



Полный текст статьи в открытом доступе

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

# Влияние карбокситерапии и методов лечения, сочетающих карбокситерапию и некоторые химические пилинги, на сосудистые и пигментные компоненты темных кругов

Анна Колодзейчак, Хелена Ротштейн

Кафедра косметологии и эстетической дерматологии, Медицинский университет Лодзь, Лодзь, Польша

Для переписки: Анна Колодзейчак, электронная почта [anna.kolodziejczak@umed.lodz.pl](mailto:anna.kolodziejczak@umed.lodz.pl)

**Цель:** Особое внимание уделяется усилению пигментации, связанной с меланином (темные круги, фотостарение) и сосудистых кругов, которые обычно располагаются в слезной борозде. Целью исследования является объективная оценка влияния карбокситерапии и схемы лечения, сочетающей карбокситерапию с лактобионовой кислотой (20%, pH 2,1) или феруловой кислотой (14%, pH 4,0–5,0) и аскорбиновой кислотой (12%) на дефекты кожи в области глаз.

**Материалы и методы:** Группа из 39 человек кавказской расы была подвергнута серии из пяти процедур карбокситерапии (область правого глаза) и пяти процедур, сочетающих карбокситерапию с выбранным химическим пилингом для кожи вокруг глаз (область левого глаза). Эффективность терапии оценивалась на основе параметров (MI и EI), измеренных с помощью зонда Mexameter. Измерения проводились в слезной борозде и в середине нижнего века.

**Результаты:** Мы продемонстрировали, что серия карбокситерапии (правая сторона) статистически значимо повлияла на параметр EI (в разных точках измерения:  $P < 0,0001$ ,  $P = 0,015$ ,  $P = 0,002$ ), который отражает интенсивность сосудистых кругов под глазами. Улучшение этого параметра на 7,2 единицы также было показано в слезной борозде у 82,1% участников после применения карбокситерапии в сочетании с кислотами (левая сторона) на долине слез для этого параметра (EI). Лактобионовая кислота и карбокситерапия были связаны со статистически значимым улучшением ( $P = 0,011$ ) в слезной борозде. В этом исследовании наблюдалось снижение комбинированной пигментации (MI плюс EI) как для правой, так и для левой стороны ( $p = 0,001$  и  $p = 0,015$  соответственно).

**Заключение:** Исследование предоставляет объективные доказательства эффективности монотерапии карбокситерапией и карбокситерапией в сочетании с кислотами в уменьшении темных кругов, в частности сосудистых кругов в слезной борозде. Лактобионовая кислота, феруловая кислота и аскорбиновая кислота могут использоваться в качестве безопасных добавок для усиления карбокситерапии.

**Ключевые слова:** карбокситерапия, темные круги, лактобионовая кислота, феруловая кислота, аскорбиновая кислота

## Введение

Темные круги под глазами можно разделить на сосудистые круги, гиперпигментацию, структурные/истинные круги и другие.<sup>1-3</sup> Сосудистые круги возникают в большинстве случаев кругов. Сосудистые круги являются результатом генетических факторов (неглубокое расположение кровеносных сосудов), расширения кровеносных сосудов и замедления циркуляции крови, которая недостаточно оксигенируется (гипоксия). Развитие пигментированных темных кругов объясняется накоплением пигмента крови (кровяная экстравазация), в частности гемоглобина, и образующихся продуктов его ферментативного распада в эпидермисе и дерме, а именно биливердина, билирубина, метгемоглобина и гемосидерина (белкового комплекса, который хранит железо в клетках). Пигментированные темные круги также называются гиперпигментацией, и они чаще всего являются результатом хронического воспаления и также связаны с накоплением меланина в коже (недержание меланина, дермальные меланофаги и периваскулярная лимфоцитарная инфильтрация) и/или в эпидермисе.<sup>1-12</sup>



Лечение сосудистых кругов должно включать процедуры, стимулирующие кровоток и улучшающие гибкость и прочность кровеносных сосудов. При таких проблемах с кожей рекомендуется карбокситерапия. Углекислый газ, вводимый во время карбокситерапии, улучшает перфузию тканей и частично отвечает за увеличение концентрации кислорода из-за гиперкапнии. В тканях CO<sub>2</sub> реагирует с H<sub>2</sub>O. Молекулы O<sub>2</sub> образуют угольную кислоту, которая снижает pH ткани. В кислой среде сродство гемоглобина к кислороду уменьшается. Во время карбокситерапии увеличивается высвобождение кислорода из гемоглобина в ткани. Более низкий pH крови и гипероксигенация способствуют высвобождению местных факторов роста (фактор роста фибробластов, фактор роста эндотелиальных клеток, фактор роста эндотелия сосудов и ангиогенин), которые затем стимулируют ангиогенез. Когда значение pH падает до 6,8 или ниже, проницаемость стенок капилляров увеличивается. В свою очередь, значения pH ниже 6,5 связаны с повышением эластичности коллагеновых волокон в стенках кровеносных сосудов и уменьшением их фиброза и жесткости. Более того, за счет ускорения локального кровотока увеличивается просвет уже существующих капилляров в результате снижения напряжения сосудистой мускулатуры и открытия клапанов.<sup>13-17</sup> Сильный поток внутрикожного углекислого газа также может привести к ремоделированию соединительной ткани. Карбокситерапия обычно используется для уменьшения кругов вокруг глаз, поскольку существует несколько эстетических терапий, которые имеют долгосрочные эффекты, связанные с улучшением микроциркуляции.<sup>15,18,19</sup>

В данном исследовании для лечения кожи вокруг левого глаза использовалась лактобионовая или феруловая кислота с аскорбиновой кислотой в сочетании с карбокситерапией. На основании показаний был выбран тип кислоты. Лактобионовая кислота обладает сильными увлажняющими (гигроскопическими) свойствами. Она действует как антиоксидант и противовоспалительное вещество. Она также является ингибитором металлопротеиназ, и поэтому она оказывает косвенное воздействие на дерму и сосуды, предотвращая образование сосудистых изменений и морщин под глазами.<sup>20</sup> В этом исследовании эта кислота использовалась у участников с сосудистыми кругами под глазами. Сочетание феруловой кислоты с аскорбиновой кислотой оказывает антиоксидантное и противовоспалительное действие, усиливает ангиогенез, ускоряет заживление и подавляет выработку тирозиназы.<sup>21-23</sup> Такое лечение применялось к участникам с темными кругами под глазами.

Целью данного исследования была оценка эффективности серии карбокситерапии и химических пилингов в уменьшении сосудистых и пигментных кругов в области глаз. Объективная оценка воздействия эстетических процедур является важным источником знаний относительно используемых методов, полученных эффектов и возможных побочных эффектов. Выбор методов измерения позволяет объективно оценить воздействие процедур, сочетающих карбокситерапию и химические пилинги, на круги вокруг глаз, что является инновационным, поскольку практически нет литературных данных по этой теме. Более того, немногие исследования темных кругов включают европеоидную расу с фототипом кожи II по Фицпатрику.

## Материалы и методы

### Материалы

В исследование была включена группа из 39 человек европеоидной расы в возрасте 25–55 лет (35 женщин и 4 мужчины) со II и III фототипами кожи по Фицпатрику, имеющих темные или сосудистые тени вокруг глаз. Исследуемая группа была разделена в соответствии с классификацией кругов под глазами и индивидуальными показаниями к лечению. Критерием отбора также был возраст: 25–55 лет. Контрольной группы не было, поскольку исследование было сосредоточено на сравнении состояний кожи до и после серии процедур.

Критерии исключения для карбокситерапии включали: недостаточность органов (почечных, сердечных, дыхательных и кровеносных), участвующих в метаболизме и выведении CO<sub>2</sub> из организма, а также такие заболевания, как инсульт, тромбоэмболия легочной артерии, активный туберкулез легких, цереброваскулярные события, геморрагический диатез и флебит, а также заболевания соединительной ткани, заболевания крови и свертывающей системы. Противопоказаны также активные опухолевые заболевания и рак в течение 5 лет с момента выздоровления, анамнез лучевой терапии и активные аутоиммунные заболевания. Мы исключили инфекционные заболевания, в том числе вызванные анаэробными бактериями, герпес, воспаление кожи в зоне лечения. Также относительными противопоказаниями считались: эпилепсия, глаукома, неконтролируемый диабет и гипертония. Карбокситерапию нельзя применять у лиц, проходящих лечение антикоагулянтами, ингибиторами карбоангидразы, метформином (диабет), системными кортикостероидами, НПВП, ретиноидами и изотретиноином. Процедура не проводилась беременным и кормящим женщинам. Участники ранее не проходили никаких других процедур эстетической медицины вокруг глаз.

Процедуры проводились в соответствии с известными стандартами лечения. Участники исследования прошли пять процедур с недельными интервалами. Они были проинструктированы о домашнем уходе, чтобы не проводить никаких процедур, которые могут повлиять на состояние кожи. Участники были проинформированы о возможных временных побочных эффектах, связанных со спецификой процедур, и других возможных, но непредсказуемых эффектах. Все лица из группы исследования подписали информированное согласие

форма для участия в этом исследовании. Они согласились на процедуры, измерения и фотодокументацию. Используемое лечение имеет доказанный общий положительный эффект на кожу, поэтому все люди с готовностью прошли терапию.

Пациенты были проинформированы о послепроцедурной процедуре и о том, что в связи с инъекциями в месте инъекции могут возникнуть петехии и отеки, которые исчезают спонтанно через короткое время. Все эти симптомы составляют нормальную перипроцедурную клиническую картину и не требуют медицинского вмешательства, а их интенсивность является индивидуальным вопросом. Соблюдая послепроцедурные рекомендации, пробанд не подвергается долгосрочным осложнениям. Однако, как и при всех процедурах, затрагивающих кожу, существует риск непредсказуемых реакций. Послепроцедурные рекомендации включали использование холодных компрессов и легкий постукивающий массаж области обработки. Было рекомендовано, что сразу после процедуры в течение 6 часов не следует выполнять интенсивные физические упражнения или использовать холодные (например, бассейн) или горячие ванны, сауну или солярий. Для ускорения рассасывания петехий, образовавшихся после процедуры, рекомендуется использовать мази и кремы от синяков и петехий, например, с арникой, гепарином и витамином К. При отсутствии побочных эффектов пациенты могут использовать прежний домашний уход.

## Методы

Карбокситерапия (Criss Carbo, Польша) представляет собой контролируемую внутрикожную инъекцию очищенного, стерильного, лапароскопического диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) в лечебных целях. Перед процедурой место инъекции дезинфицировали. Одноразовую тонкую иглу 32 G 4 мм вводили под углом 15–30° на глубину 1 мм. CO<sub>2</sub>Скорость потока регулировалась в ручном режиме (от 10 см<sup>3</sup>) и контролировалась его дозировка (от 0,5 см<sup>3</sup>). Использовались следующие параметры потока: 10 см<sup>3</sup>/мин и доза (сумма см<sup>3</sup>): 3 см<sup>3</sup> на глаз.<sup>24</sup>Обработка области вокруг глаз длилась несколько минут.

Риск инфицирования был сведен к минимуму за счет использования стерильного медицинского газа, фильтра твердых частиц на выходе газа, стерильных трубок и одноразовых игл. Кроме того, перед процедурой карбокситерапии, после тщательного очищения кожи, на область инъекции наносилось дезинфицирующее средство для кожи.

Температура кожи измерялась случайным образом с помощью бесконтактного инфракрасного термометра.

Кроме того, один из двух поверхностных химических пилингов был применен к области кожи под левым глазом, в зависимости от диагноза/показания. Классификация (клиническая оценка) была проведена врачами, проводившими исследование. Круги были разделены на сосудистые и пигментированные категории. Первоначальные измерения были сделаны с помощью зонда Mexameter (индекс меланина и гемоглобина/эритемы) для проверки. На основании клинического наблюдения и предпроцедурного интервью/консультации и первоначальных мексаметрических измерений, которые облегчили квалификацию. Незарегистрированные измерения были сделаны в области нижнего века и на щеке, чтобы сравнить сосудистую и меланиновую пигментацию. Объединив эти несколько критериев оценки, мы сделали выводы и квалифицировали круги под глазами как сосудистые или пигментированные. В исследовании было меньше людей, у которых были признаки пигментированных кругов под глазами. Поэтому в случае смешанных кругов субъекты были классифицированы как пигментированные круги.

Мы использовали либо 20% лактобионовую кислоту с pH 2,1 (время нанесения 10 мин), либо 14% феруловую кислоту с pH 4,0–5,0 в сочетании с 12% L-аскорбиновой кислотой, нанесенную на 5 часов. Через 5 часов участников попросили очистить кожу и нанести увлажняющий препарат. Феруловая кислота с L-аскорбиновой кислотой использовалась для темных/пигментных кругов, а лактобионовая кислота (20% pH 2,1) — для людей с сосудистыми темными кругами.

## Измерение

Оценка изменений уровня меланина и гемоглобина в коже вокруг глаз после серии процедур карбокситерапии проводилась с помощью зонда Mexameter MX 18, подключенного к адаптеру Multi Probe Adapter Courage + Khazaka electronic GmbH. Этот прибор предназначен для измерения свойств кожи. Mexameter MX 18 точно измеряет содержание меланина (индекс меланина; MI) и гемоглобина (индекс эритемы; EI) в коже. В нашем исследовании этот прибор использовался для оценки эффективности процедур карбокситерапии в уменьшении сосудистых и темных кругов вокруг глаз. Измерение основано на поглощении света. Зонд Mexameter излучает свет трех длин волн:

- зеленый:  $\lambda = 568 \text{ нм} \pm 3 \text{ нм}$ ,
- красный:  $\lambda = 660 \text{ нм} \pm 3 \text{ нм}$ ,
- инфракрасный:  $\lambda = 870 \text{ нм} \pm 10 \text{ нм}$ .

Зонд Mexameter очень чувствителен и измеряет широкий диапазон содержания меланина и эритемы (0–999), что позволяет регистрировать даже самые незначительные изменения цвета кожи. Измерение эритемы осуществляется с использованием света двух длин волн — одна соответствует спектру поглощения гемоглобина, а другая подбирается таким образом, чтобы избежать влияния других цветов, в том числе билирубина, которые могут затруднить дифференциацию сосудистых и темных/пигментных кругов под глазами.

Измерения проводились в двух местах (Рисунок 1): во внутренней области глаза (так называемая слезная борозда) и средней области (посередине расстояния между наружным и внутренним углами глаза) нижнего века левого и правого глаза.

Субъекты дали свое письменное информированное согласие, и что протокол исследования был одобрен комитетом института по исследованиям на людях. Этот исследовательский проект и процедуры были одобрены Комитетом по биоэтике Медицинского университета Лодзи (Протокол № RNN/105/22/KE), и это исследование соответствует Хельсинкской декларации.

### Статистический анализ

Для описания изучаемых параметров использовались среднее значение и стандартное отклонение (среднее  $\pm$  SD), а также медиана и межквартильный размах (медиана (25%; 75%). Для данных, не показывающих отклонений от нормы (согласно тесту Шапиро–Уилкса) при равных дисперсиях, стандарт- $t$ -тест использовался для выражения различий между группами. В других случаях использовался тест Манна–Уитни.  $U$ -тест был выполнен. В случае повторных измерений парный  $t$ -тест был выполнен, и был применен ранговый тест знаков Вилкоксона, соответственно. Значения  $P$  менее 0,05 считались статистически значимыми.

### Результаты

В этом исследовании использовались различные критерии оценки, поэтому был проведен сложный статистический анализ. Карбокситерапия проводилась только в области правого глаза (Таблицы 1 и 2) значительно снизил параметр EI, который отражал тяжесть эритемы. Наблюдалось снижение в среднем на  $-3,3$  единицы (улучшение у 69,2% участников исследования) в слезной борозде правого глаза и на  $-7,8$  единицы (улучшение у 82,1% лиц) в средней области глаза. Улучшение также было продемонстрировано на левой стороне, где применялось комбинированное лечение. Сообщалось о снижении на 7,2 параметра EI (улучшение у 82,1% лиц, т. е. у 32 из 39 участников) в области слезной борозды. Однако влияние лечения на параметр MI (уровень меланина) было статистически незначимым.

Целью исследования также была оценка воздействия выбранных кислот на определенные параметры кожи. Таблица 3 представлены изменения параметров кожи в подгруппах, прошедших лечение одним химическим пилингом. Лактобионовая кислота использовалась у 25 пациентов. Ее применение было связано со статистически значимым улучшением параметра EI ( $p=0,011$ ) в области слезной борозды. Мы также наблюдали улучшение MI и EI после применения карбокситерапии

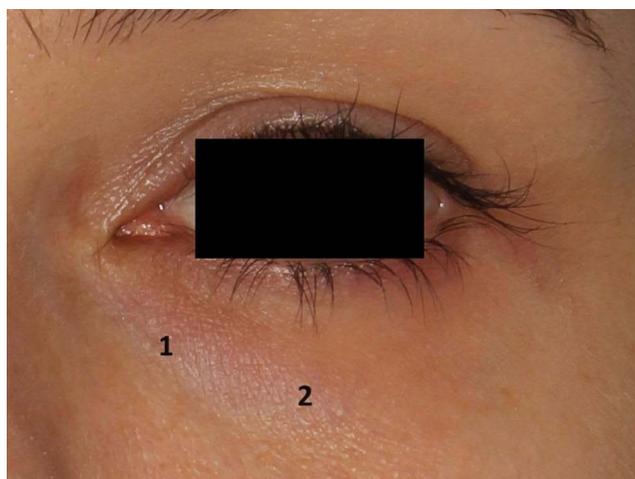


Рисунок 1 Точки измерения.

**Таблица 1** Изменение MI/EI после серии процедур в области слезной борозды

Параметр (n=39)	Точка времени		п
	Базовый уровень	После лечения	
MI – слезная борозда (справа)	130,5±57,7	122,8±50,9	НС (P=0,061)
Улучшение [сущ.]	—	25 [64,1%]	—
Изменение (% по сравнению с исходным уровнем)	—	- 2,9 (-13,3; 5,2)	—
EI – слезная борозда (справа)	394,4±77,0	378,7±77,0	<b>0,015</b>
Улучшение [сущ.]	—	27 [69,2%]	—
Изменение (% по сравнению с исходным уровнем)	—	- 3,3 (-7,8; 0,2)	—
ИМ – слезная борозда (левая)	122,5±51,0	114,7±45,9	НС (P=0,066)
Улучшение [сущ.]	—	24 [61,5%]	—
Изменение (% по сравнению с исходным уровнем)	—	- 2,4 (-11,0; 4,7)	—
EI – слезная борозда (левая)	397,6±91,0	365,8±81,3	<b>0,002</b>
Улучшение [сущ.]	—	32 [82,1%]	—
Изменение (% по сравнению с исходным уровнем)	—	- 7,2 (-14,5; -0,8)	—

Примечание: Жирный шрифт указывает на статистическую значимость.

**Таблица 2** Изменение MI/EI после серии процедур в центре нижнего века

Параметр (n=39)	Точка времени		п
	Базовый уровень	После лечения	
MI – центр нижнего века (справа)	117,8±49,2	111,5±42,2	НС (P=0,181)
Улучшение [сущ.]	—	27 [69,2%]	—
Изменение (% по сравнению с исходным уровнем)	—	- 2,8 (-7,0; 1,8)	—
EI – центр нижнего века (справа)	347,7±71,7	317,5±76,7	<b>&lt;0,0001</b>
Улучшение [сущ.]	—	32 [82,1%]	—
Изменение (% по сравнению с исходным уровнем)	—	- 7,8 (-17,4; -2,5)	—
MI – центр нижнего века (слева)	115,8±41,8	111,3±39,3	НС (P=0,321)
Улучшение [сущ.]	—	25 [64,1%]	—
Изменение (% по сравнению с исходным уровнем)	—	- 5,8 (-14,2; 10,8)	—
EI – центр нижнего века (слева)	344,9±82,1	337,2±80,9	НС (P=0,387)
Улучшение [сущ.]	—	21 [53,8%]	—
Изменение (% по сравнению с исходным уровнем)	—	- 0,8 (-13,6; 8,0)	—

Примечание: Жирный шрифт указывает на статистическую значимость.

**Таблица 3** Влияние химических пилингов с карбокситерапией на оцениваемые параметры кожи, связанные с пигментными и сосудистыми компонентами темных кругов

	Время		п
	Базовый уровень	После лечения	
МИ (карбокситерапия + феруловая кислота + аскорбиновая кислота) – слезная борозда	160,9±49,4 (n=14)	142,5±46,5 (n=14)	НС (P=0,093)
МИ (карбокситерапия + феруловая кислота + аскорбиновая кислота) – центр века	147,5±43,1 (n=14)	131,5±43,6 (n=14)	НС (P=0,091)
ЭИ (карбокситерапия + феруловая кислота + аскорбиновая кислота) – слезная борозда	462,2±86,9 (n=14)	423,3±63,8 (n=14)	НС (P=0,069)
ЭИ (карбокситерапия + феруловая кислота + аскорбиновая кислота) – центр века	405,2±67,2 (n=14)	396,0±72,5 (n=14)	НС (P=0,593)
МИ (карбокситерапия + лактобионовая кислота) – слезная борозда	101,0±38,3 (n=25)	99,1±38,1 (n=25)	НС (P=0,473)
МИ (карбокситерапия + лактобионовая кислота) – центр века	98,0±29,1 (n=25)	99,9±32,2 (n=25)	НС (P=0,666)
ЭИ (карбокситерапия + лактобионовая кислота) – слезная борозда	361,4±72,3 (n=25)	333,7±72,5 (n=25)	<b>P=0,011</b>
ЭИ (карбокситерапия + лактобионовая кислота) – центр века	311,1±70,2 (n=25)	304,3±66,1 (n=25)	НС (P=0,511)

Примечание: Жирный шрифт указывает на статистическую значимость.

в сочетании с феруловой кислотой и аскорбиновой кислотой в области среднего века и слезной борозды соответственно, однако эти изменения не были статистически значимыми ( $p=0,091$  и  $p=0,069$  соответственно).

При совместном анализе обоих индексов (MI + EI) наблюдалось статистически значимое снижение пигментации в слезной борозде и средней части века (обе точки измерения) как после процедур карбокситерапии, так и после карбокситерапии - правая сторона с химическими пилингами - левая сторона (Таблица 4).

#### Побочные эффекты

Так как CO<sub>2</sub> является физиологическим газом в организме, его внутрикожное введение не было связано с какими-либо существенными побочными эффектами, включая возникновение аллергических реакций. По сравнению с другими методами, используемыми в эстетической дерматологии

**Таблица 4** Сравнительная оценка обоих индексов вместе (MI+ EI) из обеих точек измерения, связанных с суммарной пигментацией кожи вокруг глаз с правой и левой стороны (сравнение правой стороны с левой стороной до лечения и после лечения: карбокситерапия - правая сторона, карбокситерапия плюс химические пилинги - левая сторона)

N=39	Время		п
	Базовый уровень	После лечения	
MI+EI [Unit] – правая сторона	990,4±221,3	930,4±212,7	<b>P=0,001</b>
Изменение (% по сравнению с исходным уровнем) – правая сторона		- 5,6 (-10,2; -0,8)	—
MI+EI [Unit] – левая сторона	980,8±235,0	929,1±217,2	<b>P=0,015</b>
Изменение (% по сравнению с исходным уровнем) – левая сторона		- 3,8 (-10,8; 3,0)	—

Примечание: Жирный шрифт указывает на статистическую значимость.

и косметологии, эта методика связана с низким риском осложнений и не нарушает повседневного функционирования. Более того, в этом исследовании проведенная процедура затронула минимальную область нижних век, поэтому симптомы, ощущения и побочные реакции были ограниченными.

Во время карбокситерапии участники испытывали ощущение распространения газа под кожей, легкое ощущение боли, давления, покалывания, жжения, зуда и покалывания в месте инъекции газа. Ощущения обычно длились около 3 минут. В результате стимуляции кровообращения температура в обработанной области локально повышалась на  $1^{\circ}$  -  $1,5^{\circ}$  C в течение примерно 10 минут. Температура кожи случайным образом измерялась с помощью бесконтактного инфракрасного термометра. У двух участников в месте инъекции появился небольшой экхимоз, однако он исчез примерно через 2-3 дня после процедуры. У четырех человек утром следующего дня после процедуры наблюдалась небольшая припухлость. Припухлость проходила спонтанно в течение двух часов после пробуждения. Все эти эффекты являются нормальными клиническими перипроцедурными симптомами, которые не требуют медицинского вмешательства, и их интенсивность зависит от индивидуальной предрасположенности. Однако, как и при всех кожных процедурах, всегда существует риск непредсказуемых реакций.

## Обсуждение/Выводы

Многие исследователи оценили уменьшение гиперпигментации и темных кругов под глазами. Существует мало научных отчетов об использовании карбокситерапии для уменьшения видимости темных кругов под глазами.<sup>7,17,24-31</sup>

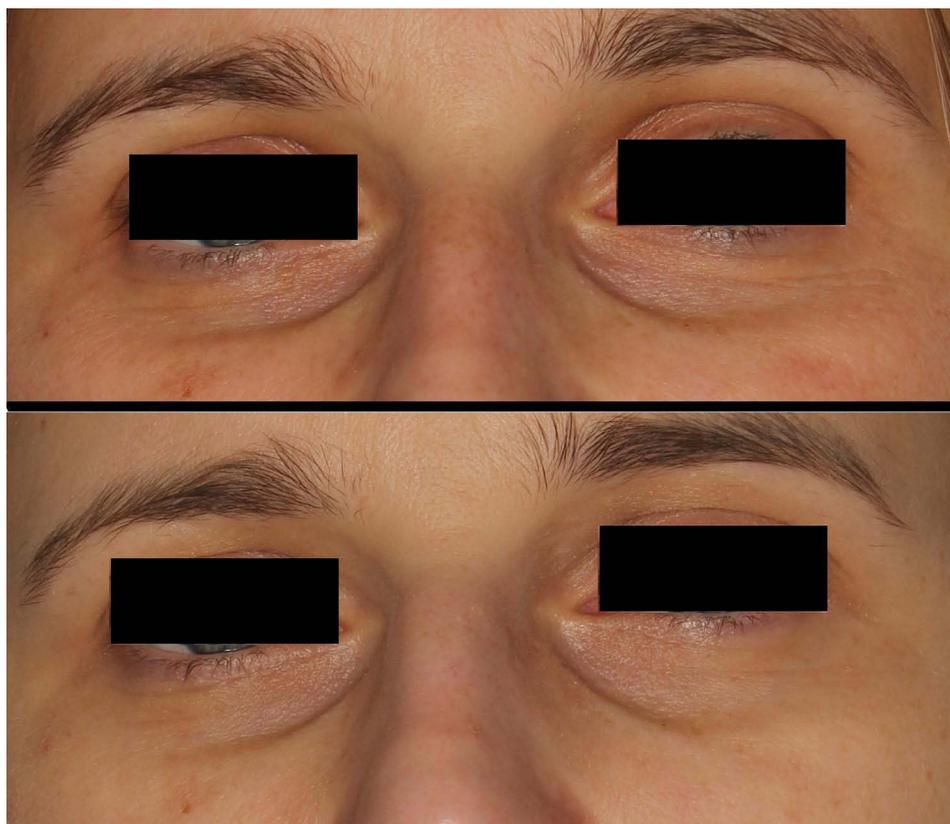
Более того, результаты, полученные другими исследователями, отличаются друг от друга, а иногда представленные изменения статистически не значимы. Эти расхождения могут быть связаны с различиями в количестве терапий в серии, глубине введения газа, перипроцедурном уходе или интенсивности кругов вокруг глаз. На эффективность процедур могут влиять и другие факторы, такие как возраст, пол, фазы менструального цикла у женщин, принимаемые лекарства и образ жизни (курение и воздействие УФ-излучения). Для получения объективных результатов мы использовали зонд Mexameter, который измеряет индекс меланина и гемоглобина по отдельности. Выбор измерительного прибора позволил оценить влияние исследуемой процедуры на оба параметра.

Наиболее выраженные статистически значимые эффекты наблюдались в случае параметра EI. Было обнаружено, что значения гемоглобина снижаются в трех из четырех областей обработки. Мы обнаружили, что значения гемоглобина снижаются в трех из четырех областей обработки. Карбокситерапия улучшает микроциркуляцию кожи и, следовательно, способствует сужению стенок сосудов. Было показано, что карбокситерапия стимулирует выработку внеклеточного матрикса. Происходит деградация старого коллагена, а также увеличивается выработка нового коллагена. Поэтому карбокситерапия также используется при лечении морщин и дряблости кожи вокруг глаз.<sup>25,32</sup> Используя 3D, морфометрический и гистологический анализ кожи, El-Domyati M. et al показали очень хорошее и хорошее улучшение текстуры кожи и пигментации у большинства людей, прошедших 8 сеансов карбокситерапии (левая сторона лица). Однако большее улучшение наблюдалось у тех же пациентов на правой стороне лица после 6 сеансов карбокситерапии в сочетании с двумя процедурами фракционного лазера CO<sub>2</sub>. Карбокситерапия сама по себе была связана со стимуляцией выработки коллагена и улучшенной реорганизацией эластичных волокон. Были проведены 3D анализ кожи, а также морфометрический и гистологический анализ.<sup>31</sup> MA Nilforoushzadeh et al обнаружили, что как карбокситерапия, так и терапия лазером Nd: YAG были эффективны в лечении темных кругов вокруг глаз, однако карбокситерапия дала более выраженный эффект. Осветление кожи и снижение содержания меланина в коже вокруг глаз наблюдались в группе карбокситерапии ( $p < 0,0001$ ). В этой группе также было показано значительное повышение эластичности кожи ( $p < 0,05$ ). Более высокая эластичность кожи приводит к снижению видимости капилляров кожи и, следовательно, к снижению эритемы.<sup>28</sup>

На основании вышеизложенных доказательств и собственного анализа мы пришли к выводу, что утолщение эпидермиса и дермы может уменьшить видимость кругов. Статистически значимое снижение интенсивности эритемы было продемонстрировано вокруг области слезной борозды левого ( $p = 0,002$ ) и правого ( $p = 0,015$ ) глаза. Поэтому можно предположить, что карбокситерапия оказывает существенное влияние на уменьшение сосудистых кругов, а на повышение эффективности (о чем свидетельствует более высокая статистическая значимость) влияет лактобионовая кислота, нанесенная на кожу левого глаза. После терапии лактобионовой кислотой обследование кожи с использованием конфокальной микроскопии показало существенное снижение количества телеангиэктазий, а также уменьшение просвета капилляров. Результаты пилотных исследований свидетельствуют о благоприятном влиянии лактобионовой кислоты на сосудистые нарушения, включая телеангиэктазии, и регуляцию микроциркуляции в коже.<sup>20</sup>

В нашем исследовании феруловая кислота в сочетании с аскорбиновой кислотой использовалась у участников с темными кругами ( $n = 14$ ), а лактобионовая кислота у лиц с сосудистыми кругами ( $n = 25$ ). Наибольшее статистически значимое изменение по сравнению с исходными значениями наблюдалось после карбокситерапии в сочетании с нанесением лактобионовой кислоты в слезную борозду. В свою очередь, Dayal S. et al продемонстрировали, что использование 20% гликолевой кислоты или 15% молочной кислоты или 20% витамина С уменьшало пигментацию периорбитального меланоза. В их исследовании было проведено четыре сеанса лечения гликолевой кислотой или молочной кислотой с трехнедельными интервалами, в то время как витамин С наносился местно на ночь в течение 12 недель. Самая высокая эффективность была продемонстрирована после нанесения гликолевой кислоты, а самая низкая — в случае витамина С.<sup>33</sup>Здуньска К. и др. оценили влияние феруловой кислоты в сочетании с витамином С на выбранные параметры кожи, включая интенсивность эритемы и изменение цвета кожи, используя зонд Mexameter. Статистически значимое снижение пигментации и эритемы (осветление кожи) наблюдалось в случае обеих кислот ( $p < 0,0001$ ).<sup>34</sup>В другом исследовании Здуньска К и др. продемонстрировали эффект уменьшения эритемы при применении феруловой кислоты на фотостареющей коже. Изменения в результатах, полученных с помощью зонда Mexameter, были статистически высокозначимыми. Наибольшее улучшение эритемы наблюдалось через месяц после последней обработки ( $p < 0,0001$ ).<sup>35</sup>

Мы также объединили эффекты карбокситерапии на параметры MI и EI в области слезной борозды и середины века для правого и левого глаза отдельно. Статистически значимые различия в цвете кожи были обнаружены в случае правого и левого глаза. Таким образом, можно сделать вывод, что как серия карбокситерапии отдельно, так и карбокситерапия в сочетании с кислотами оказываются полезными и эффективными в уменьшении периокулярной гиперпигментации различного происхождения - как сосудистых, так и темных кругов. Уменьшение EI, по-видимому, более выражено. Лечение, использованное в этом исследовании, улучшает микроциркуляцию кожи и, следовательно, способствует сужению стенок сосудов. Более того, утолщение эпидермиса и дермы может уменьшить видимость кругов. Кислоты, используемые в нашем



**Рисунок 2** Пациент 38 лет; эффекты серии процедур карбокситерапии: сверху - до процедур; внизу - после серии карбокситерапии (область правого глаза) и карбокситерапии в сочетании с феруловой кислотой и L-аскорбиновой кислотой (область левого глаза). Наблюдался эффект осветления интенсивности как слезной борозды, так и незначительных изменений пигментации вокруг глаз. Также показано для выравнивания поверхности кожи, уменьшения морщин, которые являются симптомом раннего фотостарения кожи.



**Рисунок 3** Пациентка 30 лет; эффекты серии процедур карбокситерапии: вверху - до процедур; внизу - после серии карбокситерапии (область правого глаза) и карбокситерапии в сочетании с лактобионовой кислотой (область левого глаза). Наблюдается эффект уменьшения видимости сосудистых кругов. Наблюдается значительное улучшение разглаживания (вероятно, за счет увлажнения) поверхности и морщин. Наблюдается общее улучшение цвета кожи.

исследования, обладают легкими отшелушивающими свойствами и стимулируют обновление эпидермиса, что может дополнительно усилить эффект осветления кожи и уменьшить видимость темных кругов.

Мы выбрали оптимальную серию из 5 процедур карбокситерапии. В других исследованиях авторы выбирали количество процедур в серии от 3 до 7. Roshdy et al сравнили эффекты двух различных типов потоков углекислого газа (30 мл/мин и 60 мл/мин) у 40 человек с темными кругами, прошедших 6 процедур карбокситерапии. Значительное уменьшение кругов под глазами наблюдалось в обеих группах.<sup>26</sup> Кроме того, П. Фиорамонти и др. продемонстрировали снижение интенсивности кругов под глазами на 50–60% в исследовании, проведенном на группе из 90 пациентов, которые прошли 7 сеансов карбокситерапии с интервалом в 1 неделю.<sup>25</sup> Э. Нофал и соавторы продемонстрировали уменьшение периорбитальной гиперпигментации (ПГ) в группе из 30 пациентов, прошедших 7 процедур карбокситерапии.<sup>27</sup> Эйро и др. провели исследование эффекта серии из 3 сеансов карбокситерапии, проведенных с недельными интервалами на 35 субъектах. Эффекты, основанные на анализе фотографий, оценивались 3 независимыми оценщиками и самими участниками исследования. Было продемонстрировано статистическое ( $p < 0,00001$ ) улучшение темных кругов под глазами. Кроме того, они наблюдали уменьшение поверхностных и глубоких морщин.<sup>17</sup> В нашем исследовании мы не проводили полный анализ фотодокументации, сосредоточившись только на объективно измеримых эффектах, полученных в результате исследовательских зондов. Тем не менее, эффекты терапии можно увидеть на представленных фотографиях (Цифры 2и3).

## Ограничения

Исследование проводилось на лицах в возрасте от 25 до 55 лет, поэтому представляется, что более узкий возрастной диапазон был бы более подходящим. Процесс проверки был сосредоточен только на клинической оценке и мексаметрических измерениях. Было бы полезно использовать анализ мультиспектральной камеры или видеокапилляроскопию, чтобы отличить сосудистые круги от пигментированных кругов. (недоступно для исследователей). Контрольной группы не было. Несмотря на предполагаемую разницу в эффективности, кислоты оказались схожими по направленности и эффективности в случае темных кругов. Мы могли бы выбрать другие кислоты, например, транексамовую. Исследуемая группа могла бы быть больше.

## Выводы

Как серия карбокситерапии в отдельности, так и ее сочетание с кислотами оказались эффективными в снижении пигментации кожи вокруг глаз, интенсивности эритемы, особенно при сосудистых кругах в области слезной борозды. Объективные результаты данного исследования подтвердили эффективность карбокситерапии у пациентов с кругами под глазами. Лактобионовая кислота, феруловая кислота и аскорбиновая кислота могут использоваться в качестве безопасной дополнительной терапии, усиливающей действие карбокситерапии.

## Благодарности

Данное исследование было поддержано уставным исследованием в рамках деятельности кафедры косметологии и эстетической дерматологии фармацевтического факультета Медицинского университета Лодзи № 503/3-066-01/503-31-001-19-00.

## Заявление об этике

Заявление об одобрении исследования: Данный протокол исследования был рассмотрен и одобрен Комитетом по биоэтике Медицинского университета Лодзи (Протокол № RNN/105/22/KE).

Испытуемые дали письменное информированное согласие, а протокол исследования был одобрен комитетом института по исследованиям на людях.

### Раскрытие информации

Авторы не сообщают о конфликтах интересов в этой работе. Авторы сами несут ответственность за содержание и написание статьи.

## Ссылки

1. Пак К.Дж., Кwon Х.Дж., Юн Ч.С., Со С.Дж., Ким М.Н. Лечение инфраорбитальных темных кругов различной этиологии. *Энн Дерматол.*2018;30:5.
2. Врчек И., Озгур О., Накра Т. Подглазничные темные круги: обзор патогенеза, оценки и лечения. *J Cutan Эстетическая хирургия.*2016;9:65–72. doi:10.4103/0974-2077.184046
3. Саркар Р., Дас А. Периорбитальная гиперпигментация: что за ней скрывается? *Инд Дерматол Онлайн J.*2018;9(4):229–230. doi:10.4103/idoj.IDOJ\_303\_17
4. Ро М., Чунг К. Й. Темные круги под глазами: определение, причины и варианты лечения. *Дерматол Сургути.*2009;35(8):1163–1171. doi:10.1111/j.1524-4725.2009.01213.x
5. Мак-Мэри С., Зорноза Солинис И., Предин О. и др. Выявление трех ключевых факторов, влияющих на этиологию темных кругов, путем клинической и инструментальной оценки подглазничной области. *Clin Cosmet Invest Дерматол.*2019;12:919–929. doi:10.2147/CCID.S217956
6. Мацуи М.С., Шалка С., Вандервер Г. и др. Физиологические и жизненные факторы, способствующие риску и тяжести периорбитальных темных кругов у населения Бразилии. *Бюстгальтер Дерматол.*2015;90(4):494–503. doi:10.1590/abd1806-4841.20153520
7. Ахмед Н.А., Мохаммед С.С., Фатани М.И. Лечение темных кругов вокруг глаз: сравнительное исследование карбокситерапии, химического пилинга и мезотерапии. *J Космет Дерматол.*2019;18(1):169–175. doi:10.1111/jocd.12536
8. Пак С.Р., Ким Х.Дж., Пак Х.К. и др. Классификация по причинам возникновения темных кругов и соответствующий метод оценки темных кругов. *Технология восстановления кожи.* 2016;22(3):276–283. doi:10.1111/srt.12258
9. Вершур М., Гупта С., Шарма В.К., Ортонн Дж.П. Определение меланина и гемоглобина в коже при идиопатической гиперхромии кожи орбитальной области (ICNOR): исследование индийских пациентов. *J Cutan Эстетическая хирургия.*2012;5(3):176–182. doi:10.4103/0974-2077.101371
10. Кикичи К., Масуда Й., Хирао Т. Визуализация коэффициента насыщения гемоглобина кислородом на лице с помощью спектральной камеры и ее применение для оценки темных кругов. *Технология восстановления кожи.*2013;19(4):499–507. doi:10.1111/srt.12074
11. Хуан ЙЛ, Чанг СЛ, Ма Л, Ли МЦ, Ху С. Клинический анализ и классификация темных кругов под глазами. *Int J Дерматол.*2014;53(2):164–170. doi:10.1111/j.1365-4632.2012.05701.x
12. Колван Л., Флек Т., Вега В. Л. Глобальное омоложение периорбитальной кожи с помощью местного крема для глаз, содержащего низкомолекулярный гепарансульфат (LMW-HS) и смесь натуральных экстрактов. *J Космет Дерматол.*2019;18(2):530–538. doi:10.1111/jocd.12857
13. Колодзейчак А., Подгурна К., Ротштейн Х. Является ли карбокситерапия хорошим альтернативным методом устранения различных дефектов кожи? *Дерматол Терап.* 2018;31.
14. Бараньска-Рыбак В., Мерхольц Д.М. Карбокситерапия в свете последних сообщений. Высыпания, похожие на мультиформную эритему, как побочный эффект карбокситерапии. *Дерматол Рев/Пржегл Дерматол.*2019;106:46–51.
15. Варларо В., Манзо Г., Мугнаини Ф. и др. Карбокситерапия: влияние на микроциркуляцию и ее применение при лечении тяжелой лимфедемы. *Акта Флебол.*2007;8.
16. Догаим НН, Эль-Татави РА, Нейнаа ЙМЕ-Х, Эль-Самд ММ А. Исследование эффективности карбокситерапии при алопеции. *J Космет Дерматол.* 2018 ;17:1275–1285. doi:10.1111/jocd.12501
17. Эйро Кью, Ла Падула Сью, Пицца Кью, Херсант Бью, Менинго Дж. П. Карбокситерапия, подкожные инъекции углекислого газа в лечении темных кругов под глазами: надежная и эффективная процедура. *J краниомаксиллофак хирургия.*2021;49(8):670–674. doi:10.1016/j.jcms.2021.01.028
18. Кинг С., Кинг М. Использование карбокситерапии в качестве вспомогательного эстетического лечения пациентов с алопецией. *J Эстетик Нерс.*2013;2:434–435. doi:10.12968/joan.2013.2.9.434
19. Кутна Н. *Карбокситерапия: новый неинвазивный метод в эстетической медицине.* Том 145. Кас Лек Ческ;2006:841–843.

20. Алонсо С., Рендуэлес М., Диас М. Биопродукция лактобионовой кислоты: современное состояние, применение и перспективы на будущее. *Биотехнология Adv.* 2013;31(8): 1275–1291. doi:10.1016/j.biotechadv.2013.04.010
21. Оресаджо К., Стивенс Т., Хино П. Д. Защитные эффекты местной антиоксидантной смеси, содержащей витамин С, феруловую кислоту и флоретин, против фотоповреждения кожи человека, вызванного ультрафиолетом. *Ж Космет Дерматол.* 2008;7:290–297. doi:10.1111/j.1473-2165.2008.00408.x
22. Мюррей Дж. К., Берч Дж. А., Стрейлайн РД, Ианнаккионе МА, Холл РП, Пиннелл СР. Местный антиоксидантный раствор, содержащий витамины С и Е, стабилизированные феруловой кислотой, обеспечивает защиту кожи человека от повреждений, вызванных ультрафиолетовым излучением. *Ж Am Acad Дерматол.* 2008;59:418–425. doi:10.1016/j.jaad.2008.05.004
23. Здуньска К., Дана А., Колодзейчак А., Ротштейн Х. Антиоксидантные свойства феруловой кислоты и ее возможное применение. *Skin Pharmacol Физиол.* 2018;31(6):332–336. doi:10.1159/000491755
24. Сейрафианпур Ф., Атефи Н., Амин Н.Г. и др. Эффективность, безопасность и удовлетворенность пациентов карбокситерапией в качестве дополнительного метода лечения периорбитальной гиперпигментации. *Технология восстановления кожи.* 2024;30(3):e13651. doi:10.1111/srt.13651
25. Фиорамонти П., Фаллико Н., Паризи П., Скюдери Н. Омоложение периорбитальной области с помощью терапии углекислым газом. *Ж Космет Дерматол.* 11:223–228. doi:10.1111/j.1473-2165.2012.00633.x
26. Рошди ОХ, Абд Элалл ХМ, Эйд АА. Рандомизированное сравнительное исследование влияния двух различных скоростей потока карбокситерапии при лечении темных кругов под глазами. *Ж Космет Дерматол.* 2021;1–8.
27. Нофал Э., Элкот Р., Нофал А., Элдесоки Ф., Шехата С., Сами М. Оценка карбокситерапии и богатой тромбоцитами плазмы при лечении периорбитальной гиперпигментации: сравнительное клиническое исследование. *Ж Космет Дерматол.* 2018;17(6):1000–1007. doi:10.1111/jocd.12478
28. Нилфороушзаде М.А., Хейдари-Хараджи М., Алави С., Золгадр С., Махмудбейк М., Никхах Н. Никхах. Сравнение карбокситерапии и фракционного лазера с модуляцией добротности ND: YAG при лечении периорбитальных темных кругов: клиническое исследование. *Лазеры Med Sci.* 2021;36:1927–1934. doi:10.1007/s10103-021-03274-5
29. Тахлави Э., Фаузи М.М., Мадави З.Е., Несрин С.М. Абораиа. Обогащенная тромбоцитами плазма против карбокситерапии в лечении периорбитальных темных кругов: исследование с разделением по типу лица. *Ж Космет Дерматол.* 2022.
30. Асилиан А., Амири А., Мохтари Ф., Фагихи Г., Ираджи Ф., Мозафарпур С. Богатая тромбоцитами плазма по сравнению с карбокситерапией для лечения периокулярной гиперпигментации; какой подход лучше? *Дерматол Тер.* 2021;34(4):14980. doi:10.1111/dth.14980
31. Эль-Домиати М., Хосам Эль-Дин В., Медхат В., Ибрагим М.Р., Халед Й. Использование карбокситерапии отдельно или в сочетании с фракционным CO2-лазером для омоложения лица: сравнительное исследование с разделением лица. *Ж Космет Дерматол.* 2020;19:1648–1655. doi:10.1111/jocd.13470
32. Оливейра С.М.Д., Роша Л.Б., да Кунья МТР, Синтра МММ, Пиньейру Н.М., Мендонса АС. Влияние карбокситерапии на дряблость кожи. *Ж Космет Дерматол.* 2020;19(11):3007–3013. doi:10.1111/jocd.13337
33. Дайал С., Саху П., В.К. Дж., Кхетри С. Клиническая эффективность и безопасность 20% гликолевого пилинга, 15% молочного пилинга и местного применения 20% витамина С при конституциональном типе периорбитального меланоза: сравнительное исследование. *Ж Космет Дерматол.* 2016;15(4):367–373. doi:10.1111/jocd.12255
34. Здуньска-Пенчак К., Колодзейчак А., Ротштейн Х. Два превосходных антиоксиданта: феруловая кислота и аскорбиновая кислота в уменьшении признаков фотостарения. Сравнительное исследование с разделенным лицом. *Дерматол Тер.* 2022;35(2):15254. doi:10.1111/dt.15254
35. Здуньска-Пенчак К., Дембовска Р., Колодзейчак А., Ротштейн Х. Феруловая кислота – новое местное средство для уменьшения признаков фотостарения. *Дерматол Тер.* 2022;35(7):15543. doi:10.1111/dth.15543

### Опубликуйте свою работу в этом журнале

Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology — это международный рецензируемый онлайн-журнал с открытым доступом, посвященный новейшим клиническим и экспериментальным исследованиям во всех аспектах кожных заболеваний и косметических вмешательств. Этот журнал индексируется в CAS. Система управления рукописями полностью онлайн и включает в себя очень быструю и справедливую систему рецензирования, которая проста в использовании. Посетите <http://www.dovepress.com/testimonials.php>, чтобы прочитать реальные цитаты опубликованных авторов.

Отправьте свою рукопись здесь: <https://www.dovepress.com/clinical-cosmetic-and-investigational-dermatology-journal>