in the lumbar spine in patients of elderly and senile age // Uspekhi gerontologii. 2017; 1 (30): 84–91.

- Byvaltsev V.A., Kalinin A.A., Okoneshnikova A.K. et al. Facet fixation in combination with interbody spinal fusion: a comparative analysis and clinical experience of a new technique for surgical treatment of patients with degenerative diseases of the lumbar spine // Vestn. RAMS. 2016; 71 (5): 375–383.
- Kalinin A.A., Byvaltsev V.A. Relationship between spondylometric parameters and clinical outcomes after surgical treatment of degenerative spondylolisthesis with multilevel lesions of the lumbar intervertebral discs // Spinalnaya khirurgia. 2015; 4: 56–62.
- Nikitin A.S. Syndrome of operated spine // Korsakov zhurnal nevrologii I psikhiatrii. 2016; 5 (116): 112–118.
- Nikitin A.S., Asratyan S.A., Novikov A.E. A syndrome of the adjacent level damage in the lumbar spine after spinal fusion // IvGMA Bulletin. 2015; 2: 66–70.
- Akamaru T., Kawahara N., Tim Yoon S. et al. Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments: a biomechanical analysis // Spine. 2003; 14 (28): 1560–1566.
- Anandjiwala J., Seo J.Y., Ha K.Y. et al. Adjacent segment degeneration after instrumented posterolateral lumbar fusion: a prospective cohort study with a minimum five-year follow-up // Eur Spine J. 2011; 20: 1951–1960.
- Chen W.J., Lai P.L., Niu C.C. et al. Surgical treatment of adjacent instability after lumbar spine fusion // Spine. 2001; 22 (26): 519–524.
- Cheng J., Wang H., Zheng W. et al. Reoperation after lumbar disc surgery in two hundred and seven patients // International Orthopaedics. 2013; 37 (8): 1511–1517.
- Etebar S, Cahill D. Risk factors for adjacent-segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability // J. Neurosurg. 1999; 90 (2): 163–169.
- Ghiselli G., Wang J.C., Bhatia N.N. et al. Adjacent segment degeneration in the lumbar spine // J. Bone Joint Surg Am. 2004; 86-A (7): 1497–1503.
- 13. *Gillet P*. The fate of the adjacent motion segments after lumbar fusion // J. Spinal Disord Tech. 2003; 16 (4): 338–345.
- Guterl C.C., See E.Y., Blanquer S.B. et al. Challenges and strategies in the repair of ruptured annulus fibrosus // Eur. Cell Mater. 2013; 25 (2): 1–21.

- Ha Ky, Kim Y.H., Kang K.S. Surgery for adjacent segment changes after lumbosacral fusion // J. Korean Soc Spine Surg. 2002; 9: 332–340.
- Heo D.H., Cho Y.J., Cho S.M. et al. Adjacent segment degeneration after lumbar dynamic stabilization using pedicle screws and a nitinol spring rod system with 2-year minimum follow-up // J. Spinal. Disord. Tech. 2012; 25 (8): 409–414.
- Kim T.H., Lee B.H., Moon S.H. et al. Comparison of adjacent segment degeneration after successful posterolateral fusion with unilateral or bilateral pedicle screw instrumentation: a minimum 10-year follow-up // The Spine J. 2013; 13 (10): 1208–1216.
- Lee C.S., Hwang C.J., Lee S.W. et al. Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion // Eur. Spine J. 2009; 18 (11): 1637–1643.
- 19. Lehmann T.R., Spratt K.F., Tozzi J.E. et al. Long-term follow-up of lower lumbar fusion patients // Spine. 1987; 12: 97–104.
- McAfee P., Khoo L.T., Pimenta L. et al. Treatment of lumbar spinal stenosis with a total posterior arthroplasty prosthesis: implant description, surgical technique, and a prospective report on 29 patients // Neurosurg Focus. 2007; 22 (1): E13.
- Miwa T., Sakaura H., Yamashita T. et al. Surgical outcomes of additional posterior lumbar interbody fusion for adjacent segment disease after single-level posterior lumbar interbody fusion // Eur. Spine J. 2013; 22 (12): 2864–2868.
- 22. *Miyakoshi N., Abe E., Shimada Y. et al.* Outcome of one-level posterior lumbar interbody fusion for spondylo- listhesis and postoperative intervertebral disc degeneration adjacent to the fusion // *Spine.* 2000; 25 (14): 1837–1842.
- Okuda S., Iwasaki M., Miyauchi A. et al. Risk factors for adjacent segment degeneration after PLIF // Spine. 2004; 29 (14): 1535– 1540.
- 24. Park J.Y., Cho Y.E., Kuh S.U. et al. New prognostic factors for adjacent-segment degeneration after one-stage 360 degrees fixation for spondylolytic spondylolisthesis: special reference to the usefulness of pelvic incidence angle // J. Neurosurg Spine. 2007; 2 (7): 139–144.
- Soh J., Lee J., Shin B. Analysis of risk factors for adjacent segment degeneration occurring more than 5 years after fusion with pedicle screw fixation for degenerative lumbar spine // Asian Spine Journal. 2013; 4 (7): 273–281.

УДК 616-089.197.7

## ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОЙ ЭПИЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЛИННЫХ И КОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ

### А.В. Левкович, В.С. Мельник

ООО «Партнер Бьюти», Москва, Россия

#### Резюме

В работе показано, что длинные одиночные импульсы и серия коротких импульсов с такой же продолжительностью воздействия и суммарной плотностью энергии нагревают дермальную папиллу и область bulge не одинаково. Серия коротких импульсов сильнее нагревает папиллу, что приводит к более высокой временной эффективности удаления волос. Воздействие длинных одиночных импульсов вызывает более выраженное нагревание области bulge, что обеспечивает более высокую долгосрочную эффективность эпиляции. Цель работы. Разработать алгоритм подбора оптимальных параметров излучения диодного лазера для достижения требуемой температуры термического разрушения дермальной папиллы и области bulge при проведении эпиляции длинными импульсами и серией коротких импульсов. Материал и методы. Эпиляция проведена у 109 пациентов в возрасте от 20 до 80 лет длинными импульсами на толстых черных и темно-коричневых волосах с учетом глубины залегания луковицы волоса, фототипа кожи по Фитцпатрику, возраста пациента. Эпиляция выполнена с использованием диодного лазера Capello (длина волны 808 нм) производства Promoitalia (Италия). Параметры плотности энергии и длительности импульса для удаления волос подбирались с использованием построенных таблиц для определения нагрева дермальной папиллы черного волоса с глубиной залегания 3,5-4,5 мм (светлая кожа). Длительность импульса составляла 60–150 мс, плотность энергии 60–120. Результаты. После проведения 7-9 процедур по удалению толстых черных волос на голени, бедре, подмышках, подбородке, плече и предплечье, лобковой зоне, при контрольном осмотре через полгода и 1 год после окончания цикла процедур выявлены единичные волосы (не более 1%) во всех зонах воздействия. Заключение. Построенные таблицы могут быть использованы для определения оптимальных параметров одиночного импульса (длительности и плотности энергии) с целью обеспечения необходимой температуры теплового разрушения как дермальной папиллы, так и области bulge толстых черных волос с глубиной залегания 3,5-4,5 мм.

Ключевые слова: эпиляция, диодный лазер, дермальная папилла, область bulge.

Для цитирования: Левкович А.В., Мельник В.С. Особенности лазерной эпиляции с использованием длинных и коротких импульсов // Лазерная медицина. – 2019. – Т. 23. – Вып. 1. – С. 33–38.

Контакты: Мельник Владислав Силович. E-mail: vladsilmel@mail.ru

## SPECIFICITY OF LASER HAIR REMOVAL USING LONG AND SHORT PULSES

## Levkovich A.V., Melnyk V.S.

«The Partner of Beauty» Ltd., Moscow, Russia

#### Abstract

In the present work it has been shown that long single pulses and a series of short pulses with the same exposure duration and total energy density heat the dermal papilla and the bulge area differently. A series of short pulses produces more heat in the papilla what makes temporal hair removal more efficient. Exposure to long single impulses causes a more pronounced heating of the bulge area what provides better long-term effectiveness of epilation. *Purpose*. To develop an algorithm for selecting optimal parameters of diode laser irradiation so as to achieve the required temperature level for thermal destruction of the dermal papilla and the bulge area during epilation with long pulses and a series of short pulses. *Material and methods*. Epilation with long pulses was performed in 109 patients aged 20–80 having thick black and dark brown hair. The researchers took into account the depth of hair follicle location, Fitzpatrick skin phototype, patient's age. Epilation was performed with Capello diode laser (wavelength 808 nm) manufactured by Promoitalia Ltd. (Italy). Parameters of energy density and pulse duration for hair removal were selected using the developed tables to determine the heating intensity of dermal papilla of black hair with its depth of 3.5–4.5 mm (fair skin). Pulse duration was 60–150 ms, energy density was 60–120 J /cm<sup>2</sup>. *Results*. After 7–9 sessions of thick black hair removal on the shin, thigh, armpits, chin, shoulder and forearm as well as on the public area, control examination in half a year and in one year detected only isolated hairs (not more than 1%) in all treated zones. *Conclusion*. The developed tables can be used to determine optimal parameters (exposure duration and energy density) for a single impulse in order to achieve necessary temperature level to get thermal destruction of both dermal papilla and bulge area in patients with thick black hair and depth of 3.5–4.5 mm.

Keywords: hair removal, diode laser, dermal papilla, bulge area.

For citation: Levkovich A. V., Melnyk V. S. Features of laser hair removal using long and short pulses // *Lasernaya Medicina*. 23 (1): 33–38 (in Russian).

Contacts: Vladislav Melnyk, e-mail: vladsilmel@mail.ru

### Введение

Лазерная эпиляция с использованием как длинных, так и коротких импульсов широко применяется в мировой практике на протяжении более 15 лет. Под «длинными» подразумеваются импульсы длительностью, превышающей время термической релаксации волос, то есть от 20–30 мс и более. Длительность «коротких» импульсов, используемых в лазерной эпиляции, составляет величину от сотен микросекунд до нескольких миллисекунд.

В ряде публикаций по использованию, в частности, полупроводниковых лазеров, генерирующих на длине волны 808 нм [4-8, 11], приводятся данные эффективности как длинноимпульсной, так и короткоимпульсной эпиляции черных и темно-коричневых волос. В работе Dierickx C. et al [5] сообщается о результатах клинических исследований эффективности коротко импульсной эпиляции диодным лазером (длина волны 808 нм). Процедуры, проведенные серией коротких импульсов (5 и 10 мс), приводят к более выраженной временной потере волос (через 3, 6 и 9 месяцев после последней процедуры). Использование более длинных импульсов (длиннее 20 мс) при одинаковом количестве процедур и тех же величинах плотности энергии дает меньшее количество краткосрочно удаленных волос (через 3,5 месяца после проведения процедур), однако больший процент долговременного сокращения числа волос (наблюдение через 12 месяцев после окончания последней процедуры).

В работе Ronald G. [11] также приведены результаты временной и долгосрочной эпиляции черных и темнокоричневых волос длинноимпульсным диодным лазером (длина волны 808 нм). Уменьшение числа волос через 12 месяцев после окончания цикла из 8 процедур составило 44, 49 и 65% при плотности энергии 7, 12 и 20 Дж/ см<sup>2</sup> и длительности импульса 150 мс, 250 мс и 400 мс, соответственно. При тех же параметрах временное уменьшение числа волос через 1 месяц после последней процедуры составило 47, 55 и 73%.

Анализ публикаций с использованием ранее разработанных одним из авторов этой статьи формул для оценки температуры нагрева дермальной папиллы и области bulge [1, 9, 10], показывает, что нагрев этих двух областей под действием длинных импульсов и серии коротких импульсов с той же суммарной плотностью энергии и такой же продолжительностью воздействия неодинаков. Серия коротких импульсов вызывает более сильный нагрев дермальной папиллы, обеспечивающей питание волоса в процессе его роста, что приводит к высокой эффективности временной эпиляции. При этом поток тепла от корня волоса к области bulge, ответственной за репродукцию волос, слабее. Длинный импульс с такой же плотностью энергии и продолжительностью воздействия меньше нагревает папиллу за счет того, что за время его действия, значительно превышающего время термической релаксации корня волоса, потери тепла вследствие теплоотдачи в окружающие ткани будут больше. При этом нагрев области bulge будет сильнее.

Цель работы – разработать алгоритм для подбора оптимальных параметров диодного лазера при проведении эпиляции длинными импульсами и серией коротких импульсов и оценить временную и долгосрочную эффективность эпиляции диодным лазером, параметры излучения которого выбраны с помощью разработанных таблиц для определения нагрева дермальной папиллы черного волоса с глубиной залегания 3,5–4,5 мм (светлая кожа).

## Материал и методы

Оценка ожидаемой эффективности процедур лазерной эпиляции произведена на основе расчета температуры нагрева дермальной папиллы и области bulge с использованием критериев теплового разрушения биотканей, приведенных во многих источниках, в частности, в работах [3, 10]. Согласно этим критериям, термическое повреждение этих двух областей наступает при температуре от 45–46 °C и выше. С повышением температуры нагрева степень теплового разрушения дермальной папиллы и области bulge повышается.

В работах [1, 9, 10] приведена формула нагрева корня волоса с учетом потерь тепла за счет теплоотдачи к концу действия импульса:

$$\Delta T_{\rm B}(z) = \Delta T_{\rm max}(z) K_{\rm IIB}, \qquad (1)$$

где:  $\Delta T_{\rm B}(z)$  – температура нагрева корня волоса в волосяном фолликуле на заданной глубине z ( $\Delta T_{\rm B} = T_{\rm B} - T_0$ , где  $T_0$  – начальная температура корня волоса до облучения);  $\Delta T_{\rm max}(z)$  – максимальная температура нагрева корня волоса на глубине z без учета потерь тепла на теплоотдачу;  $K_{\rm nB}$  – коэффициент потерь тепла за счет теплоотдачи.

В настоящее время для расчета коэффициента потерь тепла эпидермисом за время действия импульса широко используется формула, представленная в работе Ross E.V., Paithankar D. [12]:

$$K_{III} = \frac{1 - e^{-\frac{l_p}{l_r}}}{\frac{l_p}{l_r}},$$
 (2)

где: К<sub>пэ</sub> – коэффициент потерь тепла эпидермисом;  $t_p$  – длительность импульса;  $t_r$  – время термической релаксации эпидермиса.

Аналогичная формула с заменой параметра времени термической релаксации эпидермиса на параметр времени термической релаксации корня волоса может быть использована и для расчета потерь тепла корнем волоса за время действия импульса. Однако, как следует из основ термодинамики, в частности, из анализа точного решения нестационарного дифференциального уравнения теплопроводности с внутренними источниками, формула (2) может быть использована при воздействии короткими импульсами ( $t_p < t_r$ ). Для длинных импульсов использование формулы (2) приводит к большой погрешности (более 30%).

Точная формула для расчета коэффициента потерь тепла корнем волоса (К<sub>пв</sub>) при воздействии импульсов любой длительности известна из курса термодинамики, однако она довольно сложная. Поэтому ниже приведены упрощенные и удобные для практического использования формулы, позволяющие оценить потери тепла за время действия светового импульса различной длительности.

Если длительность светового импульса составляет 10 мс и короче, для вычисления К<sub>пв</sub> может быть использована формула, аналогичная формуле 2, то есть:

$$K_{\rm IIB} = \frac{1 - e^{-\frac{l_p}{l_r}}}{\frac{l_p}{l_r}},\tag{3}$$

где *t<sub>r</sub>* – время термической релаксации корня волоса.

При длительности импульса от 10 мс до 40–50 мс следует пользоваться аналогичной формулой, но с корректирующим коэффициентом:

$$K_{\Pi B} = \frac{1 - e^{-\frac{l_p}{l_r}}}{\frac{l_p}{l_r}} \left(1 + 0, 114 \frac{l_p}{l_r}\right) =$$
(4)

При использовании формулы (4) погрешность вычислений не будет превышать ±3%. При увеличении длительности импульса до 100–120 мс погрешность вычислений по формуле (4) будет возрастать до 8–9%. Однако этой формулой можно пользоваться, если не требуется большой точности оценки коэффициента потерь.

Если длительность импульсов составляет величину 150–300 мс, для оценки коэффициента потерь лучше пользоваться следующей формулой:

$$\mathbf{K}_{\rm IIB} = \frac{t_p}{t_r} + 0.2 \tag{5}$$

В этом случае погрешность расчета не превысит 8%.

Величина времени термической релаксации t<sub>r</sub> корня волоса, расположенного в волосяном фолликуле, заключена в пределах от 10–12 мс для очень тонкого волоса и до 30–33 мс – для толстого. Вычисления значений времени термической релаксации (ВТР) проведены с использованием нестационарных уравнений термодинамики.

Температура нагрева как дермальной папиллы, так и области bulge, определяется температурой нагрева корня волоса. Температура нагрева корня волоса под действием одиночных длинных импульсов может быть оценена с помощью формулы (1). При воздействии серии коротких импульсов температура нагрева вычисляется согласно формуле [2]:

$$\Delta T_{\rm B} = \Delta T_{\rm max} K_{\rm IIB} \sum_{i}^{i} \left( e^{-\frac{t_{\rm II}}{t_r}} \right)^{i}, \qquad (6),$$

где:  $t_n$  – длительность паузы между соседними импульсами, i – номер импульса.

То есть i = 0 соответствует одному импульсу, i = 1 -двум импульсам, i = 2 -трем импульсам и т. д.

Величина коэффициента потерь К<sub>пв</sub> вычислена с использованием формулы (3).

Вычисленная предполагаемая температура нагрева корня волоса позволяет оценить степень теплового разрушения как дермальной папиллы, так и области bulge.

## I. Вычисление температуры нагрева дермальной папиллы

С достаточной степенью точностью можно считать, что температура нагрева дермальной папиллы будет примерно равна температуре волосяной луковицы. Температура нагрева луковицы рассчитывается с помощью формулы (1) на глубине ее залегания в коже. Результаты расчета температуры нагрева  $\Delta T_{\rm B}$  дермальной папиллы толстых черных волос, залегающих на глубине 3,5–4,5 мм в светлой коже, под действием одиночных импульсов диодного лазера (808 нм) длительностью  $t_p$  и плотностью энергии Е, показаны в таблицах 1–3.

## Таблица 1

Таблица определения температуры нагрева ( $\Delta T_{\rm B}$ ) дермальной папиллы черного толстого волоса с глубиной залегания 3,5 мм (светлая кожа)

## Table 1

Table for determining heating temperature  $(\Delta T_{B})$  of the dermal papilla of black thick hair with location depth of 3.5 mm (fair skin)

	$E[\frac{\mathcal{I}\mathcal{K}}{CM^2}]$				
<i>t<sub>p</sub></i> [мс]	80	90	100	110	120
60	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0
70	22,2	25,0	27,8	30,5	33,3
80	20,7	23,3	25,9	28,5	31,1
90	19,5	21,9	24,4	26,8	29,3
100	18,3	20,6	22,9	25,2	27,5

#### Примечание.

t<sub>p</sub> – длительность лазерного импульса; Е – плотность энергии

Для определения суммарной температуры дермальной папиллы после воздействия лазерного импульса, нужно к найденному в таблице значению прибавить величину, которая для дермы составляет примерно 30 °C.

#### Note.

tp - laser pulse duration (ms); E - energy density (J/cm<sup>2</sup>)

To determine total temperature for dermal papilla after exposure to laser light pulse, one should add  $T_0$  value (which is about 30 °C for the derma) to  $\Delta T_{\rm a}$  value found in the table.

#### Таблица 2

Таблица определения температуры нагрева ( $\Delta T_{\rm B}$ ) дермальной папиллы черного толстого волоса с глубиной залегания 4,0 мм (светлая кожа)

#### Table 2

Table for determining heating temperature  $(\Delta T_{\rm B})$  of the dermal papilla of black thick hair with location depth of 4.0 mm (fair skin)

	$E[\frac{\mathcal{I}\mathcal{K}}{CM^2}]$				
<i>t<sub>p</sub></i> [мс]	80	90	100	110	120
60	20,4	23,0	25,5	28,0	30,6
70	18,9	21,3	23,6	26,0	28,4
80	17,6	19,8	22,0	24,2	26,4
90	16,5	18,6	20,6	22,7	24,8
100	15,6	17,6	19,5	21,5	23,4

#### Примечание.

t<sub>n</sub> – длительность лазерного импульса; Е – плотность энергии

Для определения суммарной температуры дермальной папиллы после воздействия лазерного импульса, нужно к найденному в таблице значению прибавить величину, которая для дермы составляет примерно 30°С.

#### Note.

 $t_p$  – laser pulse duration (ms); E – energy density (J/cm<sup>2</sup>)

To determine total temperature for dermal papilla after exposure to laser light pulse, one should add  $T_{\rm o}$  value (which is about 30 °C for the derma) to  $\Delta T_{\rm s}$  value found in the table.

#### Таблица З

Таблица определения температуры нагрева дермальной папиллы черного толстого волоса с глубиной залегания 4,5 мм (светлая кожа)

#### Table 3

Table for determining heating temperature ( $\Delta Tv$ ) of the dermal papilla of black thick hair with location depth of 4.5 mm (fair skin)

	$\mathrm{E}[\frac{\mathcal{I}\mathbf{\pi}}{\mathrm{cm}^2}]$				
<i>t<sub>p</sub></i> [мс]	80	90	100	110	120
60	17,3	19,5	21,6	23,8	26,0
70	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0
80	14,9	16,8	18,6	20,5	22,4
90	14,0	15,8	17,5	19,3	21,0
100	13,2	14,9	16,5	18,2	19,8

## Примечание.

t<sub>p</sub> – длительность лазерного импульса; Е – плотность энергии

Для определения суммарной температуры дермальной папиллы после воздействия лазерного импульса, нужно к найденному в таблице значению  $\Delta T_{\rm B}$  прибавить величину, которая для дермы составляет примерно 30 °C.

#### Note.

 $t_p$  – laser pulse duration (ms); E – energy density (J/cm<sup>2</sup>)

To determine total temperature for dermal papilla after exposure to laser light pulse, one should add  $T_{\rm 0}$  value (which is about 30 °C for the derma) to  $\Delta T_{\rm B}$  value found in the table.

# II. Вычисление температуры нагрева области bulge

Область bulge, расположенная вблизи прикрепления musculus arrector piliк волосяному фолликулу, нагревается тепловым потоком, следующим от нагретого корня. Была проведена оценка температуры нагрева области bulge под действием как одиночного длинного импульса, так и серии коротких импульсов. Результаты воздействия одиночного импульса длительностью  $t_p$  от 60 мс до 100 мс и плотностью энергии Е от 80  $\frac{Д ж}{c M^2}$  до 120  $\frac{Д ж}{c M^2}$  показаны в табл. 4.

#### Таблица 4

Таблица определения температуры нагрева области bulge толстого черного волоса с глубиной залегания 4 мм в светлой коже

#### Table 4

Table for determining heating temperature of the bulge area with thick black hair with location depth of 4 mm in fair skin

	$E[\frac{\mu}{cM^2}]$				
<i>t<sub>p</sub></i> [мс]	80	90	100	110	120
60	15,6	17,6	19,5	21,5	23,4
70	16,5	18,6	20,6	22,7	24,8
80	17,3	19,4	21,6	23,8	26,0
90	17,9	20,1	22,3	24,6	26,9
100	18,4	20,7	23,0	25,3	27,8

#### Примечание.

t<sub>p</sub> – длительность лазерного импульса; Е – плотность энергии

Суммарная температура области bulge складывается из температуры нагрева лазерным импульсом и начальной температуры дермы, величину которой можно принять за 30 °C.

#### Note.

 $t_p$  – laser pulse duration (ms); E – energy density (J/cm<sup>2</sup>)

The total temperature of bulge area consists of heating temperature of laser light pulse plus dermis initial temperature, the value of which can be considered as  $30 \,^{\circ}$ C.

Из анализа данных в таблицах 1–4 следует, что с увеличением длительности импульса температура нагрева дермальной папиллы уменьшается, а области bulge – увеличивается.

Клинические исследования проводились в ООО «Партнер Бьюти» (г. Москва), являющемся представителем производителя Promoitalia (Италия), с использованием диодного лазера Capello (длина волны 808 нм). Технические особенности этого аппарата обеспечивают равномерное распределение плотности энергии по всей облучающей площадке, индивидуальный подбор параметров, охлаждение кожи в зоне воздействия. Параметры плотности энергии и длительности импульса для удаления черных толстых волос выбирались с использованием разработанных таблиц по определению температуры нагрева дермальной папиллы (табл. 1–4).

Эпиляция проводилась длинными импульсами на толстых черных и темно коричневых волосах с учетом глубины залегания луковицы волоса, фототипа кожи по Фитцпатрику, возраста пациента. Эпиляция была проведена у 109 пациентов в возрасте от 20 до 80 лет по зонам: верхняя губа (9 пациентов), борода и подбородок (12), голень (29), бедро (23), подмышки (11), плечо и предплечье (12), лобковая зона (13). Процедуры проводили по прозрачному гелю. Длительность импульса составляла Пж

60–150 мс, плотность энергии 60–120  $\frac{Д_{\text{ж}}}{\text{см}^2}$ .

Параметры лазерного воздействия выбирали с использованием разработанных таблиц, а также принимая во внимание индивидуальную реакцию кожи каждого пациента – умеренная гиперемия в зоне воздействия и умеренное болевое ощущение в виде укола иглой. При отсутствии этих признаков интенсивность воздействия увеличивали, при резко выраженных – уменьшали. В зоне воздействия делали несколько контрольных одноразовых процедур без подключения охлаждения до получения комфортного ощущения и локальной реакции тканей. После этого подключали охлаждение и продолжали процедуру.

После каждой процедуры проводили контроль количества разрушенных волос путем визуального фиксирования числа волос в контрольных зонах. Таким же способом, то есть путем подсчета оставшихся волос в контрольных зонах, определялась эффективность эпиляции через полгода и год после окончания курса процедур.

## Результаты и обсуждение

После первой процедуры эффективность удаления волос составила 30–35%. Повторные процедуры, проводившиеся через месяц, достигали 10–12% эффективности после каждой процедуры. Полный курс удаления волос составлял 7–9 процедур. Как следует из клинического наблюдения, у 109 пациентов, независимо от зоны локализации волос, при воздействии длинными импульсами были достигнуты положительные долгосрочные результаты. Контрольный осмотр через полгода и год выявил единичные волосы (не более 1%) во всех зонах воздействия. При этом чем старше возраст, тем длительнее промежуток времени между повторными процедурами (полтора-два месяца) в силу биологических процессов более медленного восстановления луковицы волос, находившихся на начальных стадиях анагенеза, катагенеза, телогенеза. Для подмышечных областей и в лобковой зоне, где луковицы более насыщены меланином, было достаточно семи процедур для достижения положительного результата. На голени, бедре, подбородке и других частях тела положительный результат отмечен после 8–9 процедур.

Проведенные теоретические и клинические исследования дают основание предположить, что имеются различия между длинноимпульсной и короткоимпульсной эпиляцией. Согласно результатам теоретических исследований, при использовании серии коротких импульсов, длительность которых меньше времени термической релаксации корня волоса, сильнее нагревается дермальная папилла, и слабее – область bulge. Это приводит к более высокой временной эффективности, поскольку восстановление роста волос в течение года после последней процедуры значительно. Воздействие одиночных длинных импульсов с такими же значениями плотности энергии и продолжительностью воздействия вызывает меньший нагрев дермальной папиллы, но больший нагрев области bulge за счет более интенсивного теплового потока от корня волоса. Это приводит к более эффективной долгосрочной эпиляции.

## Заключение

Разработанные таблицы могут быть использованы для определения оптимальных параметров (длительности импульса и плотности энергии) с целью обеспечения необходимой температуры теплового разрушения как дермальной папиллы, так и области bulge толстых черных волос с глубиной залегания 3,5–4,5 мм (например, голень, подмышки, лобковая зона, бедро).

Эпиляция с использованием диодного лазера в длинно импульсном режиме при правильном подборе параметров и с учетом индивидуальных особенностей пациента позволяет избежать осложнений и дает хороший долгосрочный результат.

Анализ полученных результатов показал, что необходимы дальнейшие клинические исследования не только в длинноимпульсном, но и в короткоимпульсном режиме, и с более продолжительным сроком контрольного наблюдения (два и более лет после окончания цикла процедур).

## Литература

- 1. *Левкович А.В., Мельник В.С.* Лазерные и световые нелазерные технологии в косметологии. М.: Политпросвет, 2008. 208 с.
- Мельник В.С. Алгоритм расчета температуры селективного нагрева мишени для лазерной эпиляции // Медицинская физика. – 2011. – 1 (49). – С. 82–86.
- Цепколенко В.А. Лазерная технология в эстетической медицине. – К.: Компания «Эстет», 2009. – 192 с.
- Courtney E., Goldberg D.J. Clinical evaluation of hair removal using an 810 nm diode laser with a novel scanning device // J. Drugs Dermatol. 2016; 15 (11): 1330–1333.
- Dierickx C., Anderson R., Campos V., Grossman M. Effective Permanent Hair Reduction Using a Pulsed High-PowerDiode Laser. http://newbeautytech.ru/blog/diode-laser-science/
- Eremia S., Li C., Newman N. Laser hair removal with alexandrite versus diode laser using four treatmentsessions: 1-year results // Dermatol Surg. 2001; 27 (11): 925–929.

- Ibrahimi O., Kilmer W. Long-term Clinical Evaluation of a 800-nm Long-Pulsed Diode Laser with a Large Spot Size and Vacuum-Assisted Suction for Hair Removal // Dermatol. Surg. 2012; 38 (6): 912–917.
- Lou W.W., Quintana A.T., Geronemus R.G., Grossman M.C. Prospective study of hair reduction by diode laser (800 nm) with long-termfollow-up // Dermatol. Surg. 2000; 26 (5): 428–432.
- Melnik V.S. Efficiency of Broadband Pulsed Light Sources in Cosmetology // Physics of Wave Phenomena. 2004; 12 (2): 87–93.
- Melnik V.S. Features of Neodymium Laser Epilation // Physics of Wave Phenomena. 2008; 16 (3): 173–179.
- Ronald G. Wheeland. Permanent Hear Reduction With a Home-Use Diode Laser: Safety and Effectiveness. 1 Year After Treatments // Lasers in Surgery and Medicine. 2012; 44: 550–557.
- Ross E.V., Paithankar D. Comparison of Cryogen Spray and Surface Contact Cooling Through Heat Transfer Modeling // Laser Express. 2000; 1 (2): 1–14.

#### References

- Levkovich A.V., Melnyk V.S. Laser and light non-laser technologies in cosmetology. – M.: Politprosvet, 2008. – 208 p.
- Melnyk V.S. Algorithm for temperature calculations in selective target heating for laser hair removal // Meditzinskaya physika. 2011; 1 (49): 82–86.
- Tsepkolenko V.A. Laser technology in aesthetic medicine. K.: Estet Company Ltd., 2009. – 192 p.

- Courtney E., Goldberg D.J. Clinical evaluation of hair removal using an 810 nm diode laser with a novel scanning device // J. Drugs Dermatol. 2016; 15 (11): 1330–1333.
- 5. *Dierickx C., Anderson R., Campos V., Grossman M.* Effective Permanent Hair Reduction Using a Pulsed High-PowerDiode Laser. http://newbeautytech.ru/blog/diode-laser-science/
- Eremia S., Li C., Newman N. Laser hair removal with alexandrite versus diode laser using four treatmentsessions: 1-year results // Dermatol Surg. 2001; 27 (11): 925–929.
- Ibrahimi O., Kilmer W. Long-term Clinical Evaluation of a 800-nm Long-Pulsed Diode Laser with a Large Spot Size and Vacuum-Assisted Suction for Hair Removal // Dermatol. Surg. 2012; 38 (6): 912–917.
- Lou W.W., Quintana A.T., Geronemus R.G., Grossman M.C. Prospective study of hair reduction by diode laser (800 nm) with long-termfollow-up // Dermatol. Surg. 2000; 26 (5): 428–432.
- Melnik V.S. Efficiency of Broadband Pulsed Light Sources in Cosmetology // Physics of Wave Phenomena. 2004; 12 (2): 87–93.
- Melnik V.S. Features of Neodymium Laser Epilation // Physics of Wave Phenomena. 2008; 16 (3): 173–179.
- Ronald G. Wheeland. Permanent Hear Reduction With a Home-Use DiodeLaser: Safety and Effectiveness 1 Year After Treatments // Lasers in Surgery and Medicine. 2012; 44: 550–557.
- Ross E.V., Paithankar D. Comparison of Cryogen Spray and Surface Contact Cooling Through Heat Transfer Modeling // Laser Express. 2000; 1 (2): 1–14.

#### УДК 616.351-007.44

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СУБДЕРМАЛЬНО-СУБМУКОЗНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ВНУТРЕННИХ ГЕМОРРОИДАЛЬНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКИМ ВНУТРЕННИМ ГЕМОРРОЕМ II И III СТАДИЙ

## В.М. Сотников, С.Е. Каторкин, П.С. Андреев

Клиники ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет Минздрава России», Самара, Россия

#### Резюме

Цель исследования – оценка результатов применения метода субдермально-субмукозной лазерной деструкции внутренних геморроидальных узлов в амбулаторных условиях для лечения пациентов со II и III стадиями хронического внутреннего геморроя. *Материал и методы*. Выполнено 14 лазерных субдермально-субмукозных лазерных деструкций внутренних геморроидальных узлов пациентам с хроническим внутренним геморроем II или III стадий, из которых женщин было 2, мужчин – 12. Средний возраст пациентов –  $41,42 \pm 13$  лет. Длительность заболевания –  $10 \pm 9,5$  года. Операцию выполняли под местной инфильтрационной анестезией 0,25% раствором лидокаина гидрохлорида. Выполняли коагуляцию в 3–5 точках внутреннего геморроидального узла с помощью диодного лазерного аппарата «Медиола Компакт» (Республика Беларусь) в режиме непрерывного излучения длиной волны 1560 нм, мощностью 8 Вт и экспозицией излучения 3 секунды. *Результатов*. Продолжительность операции составляла 20,27 ± 5 минут. Интраоперационных осложнений зафиксировано не было. Болевой синдром после операции составляла 1–2 балла по 10-бальной шкале. У 1 пациента после операции развился тромбоз внутренних геморроидальных узлов, который был купирован консервативными мероприятиями на 10-е сутки. Остальные 13 пациентов вернулись к активной трудовой деятельности на 5-е сутки. При контрольном осмотре через 1 месяц после операции пациенты не предъявляли каких-либо жалоб. При осмотре геморроидальные узлы не смещались, уменьшились в объеме и не выпадали из анального канала при натуживании. *Заключение*. Метод субдермально-субмукозной лазерной деструкции внутренних геморроидальных является эффективным и безопасным для лечения пациентов с хроническим внутренним геморроем II и III стадий в амбулаторных условиях.

Ключевые слова: хронический внутренний геморрой, лазерная деструкция внутренних геморроидальных узлов, аноректальная патология, амбулаторная колопроктология, малоинвазивные технологии.

Для цитирования: Сотников В.М., Каторкин С.Е., Андреев П.С. Опыт применения субдермально-субмукозной лазерной деструкции внутренних геморроидальных узлов для лечения пациентов с хроническим внутренним геморроем II и III стадий // Лазерная медицина. – 2019. – Т. 23. – Вып. 1. – С. 38–40.

Контактная информация: Сотников В.М., e-mail: proctolog63@gmail.com

# SUBDERMAL-SUBMUCOUSE LASER DESTRUCTION OF INTERNAL HEMORRHOIDAL NODES FOR THE TREATMENT OF PATIENTS WITH II AND III DEGREE HEMORRHOIDS

## Sotnikov V.M., Katorkin S.E., Andreev P.S.

Samara State Medical University, Samara, Russia

#### Abstract

The aim of the study is to evaluate results of subdermal-submucous laser destruction of internal hemorrhoids in out-patient settings for the treatment of patients with chronic internal hemorrhoids of degrees II and III. Material and methods. Subdermal-submucous laser