

Application of laser technology in the removal of unwanted hair

Wioleta Jankowiak¹, Edyta Bartoszewicz², Weronika Jereczek¹

¹Institute of Health Sciences, Pomeranian University of Słupsk, Słupsk, Poland, ²Faculty of Civil Engineering and Transport PP, Poznań, Poland

Corresponding author: Wioleta Jankowiak Pharm. D, E-mail: wioleta.jankowiak@gamil.com

ABSTRACT

Laser hair removal requires knowledge of their physical basis and the biophysical phenomena they induce in the skin. Lasers differ in such categories as wavelength, Energy density and laser beam size. These elements are important while selecting the right device for the skin type and individual characteristics of the patient. Knowledge of the physiology of hair and the photothermolysis that occurs during epilation, allows the treatment to be carried out correctly and safely, and the entire proces of hair elimination to be controlled. Previous studies indicate a number of factors that determine the effectiveness of the procedure, including the parameters of the device or skin type. Despite the high degree of safety and effectiveness of the laser epilation procedure, it is also pointed out that there are undesirable consequences that may appear in response to the effects of laser light.

Key words: Epilation; Lasers; Air construction; IPL

How to cite this article: Jankowiak W, Bartoszewicz E, Jereczek W. Application of laser technology in the removal of unwanted hair. Our Dermatol Online. 2023;14(e):e18.

Submission: 15.11.2022; **Acceptance:** 19.12.2022

DOI: 10.7241/ourd.2023e.18

Zastosowanie technologii laserowej w usuwaniu zbędnego owłosienia

Wioleta Jankowiak¹, Edyta Bartoszewicz², Weronika Jereczek¹

¹Institute of Health Sciences, Pomeranian University of Slupsk, Slupsk, Poland, ²Faculty of Civil Engineering and Transport PP, Poznań, Poland

Corresponding author: Wioleta Jankowiak Pharm. D, E-mail: wioleta.jankowiak@gamil.com

STRESZCZENIE

Usuwanie owłosienia za pomocą laserów wymaga znajomości ich podstaw fizycznych oraz wywoływanych przez nie zjawisk biofizycznych w skórze. Lasery różnią się między sobą takimi kategoriami, jak np. długość fali, gęstość energii czy wielkość wiązki laserowej. Elementy te mają znaczenie w momencie doboru odpowiedniego urządzenia do typu skóry oraz cech indywidualnych pacjenta. Wiedza na temat fizjologii włosa oraz zachodzącej podczas epilacji fototermolizy pozwala na prawidłowe i bezpieczne przeprowadzenie zabiegu oraz kontrolowanie całego procesu likwidacji owłosienia. Dotychczasowe badania wskazują na szereg czynników determinujących skuteczność zabiegu, dotyczących m.in. parametrów urządzenia czy typu skóry. Mimo dużego stopnia bezpieczeństwa i skuteczności zabiegu epilacji laserowej, wskazuje się również na skutki niepożądane, które mogą pojawić się w reakcji na oddziaływanie światła lasera.

Słowa kluczowe: Epilacja; Lasery; Budowa włosa; IPL

WSTĘP

Czynniki takie jak podniesienie standardu życia, postęp cywilizacji i zdecydowanie zwiększona potrzeba akceptacji społecznej sprawiły, że kosmetologia i medycyna estetyczna cieszą się coraz większym zainteresowaniem. Centrum Badań Opinii Społecznych w 2017 roku przeprowadziło badania na temat zadowolenia z wyglądu wśród Polaków. Aż 87% respondentów oświadcza, że przywiązuje bardzo dużą wagę do swojego wyglądu zewnętrznego. Zaskakujący jest fakt, że 37% spośród osób biorących udział w badaniu uważa, że wygląd ma duży wpływ na powodzenie w życiu zawodowym, a 38% stwierdza wpływ wyglądu na życie osobiste [1]. Rosnące potrzeby i oczekiwania konsumentów sprawiły, że producenci sprzętów wręcz prześcigają się we wprowadzaniu innowacyjnych technologii na rynek kosmetyczny/medyczny.

Laserowe usuwanie owłosienia jest obecnie zabiegiem niezwykle popularnym. Aktualnie kult ciała i

powszechnie uznawanego piękna indukuje, szczególnie w kobietach, przymus posiadania idealnie gładkiego ciała. Standardowe metody depilacji niosą ze sobą wiele nieprzyjemnych aspektów, takich jak zapalenie mieszków włosowych, podrażnienia czy wrastające włoski. Udowodniono również, że zabiegi depilacji laserowej pozytywnie wpływają na samopoczucie i akceptację swojego ciała u osób transpłciowych [2].

PODSTAWY FIZYCZNE

W laserach wykorzystuje się następną oddziaływanie na siebie promieniowania elektromagnetycznego z materią, czyli ośrodkiem aktywnym. Materia ta może mieć postać cieczy, gazu lub być w formie stałej. W wyniku opisanego oddziaływania zachodzą procesy, które prowadzą do wzmocnienia promieniowania [3]. Technologie laserowe wykorzystują przejścia kwantowe między poziomami atomów lub jonów, które mogą przemieszczać się między poziomami energetycznymi. Aby miały możliwość przemieścić się na wyższy

How to cite this article: Jankowiak W, Bartoszewicz E, Jereczek W. Zastosowanie technologii laserowej w usuwaniu zbędnego owłosienia. Our Dermatol Online. 2023;14(e):e18.

Submission: 15.11.2022; **Acceptance:** 19.12.2022

DOI: 10.7241/ourd.2023e.18

poziom energetyczny, potrzebny jest im kwant energii, natomiast gdy atom schodzi na niższy poziom, emitowany jest foton. Wyróżnia się kilka oddziaływań fotonów z atomami [3,4]:

- absorpcja – proces, w którym elektron pochłania energię fotonu, w wyniku czego przechodzi na wyższy poziom energetyczny;
- emisja spontaniczna – wzbudzone elektrony dążą do stanu spoczynku i przechodzą na niższe orbity emitując przy tym foton;
- emisja wymuszona – podczas tego procesu elektron, który znajduje się na zewnętrznej powłoce, za pomocą fotonu zmuszany jest do przejścia na niższą orbitę, wydzielając przy tym kolejny, identyczny foton, nie tracąc przy tym swojej energii; emitowane za pośrednictwem lasera fotony mają takie same właściwości jak fotony powstające na skutek innych promieniowań podczas spontanicznej emisji.

Wiązka lasera posiada pewne cechy, które musi spełnić [5-7]:

- kierunkowość – wiązka emitowana przez laser charakteryzują się bardzo małą rozbieżnością; w związku z tym promieniowanie odbywa się wyłącznie wzdłuż konkretnej osi; dzięki małej rozbieżności wiązki może ona skupiać się w układach optycznych;
- monochromatyczność – wykorzystuje tylko jedną długość fali, np. światło widzialne (białe) jest efektem wymieszania wszystkich fal w zakresie 400-700 nm, natomiast w laserze diodowym do depilacji korzysta się z długości 810 nm, w laserze CO₂ 10600 nm, a neodymowo-yagowy wykorzystuje wiązkę długości 1064 nm; dodatkowo zakres widmowy jest znacznie zwężony, taka właściwość nie jest obserwowana w naturze;
- koherentność – przede wszystkim oznacza to spójność; powstające fale elektromagnetyczne rozchodząc się przed długi czas zachowują tę samą fazę; jest to cecha charakterystyczna dla światła laserowego i niewystępująca w naturze.

Biorąc pod uwagę szerokie zastosowanie laserów w kosmetologii i medycynie lasery możemy klasyfikować względem [6]:

- emitowanej energii/mocy,
- energii pojedynczego impulsu,
- długości fali,
- gęstości energii,
- wielkości wiązki laserowej.

Natomiast biorąc pod uwagę moc urządzenia emitującego, wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje laserów [6]:

- lasery niskoenergetyczne (soft lasers) 1-6mW,
- lasery średnioenergetyczne (mid lasers) 7-500mW,
- lasery wysokoenergetyczne (hard lasers) powyżej 500mW.

Miejsce emisji wiązki światła lasera (ośrodek aktywny) może przybierać formę stałą, ciekłą lub gazową. Ośrodek aktywny ma znaczący wpływ na długość fali emitowanej przez laser. Jest to jeden z głównych czynników decydujących o zastosowaniu danego lasera. Wiąże się to ze zdolnością do pochłaniania energii laserowej o szczególnej długości fali przez elementy w skórze takie jak naczynia krwionośne, melanina w strukturach włosa lub cząsteczki pigmentu [8].

ZJAWISKA BIOFIZYCZNE ZACHODZĄCE W TKANKACH

Jednym z najważniejszych parametrów podczas terapii laserowych jest całkowita ilość energii, która została wprowadzona do tkanki podczas pojedynczego impulsu. Kolejnym ważnym aspektem jest tempo przekazywania tej energii. W zabiegach z zakresu kosmetologii i medycyny lasery tzw. impulsowe charakteryzują się tym, że dostarczają bardzo dużą dawkę energii w krótkim czasie (sekundach bądź nanosekundach). Gęstość energii wpływającej na tkankę można regulować poprzez zastosowanie dwóch różnych typów soczewek – skupiającej lub rozpraszającej. Poprzez zastosowanie jednej z nich ilość takiej samej energii impulsu zmienia swoją gęstość, a co za tym idzie siłę oddziaływania na tkankę. W przypadku martwej materii jak i tkanki żywej zachodzą bardzo podobne procesy, takie jak odbicie, załamanie, rozproszenie, absorpcja oraz transmisja [5].

Światło laserowe przy kontakcie z tkanką ludzką reaguje w bardzo specyficzny sposób. Część wiązki odbija się od powierzchni tkanki a druga wnika w głąb skóry. Ta część światła laserowego, która wnika w tkanki może zostać zaabsorbowana. Pozostała część wiązki, która wnikała, a nie została zaabsorbowana, przenika dalej nie powodując żadnych efektów lub ulega rozproszeniu. Nawet 40-50% promieniowania może ulec odbiciu od powierzchni. Zależy to od wielu czynników, takich jak struktura i typ tkanki, kąt padania promienia a nawet unaczynienie tkanki [9]. Szczególnie istotną cechą terapii laserowych jest ich selektywność, czyli oddziaływanie na tkanki w sposób wybiórczy [7].

Selektywna fototermoliza, która m.in. bierze udział w zabiegach laserowego usuwania owłosienia, polega

na wybiórczej destrukcji tkanek w sposób termiczny na skutek pochłonięcia dużej dawki wiązki laserowej. Opisywana selektywność uzyskiwana jest poprzez dobranie długości fali światła do absorpcji chromoforów znajdujących się w tkankach [10]. Takim chromoforem może być melanina, hemoglobina albo woda. Podczas tego procesu chromofor ulega znacznemu podgrzaniu a co za tym idzie – ulega termicznemu zniszczeniu. Można więc stwierdzić, że laser prowadzi do poparzenia skóry, lecz nie dzieje się tak na całej jej powierzchni. Należy pamiętać, iż różne chromofory pochłaniają inne długości fal i do tego

w różnym stopniu. Dobierając laser z odpowiednią długością fali do odpowiedniego koloru chromoforu, jesteśmy w stanie podgrzać wyłącznie ten chromofor. Aby wywołać efekt wybiórczej fototermolizy należy spełnić kilka warunków [11]:

- gęstość energii dostarczanej musi być wystarczająca, aby uzyskać pożądaną temperaturę w tkance docelowej;
- długość fali powinna być dobrana tak, aby była najlepiej absorbowana przez struktury docelowe;
- czas działania impulsu nie może być dłuższy niżeli czas potrzebny do ochłodzenia struktur.

Zjawisko to ma istotne zastosowanie w praktyce. Dla przykładu hemoglobina, która jest barwnikiem krwi, nie pochłania światła czerwonego, natomiast silnie absorbuje światło koloru żółtego. Ten mechanizm wykorzystuje się w laserach stosowanych do zamykania naczynek. Jeżeli zastosujemy laser emitujący światło o barwie żółtej, to w następstwie pochłonie je hemoglobina i dojdzie do fototermolizy – tj. zniszczenia krwi w naczyniu krwionośnych, a co za tym idzie, „zamknięciu” naczynia. Jeżeli zastosowano by światło o innej barwie np. czerwonej, to hemoglobina pochłonie światło, lecz bez efektu fototermolizy. Kolejnym chromoforem jest melanina (brązowy barwnik skóry oraz włosów), która ma zdolność do silnego pochłaniania światła zielonego. Wiązka lasera zostaje absorbowana przez mieszek włosa i chodzi do jego destrukcji termicznej. Światło podczerwone jest silnie pochłaniane przez wodę. Ten chromofor wykorzystywany jest w laserach CO₂. Woda znajduje się w każdej komórce ludzkiej, co za tym idzie – laser działa na wiele problemów w obrębie całej skóry. Wiąże się to z tym, że laser CO₂ jest najmniej selektywnym [7]. Rozgrzanie sąsiednich tkanek ograniczone jest do minimum, co w sposób istotny zmniejsza ryzyko działań niepożądanych.

Wyróżnia się również działanie fotomechaniczne, które wykorzystują lasery typu Q-Switch. Doprowadzają one do rozrywania tkanek. Promieniowanie przenika przez powierzchniowe warstwy, „eksplodując” w miejscu, w którym natrafia na barwnik. Jeżeli wiązka nie natrafi na barwnik, nie zachodzi żadna reakcja. To zjawisko szczególnie dobrze widać podczas zabiegu laserowego usuwania tatuażu. Gdy głowica skierowana jest na obszar pokryty barwnikiem, pacjent odczuwa ból, jednak gdy głowica skierowana jest na obszar wolny od barwnika tatuażu, pacjent nie odczuwa wzmożonego dyskomfortu [7].

Lasery LLLT (biostymulujące) opierają się na efekcie fotochemicznym. Ten typ laserów, w przeciwieństwie do pozostałych, pobudza tkanki zamiast je uszkadzać. Podczas zabiegu

z wykorzystaniem laserów biostymulujących, tkanki zostają nieznacznie podgrzane, co doprowadza do zmian chemicznych. Pozytywnie wpływa on na metabolizm komórek. Nie zachodzą tu reakcje fotoakustyczne ani fototermoliza. Lasery LLLT zazwyczaj wykorzystuje się do leczenia stanów zapalnych, kształtowania sylwetki, w pobudzaniu włosów do wzrostu oraz w procesie gojenia ran [5].

BUDOWA I FIZJOLOGIA WŁOSA

Włos zbudowany jest ze znajdującej się nad powierzchnią skóry łodygi oraz podskórnym umiejscowionego korzenia. W skład łodygi wchodzi osłonka, pochewka wewnętrzna oraz warstwy Huxleya i Henlego. Podstawę włosa stanowi mieszek włosowy, w skład którego wchodzi m.in. macierz i brodawka włosa. Brodawka ta jest opleciona naczyniami krwionośnymi i nerwami. Nad nią znajduje się tak zwana cebulka włosa. Jest to nabłonkowa, najbardziej zbita partia korzenia. Również nad brodawką zlokalizowane są melanocyty determinujące barwę włosa. Korzeń otoczony jest pochewką wewnętrzną, przy czym jej zewnętrzny obszar sąsiaduje z warstwą Henlego i warstwą właściwą pochewki zewnętrznej [6]. Korzeń włosa jest połączony z mięśniem przywłosnym, przez co jego ułożenie zmienia się wraz ze zmianą temperatury (np. przy jej spadku pojawia się tzw. gęsia skórka na skutek skurczu wyżej wskazanego mięśnia) [12]. Tak zbudowany włos podlega cyklowi wzrostu, który można podzielić na 3 fazy – anagen, katagen i telogen.

Anagen jest fazą wzrostu włosa. W pierwszej kolejności, mają miejsce liczne podziały komórkowe.

Nieodróżniane komórki zawiązka włosa zaczynają rosnąć w dół, przyczyniając się do powstania opuszki i brodawki. Następnie, kiedy opuszka jest już ukształtowana (czyli przyjmuje ostateczny kształt, powstaje włos i zaczyna rosnąć w stronę ujścia gruczołu łojowego. Po tym etapie jego wzrost ukierunkowuje się na stronę zewnętrzną naskórka aż do końca włosa przedostaje się całkowicie nad powierzchnię skóry [13].

Telogen to faza spoczynku, w której cienki i zrogowaciały włos jest zakończony mocno przytwierdzoną kolbą. Włos ten odcina się od brodawki i wypada na skutek wypchnięcia przez nowy włos anagenowy [13].

Czas trwania poszczególnych faz (np. anagenu czy telogenu) różni się w zależności od lokalizacji owłosienia, wieku osoby, płci, stężenia hormonów, pory roku czy uwarunkowań genetycznych. Przykładowo, najdłuższą trwającą fazą anagenu jest faza włosów rosnących na skórze głowy (tj. 48 – 72 miesiące), natomiast faza telogenu jest najdłuższą w przypadku owłosienia łydki (3 – 6 miesięcy) [14].

W przypadku produkcji barwników, które odpowiadają za kolor włosa, można wskazać na syntezę dwóch typów melaniny – feomelaniny i eumelaniny. Ich proporcje determinują ostateczny kolor włosa. Pierwszy rodzaj melaniny odpowiada za żółto-czerwoną barwę, natomiast drugi – za brązowo-czarną [15].

PRZYGOTOWANIE DO ZABIEGU

Chociaż włosy pełnią funkcje ochronne i estetyczne, nie we wszystkich obszarach skóry są pożądane przez pacjentów. Ich nadmiar może powodować u jednostki dyskomfort lub mieć wpływ na samopoczucie psychiczne. Stąd wśród wielu metod usuwania owłosienia, wskazuje się na korzystną rolę laserów, które uznawane są za względnie bezpieczne i wysoce efektywne. Nie każdy jednak może się takiemu zabiegowi poddać. Przeciwwskazaniami do laserowego usuwania owłosienia są [16]:

- przyjmowanie substancji światłouczulających, np. izotretynoin (należy odczekać pół roku od odstawienia leku),
- aktywnie przebiegające infekcje,
- przyjmowanie leków rozrzedzających krew lub antykoagulantów,
- problemy w gojeniu się ran i otwarte rany,
- epilepsja,
- ciąża,
- świeża opalenizna,

- aktywny stan zapalny w miejscu poddawanym zabiegowi,
- nowotwór (należy odczekać przynajmniej 4 lata po przechorowaniu),
- tendencja do powstawania bliznowców,
- zaburzenia układu krwionośnego.

Kiedy przeciwwskazania zostaną wykluczone, wielu specjalistów weryfikuje zakładaną skuteczność zabiegu za pomocą skali Fitzpatricka. Narzędzie to służy do oceny tendencji do opalania skóry, jej reakcji na promienie słoneczne a także potencjalnych korzyści klinicznych oraz efektywności procedur zabiegowych, takich jak właśnie epilacja laserowa czy likwidacja tatuaży [17]. Obecnie za pomocą skali można porównywać sześć typów skóry, gdzie pierwsza jest bardzo jasna a ostatnia ma najciemniejszy odcień. Im ciemniejszy kolor skóry, tym ryzyko poparzeń maleje, a tendencja do opalania wzrasta [16]. Ważnych informacji udzielają dane na temat koloru oczu pacjenta, naturalnego odcienia włosów czy występowania piegów. Ustalenie fototypu przed wykonaniem epilacji jest ważne, ponieważ umożliwia ocenę bezpieczeństwa danego zabiegu i wskazuje na możliwe skutki uboczne.

Ostatnim krokiem przed wykonaniem docelowego zabiegu, jest próba testowa. Pomaga ona potwierdzić wcześniejsze ustalenia, które specjalista wywnioskował na podstawie wywiadu, oceny skóry i zastosowaniu skali Fitzpatricka. Zdziałanie na małym obszarze wiązką laserową pozwala również na minimalizację ryzyka powikłań. Przed wykonaniem próby testowej, należy dokładnie oczyścić i ogolić skórę na powierzchni poddawanej zabiegowi. Bardzo często stosuje się szablony, które wyraźnie zaznaczają obszar poddawany oddziaływaniu wiązki laserowej. Należy kontrolować, czy w trakcie próby nie pojawiają się reakcje niepożądane, np. pęcherze czy przebarwienia. Dla bezpieczeństwa można rozpocząć emisję od najniższych możliwych wartości, a następnie, po braku szkodliwych efektów, należy zwiększać moc oddziaływania.

U pacjentów, których fototyp skóry szacuje się na I, II lub III, należy sprawdzić reakcję tkanki po upływie 15 i 30 minut. U osób z fototypem skóry IV, V i VI weryfikacja ta powinna nastąpić później, co najmniej po upływie 48 godzin [17].

CZYNNIKI DETERMINUJĄCE SKUTECZNOŚĆ

Zarówno laser diodowy, jak i urządzenia IPL, działają w oparciu o zjawisko selektywnej fototermolizy – światło

lasera zostają wychwycone przez taki sam chromofor (melaninę). Melanina cechuje się dużym spektrum absorbowania światła – od 250 nm do 1200 nm. Wysoką skuteczność notuje się jednak przy długościach zawartych w przedziale 600 nm – 1100 nm [17]. Im dłuższa fala, tym współczynnik absorpcji światła maleje, a głębokość penetracji światła rośnie. Penetracja światła w skórze jest lepsza także wtedy, gdy plamka zabiegowa jest odpowiednio duża (pole powierzchni wiązki światła oddziałującego na skórę). Zabieg jest bardziej skuteczny również w momencie, gdy gęstość energii jest wysoka. Nie oznacza to jednak, że im większa gęstość, tym lepiej – zbyt duża ilość energii może mieć destrukcyjny wpływ na tkankę.

Ze skutecznością zabiegu ma również związek kolor włosa. Ciemne włosy zawierające eumelaninę pochłaniają światło ok. 30 razy lepiej niż feomelanina miesząca się w jasnych

i rudych włosach. Stąd pacjenci, którzy naturalnie posiadają ciemne odcienie owłosienia są częściej bardziej zadowoleni z rezultatów zabiegu. Inną kwestią jest struktura włosa – grube (zawierające dużą ilość keratyny) i głęboko umiejscowione włosy są trudniejsze do usunięcia [17].

Porównując efekty zabiegów z wykorzystaniem lasera diodowego i IPL, można wskazać, że gęstość włosów po trzech sesjach zmniejszyła się o 58% w przypadku pierwszego rodzaju lasera, a o 49% w przypadku IPL [18]. W tym samym badaniu, czas odrastania włosów był nieznacznie dłuższy w przypadku epilacji systemem IPL. Również doznania bólu czy dyskomfortu pojawiały się częściej podczas wykonywania tego rodzaju zabiegu. Przeciwnie było w kwestii skutków niepożądanych – po użyciu lasera diodowego częściej występowały rumień, przebarwienia i oparzenia.

Co jednak ciekawe, laserowe usuwanie owłosienia za pomocą urządzeń IPL i Nd: YAG nie tylko może przyczynić się do wystąpienia skutków niepożądanych, ale także leczenia

i prewencji torbieli pilonidalnej. W jednym z badań zauważono, że zabieg o wskazanych wyżej laserach wykorzystujących długość fali 1064 nm i przeprowadzony w częstotliwości od 3 do 5 sesji z odstępem co 4-8 tygodni, wystarczył aby wywołać częściową lub całkowitą remisję choroby bez wdrożenia leczenia chirurgicznego [19].

NIEKORZYSTNY WPŁYW LASERA NA SKÓRĘ

Chociaż postęp technologiczny i rozwój medycyny pozwoliły na zminimalizowanie efektów ubocznych laserowego usuwania owłosienia, to rodzaj skóry, jej kondycja, stan zdrowia fizycznego pacjenta, obszar zabiegowy czy ekspozycja na słońce, mogą dalej wpływać na pojawienie się niepożądanych zmian skórnych po zabiegu. Bardzo często powikłania te są krótkotrwałe i niegroźne, np. uczucie bólu, rumień czy obrzęk okołomieszkowy. Mogą jednak wystąpić także poważniejsze defekty, takie jak przebarwienia, oparzenia, pęcherze, trwała hiperpigmentacja, blizny, wzmożenie lub spowodowanie trądziku a także pokrzywka [20]. Do nieco rzadszych, ale nadal prawdopodobnych, należą takie powikłania, jak przedwczesne siwienie włosów, wrastające włosy czy reakcja alergiczna na gaz chłodzący [21].

Chcąc uszeregować możliwe powikłania pod kątem ciężkości ich przebiegu, można podzielić je na skutki uboczne o [22]:

- łagodnym przebiegu, np.
 - a) rumień o przedłużonym czasie występowania,
 - b) trądzik,
 - c) alergiczne lub kontaktowe zapalenie skóry,
 - d) wybroczyny,
 - e) świąd,
- umiarkowanym przebiegu, np.
 - a) aktywacja wirusa opryszczki pospolitej,
 - b) powierzchowne zakażenie skóry,
 - c) hiperpigmentacja pozapalna,
 - d) hipopigmentacja,
- ciężkim przebiegu, np.
 - a) bliznowacenie hipertroficzne,
 - b) odwinięcie powieki (ektropion),
 - c) rozległe zakażenie obszaru skórniego.

Wystąpienie zmian pozabiegowych ma także związek z typem skóry pacjenta. Wskazuje się na fakt, że pacjenci o ciemnej karnacji (typ skóry od IV do VI) oraz osoby opalone są bardziej narażone na powikłania po depilacji, szczególnie pod kątem oparzeń. Stąd przy takich typach skóry zaleca się stosowanie lasera diodowego (800 nm) lub lasera Nd: YAG (1064 nm) w celu minimalizacji powikłań [23]. Niektóre źródła podają informację, że zwiększone prawdopodobieństwo powikłań pojawia się już przy III typie skóry i może objawiać się m.in. wykwitami naskórka, pęcherzami, hipopigmentacją czy

hiperpigmentacją. Dwa ostatnie mogą trwać nawet do 3,5 miesiąca [24].

Znajomość fizjologii skóry oraz budowy włosa a także parametrów lasera umożliwiają jak najlepsze zoptymalizowanie zabiegu pod kątem skutków ubocznych. W porównaniu niektórych typów laserów, to laser QS Nd: YAG okazał się powodować najmniej powikłań [24]. W przypadku laserów rubinowego i aleksandrytowego, niepożądanych objawów po zabiegu było więcej. Jak wiadomo, nie zawsze można zapobiegać wszystkim skutkom epilacji – niektóre z nich są traktowane jako naturalna reakcja skórna i nie stosuje się w związku z nimi żadnych kroków prewencyjnych ani leczniczych. Przykładami takich reakcji są rumień i obrzęk okolomieszkowy, które z założenia przechodzą samoistnie i pojawiają się bardzo często, przez co jedyną formą niwelowania dyskomfortu jest stosowanie zimnych okładów, np. z lodu lub podawanie steroidów (jeśli stan pacjenta tego wymaga) [20].

To, co jeszcze powinno brać się pod uwagę przy szacowaniu skutków niepożądanych, to rodzaj obszaru poddawanego zabiegowi. Ustalono, że miejsce ciała (a co za tym idzie, podatność tego miejsca na oddziaływanie czynników zewnętrznych mogących szkodzić procesowi regeneracji) ma związek z częstotnością pojawiania się powikłań po zabiegu usuwania owłosienia. I tak najczęściej powikłania pojawiają się kolejno na: kończynach, podbródku

i szyi, ramionach i brzuchu oraz okolicy pachwin [24]. Łącząc miejsca zabiegowe z rodzajem pojawiających się skutków ubocznych, wskazuje się m.in. na najczęstsze występowanie [22, 24]:

- zapalenia mieszków włosowych na twarzy, szyi i pachwinach,
- bólu w okolicach karku, dolnej części pleców, górnej wargi i miejscach z nadmiarem tkanki tłuszczowej,
- trądziku w okolicach brody i polików,
- infekcji wirusowych w okolicach twarzy i warg.

Kiedy ustawienie odpowiednich parametrów lasera (np. optymalnej długości fali), wykluczenie przeciwwskazań do zabiegu oraz uwzględnienie osobniczych cech wpływających na tendencję do pojawienia się powikłań zostaną dokonane przez specjalistę, należy wyposażyć pacjenta w wiedzę dotyczącą ochrony pozabiegowej. Ważnymi elementami do uwzględnienia są ograniczenie ekspozycji na promienie słoneczne i stosowanie kremów z wysokimi wartościami filtrów, w celu zapobiegnięcia przebarwieniom, unikanie aplikacji makijażu od

razu po zabiegu, w celu zabiegania podrażnieniom i zaczerwienieniom oraz nakładanie preparatów silnie nawilżających, w celu przyspieszenia regeneracji skóry po zabiegu [25].

PODSUMOWANIE

Utrzymanie gładkiej skóry przy wykorzystaniu laserów jest metodą mniej bolesną od mechanicznego usuwania owłosienia a także cechuje się dłuższym efektem. Oddziaływanie odpowiednią długością fali oraz dobranie parametrów lasera do indywidualnych cech i stanu zdrowia pacjenta, umożliwia likwidację włosa na poziomie cebulki, przez co opóźnia się moment jego odrośnięcia. Mimo dużego stopnia bezpieczeństwa laserowych metod epilacji, nadal należy uważać przy tego typu zabiegach. Możliwe są niepożądane reakcje skórne, niosące ze sobą dyskomfort i zaburzające estetykę wyglądu. Dlatego istotne jest zapoznawanie się aktualnymi wynikami badań w celu ograniczania niekorzystnego wpływu światła lasera na tkankę i wybieranie najmniej inwazyjnych urządzeń o udokumentowanej skuteczności.

BIBLIOGRAFIA

1. Cybulska A. Czy jesteśmy zadowoleni ze swojego wyglądu? Komunikat z Badań. 2017;104.
2. Bradford NJ, Rider GN, Spencer KG. Hair removal and psychological well-being in trans feminine adults: associations with gender dysphoria and gender euphoria. *J Dermatolog Treat.* 2021;32:635-42.
3. Kaczmarek S, Mierczyk Z, Kuzaka B. Podstawy fizyczne medycznych zastosowań laserów. *Wiadomości Lekarskie.* 1994;XLVII:444-50.
4. Kujawski A, Szczepański P: Lasery – Podstawy fizyczne. Warszawa: OWPW;1999.
5. Burdzy A, Ozga D, Kosydar-Bochenek J, Burdzy K, Lewandowski B. Zastosowanie laserów w terapii wybranych problemów skórnych. *Przegląd metod. Kosmetologia Estetyczna.* 2017;6:645-52.
6. Kasprzak W, Mańkowska A: Fizjoterapia w kosmetologii i medycynie estetycznej. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2017.
7. Wasiluk M: Medycyna estetyczna bez tajemnic. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2021.
8. Anderson RR, Parrish JA. Selective photothermolysis: Precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science.* 1983;220:524-7.
9. Sieroń A, Pasek J, Mucha R. Lasery w medycynie i rehabilitacji. *Rehabilitacja w praktyce.* 2006;2:26-30.
10. Malinowska S, Młosek RK. Lasery i IPL – źródła światła stosowane w gabinetach kosmetologicznych i medycyny estetycznej. *Kosmetologia Estetyczna.* 2016;5:543-8.
11. Altshuler GB, Anderson RR, Manstein D, Zenzie HH, Smirnov MZ. Extended Theory of Selective Photothermolysis. *Lasers Surg Med.* 2001;29:416-32.
12. Arct J, Pytkowska K: Kosmetologia włosów. Wrocław: Edra Urban & Partner; 2020.
13. Brzezińska-Wcisło L, Lis A, Kamińska G, Wcisło-Dziadecka D.

- Fizjologia i patofizjologia wzrostu i utraty włosów na głowie człowieka. *Post Dermatol Alergol.* 2003;5:260-6.
14. Mańkowska A. Laseroterapia wysokoenergetyczna w wybranych problemach dermatologicznych i kosmetycznych – doświadczenia własne. Rozprawa doktorska, Poznań 2010.
 15. Kubiak M, Rotsztein H. Wpływ zmian hormonalnych u kobiet na występowanie zaburzeń pigmentacji skóry. *Menopausal Review.* 2012;11:228-32.
 16. Palomar Medical Technologies Inc. Vectus. Podręcznik Operatora. Przewodnik do zabiegów. 2012.
 17. Engler-Jastrzębska M, Kamm A. Molekularne podstawy pigmentacji skóry. Etiologia i profilaktyka hiperpigmentacji. *Kosmetol Estet.* 2019;8:275-84.
 18. AL-Hamamy HR, Saleh AZ, Rashed ZA. Evaluation of Effectiveness of Diode Laser System (808 nm) versus Intense Pulse Light (IPL) in the Management of Unwanted Hair: A Split Face Comparative Study. *IJMPCERO.* 2015;4:41-8.
 19. Jroundi J, Baybay H, Kassel J, Douhi Z, Elloudi S, Mernissi FZ. Laser and IPL hair depilation in pilonidal disease. *Our Dermatol Online.* 2022;13:413-6.
 20. Gan SD, Graber EM. Laser Hair Removal: A Review. *Dermatol Surg.* 2013;39:823-38.
 21. Gabriel CV, Cristiana V, Elena B, Mihai L, Laurentiu TA. Complications of laser hair removal – How we could reduce them? *Dermatol Ther.* 2020;33:1-8.
 22. Alster TS, Khoury RR. Treatment of laser complications. *Facial Plast Surg.* 2009;25:316-26.
 23. Lepselter J, Elman M. Biological and clinical aspects in laser hair removal. *J Dermatol Treat.* 2004;15:72-83.
 24. Nanni CA, Alster TS. Laser-assisted hair removal: side effects of Q-switched Nd: YAG, long-pulsed ruby, and alexandrite lasers. *J Am Acad Dermatol.* 1999;41:165-71.
 25. Gonçalves S. Properties and parameters for effective laser hair removal: A review. *Our Dermatol Online.* 2021;12:452-7.

Copyright by Wioleta Jankowiak, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Source of Support: Nil, Conflict of Interest: None declared.