

Artur Gaczek

Zakład Techniki Laserowej Electric System & Laser Technology w Warszawie

Laserowe zamykanie naczyń – co każdy operator lasera wiedzieć powinien

Niniejszy artykuł poświęcony jest zastosowaniu przezskórnej laseroterapii naczyń występujących na twarzy i kończynach dolnych. Ten rodzaj laseroterapii stosowany jest głównie w celu osiągnięcia skutków natury estetycznej. „Głównie”, ponieważ część klinik wyspecjalizowanych w zabiegach z zakresu flebologii stosuje też techniki laserowe do zabiegów czysto leczniczych. Należy też nadmienić, że większość defektów estetycznych związanych z naczyniami umieszczonymi płytko pod skórą ma swoje podłoże w zmianach chorobowych naczyń głębszych i niewidocznych.

Z tego względu stosowanie laseroterapii przezskórnej w celach estetycznych powinno być przemyślane i poprzedzone właściwą oceną oraz diagnostyką. W celu minimalizacji ryzyka związanego z możliwymi powikłaniami specjalista decydujący się na ten rodzaj terapii powinien właściwie ocenić przyczyny powstania estetycznych defektów naczyniowych u pacjenta oraz zwerfikować brak przeciwwskazań do zastosowania laseroterapii przezskórnej.

Niedoczynność żył kończyn dolnych jest jedną z częściej występujących przyczyn powstawania defektów natury estetycznej w postaci powiększonych i wyraźnie widocznych naczyń (położonych płytko pod skórą) oraz żył powierzchniowych. Schorzenie to dotyczy dużej części populacji i szacuje się, że jest to ok 25% kobiet i 15% mężczyzn na obszarze Europy i Stanów Zjednoczonych. Z powstawaniem niedoczynności żył kończyn dolnych związane jest głównie zjawisko tzw. refluksu, czyli cofania się krwi w wyniku nieprawidłowo dzia-

lających zastawek żylnych. Refluks powstały pomiędzy żyłami głębokimi a powierzchniowymi powoduje istotne nadciśnienie w żyłach powierzchniowych, doprowadzając tym samym do ich rozszerzenia, a w stanach zaawansowanych do powstania żylaków nóg. W przypadku zdrowego człowieka większość krwi z kończyny dolnej (ok. 90%) odpływa żyłami głębokimi, a tylko ok. 10% żyłami powierzchniowymi. Z tego względu zamykanie naczyń podskórnych i redukcja żył powierzchniowych na nogach nie wiąże się z istotnymi zmianami w krążeniu kończyn dolnych. Jednakże należy pamiętać, że jest to tylko usuwanie skutków powstania problemu. W związku z powyższym, przeprowadzanie zabiegów przezskórnego laserowego zamykania naczyń u pacjentów cierpiących na to schorzenie da efekt estetyczny jedynie czasowy, ponieważ utrzymujące się nadciśnienie w żyłach powierzchniowych spowoduje powstanie kolejnych rozszerzonych naczyń.

Co to właściwie jest LASER

LASER to angielski akronim utworzony z pierwszych liter słów *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, co w języku polskim oznacza: wzmocnienie światła poprzez wymuszoną emisję promieniowania. Światło tego rodzaju bardzo różni się od innych zabiegowych źródeł światła (np. IPL lub LED) i dlatego wykazuje wielokrotnie wyższą skuteczność w zabiegach bazujących na zjawisku selektywnej fototermolizy. Podstawowe cechy światła laserowego to:

- Monochromatyczność, czyli emisja pojedynczej długości fali. To właśnie ta cecha powoduje, że pewne składniki tkanek wykazują dużo wyższą absorpcję energii niż inne i dzięki temu można selektywnie podwyższyć ich temperaturę do żądanej wartości.
- Wysoki stopień skolimowania, czyli mała rozbieżność wiązki światła. Ta cecha umożliwia uformowanie stosunkowo małej plamki światła na powierzchni skóry, o bardzo dużym stopniu zagęszczenia energii, co jest warunkiem przeprowadzenia skutecznych zabiegów naczyniowych.
- Koherencja, czyli zachowanie zgodności fazowej światła w całej wiązce. Jest to istotna cecha promieniowania występująca jedynie w świetle lasera, jednak w zabiegach naczyniowych nie odgrywa specjalnej roli.
- Wysoki stopień spolaryzowania światła laserowego jest też unikatową cechą tego rodzaju światła, jednak również nie odgrywa on istotnej roli w zabiegach naczyniowych.

Zasada oddziaływania wiązki lasera na tkankę podczas zabiegów naczyniowych

Tak jak wyżej wspomniano, zabiegi zamykania naczyń bazują na zjawisku selektywnej fototermolizy. Określenie to ozna-

cza, że wiązka lasera padająca na skórę wnika do tkanek, a składniki tkanki znajdujące się na jej drodze podwyższają swoją temperaturę w zależności od stopnia absorpcji danej długości fali. Ze względu na to, że długość fali laserów naczyniowych dobierana jest przede wszystkim do wysokiej absorpcji w hemoglobinie, w efekcie dochodzi do istotnego podniesienia temperatury naczynia przy stosunkowo niewielkim wzroście temperatury tkanek sąsiednich. Oczywiście nie ma jednej najlepszej długości fali stosowanej do zabiegów naczyniowych, ponieważ jej dobór zależy od wielu czynników, takich jak przekrój naczynia czy głębokość jego położenia oraz rodzaj samego zabiegu, który może być przezskórny lub wewnątrznaczyniowy (metoda EVLT).

Główne rodzaje laserów naczyniowych

Historia stosowania laserów do zamykania naczyń lub leczenia zmian naczyniowych sięga ponad 30 lat, więc w tym okresie ukształtował się optymalny zestaw parametrów, które można spotkać w laserach występujących obecnie na rynku medycznym. Lasery te można podzielić na trzy grupy urządzeń.

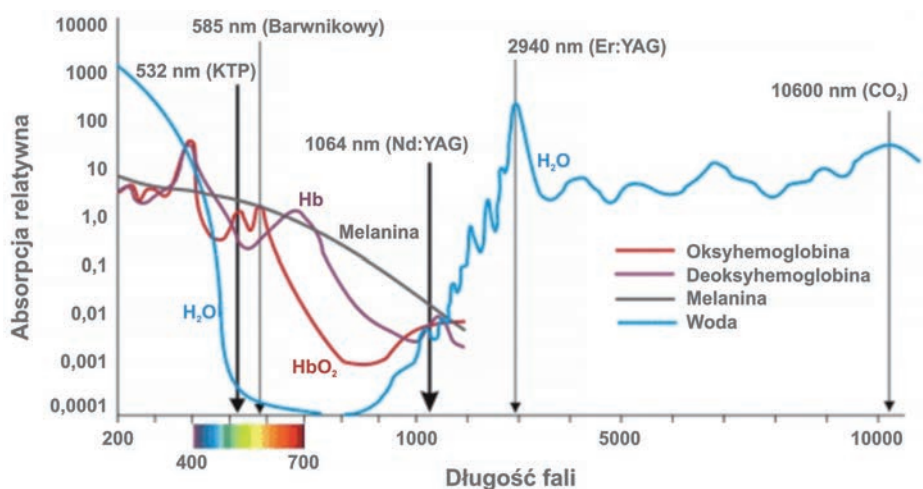
1. Lasery diodowe lub diodowo pompowane, o mocach wyjściowych rzędu kilku do kilkudziesięciu watów. Lasery te zazwyczaj mają jedną lub dwie długości fali i wyposażone są w aplikatory zabiegowe przeznaczone do pracy przezskórnej o średnicach plamki 0,7-2 mm. Ze względu na stosunkowo niewielkie moce aplikatory zabiegowe tych urządzeń nie są wyposażone w system kontaktowego chłodzenia skóry. Najczęściej spotykane długości fali w tych laserach to 810, 940, 980, 511, 532, 577 i 578 nm. Ze względu na w miarę przystępne ceny jest to dosyć popularna grupa urządzeń na pol-

skim rynku. Jednak zabiegi realizowane tymi laserami nie są aż tak efektywne jak zabiegi laserami impulsowymi z kolejnej grupy.

2. Lasery impulsowe pompowane lampowo, o mocach wyjściowych rzędu kilku-set do kilku tysięcy watów. Lasery te zazwyczaj mają jedną lub dwie długości fali i wyposażone są w aplikatory zabiegowe przeznaczone do pracy przezskórnej o średnicach plamki 1,0-12 mm. Ze względu na stosunkowo dużą moc i duże energie impulsów końcówki zabiegowe tych urządzeń wyposażone są w system aktywnego, kontaktowego chłodzenia skóry. Najczęściej spotykane długości fali w tych laserach to 532 nm (laser Nd:YAG KTP), 595 nm (laser barwnikowy) 755 nm (laser aleksandrytowy) i 1064 nm (laser Nd:YAG). Ta grupa urządzeń należy obecnie do światowej czołówki jeżeli chodzi o ich efektywność, niestety jest to też najdroższa grupa laserów o tym przeznaczeniu.
3. Lasery diodowe o mocach rzędu kilkunastu do kilkudziesięciu watów, prze-

znaczone do pracy EVLT. Lasery te zazwyczaj mają jedną długość fali i wyposażone są w specjalne światłowody przeznaczone do pracy wewnątrznaczyniowej, tzw. metoda EVLT. Najczęściej spotykane długości fali w tych laserach to 810, 940, 980 i 1475 nm. Tę grupę laserów również cechuje wysoka skuteczność zabiegów, jednak zabiegi wewnątrznaczyniowe nie należą do prostych i szybkich procedur terapeutycznych, w związku z czym lasery te można spotkać głównie u specjalistów z zakresu flebologii. W niniejszym artykule lasery te zostaną pominięte jako odrębna technika zabiegowa.

Obserwując charakterystykę absorpcji podstawowych chromoforów (Ryc. 1.), już na pierwszy rzut oka widać, że długości fal przydatne w zabiegach naczyniowych mieszczą się w zakresie 532 do 1064 nm. Jednak nie wszystkie długości fal z tego zakresu pasują do każdego rodzaju naczynia. Dla naczyń o małych średnicach z zakresu od 0,1 do 0,5 mm stosuje się głównie krótsze dłu-



Ryc. 1. Charakterystyka absorpcji promieniowania przez podstawowe chromofory tkankowe.

gości fal, wykazujące bardzo dużą absorpcję w hemoglobinie, czyli fale od 532 nm do 595 nm. Przy tego rodzaju naczyniach i powyższym zakresie długości fal stosuje się niewielkie gęstości energii w zakresie 6-30 J/cm² w zależności od wielkości plamki zabiegowej. Ze względu na również wysoką absorpcję tych długości fal w melaninie jej nasycenie w skórze nie pozostaje bez znaczenia. Krótko mówiąc, wysoki fototyp skóry (według skali Fitzpatricka) jest przeciwwskazaniem i powoduje zwiększenie ryzyka oparzenia powierzchni skóry. W takim przypadku z pomocą przychodzą kontaktowe techniki chłodzenia powierzchni skóry z wykorzystaniem szkła szafirowego. Zaletą tego typu chłodzenia jest to, że jest ono jednocześnie z emisją lasera, dzięki czemu w istotny sposób ogranicza ryzyko oparzenia na skutek absorpcji światła lasera przez melaninę.

Dla naczyń o średnicach większych od 0,5 mm i o widocznym zabarwieniu w zakresie od fioletu do koloru sinogranatowego mają zastosowanie długości fal w zakresie bliskiej podczerwieni 810-1064 nm. Jednak w zabiegach przezskórnych, ze względu na potrzebę uzyskania wysokiej fotoselektywności, stosuje się głównie 1064 nm jako długość fali najmniej absorbowaną przez mela-

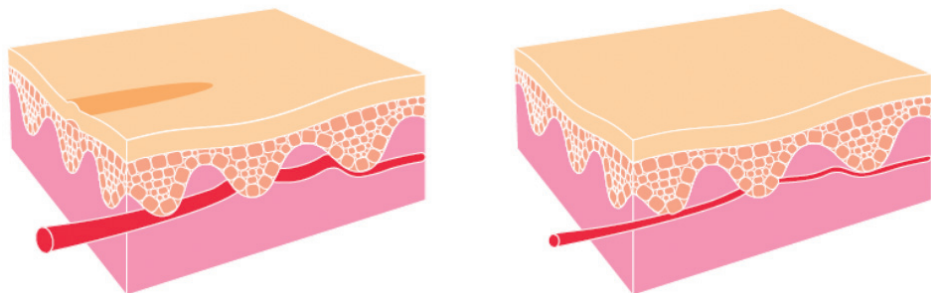
ninę. Przy tego rodzaju naczyniach i powyższej długości fali stosuje się duże gęstości energii w zakresie 150-700 J/cm², w zależności od wielkości plamki zabiegowej. Ze względu na potrzebę użycia tak dużych gęstości energii obligatoryjne staje się zastosowanie kontaktowego chłodzenia powierzchni skóry szkłem szafirowym.

Podsumowując, krótkie i płytko penetrujące długości fal używane są do naczyń powierzchniowych o małych średnicach, ponieważ wymagana jest duża absorpcja promieniowania, żeby podnieść odpowiednio temperaturę w niewielkiej objętości krwi. Natomiast dłuższe i głęboko penetrujące fale używane są do naczyń głębszych i o większych średnicach, ponieważ do odpowiedniego podniesienia temperatury w większej objętości krwi nie jest wymagana wysoka absorpcja. W takim przypadku uzyskuje się wysoką fotoselektywność pomiędzy hemoglobiną a pozostałymi składnikami tkanki.

Jakie znaczenie mają aplikatory zabiegowe?

Aplikatory zabiegowe laserów naczyniowych można ogólnie podzielić na trzy rodzaje.

Aplikatory do pracy przezskórnej bez sy-



Ryc. 2. Prawidłowe zachowanie się naczynia po naświetleniu właściwie dobraną gęstością energii.

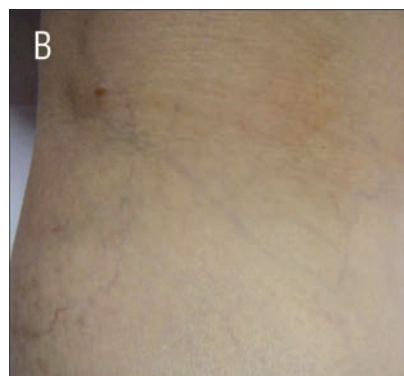


Ryc. 3. Redukcja drobnych naczyń na twarzy za pomocą lasera KTP 532 nm z kontaktowym chłodzeniem skóry. Kobieta w wieku 30 lat (A), pojedynczy zabieg. Zdjęcie po zabiegu wykonano cztery tygodnie po jego przeprowadzeniu (B).

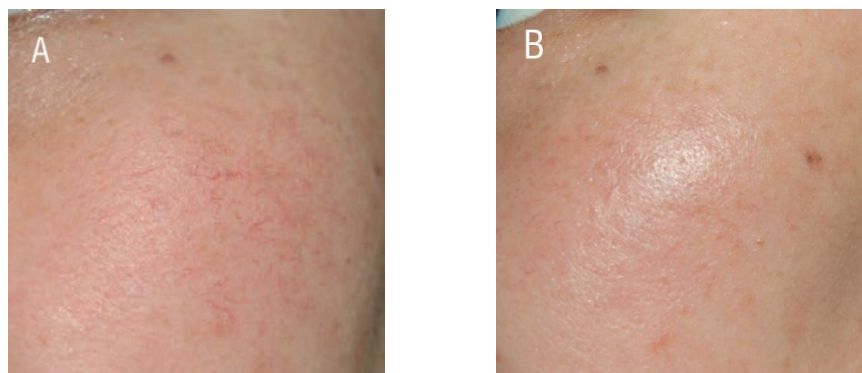
stemu chłodzenia, przeznaczone głównie do laserów dysponujących niewielkimi mocami. Praca takim aplikatorem najczęściej daje efekty tylko w bardzo powierzchniowych naczyniach, a częste uszkodzenie termiczne naskórka powoduje tworzenie się strupów i wydłuża okres rekonwalescencji pozabiegowej. Nie bez znaczenia jest też fakt, że lasery małej mocy potrzebują więcej czasu, żeby wyemitować wystarczającą energię, co wiąże się z powstawaniem dużych zmian termicznych w sąsiednich tkankach. Zjawisko to spowodowane jest transmisją ciepła w tkankach i również jest odpowiedzialne za wydłużony okres rekonwalescencji oraz za

ewentualne ubytki objętości skóry jako powikłania pozabiegowe.

Aplikatory do pracy przezskórnej, wyposażone w gazowe chłodzenie powierzchni skóry i przeznaczone głównie do pracy laserami impulsowymi dużych mocy. Tego typu system chłodzenia skóry zdaje egzamin tylko w zakresie niewielkich energii impulsu i dla krótszych fal (przeważnie lasery barwnikowe 585 i 595 nm). Przyczyną jest niewielka pojemność cieplna gazów chłodzących (czynników kriogenicznych) ograniczająca istotnie ilość odprowadzanego ciepła. Taką metodą można skutecznie chłodzić jedynie płytkie



Ryc. 4. Redukcja naczyń kończyny dolnej na tylnej stronie kolana za pomocą lasera Nd:YAG 1064 nm, z kontaktowym chłodzeniem skóry. Kobieta w wieku 42 lat (A), pojedynczy zabieg. Zdjęcie po zabiegu wykonano 6 tygodni po jego przeprowadzeniu (B).



Ryc. 5. Redukcja drobnych naczyń na twarzy za pomocą lasera KTP 532 nm z kontaktowym chłodzeniem skóry. Kobieta w wieku 32 lat (A), pojedynczy zabieg. Zdjęcie po zabiegu wykonano pięć tygodni po jego przeprowadzeniu (B).

warstwy skóry przy stosunkowo niewielkich energiach impulsu.

Aplikatory do pracy przeskórnej, wyposażone w kontaktowe chłodzenie skóry za pomocą szkła szafirowego i przeznaczone głównie do laserów impulsowych dużej mocy. Takie rozwiązanie jest obecnie jedyną znaną techniką chłodzenia skóry o tak wysokiej efektywności i można powiedzieć, że jest to rozwiązanie obligatoryjne dla laserów typu Long Pulse, zarówno dla krótkich, jak i dłuższych fal stosowanych w zabiegach naczyniowych. Zastosowanie kontaktowej płytki szafirowej daje możliwość chłodzenia powierzchni skóry jednocześnie z impulsem lasera, minimalizując w ten sposób niechciane uszkodzenia termiczne w sąsiednich tkankach. Ponadto szafir syntetyczny, którego przewodność termiczna jest czterdziestokrotnie większa od przewodności termicznej wody (głównego składnika tkanek), daje największe możliwości odbierania dużych ilości ciepła ze skóry. Bez tego rodzaju chłodzenia wykonywanie zabiegów naczyniowych przeskórnych o dużych dawkach energii byłoby niemożliwe.

Trzeba jednak pamiętać, że mimo zastosowania nawet najbardziej efektywnego chłodzenia kontaktowego ryzyko oparzeń powierzchniowych i głębokich oraz ubocznych uszkodzeń termicznych jest nierozłącz-

nym elementem tej grupy zabiegów. Indywidualne różnice w składzie skóry (głównie nasycenie wodą i poziom tkanki tłuszczowej) oraz szybkość przepływu krwi w naczyniach (co również powoduje odprowadzanie ciepła ze strefy naświetlenia) powodują, że trudno jest dobrać optymalne wartości energii bez zastosowania tzw. impulsów kontrolnych. Jedynie operatorzy z dużym doświadczeniem praktycznym potrafią właściwie dobrać parametry lasera na podstawie oceny wizualnej naczyń i skóry. Niejednokrotnie zdarza się, że nawet tacy specjaliści stosują technikę dobierania energii za pomocą impulsów kontrolnych. Dzieje się tak, ponieważ czynność ta nie tylko pozwala określić bezpieczną energię, ale też służy do zminimalizowania ryzyka rekanalizacji opracowanych naczyń. Podczas ustawiania energii za pomocą impulsów kontrolnych obserwuje się, że przy pewnej wartości gęstości energii opracowywane naczynie znikają. Trzeba jednak pamiętać, że za ten efekt wizualny odpowiada głównie termiczne zbieżenie powierzchniowej ściany naczynia, którą widać podczas zabiegu. Z tego wynika wprost, że spora grupa naczyń zamkniętych tak dobraną gęstością energii ulegnie w krótkim czasie rekanalizacji. W celu minimalizacji tego zjawiska należy odpowiednio zwiększyć energię

w stosunku do progu wizualnego efektu, a stopień zwiększenia w głównej mierze zależy od średnicy naczyń. Z drugiej strony skali również znajduje się ograniczenie gęstości energii w postaci ryzyka objętościowego uszkodzenia termicznego, czyli nieodwracalnej denaturacji białek. Skutkiem będzie martwica w obszarze naświetlenia, a co za tym idzie – także i późniejsze deficyty tkankowe. W praktyce zakres gęstości energii pomiędzy brakiem efektywności a oparzeniem jest niewielki i raczej wszystkie osoby zdobywające doświadczenie w tej dziedzinie będą miały na swoim koncie oba przypadki skrajne. Użycie za dużej gęstości energii zazwyczaj od razu jest jednak widoczne w postaci zbielenia tkanek w miejscu padania wiązki lasera, a więc można natychmiast zareagować i nie powtarzać kolejnych impulsów o takich wartościach.

Ze względu na wysoki stopień ryzyka skutków ubocznych, powikłań lub braku oczekiwanej efektywności kluczowe jest informowanie pacjenta o tych ryzykach i umieszczenie ich w tzw. świadomej zgodzie na zabieg. Takie rozwiązanie, przynajmniej w pewnym stopniu, zredukuje możliwe problemy wynikające z roszczeniowości pacjentów.

Aspekty natury sprzętowej

Jakie czekają nas koszty eksploatacyjne?

Lasery naczyniowe małej mocy należą do sprzętu o rozsądnych cenach, a ich eksploatacja nie wnosi też dużych kosztów do ekonomii użytkownika lasera. Podstawowym kosztem eksploatacyjnym jest tutaj zestaw światłowodów zabiegowych, które podlegają zużyciu oraz narażone są na różne uszkodzenia. Statystycznie koszty związane ze światłowodami i końcówkami zabiegowymi w tych laserach nie przekraczają kilku tysięcy złotych rocznie. Większym kosztem, na poziomie 20-40 tys. zł, jest wymiana diod laserowych, ale ich życie eksploatacyjne to okres rzędu 5-10 lat.

W przypadku laserów impulsowych dużej mocy sytuacja ma się całkowicie inaczej. Koszty ewentualnych uszkodzeń światłowodów lub końcówek zabiegowych zazwyczaj przekraczają 10 tys. zł. W tego typu laserach stosowane są też eksploatacyjne lampy pompujące, których wymiana to koszt rzędu 4-10 tys. zł. Wystarczają one na okres około 2-4 lat. Duże lasery impulsowe mają też skomplikowane układy optyczne, których uszkodzenia są co prawda sporadyczne, ale ich usuwanie też nie należy do najtańszych.

Jak bezpiecznie nabyć dobry laser naczyniowy?

W tym przypadku priorytetami są skuteczność i obsługa serwisowa. Wszyscy jesteśmy sobie w stanie wyobrazić sytuację, kiedy mamy kolejkę pacjentów, ustalone terminy wizyt i nagle urządzenie z powodu awarii lub braku obsługi eksploatacyjnej zostaje wyłączone z użytkowania. Gabinet traci pacjentów na korzyść konkurencji, traci też dobrą opinię. Z tej przyczyny najważniejszym elementem jest zabezpieczenie kompetentnej i szybkiej obsługi serwisowej. Niestety w polskich warunkach jest to pewien problem, ponieważ duża część firm importujących lasery nie posiada kompetentnego zaplecza serwisowego i nie jest w stanie zabezpieczyć podstawowych potrzeb. Dla przykładu, większość takich firm nie posiada nawet sprzętu pomiarowego, którym można dokonać pomiaru faktycznej energii wyjściowej lasera. Jeżeli taka sytuacja ma miejsce, to oznacza, że potencjalna transakcja wróży kłopoty. Następny częsty problem to brak wykwalifikowanego personelu serwisowego, zdolnego szybko usuwać usterki. Z powyższych względów przed zakupem lasera w firmie dystrybucyjnej należy najpierw zebrać opinię na temat tego dostawcy (najlepiej wśród znajomych lekarzy), a następnie dopiero podjąć decyzję o akceptacji oferty i ewentualnym zakupie sprzętu.