

Лазерофорез биологически активных веществ в косметологии: обоснование и практические разработки

Сергей Москвин

7652612@mail.ru



Об авторе:

Москвин Сергей Владимирович, доктор биологических наук, кандидат технических наук, ФГУ «Государственный научный центр лазерной медицины ФМБА России», профессор кафедры восстановительной медицины ГОУ «ИПК ФМБА России»

ВСТУПЛЕНИЕ

Известно, что методы физиотерапии позволяют существенно повысить эффективность лечения. Основные принципы такой методологии были сформулированы в 80-е гг. прошлого века и базируются в основном на клиническом опыте, при этом теоретическое обоснование зачастую отстает от практики [1].

Одной из наиболее известных и эффективных методик сочетанного применения различных лечебных факторов является чрескожный лазерофорез лекарственных препаратов и биологически активных веществ [2, 3]. Метод успешно применяется в комплексном лечении больных с воспалительными, дегенеративно-дистрофическими и сосудистыми патологиями, с заболеваниями внутренних органов, а также в гинекологии, дерматологии, офтальмологии, стоматологии и других областях медицины [3–9].

В России лазерофорез отечественных препаратов, в частности препаратов гиалуроновой кислоты (ГК), несколько лет назад стали успешно применять и в косметологии [10, 11]. При определенных условиях ГК может сама проникать через кожный барьер, а также способствовать

пенетрации других веществ, в том числе лекарственных, используемых для коррекции некоторых кожных проблем (например актинического кератоза). Это открывает новые возможности применения ГК не только в косметологии, но и в медицинской практике.

По нашему мнению, непонимание механизмов лазерофореза является одной из основных причин не столь широкого распространения метода, как он того заслуживает. Ведь ответ на вопрос, каким образом осуществляется чрескожное проникновение лекарственных препаратов и активных веществ под действием низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ), позволяет прогнозировать результат лечения, понимать, какие вещества и каким образом можно использовать на практике, оптимизировать параметры методики и пр.

В данной статье мы постараемся открыть завесу над этой тайной, но для того чтобы понять механизмы чрескожного лазерофореза, пути и условия проникновения биологически активных веществ, необходимо вспомнить строение, функцию и физиологию кожи. Эти вопросы достаточно хорошо изучены, выделим только основные факторы, используемые нами для изучения механизмов лазерофореза.

III Международный Форум Медицины и Красоты

8-10 декабря 2010 года

ВВЦ, павильон 75 (станция метро "ВДНХ")

Форум традиционно собирает от 2500 до 4000 посетителей научной программы и выставки, из которых около 90% являются врачами-специалистами.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
АЛЬЯНС

ДЕРМАТОЛОГОВ



КОСМЕТОЛОГОВ

В рамках ФМК:

обширная научно-практическая программа для специалистов в области дерматологии, косметологии, эстетической медицины, менеджмента индустрии красоты.

Среди докладчиков Форума – эксперты в области дерматологии и косметологии из России, Великобритании, Германии, Израиля, Италии, Испании, Китая, Латвии, Норвегии, Польши, США, Украины, Тайваня, Чехии, Франции, Швейцарии, Швеции.

Все слушатели научной программы получают соответствующие сертификаты от Национального альянса дерматологов и косметологов;

профильная выставка;

NEW! В рамках Форума-2010 впервые состоится финал **Первого Международного конкурса молодых дерматологов и косметологов «Сферы мастерства».**

Конкурс проходит при поддержке Комиссии по охране здоровья и экологии Общественной палаты Российской Федерации.

Сферы
мастерства

Официальные партнеры мероприятий НАДК



Генеральный информационный партнер:



Информационные партнеры:



ВЕСТНИК
СЕМЕЙНОЙ МЕДИЦИНЫ

КОСМЕТИКА
МЕДИЦИНА

Доктор.Ру
медицинское издание

ФОРМУЛА
КРАСОТЫ

Аптечный
бизнес

Специальный журнал
МЕДИЦИНСКАЯ
КАРТОТЕКА

МОСКОВСКИЕ
Anmeku

ФОРМУЛА
КРАСОТЫ

Спортивные
рекламисты

КЛИНИЧЕСКАЯ
ДЕРМАТОЛОГИЯ
И ВЕНЕРОЛОГИЯ

Health
МАГАЗИН

BELLE

Европейское Медицинское Сообщество

doctor travel

Лечащий Врач

РЕМЕДИУМ
ГРУППА КОМПАНИЙ

Национальный альянс дерматологов и косметологов: (495) 785-11-04

www.nadc.ru



ПУТИ ПРОНИКНОВЕНИЯ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ КОЖУ

Начнем с терминологии. Во-первых, «чрескожное» — не синоним «трансэпидермального». В нашем понимании он дает указание лишь на область приложения воздействия — «через кожу». Аналогично, мы можем вводить препарат «через слизистую оболочку», например ротовой полости, но механизмы здесь совершенно иные (рассматривать их мы не будем).

Во-вторых, термин в строгом понимании не совсем корректен, поскольку может сложиться впечатление, будто проникновение происходит *через* кожу в другие органы и ткани человека. Это, разумеется, не так, и именно кожа (точнее, ее слои, лежащие под роговым слоем) и является основной областью концентрации вводимых веществ. Более глубокое проникновение осуществляется посредством хорошо известных механизмов, но нам интересны именно процессы, происходящие на первом этапе, т.е. важно понять, каким образом вещества проникают под роговой слой. Тем не менее термин «чрескожный лазерофорез» широко распространен, и с учетом вышеприведенных оговорок вполне может использоваться.

Напомним, что проникновение веществ через роговой слой теоретически может проходить по трем основным путям:

- *напрямую через роговые чешуйки* — этот путь ставится под сомнение большинством ученых, и вклад этого пути в абсорбцию оценивается как пренебрежимо малый;
- *по межклеточным промежуткам* — в межклеточных промежутках рогового слоя находится структура, называемая липидным барьером кожи. Диффузия веществ через нее возможна, но ограничена многими факторами (размером молекул, их полярностью, сродством к жирам или воде и т.п.);
- *дополнительный путь (через шунты)* — транспорт веществ через протоки желез и волосяные фолликулы. Кроме того, имеются и другие факторы, влияющие на абсорбцию и проникновение компонентов в кровотоки:
- кожные специфические факторы (место и площадь аппликации; возраст, состояние, температура и степень гидратации кожи; интенсивность кровоснабжения и др.);
- характеристики проникающего компонента (молекулярная масса, химическое строение, конформация, степень гидрофильности);
- условия аппликации и наличие внешнего воздействующего фактора (свойства окружающей среды; форма, вид, время и доза воздействия).

Следует подчеркнуть, что основная функция кожи — защитная, и главным защитным барьером является роговой слой. Поэтому неудивительно, что он плохо пропускает как для посторонних веществ, пытающихся попасть в организм извне, так и для веществ, находящихся внутри организма и по градиенту концентрации стремящихся выйти наружу. В арсенале дерматологов и косметологов есть методы, временно ослабляющие барьерные свойства кожи с целью проведения необходимых активных компонентов в глубокие структуры кожи. И воздействие

лазером с определенными характеристиками — один из таких методов. В этой связи для нас особо интересен трансфолликулярный путь, т.е. те естественные проходы, которые пронизывают роговой слой и по которым транзитом могут проходить даже высокомолекулярные соединения. Наша задача в контексте рассматриваемой темы заключается в том, чтобы сделать такое проникновение более эффективным.

НЕКОТОРЫЕ ЦИФРЫ

Даже приблизительный расчет показывает, что трансфолликулярный путь может оказаться очень перспективным с точки зрения чрескожного введения веществ. Приведем некоторые цифры.

Потовые железы

Проток потовой железы имеет дермальный и эпидермальный участки, открывается на вершине гребешков кожи. Диаметр потовой поры в среднем 60–80 мкм, но ее устье гораздо более узкое — 14–16 мкм. Дермальная часть протока состоит из двух слоев кубического эпителия с базофильной цитоплазмой, лежащего на базальной мембране [12].

Эккринные потовые железы имеются в коже почти повсеместно, и их общее количество составляет 2–5 млн. Больше всего желез находится на ладонях и подошвах (свыше 400 на 1 см²) и в коже лба (около 300 на 1 см²), затем идут в порядке убывания: на верхней конечности — тыл кисти, предплечье и плечо; на нижней конечности — тыл стопы, голень и бедро. На разгибательных поверхностях конечностей потовых желез меньше, чем на сгибательных, на туловище меньше, чем на верхних конечностях и голове. У детей плотность потовых желез из-за меньшей поверхности кожи в несколько раз выше, чем у взрослых. Общая поверхность секреторного эпителия составляет около 5 м² (т.е. в 3 раза превышает общую площадь эпидермиса), площадь всех потовых пор — 94 см² (т.е. меньше 1% поверхности кожи) [12–15].

Сальные железы

Сальные железы имеются на всех участках тела, за исключением ладоней, подошв и дорсальной части ступни, чаще всего связаны со структурами волоса, но имеются и свободные железы. Плотность распределения неодинакова в различных областях тела человека. Больше всего их содержится в коже головы, лба, щек и подбородка (400–900 на 1 см²), на остальной поверхности тела плотность сальных желез варьирует от 0 до 120 на 1 см². Различают свободные сальные железы и железы, связанные с волосяными фолликулами [13].

Величина секреторных отделов сальных желез варьирует в больших пределах. Так, на лице свободные сальные железы имеют секреторные отделы в объеме от 0,5 до 1 мм³, их выводной проток до разветвления имеет длину от 210 до 912 мкм, а устье его достигает в диаметре от 171 до 285 мкм. Секреторные доли проникают в кожу лица на глубину от 960 до 1710 мкм [13]. Подсчитать общую площадь внутренней поверхности сальных желез затруднительно, поскольку весьма значительны различия

от возраста, пола, типа клеток, локализации и пр., но понятно, что она в десятки раз превышает общую площадь эпидермиса.

Волосяные фолликулы

Волосной фолликул состоит из 3 частей: глубокой части — от сосочка до соединения с мышцей, поднимающей волос; средней, очень короткой части — от соединения с мышцей, поднимающей волос, до входа протока сальной железы, и верхней части — от входа протока сальной железы до устья фолликула. Нижняя часть фолликула включает следующие структуры: дермальный сосочек, матрикс; волос, состоящий из мозгового и коркового вещества; кутикулу и корневое эпителиальное влагалище. Луковица волоса представлена недифференцированными эпителиальными клетками, в которых происходят пролиферация клеток, рост волоса и обновление клеток внутреннего корневого влагалища [12, 16].

На различных участках тела плотность волосяного покрова на 1 см² в зависимости от возраста, пола, цвета волос, национальности и пр., по данным разных авторов, колеблется в широких пределах, — от 60 ± 40 на коже полового члена и мошонки, до 830 ± 100 (на щеке у мужчин). Число видимых волос меньше или они даже полностью отсутствуют в некоторых частях тела (ладони, ступни и пр.) [13, 17].

Итак, мы видим, что на теле человека на 1 см² имеется более 1000 потенциальных «входов» для макромолекул размером в десятки микрон, и этого вполне достаточно для проникновения значительного количества вещества. В общем проникновение вещества через пору можно разделить на три этапа:

- 1) прохождение через устье;
- 2) прохождение по протоку по направлению к железистому эпителию;
- 3) контакт с железистыми клетками и прохождение сквозь железистый эпителий в окружающее железу пространство.

Можем ли мы повлиять на эти этапы так, чтобы обеспечить проход сквозь барьер рогового слоя необходимых веществ, мишени для которых расположены в глубине кожи? Сегодня мы можем ответить на этот вопрос утвердительно.

«По этапу»

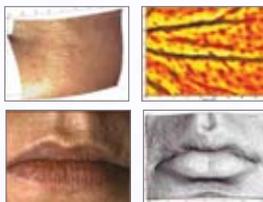
В каждый момент часть желез находится в активном состоянии — секреторные клетки производят секрет, выбрасывают его в проток, где он движется по направлению к устью и, достигнув его, высвобождается на по-

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОПТИЧЕСКОЙ *IN VIVO* 3D-ТОПОМЕТРИИ
КОЖИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Оптическая система PRIMOS pico



Система PRIMOS pico предназначена для измерения шероховатости, микрорельефа кожи, размеров и объема морщин, рубцов и ран, пор, акне, невусов, нейрофибром и других кожных образований.



**ШИРОКИЙ АССОРТИМЕНТ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВАШИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ**

Эксклюзивный дистрибьютор GFMesstechnik GmbH (Германия)
в России и странах СНГ:

ООО «НОВЫЕ ИДЕИ В КОСМЕТИКЕ»

117342, Москва, ул. Бутлерова, 17-Б, офис 318
Тел./факс: +7(495) 334 92 67, +7(495) 334 86 90
info@nicosmetics.ru

www.nicosmetics.ru



Новые Идеи в Косметике

Реклама

верхности кожи. Но есть и «спящие» железы, которые в данный момент ничего не вырабатывают, и их устье закрыто. Как в активных, так и в спящих железах протоки, тем не менее, заполнены секретом — в сальных порах этот секрет представляет собой жировую массу, в потовых — водный раствор.

Соответственно если мы говорим о введении водорастворимых агентов, то понятно, что они гораздо охотнее пойдут через проток потовой железы. Аналогичная ситуация с липофильными соединениями, для которых предпочтительны протоки сальных желез. Об этом следует помнить, прежде всего когда мы рассматриваем 1-й и 2-й этапы прохождения веществ.

Другим ограничителем, который имеется в трансфолликулярном варианте доставки, является состояние устьев. Они могут быть закупорены сально-кератиновой пробкой (открытые комедоны) или попросту закрыты, как у спящих потовых желез (в том смысле, что их устье сомкнуто, и через него крупные молекулы уже не пройдут).

В связи с этим становится понятным, что первым делом необходимо кожу как следует подготовить, а именно — очистить каналы и по возможности раскрыть поры. Лучший способ — это механическая чистка лица с предварительным распариванием. И только когда устья раскрыты, а каналы освобождены от заполняющей их секреторной массы, можно приступать к процедуре, направленной на улучшение трансфолликулярного транспорта активных веществ.

Допустим, нам удалось провести вещество через устье и по протоку доставить к железистому эпителию. Контакт между ними произошел, но будет ли он успешным с точки зрения дальнейшего проникновения? Скорее всего, это будет зависеть от природы вещества, а также от особенностей самих клеток. И вот здесь внешние методы физического воздействия могут оказаться весьма полезными.

Возможность проникновения частиц через устье отверстий вовсе не означает факта прохождения через железистый эпителий. Его клетки плотно сомкнуты, а межклеточные щели чрезвычайно узки. Остается только один способ — пройти напрямую через клетки. Здесь возможны два механизма:

- 1) *транспорт (активный или пассивный) через клеточную мембрану* — по такому механизму в клетку попадают **маленькие молекулы**; в ряде случаев для этого требуется специальный переносчик и затрачивается энергия АТФ, иногда вещество попадает внутрь путем пассивной диффузии через мембрану (по градиенту концентрации). Попав в клетку, вещество, как правило, включается в обмен веществ, и если впоследствии и высвобождается из клетки во внеклеточное пространство, то в уже модифицированном виде;
- 2) *транцитоз* — процесс, объединяющий признаки эндоцитоза (пиноцитоза) и экзоцитоза. Подобным образом переносятся **высокомолекулярные вещества** (в частности, белки и белково-углеводные комплексы, размеры которых могут достигать 1 мкм) [18]. На одной поверхности клетки формируется эндоцитозный пузырек, затем он переносится к противоположному концу клетки и становится экзоцитозным пузырьком, выделяя свое содержимое во внеклеточ-

ное пространство. Ход образования эндоцитозных пузырьков опосредуется особыми фьюзогенными (от лат. *fusio* — слияние) мембранными белками, которые концентрируются в местах инвагинации плазмолеммы. Эти же белки при экзоцитозе способствуют слиянию мембраны пузырька с плазмолеммой со стороны цитоплазмы. Заметную роль в процессах экзоцитоза и эндоцитоза играют элементы цитоскелета (например, микрофиламенты и микротрубочки). Весь процесс (полное прохождение вещества через клетку) занимает не более 1 мин.

Если ориентироваться на возможность преодоления железистого эпителия по механизму транцитоза, то, скорее всего, речь пойдет о высокомолекулярных гидрофильных веществах — именно тех, для которых путь прохождения через межклеточные промежутки рогового слоя, по сути, «закрыт». А это уже интересно, поскольку сулит новые перспективы.

Осталось решить вопрос, каким образом активизировать пиноцитарную активность клеток.

ЛАЗЕРОФОРЕЗ — МЕТОД, УЛУЧШАЮЩИЙ ТРАНСФОЛЛИКУЛЯРНУЮ ДОСТАВКУ ВЕЩЕСТВ

Исследования биологической активности лазерного излучения, проводимые в последние несколько десятков лет, выявили способность низкоинтенсивного лазерного света (НИЛИ) стимулировать фагоцитарную активность некоторых клеток, например макрофагов [19].

Известно, что первичным механизмом биологического действия НИЛИ является термодинамический запуск 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 [20]. Поскольку Ca^{2+} -зависимыми являются как эндоцитоз/пиноцитоз, так и экзоцитоз [18], то высвобождение Ca^{2+} под действием НИЛИ приводит к активации транцитоза 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 [21].

Лазерофорез не только прост в реализации и экономически целесообразен, но, самое важное, — он эффективен. На **рисунке 1** приводится эффективность влияния различных физических факторов на форетическую подвижность карбохромена (это сосудорасширяющее средство), демонстрируя безусловные преимущества лазерофореза [3]. Таким образом, НИЛИ в качестве основного физического фактора, стимулирующего форетические свойства лекарственных препаратов, выбрано не случайно.

Надо сказать, что лазерофорез водных растворов низкомолекулярных соединений не первый год используется в медицине [3]. Иная ситуация с высокомолекулярными соединениями, например такими, как гиалуроновая кислота, которая в обычном случае через интактный роговой слой не пройдет по причине больших размеров и высокой гидрофильности.

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-VM



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



Специализированные аппаратные гели, крема и маски
ЛАЗМИК



Специализированные защитные очки
ЛАЗМИК



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



Специализированные лазерные излучающие головки для лазерофореза

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/>

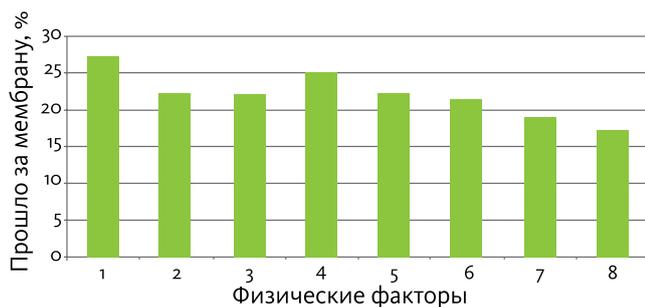


Рис. 1. Действие различных физических факторов на форетическую подвижность карбохромена в различных физических полях (экспозиция 5 мин): 1 — излучение гелий-неонового лазера (0,633 мкм, 20 мВт), 2 — коротковолновое ультрафиолетовое излучение (0,254 мкм, мощность лампы 220 Вт); 3 — ультразвук (0,88 МГц, 0,6 Вт/см²); 4 — дециметровые волны (460 МГц, 2 Вт); 5 — ЭП УВЧ (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/см²)

Гиалуроновая кислота в составе различных тканей склонна к образованию длинных нитей. Однако в водном растворе молекула ГК массой 1 млн Да, достигающая в длину 2500 нм (2,5 мкм), образует компактную сферу диаметром порядка 200 нм [22]. Такая «частица» вполне может транспортироваться в трансцитозном пузырьке через железистую клетку. Приготовить гиалуроновые частицы заданного размера — это техническая задача, которая решается. Вопрос в том, какого размера эти частицы должны быть и с какой целью мы их будем вводить.

Недавние исследования Фарвик с соавт. [23] показали, что ГК не просто обладает полезными для кожи свойствами, но эти свойства могут контролироваться за счет применения ГК различной молекулярной массы. Было доказано, что низкомолекулярная ГК (50 кДа) лучше транспортируется через кожный покров, чем ГК с высокой молекулярной массой (800 кДа), а также активирует ряд генов кератиноцитов, в том числе гены, отвечающие за дифференцировку и формирование комплексов межклеточных контактов, количество которых снижается в фотоповрежденной и стареющей коже. Клиническая картина при использовании ГК разной молекулярной массы будет отличаться. В исследовании было показано, что разглаживание микрорельефа (поверхностный лифтинг) кожи в большей мере свойственны ГК с высокой молекулярной массой, тогда как ГК с низкой молекулярной массой интенсивно увлажняет кожу и улучшает ранозаживление.

Гиалуроновая кислота синтезируется как дермальными (фибробласты), так и эпидермальными (кератиноциты) клетками. Она организует межклеточное пространство, контролирует процессы диффузии веществ и миграции клеток. Для ГК характерен быстрый катаболизм, другими словами, процесс синтеза высокомолекулярных цепей уравновешен процессом их распада. Время жизни

молекулы ГК невелико — не более 2 суток (причем в эпидермисе ГК «живет» еще меньше — порядка 24 часов). В результате расщепления длинной цепи высвобождаются низкомолекулярные фрагменты, которые, как теперь известно, выполняют сигнальные функции. В частности, могут стимулировать рост капилляров, регулировать синтетическую активность фибробластов и пр. Это учитывается при разных способах использования ГК. Так, для изготовления филлеров используется модифицированная высокомолекулярная ГК: химическая модификация сшивками позволяет сделать молекулу ГК менее доступной для разрушающих ферментов, а благодаря крупному размеру ГК притягивает большее количество воды. Это позволяет решать основную задачу филлера — как можно дольше оставаться в ткани, обеспечивая ее «наполнение». Но все равно со временем филлер начинает распадаться на более мелкие молекулы ГК, которые уже будут вести себя как биологически активные вещества, стимулируя в соседних клетках определенные физиологические процессы. В мезотерапии и биоревитализации используют нативную ГК меньшей молекулярной массы, чем у филлеров (до 1 млн Да), рассчитывая в первую очередь на получение эффектов, связанных с сигнальной активностью фрагментов ГК (стимуляция синтеза компонентов межклеточного матрикса дермы, противовоспалительное действие и пр.).

В запатентованной технологии лазерофореза ЛАЗ-МИК® применяется нативная ГК (1,5% гиалуронат натрия) с молекулярной массой 250–1000 кДа и фактическим размером молекул не более 250 нм [11] (производитель гелей — ЗАО «Космотерос», Россия). Параметры лазерного света следующие: длины волн — 635 нм (красный свет) и 785 нм (инфракрасный свет), мощность излучения — 10–50 мВт (диодный лазер; производитель — НИЦ «Матрикс», Россия).

Процедура лазерофореза разработана и апробирована на базе клиники лазерной медицины «Л-МЕД» (Тула). Сначала необходимо кожу подготовить — очистить от макияжа и других загрязнений, хорошо распарить, прочистить поры, увлажнить. Только после этого можно наносить гель гиалуроната натрия и начинать процедуру лазерофореза. Чтобы облегчить прохождение вещества по протоку, используют специальную массажную насадку (с ее помощью обрабатываемый участок кожи массируют в течение 0,5–1 мин), а кроме того, кожу рекомендуется дополнительно смачивать дистиллированной водой, что облегчает пиноцитоз. Эффективность процедуры подтверждена в ходе про-

Возможность эффективной доставки веществ в глубокие слои кожи через протоки желез и волосяные фолликулы имеет высокую практическую ценность для медицины вообще и для косметологии в частности. Метод лазерофореза — один из способов, реально улучшающих трансфолликулярное прохождение соединений, которые не могут пройти через барьерные структуры рогового слоя самостоятельно.

водимых нами клинико-экспериментальных исследований, о которых мы подробнее расскажем в следующих публикациях.

Выводы

Возможность эффективной доставки веществ в глубокие слои кожи через протоки желез и волосяные фолликулы имеет высокую практическую ценность для медицины вообще и для косметологии в частности. Рассмотренный в данной статье метод лазерофореза — один из способов, реально улучшающих трансфолликулярное прохождение соединений, которые не могут пройти через барьерные структуры рогового слоя.

В основе метода лежат следующие факты:

- проникновение вещества в глубокие слои кожи может происходить через потовые и сальные железы, а также волосяные фолликулы посредством трансцитоза;
- перед процедурой кожу необходимо подготовить — прежде всего раскрыть устья и освободить протоки желез от их содержимого, чтобы обеспечить проникновение веществ в пору и их прохождение по протоку;
- низкоинтенсивное лазерное излучение определенных длин волн (в красной и инфракрасной областях спектра) может стимулировать пиноцитарную и экзоцитарную активность клеток через кальцийзависимые механизмы. Таким образом, мы получаем возможность воздействовать на третий этап трансфолликулярного пути — трансцитоз веществ через железистые клетки.

Понимание механизма лазерофореза на клеточном и тканевом уровнях позволяет сформулировать основные требования к вводимым веществам и физическим факторам, обеспечивающим оптимальную эффективность и безопасность данной методики:

- лазерофорез улучшает трансфолликулярное проникновение гидрофильных веществ с молекулярной массой до 1000 кДа и размером не более 250–300 нм;
- если формулировать частный вывод для лазерофореза гиалуроновой кислоты (гиалуроната натрия) с косметологическими целями (улучшение структурного «качества» кожи), то мы считаем наиболее целесообразным введение нативной ГК с молекулярной массой 250–1000 кДа. Таким требованиям в полной мере соответствует технология лазерофореза ЛАЗМИК® [11].

Автор выражает искреннюю благодарность Елене Эрнандес за ценные замечания и исправления, сделанные при подготовке статьи к печати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Улащик В.С. Очерки общей физиотерапии. Минск: Наука і тэхніка, 1994. 200 с.
2. А.с. 1012923 SU, МКИ А61N5/00. Способ введения лекарственных препаратов в живой организм / И.Н. Данилова, А.А. Миненков, Т.М. Каменецкая и др. № 3354461; Заявлено 31.07.81. Опубл. 23.04.1983.
3. Миненков А.А. Низкоэнергетическое лазерное излучение красного, инфракрасного диапазона и его использование в сочетанных методах физиотерапии: Автореф. дисс. докт. мед. наук. М., 1989. 44 с.
4. Хадарцев А.А., Купеев В.Г., Зилов В.Г. и др. Фитолазерофорез в лечении заболеваний внутренних органов. Пособие для врачей. Тула, 2001. 26 с.
5. Болатова Л.Х. Лечение воспалительных заболеваний пародонта препаратами на основе гиалуроновой кислоты группы «Гиалудент»: Автореф. дисс. канд. мед. наук. Ставрополь, 2010. 20 с.
6. Поносова М.А. Новые подходы к диагностике и лечению хронического эндометрита: Автореф. дисс. канд. мед. наук. Пермь, 2003. 26 с.
7. Пат. 2162719 RU, МКИ А61N 5/067. Способ лечения больных стоматитом / М.Ю. Герасименко; В.Ф. Прикулс. – № 2000112372/14. Заявлено 19.05.2000. Опубл. 10.02.2001.
8. Пат. 2278660 RU, МКИ А61N 5/067. Способ лечения псориаза / М.Ю. Герасименко; В.А. Молочков; Г.Н. Шувалов и др. – № 2004133539/14; Заявлено 17.11.2004. Опубл. 27.06.2006.
9. Пат. 2300351 RU, МКИ А61F 9/00. Способ лечения патологии зрительного нерва и сетчатки / Е.Э. Иойлева; С.Н. Зеленцов; А.Г. Дугинов. № 2005132023/14; Заявлено 18.10.2005. Опубл. 10.06.2007.
10. Рязанова Е.А. Физические способы восстановительной медицины в дерматокосметологии: Автореф. дисс. канд. мед. наук. – Тула, 2007. 23 с.
11. Москвин С.В., Гейниц А.В., Хазов М.Б., Федорищев И.А. Лазерофорез гиалуроновой кислоты и лазерные антицеллюлитные программы в косметологии (технология ЛАЗМИК®). М. Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2010. 96 с.
12. Цветкова Г.М. Морфология нормальной кожи. Кожные и венерические болезни. Т. 1. Под ред. Ю.К. Скрипкина, В.Н. Мордовцева. М.: Медицина, 1999. С. 11–29.
13. Калантаевская К.А. Морфология и физиология кожи человека. Киев: Здоров'я, 1972. 267 с.
14. Куно Яс Перспирация у человека (Неощутимая перспирация, потоотделение, водно-солевой обмен): Пер. с англ. М.: Изд. иностранной литературы, 1961. 383 с.
15. Montagna W. The Structure and Function of Skin. New York: Academic Press, 1962. 237 p.
16. Михайлов И.Н., Виноградова Е.В. Строение кожи. Кожа: строение, функция, общая патология и терапия. Под ред. А.М. Чернуха, Е.П. Фролова. М.: Медицина, 1982. С. 19–59.
17. Человек. Медико-биологические данные (Публикация № 23 Международной комиссии по радиологической защите). Коллектив авторов. Пер. с англ. М.: «Медицина», 1977. 496 с.
18. Глебов Р.Н. Биохимия мембран: Эндоцитоз и экзоцитоз. М.: Высшая школа, 1987. 95 с.
19. Rudik D.V., Tikhomirova E.I. Activity of murine peritoneal macrophages upon weak red and infrared laser irradiation in vitro and in vivo. Biophysics 2007; 52(5): 504–507.
20. Москвин С.В. Системный анализ эффективности управления биологическими системами низкоэнергетическим лазерным излучением: Автореф. дисс. д. биол. наук. Тула, 2008. 38 с.
21. Homann U., Thiel G. Unitary exocytotic and endocytotic events in guard-cell protoplasts during osmotic-driven volume changes. FEBS Lett. 1999; 460(3): 495–499.
22. Уайт А., Хендлер Ф., Смит Э. и др. Основы биохимии: В 3-х томах. Т.3. М.: Мир, 1981. 726 с.
23. Фарвик М., Лерч П., Штрутц Г. Низкомолекулярная гиалуроновая кислота: влияние на генетический аппарат кератиноцитов и старение кожи. Косметика и медицина. 2009; 1: 36–39.