерная медицина*. 2023; 27(3):46–49. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-46-49

Контакты: Полухова Е.В., e-mail: e_pol@mail.ru

LASER SHOCK-WAVE DESTRUCTION IN THEFOCAL SQUAMOUS CELL HYPERPLASIA OF THE VULVA (A CASE REPORT)

Polukhova E.V.[1], Umakhanova M.M.[1], Yezhov V.V.[1], Salyuk V.A.[2]

[1] Russian University of Medicine, ROSUNIMED, Moscow, Russia

[2] Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract

The article demonstrates a clinical example of the effective application of laser shock-wave destruction for the treatment of a patient with focal squamous cell hyperplasia of the vulva. The example is illustrated in dynamics and shows the selective impact at biological tissues without damaging the neighboring areas. The effectiveness of the discussed technique has been confirmed and a stable long-term remission was observed.

Keywords: laser shock-wave destruction, dystrophic diseases of the vulva

For citations: Polukhova E.V., Umakhanova M.M., Yezhov V.V., Salyuk V.A. Experience of using laser shock-wave destruction in the treatment of focal squamous cell hyperplasia of the vulva (a case report). *Laser Medicine*. 2023; 27(3): 46–49. [In Russ.]. https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-3-46-49

Contacts: Polukhova E.V., e-mail: e_pol@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Проблема лечения дистрофических заболеваний наружных половых органов, которое могло бы инициировать стойкую ремиссию, до сих пор не решена [1, 2]. Это обусловлено прежде всего недостаточной эффективностью существующих методов терапии, длительностью заболевания, тяжестью клинических проявлений, а также вероятностью злокачественной трансформации патологии вульвы [3–7].

В статье рассмотрена технология лечения дистрофических заболеваний преддверья влагалища и вульвы методом управляемого ударно-волнового процесса деструкции патологических тканей с использованием лазерного излучения, слабо поглощаемого биотканями и с мощностью излучения, недостаточной для прямого деструктивного термического повреждения биотканей [8]. Для активации управляемого ударно-волнового процесса деструкции биотканей с минимальным ее термическим повреждением использовали эффективно поглощающую лазерное излучение водную суспензию мелкодисперсных частицы активированного угля, наносимую тонким (до 0,3 мм) слоем на патологический участок биоткани. Суспензия приготовлена по технологии с использованием дистиллированной воды, со средней плотностью частиц (1,2 –1,3) × 10^3 кг/м^2 [9].

Быстрый разогрев лазерным излучением частиц активированного угля приводит к их разрушению в виде микровзрывов, сопровождаемых генерацией ударных волн, приводящих к механической деструкции окружающих биотканей. В процессе облучении фрагменты разрушенных частицы автоматически удаляются с поверхности биоткани, и с этого момента воздействие излучения на ткань прекращается в силу ее прозрачности на длине волны используемого

лазерного излучения. Такой метод воздействия обеспечивает минимально возможное повреждение подлежащих тканей по сравнению с существующими деструктивными методами [10, 11]. Метод назван лазерная ударно-волновая деструкция вульвы – ЛУВД.

В более ранней публикации представлены результаты гистологических исследований кожи вульвы и слизистой оболочки преддверия влагалища свиней (минипигов) [8]. Анализ этих исследований позволил обосновать механизм воздействия лазерной ударно-волновой деструкции на биоткани, оценить глубину и суть повреждающего эффекта кожи вульвы и слизистой оболочки преддверья влагалища. Гистологические исследования показали, что при ЛУВД поверхностная деструкция биоткани в основном обусловлена механическим воздействием, с минимальным термическим повреждением, что выгодно отличает ее от других энергетических методик и вместе с тем позволяет локально воздействовать на определенные врачом патологически измененные участки [8, 11].

Метод ЛУВД был нами ранее успешно применен в лечении пациенток с выраженными проявлениями плоскоклеточной гиперплазии вульвы. После сеанса лечения зарегистрирована стойкая продолжительная ремиссия [12].

Целью публикации является представление клинического случая успешного применения метода лазерной ударно-волновой деструкции (ЛУВД) биотканей в лечении пациентки с очаговой плоскоклеточной гиперплазией вульвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использован полупроводниковый лазерный аппарат «Лазермед 10–01» (г. Тула, РФ), который позволяет в расфокусированном режиме воздействовать на контрастное вещество (суспензия активированного угля), не повреждая соседние и более глубокие участки ткани. Методика разработана и подробно изучена в ИОФ РАН им. А.М. Прохорова [8]. Параметры лазерного излучения: длина волны – 1,06 мкм; мощность рабочего излучения – 8 Вт; максимальный диаметр пятна лазерного изучения на обрабатываемой поверхности – до 0,5 см; расстояние от лазерного терминала до объекта – 10–12 см. Режим излучения – одиночные импульсы длительностью (0,3–0,5) с. Доза облучения в области пятна лазерного излучения до 0,5 мм составляет до 20 Дж/см^2. Суммарная доза излучения зависит от площади обрабатываемой поверхности.

Для проведения ЛУВД выбрана пациентка с локусами очаговой плоскоклеточной гиперплазии вульвы, на фоне генерализованного витилиго, что не является противопоказанием для выполнения манипуляции.

Пациентка И., 51 год, предъявляла жалобы на периодически возникающий зуд и чувство дискомфорта в области вульвы в течение 4 лет. Неоднократно проводилась симптоматическая терапия с временным эффектом (локальное применение глюкокортикоидов, эмолентов и противоаллергических средств). Из анамнеза: Постменопауза 4 года. Последние 5 лет половую жизнь отрицает. Беременность одна, завершившаяся своевременными родами через естественные родовые пути, осложнившиеся разрывом промежности. Гинекологический и соматический анамнез не отягощен. При первичном гинекологическом осмотре с фоторегистрацией на коже вульвы, на фоне депигментированных участков – генерализованное витилиго, были выявлены белесоватые локусы дистрофических изменений кожи с участками мацерации в области правой большой половой губы и задней спайки.

На снимке рис. 1А представлена вульва больной до лечения.

После подписания информированного согласия, до начала лечения выполнена биопсия вульвы. Гистологическое заключение – дискератоз, фиброзные изменения кожи с очаговым акантозом и умеренной лейкоцитарной инфильтрацией стромы.

Нами выполнен сеанс лазерной ударно-волновой деструкции: в асептических условиях после проведения местной инфильтрационной анестезии на измененную поверхность вульвы в области правой большой половой губы и задней спайки тонким (до 0,3 мм) слоем с помощью цитощетки наносилась водная суспензия активированного угля. Далее, используя лазерное излучение, равномерно перемещали пятно лазерного луча по поверхности нанесенной суспензии до ее полного удаления. Суммарное время процедуры составило 8 минут. После сеанса и в послеоперационном периоде раневая поверхность обрабатывалась раствором хлоргексидина 0,05%.

Лечение проводилось с использованием дымоотводящего устройства.

Следует отметить, что эффект воздействия отмечается только при наличии на поверхности поглощающей суспензии. Необработанные зоны при аналогичных параметрах лазерного воздействия практически не повреждаются. Подобный процесс деструкции способен обеспечить избирательное, дозированное по глубине и площади лечебное воздействие только на измененные участки, не затрагивая находящиеся рядом депигментированные зоны.

На рис. 1В показано предварительное нанесение водной суспензии активированного угля. На рис. 1С – процесс лазерной деструкции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведения ЛУВД и в день манипуляции побочных эффектов не отмечено, пациентка ощущала чувство тепла, умеренное жжение, наблюдался слабый отек в области воздействия, данные изменения носили преходящий характер. Степень выраженности болевого синдрома в послеоперационном периоде

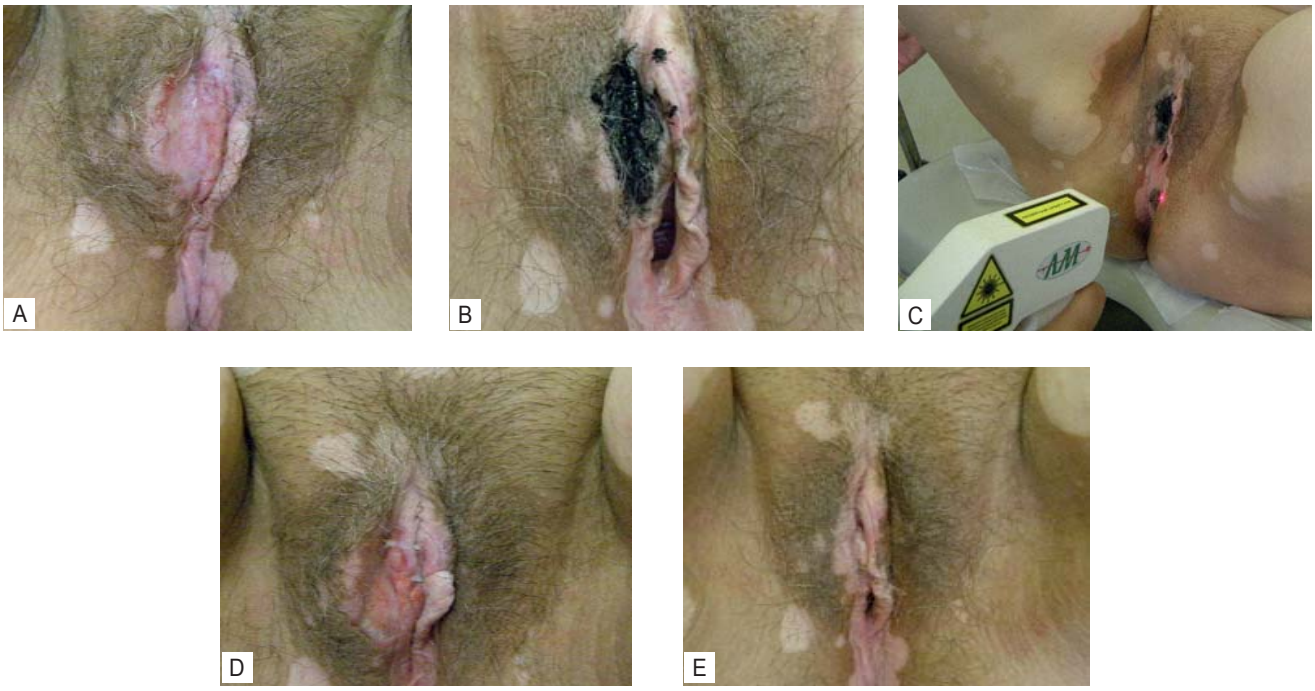


Рис. 1. Динамика лечения пациентки с очаговой плоскоклеточной гиперплазией вульвы: **A** – вульва больной до лечения; **B** – предварительное нанесение водной суспензии активированного угля; **C** – процесс лазерной деструкции; **D** – поверхность вульвы через 4 недели после лечения; **E** – поверхность вульвы через 6 месяцев после лечения

Fig. 1. Dynamics of the treatment of vulva focal squamous cell hyperplasia: **A** – patient's vulva before treatment; **B** – preliminary application of the aqueous suspension of activated carbon; **C** – laser destruction; **D** – vulva surface 4 weeks after the treatment; **E** – vulva surface 6 months after the treatment

характеризовалась низким уровнем (в соответствии с визуальной аналоговой шкалой (ВАШ) – 2 балла), что не требовало дополнительного назначения анальгетических средств.

Со следующего дня начался процесс отторжения струпа. На 14-й день после манипуляции зарегистрирован факт первичной эпителизации и очищения поверхности вульвы. Через 4 недели после проведения ЛУВД кожный покров полностью восстановился (рис. 1D), но на нем присутствовали признаки незрелого эпителия.

На рис. 1E изображена поверхность вульвы через 6 месяцев после операции, отсутствуют признаки повреждения окружающих тканей и воздействие ЛУВД ограниченно областью патологических изменений, что визуально иллюстрируют фото.

При вульвоскопии и цитологическом исследовании подтверждено отсутствие признаков дистрофии. Отмечено также полное исчезновение первоначальных жалоб на зуд и чувство дискомфорта в области гениталий.

Зарегистрирована стойкая ремиссия очаговой плоскоклеточной гиперплазии вульвы, контрольные осмотры проводятся ежегодно. Время наблюдения за пациенткой – более 3 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, клиническое наблюдение продемонстрировало успешное применение лазерной ударно-волновой деструкции при лечении пациентки с ограниченными локусами плоскоклеточной гиперплазии вульвы, отсутствие побочных эффектов и осложнений. Кроме того, методика исключает термическое повреждение соседних участков биоткани, что позволяет использовать ее при сочетанных заболеваниях вульвы. Полученные результаты, несомненно, требуют продолжения исследований в этом направлении для выяснения возможных механизмов наблюдаемого эффекта и позволяют надеяться на возможность внедрения метода ЛУВД для лечения больных с дистрофическими заболеваниями вульвы в клиническую практику.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Работа выполнена при частичной поддержке Института общей физики РАН им. А.М. Прохорова, г. Москва

The work was partially supported by the Prokhorov Institute of General Physics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ЛИТЕРАТУРА

1. Манухин И.Б., Крапошина Т.П., Стамболиева А.В. Клинико-лабораторная оценка эффективности комплексного лечения склеротического лишая вульвы. *Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии*. 2008; 7 (5); 41–46.
2. Эдвард Дж., Уилкинсон И. *Заболевания вульвы. Клиническое руководство*. – М.: БИНОМ, 2009; 248 p.

3. Bizjak Ogrinc U., Senčar S., Luzar B., Lukanović A. Efficacy of Nonablative Laser Therapy for Lichen Sclerosus: A Randomized Controlled Trial. *J. Obstet Gynaecol Can*. 2019; 41 (12): 1717–25.
4. Соколова А.В., Аполихина И.А., Зайцев Н.В., Чернуха Л.В. Клинико-морфологические стадии склерозирующего лихена вульвы у женщин. *Гинекология.* 2020; 22(4); 22–27.
5. Halonen P, Jakobsson M, Heikinheimo O et al. Lichen sclerosus and risk of cancer // International Journal of Cancer. 2017; 140(9).
6. Pagano T., Conforti A., Buonfantino C., et al. Effect of rescue fractional microablative CO2 laser on symptoms and sexual dysfunction in women affected by vulvar lichen sclerosus resistant to long-term use of topic corticosteroid: a prospective longitudinal study. *Menopause*. 2020; 27 (4): 418–22.
7. Зароченцева Н.В., Джиджихия Л.К. Интраэпителиальная неоплазия вульвы: современный взгляд на проблему. *Российский вестник акушера-гинеколога*. 2020; 20(1): 44–53.
8. Белов С.В., Ежов В.В., Данилейко Ю.К. и соавт. Лазерная ударно-волновая деструкция как метод эффективного воздействия на патологические покровные биоткани. *Медицинская техника*. 2018; 1(307): 19–20.
9. Данилейко Ю.К. и соавт. Устройство для насыщения несвязанной водой активированного угля, используемого в лазерной ударно-волновой деструкции биотканей. *Патент РФ № 165 620 U*1 от 27.10.2016 г. Бюл. № 30.
10. Ежов В.В., Торчинов А.М., Белов С.В., Полухова Е.В. *и соавторы* Дистрофическое заболевание вульвы и место ударно-волновой деструкции в лечении плоскоклеточной гиперплазии. *Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии*. 2015; 14(6): 17–22.
11. Белов С.В., Данилейко Ю.К., Ежов В.В., Елканова Е.Е., Салюк В.А. Метод лазерного ударно-волнового воздействия на ткани слизистых оболочек и кожных покровов при лечении патологических процессов в гинекологии. *Медицинская техника*. 2016; 6(300): 14–17.
12. Вторенко В.И., Ежов В.В., Елканова Е.Е., Салюк В.А. Случай применения лазерной ударно-волновой деструкции в лечении гиперпластической дистрофии вульвы. *Лазерная медицина*. 2015; 19(2): 42–43.

REFERENCES

1. Manukhin I.B., Kraposhina T.P., Stambolieva A.B. Clinical and laboratory assessment of the effectiveness of complex treatment of vulvar lichen sclerosis. *Voprosi gynecologii, akusherstva i perinatologii*. 2008; 7 (5);.41–46. [In Russ.].
2. Edward J., Wilkinson I. *Diseases of the vulva*. Clinical guidelines. – M.: BINOM, 2009; 248p.
3. Bizjak Ogrinc U., Senčar S., Luzar B., Lukanović A. Efficacy of Nonablative Laser Therapy for Lichen Sclerosus: A Randomized Controlled Trial. *J. Obstet Gynaecol Can*. 2019; 41 (12): 1717–25.
4. Sokolova A.V., Apolikhina I.A., Zaitsev N.V., Chernukha L.V. Clinical and morphological stages of lichen sclerosus of the vulva in women. *Ginekologia*. 2020; 22(4); 22–27. [In Russ.].
5. Halonen P., Jakobsson M., Heikinheimo O. et al. Lichen sclerosus and risk of cancer. // *International Journal of Cancer*. 2017; 140(9).
6. Pagano T., Conforti A., Buonfantino C., et al. Effect of rescue fractional microablative CO2 laser on symptoms and sexual dysfunction in women affected by vulvar lichen sclerosus resistant to long-term use of topical corticosteroid: a prospective longitudinal study. *Menopause*. 2020; 27 (4): 418–22.
7. Zarochentseva N.V., Dzhidzhikhiya L.K. Vulvar intraepithelial neoplasia: a modern view of the problem . *Rosiyskiy vestnik akushera-ginwkologa.* 2020; 20(1): 44–53. [In Russ.].
8. Belov S.V., Ezhov V.V. Danileiko Yu.K. et al. Laser shock wave destruction as a method of effective influence on pathological integumentary biological tissues. *Meditzinskaya tekhnika*. 2018; 1(307): 19–20. [In Russ.].
9. Danileiko Yu.K. et al. A device for saturating activated carbon with unbound water, used in laser shock wave destruction of biological tissues. *RF Patent No. 165 620 U1* dated October 27, 2016. Bull. No. 30. [In Russ.].
10. Ezhov V.V., Torchinov A.M., Belov S.V., Polukhova E.V. et al. Dystrophic disease of the vulva and the place of shock wave destruction in the treatment of squamous cell hyperplasia. *Voprosi gynecologii, akusherstva i perinatologii*. 2015; 14(6): 17–22. [In Russ.].
11. Belov S.V., Danileiko Yu.K., Ezhov V.V., Elkanova E.E., Salyuk V.A. The method of laser shock wave exposure to the tissues of the mucous membranes and skin in the treatment of pathological processes in gynecology. *Meditzinskaya tekhnika*. 2016; 6(300): 14–17. [In Russ.].
12. Vtorenko V.I., Ezhov V.V., Elkanova E.E., Salyuk V.A. A case of using laser shock wave destruction in the treatment of vulvar hyperplastic dystrophy. *Lasernaya medicina*. 2015; 19(2): 42–43. [In Russ.].

Сведения об авторах

Полухова Елена Владимировна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии стоматологического факультета, врач акушер-гинеколог ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России; e-mail: e_pol@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1039-2346

Умаханова Мадина Мусаевна – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой акушерства и гинекологии стоматологического факультета ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России; e-mail: madinasol@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5204-4780

Ежов Виктор Владимирович – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры акушерства и гинекологии стоматологического факультета, врач акушер-гинеколог ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России; e-mail: victor.yezhov52@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5850-9553

Салюк Виктор Афанасьевич – доктор технических наук, старший научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»; e-mail: sva1945@rambler.ru

Information about the authors

Polukhova Elena – Cand. Sci. (Med.), obstetrician-gynecologist, associate professor at the department of obstetrics and gynecology, Russian University of Medicine of the Ministry of Health of the Russian Federation; e-mail: e_pol@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1039-2346

Umakhanova Madina – Dr. Sci. (Med.), obstetrician-gynecologist, professor, head of the department of obstetrics and gynecology, Russian University of Medicine of the Ministry of Health of the Russian Federation; e-mail: madinasol@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5204-4780

Yezhov Victor – Cand. Sci. (Med.), obstetrician-gynecologist, assistant of the department of obstetrics and gynecology, Russian University of Medicine of the Ministry of Health of the Russian Federation; e-mail: victor.yezhov52@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5850-9553

Salyuk Victor – Dr. Sci. (Tech.), senior researcher at Prokhorov Institute of General Physics of the Russian Academy of Sciences; e-mail: sva1945@rambler.ru

ДЛЯ ЗАМЕТОК