

<https://doi.org/10.25208/0042-4609-2018-94-5-50-58>

Лечение ринофимы с помощью лазера на парах меди

Ключарева С. В.^{1*}, Пономарев И. В.², Топчий С. Б.², Пушкарева А. Е.³

¹ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова 195067, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Пискаревский просп., д. 47

² Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук 119991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинский просп., д. 53

³ Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики (Университет ИТМО)

197101, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Кронверкский просп., д. 49

Введение. Ринофима связана с пролиферацией эпителия кожи носа наряду с телеангиэктазией и гиперпродукцией сальных желез.

Лечение ринофимы остается сложной задачей. Одной из проблем, связанных с ринофимой, является утолщенная и бугристая кожа, пронизанная телеангиэктазиями. Поэтому для лечения ринофимы актуальным является использование лазерного излучения, позволяющего осуществить селективный нагрев кровеносных сосудов. Нами впервые описано лечение ринофимы лазером на парах меди (ЛПМ) с помощью компьютеризированного сканера.

Описание. 63-летний мужчина с II типом кожи по Фитцпатрику с типичными клиническими проявлениями ринофимы: фиматозный или гипертрофический тип, который проявлялся значительным утолщением ткани и неравномерной бугристостью поверхности кожи. Для лечения пациента применялся ЛПМ (модель Яхрома-мед, Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН). Лечение проводилось излучением с длиной волны 578 нм, длительностью экспозиции 0,2 с, энергетическая экспозиция (флюенс) 15–30 Дж/см². Параметры обработки, используемые для ЛПМ в режиме сканера, составляли: средняя мощность 0,6–1,2 Вт, размер фокусировки светового пятна на коже 0,6 мм. Использовался гексагональный шаблон сканирующей насадки с максимальным размером 12 мм и расстоянием 1 мм между центрами лазерных пятен. Лечение привело к восстановлению естественной формы носа без красноты. Рецидива заболевания отмечено не было.

Вывод: излучение ЛПМ обеспечило селективную фотодеструкцию сосудов увеличенного диаметра и за счет ремоделирования сосудистого русла показало отличные результаты лечения ринофимы без побочных эффектов.

Ключевые слова: **ринофима, розацеа, лечение лазером, компьютеризированный сканер, лазер на парах меди**

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Для цитирования: Ключарева С. В., Пономарев И. В., Топчий С. Б., Пушкарева А. Е. Лечение ринофимы с помощью лазера на парах меди. Вестник дерматологии и венерологии. 2018;94(5):50–58. <https://doi.org/10.25208/0042-4609-2018-94-5-50-58>

Treatment of rhinophyma using a copper vapor laser

Svetlana V. Klyuchareva^{1,†}, Igor V. Ponomarev², Sergei B. Topchiy², Alexandra E. Pushkareva³

¹ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov
Piskarevsky prospect, 47, Saint Petersburg, 195067, Russian Federation

² Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences
Leninsky prospekt, 53, Moscow, 119991, Russian Federation

³ Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (ITMO University)
Kronverksky prospect, 49, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

Background. Rhinophyma is considered to be the most severe stage of rosacea, associated with the proliferation of the nose skin epithelium, hyperproduction of the sebaceous glands and telangiectasia. The treatment of rhinophyma remains a difficult task. One of the problems associated with rhinophyma is thickened and lumpy skin, penetrated with telangiectasias. The use of laser radiation in the treatment of rhinophyma seems to be promising, since this method allows blood vessels to be selectively heated. For the first time, we describe the treatment of rhinophyma using a copper vapour laser (CVL) equipped with a computerized scanner.

Patient description. A 63-year-old male with Fitzpatrick skin type II was treated using an CVL ('Yakhroma-med' model, RAS P. N. Lebedev Physical Institute). The clinical manifestations of the disease were typical of the phymatous or hypertrophic rhinophyma type, including significant thickening of the tissues and an uneven roughness of the skin surface. The treatment was carried out using a radiation wavelength of 578 nm, exposure duration of 0.2 s and energy exposure (fluence) of 15–30 J/cm². Operational parameters used for the CVL in the scanner mode were the average power of 0.6–1.2 W and the focusing size of the light spot on the skin of 0.6 mm. The hexagonal mode of the scanning head was used with a maximum size of 12 mm and 1 mm distance between the centres of the laser spots. The treatment resulted in the restoration of the natural nose shape without redness. No side effects were noted.

Conclusion: CVL radiation provided a selective photodisruption of the vessels with increased diameter. Due to the remodelling of the vasculature, the described method showed excellent results in the treatment of rhinophyma without side effects.

Keywords: **rhinophyma, rosacea, laser treatment, computerized scanner, copper vapour laser**

Conflict of interest: the authors state that there is no potential conflict of interest requiring disclosure in this article.

For citation: Klyuchareva S. V., Ponomarev I. V., Topchiy S. B., Pushkareva A. E. Treatment of rhinophyma using a copper vapor laser. *Vestnik Dermatologii i Venerologii*. 2018;94(5):50–58. <https://doi.org/10.25208/0042-4609-2018-94-5-50-58>

Введение

Ринофима представляет собой хронический дерматоз с преимущественно выраженной деформацией дистальных участков носа. Впервые ринофима была описана как третья, заключительная стадия развития розацеа австрийским дерматологом Ferdinand Ritter von Hebra в 1856 году. Согласно международной классификации ринофима относится к третьему подтипу розацеа [1]. Патогномичное для ринофимы бесформенное увеличение дистальных участков носа у таких больных неизбежно связано с выраженным косметическим дефектом, кроме того, оно может приводить и к нарушению внешнего дыхания [2]. По клинической картине и данным гистологических исследований выделено 4 формы ринофимы [3].

1. Железистая (гландулярная) форма характеризуется обильным салоотделением на поверхности бесформенных образований на коже спинки и крыльев носа.

2. Фиброзная форма ринофимы, для которой характерно наличие гладкой поверхности и уплотнение кожи в деформированной области поверхности носа.

3. Фиброзно-ангиоматозная форма, при которой расширенные венозные сосуды на гладкой поверхности носа окружены поверхностными и глубокими пустулами, поверхность кожи покрыта корками с кровью и гноем.

4. Актиническая форма ринофима характеризуется равномерным умеренным увеличением носа с выступающими узловатыми скоплениями эластичной ткани.

Для оценки степени тяжести ринофимы предложена шкала, согласно которой отсутствие проявлений ринофимы расценивается как 0 баллов, незначительное утолщение кожи носа — 1 балл, умеренное утолщение — 2 балла, выраженное увеличение толщины носа с небольшими узловатыми дольками — 3 балла, наличие узлов с фиссурами — 4 балла. При градациях от 1 до 4 оценка увеличивается на один балл при выраженной асимметрии, наличии большого числа кист и видимых расширенных сосудов, т.е. максимальная оценка может составлять 5 баллов. При наличии гигантской ринофимы ставится оценка 6 баллов [4]. Изменение степени выраженности ринофимы по этой шкале до и после лечения может быть использовано для характеристики результатов лечения у отдельного больного, а также для описания саногенетического потенциала использованного метода лечения у группы пациентов с разными по степени выраженности вариантами ринофимы.

Ринофима относится к хроническим заболеваниям, развивается в течение длительного времени. Вначале патологический процесс идет довольно медленно, но по прошествии определенного времени он резко прогрессирует. Разрастание тканей сопряжено с воспалительным процессом, проходящим в вялотекущей форме. Ткани не только увеличиваются в размерах, отмечается также увеличение их структурных единиц (количество сальных желез, разветвленность кровеносных сосудов и сосудов). При заболевании вблизи фолликулов волос и сосудов наблюдается концентрация лимфоцитов, фибробластов, лейкоцитов, гистиоцитов и других клеток [5–8].

При фиброзно-ангиоматозной форме нос в результате гипертрофии всех элементов кожи равномерно увеличивается в размерах, но не теряет своей конфигурации. Поскольку гипертрофированная кожа носа богата сосудами, она приобретает ярко-красную окраску. На носу образуются шишковидные новообразования,

и по мере развития они сливаются в огромные узлы, что сильно обезображивает и деформирует нос. Узлы при этом мягкие, синюшного цвета. Устья сальных желез сильно расширены, из них при легком надавливании выделяется содержимое, имеющее зловонный запах. Узлы обычно не изъязвлены, иногда присоединяется гнойная инфекция. Пациенты жалуются на болезненность и зуд. Довольно часто из-за воспалительных процессов в околоносовых участках кожи ринофиме сопутствует блефарит и конъюнктивит. Фиброзной форме соответствует синюшно-фиолетовый цвет кожи носа, большое количество телеангиэктазий, гиперплазированные сальные железы, что в итоге меняет форму носа, а кожа приобретает бугристый вид.

При актинической форме нос увеличивается равномерно, постепенно становится буровато-синюшным, а телеангиэктазии локализуются в основном на крыльях носа. Поры на коже расширены, а пустулы отсутствуют.

Ринофима обычно поражает мужчин среднего пожилого возраста. Наиболее типичными признаками являются покраснение кожи носа, обусловленное выраженными телеангиэктатическими сосудами и увеличенными порами. Область ринофимы обычно ограничена нижней третью носа. Основная жалоба у пациентов с ринофимой — это обезображивание лица.

Предположительно, в развитии ринофимы существенную роль играет лимфедема. У пациентов, страдающих ринофимой, наблюдается фиброзный дерматит, во многом сходный с элифантиазом, иногда отмечается хроническая лимфедема кожи лица.

Терапевтическая тактика в большой степени зависит от клинического типа заболевания. При начальных проявлениях фиматозного подтипа розацеа наиболее эффективна монотерапия изотретиноином.

Методы лечения ринофимы включают: операционное иссечение [9, 10], дермабразию, электрокоагуляцию, криодеструкцию и лазерные методы [11–13]. Многие врачи рекомендовали ранее хирургическое иссечение в качестве основного метода для лечения ринофимы. Но хирургия не всегда применима из-за аллергии на препараты, используемые для анестезии, сердечной недостаточности, нарушения гемостаза. В настоящее время лазерное лечение ринофимы рассматривается в качестве метода выбора [12–14].

Лазер на парах меди (ЛПМ) с длиной волны 578 нм имеет оптимальные параметры для лечения таких сосудистых новообразований, как винные пятна, гемангиомы и телеангиэктазии [15, 16]. Поэтому использование лазерного излучения ЛПМ, позволяющего осуществить селективный нагрев кровеносных сосудов, для лечения ринофимы представляется актуальным.

Мы впервые описываем лечение ринофимы ЛПМ со сканирующей насадкой с отличными косметическими результатами. После процедуры пациент наблюдался в клинике в течение 3 лет. Рецидива заболевания не отмечалось.

Описание случая

В январе 2014 г. к нам поступил пациент К., 63 лет, с характерными изменениями кожи носа (рис. 1), который впервые отметил покраснение кожи на носу и появление воспалительных элементов 14 лет назад.

В анамнезе: назначалось медикаментозное лечение — многократно в таблетках Трихопол (по 6 мес),



Рис. 1. Пациент с ринофимой до лечения
Fig. 1. Patient with rhinophyma before treatment



Рис. 2. Пациент с ринофимой после лечения
Fig. 2. Patient with rhinophyma after treatment

сосудистые препараты. Изотретиноин (6 месяцев) — три курса с интервалом 8 месяцев, наружно различные мази с метронидазолом, гель 0,75 %, крем 1 %, крем с азелаиновой кислотой, ретиноидная мазь. Положительного эффекта пациент не отмечал. В течение последних 5 лет объем новообразования в области носа увеличился в 2 раза, цвет кожи стал синюшным, сформировались стойкие кисты, которые постоянно воспалялись. Наблюдалось избыточное салоотделение. Пациенту была назначена наружная терапия: азелаиновая кислота, крем 15 %. Через 12 недель была отмечена положительная динамика: кисты уменьшились, салоотделение прекратилось. Наружная терапия была продолжена, но гипертрофия тканей не изменилась. Пациент ощущал серьезную психологическую зависимость от состояния кожи носа, не мог выйти из дома без маски.

Диагноз: фиматозная форма розацеа, ринофима.

Пациенту назначено лазерное селективное лечение ринофимы.

Для этого было проведено лечение с помощью ЛПМ (аппарат «Яхрома-мед», Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН) на длине волны 578 нм. Длительность лазерного импульса 15 нс, время экспозиции 0,2 с, максимальная мощность 0,6–1,2 Вт. Процедура проводилась без анестезии. При сканировании использовался гексагональный шаблон с максимальным размером сканирования 12 × 12 мм и расстоянием 1 мм между центрами лазерных пятен. Такое воздействие позволяет окружить микроразрывы необработанной ткани патологические очаги, что обеспечивает более быстрое заживление, как наблюдалось в [13, 17].

Благодаря сканирующей насадке поверхность кожи носа равномерно обрабатывалась лазерными импульсами до изменения цвета кожи (выраженного побеления). Сканирующая насадка позволила сократить время процедуры и повысить равномерность обработки кожи за счет более точного позиционирования областей воздействия. В результате во время процедуры было получено равномерное осветление поверхности носа.

Прикладывание пакета льда на 10 минут после обработки значительно уменьшало послеоперационный отек. Умеренная эритема появилась в течение 15 мин

после процедуры и исчезла через 2–3 часа после окончания лечения. Формирование корочек началось на следующий день, полностью завершалось на второй день. Корочки сохранялись в течение 5 дней. Пациенту было предписано не травмировать корочки до того, как они полностью отпадут.

В качестве послеоперационного ухода три раза в день применялись эпителизирующие гели до тех пор, пока не отошли все корочки. Пациент был проинформирован о необходимости защищать кожу от солнца и использовать солнцезащитный крем широкого спектра (фактор не менее 30) в течение 8 недель после лазерной процедуры.

После отпадения корочек структура кожи резко изменилась: тканевая инфильтрация значительно уменьшилась, кист не отмечено.



Рис. 3. Выбор шаблона сканирования осуществляется на встроенном экране на корпусе сканера
Fig. 3. Selection of a scanning pattern is performed on the built-in screen on the scanner body

Результаты

После лазерной процедуры отмечено заметное уменьшение выраженности гиперплазии салльных желез на поверхности носа, оценка выраженности ринофимы снизилась с 4 до 1.

После процедуры пациент наблюдался в клинике в течение 3 лет. Рецидива заболевания не отмечалось.

Мы считаем, что данный результат был достигнут за счет селективной коагуляции расширенных сосудов. Вследствие этого уменьшился объем соединительной ткани, улучшился лимфодренаж и уменьшилась отечность тканей носа.

Пациент оценил результат лечения как отличный, качество жизни кардинально улучшилось. От последующего лечения больной отказался. Окраска кожи носа осветлилась, кисты больше не формировались, салотделение уменьшилось (рис. 3).

Обсуждение

До настоящего времени для лечения ринофимы использовались различные хирургические и лазерные методики. В таблице 1 приведены сведения о побочных эффектах и количестве процедур применения различных лазеров при лечении ринофимы. Использование CO₂- и Er:YAG-лазеров [11, 12, 18, 19] сопровождалось побочными эффектами, которые были связаны с повреждением кожи и с неселективным механизмом воздействия применявшихся лазеров, что приводило к образованию шрамов и рубцов [18, 19]. После абляции CO₂-лазерами сразу формировалась эрозивная поверхность, которая длительно эпителизировалась, и затем сохранялась стойкая эритема.

Абляционные фракционные CO₂-лазеры продемонстрировали почти такую же эффективность, как и более ранние модели CO₂-лазеров со сканирующей насадкой, но их применение обеспечило более короткое время заживления и позволило снизить риск побочных эффектов [13, 19].

При гистологическом исследовании ринофимы наблюдается гиперплазия салльных желез, фиброз и наличие диспластических сосудов диаметром более 30 мкм [22]. Для селективной коагуляции кровеносных капилляров и коагуляции гипертрофической соединительной ткани ринофимы Halsbergen Henning, van Gemert [20] использовали аргоновый лазер при флюенсах от 16 до 40 Дж/см² и длительности импульса 0,5 с и получили хорошие косметические результаты, но эти

лазеры в настоящее время не нашли широкого применения.

Согласно принципу селективного фототермолиза [23], импульсные лазеры, излучающие желтый свет, обеспечивают большую, по сравнению с аргоновым лазером, селективность нагрева сосудов увеличенного диаметра [15–17], что дает возможность снизить вероятность повреждения окружающих тканей. Излучение ЛПМ на желтой длине волны 578 нм, которая соответствует полосе высокого поглощения оксигемоглобина, уже долгое время успешно используется для селективного нагрева и коагуляции диспластических сосудов при лечении сосудистых мальформаций [23–27], показывая при этом высокую степень селективности и безопасности. Таким образом, можно предположить, что применение ЛПМ для лечения ринофимы должно приводить к снижению кровоснабжения гипертрофированной ткани и за счет этого к уменьшению ее объема.

Сравнение эффективности селективного нагрева диспластических сосудов излучением различных лазеров

Так как ринофима представляет самый тяжелый подтип розацеа, необходимо сравнить эффективность различных лазерных систем для селективного нагрева сосудов увеличенного диаметра, характерных при розацеа и ринофиме.

В клиническом исследовании [28] розацеа лечили Nd:YAG-лазером (с длительностью импульса 10–15 мс) при значениях энергетических экспозиций (флюенсах) от 160 до 210 Дж/см². Авторы [29] также использовали для лечения розацеа Nd:YAG-лазер при флюенсах от 100 до 160 Дж/см² и длительностях импульса 15–20 мс.

Чтобы сравнить эффективность нагрева кровеносного сосуда ЛПМ и Nd:YAG лазерами, мы провели моделирование процедуры нагрева сосуда излучением с помощью пакета математического моделирования MATLAB и приложения Femlab для решения дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов. Численная модель, используемая в расчете, фундаментальные уравнения, описывающие распространение лазерного излучения и изменение температуры в среде, а также граничные условия описаны в [16, 26, 27].

Расчет значений флюенсов, при котором обеспечивается селективность воздействия, проводился из усло-

Таблица 1. Сведения о побочных эффектах и количестве процедур применения различных лазеров при лечении ринофимы
Table 1. Information about side effects and the number of various laser treatments in the treatment of rhinophyma

Тип лазера	Параметры воздействия	Сроки реабилитации	Кол-во сеансов	Побочные эффекты	Ссылка
CO ₂ со сканером	30 Вт	2 недели	1	Болезненность.	[11]
CO ₂ со сканером	20–40 Вт	6 дней эпителизация и 3–4 недели реабилитация	1	Болезненность. Рубцы и гипопигментация	[14]
Er:YAG	1,2 Дж	1–2 недели, отек до 1 мес	1	Болезненность. Рубцы	[12]
Фракционный CO ₂ (Fraxel re:Pair).	70 мДж, 70 % плотность заполнения 16–18 проходов	4–7 дней	1–6	Необходимость многократных процедур	[13]
Аргоновый лазер	1–2,5 Вт, 0,5 с флюенс 16–40 Дж/см ²	10 дней	1–3 процедуры, интервал 2 мес	Рубцы. Необходимость многократных процедур	[20]
Диодный лазер	8 Вт	4 мес	1 процедура	Болезненность, длительный период реабилитации	[21]

вия нагрева сосуда до температуры выше 75 градусов и окружающей сосуд ткани не превышающей 75 градусов. Расчетные диапазоны флюенсов оказались в хорошем соответствии с экспериментальными, приведенными в клинических статьях [28, 29]. На рисунке 4 приведены расчетные зависимости максимальной глубины расположения сосуда H_{\max} , на которой сосуд может быть селективно нагрет до температур 75 °C и выше, от диаметра сосуда.

В случае воздействия на сосуд излучения ЛПМ с длиной волны 578 нм, которое хорошо поглощается гемоглобином, сосуды диаметром до 100 мкм греются достаточно равномерно по сечению, и чем их диаметр больше, тем на большей глубине их можно селективно нагреть. Из-за высокого поглощения света гемоглобином на длине волны 578 нм сосуды с диаметром более 100 мкм нагреваются ЛПМ уже неравномерно по сече-

нию, что приводит в этом случае к уменьшению эффективной глубины воздействия.

Сосуды диаметром до 50 мкм, которые характерны для ринофимы, Nd:YAG-лазер селективно нагреть не может.

По результатам моделирования можно видеть, что для нагрева сосуда диаметром свыше 50 мкм до температуры коагуляции излучением Nd:YAG-лазера потребовалась энергетическая экспозиция в 7–10 раз больше, чем в случае ЛПМ. Избыточная энергия Nd:YAG-лазера идет на разогрев ткани на значительную глубину, в то время как энерговклад излучения ЛПМ более локализован.

На рисунке 5 показано расчетное распределение максимальной температуры ткани, окружающей сосуд, при нагреве излучением ЛПМ и Nd:YAG лазеров.

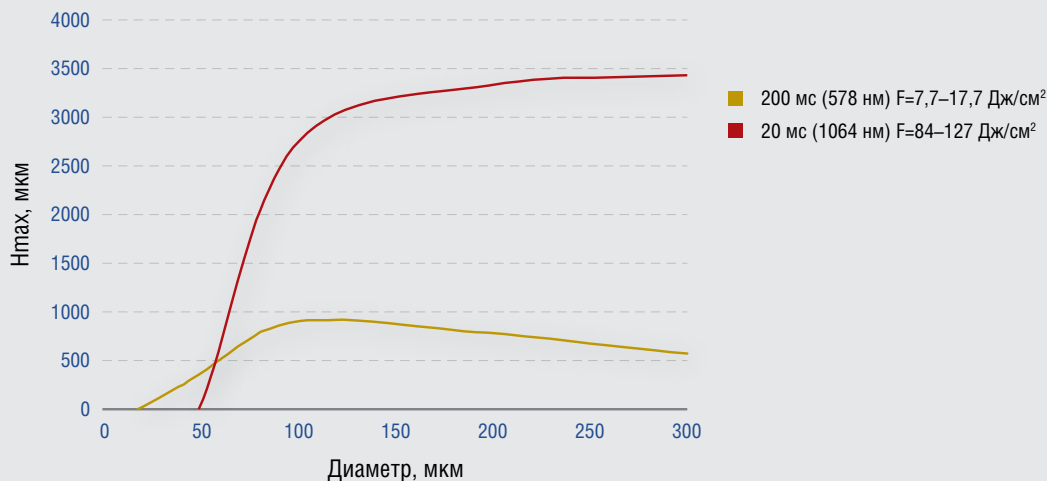


Рис. 4. Рассчитанная максимальная глубина H_{\max} , при которой сосуды разного диаметра могут селективно нагреваться излучением ЛПМ и Nd:YAG-лазеров до температур выше 75 °C без перегрева окружающей сосуд ткани
Fig. 4. Calculated maximum depth H_{\max} , under which vessels of different diameter can selectively be heated by the radiation of CVL and Nd: YAG lasers up to temperatures above 75 °C without the overheating of the surrounding vessel tissue

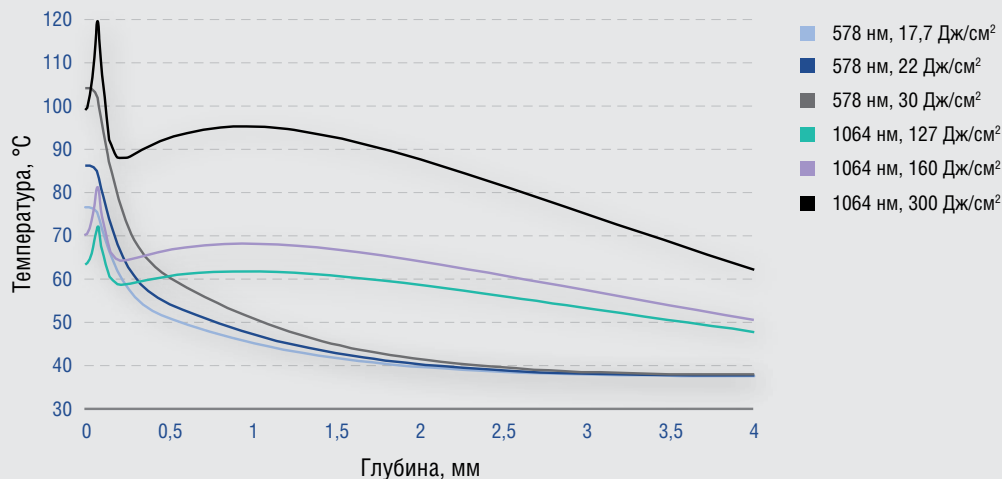


Рис. 5. Расчетное распределение температуры окружающей сосуд ткани для различных значений энергетической экспозиции: для ЛПМ ($F = 17,7, 22, 30$ Дж/см²) и Nd:YAG-лазера ($F = 127, 160, 300$ Дж/см²)
Fig. 5. The estimated distribution of the surrounding vessel tissue temperature for different values of energy exposure: for the CVL ($F = 17.7, 22, 30$ J/cm²) and for the Nd: YAG laser ($F = 127, 160, 300$ J/cm²)

Таким образом, согласно расчету, при значениях флюенсов Nd:YAG-лазера, используемых для лечения розацеа, нагрев ткани, окружающей сосуд, происходит до температур выше 60 °C и распространяется на 3–5 мм в глубину (рис. 4). Этот нагрев ткани снижает селективность воздействия на сосуды увеличенного диаметра и может создавать риск возникновения рубцов и осложнений в виде гипо- и гиперпигментации. Кроме того, излучение Nd:YAG-лазера представляет большую опасность для органов зрения при работе в области носогубного треугольника по сравнению с использованием ЛПМ. Расчет показал, что ЛПМ обеспечивает более высокую (по сравнению с Nd:YAG-лазером) селективность нагрева сосудов диаметром более 30 мкм, которые характерны для ринофимы. Поэтому излучение ЛПМ обеспечивает максимальную селективность нагрева диспластических сосудов при розацеа из-за меньших потерь на абсорбцию липидами и не вызывает разрушения ни сосочкового слоя, ни глубоких слоев дермы.

Выбор алгоритма сканирования лазерными импульсами поверхности патологического очага

Поскольку диаметр пятна светового пята на коже для ЛПМ составляет 0,6 мм, обработка кожи вручную методом «точка за точкой» занимает большое количество времени и не обеспечивает равномерности позиционирования световых пятен. Применение сканирующей насадки для обработки поверхности кожи позволяет обеспечить более равномерное лазерное облучение патологического очага и значительно ускоряет выполнение процедуры.

При использовании в ранних моделях CO₂-лазеров сканирующих устройств для лечения ринофимы [11, 14] лазерные импульсы позиционировались на кожу последовательно «друг за другом», что приводило к появлению полосок на коже по причине дополнительного подогрева от соседних областей обработки [30].

Использование алгоритма непоследовательного выбора точек при сканировании позволило в [30] избежать дополнительного подогрева от соседних областей обработки, а также сократить срок заживления за счет чередования областей лазерного воздействия с участками кожи, которые не подвергались лазерному облучению.

Мы использовали аналогичный алгоритм позиционирования световых пятен на поверхности кожи внутри шаблона, определяемого сканирующей насадкой. В этом случае лазерные импульсы позиционируются на кожу в границах выбранного шаблона на максимально возможном расстоянии друг от друга, что дает возможность избежать дополнительного подогрева от соседних областей обработки (рис. 6).

Чтобы оценить эффект накопления тепла при последовательном позиционировании излучения ЛПМ сканирующей насадкой (области фокусировки лазерного излучения перемещаются по поверхности кожи за 4 мс) и в ручном режиме (пауза определяется перемещением фокусирующей насадки рукой врача, и для расчета выбрана 1 с), мы провели моделирование процедуры нагрева сосуда и базального слоя излучением ЛПМ. Процедура моделирования описана в [16, 26, 27].

Для описания геометрии модели на рис. 7 показаны 13 сосудов диаметром 300 мкм, которые были расположены с шагом 0,5 мм между центрами сосудов на глубине 300 мкм. Расстояние между световыми пятнами — 1 мм, диаметр светового пятна на коже — 600 мкм.

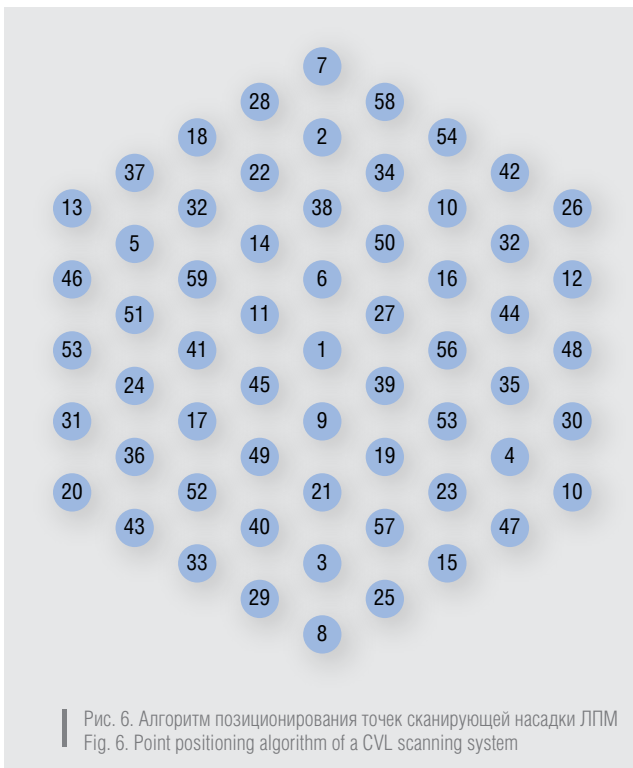
При моделировании рассчитывался эффект накопления тепла от 6 лазерных импульсов ЛПМ (см. рис. 7). Контролировался нагрев различных точек сосуда и температура базального слоя. Области фокусировки лазерного излучения позиционировались слева направо.

На рисунке 7 приведено расчетное распределение температуры в ткани после шестого импульса с паузой 1 с и 4 мс. Можно видеть эффект накопления тепла на примере температуры базального слоя и температуры окружающей сосуда ткани при сканировании «точка за точкой» через 4 мс и через 1 с. При паузе 4 мс наблюдается подъем температуры базального слоя выше 65 °C и температуры ткани, окружающей сосуда, до уровня 60–65 °C, что может создавать эффект полосок при сканировании «точка за точкой» и приводить к неселективному повреждению ткани.

Таким образом, использованный нами алгоритм позиционирования областей фокусировки лазерного излучения позволяет достичь более безопасной и равномерной обработки кожи по сравнению с методом «точка за точкой».

Выводы

Полученный результат лечения выраженной ринофимы свидетельствует о высокой эффективности селективного лазерного воздействия ЛПМ со сканирующей насадкой при данной патологии. Влияние лазеротерапии на восстановление формы носа обусловлено ремоделированием сосудистого русла сосочкового слоя дермы, нормализацией функционирования сальных желез и восстановлением структуры дермы в области патологического очага. Использование сканирующей насадки способствует повышению эффективности селективной лазерной терапии ринофимы и тем самым ускоряет срок восстановления формы носа без побочных эффектов лазерного воздействия.



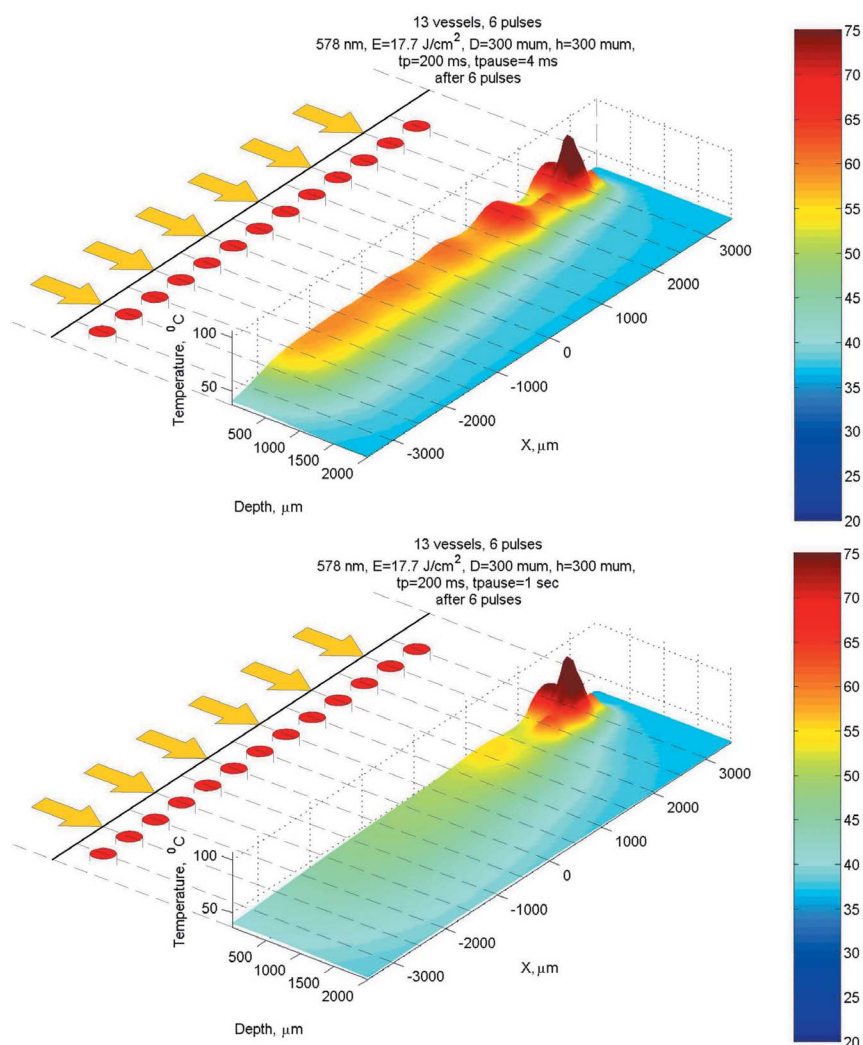


Рис. 7. Распределение температуры после шестого импульса ЛПМ ($F = 17.7 \text{ Дж/см}^2$). Время экспозиции 0,2 с. Пауза между импульсами 4 мс (верхний рисунок) и 1 с (нижний рисунок). Сосуды диаметром 300 мкм расположены на глубине 300 мкм и с шагом 0,5 мм
Fig. 7. Temperature distribution after the 6th CVL impulse ($F = 17.7 \text{ J/cm}^2$). The exposure time is 0.2 s. The interval between impulses is 4 ms (upper picture); the interval between impulses is 1 s (lower picture). Vessels with a diameter of 300 μm are located at a depth of 300 μm and with a step of 0.5 mm

Практические рекомендации

Лечение ринофимы следует проводить излучением с длиной волны 578 нм, длительностью экспозиции 0,2 с, величиной энергетической экспозиции 15–30 Дж/см². Параметры обработки, используемые для ЛПМ со сканирующей насадкой: средняя мощность в диапазоне от 0,6 до 1,2 Вт, диаметр светового пятна

на коже — 1,0 мм. Сканирующая насадка обеспечивает точную, равномерную и быструю обработку поверхности ринофимы.

Этические соображения

Письменное информированное согласие было получено от пациента до начала лечения. ■

Литература/References

1. Wilkin J., Dahl M., Detmar M., Drake L., Feinstein A., Odom R. et al. Standard classification of rosacea: Report of the National Rosacea Society Expert Committee on the Classification and Staging of Rosacea. *J Am Acad Dermatol.* 2002 Apr;46(4):584–587.
2. Rainer B. M., Kang S., Chien A. L. Rosacea: Epidemiology, pathogenesis, and treatment. *Dermato-endocrinology.* 2017;9(1):e1361574. DOI: 10.1080/19381980.2017.1361574
3. Jansen T., Plewig G. Clinical and histological variants of rhinophyma, including nonsurgical treatment modalities. *Facial Plast Surg.* 1998;14(4):241–253. DOI: 10.1055/s-2008-1064456
4. Wetzig T., Averbek M., Simon J. C., Kendler M. New rhinophyma severity index and mid-term results following shave excision of rhinophyma. *Dermatology.* 2013;227(1):31–36. DOI: 10.1159/000351556
5. Кубанова А. А., Махакова Ю. Б. Розацеа: диагностика и лечение. *Вестник дерматологии и венерологии.* 2015;4:27–35. [Kubanova A. A., Makhakova Yu. B. Rosacea: diagnosis and treatment. *Vestnik dermatologii i venerologii.* 2015;4:27–35. (In Russ.)]
6. Федеральные клинические рекомендации. Дерматовенерология 2015: Болезни кожи. Инфекции, передаваемые половым путем. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Деловой экспресс, 2016. 768 с. [Federal clinical recommendations.

Dermatovenereology 2015: Skin diseases: Sexually transmitted infections. 5th ed., revised and enlarged. Moscow: Delovoy Express, 2016. 768 p. (In Russ.)]

7. Самцов А. В. Акне и акнеформные дерматозы: Монография. М.: ЮТКОМ, 2009. 208 с.: ил. [Samtsov A. V. Acne and acneform dermatosis: Monograph. Moscow: JuTKOM, 2009. 208 p.: ill. (In Russ.)]

8. Панкина Е. С. Нарушения микроциркуляции кожи лица при розацеа и методы их коррекции: Автореф. ... канд. мед. наук. СПб., 2008. 20 с. [Pankina E. S. Disorders of the microcirculation of the face skin with rosacea and methods for their correction: Cand. Sci. (Med.) Thesis. Saint-Petersburg, 2008. 20 p. (In Russ.)]

9. Rosenberg W. A., Felsher I. M. Rhinophyma and acne rosacea treated with the electrosection current. Illinois Med J. 1950;97(5):281–282.

10. Neagu T. P., Al-Falah Kh., Tiglis M., Marcu Iu. G., Jecan C. R., Mirea L. E. et al. A Curious Case of Rhinophyma in a 73-Year-Old Patient. Modern Medicine. 2017;24(2):111–115.

11. Lim S. W., Lim S. W., Bekhor P. Rhinophyma: Carbon dioxide laser with computerized scanner is still an outstanding treatment. Australas J Dermatol. 2009 Nov;50(4):289–293. DOI: 10.1111/j.1440-0960.2009.00561.x

12. Orenstein A., Haik J., Tamir J., Winkler E., Frand J., Zilinsky I. et al. Treatment of rhinophyma with Er:YAG laser. Lasers Surg Med. 2001;29(3):230–235.

13. Serowka K. L., Saedi N., Dover J. S., Zachary C.B. Fractionated ablative carbon dioxide laser for the treatment of rhinophyma. Lasers Surg Med. 2014 Jan;46(1):8–12. DOI: 10.1002/lsm.22184

14. Madan V., Ferguson J. E., August P. J. Carbon dioxide laser treatment of rhinophyma: a review of 124 patients. Br J Dermatol. 2009;161(4):814–818. DOI: 10.1111/j.1365-2133.2009.09317.x

15. Ключарева С. В., Пономарев И. В., Андрусенко Ю. Н. Венозная эктазия красной каймы губ: терапия лазером на парах меди. Вестник дерматологии и венерологии. 2017;4:53–61. [Kluchareva S. V., Ponomarev I. V., Andrusenko Yu. N. Venous ectasia of the red lips border: therapy with a copper vapor laser. Vestnik dermatologii i venerologii. 2017;4:53–61. (In Russ.)] DOI: 10.25208/0042-4609-2017-0-4-40-44

16. Ключарева С. В., Пономарев И. В., Пушкарева А. Е. Лечение сосудистых мальформаций кожи с применением лазеров на парах меди и импульсного лазера на красителе. Вестник дерматологии и венерологии. 2018;94(1):67–77. [Kluchareva S. V., Ponomarev I. V., Pushkareva A. E. Treatment of skin vascular malformation using copper vapor lasers and impulsed dye laser. Vestnik dermatologii i venerologii. 2018;94(1):67–77. (In Russ.)] DOI: 10.25208/0042-4609-2018-94-1-67-77

17. Smithies D. J., Butler P. H., Pickering J. W., Walker E. P. A computer controlled scanner for the laser treatment of vascular lesions and hyperpigmentation. Clin Phys Physiol Meas. 1991 Aug;12(3):261–267.

18. Bernstein L. J., Kauvar A. N., Grossman M. C., Geronemus R. G. The short- and long-term side effects of carbon dioxide laser resurfacing. Dermatol Surg. 1997 Jul;23(7):519–525.

19. Campolmi P., Bonan P., Cannarozzo G., Bassi A., Bruscolo N., Arunachalam M. et al. Moretti Highlights of thirty-year experience of CO2 laser use at the Florence (Italy) department of dermatology. Scientific World Journal. 2012;546528. DOI: 10.1100/2012/546528. Epub 2012 Apr 19.

20. Henning H., van Gemert M. J. Rhinophyma treated by argon laser. Lasers Surg Med. 1983;2(3):211–215.

21. Баранская С. В., Казанчева Н. С. Опыт применения контактной лазерной техники в хирургическом лечении ринофимы. Российская оториноларингология 2013;1(62):29–31. [Baranskaya S. V., Kazancheva N. S. Experience of applying contact laser equipment in the surgical treatment of rhinophyma. Russian Otorhinolaryngology. 2013;1(62):29–31. (In Russ.)]

22. Schüürmann M., Wetzig T., Wickenhauser C., Ziepert M., Kreuz M., Ziemer M. Histopathology of rhinophyma — a clinical-histopathologic correlation. J Cutan Pathol. 2015;42:527–535.

23. Anderson R. R., Parrish J. A. Microvasculature can be selectively damaged using dye lasers: A basic theory and experimental evidence in human skin. Lasers Surg Med. 1981;1(3):263–276.

24. Moreira A., Leite I., Guedes R., Baptista A., Mota G. Surgical treatment of rhinophyma using carbon dioxide (CO2) laser and pulsed dye laser (PDL) J Cosmet Laser Ther. 2010 Apr;12(2):73–76. DOI: 10.3109/14764171003706208

25. Neumann R., Knobler R., Leonhartsberger H., Gebhart W. Comparative histochemistry of port-wine stains after copper vapor laser (578 nm) and argon laser treatment. Journal of Investigative Dermatology. 1992;99(2):160–167.

26. Pushkareva A., Ponomarev I., Isaev A., Klyuchareva S. 2018 Laser Phys. 28 025604.

27. Pushkareva A. E. et al. 2018. Laser Phys. 28 096003.

28. Kozarev J. Use of Long Pulse Nd:YAG 1064 nm Laser for Treatment of Rosacea Telangiectatica. Journal of the Laser and Health Academy. 2011;1:33–36.

29. Say E. M., Okan G., Gökdemir G. Treatment Outcomes of Long-Pulsed Nd:YAG Laser for Two Different Subtypes of Rosacea. J Clin Aesthet Dermatol. 2015 Sep;8(9):16–20.

30. Clementoni M. T., Gilardono P., Muti G. F., Schianchi D. B. R. Non-sequential fractional ultrapulsed CO2 resurfacing of photoaged facial skin: Preliminary clinical report Journal of Cosmetic and Laser Therapy. 2007;9:218–225.

Информация об авторах

Светлана Викторовна Ключарева* — д.м.н., профессор кафедры дерматовенерологии Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова; e-mail: genasveta@rambler.ru

Игорь Владимирович Пономарев — к.ф.-м.н., руководитель проекта, Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук; e-mail: iponom@okb.lpi.troitsk.ru

Сергей Борисович Топчий — к.ф.-м.н., научный сотрудник, Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук

Александра Евгеньевна Пушкарева — к.т.н., тьютор, кафедра лазерных технологий и систем Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий механики и оптики (Университет ИТМО); e-mail: alexandra.pushkareva@gmail.com

Information about the authors

Svetlana V. Klyuchareva* — Dr. Sci. (Med.), Prof., Department of Dermatovenereology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: genasveta@rambler.ru

Igor V. Ponomarev — Cand. Sci. (Phys.-Math.), Project manager, Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences; e-mail: iponom@okb.lpi.troitsk.ru

Sergei B. Topchiy — Cand. Sci. (Phys.-Math.), Senior Resercher, Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences

Alexandra E. Pushkareva — Cand. Sci. (Engineering), Tutor, Department of Laser Technologies and Systems, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (ITMO University); e-mail: alexandra.pushkareva@gmail.com