

# Zastosowanie laseroterapii i intensywnego pulsacyjnego światła w wybranych problemach dermatologicznych i kosmetycznych

*Application of laser therapy and intense pulsed light in selected dermatological and cosmetic problems*

## WSTĘP

Światło laserowe to promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu światła widzialnego, ultrafioletu, a także podczerwieni. Lasery, czyli urządzenia emitujące ten zakres promieniowania, zalicza się do generatorów i wzmacniaczy kwantowych [1], które wykorzystują zjawisko emisji wymuszonej. Natomiast wiązka światła ma swoje charakterystyczne, unikalne właściwości – niewielką szerokość linii emisyjnej, jest spolaryzowana, spójna w przestrzeni oraz w czasie.

Lasery pojawiły się na rynku kilkadziesiąt lat temu. Ich niewątpliwą zaletą jest stosunkowo niska inwazyjność, co eliminuje możliwość zakażenia podczas wykonywania zabiegu [1].

Obecnie terapia laserem należy do jednych z najbardziej popularnych zabiegów wykonywanych w gabinetach kosmetycznych i dermatologicznych. Może być stosowana samodzielnie lub w połączeniu z innymi procedurami zabiegowymi.

**Marta Dubielecka**

Wydział Fizjoterapii  
Akademia Wychowania  
Fizycznego we Wrocławiu  
al. I.J. Paderewskiego 35  
51-612 Wrocław  
M: +48 691 394 702  
E: dubielecka.marta@gmail.com

Adres do korespondencji:  
ul. B. Chrobrego 42/7  
50-254 Wrocław

» 384

## STRESZCZENIE

Lasery oraz urządzenia IPL (*intense pulsed light*) oparte na technologii intensywnego pulsacyjnego światła od wielu lat stosowane są w gabinetach kosmetycznych i dermatologicznych.

Celem pracy było przedstawienie podstawowych zagadnień dotyczących wykorzystania światła o różnej mocy i długości fal w celach estetycznych oraz terapii wybranych jednostek chorobowych. Omówione zostały również rodzaje laserów oraz zasady bezpieczeństwa pracy.

Laseroterapia jest obecnie jedną z najskuteczniejszych i bezpieczniejszych metod stosowanych w niwelowaniu problemów skórnych.

**Słowa kluczowe:** laser, laseroterapia, biostymulacja, laseroterapia wysokoenergetyczna

## ABSTRACT

*Lasers and IPL devices based on intense pulse light technology have been used in cosmetology and dermatology offices for many years.*

*The aim of the work was to present the basic issues regarding the use of light with varying power and wavelengths for aesthetic purposes and treatment of selected diseases. The types of lasers and the principles of work safety with the devices are also discussed.*

*Laser therapy is currently one of the most effective and safest methods used in eliminating skin problems.*

**Keywords:** laser, laser therapy, biostimulation, high energy laser therapy

otrzymano / received

25.03.2019

poprawiono / corrected

05.04.2019

zaakceptowano / accepted

17.04.2019

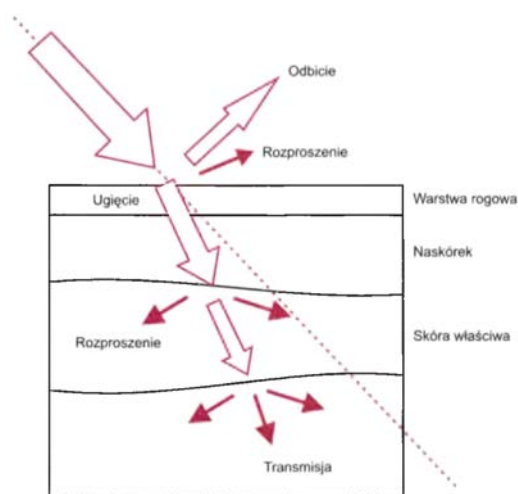
Kluczowe przeciwwskazania do laseroterapii to: ciąża, cukrzyca, nowotwory (ze względu na wywoływanie różnych procesów metabolicznych w komórkach), zaburzenia hormonalne (ze szczególnym wskazaniem na problemy z tarczycą), niestabilizowana cukrzyca, problemy z sercem (w tym rozrusznik), epilepsja, stosowanie retinoidów, leków zawierających żelazo, srebro i bizmut, tocząc rumieniowaty, fotoalergia, choroby grzybicze, bakteryjne i wirusowe.

Dzięki swoim właściwościom, laseroterapia znajduje szerokie zastosowanie w terapii wielu dermatoz i problemów natury estetycznej.

## BUDOWA LASERÓW I ICH ODDZIAŁYWANIE NA TKANKI

Do zasadniczych części lasera zalicza się:

- **Układ pompujący**, który ma za zadanie przenieść jak największą liczbę elektronów w substancji czynnej do stanu wzbudzonego. Pompowanie może odbywać się na przykład poprzez błysk fletsa, innego lasera, wyładowanie w gazie, reakcję chemiczną, zderzenia atomów, bądź wstrzelenie wiązki elektronów do substancji.
- **Ośrodek czynny** to miejsce, w którym, w odpowiednich warunkach, zachodzi akcja laserowa, czyli wzmacnianie kwantowe fotonów.



Rys. 1 Działanie promieniowania laserowego na skórę  
Źródło: [10]

Tabela 1 Efekty fotochemiczne i biostymulacyjne oddziaływania laserowego

Efekty fotochemiczne	Efekty biostymulacyjne
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Skrócenie mitozy</li> <li>- Wzrost aktywności enzymów</li> <li>- Zwiększenie syntezy ATP i DNA</li> <li>- Zmiany w strukturach błon biologicznych</li> <li>- Działanie antymutagenne</li> <li>- Wzrost szybkości wymiany elektrolitów między komórką a jej otoczeniem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pobudzenie angiogenezy i mikrokrążenia krwi</li> <li>- Działanie hipokoagulacyjne i immunomodulacyjne</li> <li>- Wzrost amplitudy potencjałów czynnościowych włókien nerwowych</li> <li>- Zwiększenie stężenia hormonów, kinin i autokoidów</li> </ul>

Źródło: [1]

- **Układ optyczny**, zwany też rezonatorem. Działa na zasadzie dodatniego sprzężenia zwrotnego dla światła o wybranym kierunku i określonej długości fali. Wyłącznie światło o parametrach ustalonych przez rezonator będzie wzmacniane na tyle silnie, by doprowadzić do akcji laserowej.

Laser, dzięki swoim unikalnym cechom, działa na komórki zawierające pigment (chromatofory) takie jak: melanina, hemoglobina czy kolagen, a w tkankach wywołuje zarówno efekty fotochemiczne, jak i biostymulacyjne. Promień lasera wnikać w głąb tkanek skóry traci swą energię – na skutek rozproszenia i absorpcji energii przez poszczególne struktury. Toteż ze względu na selektywną transmisję promieniowania należy pamiętać, że głębokość wnikania promieniowania wzrasta wraz z długością fali. Długość fali jest również ściśle zależna od ośrodka, w którym promieniowanie jest wytwarzane, dlatego tak ważne jest dobranie odpowiednich parametrów lasera. Fala o określonej długości oddziałuje na konkretne cząsteczki – np. barwnika tautauzu czy melaniny obecnej w strukturze włosów [2].

## KLASYFIKACJA I TYPY LASERÓW

Podziału laserów można dokonać ze względu na:

- **moc lasera**: duża (powyżej 500 mW), średnia (do 500 mW), mała (1-6 mW) i bardzo mała;
  - **widmo promieniowania**, w którym laser pracuje: w podczerwieni, świetle widzialnym i nadfiolecie;
  - **ośrodek czynny**:
    - gazowe – CO<sub>2</sub> (10,6 μm), na parach miedzi, azotowy (337,1 nm), argonowy (458, 488 lub 514,5 nm), helowo-neonowy (543 i 633 nm) i inne;
    - z ciałem stałym – rubinowy, aleksandrytowy, tytanowo-szafirowy, neodymowo yagowy (Nd-Yag), erbowo-yagowy (Er-yag) i inne;
    - z cieczą – barwnikowe, chelatowe, neodymowe;
- oraz lasery pracy ciągłej i impulsowej.

Ośrodek czynny decyduje o kluczowych parametrach lasera i możliwościach jego zastosowania. Jest to szczególnie istotne, bowiem działanie urządzenia zaczyna się już na poziomie molekularnym. Dochodzi do przebudowy i zmian w funkcjonowaniu makrocząsteczek, takich jak kwasy nukleinowe, lipidy, polisacharydy i białka – co z kolei ma istotny wpływ na pracę organelli komórkowych i samą komórkę, czyli w konsekwencji tkankę, narządy i cały organizm.

Jeśli energia oddziaływująca na komórkę może być równoważona przez mechanizmy wyrównawcze, wówczas laser działa stymulująco na komórkę. Natomiast w przypadku, gdy efekt termiczny przekracza możliwości kompensowania przez mechanizmy regulacyjne, dochodzi do zniszczenia komórki [2, 3].

### Lasery małej i średniej mocy (biostymulacyjne)

Lasery małej i średniej mocy pobudzają i stymulują komórki, bowiem zgodnie z prawem Arndta-Schulza „Słabe bodźce pobudzają aktywność fizjologiczną, umiarkowane bodźce sprzyjają aktywności fizjologicznej, silne bodźce opóźniają, a bardzo silne mogą ją hamować” [3].

Wszelkie mechanizmy toczą się na poziomie molekularnym, gdzie zachodzi tzw. rezonansowy efekt absorpcji. Energia promieniowana jest przekazywana w następnej kolejności komórkom organizmu – zwiększa się ich energia wewnętrzna. Skutkiem tego jest m.in. zintensyfikowana produkcja adenylo-5'-trifosforanu (ATP), synteza RNA – kwasu rybonukleinowego i DNA – kwasu deoksyrybonukleinowego, przyspieszenie krążenia zarówno krwi, jak i chłonniki. Obniża się za to ciśnienie wewnątrzkapilarne.

Mniejsza wartość energii owego lasera jest szczególnie pomocna przy stanach ostrych – działa łagodząco i wyciszająco, także przeciwbólowo. Większą wartość stosuje się natomiast w stanach przewlekłych, kiedy zależy nam na pobudzeniu komórek do przebudowy. Przy tym jednak nie dochodzi do przegrzania tkanki, występuje jedynie lekkie podgrzanie, o 1 °C [3].

Terapia niskoenergetyczna wywiera znaczący wpływ na biosyntezę kolagenu typu I i III [3], co tym samym zmienia elastyczność skóry i czas gojenia się ran (laser helowo-neonowy). Światło niskoenergetyczne przyspiesza także podziały komórkowe i zwiększa aktywność fibroblastów – skutkuje to działaniem przeciwzapalnym i jest wykorzystywane chociażby w terapii blizn. Obserwuje się znaczącą poprawę wyglądu blizn pooperacyjnych i większą elastyczność włóknień. Największe efekty terapii obserwuje się w przypadku blizn nie starszych niż 12 miesięcy.

Ponadto laseroterapia niskoenergetyczna zmniejsza liczbę aktywnych zmian trądzikowych, ze względu na aktywację mechanizmów przeciwzapalnych. Z powodzeniem stosuje się ją w podologii, przy leczeniu wszelakich stanów zapalnych okolicy wała paznokciowego.

Interwencja za pomocą lasera niskoenergetycznego pomaga także w terapii przeciwstarzeniowej: redukcji zmarszczek, obrzęków i ogólnej poprawie kolorytu skóry.

Zalecane dawki energii [8]:

- w stanach ostrych: 0,1-3 J/cm<sup>2</sup>
- w stanach podostrych: 3-6 J/cm<sup>2</sup>
- w stanach przewlekłych: 6-12 J/cm<sup>2</sup>

### Lasery dużej mocy

HILT (*high intensity laser therapy*), czyli terapia laserem o dużej mocy, podczas której dochodzi do dodatkowej stymulacji termicznej tkanek (wzrost do 37-42 °C, który nie powoduje nieodwracalnych zmian). Charakteryzuje się również krótkim czasem trwania impulsu, niską częstotliwością i dużymi przerwami pomiędzy poszczególnymi impulsami [10].

Efektem związanym z przegrzaniem tkanki jest dynamizacja krążenia krwi, dotlenienie i zwiększenie ilości dostarczanych substancji odżywczych, co w konsekwencji prowadzi do przebudowy struktury skóry. Poprawę w wyglądzie skóry obserwuje się po dłuższym czasie i po przeprowadzeniu serii zabiegów.

### Wybrane rodzaje laserów wysokoenergetycznych

- **Lasery holmowe** (długość fali 2100 nm) dobrze rozbijają twarde i włókniste tkanki. Są świetne do zabiegów endoskopowych, ponieważ fala o tej długości dobrze transmituje się przez światłowody. Średnica włókna ma około 0,2 mm, co pozwala operować w niewielkich kanałach. Fala mechaniczna jest wytwarzana na końcu przewodu światłowodowego.
- **Lasery erbowe** (długość fali 2940 nm) transmitują energię poprzez sztywne układy lusterek. Bardzo wysoka absorpcja promieniowania w wodzie prowadzi do odparowywania tkanki w momencie oddawania energii. Jego działanie jest niezwykle precyzyjne, stąd dobrze sprawdza się w usuwaniu wszelakich guzów.
- **Laser CO<sub>2</sub>** (długość fali 10600 nm) dysponuje wiązką o dużej gęstości energii, stosuje się go do wykonywania cięć chirurgicznych, a także do ablacyjnego usuwania zmian skórnych. Wiązka promieniowania jest także bardzo dobrze absorbowana przez wodę. Chora tkanka błyskawicznie odparowuje, jednocześnie zamykają się uszkodzone naczynia limfatyczne i krwionośne. Precyzja skupionej wiązki tego lasera daje możliwość kontroli usuniętych tkanek i minimalizuje ryzyko uszkodzenia tkanek zdrowych. Powyższe lasery są także idealnymi narzędziami do usuwania cienkich warstw skóry, a co za tym idzie – resurfacingu. Wyrównują jej strukturę, usuwając przy tym zmarszczki i blizny.
- **Laser neodymowo-ityrowo-glinowy (Nd:YAG)** (długość fali 1064 nm). Ta długość fali jest pochłaniana przez hemoglobinę, co umożliwia zamknięcie popękanych naczynek. Laser nie powoduje ablacji, bardzo dobrze sprawdza się w usuwaniu nadmiernego owłosienia twarzy, pięt, rądziki i w rewitalizacji skóry pod oczami.
- **Lasery półprzewodnikowe dużej mocy (diodowe)** także cieszą się rosnącą popularnością – wykorzystuje się je w usuwaniu owłosienia, podobnie jak laser rubinowy (694 nm) i aleksandrytowy (755 nm) [11].

### FOTOTERMOLIZA SELEKTYWNA

Fototermoliza selektywna, SP (*selective photothermolysis*) – zjawisko, które zachodzi pod wpływem światła lasera, to specyficzna relacja między szerokością impulsu a rozchodzeniem się ciepła, i co za tym idzie, rozległością urazów termicznych. Dzieje się to w możliwie jak najdokładniej określonym obszarze – zarówno co do wielkości, jak i lokalizacji. Dzięki temu ogranicza się do minimum ogrzanie sąsiednich tkanek, a ryzyko powstania wszelkich skutków ubocznych jest zniwelowane.

Czas termicznej relaksacji jest unikatową cechą tkanek, zależną od ich wielkości. Jest to okres, w którym tkanka pozbywa się połowy dostarczonej energii cieplnej. Aby zapobiec podgrzewaniu okolicznych tkanek, czas impulsu powinien być mniejszy lub równy czasowi termicznej relaksacji. Umożliwia to kumulację energii w tkance na którą oddziałujemy w celu jej zniszczenia, nie ryzykując przy tym uszkodzenia innych struktur.

Zjawisko to wykorzystuje się w zabiegach usuwania tatuaży, znamion, teleangiektazji i owłosienia [11, 12].

### FOTOTERMOLIZA FRAKCYJNA

Metoda, która pojawiła się zaledwie kilka lat temu. Jest to swiste rozwinięcie fototermolizy selektywnej i udoskonalenie laserów frakcyjnych, uzupełnienie ich o zjawisko fototermolizy frakcyjnej, FP (*fractional photothermolysis*), czyli naświetlania laserem tylko części skóry – obszarów w postaci punktów, a nie całej jej powierzchni. Dzięki temu w skórze właściwej zostają wytworzone niewielkie, mikroskopijne kolumny uszkodzeń, które nie przylegają do siebie, a otaczają je obszary żywej, nieszkodzonej tkanki. W każdej z tych kolumn dochodzi następnie do martwicy naskórka. Denaturuje się również kolagen [10, 11, 12].

Długość oddziałującej fali mieści się w przedziale 1550–1927 nm, w zależności od celu zabiegu. Wydzielana energia pochłaniana jest przez wodę obecną w naskórku i w skórze właściwej.

Mimo tego, że uszkodzenia skóry wydają się dość znaczne, strefy zdrowej i nienaruszonej tkanki powodują znaczne skrócenie czasu gojenia się powstałych ran. Metoda świetnie sprawdza się w przypadku blizn potrądzikowych, resurfacingu, w usuwaniu przebarwień wszelkiej maści i niwelowaniu rozstępów.

### WYBRANE ZASTOSOWANIA LASERÓW

#### Usuwanie owłosienia

Zdarza się, że nadmiar włosów staje się problemem. Dzieje się tak ze względu na nadmiar androgenów w organizmie, to one regulują pracę mieszków włosowych. Nadmiar tych hormonów towarzyszy chociażby zespołowi policystycznych jajników, który stał się chorobą cywilizacyjną występującą u kobiet. U niektórych, pojawia się widoczne owłosienie w typowo męskich okolicach: na twarzy, szyi, klatce piersiowej czy plecach [11].

Istotną rolę w przypadku terapii odgrywa kolor włosa – im ciemniejszy, bardziej wysycony melaniną, tym lepszy uzyskuje się efekt.

Wyróżniamy 3 fazy cyklu włosa: anagen (wzrost), katagen (faza zanikania) i telogen (faza wypadania). Aby zabieg usuwania owłosienia był skuteczny, włos musi zostać naświetlony w fazie anagenu. Z uwagi na to, że mieszki włosowe nie są ze sobą zsynchronizowane, zabieg wymaga powtórzenia. Po serii 10 zabiegów obserwuje się znaczną redukcję owłosienia [11].

Melanina najlepiej pochłania fale o długości 630–1200 nm, stąd dobre efekty przynosi laser diodowy o długości fali równej 810 nm stosowany wyłącznie do epilacji. Mechanizm jego działania opiera się na omawianej wcześniej selektywnej fototermolizie. Melanina, obecna w mieszkcu włosowym, pochłania promieniowanie lasera, co z kolei prowadzi do uszkodzenia poszczególnych struktur włosa pod wpływem temperatury.

#### Laserowe usuwanie tatuaży

Tatuaż to trwała metoda zdobienia ciała. Jego usunięcie wymaga użycia specjalistycznych metod. Dobre efekty przynosi zastosowanie laseroterapii – przede wszystkim metody ablacyjnej i wspomnianej wcześniej fototermolizy.

Ablację przeprowadza się przy użyciu lasera CO<sub>2</sub> – tkanka odparowuje wraz z barwnikiem. Pomimo istnienia ryzyka powstawania blizn, metoda ta cechuje się skutecznością usuwania barwnika białego, żółtego i pomarańczowego, które nie odpowiadają widmu absorpcji lasera. Jest to obecnie jedyna całkowicie skuteczna metoda eliminacji tych barwników ze skóry [11]. Wadą zabiegów jest to, że struktura opracowywanej tkanki ulega zmianie, ponadto odbarwia się. Zaletą tej metody jest niezwykła precyzja i kontrola podczas zabiegu.

Usuwanie tatuaży można również przeprowadzić za pomocą laserów o nanosekundowych impulsach, tzw. *Q-switched* o długości fali 532 i 1064 nm. Dzięki ultrakrótkim impulsom możliwe jest oddziaływanie lasera wyłącznie na barwnik, nie uszkadzając przy tym otaczających tkanek. Dzięki zastosowaniu dwóch długości fali możliwe jest skuteczniejsze oddziaływanie na miejsce zabiegu. Dodatkowo, nie pozostawia on blizn na skórze, a czas rekonwalescencji pozabiegowej jest bardzo krótki.

#### Laseroterapia w wybranych jednostkach chorobowych

Laseroterapia znajduje zastosowanie w niwelowaniu wielu defektów dermatologicznych

- **Naczyniaki.** Są jednymi z najczęstszych zmian rozrostowych występujących u człowieka i wywodzą się z naczyń krwionośnych, wymuszają zatem konieczność zastosowania lasera, który emituje długość fal pochłanianych przez oksyhemoglobinę – Nd:YAG 1064 nm, 542 nm, kryptonowy 568 nm i 577 nm. Zastosowanie ogranicza się do leczenia powierzchownych naczyniaków, ponieważ przezskórna laseroterapia nie jest skuteczna w przypadku zmian rozległych i naciekających. Innym wyjściem jest wprowadzenie światłowodu do wnętrza zmiany, ale ciężko przewidzieć czy wiązka promieniowania przejdzie przez całą grubość naczyniaka. Przeprowadzenie zabiegu wiąże się z zastosowaniem znieczulenia ogólnego i licznych serii zabiegowych, co jest dodatkowym obciążeniem [13].

W tym miejscu warto też wspomnieć o laserze pulsacyjnym barwnikowym, tzw. PDL (*pulsed dye laser*). To pierwszy laser, który powstał specjalnie w celu usuwania zmian naczyniowych. Wykorzystuje on zjawisko opisywanej wcześniej

fototermolizy selektywnej. Początkowo długość emitowanej fali wynosiła 577 nm, następnie zmieniono ją na falę o długości 585 nm. Spowodowane to było większą korzyścią wynikającą z głębszego wnikania wiązki w głąb skóry, przy niewielkiej różnicy absorpcji przez hemoglobinę. Leczenie tym typem lasera daje bardzo dobre efekty – w badaniu histologicznym obserwuje się naskórek o niezmienionej strukturze i powierzchowne naczynia krwionośne z widocznymi skrzeplinami. Mimo, że podczas zabiegu dochodzi do uszkodzenia naczyń krwionośnych, co objawia się rumieniem widocznym tuż po jego zakończeniu, po miesiącu pojawiają się nowe, zdrowe naczynia bez cech bliznowacenia. Zabieg jest dobrze tolerowany przez dorosłych i dzieci, a skutki uboczne występują stosunkowo rzadko. Jednakże, mimo wielu zalet, raczej nie ma mowy o całkowitym zniwelowaniu zmian, mówimy jedynie o ich zmniejszeniu [13].

Inną dostępną metodą leczenia żyłaków i zmian troficznych jest EVLT (*endo venous laser treatment*) [14]. Zmienioną chorobowo żyłę nakłuwa się, wprowadzając następnie do jej światła włókno emitujące energię laserową. To wszystko dzieje się pod obserwacją ultrasonograficzną. Energia lasera powoduje natychmiastowe zamknięcie światła żyły. Uszkodzona żyła ulega zwłóknieniu i zanika w ciągu kilku miesięcy. Ze względu na budowę światłowodu laserowego, operowane naczynie powinno mieć od 5 do 10 mm.

Zabieg wykonuje się w znieczuleniu miejscowym, a na chorą kończynę po zabiegu zakłada się pończochę uciskową o II klasie ucisku. W okresie rekonwalescencji pacjent winien przyjmować leki przeciwzakrzepowe w ramach profilaktyki.

- **Brodawki, brodawczaki, włókniaki miękkie.** Usuwa się laserem CO<sub>2</sub>. Jego duża gęstość energii wykorzystywana jest do cięć chirurgicznych i ablacyjnego niwelowania zmian skórnych.

W związku z występowaniem zjawiska ablacji, dochodzi do natychmiastowego odparowania tkanek. Ze względu na precyzję, można sprawnie i w sposób kontrolowany usunąć patologiczne struktury. Jednocześnie dochodzi do koagulacji naczyń limfatycznych i krwionośnych, stąd brak wszelkich wysięków [10].

- **Trądzik różowaty.** Ta przewlekła choroba zapalna skóry, dobrze reaguje na leczenie światłem laserowym. Pomaga ono w okiełznaniu teleangiektazji i rumienia napadowego oraz utrwalonego. W terapii wykorzystuje się między innymi intensywne światło impulsowe IPL (*intense pulsed light*) o zróżnicowanej długości. W przypadku trądziku różowatego z obecnością licznych uszkodzeń posłonecznych, podejmuje się próby prowadzenia terapii fotodynamicznej z jednoczesnym zastosowaniem kwasu aminolewulonowego, metody stosowanej również w leczeniu rogowacenia słonecznego. Natomiast w leczeniu zmian przerostowych – rhinophyma, towarzyszących często tej chorobie, stosuje się laser CO<sub>2</sub> [15].
- **Bielactwo.** To schorzenie idiopatyczne, polegające na uszkodzeniu melanocytów. Dotyka kilku procent populacji [16].

Zastosowanie lasera excimerowego o monochromatycznej wiązce promieniowania i długości fali 308 nm, wpływa stymulująco na melanocyty. Jednak najlepszy efekt terapeutyczny daje zastosowanie go na ograniczone ogniska obejmujące nie więcej niż 30% powierzchni ciała. Warunkiem jest także stabilność ognisk chorobowych.

Terapia jest dobrze tolerowana przez pacjentów, jej efekty są obiecujące, jednak konieczność naświetlań 2 razy w tygodniu w cyklu 24–48 sesji, generuje spore koszty. Na terapię najlepiej reagują ogniska znajdujące się na stosunkowo cienkiej i dobrze unaczynionej skórze – twarzy, szyi, głowie czy w okolicy genitaliów [16].

Laser helowo-neonowy (632,8 nm) także świetnie stymuluje ogniska chorobowe i powoduje pobudzenie wydzielania czynnika wzrostu fibroblastów bFGF (*basic fibroblast growth factor*) oraz czynnika wzrostu nerwów NGF (*nerve growth factor*). Poza tym, pobudza niedojrzałe melanoblasty do migracji, zaś w dojrzałych stymuluje melanogenezę.

- **Grzybica paznokci.** Ta przypadłość, dotyczy nawet 50% chorych, którzy zgłaszają niepokojące zmiany w obrębie płytki paznokciowej [17]. Również w tych przypadkach laseroterapia okazuje się być skuteczna. Mowa tu przede wszystkim o zastosowaniu lasera o stosunkowo nowej technologii, polegającej na połączeniu działania dwóch długości fal – 405 nm działającej mykobójczo, i 635 nm – pobudzającej procesy immunologiczne. Podczas terapii dochodzi do wytwarzania nadtlenoazotynu, który następnie reaguje z DNA, białkowymi elementami grzybów i z lipidowymi składnikami błony komórkowej, co dzięki swojemu cytotoksycznemu działaniu skutecznie hamuje grzybicę.

## BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY

Praca z laserem wymaga ścisłego przestrzegania zasad bezpieczeństwa. Zasady pracy z urządzeniami emitującymi promieniowanie laserowe reguluje Polska Norma [PN-EN 60825-1:2000/A2:2002(U)]: Bezpieczeństwo urządzeń laserowych. Część 1: Klasyfikacja sprzętu, wymagania i przewodnik użytkownika [1, 4].

Ze względu na to, że oczy są najbardziej podatne na działanie promieniowania laserowego, to właśnie ich odpowiednia ochrona stanowi najważniejszy aspekt bezpieczeństwa. Oko wyposażone jest w ogromną ilość barwników silnie pochłaniających światło. Promieniowanie o długości od 400 do 1400 nm ogniskowane jest na siatkówce, co poza uszkodzeniem przyległych struktur może doprowadzić do jej uszkodzenia. Równie ważne jest także odpowiednie zabezpieczenie skóry, gdyż ona także pochłania dużą ilość energii.

Obecnie obowiązuje norma europejska, uznana przez Polskę, która wprowadziła podział urządzeń na siedem klas, przy czym lasery biostymulacyjne mieszczą się w czterech pierwszych klasach:

Tabela 2 *Podział urządzeń laserowych*

Urządzenie laserowe klasy 1	Promieniowanie laserowe bezpieczne w racjonalnych warunkach pracy
Urządzenie laserowe klasy 1M	Promieniowanie laserowe. Nie spoglądać bezpośrednio w wiązkę przez przyrządy optyczne
Urządzenie laserowe klasy 2	Promieniowanie laserowe. Nie wpatrywać się w wiązkę
Urządzenie laserowe klasy 2M	Promieniowanie laserowe. Nie wpatrywać się w wiązkę lub nie spoglądać w wiązkę przez przyrządy optyczne
Urządzenie laserowe klasy 3R	Promieniowanie laserowe. Chronić oczy
Urządzenie laserowe klasy 3B	Promieniowanie laserowe. Unikać wiązki laserowej
Urządzenie laserowe klasy 4	Promieniowanie laserowe. Chronić oczy i skórę przed promieniowaniem bezpośrednim lub rozproszonym

Źródło: [10]

Lasery wysokoenergetyczne zaliczają się do klasy 4. Przy ich zastosowaniu należy więc zachować szczególną ostrożność, zadbać o bezpieczeństwo swoje i pacjenta. Pomieszczenie, w którym wykonuje się zabieg powinno być dobrze oznakowane i nie powinno być wyposażone w lustra i inne przedmioty odbijające światło. Nie dopuszcza się również pozostawienia uruchomionego lasera bez nadzoru osoby uprawnionej.

Konkludując – ochrona osoby wykonującej zabieg jak i pacjenta jest bardzo ważna. Promieniowanie laserowe potrafi wyrządzić naprawdę duże szkody.

### INTENSYWNE PULSACYJNE ŚWIATŁO IPL

Urządzenie IPL (*intense pulsed light*) emituje niekoherentną, polichromatyczną i rozbieżną wiązkę światła o dużej energii i długości 400–980 nm lub 560–1200 nm, a pożądaną zakres osiąga się stosując odpowiednie filtry odcinające.

Źródłem emisji jest w tym przypadku lampa łukowa, zwykle wypełniona ksenonem. Błysk lampy powoduje wyładowanie elektryczne powstałe w zjonizowanym ksenonie [10, 18].

Urządzenie stosuje się do fotoodmładzania, usuwania plam starczych, piegów i innych przebarwień – ma ono w tym przypadku działanie biostymulacyjne, dzięki energii cieplnej stymuluje fibroblasty do produkcji kolagenu i elastyny. Działa także wyciszająco przy licznych zmianach trądzikowych i przy nerwicy naczyniowej – wiązka światła intensywnie przenika przez skórę, gdzie obecna we krwi hemoglobina absorbuje je. Skutkuje to poprawą wyglądu wenektazji i teleangiektazji.

Urządzenia te znajdują również zastosowanie przy usuwaniu owłosienia. Stosowana wówczas długość fali to 640–1200 nm. Docierając do mieszka włosowego i znajdującej się w nim melaniny, wydzielone ciepło uszkadza zarówno barwnik, jak i samą strukturę włosa. Przed zabiegiem należy wygolić owłosienie w domu po to, aby podczas zabiegu włos znajdował się w fazie wzrostu – anagenu. Należy mieć świadomość, że nawet po serii zabiegów włosy mogą odrastać, jednak z całą pewnością cieńsze i jaśniejsze [11].

W każdym z wymienionych przypadków głowicę urządzenia przykładają się bezpośrednio do skóry, skąd konieczne jest stosowanie obojętnej substancji sprzęgającej, która gwarantuje maksymalną transmisję światła w głąb tkanek.

Oprócz możliwości wyboru odpowiednich długości fal, czasu trwania impulsu i przerwy oraz gęstości energii, można zastosować pojedyncze i wielokrotne impulsy, co jest przydatne szczególnie przy zabiegach depilacji dużych powierzchni skóry.

Niestety, ze względu na zastosowanie wiązki o dużej powierzchni działania istnieje ryzyko poparzenia. W celu jego uniknięcia należy ograniczyć gęstość energii, ale to z kolei zmniejsza skuteczność zabiegu. Kluczowe jest też odpowiednie dobranie czasu trwania impulsów i przerwy między nimi. Na szczęście, urządzenia IPL coraz częściej wyposaża się w systemy chłodzące wierzchnie warstwy skóry, które mają zminimalizować ryzyko wystąpienia poparzeń.

### TERAPIA FOTODYNAMICZNA

Kilka lat temu na rynku pojawiła się nowa metoda terapeutyczna PDT (*photodynamic therapy*), wykorzystująca intensywne pulsacyjne światło.

Pacjentowi z wybraną jednostką chorobową warto zwrócić uwagę na zastosowanie tej terapii w przypadku zmian nowotworowych i przednowotworowych. Aplikowany zostaje fotouczulacz, który kumuluje się w chorej tkance. Po naświetleniu światłem o długości fali rzędu 400–700 nm, wypromieniowywana wiązka odpowiada światłu czerwonemu, przez co zmiany chorobowe widoczne są jako intensywnie czerwone. Za pomocą kamery CCD (*charge-coupled device*) możliwe jest dostrzeżenie nawet bardzo małego ogniska, ponadto wyraźnie widać granice nowotworu [19].

Ponownie naświetlenie promieniem światła o wyższej energii uruchamia lawinę procesów, które w konsekwencji powodują efekt fototoksyczny.

Nie należy jednak obawiać się jakiegokolwiek degradacji zdrowych tkanek – substancja fotouczulająca gromadzi się tylko w chorych tkankach. Metoda jest mało inwazyjna, a towarzyszące jej skutki uboczne – niewielkie.

Fotouczulacz winien:

- być substancją czystą chemicznie,
- kumulować się selektywnie w tkankach zmienionych chorobowo,
- szybko odkładać się w tkance docelowej i szybko ulegać eliminacji,
- mieć spektrum absorpcji w zakresie promieniowania głęboko przenikającego,
- skutecznie degradować tkanki docelowe,
- nie wykazywać działania toksycznego [19].

Obecnie stosowane uczulacze to m.in. mono-L-aspartylochlorin e6, hematoporfiryna i najczęściej dziś używany – kwas 5-aminolewulinowy, zwany w skrócie ALA.

Niestety, minusem terapii jest koszt sprzętu – jest on bardzo drogi, a samo naświetlanie bolesne.

## PODSUMOWANIE

Terapia laserem i intensywnym pulsacyjnym światłem stosowana jest powszechnie w gabinetach kosmetycznych i medycyny estetycznej. Szerokie możliwości dostosowania urządzeń do różnorodnych problemów skórnych, sprawiają, że laseroterapia jest jednym z najbardziej preferowanych zabiegów. Brak wiedzy oraz nieumiejętny dobór parametrów zabiegowych mogą być przyczyną powikłań. Wykonując zabiegi należy wziąć pod uwagę przeciwwskazania oraz zasady bezpieczeństwa.

## LITERATURA

1. Adamski Z, Kaszuba A. Dermatologia dla kosmetologów. Wyd. UM Poznań, Poznań 2008.
2. Czyż P, Kaszuba A, Pastuszka M, Podgórna K, Tazbir M. Rola laseroterapii w dermatologii - aspekty kliniczne. *Acta Clinica of Morphologica* 2012, vol. 15(2): 36-39.
3. Murawska-Ciałowicz E, Zawadzki M. Higiena. Górnicki Wyd. Medyczne. Wrocław 2005.
4. Malinowska S, Mlosek RK. Lasery i IPL - źródła światła stosowane w gabinetach kosmetycznych i medycyny estetycznej. *Kosmetologia Estetyczna* 2016, vol. 5(5): 541.
5. Martini M. C. Kosmetologia i farmakologia skóry. Wyd. PZWL, Warszawa 2007.
6. Bartkowiak R, Kaszuba A, Lassota-Falczewska M, Polak-Pacholczyk I. Objawy uboczne i powikłania po zabiegach fotoodmładzania twarzy. Cz. 1. *Dermatologia Estetyczna* 2006, vol. 8(3): 141-144.
7. Michalak K, Potargowicz E. Lasery w kosmetologii. Lecznicze właściwości laserów niskiej mocy i ich zastosowanie w kosmetologii. *Polish Journal of Cosmetology* 2003, vol. 4: 241-245.
8. Kaczmarek S, Mierczyk Z, Kuzaka B. Oddziaływanie promieniowania laserowego na tkankę biologiczną. *Wiadomości Lekarskie* 1994, vol. 17(21-24): 868-880.
9. Kwolek A, Weres A, Zwolińska J. Wpływ dawki terapeutycznej na skuteczność laseroterapii nisko- i wysokoenergetycznej (HILT). *Acta Bio-Optica et Informatica Medica* 2011, vol. 17(3): 171-178.
10. Kasprzak W, Mańkowska A. Fizjoterapia w kosmetologii i medycynie estetycznej. Wyd. PZWL, Warszawa 2010.
11. Mańkowska A. Laseroterapia wysokoenergetyczna w wybranych problemach dermatologicznych i kosmetycznych - doświadczenia własne. Rozprawa Doktorska, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu, 2010.
12. Malinowska S, Perzanowska I, Marianowska A, Jędrzejczyk M, Mlosek MK. Epilacja laserowa i urządzeniami IPL. Czynniki determinujące skuteczność epilacji. *Kosmetologia Estetyczna* 2018, vol. 7(6), 705-709.
13. Kamińska B, Sznukrowska K, Wyrzykowski D. Naczyniaki u dzieci - problem interdyscyplinarny. *Forum Medycyny Rodzinnej* 2011, vol. 5(6): 460-467.
14. Terlecki K, Terlecki P, Zubilewicz T. Minimalnie inwazyjne metody leczenia żyłaków kończyn dolnych. *Kardiologia po dyplomie* 2014, vol. 13 (9): 47-51.
15. Kulczycka L, Robak E. Trądzik różowaty - współczesne poglądy na patomechanizm i terapię. *Postępy Hig Med Dosw (online)* 2010, vol. 64: 439-450.
16. Mistowska M, Szulczyńska-Gabor J, Żaba R. Etiopatogeneza, obraz kliniczny i leczenie bielactwa. *Post Dermatol Alergol* 2009, vol. 26 (4): 212-223.
17. Sullivan R. Laseroterapia w leczeniu grzybiczy - wstępny raport z prowadzonej próby klinicznej. *Kosmetologia Estetyczna* 2015, vol. 2(4): 198-200.
18. Pokora L. Wiązki światła laserów i lamp IPL w kosmetologii i medycynie estetycznej. *Kosmetologia Estetyczna* 2015, vol. 4(6): 565-568.
19. Fornalski J. Terapia fotodynamiczna - jej oddziaływanie i zastosowanie w dermatologii. *Nowa Medycyna* 2006, vol. 4: 71-74.