ОСНОВАН В 1993 ГОДУ

ISSN 2073-4034 (Print)
ISSN 2414-9128 (Online)

42
К ВОПРОСУ О ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ (COVID-19)

On the dermatological aspects of the novel coronavirus infection (COVID-19)

87
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПРОФИЛАКТИКИ И КОРРЕКЦИИ СИМПТОМОКОМПЛЕКСА ПОСТАКНЕ

Review of modern methods of prevention and correction of post-acne symptom complex

156
СУБКОРНЕАЛЬНЫЙ ПУСТУЛЕЗНЫЙ ДЕРМАТОЗ СНЕДДОНА-ВИЛЬКИНСОНА ИЛИ IgA-ПУЗЫРЧАТКА?

Sneddon-Wilkinson subcorneal pustulosis or IgA pemphigus?

ФАРМАТЕКА

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ПРАКТИКУЮЩИХ ВРАЧЕЙ

ДЕРМАТОВЕНЕРОЛОГИЯ / КОСМЕТОЛОГИЯ



08
2021
ТОМ 28

© Н.А. Шанина, А.В. Патрушев, И.Г. Курганская, К.С. Григорьев, 2021
DOI: https: //dx.doi.org/10.18565/pharmateca.2021.8.00-00

Применение современных Q-Switched-лазеров для коррекции сложных косметических дефектов кожи лица

Н.А. Шанина, А.В. Патрушев, И.Г. Курганская, К.С. Григорьев
Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Application of modern Q–Switched lasers for the correction of complex cosmetic facial skin defects

N.A. Shanina, A.V. Patrushev, I. G. Kurganskaya, K.S. Grigoriev
S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

В статье представлен всесторонний обзор литературы о возможностях лазерной терапии при лечении посттравматических рубцов и травматических татуировок. Раскрыты основные физические эффекты и механизмы, лежащие в основе терапевтического действия лазерного излучения. Обсуждены показания к применению, время начала терапии, методики и побочные эффекты абляционных и неабляционных лазерных систем, импульсных лазеров на красителях. Сделан акцент на современных Q-Switched-лазерах как на эффективном инструменте лечения сложных косметических дефектов лица. Представлено два клинических случая успешной терапии пациентов с послеоперационными рубцами и травматической татуировкой. Для коррекции рубцовой ткани использован аблятивный фракционный режим Q-Switched-лазера. Лечение травматической татуировки проводилось по комбинированной методике с формированием на первом этапе микроотверстий для сброса давления газа и выведения продуктов распада микрочастиц пигмента, на втором осуществлялась фотоакустическая процедура удаления татуировки Q-Switched Nd: YAG-лазером с применением гибридного наносекундного импульса большой мощности.
Ключевые слова: *рубцы, травматическая татуировка, Q-Switched-лазер, косметические дефекты, лазерные технологии*
Для цитирования: *Шанина Н.А., Патрушев А.В., Курганская И.Г., Григорьев К.С. Применение современных Q-Switched лазеров для коррекции сложных косметических дефектов кожи лица. Фарматека. 2021;28(8): . DOI: 10.18565/pharmateca.2021.8.00-00*

The article presents a comprehensive literature review on the possibilities of laser therapy in the treatment of post-traumatic scars and traumatic tattoos. The main physical effects and mechanisms underlying the therapeutic action of laser radiation are disclosed. Indications for use, time of therapy initiation, techniques and side effects of ablative and non-ablative laser systems, pulsed dye lasers are discussed. The emphasis is made on modern Q-Switched lasers as an effective tool for the treatment of complex cosmetic facial defects. Two clinical cases of successful treatment of patients with postoperative scars and traumatic tattoo are presented. For the correction of scar tissue, the ablative fractional mode of the Q-Switched laser was used. Traumatic tattoo treatment was carried out using a combined technique with the formation of micro-holes to relieve gas pressure and remove the decay products of pigment microparticles at the first stage; at the second stage, a photoacoustic procedure for tattoo removal with a Q-Switched Nd: YAG laser using a hybrid nanosecond high-power pulse was carried out.
Keywords: *scars, traumatic tattoo, Q-Switched laser, cosmetic defects, laser technologies*
For citations: *Shanina N.A., Patrushev A.V., Kurganskaya I.G., Grigoriev K.S. Application of modern Q-Switched lasers for the correction of complex cosmetic facial skin defects. Farmateka. 2021;28(8): . (In Russ.). DOI: 10.18565/pharmateca.2021.8.00-00*

Введение

К сложным косметическим дефектам кожи лица можно отнести посттравматические рубцы, включая послеоперационные и ожоговые, а также травматические татуировки. Вышеуказанные патологические изменения зачастую приводят к серьезным визуальным недостаткам, сопровождающимся тревогой, депрессией и социальной дезадаптацией [1, 2]. Пациенты с ожоговыми рубцами сообщают, что избегают общественных мест, чувствуют себя непривлекательными и сексуально нежелательными из-за своей проблемы, скрывают рубцы даже от людей, находящихся в близких с ними отношениях [3].

Серьезным осложнением при наличии рубцов в области лица будет развитие контрактур височно-нижнечелюстного сустава и эктропиона век [4]. До 87% пациентов с ожоговыми рубцами, особенно гипертрофическими, сообщают о наличии выраженного зуда, нарушающего сон и повседневную деятельность. Исследования показали, что это может быть опосредовано воспалительными факторами, а также повышением количества в ткани рубца субстанции Р, действующей на нервные окончания [5].

Механизмы образования травматической татуировки включают взрывы пороха и бытового газа, которые часто происходят при неправильном обращении с фейерверками или нарушении техники эксплуатации соответствующих устройств, дорожно-транспортные происшествия, минно-взрывные ранения в условиях войны и террористических актов. Частицы пороха и инородные тела в коже не опасны для жизни. Они, тем не менее, представляют собой неотложную ситуацию, пото-

му что только при своевременном и квалифицированном лечении последствия для пациента могут быть критически минимизированы. Важно помнить о необходимости удаления частиц грязи в остром периоде (на открытой ране). После заживления и полной эпителизации сделать это не представляется возможным. Дополнительная опасность травматической татуировки состоит в возможности образования гранулемы инородного тела, гипертрофических и келоидных рубцов [6].

Традиционные методы лечения рубцов включают силиконовый гель, компрессионную одежду, инъекции кортикостероидов, массаж и хирургические манипуляции, однако все они в большинстве случаев оказываются недостаточно эффективными [7–10]. Применявшиеся методы лечения травматической татуировки – дермабразия и хирургическое иссечение – не позволяют удалять нежелательную пигментацию без рубцов и выраженной дисхромии кожи [11, 12]. Современные лазерные технологии в варианте монотерапии или комбинации с другими методами демонстрируют высокий потенциал для лечения как рубцовых изменений, так и травматической татуировки.

В связи с этим мы проанализировали возможности применения и эффективность различных лазерных систем в плане коррекции рубцовых изменений и удаления травматических татуировок по данным зарубежной литературы. Поиск осуществляли в базах данных PubMed и Google Shcolar с использованием набора ключевых слов «laser and scars» и «laser and traumatic tattoo» за период с 2000 по 2021 г.

Применение лазерных технологий в лечении посттравматических рубцов

Многочисленные исследования показали уменьшение зуда, толщины рубца, эритемы, нейропатической боли и необходимости хирургического иссечения, а также улучшение пигментации рубца, податливости, текстуры, термочувствительности, контрактуры, функции и общего качества жизни благодаря лазерному лечению [13–15].

Рубцы с разной степенью зрелости могут улучшаться даже после первой процедуры применения лазера. Работа при этом может быть направлена на поверхностные слои (эпидермис, дермо-эпидермальное соединение) для сглаживания кожи или на глубокие с целью уменьшить натяжение и вызвать ремоделирование дермы с аномальным коллагеном. Часто врачи могут адаптировать терапию, воздействуя на эпидермис, дерму или комбинацию обоих слоев кожи в зависимости от характеристик рубца [16].

Классификация рубцов по дисхромии (эритема, гипер-/гипопигментация) и толщине рубца или атрофии служит способом упростить методы определения наиболее подходящих лазеров в зависимости от индивидуальных характеристик рубца [17]. Они подразделяются на абляционные и неабляционные (работающие полным лучом), фракционные (абляционные и неабляционные), а также сосудистые в зависимости от целевого механизма действия [18].

Абляционные и неабляционные лазеры

Абляционные лазеры приводят к повреждению (испарению) поверхностных слоев кожи с последующим ремоделированием коллагена. Импульсные CO_2-лазеры были первыми высокоэффективными абляционными лазерами, но при этом очень часто отмечалось развитие побочных эффектов в виде мокнутия, образования корок и дискомфорта от жжения. Долгосрочными осложнениями были изменения окраски кожи, рубцы и инфекции [19]. Появление эрбиевых лазеров, работающих на длине волны 2940 нм, частично решило проблему безопасности из-за минимальной зоны термического повреждения тканей, что привело к ускорению заживления ран, однако их эффективность оказалась ниже, чем у предшественников [20].

Неабляционные лазеры были разработаны для защиты эпидермиса и избирательного повреждения дермы. При этом электромагнитное излучение лазера должно иметь достаточно большую глубину оптического проникновения [21]. Применение данных установок привело к выигрышу в плане реабилитации по сравнению с абляционными лазерами, но и проигрышу в эффективности. И абляционные, и неабляционные лазеры в классическом варианте применения вызывают однородное тепловое повреждение на заданной глубине (работа полным лучом) [18].

Фракционные лазеры

Концепция фракционного фототермолиза впервые описана в 2004 г. как способ сбалансировать эффективность абляционных лазеров и безопасность неабляционных лазеров. Фракционные лазеры поддерживают селективность фототермолиза, избирательно воздействуя на определенные молекулы, поглощающие энергию заданной длиной волны, и создавая в коже микроскопические отверстия (колонки). Глубина микроскопических колонок колеблется от 0,2 до 4,0 мм. Плотность лазерных лучей определяет количество термальных колонок в пределах обрабатываемой площади, а все промежуточные области состоят из неповрежденной кожи [18]. Окружающая непораженная кожа становится источником жизнеспособности, способствуя неоколлагеногенезу и ремоделированию тканей. Это уменьшает толщину и улучшает податливость гипертрофических рубцов, обеспечивая расширение объема движений в задействованных суставах [14].

При гистологическом исследовании рубцы, обработанные фракционными лазерами, демонстрируют почти полное восстановление нормальной структуры эпидермиса (эпидермальных отростков) и дермы (коллагеновых волокон), а также уменьшение воспаления и ангиогенеза через 6 месяцев после лечения [22].

Существует две разновидности фракционных лазеров – неабляционные и абляционные. Неабляционные фракционные лазеры (НАФЛ) делают колонны коагулированной ткани, состоящей из денатурированного коллагена, оставляя нетронутым эпидермис. Температура ткани в зоне воздействия повышается до 50–70°C. С другой стороны, абляционные фракционные лазеры (АФЛ) создают столбы испаренной ткани с окружающим

струпом и коагулированной тканью. Температура кожи в зоне воздействия повышается выше 100°C. НАФЛ имеют длину волны от 1540 до 1550 нм и материал активной среды эрбиевое стекло (Er: Glass). АФЛ в качестве активной среды могут использовать углекислый газ (CO_2-лазер с длиной волны 10600 нм) или легированный эрбием иттрий-алюминиевый гранат (Er: YAG-лазер с длиной волны 2940 нм) [13].

НАФЛ показали хорошую эффективность при лечении рубцов с признаками дисхромии [23]. Хороший профиль безопасности позволяет использовать НАФЛ на всех участках тела с минимальным временем послеоперационного восстановления. Традиционно НАФЛ применяется в лечении гипертрофических рубцов от легкой до умеренной степени тяжести, в первую очередь затрагивающих эпидермис и сосочковую часть дермы. Тяжелые гипертрофические рубцы с вовлечением ретикулярной дермы и подкожно-жировой клетчатки часто требуют применения АФЛ [24].

АФЛ сочетают короткую длительность импульса с высокой энергией для повышения эффективности за счет использования тепла и образования микроколонок в коже. Высокие температуры вызывают большую, чем НАЛФ, степень ремоделирования дермы [25]. Белки теплового шока, металлопротеиназы и воспалительные цитокины участвуют в процессе быстрого заживления в течение 48 часов после абляции, чтобы заполнить испаренные столбики эпидермальными клетками и восстановить целостность кожи [26]. Образование нового коллагена приводит к уменьшению коллагена типа I и увеличению коллагена типа III [27]. Добавление коллагена III типа изменяет архитектуру дермы за счет увеличения гибкости, уменьшения толщины и улучшения молекулярной функции [27, 28]. Это приводит к значительному улучшению свойств рубцовой ткани [29–32].

Было показано, что АФЛ улучшают многочисленные характеристики ожоговых рубцов. В крупном исследовании Kawecki et al. [33], использовавшем Ванкуверскую шкалу рубцов [34] в качестве объективной меры, 31% пациентов имели разрешение эритемы с результирующим нормальным тоном кожи, 61% – преобразование гипертрофических рубцов в нормотрофические и 40% – полное размягчение рубцов после фракционной абляционной лазерной терапии.

Также применение АФЛ восстанавливает объем движений в суставах из-за устранения рубцовых контрактур [35] и даже может улучшать биодоступность лекарственных средств в ходе наружной терапии. Так Waibel et al. с положительным эффектом применили наружно суспензию триамцинолона непосредственно после абляционной лазерной обработки для улучшения доставки лекарственного средства в более глубокие слои кожи. Данный прием может усиливать противовоспалительное действие кортикостероидов при лечении гипертрофических рубцов [36].

Сосудистые лазеры

Для лечения рубцов в основном используются импульсные лазеры на красителях (PDL – pulsed dye laser), которые генерируют тепловую энергию с использованием длин волн около 595 нм. Такое излучение селективно действуют на микрососуды, вызывая их коагуляцию, что в конечном итоге приводит к уменьшению воспаления и отека. К дополнительным эффектам относятся уменьшение зуда, пигментации, гипертрофии и нейропатической боли в зоне образования рубца [37]. Избирательное разрушение кровеносных сосудов приводит к гипоксии тканей и катаболизму коллагена. Коллаген ремоделируется с уменьшением суммарного объема, что приводит к выравниванию кожи [38]. PDL проникает в кожу на меньшую глубину в сравнении с АФЛ. В связи с этим PDL используется в лечении незрелых тонких гипертрофических рубцов толщиной менее 1 см, сосудистой эритемы, участков с минимальным натяжением. Данные лазеры не изменяют структуру рубца и не приводят к ремоделированию коллагена, как АФЛ [17].

Оптимальное время для лазерной терапии

До недавнего времени считалось, что лазеры следует использовать только после достижения полного созревания рубца. Последние данные свидетельствуют: раннее начало применения НАФЛ или АФЛ уже через месяц после ожога или хирургической травмы может уменьшать симптомы, контрактуры, повышать подвижность рубца и улучшать процесс реабилитации [17, 39]. Тем не менее пока точно неясно, когда лучше всего начать лазерную терапию. Большинство стратегий зависит от характеристик созревания рубца. Количество процедур может варьироваться от 1 до 9 с интервалом от 4 недель до 3 месяцев [40]. В ряде исследований после хирургического лечения PDL, НАФЛ и АФЛ применялись в день снятия швов или спустя несколько недель с хорошими результатами и без развития побочных эффектов [41–43]. В связи с этим начало лазерной терапии как можно раньше после хирургического иссечения следует считать оправданным подходом [13].

Побочные эффекты лазерного лечения рубцов

Побочные эффекты лазерного лечения можно разделить на три группы: незначительные, умеренные и тяжелые [44]. Незначительные побочные эффекты варьируются от боли, эритемы и отека до инфекции, экхимозов и волдырей. Умеренные осложнения включают гипер- и гипопигментацию, в то время как серьезным побочным эффектом следует считать образование новых рубцов. Частота этих нежелательных явлений не зависит от возраста рубца на момент лечения или общей площади повреждений [45].

Применение Q-switched-лазеров

Лазерные системы, работающие по неабляционному принципу, могут использоваться в разных диапазонах длительности импульса. Q-switched – это режим, при котором длительность импульса измеряется в пико- или наносекундном диапазоне. В данном случае время взаимодействия лазерного луча и ткани обеспечивает механизм работы по типу фотоакустического удара, что приводит к дроблению ткани-мишени до мельчайших частиц (молекулярного уровня). Данный вид лазерного

Рис. 1. **Пациентка В. 50 лет, эктропион обеих нижних век**

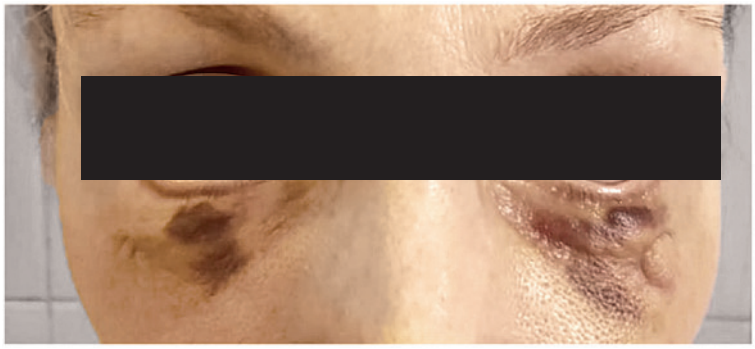


Рис. 2. **Пациентка В. после высокоинтенсивной лазерной коррекции обеих нижних век**



воздействия применяется при работе с татуировками и гиперпигментациями [39]. Поскольку некоторые рубцы имеют признаки дисхромии, работа в Q-switched-режиме позволяет убирать нежелательную пигментацию и существенно улучшать внешний вид дефекта.

Одной из последних технических новинок является использование неабляционного лазера, например Nd: YAG с длиной волны 1064 нм, в фракционном абляционном режиме за счет возможности генерации пакетного наносекундного импульса большой энергии (до 10 Дж). В данном случае отверстия в коже сопровождаются радиальными разрывами тканей. Данный эффект может приводить к дополнительному повреждению плотных коллагеновых волокон (образование микрорассечений). Применение вышеуказанного режима пока не исследовалось на предмет клинической эффективности, но несомненно представляет большой практический интерес.

В связи с этим представляем клинический случай успешного комплексного лечения послеоперационных рубцов в области лица.

Пациентка В. 50 лет обратилась в послеоперационном периоде (30 дней) с жалобами на образование эктропиона обеих нижних век вследствие формирования патологических послеоперационных рубцов.

Диагноз – «эктропион обеих нижних век. Экхимоз нижних век, распространяющийся на область щек. Рубцовая деформация кожи нижних век».

Локальный статус: процесс носит распространенный характер, наблюдается эктропион обеих нижних век, более выраженный справа, как следствие образования патологической рубцовой ткани. На коже нижнего левого века имеется округлый послеоперационный шрам диаметром 1 см. Отмечается экхимоз обеих нижних век, распространяющийся на область щек (*рис. 1*).

Протокол лечения: работа выполнялась с применением лазерной системы Fotona StarWalker MaQX. Процедура выполнялась в два этапа: один проход неодимовым Q-switch-лазером во фракционном режиме для работы с рубцовой тканью, позволивший сделать в коже микроотверстия (9*9/9 px/mm); второй этап: разрушение пигмента в Q-switch-режиме. Параметры лазерной системы, использованные для работы по заданной проблеме: 1064, MaQX – 1, FS20A, 1,0 Hz, 3,5 mJ/px; NdYAG 1064 Nm/KTP 532 Nm; MaQX-1, 0,7 дж/см, 0,5 Гц, количество проходов –1, выполнено две процедуры с интервалом в месяц.

Перед процедурой проводилась подготовка с применением крема Эмла и в процессе использовался аппарат Zimmer Cryo для охлаждения. Длительность реабилитационного периода продолжалась до полного восстановления, после процедуры отмечалась гиперемия, отечность держались в течении 5 дней (*рис. 2*).

Пациентка помимо высокоинтенсивной лазерной терапии получала следующие дополнительные препараты:

1. Дипроспан 1 мл в зону рубцовой ткани каждого века № 2 с интервалом 1 месяц;
2. Ультразвуковое введение ферменкола – 2 курса (№ 15) с интервалом 1 месяц;
3. Аутогемотерапия (Ахмеров) № 10;
4. Бепантен;
5. SPF-50.

Применение лазерных технологий для лечения травматической татуировки

Q-switched-лазеры (QS-лазеры) – наиболее подходящие системы для выведения очень мелких гранул краски и других чужеродных частиц. QS-лазеры (рубиновый, александритовый и Nd: YAG) излучают импульсы большой мощности с очень короткой длительностью (нано- или пикосекундный диапазон). Быстрое тепловое расширение вызывает фрагмента-

цию и как следствие – образование акустических волн, которые распространяются в окружающие ткани. Фотомеханический и фотоакустический эффекты способствуют лазерному механизму удаления татуировок. Частицы татуировки удаляются фагоцитарными клетками и выводятся через лимфатическую систему и трансэпидермальные отверстия (при использовании фракционного режима). QS Nd: YAG также подходит для лечения травматических татуировок у пациентов с более темной кожей [47, 48].

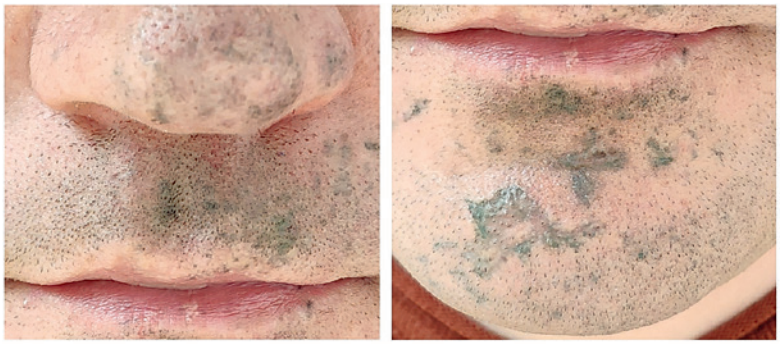
Оригинальное техническое решение по «объединению» характеристик пико- и наносекундного импульса предложила компания Fotona. Была разработана новая технология формирования импульса ASP (Adaptive Structured Pulse) с лазерным генератором TMD (Transverse Mode Discrimination), позволившая получать наносекундный пакет, состоящий из высокоэнергетических пикосекундных импульсов, с недостижимой ранее энергией в 10 дж (гибридный импульс MaQX).

В дополнение решена и другая проблема, возникавшая при удалении татуировки, а именно образование газового пузыря под эпидермисом после первого прохода очага поражения. В результате последующие Q-switched-импульсы не достигают глубоко расположенного пигмента и как следствие – теряется эффективность, возрастает риск осложнений, увеличивается количество процедур, удлиняется курс лечения. С целью устранения данного негативного эффекта предложено при первом проходе использовать аблятивную фракционную манипулу (FS20A) для «просверливания» микроотверстий, через которые происходит сброс давления газа, а также выделение продуктов распада микрочастиц (запатентованная технология FracTat™). Таким образом, одна процедура выполняется в два этапа. Первый этап – делается один проход аблятивным фракционным неодимовым Q-switched-лазером, второй – выполняются проходы Q-switched-лазером, использующим гигантский структурированный наносекундный импульс (полным лучом, манипула R28).

Рис. 3. **Пациент А. 37 лет. Множественные точечные изменения кожи лица**



Рис. 4. **Пациент А. 37 лет. Множественные точечные изменения кожи лица: носогубные складки, подбородочная область**



Представлен клинический случай лечения травматической татуировки лица по вышеописанному протоколу.

Пациент 37 лет обратился с жалобой на приобретенный в результате травмы дефект в виде множественного точечного изменения кожи лица (*рис. 3*).

Диагноз – «множественные поверхностные инородные тела кожи лица, импрегнация кожи лица».

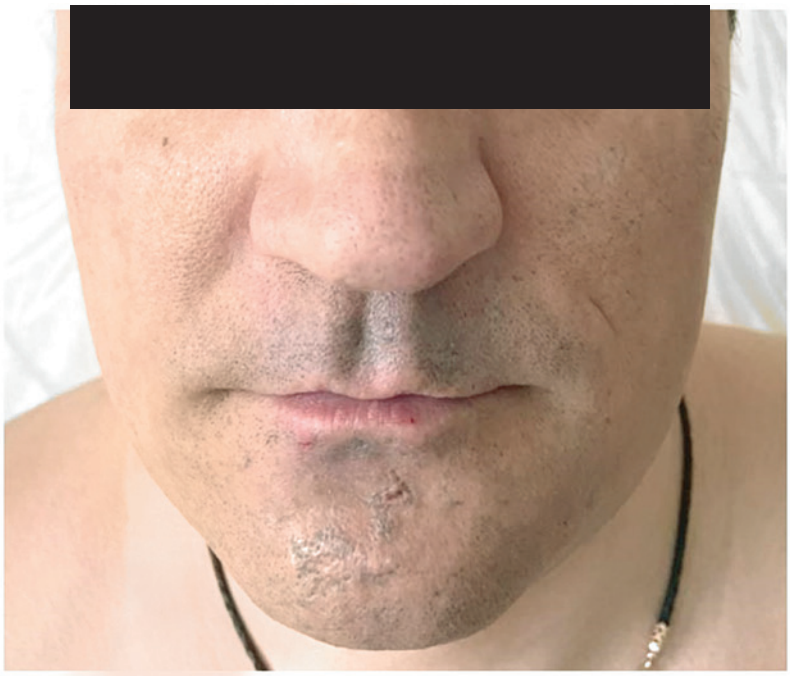
Анамнез: пациент поступил на лечение через 6 месяцев после получения травмы. Пострадал при взрыве петарды.

Локальный статус: поражение носит распространенный характер, татуировка располагается на коже лица, ушных раковинах. Представлена искусственными пятнами серо-голубого цвета, занимающими около 25% поверхности кожи лица (*рис. 4*).

Инструменты: коррекцию выполняли на аппарате StarWalker MaQX гибридным импульсом в два этапа.

Первый этап: один проход неодимовым Q-switch-лазером во фракционном режиме, позволивший сделать в коже микроотверстия (9*9/9 px/mm)

Рис. 5. **Лечение травматической татуировки у пациента А. 37 лет. Вид пациента через 6 месяцев после травмы. Лечение проведено Q-switch-лазером**



для предотвращения образования газового пузыря.

Второй этап: разрушение пигмента в Q-switch-режиме.

Ход работы:

Было проведено две процедуры, осуществленные в два этапа.

1-я процедура:

параметры: 1064, MaQX – 1, FS20A, 2,0 Hz, 9 mJ/px; 1064, MaQX – 1, R28, 3,0 Hz, 2,7 J/cm, 2,5 mm.

2-я процедура:

параметры: 1064, MaQX – 1, FS20A, 2,0 Hz, 10 mJ/px; 1064, MaQX – 1, R28, 3,0 Hz, 3,5 J/cm, 2,5 mm.

Перерыв между процедурами составил 1 месяц. После каждой процедуры пациенту однократно вводили раствор преднизолона (30 мг, внутримышечно), наружно применяли примочки с раствором хлоргексидина и кремом бепантен. После заживления использовали крем с фотопротектором SPF 50.

Реабилитация после первой и второй процедур составила 3 дня. Через 6 месяцев отмечен положительный эффект от проведенного лечения в виде 85%-ного удаления пигмента из кожи. Нежелательных реакций в ходе лечения и периоде наблюдения не зафиксировано. В данном случае прогноз для пациента благоприятный, при необходимости возможно проведение еще одной процедуры для достижения 100%-ного результата.

Заключение

Лечение рубцов представляет серьезную проблему, при этом лазерные технологии могут быть достаточно эффективными как в монотерапии, так и при сочетании с лекарственными средствами или физиотерапевтическими процедурами. Выбор лазера и параметров излучения зависит от многих причин: цвета, типа, толщины и локализации рубца, а также особенностей соматического статуса пациента. При лечении гипертрофических рубцов неабляционные фракционные лазеры менее эффективны, чем абляционные. Импульсные лазеры на красителях хорошо подходят для коррекции эритематозных рубцов. Q-switched-лазеры применяются в лечении рубцов с признаками дисхромии, но также имеют потенциал в плане ремоделирования ткани в случае использования во фракционном режиме.

Пока нет единого мнения, когда начинать процедуры лазерной коррекции: сразу после эпителизации раны или в стадии зрелого рубца? По всей видимости, первый вариант предпочтительный и показывает лучшие результаты, которые выражаются в уменьшении васкуляризации и толщины рубца. Лазерная терапия при лечении рубцов имеет хороший профиль безопасности. Незначительные побочные явления, включая боль, эритему, отек, инфекцию и экхимозы, ожидаемы и хорошо поддаются коррекции. Более тяжелые осложнения в виде гипер- и гипопигментации, а также образования новых рубцов встречаются гораздо реже.

Лечение травматических татуировок часто приводит к рубцам и неполному удалению пигмента. Единственный по-настоящему эффективный и безопасный метод – это применение Q-switched-лазера. Современный лазер Q-switched Nd: YAG с длиной волны 1064 нм и гибридным импульсом большой мощности является одним из самых универсальных и интересных лазеров в дерматологической практике. Длина волны 1064 нм хорошо поглощается меланином, частицами черных татуировок, в меньшей степени – гемоглобином. Кроме того, данная длина волны эффективно воздействует на пигментные хромофоры и позволяет избегать развития гипертрофических рубцов из-за отсутствия изменений нижележащих коллагеновых и эластических волокон. Таким образом, Q-switched Nd: YAG лазер идеально подходит для удаления профессиональных и травматических татуировок, о чем и свидетельствует представленный нами клинический случай.

Вклад авторов. Концепция и дизайн исследования – И.Г. Курганская. Сбор и обработка материала – К.С. Григорьев. Написание текста – Н.А. Шанина. Редактирование – А.В. Патрушев.

Authors' contribution. I.G. Kurganskaya – study concept and design. K.S. Grigoriev – collection and processing of material. N.A. Shanina – text writing. A.V. Patrushev – editing.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. *Willows B.M., Ilyas M., Sharma A. Laser in the management of burn scars. Burns. 2017;43(7):1379–89. Doi: 10.1016/j.burns.2017.07.001.*
2. *Van Loey N.E.E., Van Son M.J.M. Psychopathology and psychological problems in patients with burn scars. Am J Clin Dermatol. 2003;4(4):245–72. Doi: 10.2165/00128071-200304040-00004.*
3. *Bock O., Schmid-Ott G., Malewski P., et al. Quality of life of patients with keloid and hypertrophic scarring. Arch Dermatol Res. 2006;297:433–38. Doi: 10.1007/s00403-006-0651-7.*
4. *Worley B., Huang J.W., Macdonald J. Approach to treatment of cicatricial ectropion: a systematic review and meta-analysis comparing surgical and minimally invasive options. Arch Dermatol Res. 2020;312(3):165–72. Doi: 10.1007/s00403-019-01983-0.*
5. *Brooks J.P., Malic C.C., Judkins K.C. Scratching the surface – managing the itch associated with burns: a review of current knowledge. Burns. 2008;34:751–60. Doi: 10.1016/j.burns.2007.11.015.*
6. *Weisel G., Pillekamp H. Treatment of gunpowder tattoo and foreign bodies after blast injuries. HNO. 2011;59(8):807–10. Doi: 10.1007/s00106-011-2354-4.*
7. *Anthonissen M., Daly D., Janssens T., et al. The effects of conservative treatments on burn scars: a systematic review. Burns 2016;42:508–18. Doi: 10.1016/j.burns.2015.12.006.*
8. *Atiyeh B.S., Khatib A.M., Dibo S.A. Pressure garment therapy of burn scars: evidence-based efficacy. Ann Burns Fire Disasters 2013;XXVI(4):205–12.*
9. *Xi-Qiao W., Ying-Kai L., Chun Q., Shu-Liang L. A review of the effectiveness of antimitotic drug injections for hypertrophic scars and keloids. Ann Plast Surg 2009;63:688–92.*
10. *Cho Y.S., Jeon J.H., Hong A., et al. The effect of burn rehabilitation massage therapy on hypertrophic scar after burn: a randomized controlled trial. Burns 2014;40:1513–20.*
11. *Apfelberg D.B., Manchester G.H. Decorative and traumatic tattoo biophysics and removal. Clin Plast Sur. 1987;14(2):243–251.*
12. *Chang S.E., Choi J.H., Moon K.C., et al. Successful removal of traumatic tattoos in Asian skin with a Q-switched alexandrite laser. Dermatol Surg. 1998; 24(12):1308–11. Doi: 10.1111/j.1524-4725.1998.tb00005.x.*
13. *Fu X., Dong J., Wang S., et al. Advances in the treatment of traumatic scars with laser, intense pulsed light, radiofrequency, and ultrasound. Burns Trauma. 2019;7:1. Doi:10.1186/s41038-018-0141-0.*
14. *Issler-Fisher A.C., Waibel J.S., Donelan M.B. Laser modulation of hypertrophic scars: Technique and practice. Clin Plast Surg. 2017;44:757–66. Doi: 10.1016/j.cps.2017.05.007.*
15. *Issler-Fisher A.C., Fisher O.M., Smialkowski A.O., et al. Ablative fractional CO_2 laser for burn scar reconstruction: An extensive subjective and objective short-term outcome analysis of a prospective treatment cohort. Burns. 2017;43:573–82. Doi: 10.1016/j.burns.2016.09.014.*
16. *Hultman C.S., Friedstat J.S., Edkins R.E., et al. Laser resurfacing and remodeling of hypertrophic burn scars: The results of a large, prospective, before-after cohort study, with long-term follow-up. Ann Surg. 2014;260:519–29. Doi: 10.1097/SLA.0000000000000893.*
17. *Anderson R.R., Donelan M.B., Hivnor C., et al. Laser treatment of traumatic scars with an emphasis on ablative fractional laser resurfacing: Consensus report. JAMA Dermatol. 2014;150:187–93. Doi: 10.1001/jamadermatol.2013.7761.*
18. *Manstein D., Herron G.S., Sink R.K., et al. Fractional photothermolysis: A new concept for cutaneous remodeling using microscopic patterns of thermal injury. Lasers Surg Med. 2004;34:426–38. Doi: 10.1002/lsm.20048.*
19. *Lowe N.J., Lask G., Griffin M.E., et al. Skin resurfacing with the Ultrapulse carbon dioxide laser. Observations on 100 patients. Dermatol Surg.1995; 21(12):1025–29. Doi: 10.1111/j.1524-4725.1995.tb00552.x.*
20. *Khatri K.A., Ross V., Grevelink J.M., et al. Comparison of erbium:YAG and carbon dioxide lasers in resurfacing of facial rhytides. Arch Dermatol. 1999;135:391–97. Doi: 10.1001/archderm.135.4.391.*
21. *Goldberg D.J., Whitworth J. Laser skin resurfacing with the Q-switched Nd:YAG laser. Dermatol Surg. 1997;23:903–6. Doi: 10.1111/j.1524-4725.1997.tb00744.x.*
22. *Taudorf E.H., Danielson P.L., Paulsen I.F., et al. Non-ablative fractional laser provides long-term improvement of mature burn scars–a randomized controlled trial with histological assessment. Lasers Surg Med. 2015;47:141–47. Doi: 10.1002/lsm.22289.*
23. *Bach D.Q., Garcia M.S., Eisen D.B. Hyperpigmented burn scar improved with afractionated 1550nm non-ablative laser. Dermatol Online J. 2012;18(7):12.*
24. *Kim H.S., Lee J.H., Park Y.M., et al. Comparison of the effectiveness of nonablative fractional laser versus ablative fractional laser in thyroidectomy scar prevention: A pilot study. J Cosmet Laser Ther. 2012;14:89–93. Doi: 10.3109/14764172.2012.672746.*
25. *Hantash B.M., Bedi V.P., Kapadia B., et al. In vivo histological evaluation of a novel ablative fractional resurfacing device. Lasers Surg Med. 2007;39:96–107. Doi: 10.1002/lsm.20468.*
26. *DeBruler D.M., Blackstone B.N., Baumann M.E., et al. Inflammatory responses, matrix remodeling, and re-epithelialization after fractional CO_2 laser treatment of scars. Lasers Surg Med. 2017;49:675–85. Doi: 10.1002/lsm.22666.*
27. *Ozog D.M., Liu A., Chaffins M.L., et al. . Evaluation of clinical results, histological architecture, and collagen expression following treatment of mature burn scars with a fractional carbon dioxide laser. JAMA Dermatol.2013;149:50–7. Doi: 10.1001/2013.jamadermatol.668.*
28. *Qu L., Liu A., Zhou L., et al. Clinical and molecular effects on mature burn scars after treatment with a fractional CO(2) laser. Lasers Surg Med. 2012;44:517–24. Doi: 10.1002/lsm.22055.*
29. *El-Zawahry B.M., Sobhi R.M., Bassiouny D.A., et al. Ablative CO_2 fractional resurfacing in treatment of thermal burn scars: An open-label controlled clinical and histopathological study. J Cosmet Dermatol.2015;14:324–31. Doi: 10.1111/jocd.12163.*
30. *Azzam O.A., Bassiouny D.A., El-Hawary M.S., et al. Treatment of hypertrophic scars and keloids by fractional carbon dioxide laser: A clinical, histological, and immunohistochemical study. Lasers Med Sci. 2016;31:9–18. Doi: 10.1007/s10103-015-1824-4.*
31. *Shumaker P.R., Kwan J.M., Badiavas E.V., et al. Rapid healing of scar-associated chronic wounds after ablative fractional resurfacing. Arch Dermatol. 2012;148:1289–93. Doi: 10.1001/2013.jamadermatol.256.*
32. *Waibel J., Beer K. Ablative fractional laser resurfacing for the treatment of a third-degree burn. J Drugs Dermatol. 2009;8:294–97.*
33. *Kawecki M., Bernad-Wisniewska T., Sakiel S., et al. Laser in the treatment of hypertrophic burn scars. Int Wound J. 2008;5(1):87–97.*
34. *Cho S.B., Lee S.J., Kang J.M., et al. The treatment of burn scar-induced contracture with the pinhole method and collage induction therapy: a case report. J Eur Acad Dermatol Venereol. 2008;22:513–14. Doi: 10.1111/j.1468-3083.2007.02375.x.*
35. *Khandelwal A., Yelvington M., Tang X., et al. Ablative fractional photothermolysis for the treatment of hypertrophic burn scars in adult and pediatric patients: a single surgeon's experience. J Burn Care Res. 2014;35:455–63. Doi: 10.1097/BCR.0000000000000028.*
36. *Waibel J.S., Wulkan A.J., Shumaker P.R. Treatment of hypertrophic scars using laser and laser assisted corticosteroid delivery. Lasers Surg Med.*

2013;45:135–40. Doi: 10.1002/lsm.22120.
37. Hultman C.S., Edkins R.E., Lee C.N., et al. Shine on: Review of laser- and light-based therapies for the treatment of burn scars. Dermatol Res Pract. 2012;2012:243651. Doi: 10.1155/2012/243651.
38. Parrett B.M., Donelan M.B. Pulsed dye laser in burn scars: Current concepts and future directions. Burns.2010;36:443–49. Doi: 10.1016/j.burns.2009.08.015.
39. Shumaker P.R., Kwan J.M., Landers J.T., et al. Functional improvements in traumatic scars and scar contractures using an ablative fractional laser protocol. J Trauma Acute Care Surg. 2012;73:S116–21. Doi: 10.1097/TA.0b013e318260634b.
40. Hultman C.S., Edkins R.E., Cairns B.A., et al. Logistics of building a laser practice for the treatment of hypertrophic burn scars. Ann Plast Surg. 2013;70:581–86. Doi: 10.1097/SAP.0b013e31827eac0c.
41. Choe J.H., Park Y.L., Kim B.J., et al. Prevention of thyroidectomy scar using a new 1,550-nm fractional erbium-glass laser. Dermatol Surg. 2009;35:1199–205. Doi: 10.1111/j.1524-4725.2008.34428.x.
42. Nouri K., Jimenez G.P., Harrison-Balestra C., et al. 585-nm pulsed dye laser in the treatment of surgical scars starting on the suture removal day. Dermatol Surg. 2003;29:65–73. Doi: 10.1046/j.1524-4725.2003.29014.x.
43. Sobanko J.F., Vachiramon V., Rattanaumpawan P., et al. Early postoperative single treatment ablative fractional lasing of Mohs micrographic surgery facial scars: A split-scar, evaluator-blinded study. Lasers Surg Med. 2015;47:1–5. Doi: 10.1002/lsm.22314.
44. Kaushik S.B., Alexis A.F. Nonablative fractional laser resurfacing in skin of color: Evidence-based review. J Clin Aesthet Dermatol. 2017;10:51–67.
45. Alexis AF. Lasers and light-based therapies in ethnic skin: Treatment options and recommendations for Fitzpatrick skin types V and VI. Br J Dermatol. 2013;169(Suppl 3):91–7. Doi: 10.1111/bjd.12526.
46. Bäumler W., Weiß K.T. Laser assisted tattoo removal - state of the art and new developments. Photochem Photobiol Sci. 2019;18(2):349–58. Doi: 10.1039/c8pp00416a.
47. Bonan P., Bassi A., Bruscino N., et al. Combined pulsed dye laser and Q-switched Nd:YAG laser intraumatic facial tattoo removal: A case series. Dermatol Ther. 2019;32(5):e13069. Doi: 10.1111/dth.13069.
48. Jenzer A.C., Storrs B.P., Daniels Z., et al. Traumatic Facial Tattoo Injuries From Gunpowder and Ammunition: A Case Series. Craniomaxillofac Trauma Reconstr. 2020;13(2):133–37. Doi: 10.1177/1943387520902893.

Поступила / Received: 12.04.2021
Принята в печать / Accepted: 15.05.2021

Автор для связи: Н.А. Шанина, к.м.н. , зав. лазерным отделением клиники кожных и венерических болезней, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия; Shanina_n@mail.ru
Адрес: 194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6
Corresponding author: Natalia A. Shanina, Cand. Sci. (Med.), Head of the Laser Department of the Clinic for Skin and Venereal Diseases, S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia; Shanina_n@mail.ru
Address: 6 Academician Lebedev St., St. Petersburg 194044, Russian Federation

ORCID/eLibrary SPIN:
Н.А. Шанина, http://orcid.org/0000-0002-0254-7048; eLibrary SPIN: 2938-8820
А.В. Патрушев, http://orcid.org/0000-0002-6989-9363; eLibrary SPIN: 1367-5580
И.Г. Курганская, http://orcid.org/0000-0001-6550-6940; eLibrary SPIN: 7930-2463
К.С. Григорьев, http://orcid.org/0000-0002-0469-1019; eLibrary SPIN: 6410-0286