

УДК 612.15

DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-25-30

Е. Н. ГЛАГОЛЕВА¹, В. В. СИДОРОВ²,
Н. Д. ПОДОПЛЕКИНА¹, Д. Р. ФАЙЗУЛЛИНА³

Оценка микроциркуляторно-тканевых систем после косметологических процедур, направленных на коррекцию возрастных изменений

¹ ООО «КомМод», Санкт-Петербург, Россия

191014, Россия, Санкт-Петербург, ул. Парадная, д. 3, корп. 2, литер А, пом. 282Н

² ООО НПП «ЛАЗМА», Москва, Россия

123458, Россия, Москва, ул. Твардовского, д. 8, Технопарк «Строгино»

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8

E-mail: lasmed@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.06.20; принята к печати 31.07.20

Резюме

Введение. Инволюционные процессы затрагивают не только сосуды микроциркуляторного русла или дерму, они приводят к изменениям функции и структуры всех компонентов кожи. В связи с чем целесообразно говорить о нарушениях микроциркуляторно-тканевой системы. **Целью** данной работы было проведение сравнительной оценки аппаратной, инъекционной и наружной терапии у пациентов косметологического профиля по функциональному состоянию микроциркуляторно-тканевой системы кожи лица. **Материалы и методы.** В исследовании участвовали 62 женщины, которым были проведены процедуры инъекционной терапии, аппаратной косметологии и профессиональной наружной терапии кожи лица. Для оценки результатов воздействия на микроциркуляцию, лимфоток и коферменты окислительного метаболизма были использованы методы лазерной доплеровской флоуметрии и лазерной флуоресцентной спектроскопии. **Результаты.** Периферический кровоток значимо не менялся, как и показатель лимфотока в контрольной и экспериментальных группах. Нутритивный кровоток значимо возрастал до 12,11 [11,17; 14,17] и 11,88 [10,59; 12,28] у пациентов, которым была проведена инъекционная и наружная терапии ($p < 0,001$ и $p = 0,010$ соответственно). Амплитуды флуоресценции никотинамид аденин динуклеотида (НАДН) значимо снижались во всех группах, по сравнению с контролем ($p < 0,001$, $p = 0,002$, $p = 0,008$), а ФАД – только после проведения инъекционной терапии ($p = 0,022$). **Заключение.** Применение инъекционных методик для коррекции возрастных изменений сопровождается улучшением трофики, нормализацией метаболических процессов в тканях. Исследование функциональных показателей микроциркуляции и окислительного метаболизма кожи лица может быть использовано для сравнительной оценки различных методов косметологического лечения, направленного на коррекцию возрастных изменений.

Ключевые слова: микроциркуляторно-тканевые системы, косметология, лазерная доплеровская флоуметрия, лазерная флуоресцентная спектроскопия

Для цитирования: Глаголева Е. Н., Сидоров В. В., Подоплека Н. Д., Файзуллина Д. Р. Оценка микроциркуляторно-тканевых систем после косметологических процедур, направленных на коррекцию возрастных изменений. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2020; 19(3):25–30. Doi: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-25-30.

UDC 612.15

DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-25-30

GLAGOLEVA E. N.¹, SIDOROV V. V.², PODOPLEKINA N. D.¹,
FAIZULLINA D. R.³

Evaluation of microcirculatory tissue systems after cosmetic procedures

¹ «KomMod» Ltd, Saint Petersburg, Russia

3, corp. I, lit. A, of. 282H, Paradnaya str., Saint Petersburg, Russia, 191014

² «LAZMA» SPE Ltd, Moscow, Russia

8, Tvardovskogo str., Industrial park «STROGINO», Moscow, Russia, 125252

³ Pavlov University, Saint Petersburg, Russia

6-8 L'va Tolstogo street, Saint Petersburg, Russia, 197022

E-mail: lasmed@yandex.ru

Received 24.06.20; accepted 31.07.20

Summary

Relevance. Not only microvasculature and derma are involved in the involution processes. The involution also effects on the all components of skin resulting in its function and structure alterations. By this reason we can speak about the

disturbances of microcirculatory tissue system. The aim of this work was a comparative assessment of cosmetic equipment (PDL, IPL), mesotherapy and external skin care therapy in cosmetology patients by the functional state of microcirculatory tissue system of facial skin. *Materials and methods.* 62 women after mesotherapy, equipment cosmetology and professional external therapy of facial skin were involved in the exploration. We used the laser Doppler flowmetry and laser fluorescence spectroscopy for assessment the microcirculation, lymph flow and the oxidative metabolism coenzymes. *Results.* Peripheral blood flow did not change significantly, as the lymph flow rate in the control and experimental groups. Nutritional blood flow increased significantly to 12,11 [11,17; 14,17] and 11,88 [10,59; 12,28] in patients after injection and external therapy ($p<0,001$ and $p=0,010$, respectively). The NADH fluorescence amplitudes significantly decreased in all groups compared with the control ($p<0,001$, $p=0,002$, $p=0,008$), and FAD decreased only after injection therapy ($p=0,022$). *Conclusions.* The injections for correction the age-related skin changes improve the nutrition and normalize tissue metabolism. Our results can be useful in comparative assessment of different ways of the age-related skin changes cosmetic treatment.

Keywords: microcirculatory-tissue systems, cosmetology, laser Doppler flowmetry, laser fluorescence spectroscopy

For citation: Glagoleva E. N., Sidorov V. V., Podoplekina N. D., Faizullina D. R. Evaluation of microcirculatory tissue systems after cosmetic procedures. *Regional hemodynamics and microcirculation.* 2020;19(3):25–30. Doi: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-25-30.

Введение

Коррекция возрастных изменений – одно из основных направлений косметологии [1]. Разнообразие современных средств наружной терапии, инъекционных препаратов, лазерных приборов и других способов воздействия позволяет достигать высоких результатов, которые могут выступать даже в качестве альтернативы некоторым видам оперативных вмешательств пластической хирургии. Важным преимуществом медицинских косметологических процедур является то, что для устранения эстетических дефектов кожи используются воздействия, направленные на стимуляцию синтетической функции фибробластов, улучшение кровоснабжения и лимфооттока, гидратацию соединительно-тканых структур дермы, нормализацию функционирования сальных желез, восстановление барьерных функций эпидермиса [2–4].

Наиболее востребованными являются процедуры, направленные на коррекцию кожи лица и шеи. Отчасти это связано с тем, что она в большей степени подвержена негативному влиянию факторов внешней среды – ультрафиолетовому облучению, воздействию низких и высоких температур, химических веществ и многим другим [5]. Поэтому изучение сравнительных эффектов различных видов терапевтического воздействия целесообразно проводить именно в данной анатомической области.

Инволюционные процессы затрагивают не только сосуды микроциркуляторного русла или дерму, они приводят к изменениям функции и структуры всех компонентов кожи [6]. В связи с чем целесообразно говорить о нарушениях микроциркуляторно-тканевой системы (МТС). МТС – это структурно-функциональная единица органа, объединенная регуляторными механизмами, состоящая из специализированных клеток паренхимы, соединительной ткани, внеклеточного компонента, кровеносных и лимфатических микрососудов, окончаний нервных волокон. Результаты проводимых косметологических процедур целесообразно оценивать только при помощи неинвазивных методов диагностики. Одним из таких удобных, комплексных методов функциональной оценки МТС является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), дополненная флуоресцентной спектрометрией мар-

керов окислительного метаболизма – восстановленного никотинамид аденин динуклеотида (НАДН) и окисленного флавинаденин динуклеотида (ФАД) [7]. ЛДФ позволяет получить информацию о динамике как кровотока, так и лимфотока сосудов микроциркуляторного русла [8]. Нуклеотиды находятся в митохондриях и цитоплазме клеток, их эндогенная флуоресценция регистрируется во многих тканях и, в частности, в коже [9]. Также данные коферменты выступают в качестве регуляторных молекул сигнальных путей, клеточной гибели, экспрессии генов и гомеостаза кальция [10–13]. В частности, в процессе старения рассматривается роль сиртуинов – НАД⁺-зависимых деацетилаз – в процессе старения [14]. Доказано участие НАДН в обеспечении внутриклеточной антиоксидантной функции, или, напротив, в образовании активных форм кислорода с развитием окислительного стресса [15]. Усиление флуоресценции НАДН в ткани в целом свидетельствует о сдвиге клеточного метаболизма в сторону гликолиза и/или снижения митохондриального дыхания [16].

Необходимо учитывать, что кожа лица имеет анатомо-физиологические особенности, которые определяют результаты косметологических процедур. Значительное влияние на их эффективность оказывает строение кожи данной области и, в частности, крово- и лимфоснабжение. Область лица имеет хорошее кровоснабжение за счет нескольких проходящих в данной области крупных сосудисто-нервных пучков и, как следствие, наличия большого количества коллатералей и анастомозов между ними. При проведении измерений *in vivo* принципиальным является получение диагностической информации из одной и той же области биоткани. Исследование выполняли в подглазничных областях. Данный участок выбран из-за анатомических особенностей топографии кровеносных сосудов лица. Ввиду близлежащих крупных анастомозирующих артерий и вен (*a. facialis*, *v. facialis*, *a. angularis*, *v. angularis*), а также расположения в проекции данной области *foramen infraorbitalis*, из которого выходят *a. infraorbitalis* и *v. infraorbitalis*, мы предположили, что данная область будет наиболее информативной для оценки выбранных нами диагностических показателей [17].

Современные методы медицинской косметологии, используемые для коррекции возрастных изменений, можно разделить на несколько основных направлений: инъекционная (биревитализация гиалуроновой кислотой, мезотерапия, плазмолифтинг и др.), аппаратная косметология (лазерная, микротоковая, фототерапия, ультразвуковая кавитация и др.) и использование профессиональных косметических средств наружной терапии (кремы, сыворотки, химические пилинги и др.) [18, 19].

Целью работы было проведение сравнительной оценки аппаратной, инъекционной и наружной терапии у пациентов косметологического профиля по функциональному состоянию микроциркуляторно-тканевой системы кожи лица.

Материалы и методы исследования

В исследовании принимали участие 62 женщины, в возрасте от 26 до 50 лет (средний возраст составил $34 \pm 5,4$ года), до менопаузы, без признаков острой патологии дерматологического профиля. Все пациенты обратились в дерматокосметологическую клинику с жалобами на возрастные изменения кожи. Исключали женщин в периоде беременности и лактации. Пациентов разделили на следующие группы: 1-я – контроль ($n=20$); 2-я – пациенты, которым проводились процедуры аппаратной косметологии ($n=20$); 3-я – пациенты, которым проводили инъекционную терапию ($n=16$); 4-я – пациенты, которые получали профессиональную наружную терапию ($n=6$).

Инъекционная терапия проводилась при помощи препаратов гиалуроната натрия и смеси аминокислот (глицин, L-пролин, L-лизин моногидрохлорид, L-лейцин) *Jalupro (Jalupro, Италия)*, плазмотерапии с факторами роста *Endoret PRGF (Endoret, Испания)*, плазмотерапии *RegenACR (Regenlab, Швейцария)*. Было проведено от 2 до 4 процедур с промежутком между ними в 1–2 недели. Во время каждой процедуры объем вводимых препаратов составлял от 3 до 4 мл. Инъекции производили субдермально, в соответствии с реперными точками, а также в зонах депрессии кожи лица, которые являются индивидуальными у каждого пациента ввиду анатомических особенностей. Аппаратная косметология включала в себя использование импульсного лазера на красителе (pulsed dye laser – PDL) с длиной волны 595 нм *V-beam perfecta (Syneron Candela, US)* и интенсивного импульсного света (intensive pulse light – IPL) с длиной волны ~560 нм *Venus Versa (Venus Concept, Canada)*. Использовали следующие параметры лазерного воздействия: диаметр пятна – 10 мм, длина импульса – 10 мс, плотность энергии – 4 Дж/см²; интенсивного импульсного света: площадь – 10×30 мм, длина импульса – 20 мс, плотность энергии – 15 Дж/см². Терапия на PDL- и IPL-оборудовании проводилась в объеме от 2 до 4 процедур с промежутком между ними в 3–4 недели. Наружная терапия включала в себя использование химического пилинга на основе смеси кислот *BioRePeelC13 (CMED Aesthetics S.R.L., Италия)*. Было проведено от 2 до 4 процедур с промежутком 1–2 недели.

Диагностика состояния МТС пациентов проводилась через 10–14 дней после последней выполненной

процедуры для оценки отсроченного результата терапевтического воздействия. Обследование пациентов выполняли методами лазерной доплеровской флуометрии микрогемо- и лимфоциркуляции и лазерной флуоресцентной спектроскопии. Регистрация диагностических показателей проводилась в положении лежа, в стандартных температурных условиях (22 ± 2 °C), после 15-минутного отдыха. Наложение датчика производили на кожу в подглазничной области.

В предлагаемом методе контроля состояния МТС, включающей в себя микроциркуляцию кровотока и лимфотока и окислительный метаболизм, совмещены ЛДФ и лазерная флуоресцентная спектроскопия. ЛДФ кровотока основана на анализе рассеянного и отраженного сигнала от движущихся эритроцитов, полученного при зондировании ткани лазерным излучением. Оценка лимфотока осуществляется также после регистрации излучения, отраженного от белковых макромолекул лимфы. Разделение соответствующих сигналов проводится путем частотной фильтрации для соответствующих диапазонов скоростей движения эритроцитов и частиц лимфотока. Для оценки окислительного метаболизма измеряют флуоресценцию коферментов на длинах волн излучения 460 и 510 нм – НАДН и ФАД соответственно. Исследование проводили при помощи диагностического лазерного аппарата «ЛАЗМА-СТ», состоящего из анализатора «ЛАЗМА-Д» и блока «ЛАЗМА-ТЕСТ» (ООО НПП «ЛАЗМА», Россия).

Анализ проводили в соответствии с рекомендуемым в руководстве по эксплуатации протоколом. В ходе исследования оценивались следующие характеристики компартментов МТС.

1. Показатель периферического кровотока (МПМ). Данный показатель пропорционален произведению числа эритроцитов на среднюю скорость их движения. Определяется методом ЛДФ в перфузионных единицах (пф. ед.).

2. Показатель нутритивного кровотока ($M_{\text{НУТР}}$). Это та часть объема кровотока, которая находится в капиллярах и регулируется работой прекапилляров. Определяется методом ЛДФ в перфузионных единицах (пф. ед.).

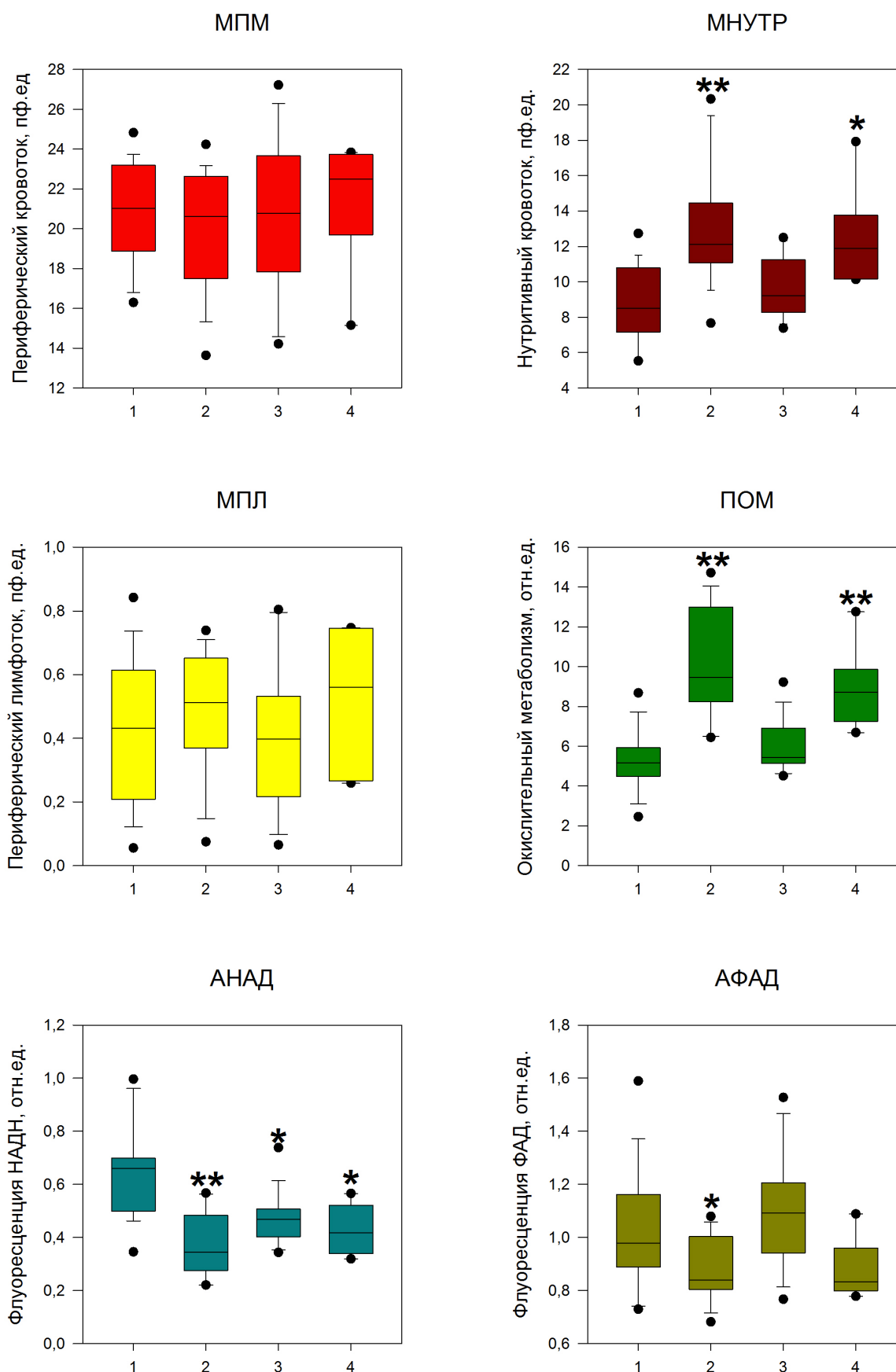
3. Показатель лимфотока (МПЛ). Данный показатель пропорционален произведению числа рассеивателей в лимфотоке на среднюю скорость их движения. Определяется методом ЛДФ в относительных единицах (отн. ед.).

4. Амплитуды флуоресценции НАДН (АНАДН) и ФАД (АФАД). Коферменты являются биомаркерами состояния окислительного метаболизма в исследуемой ткани. Определяются в относительных единицах (отн. ед.).

5. Показатель окислительного метаболизма (ПОМ), комплексный параметр, зависящий как от величины нутритивного кровотока в микроциркуляторном русле, так и от амплитуд флуоресценции коферментов. Определяется в относительных единицах (отн. ед.) и рассчитывается по формуле

$$\text{ПОМ} = M_{\text{НУТР}} \cdot (\text{АНАДН} + \text{АФАД}).$$

Характер распределения указанных величин проводили с помощью критерия Колмогорова – Смирнова.



Результаты анализа показателей кровотока, лимфотока и окислительного метаболизма у пациентов после различных косметологических процедур, Ме [Q1; Q3]: 1 – группа контроля; 2 – инъекционная терапия; 3 – аппаратная косметология; 4 – наружная терапия. Различия статистически значимы в сравнении с контролем (критерий Манна – Уитни): * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,001$

Blood flow, lymph flow and oxidative metabolism results of analys in patients after various cosmetic procedures, Ме [Q1; Q3]: 1 – control group; 2 – injection therapy; 3 – equipment cosmetology; 4 – professional external therapy. Differences are statistically significant in comparison with control (Mann–Whitney test): * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,001$

Поскольку распределение всех изучаемых показателей было отличным от нормального, для оценки различий между исследуемыми группами использовали проверку статистических гипотез с помощью критерия Манна – Уитни. Результаты представлены как медиана (Me), нижний (Q1) и верхний (Q3) квартили. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Периферический кровоток кожи лица в подглазничной области в контрольной группе составил 21,03 [18,99; 23,19] пф. ед. У пациентов, получавших различную терапию, показатель периферического кровотока значимо не менялся.

Нутритивный кровоток значимо возрастал у пациентов в группах инъекционной и наружной терапии ($p < 0,001$ и $p = 0,010$ соответственно) по сравнению с контролем. В соответствии с классификацией микроциркуляторных расстройств, данные изменения можно расценивать как умеренное усиление кровотока. Показатели лимфотока значимо не менялись в группах инъекционной, лазерной и наружной терапии. Амплитуды флуоресценции НАДН снижались во всех экспериментальных группах, ФАД – только после проведения инъекционной терапии. Показатель окислительного метаболизма значимо возрастал после инъекционной и наружной терапии ($p < 0,001$). Таким образом, у пациентов с усилением нутритивного кровотока и снижением коферментов будет отмечаться снижение данного показателя. Данная корреляция наблюдается во всех экспериментальных группах.

Показатели кровотока кожи демонстрируют умеренный положительный эффект после всех проводимых процедур. Однако, с точки зрения усиления кровотока, снижения окислительного стресса и митохондриальной дисфункции, наибольший прирост показателей наблюдался у пациентов после проведения инъекционной терапии.

Основное направление в эстетической косметологии – это профилактика и компенсация инволюционных изменений кожи. Терапевтические воздействия, направленные на достижение данной цели, крайне разнообразны, однако наибольшее распространение получили наружная терапия, инъекционные методики и аппаратная косметология. Необходимо отметить, что даже в рамках аппаратных методов фотоомоложения изменение параметров воздействия (длина волны, плотность мощности, длина импульса и др.) может приводить к различным клиническим результатам, в частности, является значимой разница между абляционным и неабляционным воздействием [20]. В данном исследовании наше внимание было сосредоточено на широко распространенных и современных вмешательствах, применение которых в практике врача-косметолога не сопряжено с высоким риском осложнений или нежелательных побочных реакций. Высокая востребованность данных процедур определяет необходимость обоснования их применения с позиций доказательной медицины. Среди неинвазивных методов оценки микроциркуляции ЛДФ занимает особое место и используется в научных целях и в настоящее время [21]. Однако дополнительные

измерения, такие как оценка лимфотока, нутритивного кровотока, флуоресценции коферментов окислительного метаболизма, используются не всегда и являются важными показателями при сравнительном изучении лекарственных или физических воздействий в норме и при патологии.

Исходя из полученных данных, можно говорить о том, что применение инъекционных методик препаратами для аминокислотно-заместительной терапии (Jalupro) и плазмотерапии (Endoret, Regenlab) значительно улучшает нутритивный кровоток в исследуемой области, и отмечается снижение амплитуд НАДН и ФАД. При этом повышение ПОМ в данной группе свидетельствует о снижении окислительного метаболизма МТС кожи лица пациентов. При проведении неабляционного фотоомоложения (IPL, PDL) мы наблюдали, что воздействие с выбранными параметрами значимо не влияет на кровоток и лимфоток через 2 недели после последней процедуры, однако селективно воздействует на метаболические процессы, снижая АНАДН. Также положительный эффект с позиций окислительного стресса отмечен в группе пациентов, которым проводили профессиональную наружную терапию.

Выявленные изменения положительно влияют на микроциркуляцию кожи в зоне воздействия, что сопровождается усилением трофических процессов и, следовательно, способствует поставленным клиническим целям. Нивелирование повреждающего действия активных форм кислорода оказывает положительное влияние на метаболические процессы в коже пациентов. Данные изменения были наиболее выражены в группе пациентов, получавших инъекционную терапию. Кроме того, необходимо отметить отсутствие отрицательной динамики по всем показателям и во всех группах, подвергшихся коррекции возрастных изменений. Важным является также то, что процедуры, которые выполнялись пациентам, не являются взаимозаменяемыми, поэтому для достижения максимально эффективного результата необходимо использовать комбинированные протоколы коррекции инволюционных изменений кожи.

Заключение

Таким образом, если рассматривать сосуды микроциркуляторного русла как основную мишень при коррекции возрастных изменений в косметологии, достижение максимальных результатов требует применения комбинированных методов воздействия. Наблюдаемое усиление нутритивного кровотока, антиоксидантное действие через 14 дней после последней процедуры позволяют говорить о пролонгированном влиянии неабляционного фотоомоложения, аминокислотно-заместительной терапии и плазмотерапии. Преимущественное воздействие отдельных процедур на конкретные компартменты МТС позволяет индивидуально подходить к выбору терапевтического воздействия.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Литература / References

1. Farage MA, Miller KW, Berardesca E, Maibach HI. Clinical implications of aging skin: cutaneous disorders in the elderly. *Am J Clin Dermatol*. 2009;10(2):73–86. Doi: 10.2165/00128071-200910020-00001.
2. Касаева Г. Р., Юнси Г. А., Василенко С. А. Фибробласты и их применение в современных методах омоложения кожи // Синергия наук. – 2019. – Т. 31. – С. 1438–1448. [Kasaeva GR, Yungsi GA, Vasilenko SA. Fibroblasts and their use in modern methods of skin rejuvenation. *Synergy journal*. 2019;31:1438–1448. (In Russ.)].
3. Gao F, Liu Y, He Y, Yang C, Wang Y, Shi X, Wei G. Hyaluronan oligosaccharides promote excisional wound healing through enhanced angiogenesis. *Matrix Biol*. 2010;29(2):107–116. Doi: 10.1016/j.matbio.2009.11.002.
4. Trelles MA, Allones I, Velez M. Non-ablative facial skin photorejuvenation with an intense pulsed light system and adjunctive epidermal care. *Lasers Med Sci*. 2003;18(2):104–111. Doi: 10.1007/s10103-003-0257-7.
5. Yaar M, Gilchrist BA. Photoageing: mechanism, prevention and therapy. *Br J Dermatol*. 2007;157(5):874–887. Doi: 10.1111/j.1365-2133.2007.08108.x.
6. Kohl E, Steinbauer J, Landthaler M, Szeimies RM. Skin ageing. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2011;25(8):873–884. Doi: 10.1111/j.1468-3083.2010.03963.x.
7. Сидоров В. В., Рыбаков Ю. А., Гукасов В. М. Метод и приборная реализация контроля микроциркуляторно-тканевой системы in vivo // Медицина и высокие технологии. – 2018. – Т. 3. – С. 27–33. [Sidorov VV, Rybakov YL, Gukasov VM. Method and instrumental implementation of control of microcirculator-tissue system in vivo. *Medicine and High Technologies*. 2018;3:27–33. (In Russ.)].
8. Дремин В. В., Козлов И. О., Жеребцов Е. А. и др. Возможности лазерной доплеровской флоуметрии в оценке состояния микрогемолимфоциркуляции // Регионар. кровообращение и микроциркуляция. – 2017. – Т. 16, № 4. – С. 42–49. [Dremin VV, Kozlov IO, Zherebtsov EA, Makovik IN, Dunaev AV, Sidorov VV, Krupatkin AI. The capabilities of laser Doppler flowmetry in assessment of lymph and blood microcirculation. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2017;16(4):42–49. (In Russ.)]. Doi: 10.24884/1682-6655-2017-16-4-42-49.
9. Balu M, Mazhar A, Hayakawa CK, Mittal R, Krasieva TB, König K, Venugopalan V, Tromberg BJ. In vivo multiphoton NADH fluorescence reveals depth-dependent keratinocyte metabolism in human skin. *Biophys J*. 2013;104(1):258–267. Doi: 10.1016/j.bpj.2012.11.3809.
10. Anderson KA, Madsen AS, Olsen CA, Hirschey MD. Metabolic control by sirtuins and other enzymes that sense NAD⁺, NADH, or their ratio. *Biochim Biophys Acta Bioenerg*. 2017;1858(12):991–998. Doi: 10.1016/j.bbabo.2017.09.005.
11. Alano CC, Ying W, Swanson RA. Poly(ADP-ribose) polymerase-1-mediated cell death in astrocytes requires NAD⁺ depletion and mitochondrial permeability transition. *J Biol Chem*. 2004;279(18):18895–902. Doi: 10.1074/jbc.M313329200.
12. Rutter J, Reick M, Wu LC, McKnight SL. Regulation of clock and NPAS2 DNA binding by the redox state of NAD cofactors. *Science*. 2001;293(5529):510–514. Doi: 10.1126/science.1060698.
13. Ziegler M. New functions of a long-known molecule. *Emerging roles of NAD in cellular signaling*. *Eur J Biochem*. 2000;267(6):1550–1564. Doi: 10.1046/j.1432-1327.2000.01187.x.
14. Imai S, Guarente L. NAD⁺ and sirtuins in aging and disease. *Trends Cell Biol*. 2014;24(8):464–471. Doi: 10.1016/j.tcb.2014.04.002.
15. Ying W. NAD⁺/NADH and NADP⁺/NADPH in cellular functions and cell death: regulation and biological consequences. *Antioxid Redox Signal*. 2008;10(2):179–206. Doi: 10.1089/ars.2007.1672.
16. Schaefer PM, Kalinina S, Rueck A, von Arnim CAF, von Einem B. NADH Autofluorescence-A Marker on its Way to Boost Bioenergetic Research. *Cytometry A*. 2019;95(1):34–46. Doi: 10.1002/cyto.a.23597.
17. Netter FH. *Atlas of human anatomy*. 7th edition. Elsevier, Philadelphia, PA, 2019:640.
18. Руководство по дерматовенерологии / под ред. Е. Р. Аравийской и Е. В. Соколовского. – СПб.: Фолиант, 2008. – 632 с. [Dermatovenerology Guide. Eds. Aravijskaja ER, Sokolovskij EV. St. Petersburg, Foliant, 2008:632. (In Russ.)].
19. Atiyeh BS, Ibrahim AE, Dibo SA. Cosmetic mesotherapy: between scientific evidence, science fiction, and lucrative business. *Aesthetic Plast Surg*. 2008;32(6):842–849. Doi: 10.1007/s00266-008-9195-x.
20. Карабут М. М., Гладкова Н. Д., Фельдштейн Ф. И. Фракционный лазерный фототермолит в лечении кожных дефектов: возможности и эффективность (обзор) // Современные технологии в медицине. – 2016. – Т. 8, № 2. – С. 98–108. [Karabut MM, Gladkova ND, Fel'shtejn FI. Fractional laser photothermolysis in the treatment of skin defects: possibilities and effectiveness (review). *Modern technologies in medicine*. 2016;8(2):98–108. (In Russ.)]. Doi: 10.17691/stm2016.8.2.14.
21. Rajan V, Varghese B, van Leeuwen TG, Steenbergen W. Review of methodological developments in laser Doppler flowmetry. *Lasers Med Sci*. 2009;24(2):269–283. Doi: 10.1007/s10103-007-0524-0.

Информация об авторах

Глаголева Екатерина Николаевна – главный врач клиники ООО «КомМод», Санкт-Петербург, Россия, e-mail: lekate@yandex.ru.

Сидоров Виктор Васильевич – канд. техн. наук, генеральный директор ООО «Научно-производственное предприятие "ЛАЗМА"», Санкт-Петербург, Россия, e-mail: lazma@plusnet.ru.

Подоплека Наталья Дмитриевна – врач-косметолог, дерматовенеролог клиники ООО «КомМод», Санкт-Петербург, Россия, e-mail: nbcomesout@gmail.com.

Файзуллина Динара Рафаэлевна – ассистент кафедры патофизиологии с курсом клинической патофизиологии, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: lasmed@yandex.ru.

Authors information

Glagoleva Ekaterina N. – head physician of medical clinic «KomMod», Saint Petersburg, Russia, e-mail: lekate@yandex.ru.

Sidorov Viktor V. – PhD in Engineering sciences, general director of SPE «LAZMA» Ltd, Saint Petersburg, Russia, e-mail: lazma@plusnet.ru.

Podoplekina Natalya D. – cosmetologist, dermatovenerologist; medical clinic «KomMod», Saint Petersburg, Russia, e-mail: nbcomesout@gmail.com.

Faizullina Dinara R. – assistant of the Department of Pathophysiology with a course of Clinical Pathophysiology, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: lasmed@yandex.ru.