

Новый подход к технологиям лазерного омоложения кожи

1 | ВВЕДЕНИЕ

Лазеротерапия – один из наиболее эффективных методов коррекции возрастных изменений кожи.

Методы омоложения кожи через асептическое воспаление (так называемое воспалительное омоложение) активно применяют с середины 90-х годов XX века. Способы получения асептического воспаления и разделили лазерное воздействие на абляционное и неабляционное. Абляционные технологии более эффективны, но длительный процесс реабилитации делает их менее востребованными, особенно в последние 5 лет.

Ниже описаны различные варианты омоложения кожи с помощью лазерных систем.

2 | ДЛИННОИМПУЛЬСНОЕ (ГЛУБОКОЕ ДЕРМАЛЬНОЕ) ОМОЛОЖЕНИЕ

На первом этапе развития методик неабляционного лазерного омоложения наиболее полным и правильным считался термин «лазерная реструктуризация кожи». Но при всей его корректности смысловая нагрузка была ограничена. Было принято трактовать лазерную реструктуризацию как процедуру, направленную на термическое повреждение коллагена, которое приводит к его последу-

ющей реструктуризации при сохранении целостности эпидермиса.

Сегодня термин «лазерная реструктуризация» значительно расширился и подразумевает применение целого набора методик и технологий, обеспечивающих существенно более выраженный ответ фибробластов на суммарное воздействие на дерму и эпидермис различных лазерных процедур.

Методика глубокого дермального омоложения основана на запуске асептического воспаления как реакции местного иммунитета на появление протеинов теплового стресса. Контролируемый субкоагуляционный лазерный нагрев кожи, применяемый для активизации неоколлагеногенеза в ответ на тепловой стресс (Heat Shock Response, HSR), вызывает временное изменение в метаболизме клеток. Эти изменения быстры и проходящи и заключаются, в частности, в продукции небольшой группы белков – протеинов теплового стресса (Heat Shock Protein).

Контролируемое повышение температуры и продолжительность температурного воздействия – главные факторы получения необходимой фототермической биологической реакции. Повторяющийся слабый тепловой стресс (45–60° С в течение 2 секунд) стимулирует размножение и активизацию работы фибробластов и синтез проколлагена I и III типов, что и позволяет добиться эффекта воспалительного омоложения. Нагревание коллагена до более высоких температур может спровоцировать его денатурацию.

Для получения хорошего клинического результата необходимо провести курс процедур. Их количество – 4–6, интервал – не менее 21 дня. Столько (21 день) длится цикл реакций местного иммунитета, в ходе которых фибробласты получают химические

Л. Спокойный, международный эксперт в области лазерных технологий, руководитель медицинского департамента компании Melsytech, Санкт-Петербург, Россия

сигналы (в виде медиаторов воспаления) для перехода к активной продукции коллагена. На 4-й неделе после воздействия в дерме образуется большое количество молодых молекул коллагена; неоколлагеногенез после однократного воздействия лазером протекает в течение 4–6 недель. Повторная стимуляция тепловым стрессом позволяет наблюдать явления неоколлагеногенеза в течение 6 месяцев после завершения курса. Окончательный клинический результат принято оценивать через год от начала проведения процедур лазерного (или иного) теплового омоложения.

Для реструктуризации кожи применяют лазеры, полихроматические источники света (IPL-системы и их аналоги), RF-технологии. Наиболее полно технология реализуется с использованием ND:YAG-лазера. Его основные преимущества таковы:

- поглощение лазерной энергии в эпидермисе существенно меньше, чем при обработке кожи световыми волнами других длин;
- контролируемое температурное воздействие исключает опасность перегрева более глубоких слоев тканей (как в случае использования RF-технологий);
- глубина распространения температурного воздействия зависит от диаметра рабочего луча и легко регулируется;
- энергия передается в ткани с помощью импульсов с контролем мощности и настройкой продолжительности воздействия;
- защиту эпидермиса обеспечивают системы охлаждения кожи.

Как правило, длительность импульса колеблется в диапазоне от 25 до 50 мс, флюенс – от 20 до 50 Дж/см², размер рабочего луча – от 6 до 10 мм. Поскольку такая методика позволяет равномерно обрабатывать глубокие слои кожи, она получила название «длинноимпульсное, или глубокое дермальное, омоложение кожи».

3 | КОРОТКОИМПУЛЬСНОЕ ОМОЛОЖЕНИЕ

Развитие технологий определило новые возможности следующего поколения лазеров. В эстетической медицине появились системы с микросекундной (мкс) длительностью импульса. Импульсы, длительность которых меньше времени тепловой релаксации отдельных участков ткани-мишени, позволили проводить коагуляцию/денатурацию мелких структурных образований – мелкоточечную коагуляцию дермы.

Чем объект меньше, тем меньше время тепловой релаксации. Основной размер анатомических образований дермы находится в диапазоне 50–100 мк. Время тепловой релаксации объектов подобного размера не превышает 500 мкс (0,5 мс). Это означает, что селективное разрушение отдельных участков ткани-мишени на различной глубине дермы должно проводиться при длительности импульса от 0,3 до 0,5 мс и диаметре рабочего луча от 2 до 5 мм.

Для достижения указанной цели лазерный генератор должен обеспечивать флюенс в диапазоне 15–65 Дж/см². Это повышает температуру в участке ткани размером менее 100 мк до 60–100° С. Подобный прогрев и приводит к образованию протеинов теплового стресса, коагуляции и денатурации белка.

Возможность разрушать отдельные участки ткани-мишени привела к появлению новых медицинских технологий. Например, компоненты микроциркуляторного русла, которые служат основной мишенью для лучей ND:YAG-лазера, имеют размеры, измеряемые микронами, и, следовательно, малое время тепловой релаксации (табл. 1).

ТАБЛ. 1. Диаметр сосудов и время тепловой релаксации капилляров

ДИАМЕТР СОСУДА (МК)	ВРЕМЯ ТЕПЛОЙ РЕЛАКСАЦИИ (МС)
10	0,057
20	0,23
50	1,42
100	5
150	10

Поэтому импульсы длительностью 0,3–0,5 мс и соответствующие размер пятна и флюенс обеспечивают разрушение капиллярной сети при лечении розацеа, капилляриоза. А импульсы длительностью 0,6–1,6 мс позволяют разрушать более крупные капилляры и участки скопления белковых молекул (например, при скручивании нитей коллагена).

Тепловое повреждение (появление денатурированного белка и минимальное разрушение микроциркуляторного русла) обуславливает мощный тканевой ответ в виде асептического воспаления и изменения перфузии капилляров. Неоколлагеногенез и неоангиогенез приводят к выраженному омолаживающему эффекту. В результате фототермического и фотомеханического воздействия световых импульсов данного диапазона длительности образуется заметно большее количество коллагена I и III типов и существенно возрастает

тает количество коллагена III типа, определяющего эластичность кожи.

Вариант проведения процедур методом фрагментарного повреждения с объектами разрушения диаметром не более 100 мк получил название короткоимпульсного омоложения. Селективное разрушение большого количества микроучастков ткани-мишени на различной глубине дермы проводится при длительности импульса от 0,3 до 1,6 мс, диаметре рабочего луча от 2 до 5 мм, флюенсе в диапазоне 15–65 Дж/см².

При заметно лучшем клиническом результате технология короткоимпульсного омоложения сохранила все преимущества неабляционного воздействия. Специальная подготовка не требуется, поверхность эпидермиса не повреждается, гиперемия сохраняется не более 3 часов. Процедура может быть однократной и курсовой.

4 | Q-SWITCHED-ОМОЛОЖЕНИЕ

Параллельно с развитием технологий короткого и длинного импульсов шло совершенствование Q-switched-лазеров (лазеров наносекундного диапазона). Наиболее часто в эстетической медицине применяют Q-switched ND:YAG-лазер 1064 нм.

С начала 90-х годов XX века целый ряд исследователей заявляли о получении выраженных результатов стимуляции неоколлагеногенеза при использовании этого типа лазеров. Фотоакустический эффект, лежащий в основе действия лазера с данным диапазоном длительности импульсов, позволяет добиться разрушения ткани-мишени до молекулярного уровня при минимальном температурном повреждении окружающих тканей. При наносекундном лазерном импульсе энергия не успевает распространиться в прилегающие участки ткани и остается полностью сконцентрированной в зоне воздействия.

Выше определенного энергетического порога (3–5 Дж/см²) наносекундные импульсы Nd:YAG-лазера оказывают термолитическое действие, вызывая взрыв структуры в области воздействия, при этом взрывные волны распространяются в прилегающие ткани. В итоге кожа подвергается не температурному, а механическому повреждению. Механизм заживления такого повреждения ведет к образованию большого количества коллагена III типа, обеспечивая эффект омоложения.

Результат термолитического воздействия схож с результатом классических абляционных процедур (ER:YAG- и CO₂-лазеров), но сопровождается мень-

шим количеством побочных эффектов. Чтобы выявить это, проводили обработку кожи Q-Switched Nd:YAG-лазером с плотностью энергии 5,5 Дж/см² при размере пятна 3 мм. Обработку проводили до получения конечного клинического результата, выраженного в наступлении самых первых признаков кровотечения. Целостность эпидермиса восстанавливалась через 3–5 дней, в то время как после агрессивных абляционных процедур с применением CO₂-лазера процесс восстановления занимал 12–14 дней.

Использование Q-Switched Nd:YAG-лазера с мощностью потока ниже термолитического порога (3–5 Дж/см²) также дает положительный терапевтический результат. При таких плотностях потока лучи наносекундного Nd:YAG-лазера в любом случае поглощаются пигментами и оптическими неоднородностями, однако при этом сила воздействия недостаточна, чтобы производить взрывные волны, поэтому происходит только нагрев тканей. По этой причине результат воздействия данного вида излучения был определен как подклеточный селективный фототермолиз. При субтермолитических плотностях потока эффект становится менее выраженным, но времени для восстановления эпидермиса не требуется.

Сегодня Q-Switched-лазеры стали «золотым стандартом» избирательного воздействия на пигментные образования (как врожденного, так и приобретенного характера, локализованные в эпидермисе и дерме), на очень мелкие структурные образования и оптические неоднородности кожи естественного происхождения. Все это делает их полезными при омоложении кожи.

Появление мощных моделей Q-Switched-лазерных систем позволило создать группу новых медицинских процедур. В частности, карбоновый пилинг из традиционной процедуры ухода за кожей лица превратился в современную медицинскую процедуру коррекции дефектов кожи лица и тела. Использование луча диаметром 8 мм и флюенса в диапазоне от 0,8 до 2,5 Дж/см² при частоте 20 Гц обеспечило отбеливание и осветление кожи, повышение ее тонуса, тургора и плотности, коррекцию расширенных пор, сглаживание рубцов, терапию акне. Применение высокого флюенса (2–6 Дж/см²) при частоте импульсов до 20 Гц при обработке кожи лучом большого диаметра (6–9 мм) без карбонового геля обеспечило получение эффекта сглаживания оптических неровностей поверхности кожи. Данная процедура получила название «полировки кожи на фотоакустическом эффекте». Современные лазерные системы работают мощными сдвоенными импульсами, что увеличило эффективность проце-

дур удаления татуировок и коррекции перманентного макияжа, появились новые уникальные процедуры коррекции расширенных пор.

5 | МНОГОУРОВНЕВОЕ ОМОЛОЖЕНИЕ КОЖИ

1 этап. Короткоимпульсное воздействие

Короткоимпульсное воздействие всегда проводится первым этапом, поскольку мелкоточечная коагуляция дермы может быть достигнута только на неизменной коже. При любом тепловом воздействии на нее в дерме формируется отек. Дополнительное количество воды или изменение состояния микроциркуляторного русла делает мелкоточечную коагуляцию невозможной (вода обладает большой теплоемкостью и не позволит сформироваться очагам локального подъема температуры).

Параметры воздействия:

- длина волны – 1064 нм;
- диаметр луча – 2–5 мм;
- флюенс – 25–50 Дж/см²;
- частота – 20 Гц;
- длительность импульса – 0,3–1,6 мс;
- количество проходов – 2–4.

2 этап. Длинноимпульсное омоложение

Участки коагуляции, расположенные в дерме на различной глубине, служат «матрицей» увеличенного поглощения лазерной энергии и передачи тепла окружающим тканям. Коагулированный белок поглощает волны длиной 1064 нм в 40 раз лучше, чем неповрежденный. Преимущественное погло-

щение энергии лазера данными участками обеспечивает гомогенный прогрев на всю глубину дермы.

Параметры воздействия:

- длина волны – 1064 нм;
- диаметр луча – 8–10 мм;
- флюенс – 30–60 Дж/см²;
- частота – 1–3 Гц;
- длительность импульса – 50–50 мс;
- количество проходов – 2–4.

3 этап. Q-switched-воздействие.

Карбоновый пилинг, или полировка кожи

Этот этап направлен на осветление и отбеливание кожи, повышение ее тургора. Воздействие проводится при субтермолитической плотности потока, что обеспечивает восстановление светоотражающей способности кожи, стимуляцию неоколлагенеза за счет передачи фибробластам информации о наличии повреждения целостности эпидермиса.

Параметры воздействия:

- длина волны – 1064 нм;
- диаметр луча – 8 мм;
- флюенс – 1,2 Дж/см²;
- частота – 20 Гц;
- длительность импульса – 10 нс;
- количество проходов – 1.

6 | КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ

Примеры комбинированного омоложения с эффектом отбеливания без повреждения кожи показаны на рисунках 1–3.



Рис. 1. Пациентка А., 43 года. Комплексное омоложение кожи с использованием Nd:YAG-лазера. Вид до (а, в) и сразу после процедуры (б, г). (Фотоматериал предоставлен А.А. Горской, Институт Красоты O'live, Нижний Новгород.)

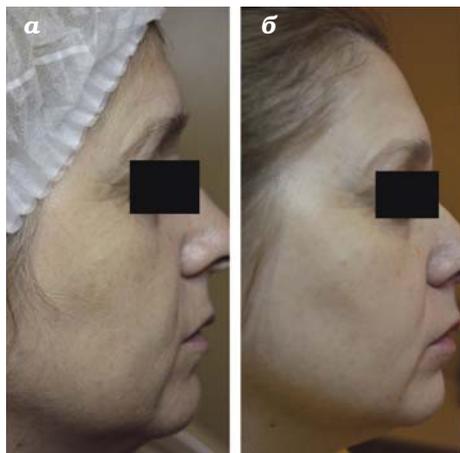


Рис. 2. Пациентка Н., 48 лет. Комплексное омоложение кожи с использованием Nd:YAG-лазера. Вид до (а) и сразу после процедуры (б). (Фотоматериал предоставлен А.А. Горской, Институт Красоты O'live, Нижний Новгород.)



Рис. 3. Пациентка Д., 55 лет. Комплексное омоложение кожи с использованием Nd:YAG-лазера. Вид до (а) и сразу после процедуры (б). (Фотоматериал предоставлен А.А. Горской, Институт Красоты O'live, Нижний Новгород.)

7 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, развитие технологий определило новые возможности современного поколения лазеров, благодаря которым процедура лазерного омоложения кожи стала комбинированной, многоуровневой, отбеливающей, корректирующей. В комплекс лечения включаются фототермический, фотомеханический и фотоакустический типы воздействия. Их «суммирование» позволяет получить наиболее выраженный резонансный результат. Активизация

неоколлагеногенеза и неоангиогенеза, биостимуляция и биомодуляция, нормализация меланогенеза, удаление эпидермального меланина, оптическое выравнивание поверхности кожи – все это достигается в рамках одной процедуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lukac M, Vizintin Z, Pirnat S, et al. New Skin Treatment Possibilities with PIANO Mode on an Nd:YAG Laser. *J Laser Health Acad*, 2011;(1); www.laserandhealth.com.
2. Goldman L, Rockwell RJ Jr. Laser Systems and their Application in Medicine and Biology. *Adv Biomed Eng Med Phys*, 1968;1:317–82.
3. Goldberg DJ, Whitworth J. Laser skin resurfacing with the Q-switched Nd:YAG laser. *Dermatol Surg*, 1997;23(10):903–6.
4. Goldberg DJ. Q-switched Nd:YAG laser: Rhytid improvement by non-ablative dermal remodeling. *J Cutan Laser Ther*, 2000;2(3):157–60.
5. www.fotona.com.
6. Goldberg DJ, Silapunt S. Histologic evaluation of a Q-switched Nd:YAG-laser in the non-ablative treatment of wrinkles. *Dermatol Surg*, 2001;27(8):744–46.
7. Cencic B, Lukac M, Zabkar J, et al. High fluence, high beam quality Q-switched Nd:YAG laser with optoflex delivery system for treating benign pigmented lesions and tattoos. *J Laser Health Acad*, 2010;1:9–18, www.laserandhealth.com.
8. Marini L. SPF-RR Sequential Photothermal Fractional Resurfacing and Remodeling with the Variable Pulse Er:YAG and Scanner-Assisted Nd:YAG Laser. *J Cosmet Laser Ther*, 2009;11(4):202–11.
9. Taylor M. Gentle YAG Skin Tightening. *Candela Clinical Bulletin*, 2009;No. 21.
10. Lukac M, Sult T, Zabkar J, et al. Parameters for the New FRAC3® Nd:YAG Laser Skin Treatment Modality. *J LAHA*, 2010;1:47–55.
11. Schmults CD, Phelps R, Goldberg DJ. Nonablative Facial Remodeling: Erythema Reduction and Histologic Evidence of New Collagen Formation Using a 300-Microsecond 1064-nm Nd:YAG Laser. *Arch Dermatol*, 2004;140(11):1373–6.
12. Lukac V, Zabkar J, Gorjan M. et al. FRAC3: Three Dimensional Non-Ablative Fractional Laser Skin Rejuvenation. – <https://www.researchgate.net/publication/267221098>.