

# Лазерофорез биологически активных веществ

С.В. МОСКВИН<sup>1</sup>, Т.В. КОНЧУГОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ Государственный научный центр лазерной медицины ФМБА России; <sup>2</sup>ФГБУ Российский научный центр и курортологии Минздрава России, Москва

## Laser phoresis of biologically active substances

S.V. MOSKVIN, T.V. KONCHUGOVA

State Research Center for Laser Medicine, Federal Biomedical Agency of Russia, Moscow; Russian Research Center for Medical Rehabilitation and Balneology, Ministry of Health and Social Development of Russia, Moscow

*Ключевые слова: лазерофорез, низкоинтенсивное лазерное излучение, транцитоз.*

*Key words: laser phoresis, low-intensity laser radiation, transcytosis.*

Давно и хорошо известен такой способ сочетанного применения лекарственного вещества и физического фактора, как лазерофорез (способ чрескожного введения биологически активных веществ посредством воздействия низкоинтенсивным лазерным излучением — НИЛИ) [4, 24]. Метод успешно применяется при заболеваниях воспалительного и дистрофического характера, однако необходимо учитывать, что не все лекарственные препараты «прозрачны» для кожи. Результаты физико-химических и экспериментальных исследований по изучению форетических свойств ряда таких препаратов свидетельствуют о том, что пригодными для лазерофореза являются, например оксолиновая и метилурациловая мази, лидаза, никотиновая кислота, контрактубекс, солкосерил, метрогил-дента гель и желе, гидрокортизоновая, тетрациклиновая, индометациновая, гепариновая мази, долгит-крем, пантовегин и др. [13, 40]. В то же время для разработки и внедрения в лечебную практику новых методик лазерофореза необходимо соблюдать все этапы предварительного экспериментально-клинического исследования, что позволит судить об устойчивости лекарственного вещества к воздействию НИЛИ, оптимальных параметрах лазерного воздействия и усилении эффективности по сравнению с лазеротерапией.

Важным аспектом в развитии метода лазерофореза является понимание механизмов проникновения лекарственных веществ через кожу, поскольку с учетом защитной функции кожи трансэпидермальное проникновение водных растворов разных ве-

ществ ограничено многими условиями. Наиболее значимым для введения большинства препаратов, безусловно, является дополнительный путь через шунты (потовые железы и волосяные фолликулы). Не менее значимый фактор, определяющий потенциальную возможность для проникновения через кожу, характеристика вводимого вещества (молекулярная масса, химическое строение, конформация, степень гидрофильности). Кроме того, имеются и другие факторы, влияющие на проникновение:

— кожные специфические факторы (место и площадь аппликации; возраст пациента; состояние, температура и степень гидратации кожи; интенсивность кровоснабжения и др.);

— условия аппликации и наличие внешнего воздействующего фактора (свойства окружающей среды; форма, вид, время и энергетическая плотность воздействия).

Однако возможность проникновения частиц через устье не гарантирует их дальнейшее продвижение, поскольку для этого необходимо пройти через железистые клетки потовых желез и эпителиальные клетки волосяного фолликула. Наиболее вероятным механизмом, позволяющим это осуществить, является транцитоз, точнее его разновидность, пиноцитоз — процесс, объединяющий признаки экзоцитоза и эндоцитоза. На одной поверхности клетки формируется эндоцитозный пузырек (эндосома), который переносится к противоположному концу клетки, становится экзоцитозным пузырьком и выделяет свое содержимое во внеклеточное пространство.

При этом весь процесс (полное прохождение вещества) занимает не более 1 мин. Важно, что для пиноцитоза характерно отсутствие специфичности плазмалеммы, т.е. любая поверхность соответствующей живой клетки может участвовать в трансцитозе. Данный механизм давно известен как основной, обеспечивающий поглощение клетками мелких капель воды, белков, гликопротеинов и макромолекул с максимальным размером до 1000 нм (1 мкм) [10].

В настоящее время большинство исследователей в первичных механизмах биологического действия НИЛИ ведущее значение придают термодинамическому запуску  $Ca^{2+}$ -зависимых процессов. При поглощении НИЛИ световая энергия преобразуется в тепло, вызывая локальное нарушение термодинамического равновесия, вследствие чего из внутриклеточного депо высвобождаются ионы кальция, которые затем распространяются в виде волн повышенной концентрации [26].

Поскольку  $Ca^{2+}$ -зависимыми являются как эндоцитоз, так и экзоцитоз [10], то высвобождение  $Ca^{2+}$  под влиянием НИЛИ приводит к активации трансцитоза в целом. Кроме того, известен феномен значительного усиления эндоцитоза после экзоцитоза, который был описан для железистых клеток и нейронов, в последнем случае для синаптических структур [9].

Впервые возможность влияния НИЛИ на форетическую подвижность ряда препаратов была продемонстрирована в 1989 г. А.А. Миненковым. На основании 400 физико-химических исследований разных по структуре лекарственных препаратов (апрессин, ганглерон, карбохромен, инозин, никотиновая кислота и др.) путем выявления их структурной устойчивости и подвижности при воздействии НИЛИ, постоянного электрического тока и их сочетания было установлено, что НИЛИ в терапевтических энергиях (1,5—37,5 Дж) не разрушает исследованные фармакологические препараты. Кроме того, в 36 исследованиях на кроликах с помощью красителя флюоресцеина показано, что воздействию НИЛИ 633 нм (14,4 Дж) кожи подопытных животных на участке проведения флюоресцеиновой пробы увеличивает скорость проникновения краски в кровь (коэффициент экстинции — оптическая плотность раствора при данной длине волны и толщине поглощающего слоя, равной 1 см; при воздействии НИЛИ —  $0,153 \pm 0,1$ , в контроле —  $0,106 \pm 0,02$ ;  $p < 0,05$ ).

В сравнительном аспекте исследовали количественные характеристики электрогенного переноса ионов отдельных лекарственных веществ при использовании для сочетанных воздействий наряду с НИЛИ и некоторых классических физических факторов: коротковолнового ультрафиолетового излучения, ультразвука, дециметровых волн, электрического поля ультравысокой частоты, переменного

магнитного поля и постоянного магнитного поля. В 80 физико-химических исследованиях на примере 0,1% раствора карбохромена было показано, что все эти физические факторы при экспозиции 20 мин повышают электрофоретическую подвижность данного фармакологического препарата. Однако преимущества НИЛИ заключается в более выраженном влиянии на этот процесс, чем в остальных случаях (в том числе и в 1,5—2 раза больше, чем в контроле, т.е. при электрофорезе). На рис. 1 представлена эффективность влияния разных физических факторов на форетическую подвижность карбохромена, что демонстрирует преимущества лазерофореза.

На основании проведенных исследований было сделано заключение о том, что использование НИЛИ в сочетанных физико-фармакологических воздействиях является одним из перспективных направлений для создания новых методов физиотерапии (лекарственный электрофотофорез).

В экспериментах с препарированными плацентарными мембранами была доказана возможность стимулированного разными физическими полями, в том числе и НИЛИ, плацентарного переноса анионов левомецетина, бензилпеницилина и оксациллина [36].

Математическая модель, предложенная А.А. Рыжевич и соавт. [33], в основе которой лежит анализ термодинамических сдвигов, наблюдающихся при воздействии НИЛИ на биологические объекты, позволяет выбрать возможные оптимальные параметры лазерного излучения. Авторами были рассчитаны длина волны, плотность мощности, время воздействия, характеристики модулированного режима для создания максимально возможного температурного градиента в структуре «липиды мембран—окружающая жидкость», что позволяет оптимизировать метод лазерофореза. Имеются результаты экспериментальных исследований, расширившие представ-

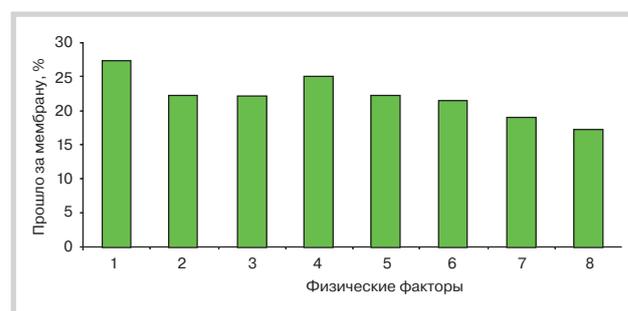


Рис. 1. Воздействие физических факторов на форетическую подвижность карбохромена в разных физических полях (экспозиция 5 мин).

1 — излучение гелий-неонового лазера (633 нм, 20 мВт/см<sup>2</sup>), 2 — коротковолновое ультрафиолетовое излучение (254 нм, мощность лампы — 220 Вт); 3 — ультразвук (0,88 МГц, 0,6 Вт/см<sup>2</sup>); 4 — дециметровые волны (460 МГц, 2 Вт); 5 — электрическое поле ультравысокой частоты (40,7 МГц, 15 Вт); 6 — переменное магнитное поле (50 Гц, 35 мТл); 7 — постоянное магнитное поле (30 мТл); 8 — постоянный электрический ток (0,1 мА/см<sup>2</sup>). Данные представлены по А.А. Миненкову [24].

ления о механизмах действия лазерофореза [15]. Основанные на данной модели расчеты А.М. Лисенкова и соавт. [23] показали, что действие лазерного излучения с длиной волны 780—785 нм и интенсивностью 60 мВт/см<sup>2</sup> является оптимальным для проведения осветчивания кожи с целью увеличения кровотока, если время процедуры лазерофореза не превышает 20 мин.

Клинически доказана высокая эффективность лазерофореза ряда препаратов при стоматологических заболеваниях. В.В. Коржова и соавт. [16] отметили высокую эффективность комбинированного воздействия красного (длина волны — 635 нм, плотность мощности — 60 мВт/см<sup>2</sup>) и инфракрасного импульсного (длина волны — 890—904 нм) НИЛИ у женщин с пародонтитом при лазерофорезе препарата Ксидент (регулятор обмена кальция) [16]. А.Г. Хрыкова [43] продемонстрировала эффективность введения разных антибиотиков через слизистую оболочку при лечении детей с верхнечелюстными синуситами. Л.Х. Болатова [6] проводила лечение воспалительных заболеваний пародонта препаратами на основе гиалуроновой кислоты группы гиалудент, вводимыми с помощью лазерофореза. Патентован способ лечения больных стоматитом методом лазерофореза 0,25% оксолиновой мази [30], известен метод лазерофореза геля метрогил-дента в комплексном лечении больных хроническим генерализованным пародонтитом, разработанный этими же авторами [32].

Е.В. Жданов [14] показал, что при тяжелой степени поражения пародонта пролонгированный и стойкий лечебный эффект оказывает только многофакторное воздействие на ткани пародонта — лазерофорез пантовегина, применение которого позволяет значительно повысить эффективность лечебных мероприятий (уменьшить выраженность и сократить продолжительность послеоперационного болевого синдрома, ускорить регенерацию послеоперационной раны, сократить период нетрудоспособности пациента, повысить его психоэмоциональный комфорт, нормализовать показатели гуморального общего и локального иммунитета, нормализовать микроциркуляцию, увеличить период ремиссии заболевания). И.В. Митрофанов [25] в комплексе восстановительных мероприятий при болезнях пародонта рекомендует проводить лазерофорез (АЛТ «Матрикс» в режиме БИО, инфракрасное излучение) экзогенных адаптогенов (гирудина, пирроксана, янтарной кислоты и др.). Ж.В. Хохлова [42] обосновала эффективность лазерофореза нейротропных препаратов в комплексной терапии больных хроническим генерализованным пародонтитом. В.И. Куцевляк [22] рекомендует применять лазерофорез в детской ортодонтии.

Примером клинического использования метода в гинекологии может служить методика лазерофо-

реза пантовегина в восстановительном лечении больных хроническим сальпингоофоритом. Данная методика позволяет получить эффект в 92,5% случаев и в течение года сохранить результаты у 89% больных [8].

Технология лазерофореза с предварительной ионизацией геля «гиасульф» и электромиостимуляцией в зоне аппликации позволяет снизить интенсивность болевого синдрома у пациентов с дорсопатиями на фоне перенесенных вертебральных переломов на 68% от исходных значений по ВАШ, обладает эффектом последствия до 6 нед и способствует активизации пациентов. На фоне лечения отмечается снижение систолического артериального давления (АД) на  $5,8 \pm 2,1$  мм рт.ст., что является дополнительным положительным воздействием при сочетании ОП с АГ. Введение фитомеланина методом лазерофореза с электромиостимуляцией и предварительной ионизацией действующего вещества эффективно и безопасно у пациентов с болевым синдромом на фоне остеопоротической спондилопатии, способствует стабилизации АД и уменьшает выраженность нежелательных гастроинтестинальных эффектов пероральных нестероидных противовоспалительных средств за счет снижения на фоне лечения энергетической плотности НИЛИ в 3 раза и более [5].

В.И. Финешина [38] предложила применить лазерофорез лонгидазы 3000 МЕ в комплексном лечении неинфекционных поражений ногтевых пластин. Препарат разводили в 2 мл дистиллированной воды и наносили на область проекции заднего ногтевого валика, затем осуществляли воздействие НИЛИ. Показано, что данная методика у пациентов с неинфекционной ониходистрофией способствует выраженному регрессу основных клинико-морфологических проявлений заболевания, что подтверждается достоверно значимым снижением индекса NAPSI, отражающего тяжесть и распространенность кожного поражения, на 85% по сравнению с лазеротерапией (70%) и медикаментозным лечением (52%). Лазерофорез в большей степени, чем лазеротерапия, вызывает выраженную коррекцию микроциркуляторных нарушений в области проекции ногтевого ложа, о чем свидетельствует улучшение показателей активных и пассивных механизмов тканевого кровотока в виде достоверно значимого снижения гипертонаса артериолярных сосудов (ALF/СКО), уменьшения застоя в веноулярном отделе микроциркуляции (АНФ/СКО) и усиления капиллярного кровотока (АСФ/СКО). У пациентов с преобладанием гипертрофических изменений ногтевых пластинок разработанный метод оказывает выраженное положительное влияние на структуру ногтевого ложа, чем лазеротерапия, о чем свидетельствуют улучшение показателей ультразвукового сканирования. Применение лазерофореза значительно

улучшает психоэмоциональное, физическое состояние и социальную адаптацию пациентов с ониходистрофиями, о чем свидетельствует снижение дерматологического индекса качества жизни в среднем на 82% (в группах сравнения и контроля — на 61 и 42% соответственно). Комплексное лечение с применением лазерофореза является высокоэффективным методом лечения неинфекционных ониходистрофий (89,2%) по сравнению с лазеротерапией (74,3%) и медикаментозным лечением (56,6%), что подтверждается и результатами отдаленных наблюдений, свидетельствующих о сохранении полученной клинической ремиссии в 78,8% случаев в течение 6 мес, а у 42,4% — в течение 1 года, в то время как в группе сравнения в 42,3% случаев период ремиссии составил 6 мес, а через 1 год пациентов с сохраненной клинической ремиссией не было.

Использование лазерофореза в комплексном лечении больных с дистрофическими заболеваниями сетчатки предложено В.Н. Красногорской [18]. Системный комплексный подход к лечению больных (применение лазерной активации диффузии, антиоксиданта гистохром и лекарственного препарата витрум вижн форте, определение и коррекция аффективных нарушений) позволяет в значительной степени добиться увеличения клинико-функциональных показателей состояния сетчатки. Абсолютных противопоказаний разработанный комплексный метод лечения не имеет. К относительным противопоказаниям авторы отнесли некомпенсированную глаукому, соматические заболевания в стадии декомпенсации. Метод малотравматичен, легко переносится больными, не вызывает побочных реакций, прост в использовании и может быть рекомендован для внедрения в широкую клиническую практику [19].

Разработанный и внедренный в клиническую практику комбинированный метод лечения частичной атрофии зрительного нерва, включающий ретробульбарное введение лекарственных препаратов через имплантированный в ретробульбарное пространство созданный светоэлектрод-катетер, с помощью которого осуществляется также их электро- и лазерофорез в сочетании с прямой электро- и лазерстимуляцией зрительного нерва, позволяет повысить у пациентов остроту зрения, уменьшить количество абсолютных и относительных скотом, улучшить электрофизиологические параметры проведения возбуждения по зрительному нерву [12].

В.В. Антипенко [3] предлагает включать лазерофорез в комплекс консервативного и хирургического лечения хронического неспецифического тонзиллита. Для проведения лазерофореза полость лакун небных миндалин (6—8 лакун) заполняют 0,5% раствором дигидрохлорокверцетина в объеме 3 мл с последующим освещением этой области (полостей) НИЛИ с длиной волны 633 нм. Максимальная вы-

ходная мощность 10—20 мВт, диаметр светового пятна — 2—3 мм, плотность потока мощности — 35—60 Вт/см<sup>2</sup>, время экспозиции лазерного излучения — 2 мин на 1 лакуну, курс лечения — 6—7 процедур.

Лазерофорез успешно применяют в комплексной реабилитации пострадавших с ожогами и ранами разного генеза. Еще до начала полной эпителизации ран местно назначают гель контрактубекс на восстановленный кожный покров (3 раза в сутки), как в виде аппликаций, так и в условиях физиотерапевтического кабинета с помощью лазерофореза (1 раз в сутки). Прослеживается отчетливая положительная динамика с учетом физиологической ретракции рубца. В процессе лечения пациенты отмечали, что рубцы сглаживались и выравнивались с окружающей кожей, становились эластичными и не имели тенденции к увеличению площади. Отсутствовали сыпь, отек и гиперемия в области рубцов [1].

Показано, что методика фитолазерофореза позволяет снять перевозбуждение в центральной нервной системе, устраняя гипоксию и ишемию структурных образований головного мозга. Длительная компрессия корешков межпозвоночных дисков ведет к стойкому спазму мозговых сосудов, а также вызывает стойкое сокращение с последующим укорочением и снижением эластичности мышечно-связочного аппарата шейного отдела позвоночника, что также вызывает сужение сосудистого русла. Методом лазерофореза в местах компрессии корешков и в области спазмированных мышц вводятся препараты ботокс, карипазим или лекозим, которые оказывают миорелаксирующее и рассасывающее действие. Лечение проводится на фоне перорального приема фитопрепаратов и акупунктуры [21].

По данным А.А. Горячевой [11], фитолазерофорез способствует стабилизации АД, обеспечивая синтоксический эффект со стороны основных функциональных систем организма человека. Обследованы 87 человек с диагнозом эссенциальная артериальная гипертензия II ст. В основной группе больных, кроме рутинной терапии, применялся фитолазерофорез. На фоне изменения медиаторов ВНС менялись показатели свертывающей и противосвертывающей, окислительной и антиокислительной, иммунной систем с тенденцией к активации синтоксических программ адаптации после лечения с использованием фитолазерофореза. Изучен коэффициент активности синтоксических программ адаптации (рис. 2). Систолическое и диастолическое АД через 10 сут лечения устанавливалось на уровне нормальных значений. Катамнез — 6 мес. В этот период гипотензивных препаратов обследованные не принимали.

Во многих работах в качестве вводимого вещества выступает гиалуроновая кислота (ГК; гиалуро-

нат натрия). Для исследователей она интересна тем, что ее молекулы могут формировать цепочки разной длины (молекулярной массы), это позволяет экспериментально оценить предельные размеры молекул, которые можно вводить. Кроме того, ГК чрезвычайно активно используется как в медицине, так и в косметологии [29, 37].

Впервые лазерофорез ГК и янтарной кислоты (ЯК) был предложен в Тульском институте новых медицинских технологий. В течение нескольких лет под руководством проф. А.А. Хадарцева проводилась активная работа, направленная на совершенствование методики [7, 17, 20, 25, 34, 39, 40].

В работе Е.А. Рязановой [34], показано, что после электромиостимуляции, предвещающей лазерофорез, происходят активация нейрорецепторного и мышечного аппарата и улучшение микроциркуляции крови. Эти изменения способствуют активному отклику на воздействие НИЛИ и проникновению

ГК и ЯК вглубь тканей. Лазерофорез биологически активных веществ (ГК и ЯК) проводили с помощью лазерного терапевтического комплекса «Матрикс-Косметолог» производства Научно-исследовательского центра «Матрикс» (Москва). Результаты также свидетельствуют о разогреве тканей за счет активации микроциркуляции, при этом, малые концентрации ГК и ЯК обеспечивают весьма значимый эффект усиления микроциркуляции и, соответственно, инфракрасного излучения, регистрируемого тепловизором (рис. 3) [35, 41].

В течение 2010—2011 гг. на базе ГНЦ лазерной медицины ФМБА РФ и Самарского медицинского института «РЕАВИЗ» проведены исследования, посвященные оптимизации методики лазерофореза, разработке технологии лазерной биоревитализации *Лазмик*. Опубликована серия статей в разных журналах, в том числе рекомендованных ВАК, получен патент на изобретение [28, 31]. В исследовании, которое проводилось в 3 этапа, приняли участие 85 женщин. На I этапе измеряли параметры микроциркуляции крови кожи лица и флуоресценции кожи лица у 25 женщин 20—25 лет (контрольная группа) и 60 женщин 45—55 лет (экспериментальные группы). На II этапе проводили воздействие гелем с ГК (в одной экспериментальной группе), на III — воздействии НИЛИ и лазерофорезом (в других экспериментальных группах).

**Метод лазерофореза ГК.** Наружное безынекционное введение геля с ГК *Лазмик* (1,5% гиалуронат натрия, молекулярная масса 250—750 кД) в кожу осуществлялось воздействием НИЛИ с помощью аппарата лазерной и лазерно-вакуумной терапии *Лазмик* (излучающая головка КЛЮ-780-90 со специальной насадкой, длина волны — 780—785 нм, непрерывный режим, средняя мощность — 40—50 мВт, по 30 с на одну зону). Общее время всей про-

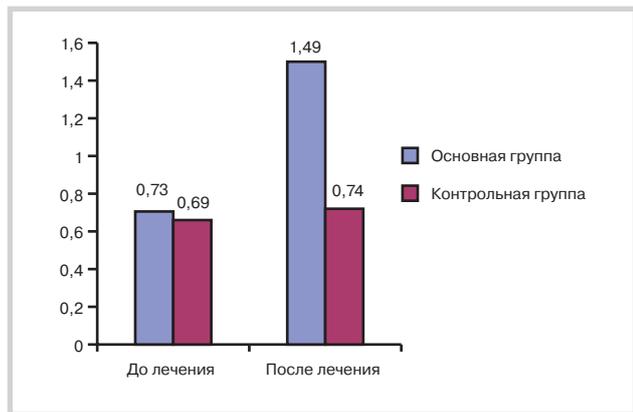


Рис. 2. Показатели коэффициента активации синтоксических программ адаптации в основной и контрольной группах (87 человек).

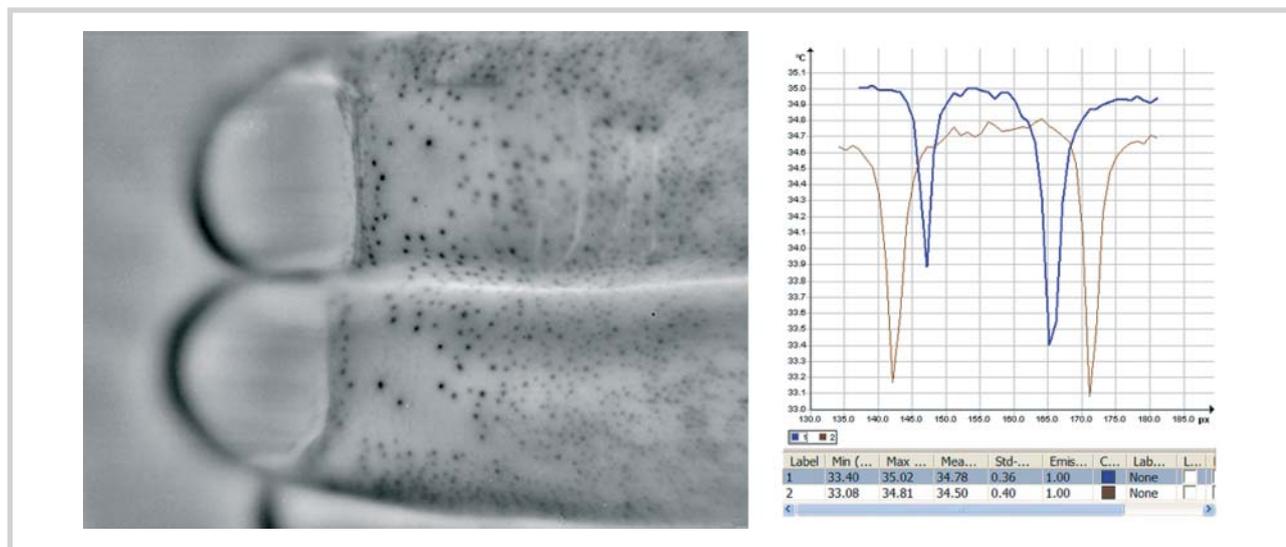


Рис. 3. Открытые потовые каналы и температурные профили через поры. Число пор увеличилось почти в 2 раза (совместные данные с А.Н. Хижняк, 2006).

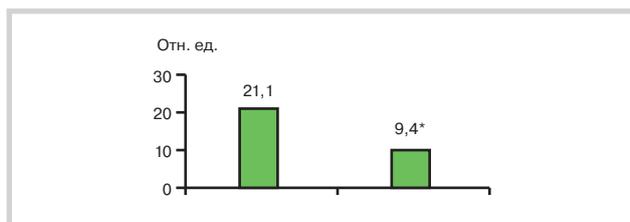


Рис. 4. Эффективность кислородного обмена у женщин разных возрастных групп. \* $p < 0,05$  по сравнению с контролем.

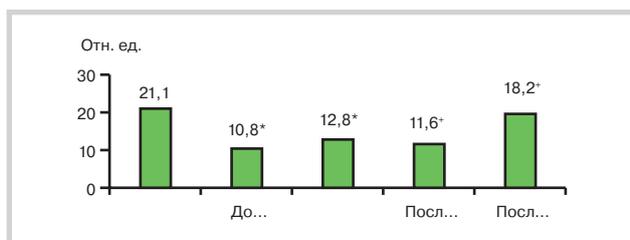


Рис. 5. Эффективность кислородного обмена после обработки гелем с ГК, воздействия НИЛИ и лазерофореза ГК.

\* $p < 0,05$  — по сравнению с контролем, \* — со значением до воздействия.

цедуры не превышало 10 мин. Каждый участник исследования проходил курс из 10 процедур лазерофореза.

Полученные данные свидетельствуют о стимуляции микроциркуляции крови кожи лица и, как следствие, увеличении напряжения кислорода в коже, насыщении кислородом крови в коже лица, повышении уровня трофического обеспечения тканей. Все эти вторичные эффекты обусловлены первичным эффектом от воздействия НИЛИ — повышением внутриклеточной концентрации ионов  $Ca^{2+}$  в цитозоле, которые распространяются в виде волн повышенной концентрации и вызывают физиологические  $Ca^{2+}$ -зависимые реакции. Увеличение содержания внутриклеточного  $Ca^{2+}$  в цитозоле стимулирует синтез NO эндотелием, вследствие чего происходят эндотелийзависимая вазодилатация сосудов и увеличение перфузии [26].

Результаты сравнительного анализа моновоздействия НИЛИ и влияния лазерофореза свидетельствуют о значительно большем эффекте сочетанной методики. При этом ГК проникает в кожу не только через устье желез и волосяных фолликулов, но и путем трансцитоза (пиноцитоза), а поскольку эти процессы являются  $Ca^{2+}$ -зависимыми, они активируются под влиянием НИЛИ [27]. Таким образом, подтверждено, что НИЛИ усиливает эффективность положительного биологического воздействия ГК на микроциркуляцию крови кожи лица у женщин в возрасте 45–55 лет.

Обнаружено, что в экспериментальных группах эффективность кислородного обмена (ЭКО) снижена на 44% по сравнению с контрольными группами (рис. 4).

По результатам исследования выявлено увеличение ЭКО (на 17%) после обработки гелем с ГК у женщин 45–55 лет. Обнаружено, что после воздействия НИЛИ ЭКО повысился в среднем на 15%, после лазерофореза ГК — на 40% (рис. 5).

Полученные данные свидетельствуют об улучшении местного кровообращения, насыщении кислородом кожи, улучшении эффективности потребления кислорода клетками кожи под влиянием НИЛИ, стабилизации энергетического метаболизма клеток кожи, медленном снижении концентрации окисленных флавопротеидов и увеличении концентрации восстановленных пиридиннуклеотидов, что обуславливает повышение ЭКО.

Наши исследования легли в основу новой технологии лазерной биоревитализации *Лазмик*, которая представляет собой лазерофорез геля с ГК по специально разработанной методике. В настоящее время данная технология активно применяется ведущими косметологами. Косметологическая практика применения свидетельствует о том, что эффективность технологии *Лазмик* значительно превосходит аналоги, как по непосредственным результатам, так и по длительности их сохранения.

Методика *Лазмик* принципиально отличается от зарубежных аналогов не только стоимостью (требует в среднем в 10 раз меньше затрат), но и значительно лучшими результатами, что обеспечивается несколькими факторами:

- введением в кожу до 100% ГК, находящейся в составе геля;
- доставкой в глубокие слои кожи необходимых коже биологически активных веществ;
- наличием постоянного эффекта при проведении ежемесячных поддерживающих процедур;
- отсутствием противопоказаний, дискомфортом процедур;
- выраженным синергизмом действия препарата и НИЛИ, обеспечивающим пролонгированный эффект;
- восстановлением и поддержанием эффективности кислородного обмена клеток кожи лица (до 95%);
- улучшением структуры коллагенового матрикса, снижением уровня липофусцина.

Чрезвычайно интересной представляется нам перспектива использования лазерофореза для чрескожного введения препаратов ботулинического токсина типа А — гидрофильного белка, имеющего молекулярную массу до 150 кД, что соответствует условиям обеспечения проникновения вещества по механизму трансцитоза. Методика может быть задействована при лечении больных сахарным диабетом, в неврологии, а также в косметологии [2].

Таким образом, представленные нами данные свидетельствуют об эффективности и перспективности метода лазерофореза как при лечении разных

социально значимых заболеваний, так и при коррекции функциональных нарушений, в том числе связанных со старением организма. Для реализации данного метода используются бюджетные отечественные лазерные терапевтические аппараты (например, серия *Лазмик*, специально разработанная

для косметологии и дерматологии), а сами процедуры просты в исполнении. Все это позволяет надеяться на широкое внедрение методики лазерофореза в практику лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений, а также косметических салонов и медицинских центров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Алмакин А.Л., Соколов В.А., Санников М.В., Ушаков М.В.* Актуальные вопросы реабилитации пострадавших с ожогами и ранами различного генеза. Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. М 2011; 4: 41—45.
2. *Андреева Ю.В., Купеев В.Г., Хадарцев А.А.* Лазерофорез ботокса и карипазима в комплексе восстановительного лечения сахарного диабета 2-го типа. Вестн нов мед технол 2012; 19: 2: 68—69.
3. *Антипенко В.В.* Консервативное и хирургическое лечение хронического неспецифического тонзиллита: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб 2009; 18.
4. *Данилова И.Н., Миненков А.А., Каменецкая Т.М и др.* Авторское свидетельство № 1012923 SU, МКИ А61N5/00. Способ введения лекарственных препаратов в живой организм. Заявлено №3354461 31.07.81. Опубл. 23.04.83.
5. *Беляева Е.А.* Восстановительная терапия осложненного постменопаузального остеопороза при коморбидной патологии: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М 2011; 44.
6. *Болатова Л.Х.* Лечение воспалительных заболеваний пародонта препаратами на основе гиалуроновой кислоты группы «Гиалудент»: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Ставрополь 2010; 20.
7. *Валентинов Б.Г.* Системные биологические эффекты фитопрепаратов китайской медицины: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тула 2005; 20.
8. *Великова Е.В.* Применение фотофореза пантовегина в восстановительном лечении больных хроническим сальпингоофоритом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2005; 24.
9. *Ганцева И.М., Мулюкова Г.К.* Изучение динамики экзостоза и эндоцитоза синаптических везикул в двигательном нервном окончании. Вестник РГМУ 2005; 3: 42: 162.
10. *Глебов Р.Н.* Биохимия мембран: Эндоцитоз и экзостоз. М: Высшая школа 1987; 95.
11. *Горячева А.А.* Системный анализ лечебно-восстановительных мероприятий при артериальной гипертензии: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Тула 2007; 44.
12. *Дугинов А.Г.* Комбинированный метод лечения частичной атрофии зрительного нерва различного генеза: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2010; 24.
13. *Жаров В.П., Латышев А.С.* Лазерные методы транскутанного введения растворов лекарств. Лазер мед 1998; 2: 1: 8—16.
14. *Жданов Е.В.* Фотофорез и лазерная терапия в послеоперационном периоде у больных хроническим пародонтитом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2004; 23.
15. *Железнякова Т.А., Солоневич С.В.* Исследование закономерностей процесса введения лекарственных средств в организм под действием лазерных полей различных типов (Отчет о НИР №ГР 20081451) [Электронный ресурс]. Минск: БГУ 2010; 171.
16. *Коржова В.В., Доронин Г.Л., Дорошина В.Ю. и др.* Сочетанное действие красного и инфракрасного излучений при лечении пародонтита у женщин. Международная конференция «Клиническое и экспериментальное применение новых лазерных технологий»: Материалы. М—Казань 1995; 198.
17. *Корягин А.А.* Немедикаментозная коррекция физиологических механизмов психоэмоционального стресса: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Тула 2004; 26.
18. *Красногорская В.Н.* Лечение атеросклеротических макулодистрофий методом прямого лазерофореза: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Благовещенск 1996; 17.
19. *Красногорская В.Н.* Система комплексного лечения дистрофических заболеваний сетчатки с лазерной активацией диффузии лекарственных препаратов (клинико-экспериментальное исследование): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Красноярск 2008; 43.
20. *Краюхин А.В.* Системная диагностика эффективности лазерофореза биологически активных веществ: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тула 2005; 26.
21. *Купеев В.Г., Купеева Е.В., Тимошина Н.А.* Клиническая эффективность и теоретическая обоснованность лазерофореза в лечении сердечно-сосудистых патологий. Современные проблемы науки и образования 2006; 5: 93—96.
22. *Куцевляк В.И.* Ортодонтия. Харьков 2005; 464.
23. *Лисенкова А.М., Железнякова Т.А., Кобак И.А. и др.* Лазерные технологии для эффективного трансдермального введения лекарственных препаратов в организм. Международная научная конференция «Лазерная физика и оптические технологии», 8-я: Сборник научных трудов. Т. 1. Минск 2010; 201—204.
24. *Миненков А.А.* Низкоэнергетическое лазерное излучение красного, инфракрасного диапазона и его использование в сочетанных методах физиотерапии: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М 1989; 44.
25. *Митрофанов И.В.* Немедикаментозные способы в комплексе восстановительных мероприятий при болезнях пародонта: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Тула 2006; 24.
26. *Москвин С.В.* Системный анализ эффективности управления биологическими системами низкоэнергетическим лазерным излучением: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Тула 2008; 38.
27. *Москвин С.В., Миненков А.А.* Механизм переноса лекарственных веществ через кожу методом лазерофореза. Клини дерматол и венерол 2010; 5: 78—84.
28. *Москвин С.В., Зарубина Е.Г., Антипов Е.В., Рязанова Е.А.* Изменения показателей микроциркуляции после воздействия низкоинтенсивным лазерным излучением и лазерофореза гиалуроновой кислоты. Совр пробл дерматовенерол иммунол и врач косметол 2011; 1: 35—40.
29. *Москвин С.В., Рязанова Е.А., Румянцева Н.Г.* Лазерофорез, лазерная биоревитализация, липолитическая и антицеллюлитная программы ЛАЗМИК. Тверь: Триада 2012; 120.
30. *Герасименко М.Ю., Прикулс В.Ф.* Патент 2162719 RU, МКИ А61N 5/067. Способ лечения больных стоматитом. №2000112372/14. Заявлено 19.05.2000. Опубл. 10.02.2001.
31. *Москвин С.В.* Патент 2456035 RU. Способ лазерофореза биологически активных веществ. №2010145006/14(064880). Заявлено 03.11.10. Опубл. 20.07.12.
32. *Прикулс В.Ф., Герасименко М.Ю., Московец О.Н., Сквородько С.Н.* Фотофорез Метрогил Дента при комплексном лечении больных хроническим генерализованным пародонтитом. Стоматология 2008; 4: 18—23.
33. *Рыжевич А.А., Солоневич С.В., Железнякова Т.А. и др.* Модель взаимодействия лазерного излучения с биотканью при наличии неравновесного поглощения. Международная научная конференция «Лазерная физика и оптические технологии», 8-я: Сборник научных трудов. Т. 1. Минск 2010; 239—242.
34. *Рязанова Е.А.* Физические способы восстановительной медицины в дерматокосметологии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Тула 2007; 23.
35. *Рязанова Е.А., Москвин С.В.* Сочетанная лазерная терапия алопеции (облысения). М—Тверь: Триада 2010; 72.
36. *Сорокина Т.Е.* Исследование электрохимического механизма проницаемости плацентарных мембран по анионам антибиотиков в малоамплитудных физических полях: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. М 2000; 24.
37. *Федорищев И.А.* Гиалуроновая кислота. Тула 2011; 340.
38. *Финешина В.И.* Фотофорез Лонгидазы в комплексном лечении неинфекционных поражений ногтей пластин: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2010; 21.
39. *Хадарцев А.А., Рязанова Е.А.* Лазерофорез комплекса гиалуроновой и янтарной кислот в восстановительной терапии и косметологии. Конференция «Проблемы качества жизни в здравоохранении», 4-я: Тезисы. М 2006; 4: 28.
40. *Хадарцев А.А., Купеев В.Г., Зилев В.Г. и др.* Диагностические и лечебно-восстановительные технологии при сочетанной патологии внутренних органов и систем. Тула: Тульский полиграфист 2003; 172.
41. *Хижняк Л.Н.* Диагностика и контроль эффективности лечения заболеваний сосудов нижних конечностей с использованием матричных термовизионных систем: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Тула 2006; 24.
42. *Хохлова Ж.В.* Фотофорез нейротропных препаратов в комплексной терапии больных хроническим генерализованным пародонтитом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2007; 23.
43. *Хрыкова А.Г.* Лазерная терапия и новые перевязочные материалы в лечении детей с верхнечелюстными синуситами: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2007; 21.