

Katarzyna Wrześniewska, spec. dermatolog i lekarz medycyny estetycznej,
Anna Gruszka, magister kosmetologii

Gabinet Dermatologii Estetycznej i Kosmetologii DermaVIP w Katowicach

Wybieramy laser

do salonu kosmetycznego i gabinetu medycyny estetycznej

Trudno sobie wyobrazić nowoczesną kosmetologię i medycynę estetyczną bez laserów. Dzięki znaczącemu postępowi techniki współczesne lasery są coraz skuteczniejsze i, co równie ważne, coraz bezpieczniejsze. Wraz z rosnącą popularnością laserów zwiększa się także oferta tego typu sprzętu na rynku. Jak więc wybrać ten laser, który będzie spełniał wszystkie nasze oczekiwania, a jednocześnie nie zrujnuje budżetu? Aby odpowiedzieć na to pytanie konieczne jest wyjaśnienie kilku kwestii technicznych charakteryzujących współczesne lasery.

Pierwsze teoretyczne podstawy do budowy laserów stanowiła praca Alberta Einsteina z roku 1917 na temat spontanicznej i wymuszonej emisji promieniowania elektromagnetycznego. W roku 1960 naukowiec Theodore Maiman skonstruował pierwszy laser, którego ośrodek czynny stanowił pręt rubinowy, a już w 1961 r. podjęto pierwsze próby zastosowania lasera rubinowego w lecznictwie^[1]. W Polsce pierwszy laser rubinowy został uruchomiony przez zespół naukowców z Katedry Podstaw Radiotechniki WAT pod kierownictwem prof. dr. inż. Zbigniewa Puzewicza w roku 1963. Stanowił on później podstawę do skonstruowania koagulatora okulistycznego i mikrodrążarki laserowej, które zostały zbudowane dwa lata później^[2].

Wysoka skuteczność, precyzyjność i relatywne bezpieczeństwo terapii sprawiły, że obecnie obserwujemy stały rozwój technologii laserowych, które posiadają zastosowanie w lecznictwie.

Słowo laser jest akronimem angielskich słów: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, co oznacza wzmocnienie światła przez wymuszoną emisję promieniowania. Lasery zaliczane są do generatorów i wzmacniaczy kwantowych. Zasada ich działania opiera się na wymuszonej emisji fotonu, czyli cząstki elementarnej nieposiadającej masy ani ładunku elektrycznego. Fotony to kwanty pola elektromagnetycznego. Wyemitowane przez laser posiadają identyczne właściwości jak emitowane przez inne źródła promieniowania. Światło lasera

posiada jednak kilka wyjątkowych cech. Charakteryzuje się spójnością (wiązka laserowa jest koherentna), monochromatycznością (w skład wiązki wchodzi jedynie promieniowanie o tej samej długości fali) oraz małą rozbieżnością (promienie przemieszczają się wzdłuż określonej osi). Światło o takich parametrach nie występuje w naturze i nie można go uzyskać z konwencjonalnych źródeł^[1,3].

Z medycznego punktu widzenia istotną wielkością opisującą wiązkę lasera jest jego moc, która określa ilość energii dostarczonej w jednostce czasu. Jednostką mocy jest wat [W]:

$$P = I \cdot S$$

Określenie całkowitej energii wprowadzonej do tkanki w czasie zabiegu jest niezbędne do ustalenia dawki terapeutycznej, którą wyraża się w dżulach:

$$E = P \cdot t$$

Wielkość dawki terapeutycznej, która przypada na jednostkę powierzchni poddanej zabiegowi określa się jako napromieniowanie [J/cm^2]. Znajomość powyższych zależności jest niezbędna podczas pracy na laserach niskiej mocy – laserach biostymulujących, w których istotnym parametrem jest ilość energii przekazanej podczas zabiegu^[3].

Istotną wartością w terapii laserowej jest również rozmiar plamki, czyli średnica wiązki laserowej. W momencie zwiększenia powierzchni plamki, przy stałej wartości energii pojedynczego impulsu, gęstość energii [J/cm^2] spada. Natomiast w odwrotnej sytuacji, gdy zmniejszamy powierzchnię plamki, przy stałej wartości energii pojedynczego impulsu, gęstość energii wzrasta. Zmiany gęstości w dużym stopniu wpływają na

intensywność oddziaływania lasera na tkankę^[3].

Biorąc pod uwagę powyższą charakterystykę, jednym z kluczowych elementów determinujących wybór lasera jest średnica plamki i gęstość jego energii. Jeżeli wiązka laserowa jest zbyt mała (plamka o zbyt małej średnicy), to po pierwsze – zabieg będzie trwał długo. Im dłuższy czas trwania zabiegu, tym oczywiście większy dyskomfort dla pacjenta związany z bólem zabiegowym. Ponadto średnica plamki determinuje głębokość wnikania promieniowania laserowego w tkankę. Im większa plamka, tym promieniowanie wnika głębiej – niezależnie od wszystkich innych parametrów lasera. Wynika to m.in. z rozpraszania promieniowania laserowego na kolagenie. Ponadto plamka o małej średnicy zwiększa ryzyko nakładania się kolejnych impulsów laserowych pokrywających powierzchnię skóry, a więc zwiększa ryzyko działań niepożądanych. Można więc powiedzieć, że im większa średnica plamki, tym lepiej.

W medycynie estetycznej, dermatochirurgii i kosmetologii stosowane są zazwyczaj lasery impulsowe, które dostarczają w bardzo krótkim czasie dużą dawkę energii. W przypadku tych laserów istotnym parametrem jest tempo przekazywania energii. Czas impulsu w laserach tego typu mierzony jest w sekundach, milisekundach lub nanosekundach (lasery Q-Switch). Natomiast częstość występowania po sobie pojedynczych impulsów mierzona jest w hercach [Hz]. Czas trwania impulsu jest skorelowany z czasem termicznej relaksacji struktury, która ma zostać zdegradowana.

Czas pojedynczego impulsu jest więc kolejnym istotnym parametrem determinującym możliwość zastosowania lasera.

Im laser emituje krótsze impulsy, tym mniejsze struktury może usuwać. Jeżeli więc planujemy usuwać tatuaż, którego cząstki są bardzo małe (około 0,1 μm), laser musi emitować bardzo krótkie impulsy – rzędu nanosekund (laser Q-switched). Jeżeli natomiast docelowym miejscem działania lasera będą duże naczynia krwionośne, średnicy kilkuset mikrometrów, zastosujemy znacznie dłuższe impulsy mierzone w milisekundach.

Lasery klasyfikujemy ze względu na: moc urządzenia, rodzaj ośrodka aktywnego, długość emitowanej fali, sposób pracy (ciągła lub impulsowa) lub przeznaczenie danego aparatu. Zależnie od wielkości emitowanej mocy możemy wyróżnić lasery niskoenergetyczne (1-6 mW), średnioenergetyczne (7-500 mW) i wysokoenergetyczne (powyżej 500 mW). Obecnie w zabiegach z zakresu medycyny estetycznej stosuje się głównie lasery wysokoenergetyczne, które powodują koagulację, odparowanie lub mechaniczne zniszczenie określonych tkanek^[3].

Materiał, z którego zbudowany jest ośrodek aktywny lasera, może występować w różnym stanie skupienia. Ośrodkiem aktywnym może być ciało stałe, ciecz lub gaz^[4,5].

1. Lasery, w których ośrodek czynny jest ciałem stałym, to:
 - a. laser erbowo-yagowy (Er-YAG),
 - b. laser neodymowo-yagowy (Nd-YAG),
 - c. laser erbowo-szklany (Er-Glass),
 - d. laser rubinowy,
 - e. laser aleksandrytowy.
2. Lasery, w których ośrodek czynny jest gazem, to:
 - a. laser CO₂,

- b. laser argonowy,
- c. laser helowo-neonowy (He-Ne),
- d. laser na parach miedzi.

3. Lasery, w których ośrodek czynny jest płynem, to:

- a. laser barwnikowy impulsowy,
- b. laser barwnikowy ciągły.

Osobną grupę laserów stanowią lasery półprzewodnikowe, których ośrodkiem czynnym jest dioda elektroluminescencyjna. Generowana przez nie długość fali zależy od rodzaju aktywnego medium. Wiązki wytwarzane przez diody cechują się jednak mniejszą koherentnością^[3].

O wnikaniu i pochłanianiu przez skórę światła lasera decydują przede wszystkim zjawiska odbicia, rozproszenia, transmisji i absorpcji (pochłaniania) promieniowania. Na tkankę oddziałuje jedynie ta część promieniowania, która przeniknie w głąb jej struktur. Rozproszenie wiązki laserowej, które następuje podczas przechodzenia promieniowania przez kolejne elementy skóry, zmniejsza intensywność jej działania. Absorpcja energii w tkance uwarunkowana jest przez występowanie w niej struktur zwanych chromoforami. Pochłanianie fotonów przez chromofory prowadzi do reakcji fotochemicznej, której wynikiem jest rozproszenie energii w postaci ciepła. Do chromoforów ludzkiej skóry zaliczamy: melaninę, hemoglobinę, wodę i białka (kolagen). Znajomość zakresów promieniowania, które są w najwyższym stopniu pochłaniane przez określony rodzaj chromoforów, pozwala na dobór odpowiednich parametrów zabiegowych zależnie od danego problemu dermatologicznego^[3,6].

Obecność chromoforów w skórze umożliwiło rozwój technik laserowych

opartych na zjawisku selektywnej fototermolizy. W zabiegach tego typu stosowane są lasery wysokoenergetyczne, których zadaniem jest podgrzanie odpowiednich struktur skóry, czego efektem jest ich denaturacja i utrata funkcji biologicznych. Kolejnym następstwem działania wysokiej temperatury jest koagulacja, która prowadzi do niszczenia tkanek. Stosowanie krótkich impulsów pozwala na uszkodzenie jedynie tkanki docelowej i ogranicza przekazywanie ciepła do otaczających tkanek. Czas impulsu powinien być krótszy niż czas termicznej relaksacji tkanki (czas, w którym obiekt oddaje do otoczenia połowę dostarczonej energii). Przestrzeganie tej reguły pozwala zadziałać na ściśle określony obszar bez uszkodzenia okolicznych struktur^{3,7}.

Biorąc pod uwagę wyżej określone zależności, kluczowym parametrem dla wyboru lasera jest długość emitowanej fali, co jest skorelowane z chromoforem, który będzie pochłaniał promieniowanie laserowe. Jeżeli więc chcemy odparować tkanki, stosujemy lasery ablacyjne. Będą to przede wszystkim laser CO₂, erbowo-jagowy i erbowo-szkłany. Lasery ablacyjne wykorzystane są przede wszystkim w zabiegach laserowego resurfacingu oraz usuwaniu blizn i rozstępów.

Ważnym czynnikiem determinującym wybór lasera jest także wydajność systemów chłodzenia naskórka. Chłodzenie może być realizowane poprzez m.in. chłodzenie kontaktowe, metody kriogeniczne (np. parami ciekłego azotu), strumieniem sprężonego powietrza. Skuteczna chłodnia naskórka nie tylko zmniejsza ból zabiegowy, ale również zmniejsza ryzyko poparzeń naskórka.

Niemniej jednak nadrzędnym kryterium wyboru lasera jest jego zastosowanie. Lasery znajdują zastosowanie w coraz szerszym spektrum zabiegów kosme-

tycznych i estetycznych, m.in. w: usuwaniu zmian naczyniowych, laserowej terapii przebarwień skóry, usuwaniu owłosienia czy tatuaży.

Laserowe usuwanie zmian naczyniowych

Teleangiektazje są powszechnie spotykanym problemem estetycznym. Zabiegi polegające na zamykaniu rozszerzonych naczyń krwionośnych są jednym z najczęstszych zabiegów laserowych wykonywanych w medycynie estetycznej. W przypadku tych zabiegów docelowym chromoforem jest oksyhemoglobina i tzw. zredukowana hemoglobina, które znajdują się w naczyniach krwionośnych skóry. Długość fali zastosowanej podczas zabiegu powinna odpowiadać szczytom krzywej absorpcji oksyhemoglobiny, które wynoszą 418 nm, 542 nm i 577 nm. Długości te są minimalne konkurencyjne dla innego chromoforu – melaniny, co wpływa na wysoką skuteczność zabiegu i zmniejsza ryzyko powikłań w postaci odbarwień skóry. Dobór rodzaju lasera oraz parametrów zabiegowych jest uzależniony od głębokości położenia oraz szerokości naczynia. Szerze, głębiej położone naczynia wymagają dłuższej fali, o większej mocy i dłuższego czasu trwania impulsu, aby zapewnić odpowiednią głębokość penetracji wiązki lasera i wystarczające podgrzanie całej objętości naczynia. Najczęściej stosowanym laserem w przypadku teleangiektazji jest laser KTP o długości fali 532 nm. Ze względu na dość płytką penetrację tej długości fali najlepsze efekty laserem KTP można uzyskać w przypadku zmian naczyniowych położonych na kończynach dolnych najczęściej usuwa się, stosując laser Nd:YAG o długości fali 1064 nm^{3,6}.

Laserowa terapia przebarwień skóry

Podczas zabiegów, których celem jest usunięcie przebarwień skóry, chromoforem docelowym jest barwnik melanina. Absorbuje ona promieniowanie o szerokim spektrum 250-1200 nm, jednak długość fali 630-1100 nm jest najkorzystniejsza do tego typu zabiegów. Spowodowane jest to faktem, że ten zakres długości jest lepiej absorbowany przez melaninę niż hemoglobinę, co gwarantuje odpowiednio głębokie wnikanie wiązki laserowej. Do usuwania przebarwień stosuje się również lasery typu Q-switch, o bardzo krótkich impulsach – rzędu nanosekund. W wyniku gwałtownego rozszerzenia struktur powstaje fala uderzeniowa, która niszczy komórki. Istotnym parametrem jest głębokość oraz rodzaj zmiany, którą poddajemy zabiegowi. Wraz z wydłużeniem długości fali absorpcja przez melaninę maleje, natomiast zwiększa się głębokość penetracji lasera w skórę. Krótsze długości fali znajdują zastosowanie w leczeniu płytko położonych przebarwień, natomiast dłuższe – w przypadku przebarwień



Ryc. 1. Efekty działania ablacyjnego lasera frakcyjnego (CO₂) na skórę w zabiegu redukcji rozstępów.

położonych w skórze właściwej. W terapii przebarwień stosuje się lasery barwnikowe impulsowe (510 nm), KTP (532 nm), rubinowe pracujące w trybie zwykłym i Q-switch (694 nm), Nd:YAG pracujące w trybie zwykłym i Q-switch (532 nm i 1064 nm), aleksandrytowe pracujące w trybie zwykłym i Q-switch (755 nm) oraz miedziowe (510 nm). Przebarwienia skóry można również likwidować, stosując lasery ablacyjne, których działanie opiera się na odparowaniu tkanek, np. lasery CO₂^[3,8].

Laserowe usuwanie owłosienia

Podobnie jak w przypadku fototerapii przebarwień chromoforem docelowym podczas laserowego usuwania owłosienia jest barwnik melanina. Światło lasera jest selektywnie absorbowane przez melaninę obecną w strukturach włosa, gdzie zmienia się w energię cieplną i powoduje uszkodzenia termiczne. Aby uszkodzić brodawkę włosa światłem lasera, włos powinien znajdować się w fazie wzrostu – anagenie oraz powinien zawierać eumelaninę. Eumelanina jest brązowo-czarną odmianą melaniny, która w przeciwieństwie do feomelaniny (kolor czerwony) silnie absorbuje promieniowanie lasera. Istotnym parametrem podczas laserowego usuwania owłosienia jest głębokość penetracji lasera, który musi dotrzeć 2-7 mm poniżej powierzchni skóry. Na tej głębokości znajduje się dolna część korzenia włosa, która w fazie anagenu zawiera melanocyty z ziarnistościami. Do zabiegów depilacji wykorzystuje się lasery aleksandrytowe (755 nm), półprzewodnikowe (810 nm) i neodymowo-yagowe (1064 nm). Parametry fizyczne lasera powinny być dobiera indywidualnie do każdego

pacjenta, zależnie od rodzaju włosa, jego koloru i części ciała na której występuje. Na skuteczność depilacji wpływa wiele czynników takich jak: kolor włosa, jego głębokość w skórze, grubość czy lokalizacja, kolor skóry, odstępy między zabiegami, właściwe przygotowanie do zabiegu oraz obecność nieprawidłowego owłosienia (hirsutyzm). Najkorzystniejsze efekty uzyskuje się w przypadku ciemnych włosów i jasnej karnacji. Seria zabiegów laserowych powoduje trwałą redukcję owłosienia (*permanent hair reduction*). Oznacza to, że po zakończonym leczeniu następuje częściowa, ale trwała redukcja owłosienia na obszarze poddanym zabiegowi^[9].

Laserowe usuwanie tatuaży

Tatuaż powstaje w wyniku wprowadzenia pod skórę egzogenego pigmentu, który pozostaje w skórze i jest widoczny na jej powierzchni. Laserowe usuwanie tatuaży jest skomplikowaną procedurą, której skutki trudno jest przewidzieć. Barwniki, jakie stosuje się do tworzenia tatuaży, są bardzo zróżnicowane. Oznacza to, że nie mamy jednorodnego, znanego chromoforu. Powoduje to trudności w dopasowaniu odpowiedniego rodzaju lasera i parametrów zabiegowych. Obecnie najczęściej stosowanymi rodzajami laserów są: laser rubinowy Q-switch (694 nm), laser Nd:YAG Q-switch (532 nm i 1064 nm) oraz laser aleksandrytowy Q-switch (755 nm). Dzięki odpowiedniemu doborowi długości fali, gęstości energii i czasu trwania impulsu (rzędu nanosekund), powstaje fala uderzeniowa. Powoduje ona fragmentację barwnika, którego resztki są następnie usuwane przez makrofagi skóry. Laser rubinowy Q-switch skutecznie usuwa tatuaże czarne i granatowe,

stabiej zielone. Laser Nd:YAG Q-switch (1064 nm) również skutecznie usuwa czarne i granatowe tatuaże, nie nadaje się jednak do usuwania tatuaży czerwonych i żółtych. Natomiast laser Nd:YAG z kryształem podwajającym częstotliwość umożliwia uzyskanie drugiej harmonicznej częstotliwości 532 nm, przy której idealnie usuwane są tatuaże czerwone. Laser aleksandrytowy (755 nm) wykazuje dużą skuteczność w przypadku zielonego barwnika. Do usuwania tatuaży można również stosować lasery ablacyjne, np. laser CO₂, jednak nie dają one satysfakcjonujących efektów kosmetycznych^[3,10].

Laserowe odmładzanie skóry

Podczas zabiegów laserowych mających na celu odmłodzenie skóry można zastosować dwie metody: ablacyjną i nieablacyjną (fotoodmładzanie). W przypadku zabiegów nieablacyjnych nie dochodzi do uszkodzenia powierzchni naskórka. Dzięki temu zabiegi te są mniej inwazyjne, a co za tym idzie – skraca się czas gojenia i ryzyko powikłań po zabiegu. Fotoodmładzanie stosuje się w celu wyrównania kolorytu skóry, usunięcia rozszerzonych naczyń i przebarwień, a jednocześnie w celu pobudzenia produkcji kolagenu, co skutkuje zwiększeniem napięcia skóry i wygładzeniem drobnych zmarszczek. Podczas zabiegu temperatura w obrębie skóry właściwej sięga 55-56°C, co powoduje obkurczenie białkowych wiązań krzyżowych pomiędzy włóknami kolagenu. Stymuluje to również produkcję nowego kolagenu przez fibroblasty. W celu uzyskania optymalnych efektów zaleca się wykonanie 5-6 zabiegów, co 3-4 tygodnie. Następnie co kilka miesięcy zaleca się stosowanie zabiegów przypominających. W tej

aesthetica

metodzie wykorzystuje się lasery KTP (532 nm), barwnikowe pulsacyjne (585 nm, 595 nm), Nd:YAG pracujące w trybie zwykłym i Q-switch (1064 nm, 1391 nm, 1320 nm), diodowe (980 nm, 1450 nm) oraz światłowodowo-erbowo-szklane (1550 nm)^[3,7].

Metody ablacyjne (*skin resurfacing*) stosowane w odmładzaniu skóry opierają się na odparowaniu powierzchniowych warstw skóry i podgrzaniu warstw leżących głębiej. Efektem takiego działania jest obkurczenie włókien kolagenowych, stymulacja fibroblastów i silne pobudzenie procesów regeneracyjnych skóry. Procesy te trwają nawet przez 3-6 miesięcy od zabiegu i w efekcie powodują silne napięcie skóry i wygładzenie zmarszczek. Dodatkową korzyścią tej metody jest wyrównanie kolorytu i powierzchni skóry dzięki usunięciu powierzchniowych zmian posłonecznych. Okres gojenia po zabiegu wynosi średnio 7-14 dni i wyklucza pacjenta z codziennego życia. Po zabiegu obserwuje się zaczerwienienie, obrzęk oraz wytworzenie strupów w miejscu poddanym zabiegowi. Lasery stosowane w tej metodzie to laser CO₂ (10 600 nm) i Er:YAG (2940 nm). Są one silnie absorbowane przez wodę zawartą w skórze. Zabiegi te obarczone są dużym ryzykiem powikłań w postaci bliznowacenia lub nadkażeń^[3,7].

Stosunkowo nową metodą terapii laserowej jest fototermoliza frakcyjna. Zabiegi polegają na naświetlaniu tylko części skóry, a nie całej jej powierzchni. W skórze wytwarzane są mikroskopijne, nieprzylegające do siebie kolumny uszkodzenia termicznego (strefy mikroprzeżrzenia). Są one otoczone przez nieuszkodzoną tkankę, co zapewnia szybsze gojenie niż w przypadku tradycyjnych metod. Metodę frakcyjną również można podzielić na zabiegi ablacyjne i nieablacyjne. Metody ablacyjne powodują odparowanie skóry w strefie mikroprzeżrzenia. Znacznie skraca to czas rekonwalescencji po zabiegu w porównaniu

z metodami ablacyjnymi całej powierzchni skóry. Najczęściej stosowanymi laserami są lasery CO₂ (10 600 nm). Metody nieablacyjne powodują jedynie przeżrzenie skóry w obrębie kolumn. W tym wypadku najczęstszymi laserami są erbowo-szklane (1550 nm)^[3].

Podsumowując, aby wybrać optymalne parametry lasera, którego zamierzamy używać, konieczne jest precyzyjne określenie jego zastosowania. Należy również zwrócić uwagę na takie parametry, jak: długość fali lasera, gęstość energii, średnica plamki, długość impulsu czy wydajność systemów chłodzenia naskórka.

Ponadto laser powinien zapewniać komfort jego operatorowi. Głowica powinna być ergonomiczna i niezbyt ciężka, aby wygodnie prowadzić zabiegi. Należy również zwrócić uwagę na koszty eksploatacji lasera. Jako przykład można podać lasery CO₂, które technologicznie różnią się budową ośrodka czynnego, co znacząco wpływa na ich żywotność.

Piśmiennictwo:

1. Adamski Z., Kaszuba A.: Dermatologia dla kosmetologów. Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego, Poznań 2008; 326-331.
2. Peszyński-Drews C.: Lasery w dermatologii, kosmetologii - wprowadzenie. Postępy Kosmetologii 2011; 1(2): 59-60.
3. Kasprzak W., Mańkowska A.: Fizjoterapia w kosmetologii i medycynie estetycznej. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2010; 205-242.
4. Łabędzka H., Jędrasik E., Wasilewska-Michalak A.: Zastosowanie laserów w kosmetologii. Postępy kosmetologii 2011; 3(2): 37-41.
5. Makarski K.: Techniczne aspekty zastosowania światła w medycynie estetycznej [w:] Medycyna estetyczna w praktyce, Mamcarz B., Prandecka D. (red.), Medical Education, Warszawa 2010; 7-25.
6. Kociemba B.: Laseroterapia w dermatologii estetycznej [w:] Postępy kosmetologii 2010; 4(1): 207-213.
7. Halbina A., Trznadel-Budżko E., Rotsztein H.: Zastosowanie laseroterapii w łagodzeniu objawów starzenia skóry [w:] Przegląd menopauzalny 2010; 3: 190-193.
8. Prandecka D.: Laserowe usuwanie zmian barwnikowych [w:] Medycyna estetyczna w praktyce, Mamcarz B., Prandecka D. (red.), Medical Education, Warszawa 2010; 73-86.
9. Prandecka D., Kryczka A.: Laserowe usuwanie włosów [w:] Medycyna estetyczna w praktyce, Mamcarz B., Prandecka D. (red.), Medical Education, Warszawa 2010; 27-39.
10. Koltowski P.: Laserowe usuwanie tatuaży [w:] Medycyna estetyczna w praktyce, Mamcarz B., Prandecka D. (red.), Medical Education, Warszawa 2010; 87-98.