

УДК 621.373.826

М.С. Березіна, Л.С. Неволько.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## ЛАЗЕРНЕ ВИДАЛЕННЯ ВОЛОССЯ

*Стаття присвячена вибору косметологічного обладнання та його характеристик для ефективного видалення волосся. При проведенні процедури, завжди виникає завдання вибору діаметра плями, потужності, тривалості імпульсу. Вірно підібрані характеристики дозволяють підвищити точність і ефективність проведення лазерної епіляції. Був проведений розрахунок щільності дози для обладнання Candela GentleLase, Lumenis LightSheer.*

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Існує два типи видалення волосся з тіла людини - епіляція та депіляція. При депіляції просто видаляють волосся, а при епіляції видаляють волосся разом з волосяною цибулиною. Після депіляції волосся виростає знову, а при епіляції, зі зруйнованої волосяної цибулини волосся не виростає. На жаль, будь-які види епіляції не дозволяють позбутися від непотрібного волосся за одну процедуру. Зараз існують безліч видів як депіляції, так і епіляції. До депіляції відносяться: збривання, воскування, видалення волосся кремом, вищипування, всі електродепілятори. До епіляції відносяться: електроепіляція, фотоепіляція (лазерна епіляція).

Але жоден з вище перерахованих методів не зрівняється з унікальністю і універсальністю лазерної епіляції. Її принцип полягає в руйнівному впливі лазерного променя на волосяний фолікул. Завдяки локальному,

короткому за часом дії і швидкого охолодження лазерна епіляція безболісна. Звідси основна перевага цього виду епіляції - можливість проведення процедури в зонах з дуже чутливою шкірою, а також відсутність побічних явищ після проведення процедури.

#### МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Лазерна епіляція заснована на принципі селективного фототермоліза, який полягає в тому, що світлова енергія добре поглинається цільовими пігментами, створюючи потрібний ефект і погано поглинається іншими пігментами, що запобігає термічному ураженню оточуючих тканин.

У випадку видалення волосся, цільовим пігментом є меланін волосної цибулини, а супутнім пігментом - меланін епідермісу. Енергія світлового імпульсу поглинається волосними фолікулами і перетворюється в теплову енергію, що призводить до їх нагрівання і руйнації. У результаті подальший ріст волосся припиняється.

Тривалість і енергія лазерного імпульсу підбираються так, щоб фолікули встигали зруйнуватися, не пошкоджуючи прилеглі ділянки шкіри.

На (рис. 1) ми бачимо, як змінюється поглинаюча здатність у кожного шару шкіри, для певної довжини хвилі лазерного випромінювання.

Крім теплового, світло виробляє інші ефекти (фотоелектричний, біостимулюючий і т.д.), однак при великій потужності джерела випромінювання теплові ефекти переважають. Вузьконаправлений лазерний промінь, який практично не розсіюється, дозволяє створити високу щільність потужності випромінювання (потужність випромінювання, що припадає на одиницю площі). Тому лазерне випромінювання створює настільки значний парниковий ефект, що відбувається коагуляція,

випарювання або обуглювання (карбонізація) біологічної тканини.

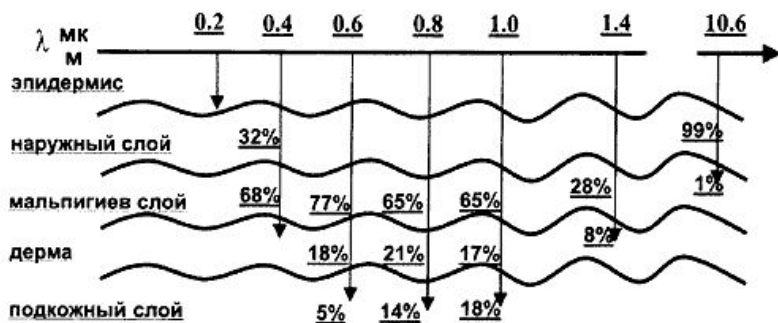


Рис. 1. Поглинаюча здатність шкірного покриву людини

Основний принцип фотобіології полягає в тому, що світло діє на біологічний об'єкт лише в тому випадку, якщо об'єкт поглинає світло. Нема поглинання - немає ефекту. У шкірі світло поглинається особливими речовинами - хромофорами. Кожен хромофор поглинає в певному діапазоні довжин хвиль. Основним хромофором волосся та шкіри є меланін, який поглинає в УФ-діапазоні, а також у видимій області з максимальним поглинанням в діапазоні 350-700 нм. Червона межа спектру поглинання меланіну доходить до інфрачервоної області (1200 нм). Конкурентом меланіну є гемоглобін, який поглинає в УФ-області, а у видимій області має максимуми поглинання в діапазонах 450-500 і 500-600 нм. Білки, деякі амінокислоти і нуклеїнові кислоти поглинають в УФ-діапазоні. Перетворення енергії лазерного променя в теплову енергію може відбуватися тільки в тому випадку, якщо випромінювання поглинається. Тому якщо якась ділянка шкіри містить хромофор, що поглинає при даній довжині хвилі, а навколишні ділянки його не містять, то

нагрівається тільки та область, де присутня хромофор. Однак внаслідок перенесення тепла відбувається нагрівання прикордонних областей, навіть якщо вони не містять або майже не містять хромофорів.

Характер взаємодії лазерного випромінювання з біологічною тканиною залежить від щільності потужності лазерного випромінювання та від часу взаємодії. Завдяки локальному, короткому за часом дії (мкс) і швидкого охолодження, лазерна епіляція безболісна і ефективна, тому анестезія не застосовується. Швидкість методу вражає: менше 5 хвилин видаляються, наприклад, волосся над верхньою губою. Точність лазерних технологій настільки висока, що повністю виключає помилку лікаря.

Дослідження, проведені в останні роки, дозволили визначити порогові густини енергії для шкіри. Гранично допустимі рівні лазерного випромінювання - це максимальні рівні випромінювання, які при щоденному впливі не викликають у людей, що працюють з лазерами, захворювань або відхилень у стані здоров'я, що виявляються сучасними методами дослідження як в процесі роботи, так і у віддалені терміни. Безпечні щільності енергії при опроміненні шкіри лазерами, що працюють в режимі вільної генерації в видимому діапазоні і в найближчих ділянках інфрачервоного діапазону довжин хвиль, складають 1-2 Дж/см<sup>2</sup> для одиночного імпульсу і 0,1 Вт/см<sup>2</sup> - для безперервного випромінювання. Крім зміни потужності лазерного випромінювання, можна міняти і час дії на біотканини. Тоді лікар може змінювати дозу лазерного випромінювання і отримувати різні фотореакції організму, як позитивні, так і негативні. Як правило, малі дози надають стимулюючий ефект, зменшують набряклість тканин і больовий синдром. Але в той же час, занадто малі дози взагалі не мають впливу на організм. Середні дози надають - знеболюючу дію, підвищені - протизапальну,

гальмує дію. Великі дози лазерного випромінювання викликають негативні явища: посилення больового синдрому.

Знайдемо щільність дози для різного обладнання, яка обчислюється за формулою:

$$D = P_{\text{ср}} \cdot T / S \text{ [Вт} \cdot \text{с/см}^2\text{]} \quad (1)$$

де:

- D - щільність дози
- $P_{\text{ср}}$  - середня потужність випромінювання
- T - час опромінення
- S - опромінена площа

1). Щільність дози для «Candela GentleLASE»

Для  $P_{\text{ср}} = 100 \text{ Вт}$ ,  $t = 3 \cdot 10^{-3} \text{ с}$  при  $S = 0,36 \text{ см}^2$

$$D = \frac{100 \cdot 0,003}{0,36} = 0,83 \text{ [Дж/см}^2\text{]}$$

при  $S = 0,64 \text{ см}^2$

$$D = \frac{100 \cdot 0,003}{0,64} = 0,47 \text{ [Дж/см}^2\text{]}$$

при  $S = 1 \text{ см}^2$

$$D = \frac{100 \cdot 0,003}{1} = 0,3 \text{ [Дж/см}^2\text{]}$$

при  $S = 1,44 \text{ см}^2$

$$D = \frac{100 \cdot 0,003}{1,44} = 0,208 \text{ [Дж/см}^2\text{]}$$

при  $S = 2,25 \text{ см}^2$

$$D = \frac{100 \cdot 0,003}{2,25} = 0,13 \text{ [Дж/см}^2\text{]}$$

при  $S = 3,24 \text{ см}^2$

$$D = \frac{100 \cdot 0,003}{3,24} = 0,09 \text{ [Дж/см}^2\text{]}$$

2). Щільність дози для «Lumenis LightSheer»

Для  $P_{\text{ср}} = 60 \text{ Вт}$ ,  $t_{\text{min}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ с}$  при  $S = 0,81 \text{ см}^2$

$$D = \frac{60 \cdot 0,005}{0,81} = 0,37 \text{ [Дж/см}^2\text{]}$$

Для  $t_{\max} = 1 \cdot 10^{-1}$  с при  $S = 0,81 \text{ см}^2$

$$D = \frac{60 \cdot 0,1}{0,81} = 7,4 \text{ [Дж/см}^2\text{]}$$

Для  $t_{\min} = 5 \cdot 10^{-3}$  с при  $S = 1,44 \text{ см}^2$

$$D = \frac{60 \cdot 0,005}{1,44} = 0,21 \text{ [Дж/см}^2\text{]}$$

Для  $t_{\max} = 1 \cdot 10^{-1}$  с при  $S = 1,44 \text{ см}^2$

$$D = \frac{60 \cdot 0,1}{1,44} = 4,2 \text{ [Дж/см}^2\text{]}$$

В таблиці 1 представлені відносні нормовані на різну площу значення доз випромінювання для значень потужності і часу дії лазерного випромінювання. Потужність дана у Вт, що зручніше.

Таблиця 1

Отримані результати значення доз

Назва обладнання	$P_{\text{ср.}}, \text{ Вт}$	$T, \text{ с}$	$D, \text{ Дж/см}^2$							
			$36 \text{ мм}^2$	$64 \text{ мм}^2$	$81 \text{ мм}^2$	$100 \text{ мм}^2$	$144 \text{ мм}^2$	$225 \text{ мм}^2$	$324 \text{ мм}^2$	
Candela GentleLASE	100	$t = 3 \cdot 10^{-3}$	0,83	0,47	-	0,3	0,208	0,13	0,09	
Lumenis LightSheer	60	$t_{\min} = 5 \cdot 10^{-3}$	-	-	0,37	-	0,21	-	-	
		$t_{\max} = 1 \cdot 10^{-1}$	-	-	7,4	-	4,2	-	-	

Використовуючи одну й ту потужність випромінювання, але змінюючи площу опромінення можна отримати локальні зміни потужності та щільності дози в тисячі разів.

З отриманих результатів видно, що при постійній потужності і  $t_{\min}$  впливу лазерного випромінювання, і при збільшенні опроміненої площі, зменшується доза, і при  $t_{\max}$  і збільшенні площі опромінення також, але при цьому значення дози значно більше, ніж при  $t_{\min}$ .

Значення поглиненої дози індивідуально для кожного пацієнта, його функціональної системи або фрагмента біологічної тканини. При цьому встановлено, що для забезпечення біостимулюючого ефекту значення поглиненої дози лазерного випромінювання має перебувати в межах 0,01 - 100 Дж/см<sup>2</sup>.

Звертає на себе увагу широка варіабельність вихідних параметрів при незмінній дозі: можна великою потужністю впливати на короткий проміжок часу і, навпаки, тривалий час опромінювати малою потужністю.

Дуже важливо розуміти, що для досягнення найкращого результату (або ефекту взагалі) необхідно задати оптимальну щільність дози. Іншими словами, не можна менше або більше - потрібно забезпечити саме і тільки оптимальне значення. Всі три параметри - середня потужність випромінювання, час дії і площа впливу - взаємозалежні, тобто підбір оптимальної дози може бути змінений варіацією одного з параметрів. Ми можемо збільшити потужність або час для збільшення щільності дози, а також зменшити площу впливу.

**ВИСНОВКИ.** Поглинання меланіну, довжина хвилі, епідермальне охолодження і подача енергії є ключовими факторами для лазерної епіляції. GentleLASE набагато краще вражає меланін, ніж лазери LightSheer. Лазери

GentleLase потужніші і здатні подавати більше енергії, ніж LightSheer. При обробці за допомогою лазера LightSheer, потрібно в три рази більше лазерних імпульсів, при яких виникає більша біль, ніж для покриття тієї ж площі при обробці за допомогою GentleLASE.

Для лазерного видалення волосся, GentleLase становить оптимальну комбінацію довжини хвилі, щільності потоку потужності, розміру плями, тривалості імпульсу і епідермального охолодження для самого широкого діапазону пацієнтів.

**Література:**

1. CANDELA. [Електронний ресурс] // Режим доступу: [www.candelalaser.ru](http://www.candelalaser.ru)
2. Черепанов Д.В. Модернізація оптичної системи лазерної установки: Саратов 2008 – 33с.
3. Дж. Реді. Дія потужного лазерного випромінювання. Переклад на російську мову. - М.: Вид - во "Світ", 1974. - 468с.