

Эффективность комплексного применения CO₂-лазера и транексамовой кислоты в лечении мелазмы

Н. С. Логачева^{1,3}, А. А. Шарова^{1,2,3}, Е. А. Шатохина^{1,4}

¹ ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия

² ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Минздрава России (Пироговский университет), Москва, Россия

³ ООО «Клиника эстетической медицины „Чистые пруды“», Москва, Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» обособленное подразделение Медицинский научно-образовательный институт МГУ (Университетская клиника МГУ), Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Мелазма – это распространенное хроническое рецидивирующее нарушение пигментации, обусловленное избыточным отложением меланина в эпидермальном и дермальном слое кожи. Тактика лечения мелазмы представляет сложную задачу, поскольку зависит от степени тяжести заболевания и индивидуальных особенностей пациента. Одним из эффективных методов лечения мелазмы является комбинированное применение лазерной терапии и местного нанесения транексамовой кислоты, которая обладает свойством уменьшать активность меланогенеза.

Цель исследования. Сравнить эффективность и безопасность лечения мелазмы с помощью монотерапии CO₂-лазером с комбинированным применением лазерной терапии и местного нанесения транексамовой кислоты.

Материалы и методы. В исследование было включено 20 пациентов, 10 из которых проводили 3 комбинированные процедуры фракционного фототермолиза с помощью CO₂-лазера (10600 нм) с последующим нанесением 5% раствора транексамовой кислоты с интервалом 4 недели. Другим 10 пациентам проводили только процедуру на CO₂-лазере с той же периодичностью. В качестве методов количественной оценки использовался индекс площади и тяжести мелазмы MASI (Melasma Area and Severity Index), мексаметрия, индекс оценки качества жизни пациентов с мелазмой MELASQOL (The Melasma Quality of Life scale). Также в качестве клинического метода оценки проводилась с помощью аппарата 3D-визуализации и диагностики кожи «Antera».

Выводы. Применение CO₂-лазера с последующим нанесением 5% раствора транексамовой кислоты показало более высокую эффективность, чем только лазерная терапия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мелазма, гиперпигментация, транексамовая кислота, CO₂-лазер, фракционная шлифовка, лазер-ассоциированное введение.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Efficiency of complex application of CO₂ laser and tranexamic acid in the treatment of melasma

N. S. Logacheva^{1,3}, A. A. Sharova^{1,2,3}, E. A. Shatokhina^{1,4}

¹ Central State Medical Academy of the Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russia

² N. I. Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), Moscow, Russia

³ Aesthetic medical clinic “Chistiye prudy”, Moscow, Russia

⁴ Medical Scientific and Educational Center of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

SUMMARY

Melasma is a common, chronic, and recurrent pigmentation disorder caused by excessive melanin deposition in the epidermal and dermal layers of the skin. The treatment strategy for melasma presents a complex challenge, as it depends on the severity of the condition and the individual characteristics of the patient. One effective method for treating melasma is the combined use of laser therapy and the topical application of tranexamic acid, which has the property of reducing melanogenesis activity.

Objective. To compare the efficacy and safety of melasma treatment using CO₂-laser monotherapy versus a combination of laser therapy and the topical application of tranexamic acid.

Materials and methods. The study included 20 patients, 10 of whom underwent three combined procedures of fractional photothermolysis using a CO₂-laser (10600 nm) followed by the application of a 5% tranexamic acid solution at 4-week intervals. The other 10 patients received only the CO₂-laser procedure at the same intervals. Quantitative assessment methods included the Melasma Area and Severity Index (MASI), mexametry, and the Melasma Quality of Life scale (MELASQOL). Clinical evaluation was also performed using the «Antera» 3D skin imaging and diagnostic device.

Conclusions. The use of a CO₂-laser followed by the application of a 5% tranexamic acid solution demonstrated greater effectiveness compared to laser therapy alone.

KEYWORDS: melasma, hyperpigmentation, tranexamic acid, CO₂-laser, fractional resurfacing, laser-assisted drug delivery.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Мелазма – это распространенное приобретенное нарушение пигментации, которое проявляется на участках тела, подверженных длительному воздействию солнечных лучей в виде пятен светло-коричневого или коричневого цвета. Затрагивает, преимущественно, женщин от 25 до 50 лет с III–VI фототипами кожи по Фицпатрику, мужчины составляют примерно 10% от всех больных мелазмой [1, 2, 3]. В основе патогенеза лежит повышенная активность меланоцитов, которая обусловлена совокупностью факторов: генетическая предрасположенность, хроническая инсоляция, гормональный дисбаланс, прием некоторых лекарственных препаратов и другие факторы окружающей среды [1]. Мелазма существенно влияет на качество жизни пациента, вызывая психологический дискомфорт и снижая самооценку [1, 2].

Поэтому ее эффективное лечение является важной задачей для дерматологов.

Гистологически выделяют три типа мелазмы – эпидермальный, дермальный и смешанный. Глубина залегания пигмента будет определять выбор метода лечения.

Внимание специалистов сосредоточено на применении средств и процедур, направленных одновременно на несколько патогенетических звеньев гиперпигментации. К ним относятся ингибирование тирозиназы, токсическое влияние на меланоциты, десквамация рогового слоя, уменьшение воспаления и защита от солнечного излучения [3].

Наиболее распространенными способами коррекции пигментации считается применение топических препаратов, с отбеливающими компонентами в составе: азелаиновая кислота, койевая кислота, арбутин, ниацинамид, аскорбиновая кислота, транексамовая кислота (ТК). Также применяются инъекционные процедуры (биоревитализация, мезотерапия), фото- и лазерное воздействие (например, IPL и Nd: Yag-лазер, CO₂-лазер), комбинации методов.

Антипигментное действие ТК обусловлено воздействием сразу на несколько механизмов пигментообразования. За счет ингибирования плазминогена ТК уменьшает реакцию кожи на действие УФ-излучения и других раздражающих факторов. Это ингибирует синтез простагландинов, приводит к уменьшению уровня свободной арахидоновой кислоты, снижает активность тирозиназы, что приводит к уменьшению продукции меланоцитов [4, 6]. Кроме того, происходит стимуляция экспрессии трансформирующего фактора роста бета 1 (transforming growth factor beta 1; TGF-β1) в кератиноцитах, что впоследствии ингибирует меланогенез по паракринному сигнальному пути [5, 8].

Однако гидрофильная структура ТК препятствует ее пассивному проникновению через роговой слой кожи. Это усложняет создание топических средств с ТК и ставит под сомнение их эффективность. В связи с этим научный интерес вызывает поиск методов повышения ее биодоступности с помощью различных способов трансдермальной доставки. Одним из таких методов является лазер-ассоциированное введение лекарственных

препаратов, который повышает проницаемость рогового слоя и позволяет проникать биологическим молекулам на необходимую глубину [7, 9, 10, 11].

В 2002 году лазерная доставка лекарств впервые была успешно использована при применении местной анестезии. С тех пор активно изучается эффективность и безопасность данного метода [12, 13]. Исследования показали, что предварительная обработка лазером повышает проницаемость рогового слоя за счет формирования микроканалов, окруженных слоем термически коагулированной ткани – микротермальной лечебной зоной (МЛЗ), которая облегчает проникновение лекарственных препаратов местного применения и позволяет им проникать в глубоко расположенные слои кожи [14]. Благодаря этому значительно повышается эффективность и сокращается продолжительность лечения, используются меньшие дозы активных компонентов и снижается вероятность развития побочных эффектов [15–19]. Лазер-ассистированное введение доказало свою эффективность при сочетании с различными лекарственными препаратами, в том числе – и с ТК [8, 9, 15, 18–20].

В мета-анализе 2023 года Khan Q. A. и соавт. указали, что индекс MASI в группе пациентов, которые проходили процедуру лазер-ассоциированного введения ТК, снижались значительно, чем в группе пациентов, проходивших лечение только на фракционном CO₂-лазере. Процедура проходила 1 раз в месяц, а пациенты во время всего курса ежедневно применяли местные средства с ТК и фотозащитными фильтрами [9].

Несмотря на то, что изучение данной методики в последние годы расширяется, четкие протоколы и рекомендации по ее применению до сих пор не разработаны. В связи с этим мы провели пилотное исследование для оценки эффективности лазер-ассистированного введения транексамовой кислоты в сравнении с монотерапией фракционным CO₂-лазером.

Цель исследования: сравнить эффективность и безопасность лечения мелазмы с помощью монотерапии CO₂-лазером с комбинированным применением лазерной терапии и местного нанесения транексамовой кислоты.

Дизайн исследования: проспективное рандомизированное сравнительное исследование.

Материалы и методы

В исследование было включено 20 пациентов (женщин) в возрасте от 40 до 69 лет с проявлениями гиперпигментации в области лица.

Статистические данные представлены в виде средних ± ошибка средней (M±m). Достоверность разницы между группами определялась с помощью непараметрического критерия Mann-Whitny. Разница считалась статистически значимой при p<0,05.

Критерии включения в исследование: наличие гиперпигментации в области лица, отсутствие применения какого-либо местного лечения в течение последних 8 недель, отсутствие противопоказаний к применению

фракционного CO₂-лазера наличие подписанного добровольного информированного согласия, отсутствие критериев исключения.

Критерии исключения из исследования: в исследование не включались пациенты моложе 18 лет, беременные и лактирующие женщины, принимающие гормональную терапию, пероральные контрацептивы, системные ретиноиды, антикоагулянты, антиагреганты и химиотерапевтические препараты. Также были исключены пациенты с гиперчувствительностью к ТК, с заболеваниями крови, с другими дерматологическими или системными заболеваниями, вызывающими гиперпигментацию (например, хронические заболевания печени, почек или щитовидной железы).

Среди пациентов преобладали женщины пре- и постменопаузального возраста – 90%. Средний возраст составил 54 ± 2,3 года, а продолжительность проявлений гиперпигментации в среднем 10 лет. Всем пациентам был выставлен диагноз: «мелазма» (МКБ-10 L81.1) и у большинства пациенток (75%) преобладал смешанный тип.

Все пациенты, включенные в исследование, были распределены методом простой рандомизации в две равные группы: основную (10 человек) и группу контроля (10 человек).

Всем пациентам проводили процедуру фракционного аблятивного воздействия CO₂ лазером (Multipulse Asclepion, Германия) на области пигментации. Порядок

проведения процедуры: за 60 минут до процедуры пациентам наносилась аппликационная анестезия кремом, содержащим 2,5% лидокаина и 2,5% прилокаина. Используемые настройки: мощность 12–14 w, расстояние между точками 600–800 μm, время воздействия импульса 400–500 μs.

Пациентам основной группы сразу после процедуры наносили раствор 5% транексамовой кислоты на обработанные области под окклюзионную пленку на 20 минут, затем раствор наносили повторно еще на 20 минут. Пациентам контрольной группы проводили только лазерную процедуру. Пациентам обеих групп на завершающем этапе процедуры наносили крем с декспантенолом и SPF 50+. Кроме того, пациентам обеих групп рекомендовалось максимально избегать пребывания на солнце, в качестве домашнего ухода ежедневно применять крем с транексамовой кислотой и солнцезащитный крем SPF 50+ на протяжении всего периода лечения. Курс лечения включал 3 процедуры с интервалом 4 недели.

Оценка эффективности и контроль безопасности проводимого лечения осуществлялся на каждом визите и через 3 месяца после последнего лечения. В качестве клинического метода оценки использовался индекс площади и тяжести мелазмы MASI (Melasma Area and Severity Index) [28], количественная оценка пигментации и эритемы кожи с помощью мексаметрии, а также индекс оценки качества жизни пациентов с мелазмой MELASQOL (The Melasma Quality of Life scale) [29]. Инструментальная оценка включала проведение мексаметрии на диагностическом комбайне Multi Skin test center (TPM, Германия) с определением степени пигментации и эритемы, а также анализ видеоизображений, полученных с помощью аппарата 3D-визуализации и диагностики кожи «Antera» (Miravex, Ирландия). На аппарате Antera анализировалась динамика изменения показателей пигментации (общее содержание и равномерность распределения меланина). Оценка клинических и инструментальных показателей проводилась на этапе включения в исследование, перед каждой процедурой фракционного фототермолиза и через 3 месяца после заключительной процедуры.

Таблица 1
Характеристика пациентов, включенных в исследование

	Основная группа (n=10)	Контрольная группа (n=10)	p
Возраст			
Диапазон (лет)	48–69	46–68	p=0,227
Среднее значение (M±m)	52,0 (2,35)	55,7 (2,3)	
Продолжительность проявления мелазмы (лет)			
Диапазон	2–23	3–20	p=0,64
Среднее значение (M±m)	10 (1,72)	10,7 (1,59)	
Тип мелазмы, N (%)			
Эпидермальный	2 (20)	1 (10)	p>0,05
Дермальный	1 (10)	1 (10)	
Смешанный	7 (70)	8 (80)	

Таблица 2
Динамика клинических и инструментальных показателей в группах после лечения

	Основная группа (n=10)	Контрольная группа (n=10)	p
Процент улучшения показателя MASI (%)			
Диапазон	0–89,29	0–33,34	p=0,0007
Среднее значение (M±m)	53,8 (8,42)	15,6 (3,31)	
Процент улучшения показателя MELASQOL (%)			
Диапазон	13–80	11–33	p=0,0011
Среднее значение (M±m)	60,3 (19,08)	21,4 (7,07)	
Процент улучшения показателей мексаметрии (пигментация) (%)			
Диапазон	0–48	0–18	p=0,0002
Среднее значение (M±m)	28,2 (4,40)	8,3 (1,76)	
Процент улучшения показателей мексаметрии (эритема) (%)			
Диапазон	0–29	0–19	p=0,017
Среднее значение (M±m)	13,5 (2,85)	7,3 (2,17)	
Процент улучшения показателей «Antera» (%)			
Диапазон	0–49	0–11	p=0,0002
Среднее значение (M±m)	24,9 (4,37)	5,3 (1,06)	

Результаты исследования

Предварительный анализ данных пациентов, включенных в исследование, показал, что по всем показателям основная группа и группа контроля статистически не отличались друг от друга (табл. 1).

Как клиническая, так и инструментальная оценка показателей, характеризующих пигментацию кожи, показала улучшение как в основной, так и в контрольной группе после проведенного курса терапии, однако в основной группе оно было статистически более значимым по сравнению с группой контроля (табл. 2).

MASI в основной группе показал статистически значимо более высокий процент улучшения, чем в контрольной группе (процент улучшения среднего значения в основной и контрольной группе соответственно 53,8% и 15,6%, p=0,0007). Процент улучшения показателя



Рисунок 1. Результаты у пациентки в основной группе (А - до и Б - после 3-х процедур с интервалом 1 месяц)

индекса оценки качества жизни пациентов с мелазмой MELASQOL статистически значимо улучшился в основной группе ($p = 0,0011$). Учитываются средние показатели улучшения: на 60,3% в основной группе и на 21,4% в контрольной группе. При проведении мексаметрии в режиме измерения степени пигментации значительное статистически значимое изменение наблюдалось также в основной группе ($p=0,0002$), где средний процент улучшения после курса лечения составил 28,2%, когда как в контрольной группе всего 8,3%. В режиме измерения эритемы наблюдался менее выраженный результат: 13,5% и 7,3% соответственно основной и контрольной группы. Статистически значимым ($p=0,0002$) оказался и процентный показатель содержания меланина при проведении измерений на аппарате «Antera». Учитывались средние показатели улучшения: на 24,9% в основной группе и на 5,3% в контрольной группе. Важно отметить, что процент улучшения по инструментальным показателям (мексаметрия и «Antera») и MASI был лучше у пациенток с более светлым фототипом кожи, эпидермальном типе мелазмы и при соблюдении рекомендаций по избеганию длительного пребывания на солнце и использованию фотозащитных средств.

На рисунках 1–5 показаны клинические результаты некоторых пациентов, включенных в обе исследуемые группы.

Что касается побочных эффектов, то статистически значимой разницы между исследуемыми группами не выявлено. У 7 пациентов (70%) как основной, так и контрольной группы наблюдались шероховатость кожи и эритема в течение 5–7 дней после процедуры воздействия CO_2 -лазером. Поствоспалительная гиперпигментация, которая уменьшилась к моменту следующей процедуры, наблюдалась только у одной пациентки контрольной группы и у двух основной группы. Одна пациентка контрольной и две пациентки основной группы не отметили каких-либо побочных эффектов.

Обсуждение

Результаты настоящего исследования показали, что комбинированное применение CO_2 -лазера и транексамовой кислоты привело к статистически значимому улучшению мелазмы в области лица у 9 из 10 пациенток основной



Рисунок 2. Результаты у пациента в основной группе (А - до и Б - после 3-х процедур с интервалом 1 месяц)

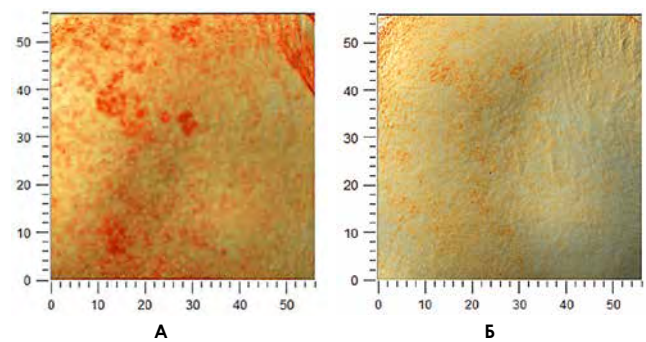


Рисунок 3. Результаты 3D-визуализации на аппарате «Antera» у пациента в основной группе (А - до и Б - после 3-х процедур с интервалом 1 месяц)



Рисунок 4. Результаты у пациента в контрольной группе (А - до и Б - после 3-х процедур с интервалом 1 месяц)

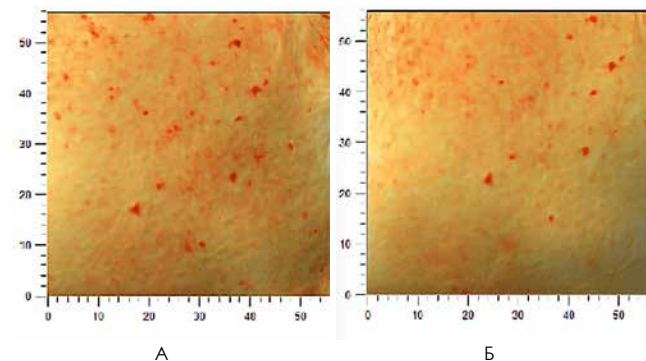


Рисунок 5. Результаты 3D-визуализации на аппарате «Antera» у пациента в контрольной группе (А - до и Б - после 3-х процедур с интервалом 1 месяц)

группы, в отличие от пациенток из контрольной группы, которым в качестве терапии применяли только CO₂-лазер (p=0,0007). Стоит отметить, что у одной пациентки основной группы не было улучшения, что можно объяснить рефрактерной природой мелазмы, генетической предрасположенностью, длительный прием комбинированных оральных контрацептивов в анамнезе несколько лет назад и типом кожи пациента (по Фицпатрику III).

Во многих предыдущих исследованиях сообщалось о положительном терапевтическом действии CO₂-лазера на мелазму [22–24], а также о способности ТК ингибировать активность тирозиназы и уменьшать синтез меланина [25]. Tawfic S. O. и др. обнаружили, что степень улучшения мелазмы была выше у пациентов, которым применяли комбинацию CO₂-лазера и нанесения раствора ТК, чем у пациентов получающих терапию только CO₂-лазером [16].

Разницу в процентном улучшении среди пациентов основной группы можно объяснить различиями в фототипе кожи, типе мелазмы, сезонности проведения процедур, длительностью пребывания на солнце и соблюдении рекомендаций по использованию солнцезащитных средств. Процент улучшения был лучше при более светлом фототипе кожи, эпидермальном типе мелазмы и при минимальном воздействии ультрафиолета.

Использование фракционного CO₂-лазера без применения ТК также может осветлять пигментные пятна на коже. Однако процент улучшения показателей пигментации по данным мексаметрии у пациентов контрольной группы гораздо ниже, чем у пациентов основной группы (8,3% и 28,2% соответственно).

Что касается динамики эритемы, то тут разница между основной и контрольной группами была меньше: 13,5% и 7,3% соответственно. Возможно, это связано с необходимостью более длительного воздействия на сосудистый компонент ТК для достижения значимого результата.

Побочные эффекты были, в основном, связаны с раздражением, сухостью кожи и эритемой – у 7 пациенток из основной и у 7 пациенток контрольной группы. Эти проявления проходили в течение недели у всех испытуемых. Усиление гиперпигментации наблюдалось у 2 пациенток основной и 1 пациентки из контрольной группы с III фототипом по Фицпатрику, которая, впрочем, уменьшилась к моменту следующей процедуры. Это говорит о том, что не всем пациентам может подойти фракционное воздействие CO₂-лазера, особенно при более темных фототипах. Поэтому тщательный отбор и строгое следование рекомендациям по использованию фотозащитных средств являются ключевыми факторами лечения. В исследовании Delgado R. E, Torre Mde L. говорится, что использование CO₂-лазера при лечении мелазмы у пациентов с IV, V и VI фототипом по Фицпатрику повышает вероятность ухудшить степень выраженности гиперпигментации [26]. 2 пациентки из основной и 1 пациентка из контрольной группы не отмечали никаких побочных явлений.

Всем пациенткам данного исследования была проведена диагностика степени выраженности мелазмы спустя 3 месяца после заключительной процедуры с целью проверки рецидива. У 1 пациентки в основной группе и у 5

пациенток в контрольной наблюдался рецидив. Следует принять во внимание, что рецидив можно рассматривать как важный показатель в выборе различных методов лечения мелазмы и при выборе соответствующей поддерживающей терапии [27].

Выводы

Согласно литературным данным и проведенному исследованию, можно утверждать, что монотерапии ТК или воздействия только фракционным CO₂-лазером недостаточно для борьбы с уже возникшей мелазмой. Использование лазер-ассоциированного воздействия и 5% раствора ТК дает статистически значимый более выраженный и быстрый результат и является эффективным и безопасным методом терапии. Существенная разница в снижении MASI, показателей мексаметрии, оценке качества жизни прослеживается между пациентами основной и контрольной групп. Полученные результаты можно объяснить синергичным эффектом комбинации лазер-ассоциированного метода введения лекарства и антипигментным свойством транексамовой кислоты, влияющим на патогенетические механизмы развития мелазмы. Использование этой комбинации в лечении мелазмы повышает степень удовлетворенности пациентов. Воздействие фракционным CO₂-лазером может нести риски поствоспалительной гиперпигментации после процедур, поэтому необходимо учитывать факторы риска при подборе пациентов.

Список литературы / References

1. Общероссийская общественная организация «Российское общество дерматовенерологов и косметологов»: хлоазма, 2022 г. All-Russian public organization «Russian Society of Dermatovenerologists and Cosmetologists»: chloasma, 2022. (In Russ.).
2. Стенько А. Г., Иконникова Е. В., Круглова Л. С. Современный терапевтический подход к коррекции гиперпигментации. Пластическая хирургия и эстетическая медицина, 2020 г. Stenko A. G., Ikonnikova E. V., Kruglova L. S. Modern therapeutic approach to hyperpigmentation correction. Plastic surgery and aesthetic medicine, 2020. (In Russ.).
3. Эрнандес Е. И., Пигментация в практике косметолога, Косметика и медицина, 2020 г. Hernandez E. I., Pigmentation in the practice of a cosmetologist, Cosmetics and Medicine, 2020. (In Russ.).
4. Zhu J. W. et al. Tranexamic Acid Inhibits Angiogenesis and Melanogenesis in Vitro by Targeting VEGF Receptors. Int J Med Sci 2020.
5. Konisky H, Balazic E, Jaller JA, et al. Tranexamic acid in melasma: A focused review on drug administration routes. J Cosmet Dermatol. 2023 Apr; 22 (4): 1197–1206.
6. Tse T. W., Hui E. Tranexamic acid: an important adjuvant in the treatment of melasma. J. Cosmet. Dermatol. 2013; 12: 57–66.
7. Xing X., Xu Z., Chen L., et al. Tranexamic acid inhibits melanogenesis partially via stimulation of TGF-β1 expression in human epidermal keratinocytes. Exp Dermatol 2022; 31 (4): 633–640.
8. Feng J, Shen S, Song X, et al. Efficacy and safety of laser-assisted delivery of tranexamic acid for the treatment of melasma: a systematic review and meta-analysis. J Cosmet Laser Ther. 2022 Nov 17; 24 (6–8): 73–79.
9. Khan QA, Abdi P, Farkouh C et al. Effectiveness of laser and topical tranexamic acid combination therapy in melasma: An updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Lasers Med Sci. 2023 Jun 16; 38 (1).
10. Jow T, Hantash BM. Hydroquinone-induced depigmentation: case report and review of the literature. Dermatit. 2014 Jan-Feb; 25 (1): e1–5.
11. Shivaram K, Edwards K, Mohammad TF. An update on the safety of hydroquinone. Arch Dermatol Res. 2024 Jun 8; 316 (7): 378.
12. Ribeiro Gonçalves O, de Souza MCF, Rocha AV, et al. Assessing the efficacy of oral Tranexamic Acid as adjuvant of Topic Triple Combination Cream Therapy in Melasma: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Clin Exp Dermatol. 2024 Jun 8; 126: 226.
13. Hiramoto K, Yamate Y, Sugiyama D et al. Tranexamic acid inhibits the plasma and non-irradiated skin markers of photoaging induced by long-term UVA eye irradiation in female mice. Biomed Pharmacother. 2018 Nov; 107: 54–58.
14. Sklar L.R. et al. Laser assisted drug delivery: a review of an evolving technology. Lasers Surg. 2014
15. Searle T, Ali FR, Al-Niaimi F. Lessons Learned from the First Decade of Laser-Assisted Drug Delivery. Dermatol Ther (Heidelb). 2021 Feb; 11 (1): 93–104.
16. Tawfic SO, Abdel Halim DM, Albarbary A et al. Assessment of combined fractional CO2 and tranexamic acid in melasma treatment. Lasers Surg Med. 2019 Jan; 51 (1): 27–33.
17. Tawfic SO, Abdel Hay RM, Abouelazm DI et al. Tranexamic Acid Microinjection Alone Versus Its Combination With Fractional Carbon Dioxide Laser in Melasma Treatment: A Dermoscopic Evaluation. Dermatol Surg. 2022 May 1; 48 (5): 556–561
18. Haedersdal M. et al. Fractional CO2 laser-assisted drug delivery. Lasers Surg Med. 2010

19. Bloom B.S., Brauer J.A., Geronemus R.G. Ablative fractional resurfacing in topical drug delivery: an update and outlook. *Dermatol. Surg.* 2013; 39: 839–848.
20. Brauer J.A., Krakowski A.C., Bloom B.S. et al. Convergence of anatomy, technology, and therapeutics: a review of laser-assisted drug delivery. *Semin. Cutan. Med. Surg.* 2014; 33:176–181.
21. Mahmoud B.H., Burnett C., Ozog D. Prospective Randomized Controlled Study to Determine the Effect of Topical Application of Botulinum Toxin A for Crow's Feet After Treatment With Ablative Fractional CO₂ Laser. *Dermatol. Surg.* 2015; 41: S75–S81.
22. Qu Y, Wang F, Liu J, Xia X. Clinical observation and dermoscopy evaluation of fractional CO₂ laser combined with topical tranexamic acid in melasma treatments. *J Cosmet Dermatol.* 2021; 20 (4): 1110–1116.
23. Mekawy KMM, Sadek A, Seddeik Abdel-Hameed AK. Micro-needling versus fractional carbon dioxide laser for delivery of tranexamic acid in the treatment of melasma: A split-face study. *J Cosmet Dermatol.* 2021; 20 (2): 460–465.
24. Neeley MR, Pearce FB, Collawn SS. Successful treatment of melasma with a fractional ablative CO₂ laser in a patient with type V skin. *J Cosmet Laser Ther.* 2010; 12 (6): 258–260.
25. Kim HJ, Moon SH, Cho SH, Lee JD, Kim HS. Efficacy and Safety of Tranexamic Acid in Melasma: A Meta-analysis and Systematic Review. *Acta Derm Venereol.* 2017; 97 (7): 776–781.
26. Delgado RE, Torre Mde L. Use of fractional laser in mixed-race patients. *Facial Plast Surg.* 2013; 29 (3): 161–166.
27. Arora P, Sarkar R, Garg VK, Arya L. Lasers for treatment of melasma and post-inflammatory hyperpigmentation. *J Cutan Aesthetic Surg.* 2012; 5 (2): 93–103.
28. Pandya AG, Hynan LS, Bhore R et al. Reliability assessment and validation of the Melasma Area and Severity Index (MASI) and a new modified MASI scoring method. *J Am Acad Dermatol.* 2011 Jan; 64 (1): 78–83. e1–2.
29. Balkrishnan R, McMichael AJ, Camacho FT et al. Development and validation of a health-related quality of life instrument for women with melasma. *Br J Dermatol.* 2003 Sep; 149 (3): 572–7.

Статья поступила / Received 16.09.2025

Получена после рецензирования / Revised 19.09.2025

Принята в печать / Accepted 19.09.2025

Сведения об авторах

Логачева Наталья Сергеевна, соискатель ученой степени кандидата наук кафедры дерматовенерологии и косметологии¹, врач-дерматолог, косметолог². E-mail: dr.logacheva@gmail.com. ORCID: 0009-0004-0930-1229

Шарова Алиса Александровна, д.м.н., профессор кафедры дерматовенерологии и косметологии¹, доцент кафедры реконструктивной и пластической хирургии, косметологии и клеточных технологий², научный руководитель³. E-mail: aleca@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8719-8619

Шатохина Евгения Афанасьевна, д.м.н., профессор кафедры дерматовенерологии и косметологии¹, ведущий научный сотрудник отдела внутренних болезней⁴. E-mail: e.a.shatokhina@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0238-6563

¹ ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия

² ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России (Пироговский университет), Москва, Россия

³ ООО «Клиника эстетической медицины „Чистые пруды“», Москва, Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» обособленное подразделение Медицинский научно-образовательный институт МГУ (Университетская клиника МГУ), Москва, Россия

Автор для переписки: Логачева Наталья Сергеевна.
E-mail: dr.logacheva@gmail.com

Для цитирования: Логачева Н.С., Шарова А.А., Шатохина Е.А. Эффективность комплексного применения CO₂-лазера и транексамовой кислоты в лечении мелазмы. *Медицинский алфавит.* 2025; (23): 74–79. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-23-74-79>

About authors

Logacheva Natalia S., candidate for the academic degree of candidate of sciences at Dept of Dermatovenereology and Cosmetology¹, dermatologist, cosmetologist². E-mail: dr.logacheva@gmail.com. ORCID: 0009-0004-0930-1229

Sharova Alisa A., DM Sci (habil.), professor at Dept of Dermatovenereology and Cosmetology¹, associate professor at Dept of Reconstructive and Plastic Surgery, Cosmetology, and Cellular Technologies², scientific supervisor³. E-mail: aleca@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8719-8619

Shatokhina Evgeniya A., DM Sci (habil.), professor at Dept of Dermatovenereology and Cosmetology¹, leading researcher at Dept of Internal Medicine⁴. E-mail: e.a.shatokhina@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0238-6563

¹ Central State Medical Academy of the Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russia

² N. I. Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), Moscow, Russia

³ Aesthetic medical clinic "Chistiye prudy", Moscow, Russia

⁴ Medical Scientific and Educational Center of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Corresponding author: Logacheva Natalia S. E-mail: dr.logacheva@gmail.com

For citation: Logacheva N.S., Sharova A.A., Shatokhina E.A. Efficiency of complex application of CO₂ laser and tranexamic acid in the treatment of melasma. *Medical alphabet.* 2025; (23): 74–79. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-23-74-79>