

Низкоинтенсивное лазерное излучение и лазерофорез гиалуроновой кислоты как методы коррекции возрастных изменений кожи: дальнейшее расширение доказательной базы

Часть 1. Влияние на микроциркуляцию

Сергей Москвин, Евгений Антипов, Елена Зарубина, Елена Рязанова

Об авторах:

Москвин Сергей Владимирович, д.б.н., к.т.н., ведущий научный сотрудник ФГУ «Государственный научный центр лазерной медицины ФМБА России», проф. кафедры восстановительной медицины ГОУ «ИПК ФМБА России». E-mail: 7652612@mail.ru

Антипов Евгений Валерьевич, ассистент каф. естественно-научных дисциплин НОУ ВПО СММИ «Реавиз». E-mail: eugantipov@gmail.com

Зарубина Елена Григорьевна, зав. каф. медико-биологических дисциплин, д.м.н., профессор. E-mail: e-zarubina@yandex.ru

Рязанова Елена Анатольевна, к.м.н., Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова. E-mail: elena-ruaz@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Сочетанное использование НИЛИ с определенными биологически активными веществами (лазерофорез) открывает новые горизонты и расширяет возможности этого метода. В данной работе представлены результаты нашего многоступенчатого исследования, целью которого является объективная оценка структурных изменений в коже, вызванных НИЛИ и лазерофорезом гиалуроновой кислоты (ГК) [1].

Мы оценивали следующие параметры:

- 1) микроциркуляция;
- 2) уровень липофусцина;
- 3) количественные и качественные изменения коллагеново-эластинового матрикса.

Полученные нами результаты представлены в данной публикации, разбитой на две части. В первой части речь пойдет о микроциркуляции (как продолжение темы, начатой нами в статье [1]). Во второй части мы представим данные по сравнительному воздействию НИЛИ и лазерофореза ГК на накопление липофусцина и на «качество» коллагеново-эластинового матрикса.

МЕТОДЫ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА В ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ КОСМЕТОЛОГИИ

Первое десятилетие XXI века ознаменовалось появлением большого числа новых продуктов и технологий, помогающих нам укрепить здоровье и лучше выглядеть. Многие из них действительно инновационные — они основаны на современных знаниях в области биологии и медицины, а свое практическое воплощение получили благодаря техническому прогрессу. Такое положение дел, с одной стороны, радует — ведь это помогает поднять качество жизни многим людям. С другой стороны, возникают вопросы относительно доказательств безопасности и эффективности тех или иных методов воздействия на организм.

Ответить на эти вопросы помогают научно-исследовательские и диагностические методы, которые также стремительно развиваются и все активнее внедряются в клиническую практику.

Среди инструментальных объективных методов неинвазивного анализа особо отметим фотометрические методы диагностики, основанные на оценке спектральных ха-

рактических характеристик изучаемого объекта. Каждое вещество имеет свои уникальные оптические особенности, позволяющие идентифицировать это вещество среди других соединений. К группе фотометрических методов относится лазерная флуоресцентная лазерная спектроскопия, которая сегодня широко применяется для исследования кожи *in vivo* — с ее помощью можно быстро и четко «увидеть» определенные структуры в глубине кожи и оценить характер их изменения после специфического воздействия [2–5].

Флуоресценция — это свечение веществ-флуорофоров, возникающее вследствие освещения светом определенной длины волны и быстро (в течение 10^{-9} – 10^{-8} с) затухающее после прекращения облучения. При этом обычно вещество испускает лучи другого цвета, преимущественно с большей длиной волны, чем те, которыми свечение вызывается. Флуорофоры отличаются флуоресцентным спектром, и это позволяет в смеси веществ «разглядеть» отдельные соединения.

К эндогенным флуорофорам кожи относят следующие вещества: компоненты систем энергетического обмена — восстановленные пиридиннуклеотиды (НАДН, НАДФН), окисленные флавопротеиды, липофусцин, коллаген, эластин. Большинство из них генерирует флуоресценцию в ультрафиолетовом и спектральном диапазонах. Некоторые флуорофоры имеют перекрывающиеся области флуоресценции, поэтому регистрируемое от кожи флуоресцентное излучение, по сути, является результатом наложения многих спектров.

Флуоресцентный «портрет» кожи меняется при морфофункциональных изменениях, обусловленных патологиями, возрастными процессами или действием внешних факторов (в том числе косметологических процедур, направленных на реструктурирование кожной ткани) [2]. Многие закономерности изменения флуоресцентного спектра кожи уже хорошо изучены, а значит, на них можно опираться при исследовании эффективности и безопасности того или иного метода «активного» воздействия, подразумевающего запуск определенных структурных перестроек в коже.

В своей работе мы использовали метод флуоресцентной лазерной спектроскопии в дополнении к лазерной доплеровской флоуметрии для того, чтобы более объективно оценить эффективность НИЛИ и лазерофореза гиалуроновой кислоты в плане структурного и функционального «омоложения» кожи лица.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами были обследованы 60 женщин в возрасте от 20 до 55 лет. Исследования проводились на основе добровольного информированного согласия больных в соответствии со всеми этическими требованиями, которые предъявляются к исследованиям с участием человека.

- Контрольная группа — 20 практически здоровых молодых женщин в возрасте от 20 до 30 лет.

**НОВЕЙШАЯ ЛАЗЕРНАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ КОСМЕТОЛОГИИ!**



**7 длин волн!
(УФ, СИНИЙ, ГОЛУБОЙ,
КРАСНЫЙ, ЗЕЛЕНый, ИК СПЕКТРЫ)**

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ГОЛОВКА
КЛО-780-90 для
БИОРЕВИТАЛИЗАЦИИ ГИАЛУРОНОВОЙ
КИСЛОТЫ**

**АППАРАТНЫЕ ГЕЛИ ЛАЗМИК –
АНТИЦЕЛЛЮЛИТНЫЙ, для
ЛАЗЕРОФОРЕЗА ГИАЛУРОНОВОЙ
КИСЛОТЫ, ВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕ
МАСКИ, СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ, и ДР.**

**ТЕХНОЛОГИЯ
ЛАЗМИК®**

**БЫСТРЫЙ И УСТОЙЧИВЫЙ
ЭФФЕКТ ОМОЛОЖЕНИЯ!**

- БЫСТРО И НАДОЛГО РЕШАЕТ ПРОБЛЕМЫ С ЦЕЛЛЮЛИТОМ
- ТЕХНОЛОГИЯ НЕИНВАЗИВНА И БЕЗОПАСНА
- НЕ ИМЕЕТ ПОБОЧНЫХ ЭФФЕКТОВ И ПРИВЫКАНИЯ
- ПРАКТИЧЕСКИ ВСЕ МЕТОДЫ ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИОТЕРАПИИ В ОДНОМ КОМПЛЕКСЕ: ЛАЗЕРНО-ВАКУУМНЫЙ И ЛАЗЕРНО-ИППЛИКАТОРНЫЙ МАССАЖ, АКУПУНКТУРА, ЛАЗЕРОФОРЕЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ДР.

**ЛАЗМИК® – ЕДИНСТВЕННЫЙ,
СЕРТИФИЦИРОВАННЫЙ В РОССИИ АППАРАТ
для ЛАЗЕРНОЙ БИОРЕВИТАЛИЗАЦИИ
ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ И ЛАЗЕРНОЙ
ФИЗИОТЕРАПИИ В КОСМЕТОЛОГИИ**

ЛАЗЕР ТРЕЙД – ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ
ТЕЛ.: (499)401-91-27/28; (495)627-62-07
HTTP://WWW.LASER-TRADE.RU; INFO@LASER-TRADE.RU

Реклама

Доказательная косметология

Таблица 1. Гели с гиалуроновой кислотой, используемые в исследовании

Гель	№ 1 ЛАЗМИК	№ 2 Hialurox	№ 3 BYONIK-Hyaluronic Gel XOO
Страна и сайт производителя	Россия, www.matrix-kosmetolog.ru	Испания, www.corporates.es	Германия, www.beautylumis.com
Содержание ГК, %	1,5	1,5	1,5
Размеры молекулы, нм	250–1000	250	250

- 1-я группа — 10 женщин в возрасте от 30 до 55 лет без выраженных патологий, которым проводили воздействие НИЛИ.
- 2-я группа — 10 женщин в возрасте от 30 до 55 лет без выраженных патологий, которым проводили лазерофорез ГК гелем №1 «ЛАЗМИК» [6].
- 3-я группа — 10 женщин в возрасте от 30 до 55 лет без выраженных патологий, которым проводили лазерофорез ГК гелем №2 Hialurox.
- 4-я группа — 10 женщин в возрасте от 30 до 55 лет без выраженных патологий, которым проводили лазерофорез ГК гелем №3 BYONIK-Hyaluronic Gel XOO.

Гели, задействованные в эксперименте, были получены от разных производителей, но имели сходные физико-химические показатели. Концентрация ГК во всех препаратах составляла 1,5%; молекулярная масса ГК — 250–1000 кДа (гель №1) и 250 кДа (гели № 2 и 3).

Наружное безынъекционное введение ГК в кожу осуществляли воздействием НИЛИ с помощью аппарата лазерной и лазерно-вакуумной терапии «ЛАЗМИК» (из-

лучающая головка КЛО-780-90 со специальной насадкой ЛАЗМИК, длина испускаемой волны — 780–785 нм, непрерывный режим, средняя мощность — 40–50 мВт, время обработки одной зоны — 0,5–1 мин, общее время воздействия — 10 мин). Более подробные характеристики гелей представлены в первой нашей статье на данную тему [1].

Измерения проводили у пациентов в одно и то же время в первой половине дня при комнатной температуре 23 °С в положении сидя после 30-минутного отдыха.

Для исследования флуоресценции кожи у пациентов использовали многофункциональный диагностический комплекс «ЛАКК-М».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Микроциркуляция

Возрастные изменения в структуре и физиологии соединительной ткани неизбежно сказываются на состоянии сосудистого русла дермального слоя. В одном из предыдущих исследований с помощью оптической тканевой оксиметрии мы изучали возрастные расстройства микроциркуляции кожи, а также эффективность лазерофореза ГК с целью их коррекции [1].

Можно ли с помощью одной лишь флуоресцентной спектроскопии получить исчерпывающую информацию о перфузии кожной ткани и характере потребления клетками кислорода? Этот вопрос был одним из тех, на который нам предстояло ответить.

Действительно, методом флуоресцентной спектроскопии регистрируется флуоресценция веществ, принимающих самое непосредственное участие в дыхательной цепи — восстановленных пиридиннуклеотидов (НАДН)

Измерение спектра флуоресценции

Измерения осуществляли методом **лазерной флуоресцентной спектроскопии**, который заключается в регистрации спектра вторичного излучения ткани при ее зондировании лазерным излучением на длине волны, соответствующей длине волны максимального поглощения излучения определенным флуорофором. Для возбуждения флуоресценции использовали три длины волн: 365, 532 и 630 нм, что позволяло оценивать интенсивность излучения флуоресценции различных ферментов окислительного метаболизма (пиридиннуклеотиды, флавопротеиды), пигментов (липофусцин) и структурных белков (коллаген, эластин).

Для оценки флуоресценции применялся коэффициент флуоресцентной контрастности биоткани, определяемый по формуле:

$$K_f = 1 + (I_f - I_l) / (I_f + I_l),$$

где: I_f — максимум (пик) интенсивности в линии флуоресценции фермента, I_l — максимум в интенсивности пика в лазерной линии.

Измерение параметров микроциркуляции

Измерения осуществлялись путем совмещения методов **лазерной доплеровской флоуметрии, оптической тканевой оксиметрии и лазерной флуоресцентной спектроскопии**.

Транспорт кислорода в микроциркуляторном русле и его потребление тканью оценивалось комплексной характеристикой — эффективностью кислородного обмена (ЭКО), которая равна произведению показателя микроциркуляции (среднее

значение перфузии M) на индекс удельного потребления кислорода и на флуоресцентный показатель потребления кислорода (ФПК) ферментов, участвующих в дыхательной цепи:

$$\text{ЭКО} = M \times U \times \text{ФПК}. \quad (1)$$

Методом ЛДФ определяли показатель микроциркуляции (ПМ) в соответствии со следующим выражением:

$$\text{ПМ} = K \times N_{\text{эр}} \times V_{\text{ср}}, \quad (2)$$

где K — коэффициент пропорциональности, $N_{\text{эр}}$ — число эритроцитов в объеме зондирования ткани, $V_{\text{ср}}$ — средняя скорость движения эритроцитов.

Определение сатурации кислородом (SO_2 , в %) смешанной крови в МЦР методом ОТО определяли в соответствии со следующей формулой:

$$\text{SO}_2 = D_{\text{O}_2\text{нб}} / (D_{\text{O}_2\text{нб}} + D_{\text{ннб}}) \times 100\%, \quad (3)$$

где $D_{\text{O}_2\text{нб}}$ и $D_{\text{ннб}}$ — доли света, поглощаемые оксигенированной и дезоксигенированной фракцией гемоглобина соответственно.

Комплексный показатель микроциркуляции крови — индекс удельного потребления кислорода в ткани определяли по формуле:

$$U = \text{SpO}_2 / \text{SO}_2, \quad (4)$$

где SpO_2 — сатурация кислородом артериальной крови (определяется пульсоксиметрией). Индекс определяли в относительных единицах.

В свою очередь ФПК обратно пропорционален редокс-отношению:

$$\text{ФПК} = A_{\text{НАДН}} / A_{\text{Фд}}, \quad (5)$$

где $A_{\text{НАДН}}$ — амплитуда излучения флуоресценции восстановленного кофермента никотинамидадениндинуклеотида, $A_{\text{Фд}}$ — амплитуда излучения флуоресценции окисленных флавопротеидов [7].

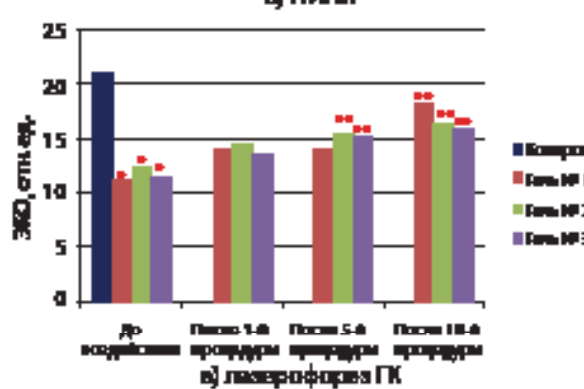
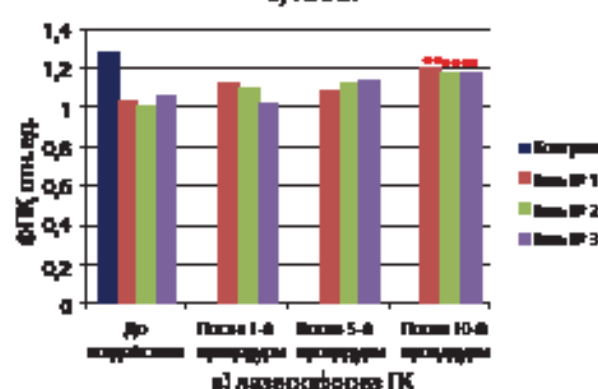
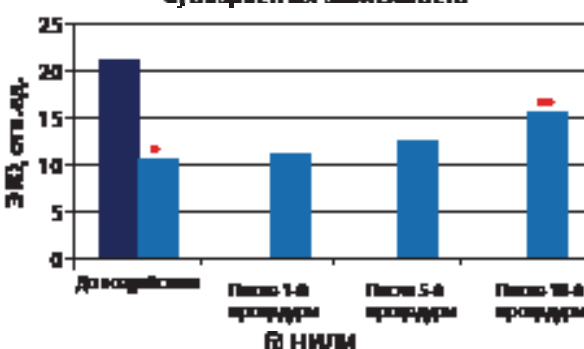
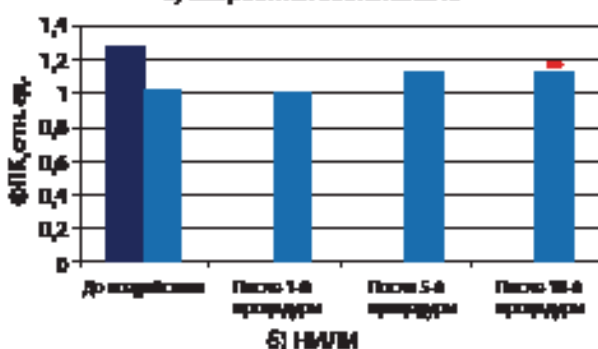
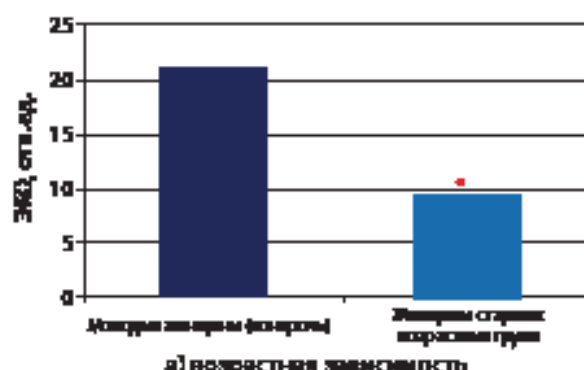
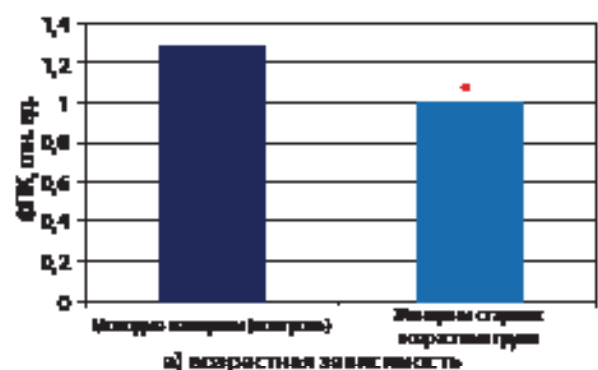


Рис. 1. Флуоресцентный показатель потребления кислорода (ФПК)
 * $p \leq 0,05$ по отношению к контролю;
 ** $p \leq 0,05$ по отношению к измерениям до воздействия

Рис. 2. Эффективность кислородного обмена (ЭКО)
 * $p \leq 0,05$ по отношению к контролю;
 ** $p \leq 0,05$ по отношению к измерениям до воздействия

в районе спектра 480–490 нм, а также флуоресценция окисленных флавопротеидов на длине волны 520 нм. Однако сами по себе показатели амплитуды флуоресценции указанных флуорофоров на этих длинах волн не говорят о состоянии микроциркуляторного русла кожи и обменных процессов в ней. Для этого требуются дополнительные данные, такие как флуоресцентный показатель потребления кислорода (ФПК) и показатель эффективности кислородного обмена (ЭКО), поэтому нам пришлось расширить научно-исследовательский инструментарий и подключить еще два метода — лазерную доплеровскую флоуметрию и оптическую тканевую оксиметрию. Сопоставление результатов, полученных с помощью всех этих методов, дал детальную картину того, что происходит с системой микроциркуляции в коже.

Результаты

1. У женщин старших возрастных групп по сравнению с молодыми показатель ФПК снижен на 21%, что может быть объяснено сниженным значением амплитуды флуоресценции НАДН и увеличенным значением амплитуды ФД (см. формулу 5) (рис. 1а). Показатель ФПК напрямую связан с ЭКО. Обнаружено, что в среднем у женщин старших возрастных групп эффективность кислородного обмена снижена на 44% по сравнению с молодыми (рис. 2а).
2. После воздействия НИЛИ показатель ФПК увеличился на 11%, а ЭКО повысился в среднем на 48% (рис. 1б, 2б).
3. После лазерофореза ГК (независимо от типа геля) показатель ФПК увеличился в среднем на 11–14% (рис. 1в). После лазерофореза ГК (гель № 1) относи-

тельно исходного состояния выявлено увеличение эффективности кислородного обмена на 64%, для гелей № 2 и 3 наблюдалось увеличение показателя ЭКО в коже лица в среднем на 34 и 38%, соответственно (рис. 2в).

Обсуждение

Способность клеток усваивать кислород с возрастом снижается — этот вывод не является сенсационным и подкрепляет данные, полученные в работах других исследователей с использованием иных методов. Что касается нашей работы, то одной из задач, стоящих перед нами, было определить, может ли флуоресцентная спектроскопия стать методом, регистрирующим потребление клетками кислорода. Полученные нами результаты позволили ответить на этот вопрос утвердительно, но с некоторыми оговорками.

Дыхание клеток — это каскад окислительно-восстановительных реакций, в ходе которых электрон по цепи последовательно переносится от одних соединений к другим. Конечным продуктом дыхательного процесса является производство АТФ — универсального топлива для клеток. Дыхательные окислительно-восстановительные процессы протекают в митохондриях, а ключевыми игроками в них являются пиридиннуклеотиды (НАД⁺/НАДН, НАДФ⁺/НАДФН) и флавопротеиды (ФАД), спектры поглощения и флуоресценции которых при переходе из окисленного состояния в восстановленное (и наоборот) меняются. Это позволяет следить за состоянием энергетического «статуса» клетки.

В последние годы физико-химические характеристики пиридиннуклеотидов и флавопротеидов усиленно изучаются в связи с возможностью использования этих соединений в качестве внутриклеточных маркеров активности энергетического аппарата. Пиридиннуклеотиды флуоресцируют только в восстановленном состоянии (460–490 нм) и теряют способность флуоресцировать при переходе в окисленное состояние, а флавопротеиды, наоборот, флуоресцируют только в окисленном состоянии (520–530 нм) и теряют способность к флуоресценции при переходе в восстановленную форму. Переход клетки из состояния покоя в состояние активного энергетического обмена сопровождается увеличением концентрации окисленных форм пиридиннуклеотидов (НАД⁺, НАДФ⁺), флавопротеидов и цитохромов и соответствующим уменьшением концентрации их восстановленных форм. Ткани, находящиеся в состоянии активного обмена, характеризуются спектрами с примерно одинаковыми интенсивностями полос восстановленных пиридиннуклеотидов и окисленных флавопротеидов. Скорость переноса электронов по дыхательной цепи при этом максимально высока. Для тканей, находящихся в состоянии покоя, характерно выраженное преобладание восстановленных пиридиннуклеотидов [10].

Основываясь на спектрах флуоресценции, получаемых при возбуждении определенным светом (длина волны возбуждающего света подобрана исходя из спектров поглощения данных флуорофоров), удобно количественно охарактеризовать степень активности внутриклеточных митохондрий флуоресцентным показателем потребления кислорода — параметром ФПК (согласно формуле 5). Получаемый безразмерный параметр отражает степень активности митохондрий и не зависит ни от изменения



Рис. 3. Взаимосвязь между микроциркуляцией, сатурацией кислородом смешанной крови и флуоресценцией НАДН и ФД

рассеивающих свойств биообъекта, ни от изменения аппаратных факторов.

С помощью комбинации методов лазерной доплероскопической флоуметрии, оптической тканевой оксиметрии и лазерной флуоресцентной спектроскопии получены данные по ЭКО, из которых можно сделать вывод о сниженном показателе микроциркуляции (ПМ) крови кожи лица женщин старших возрастных групп по сравнению с молодыми, поскольку ЭКО прямо пропорциональна среднему значению перфузии по выражению (1). Снижение же перфузии с возрастом — давно установленный факт. Он объясняется процессами старения кожи, сопровождающимися вазоконстрикцией артериол и капилляров, которые приводят к ишемии и венозно-лимфатическому застою в ткани.

Связь между микроциркуляцией, сатурацией и флуоресценцией пиридиннуклеотидов и флавопротеидов можно увидеть на рис. 3. Из схемы видно, что снижение перфузии приводит к тому, что в ткань поступает меньше кислорода, следовательно, снижается сатурация кислородом смешанной крови. Этому также способствуют многочисленные шунты, через которые артериальная кровь, богатая кислородом, сбрасывается из артериол в вены, минуя капилляры. Снижается индекс удельного потребления кислорода, поэтому у женщин старших возрастных групп будет преобладать анаэробный гликолиз, что приводит к перестройке в биоэнергетических механизмах клеток кожи. Это приводит к уменьшению амплитуды флуоресценции восстановленной формы НАДН и увеличению амплитуды флуоресценции окисленной формы ФАД, что было показано методом флуоресцентной спектроскопии. Уменьшается флуоресцентный показатель потребления кислорода (ФПК) в соответствии с выражением (5). Указанные изменения ведут к значительному снижению показателя эффективности кислородного обмена (ЭКО) в соответствии с выражением (1).

Наблюдаемое увеличение ЭКО связано, главным образом, с повышением ПМ после воздействия НИЛИ и лазерофореза и свидетельствует о стимуляции микроциркуляции кожи. Известно, что под воздействием НИЛИ повышается внутриклеточная концентрация ионов Ca^{2+} в цитозоле,

КРАСОТА и ЗДОРОВЬЕ – все в Ваших руках!

Лазерный физиотерапевтический комплекс

«Матрикс-Косметолог»

Все для лазерной косметологии и дерматологии:

- аппараты лазерной терапии;
- аппараты для вакуумного и лазерно-вакуумного массажа;
- аппаратные гели и крема;
- восстанавливающие и омолаживающие маски;
- широкий спектр лазерных и светодиодных головок;
- специализированные лазерные головки для лазерной гиалуронопластики и биоревитализации (лазерофореза);
- насадки для лазерно-вакуумного и лазерно-иппликаторного массажа;
- насадки для лазеропунктуры;
- очки защитные;
- уникальные авторские аппаратные косметологические методики;
- система обучения во всех регионах России;
- широкая сеть дилеров.

Все современные методы сочетанной и комбинированной лазерной терапии:

- лазерно-вакуумный массаж;
- лазерно-иппликаторный массаж;
- лазеропунктура;
- лазерофорез;
- лазерная гиалуронопластика;
- лазерная биоревитализация кожи и др.



Аппарат для лазерной терапии и лазерно-вакуумного массажа
ЛАЗМИК



Аппарат для вакуумного массажа
Матрикс-ВМ



Широкий спектр светодиодных излучающих головок для хромоцветотерапии (зеленые, желтые, красные, синие)



Специализированные аппаратные гели, крема и маски
ЛАЗМИК



Специализированные лазерные излучающие головки для лазерофореза



Специализированные защитные очки
ЛАЗМИК



Лазерный терапевтический аппарат **Матрикс** (4 канала)

Специализированные насадки **Матрикс-Косметолог**



Научно-исследовательский центр «Матрикс»

125367, Москва, а/я 33, тел.: (495) 765-2612; e-mail: 7652612@mail.ru; http://www.matrix-kosmetolog.ru/

что служит сигналом для запуска многочисленных биохимических реакций [11]. В частности, клетки эндотелия начинают производить NO, который, являясь вазодилатором, вызывает расширение сосудов и повышает перфузию. Под воздействием НИЛИ увеличивается сатурация кислородом смешанной крови. Таким образом, в месте воздействия НИЛИ в коже лица происходит насыщение кислородом крови, что положительно влияет на трофику и окислительный метаболизм в ткани. Воздействие НИЛИ на поверхностные биоткани человека (кожа, подкожная жировая клетчатка, мышцы, жировые скопления) приводит к увеличению напряжения кислорода в тканях и его утилизации клетками, усилению местного кровообращения [10]. Стабилизируется энергетический метаболизм клеток кожи, медленно снижается концентрация окисленных флавопротеидов и увеличивается концентрация восстановленных пиридиннуклеотидов, что влечет повышение показателей ФПК и ЭКО. Аналогичные процессы наблюдаются и в следствие лазерофореза ГК.

Если сравнить воздействие одного только НИЛИ с влиянием лазерофореза ГК по этим показателям, то можно видеть значительно больший эффект от воздействия лазерофореза. По всей видимости, за этим лежат определенные биохимические механизмы, разобраться в которых, безусловно, интересно, но это не является задачей данного исследования.

Выводы

Правильный выбор инструментальных методов анализа необходим для получения объективной информации о состоянии микроциркуляторного русла и энергетического статуса кожной ткани. Информация, полученная каждым из методов, может дополнить и/или уточнить данные других методов, в итоге получается целостная картина, дающая представление о том, что происходит с кровоснабжением кожи.

Флуоресценция пиридиннуклеотидов и флавопротеидов, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях дыхательной цепи, может служить в качестве маркера для диагностики различных состояний кожи. Энергетический статус кожи меняется как при различных патологиях, так и с возрастом. Изменение интенсивности флуоресценции отражает изменения относительных концентраций данных веществ в клетках [7] и, соответственно, позволяет делать вывод, насколько активен в них энергетический обмен. Вместе с тем такие комплексные параметры, как ФПК и ЭКО, дают важную информацию о состоянии микроциркуляции крови и обмена веществ в кожной ткани. В связи с этим для оценки состояния микроциркуляции кожи с возрастом и в результате воздействия НИЛИ и лазерофорезом ГК мы использовали три диагностических метода: лазерную доплеровскую флоуметрию, оптическую тканевую оксиметрию и лазерную флуоресцентную спектроскопию.

Согласно полученным нами данным, возрастное ухудшение микроциркуляции и связанное с этим «кислородное голодание» можно скорректировать методами НИЛИ и лазерофорезом ГК. Показано, что влияние разных методов на эффективность кислородного обмена (а именно этот показатель наиболее универсален) различается в значительной степени. В нашем эксперименте наилучшие результаты показал лазерофорез геля №1 («ЛАЗМИК») — уве-

личение ЭКО на 64%, воздействие только НИЛИ изменил ЭКО на 48%. Слабее всего стимулировал ЭКО лазерофорез гелей №2 и 3 — 34–38%.

Последний факт вызывает некоторое удивление, но имеющихся у нас данных не хватает, чтобы его объяснить. Возможно, разгадка кроется в составах — видимо, они все же различны (несмотря на то, что, согласно предоставляемой производителями документации, гели выглядят почти полными аналогами). Единственным отличием, который мы видим на основании официальной документации, является разброс ГК по молекулярному весу — в геле №1 («ЛАЗМИК») присутствуют молекулы ГК размером 250–1000 кДа, а в гелях №2 и 3 — только 250 кДа.

Как бы то ни было, полученный результат ясно свидетельствует о том, что на эффективность лазерофореза ГК оказывают влияние не только параметры используемого лазерного излучения (длина волны, мощность), но и препарат ГК. А значит, вопрос оптимизации препарата важен, и производители аппаратуры, предназначенной для лазерофореза, должны отдельно уделять внимание подбору оптимальной рецептуры.

Вывод о важности выбора препарата подкрепляется данными, полученными нами при исследовании влияния НИЛИ и лазерофореза ГК на другие параметры кожи, которые с возрастом меняются. Речь идет о «пигменте старения» липофусцине и о коллагеново-эластиновом каркасе. Об этом — во второй части данной статьи, которая будет опубликована в следующем номере журнала «Косметика и медицина».

ЛИТЕРАТУРА

1. Москвин С.В., Антипов Е.В., Зарубина Е.Г., Рязанова Е.А. Лазерофорез гиалуроновой кислоты улучшает микроциркуляцию кожи. Косметика и медицина 2011; 1: 48–52.
2. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. Саратов, 1998. 398 с.
3. Тучин В.В. Оптическая биомедицинская диагностика. Известия Саратовского университета. 2005; Т. 5. Сер. Физика. Вып. 1. С. 39–53.
4. Горенков Р.В., Карпов В.Н. и др. Хроническая гипоксия как один из факторов повышенной флуоресценции эндогенных порфиринов в живых биологических тканях. Биофизика. 2007; 52(4): 711–717.
5. Синичкин Ю.П., Утц С.Р. *In vivo* отражательная и флуоресцентная спектроскопия кожи человека. Саратов, 2001. 122 с.
6. Москвин С.В., Гейниц А.В., Хазов М.Б., Федорищев И.А. Лазерофорез гиалуроновой кислоты и лазерные косметологические программы (технология ЛАЗМИК®). М.: Тверь: Триада, 2010. 96 с.
7. Оптическая биомедицинская диагностика. В 2 т. Перевод с англ. под ред. Тучина В.В. М.: Физматлит. 2007. 560 с.
8. Татарюнас А.Б. Липофусцин в старении и патологии: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Вильнюс, 1999. 41 с.
9. Brunk U.T., Terman A. Lipofuscin: mechanisms of age-related accumulation and influence on cell function. Free Radic Biol Med. 2002; 5: 611–619.
10. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. Руководство для врачей. Под ред. Крупаткина А.И., Сидорова В.В. М.: Медицина, 2005. 256 с.
11. Москвин С.В. Системный анализ эффективности управления биологическими системами низкоинтенсивным лазерным излучением: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Тула, 2008. 36 с.