

Ellen S. Marmur, David J. Goldberg

WPROWADZENIE

W dziedzinie najbardziej zaawansowanej laserowej i nielaserowej technologii związanej z wykorzystaniem źródeł światła chirurdzy dermatologiczni wysunęli się na czoło w stosowaniu nadzwyczajnych innowacji w zakresie nieablacyjnego resurfacingu laserowego. Ta zróżnicowana pod względem technicznym grupa systemów laserowych obejmuje laser KTP (532 nm), pulsacyjny laser barwnikowy (585 nm, 595 nm) laser Nd:YAG (1064 nm), laser Nd:YAG (1064 nm o krótkim impulsie, 1064 nm o długim impulsie, 1320 nm), laser diodowy (1450 nm), lasery erbowo-szklane (1540 nm), laser o intensywnych impulsach świetlnych (500–1200 nm) oraz emitujące światło systemy diodowe (ryc. 3.1). Terapia fotodynamiczna jest najnowszą innowacją wykorzystującą kwas aminolewulinowy w celu wzmocnienia skutków działania światła i technologii opartej na zastosowaniu laserów. Technologia wykorzystująca częstotliwości fal radiowych jest również stosowana do wykonywania zabiegów nieablacyjnych (opisano ją w rozdziale 4). Z historycznego punktu widzenia stosowanie laserów ablacyjnych stanowiło najlepszą opcję terapeutyczną leczenia uszkodzeń skóry wywołanych działaniem światła słonecznego. Niemniej jednak resurfacing wykonywany metodą ablacyjną stał się zabiegiem charakteryzującym się wzrastającym brakiem popularności zarówno wśród pacjentów, jak i wśród lekarzy – ze względu na znaczne ryzyko przedłużania się okresu zdrowienia, możliwości wystąpienia trwałych odbarwień i/lub bliznowacenia. Nieablacyjny resurfacing skóry stał się metodą z wyboru w zakresie świetlnego odmładzania skóry. Metoda ta oferuje eleganckie, wysoce skuteczne, nieinwazyjne leczenie problemów związanych z uszkodzeniami skóry wywołanymi działaniem światła oraz starzeniem się skóry. Tematyka tego rozdziału dotyczyć będzie zastosowania nieablacyjnego resurfacingu skóry w leczeniu pacjentów z uszkodzeniami skóry o łagodnym i umiarkowanym nasileniu spowodowanymi działaniem promieniowania świetlnego.

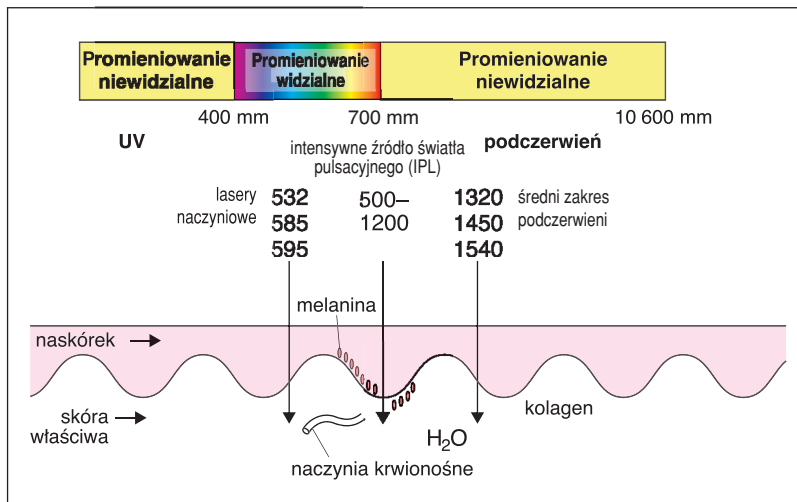
Uszkodzenia skóry spowodowane działaniem promieniowania UV przyspieszają i nasilają fizjologiczne zmiany w przebiegu normalnego procesu starzenia się. Ekspozycja na działanie ultrafioletu wywołuje niezliczoną liczbę zmian w obrębie skóry, nie wyłączając powstawania wolnych rodników, apoptozy, angiogenezy, melanogenezy, mutacji DNA, onkogenezy, immunosupresji, indukcji macierzy metaloproteinaz oraz degradacji tkanki łącznej. Objawy histologiczne uszkodzenia skóry spowodowanego działaniem promieniowania świetlnego obejmują zmniejszenie ilości kolagenu oraz nienormalne skupianie się włókien elastycznych w powierzchniowych warstwach skóry właściwej. Ponadto wyniki analizy strukturalnej wskazują na ścięczenie naskórka,

splaszczanie brodawek skóry właściwej, zwiększenie liczby naczyń krwionośnych, obecność przewlekłego stanu zapalnego, zmiany zwyrodnieniowe włókien sprężystych obejmujące nagromadzenie dużych ilości materiału sprężystego, poszerzenie przestrzeni pomiędzy wiązkami kolagenu oraz przypadkowe odkładanie się włókien kolagenowych.

Wymienione zmiany histologiczne oraz ultrastrukturalne wykazują kliniczną korelację z obecnością zmarszczek, wiotkością skóry, występowaniem żółtych przebarwień skóry oraz teleangiektazji. Resurfacing skóry wykonywany metodą nieablacyjną wyzwała reakcję gojenia się rany w celu odtworzenia normalnej struktury kolagenu w obrębie skóry właściwej. Towarzyszące uszkodzenie naczyń krwionośnych przyciąga mediatory stanu zapalnego, prowadzące do wystąpienia rozrostu tkanki łącznej oraz homogenizacji kolagenu. Klinicznie uszkodzenia skóry wywołane działaniem światła dzieli się na trzy rodzaje (ramka 3.1). Do typu I zalicza się teleangiektazje, słoneczne plamy soczewicowate, zwiększenie szorstkości powierzchni skóry oraz objawy trądziku różowatego. Typ II uszkodzeń skóry wywołanych działaniem światła obejmuje występowanie zmarszczek, zwiotczenie skóry, obecność zaskórników oraz wiotkości skóry. Do typu III zalicza się rogowacenie słoneczne, raki skóry typu *nonmelanoma* oraz czerniaka złośliwego. Standardowe procedury nieablacyjnego resurfacingu skóry są skuteczne u pacjentów z I i II typem uszkodzeń świetlnych skóry. Zasadniczo zabiegi fotoodmładzania skóry podejmuje się w odniesieniu do obszarów skóry ekspozowanych na działanie promieniowania słonecznego w obrębie twarzy, szyi, górnych części klatki piersiowej oraz powierzchni grzbietowych rąk.

Określenie „nieablacyjny resurfacing skóry” obejmuje takie terminy, jak: subsurfacing, resurfacing nieinwazyjny, tonowanie skóry oraz redukcja zmarszczek. Proces ten obejmuje tworzenie się nowego kolagenu w obrębie skóry właściwej oraz zjawisko fotorejuwenacji, będące wynikiem zarówno poprawy stanu naskórka, jak i przebudowy kolagenu. Każda grupa urządzeń do przeprowadzania zabiegów nieablacyjnych zostanie omówiona wraz z odpowiednimi przykładami klinicznymi w celu zapewnienia uzyskania optymalnych wyników terapeutycznych, realistycznych oczekiwań ze strony pacjenta dotyczących wyników zabiegu oraz w celu odpowiedniego postępowania w razie wystąpienia ewentualnych powikłań.

Nieablacyjne zabiegi resurfacingu skóry można podzielić na pięć zasadniczych grup w zależności od stosowanego sprzętu. Są to: zabiegi wykonywane z wykorzystaniem laserów naczyniowych, laserów pracujących w środkowym paśmie podczerwieni, źródeł intensywnego światła pulsacyjnego, urządzeń wykorzystujących częstotliwość fal radio-



Ryc. 3.1 Spektrum promieniowania elektromagnetycznego oraz chromofory docelowe.

Ramka 3.1 Klasyfikacja uszkodzeń świetlnych skóry

Typ I

Plamy soczewicowate, teleangiektazje, zwiększona szorstkość powierzchni skóry, objawy trądziku różowatego

Typ II

Zmarszczki, wiotkość skóry, zwiotczenie skóry

Typ III

Rogowacenie słoneczne, raki skóry typu *nonmelanoma*

Ramka 3.2 Klasyfikacja urządzeń

Lasery naczyniowe

Lasery pracujące w zakresie średniego pasma podczerwieni

Systemy emitujące intensywne światło pulsacyjne

Systemy wykorzystujące częstotliwość radiową

LED

wych oraz opracowanej w ostatnim okresie technologii diod (LED) emitujących promieniowanie świetlne (ramka 3.2). Terapia fotodynamiczna wykorzystuje kwas aminolewulinowy w połączeniu z aktywacją światłem emitowanym przez źródło światła lub laser w celu zwiększenia wyników fotoodmładzania.

Nieablacyjny resurfacing skóry jest metodą nadającą się idealnie do stosowania u pacjentów z objawami spowodowanymi działaniem światła, uszkodzeń skóry o łagodnym i umiarkowanym nasileniu oraz z objawami starzenia się skóry. Takie postępowanie nie zostało opracowane z myślą o pacjencie, który chce uzyskać określony stopień poprawy i jest w stanie zaakceptować dodatkowe ryzyko, związane z przeprowadzeniem bardziej ryzykownych procedur chirurgicznych. Technologie nieablacyjne stymulują syntezę włókien kolagenowych w celu zmniejszenia nasilenia zmarszczek oraz wiotkości skóry. Efekt końcowy jest oczywiście bardziej subtelny w porównaniu z wynikami po zastosowaniu bardziej agresywnych metod chirurgicznych oraz po laserowych zabiegach kosmetycznych. Niemniej jednak po wykonaniu zabiegu nieablacyjnego resurfacingu skóry nie wymagany jest zasadniczo okres rekonwalescencji. Stosując

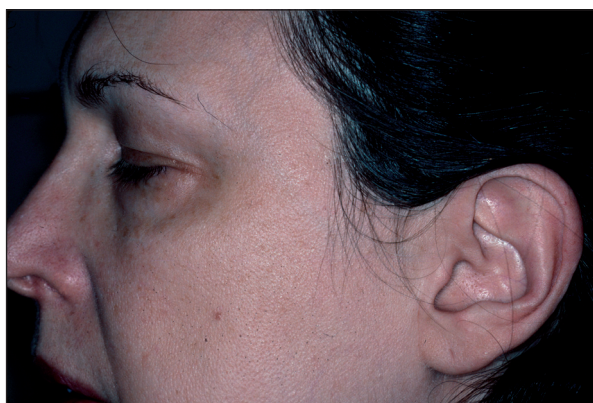
metody nieablacyjne, unika się ryzyka związanego z koniecznością stosowania znieczulenia ogólnego, a większość zabiegów można przeprowadzić w niewielkim znieczuleniu miejscowym lub nawet bez jego stosowania. Wykonywanie tego rodzaju zabiegów umożliwia również uniknięcie ryzyka wystąpienia infekcji będących główną przyczyną zachorowalności oraz powikłań, których występowanie obserwuje się po przeprowadzeniu inwazyjnych zabiegów chirurgii kosmetycznej. Wykonanie zabiegów nieablacyjnych jest łatwe oraz mogą one być szybko wykonane w warunkach ambulatoryjnych. Zyskały one miano zabiegów laserowych wykonywanych w porze lunchu. Wyniki uzyskiwane po przeprowadzeniu tych zabiegów nie są tak wyraźne jak te, które obserwuje się w następstwie standardowych zabiegów chirurgicznych. W rzeczywistości pacjenci, którzy ostatecznie planują przeprowadzenie bardziej rozległych zabiegów z zakresu chirurgii kosmetycznej, często wybierają wykonanie w pierwszej kolejności zabiegu nieablacyjnego resurfacingu skóry. Inwazyjne zabiegi dermatochirurgiczne z zakresu procedur laserowych, takie jak laserowa plastyka powiek oraz ablacyjny resurfacing laserowy, zostaną omówione w dalszych częściach tego podręcznika.

DOBÓR PACJENTÓW

Dobór pacjentów kwalifikujących się do przeprowadzenia nieablacyjnego zabiegu resurfacingu skóry opiera się na indywidualnej ocenie stopnia uszkodzenia skóry wywołanego działaniem promieniowania świetlnego oraz procesu starzenia się skóry. Idealnym pacjentem jest osoba w wieku 35–55 lat z umiarkowanie nasilonymi objawami uszkodzenia świetlnego skóry oraz jej starzenia się (ryc. 3.2) Młodszy pacjenci z łagodnymi objawami uszkodzenia świetlnego skóry (*photodamage*) mogą również wykazywać poprawę faktury skóry po wykonaniu zabiegu nieablacyjnego resurfacingu; jakkolwiek uzyskane wyniki będą subtelne. Odwrotnie, pacjenci z głębokimi zmarszczkami oraz nasilonym zwiotczeniem skóry mogą wykazywać znikomą reakcję na leczenie lub brak poprawy. Tego rodzaju pacjenci mogą okazać się lepszymi kandydatami do wykonania zabiegu ablacyjnego resurfacingu skóry lub przeprowadzenia innych, bardziej agresywnych zabiegów kosmetycznych. Ocena oczekiwań pacjentów w trakcie konsultacji ma krytyczne znaczenie dla przeprowadzenia odpowiedniego do-

boru pacjentów do wykonania zabiegu nieablacyjnego resurfacingu skóry.

Ciemniejsza karnacja może wykluczać stosowanie niektórych rodzajów zabiegów nieablacyjnego resurfacingu. U tych pacjentów źródła światła oraz lasery, których promieniowanie wywiera działanie na barwnik skóry, muszą być stosowane ze szczególną ostrożnością przy ustawieniach umożliwiających minimalizację uszkodzeń termicznych. Objawy uboczne, takie jak: powstawanie pęcherzy, tworzenie się blizn, ogniskowych zmian zanikowych, zmian utkania skóry, przebarwień lub odbarwień, mogą występować z większym prawdopodobieństwem u osób o ciemniejszej karnacji. Elementem docelowym laserów pracujących w średnim zakresie podczerwieni, emitujących falę o długości wahającej się w zakresie pomiędzy 1320 i 1540 nm, jest woda znajdująca się w skórze właściwej; teoretycznie mogą one być bezpiecznie stosowane u osób z ciemniejszą karnacją skóry. Niemniej jednak w razie napromieniowania energią laserową o większej gęstości niespecyficzne pochłanianie energii laserowej przez melaninę może prowadzić do wystąpienia uszkodzeń termicznych oraz objawów ubocznych nawet u osób o ciemniejszej karnacji. Najbardziej pospolicym, jakkolwiek rzadko spotykanym objawem ubocznym, doświadczanym przez pacjentów z ciemniejszą karnacją, po przeprowadzeniu nieablacyjnego resurfacingu skóry jest



Ryc. 3.2 Idealny pacjent nadający się do wykonania zabiegu nieablacyjnej fotorejuwenacji.

Ramka 3.3 Kryteria wykluczające

Doustna terapia za pomocą retinoidów – 6 miesięcy
Resurfacing ablacyjny – 6 miesięcy
Pilingi chemiczne – o średniej lub dużej głębokości, 6 miesięcy
Czynne schorzenia skóry w obrębie obszaru skóry, który ma zostać poddany leczeniu – opryszczka, liszajec zakaźny, schorzenia o podłożu autoimmunologicznym

przebiegiowa hiperpigmentacja. Wystąpienie tego objawu ubocznego obserwuje się zazwyczaj po zastosowaniu urządzeń do wykonywania zabiegów metodą nieablacyjną wykorzystujących system kriogenicznego chłodzenia naskórka. Wystąpienie przebarwień może być wynikiem urazu kriogenicznego, a można tego uniknąć przez zmniejszenie ilości środka kriogenicznego w trakcie każdego impulsu laserowego. Szczegółowe omówienie laserowych i nielaserych źródeł światła stosowanych do leczenia pacjentów z ciemniejszą karnacją można znaleźć w innych miejscach tego podręcznika (zob. rozdział 5).

Jest pewna grupa pacjentów, którzy nie są odpowiednimi kandydatami do wykonywania zabiegów resurfacingu metodą nieablacyjną. Jakkolwiek jest to kontrowersyjne, należą do niej osoby, które przyjmowały doustnie retinoidy (przez 6 miesięcy) przed planowanym wykonaniem resurfacingu metodą nieablacyjną, u których wykonano w ostatnim okresie resurfacing z użyciem lasera lub metodą głębszego pilingu chemicznego i/lub cierpią z powodu aktywnej choroby skóry dotyczącej obszaru, w którego obrębie planowane jest wykonanie zabiegu (ramka 3.3). Na koniec – w rzadkich przypadkach może wystąpić reaktywacja infekcji wirusem opryszczki. U tych pacjentów wskazane jest profilaktyczne zastosowanie terapii przeciwwirusowej.

LASERY NACZYNIOWE (532–1064 nm)

Pulsacyjny laser barwnikowy pompowany lampą błyskową (FLPDL) był pierwszym laserem naczyniowym (tab. 3.1), który został opracowany zgodnie z zasadami selektywnej fototermolizy. Był on zaprojektowany ze szczególnym uwzględnieniem leczenia naczynek płaskich (*port wine stain*). Jakkolwiek początkowo był stosowany przy ustawieniach długości fali wynoszących 577 nm (szczyt absorpcji hemoglobiny) oraz czasie trwania impulsu 450 μ s (krótszym od czasu relaksacji termicznej skórnej zmiany naczyniowej będącej docelowym elementem postępowania terapeutycznego), obecnie dostępne pulsacyjne lasery barwnikowe emitują fale świetlne o długości pomiędzy 585 i 595 nm o czasach trwania impulsu pomiędzy 350 μ s i 40 ms. Zmienne długości fali oraz czasy trwania impulsów laserowych prowadzą do tego, że celem terapii laserowej stają się naczynia krwionośne o zróżnicowanych rozmiarach.

Lasery typu FLPDL wykorzystują lampę błyskową o dużej mocy w celu wzbudzenia elektronów barwnika organicznego (rodamina). Pierwotnie prowadziło to do emisji światła w kolorze żółtym o długości fali wynoszącej 577 nm. Barwnik został zmodyfikowany w taki sposób, aby emitował fotony przy różnych długościach fali, odpowiadających szczytom absorpcji hemoglobiny znajdującej się w różnych stadiach utlenienia. Celem fal świetlnych o większej długości są w teorii większe i umiejscowione w skórze głębiej naczynia krwionośne. Do metod chłodzenia o podwyższonym

Tabela 3.1 Powszechnie stosowane lasery naczyniowe

Nazwa handlowa	Długość fali (nm)	Wielkość plamki (mm)	Czas trwania impulsu (ms)
V Star	585, 596	7, 10, 12	0,5–40
V Beam	595	7, 10	0,45–40
N Lite	585	5, 7	350
Aura	532	1, 2, 4	1–50
Versapulse	532	2–6	1–50
Diolite	532	5, 7, 10, 14	1–100

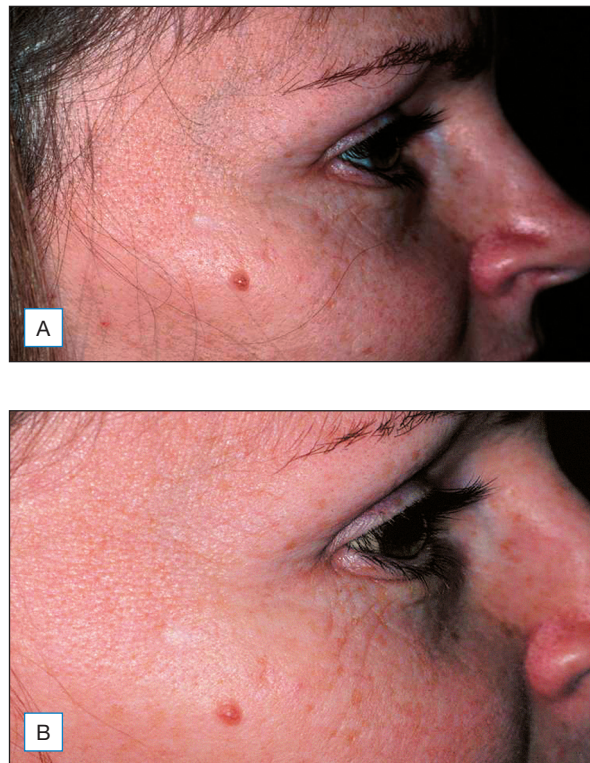
bezpieczeństwie należy stosowanie chłodzących aerozoli kriogenicznych stosowanych w postaci milisekundowych aplikacji przed zadziałaniem impulsu laserowego lub chłodzenie za pomocą zimnego powietrza dostarczanego na powierzchnię skóry w czasie stosowania impulsów laserowych. W ostatnim okresie zaprojektowano systemy laserowe o wydłużonym czasie trwania impulsu, znane pod nazwą laserów barwnikowych o zróżnicowanym czasie trwania impulsu (V-Beam®, Candela, Wayland, MA; V Star® i Cynergy®, Cynosure, Chelmsford, MA) w celu umożliwienia skutecznego i jednocześnie delikatnego, ujednoliconego ogrzania naczyń krwionośnych bez wywołania objawów plamicy.

W ostatniej dekadzie, dermatochirurdzy stosujący FLPDL w celu leczenia zmian naczyniowych zauważyli występowanie nieznacznej poprawy elastyczności i struktury skóry oraz zmniejszenie nasilenia zmian barwnikowych. Niektórzy lekarze donosili również o występowaniu poprawy dotyczącej rozstępów skóry po zastosowaniu laserów naczyniowych. Ostatecznie wykazano, że leczenie przerostowych blizn oraz bliznowców za pomocą pulsacyjnych laserów barwnikowych prowadzi do uzyskania zarówno klinicznej, jak i histopatologicznej poprawy dotyczącej kolagenu skóry. Wydaje się, że chromoforem docelowym terapii z wykorzystaniem FLPDL jest układ naczyniowy skóry zawierający hemoglobinę. Dokładny mechanizm tworzenia się kolagenu w wyniku działania pulsacyjnego lasera barwnikowego pozostaje niejasny. Teoretycznie – powodowane działaniem lasera uszkodzenie śródbłoków naczyniowych wywołuje powstawanie cytokin, które prowadzą do przemodelowania kolagenu skóry oraz poprawy wyglądu zmarszczek.

Tradycyjnie stosowanie terapii za pomocą pulsacyjnych laserów barwnikowych często wiąże się z występowaniem powikłania w postaci plamicy. Brak kosmetycznego efektu w stosowaniu starszych modeli FLPDL ograniczał przydatność tego urządzenia do wykonywania nieablacyjnych zabiegów resurfacingu. Do stosowanych obecnie pulsacyjnych laserów barwnikowych, które odgrywają rolę w zabiegach nieablacyjnego resurfacingu, należą: opisana uprzednio seria V-Star® firmy Cynosure (chłodzenie powietrzem, zmienne długości fali pomiędzy 585 i 600 nm oraz zróżnicowane czasy trwania impulsów), seria V-beam® firmy Candela (chłodzenie kriogeniczne, długość fali 595 nm oraz zróżnicowane czasy trwania impulsu), laser Nlite® firmy Photonics USA (585 nm, 350 μ s, system 3 J) oraz nowy laser Cynergy® firmy Cynosure (chłodzenie powietrzem, łączone 595 i 1064 nm długości fali przy zróżnicowanych czasach trwania impulsu).

Wyniki kilku badań wykazały, że zwiększone wytwarzanie kolagenu może się pojawić w wyniku leczenia za pomocą pulsacyjnych laserów barwnikowych z zastosowaniem energii o mniejszej gęstości oraz bez wywołania zmian plamicznych. Zelickson ze współpracownikami wykazali poprawę dotyczącą kolagenu skóry po zastosowaniu jednego przejścia wiązki laserowej urządzenia FLPDL o długości fali wynoszącej 585 nm (450 ms). Nie stwierdzono większej skuteczności wielokrotnych przejść wiązki FLPDL (o długości 585 nm lub 595 nm) przy gęstości energii zbliżonej do gęstości wywołującej plamicę w tworzeniu kolagenu skóry w porównaniu z wynikami uzyskiwanymi po pojedynczym przejściu wiązki laserowej.

Na podstawie wyników jednego z badań Goldberg i Saradet przeanalizowali zarówno kliniczną poprawę zmarszczek, jak i dowody wynikające z badań w mikroskopie elektronowym, wskazujące na wystąpienie zmian ultrastrukturalnych po leczeniu za pomocą nieablacyjnego, pompowanego



Ryc. 3.3 Pacjentka leczona za pomocą FLPDL: (A) przed leczeniem; (B) po leczeniu.

go lampą błyskową lasera barwnikowego (595 nm). W 6. miesiącu po przeprowadzeniu dwóch zabiegów laserowych 40% osób poddanych terapii zauważyło łagodną poprawę wyglądu zmarszczek. Ocena dokonana przez lekarzy, którzy nie prowadzili leczenia, wykazała pewien stopień poprawy u 50% leczonych osób. Łagodną poprawę jakości oraz faktury skóry zauważyło również 50% osób leczonych. Wyniki badań w mikroskopie elektronowym wykazały pojawienie się zmian ultrastrukturalnych odpowiadających procesom w przebiegu tworzenia się nowego kolagenu (ryc. 3.3). Wykazano również skuteczność innych systemów laserowych, takich jak laser KTP 532 nm, laser aleksandrytowy 755 nm oraz 810 nm laser diodowy i Nd:YAG 1064 nm w zakresie wykonywania zabiegów resurfacingu nieablacyjnego. Do chromoforów pochłaniających promieniowanie laserów o długości fali 1064 nm można zaliczyć melaninę, hemoglobinę oraz znajdującą się w skórze wodę.

W jednym z badań przeprowadzonych przez Lee oceniono rozdzielne oraz łączne stosowanie laserów o długim czasie trwania pulsu KTP 532 nm oraz Nd:YAG 1064 w zakresie wykonywania zabiegów nieablacyjnego resurfacingu (Lee 2003). Po wykonaniu serii terapeutycznej składającej się z trzech do sześciu zabiegów pacjenci leczeni za pomocą kombinacji polegającej na stosowaniu laserów 532 nm i 1064 nm wykazywali większą poprawę w zakresie I i II typu uszkodzeń skóry wywołanych działaniem światła słonecznego. Stosowany wyłącznie laser KTP umożliwiał uzyskanie lepszych wyników w porównaniu z wyłącznym stosowaniem lasera Nd:YAG. Oba rodzaje laserów stosowane rozdzielnie prowadziły do uzyskania gorszych wyników w porównaniu z obserwowanymi rezultatami, gdy pacjenci byli poddawani terapii z zastosowaniem obu rodzajów lase-

rów. Podobnie jak badania oceniające źródła intensywnego światła pulsacyjnego emitujące polichromatyczne długości fali i skierowane na leczenie licznych objawów uszkodzeń skóry wywołanych działaniem promieniowania słonecznego, było to pierwsze badanie polegające na połączonym stosowaniu dwóch laserów w celu leczenia zarówno naskórkowych, jak i dotyczących skóry właściwej elementów związanych z procesem starzenia się skóry wywołanych działaniem promieniowania słonecznego.

Tak więc wydaje się, że stosowanie leczenia za pomocą laserów naczyniowych w zakresie zabiegów nieablacyjnego fotoodmładzania jest odpowiednie dla pacjentów z jedną lub większą liczbą składowych I lub II typu uszkodzenia skóry wywołanego działaniem promieniowania słonecznego (ryc. 3.4). Pacjenci z zaburzeniami barwnikowymi, szorstkością skóry, zaczerwienieniem lub obecnością zmarszczek mogą odnieść korzyść ze stosowania tego rodzaju leczenia. Do rzadziej spotykanych objawów ubocznych należą: plamica, zaburzenia barwnikowe, powstawanie pęcherzy oraz bliznowacenie (ryc. 3.5). Osoby o ciemniejszej karnacji skóry mo-



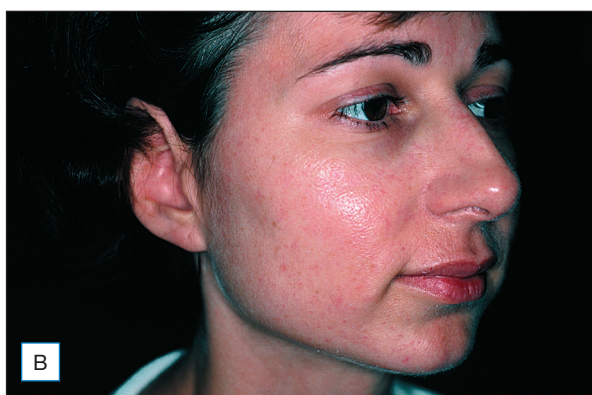
Ryc. 3.5 Powikłania FLPDL: plamica.

gą być leczone – z zachowaniem większej ostrożności – za pomocą lasera Nd:YAG (1064 nm) oraz po dobraniu odpowiedniej gęstości energii. Ze względu na profil potencjalnych objawów ubocznych, zwłaszcza u osób o ciemniejszej karnacji, w razie stosowania dostępnych obecnie systemów laserowych w celu likwidowania zmarszczek nadal pożądane może być stosowanie innych opcji terapeutycznych.

LASERY PRACUJĄCE W ŚREDNIM ZAKRESIE PROMIENIOWANIA PODCZERWONEGO (1320 NM, 1450 NM, 1540 NM)

Przeprowadzono znaczną liczbę badań oceniających kliniczne i histologiczne efekty będące następstwem leczenia za pomocą laserów pracujących w średnim zakresie promieniowania podczerwonego. Do grupy laserów pracujących w średnim zakresie podczerwieni należą: laser Nd:YAG 1320 nm (CoolTouch®; CoolTouch Corp., Auburn, CA), 1319 nm Nd:YAG (Profile, Sciton, Palo Alto, CA) 1450 nm laser diodowy (Smoothbeam®; Candela Corp., Wayland, MA) oraz laser erbium:glass 1540 nm (Aramis®, Quantel Medical, Clermond-Ferrand, France) (tab. 3.2).

Pierwszym, wyraźnie nieablacyjnym laserem, który był sprzedawany wyłącznie w środowisku lekarskim, był laser Nd:YAG emitujący falę o długości 1320 nm. Celem stosowania tego systemu, podobnym do celów stosowania wszystkich urządzeń do wykonywania zabiegów resurfacingu nieablacyjnego, jest poprawa wyglądu zmarszczek skóry bez wywoływania rany w obrębie naskórka. Długość fali wynosząca 1320 nm jest korzystna ze względu na jej wysoki współczynnik rozproszenia. Tak więc wyemitowane promieniowanie laserowe ulega rozproszeniu w obrębie leczonego obszaru skóry właściwej po niespecyficznym absorpcji przez wodę zawartą w jej obrębie. Wynikający z tego uraz termiczny wyzwala teoretycznie uszkodzenie naczyń oraz kaskadę zdarzeń prowadzących do przebudowy kolagenu



Ryc. 3.4 Pacjentka leczona FLPDL: (A) przed leczeniem; (B) po leczeniu.

Tabela 3.2 Lasery pracujące w zakresie środkowego pasma podczerwieni będące w powszechnym użyciu

Nazwa handlowa	Długość fali (nm)	Wielkość plamki (mm)	Czas trwania pulsu (ms)
Cooltouch	1320	10	200
Smoothbeam	1450	4,6	250
Aramis	1540	4	3,5



Ryc. 3.6 Przed leczeniem (A) oraz po leczeniu (B) za pomocą lasera pracującego w średnim zakresie podczerwieni.

skóry właściwej oraz kliniczną poprawę wyglądu zmarszczek (ryc. 3.6).

Dostępny obecnie model lasera Nd:YAG emitujący fale o długości 1320 nm jest wyposażony w unikatową rękojeść z trzema portalami. Jeden z nich zawiera aerozol kriogeniczny chłodzący naskórek przed zabiegiem laserowym, podczas niego oraz po nim, kolejny z portali emituje promieniowanie laserowe Nd:YAG o długości 1320 nm, trzeci z nich zawiera czujnik temperatury. Emitowana gęstość energii promieniowania laserowego Nd:YAG o długości fali 1320 nm prowadzi do uzyskania maksymalnej mierzonej temperatury naskórka na poziomie 42–48°C. Powierzchniowa temperatura naskórka wahająca się pomiędzy 40 a 48°C koreluje z temperaturą skóry właściwej, wynoszącą 70°C. Jest to wymagana temperatura skóry właściwej w celu uzyskania denaturacji kolagenu i pojawiającej się w następstwie reakcji w postaci gojenia się rany. Sensor termiczny rękojeści lasera wychwytuje maksymalną temperaturę powierzchniową T_{max} po przeprowadzeniu początkowego testu plamkowego, umożliwiając lekarzowi odpowiednie dostosowanie gęstości energii. Na przykład T_{max} po początkowym teście plamkowym przy ustawieniu gęstości energii na poziomie 14 J/cm² może wynosić 37°C. W celu uzyskania optymalnych wyników klinicysta powinien zwiększać gęstość energii o 1 J/cm² aż do chwili uzyskania temperatury powierzchniowej w zakresie 42–48°C.

Wyniki licznych badań wykazały, że w obrębie skóry z uszkodzeniami wywołanymi działaniem światła słonecznego, leczonej promieniowaniem laserowym o długości fali 1320 nm, dochodzi do wystąpienia zjawiska powstawania nowego kolagenu (neokolageneza).

Fatemi wraz ze współpracownikami (2002) wykazał, że zastosowanie trzech przejść wiązki laserowej przynosi lepsze wyniki w porównaniu z pojedynczym przejściem wiązki laserowej (Nd:YAG, 1320 nm) w postaci wczesnych zmian histologicznych, takich jak uszkodzenie naczyń, apoptoza oraz obrzęk, które to zmiany, jak się uważa, prowadzą do uwolnienia kaskady mediatorów stanu zapalnego i będącej jego następstwem neokolagenezy.

Laser diodowy emitujący promieniowanie o długości fali 1450 nm jest bardzo podobny pod względem wywołanego efektu do lasera Nd:YAG emitującego fale o długości 1320 nm. Laser ten, pracujący w zakresie średniej długości promieniowania podczerwonego, wywołuje również odparowanie wody zawartej w skórze właściwej, wytwarza niezauważalną ranę, a w następstwie tego dochodzi do zjawiska neokolagenezy, wywierającego wpływ na proces leczenia zmarszczek oraz zanikowych blizn potrądzikowych. Laser diodowy emitujący fale o długości 1450 nm oraz laser Nd:YAG emitujący fale o długości 1320 nm są często stosowane wymiennie, z uzyskiwaniem podobnej skuteczności terapeutycznej. Niemniej jednak kwestią dalszych obserwacji pozostaje stwierdzenie, czy zastosowanie bardziej swoistych parametrów terapeutycznych wykaże wyższość jednego z systemów laserowych. Wyniki jednego z badań przeprowadzonego przez Tanziego i Alstera (2004) zasugerowały przewagę lasera diodowego emitującego fale o długości 1450 nm w zakresie zabiegów rekonturowania blizn zanikowych, jeżeli jest on stosowany przy ustawieniu gęstości energii wahających się w zakresie 9–14 J/cm².

Wyniki innego badania, przeprowadzonego przez Friedmana i współpracowników (2004), wykazały, że laser diodowy emitujący fale o długości 1450 nm uszkadza wybiórczo gruczoły łojowe i jest skuteczny w leczeniu zapalnej odmiany trądzika skóry pleców. Ostatecznie wyniki badania porównującego efekt uzyskiwany w wyniku wyłącznego stosowania mieszaniny kriogenicznej z efektem uzyskiwanym po zastosowaniu lasera emitującego fale o długości 1450 nm z jednoczesnym chłodzeniem za pomocą mieszanki kriogenicznej wykazały uzyskiwanie lepszych wyników po zastosowaniu lasera, polegających na znacząco większym tworzeniu się kolagenu w obrębie warstwy brodawkowej skóry właściwej.

Laser diodowy emitujący fale o długości 1450 nm wykorzystuje zintegrowane urządzenie chłodzące dostarczające kriogeniczną mieszaninę chłodzącą przed naświetleniem promieniowaniem laserowym, podczas niego oraz po nim w sposób podobny do tego, który obserwuje się w razie stosowania lasera Nd:YAG emitującego fale o długości 1320 nm. Laser ten charakteryzuje się nieco dłuższym czasem emitowanego impulsu, wynoszącym 250 ms w porównaniu z 200 ms czasu trwania impulsu w razie stosowania lasera Nd:YAG emitującego fale o długości 1320 nm. Rękojeść lasera emitującego fale o długości 1450 nm nie zawiera sensora termicznego, ale ogólnie terapeutyczne wartości gęstości energii wahają się pomiędzy 9 a 14 J/cm². Teoretycznie, gdy laser ten stosowany jest u osób z ciemniejszą karnacją, pochłanianie jego promieniowania przez melaninę zawartą w naskórku nie powinno występować. Niemniej jednak nadal istnieje ryzyko wystąpienia pojawiających się po zabiegu odbarwień skóry (*hypopigmentatio*), gdy laser ten jest stosowany u osób z IV, V lub VI typem skóry. Wystąpienie odbarwienia może być spowodowane wtórnie urazem kriogenicznym i/lub niespecyficznym pochłanianiem energii.

Laser erbium:glass emitujący fale o długości 1540 nm jest w Europie szeroko stosowany w leczeniu zmarszczek o łagodnym i umiarkowanym nasileniu.

Podobnie jak w przypadku wszystkich laserów pracujących w średnim zakresie podczerwieni, wybiórcze odparowanie tkanek skóry właściwej zawierających wodę prowadzi w następstwie do przebudowy kolagenu i zmniejszenia nasilenia zmarszczek. Promieniowanie tego lasera przenika na głębokość 2 mm. Teoretycznie głębokość ta koreluje z głębokością maksymalnie nasilonych zmian w przebiegu zwyrodnienia włókien sprężystych wywołanego działaniem promieniowania słonecznego (*elastosis solaris*). System ten pod kilkoma względami różni się od laserów emitujących fale o długości 1320 i 1450 nm. Zamiast trójfazowego systemu chłodzenia kriogenicznego rękojeść lasera 1450 nm erbium:glass zapewnia ciągle chłodzenie kontaktowe za pomocą soczewki szafirowej schłodzonej do temperatury 5°C. Skuteczność lasera 1540 nm została wykazana na podstawie fotografii, profilometrii oraz badań ultradźwiękowych, które wykazały 40% zmniejszenie ilości zmarszczek oraz 17% zwiększenie grubości naskórka w 6. tygodniu po wykonaniu 4. zabiegu. Wyniki innego badania wskazały na wystąpienie istotnej przebudowy kolagenu skóry, uzyskanie satysfakcji klinicznej oraz obecność niewielkiej liczby objawów ubocznych po leczeniu za pomocą lasera 1540 nm.

Do wspólnych objawów ubocznych po stosowaniu wszystkich rodzajów laserów pracujących w średnim zakresie podczerwieni należą przejściowe dolegliwości bólowe, obrzęk oraz rumień, występujące w obrębie obszarów poddanych leczeniu. Ustępują one w ciągu 48 godzin. Do rzad-



Ryc. 3.7 Powikłania po leczeniu promieniowaniem podczerwonym o średniej długości fali: tworzenie się pęcherzy.



Ryc. 3.8 Powikłania po leczeniu promieniowaniem podczerwonym o średniej długości fali: przebarwienia.

ko spotykanych objawów ubocznych należą: reaktywacja infekcji wywołanej wirusem opryszczki zwykłej, zmiany barwnikowe, tworzenie się lub bliznowacenia (ryc. 3.7 i 3.8).

Wbrew zgodnym dowodom na poziomie ultrastrukturalnym, wskazującym na przebudowę kolagenu skóry właściwej z udziałem kolagenu typu I, poprawa kliniczna nie zawsze koreluje ze stopniem histologicznego rozrostu tkanki łącznej. Postępy technologiczne oraz ustalenie optymalnych parametrów terapeutycznych będą bez wątpienia prowadziły do uzyskania większej poprawy w zakresie wyników klinicznych z utrzymywaniem się niskiego profilu objawów ubocznych.

INTENSYWNE ŚWIATŁO PULSACYJNE

Urządzenia emitujące światło polichromatyczne w celu przeprowadzania termokoagulacji zmian naczyniowych opracowano po raz pierwszy w latach siedemdziesiątych. W połowie lat dziewięćdziesiątych pierwsze źródła emitujące pulsacyjne światło o wysokiej intensywności (IPL) zostały sprzedane lekarzom. Od tej chwili liczne IPL oraz urządzenia będące kombinacją IPL, laserów i/lub źródeł fal o częstotliwościach fal radiowych stały się dostępne w celu wykonywania zabiegów nieablacyjnego resurfacingu.

Systemy IPL są źródłami światła polichromatycznego o wysokiej intensywności, emitującymi impulsy świetlne w szerokim paśmie długości fal pomiędzy 400 i 1200 nm. W celu zwięźszenia szerokości pasma emitowanych długości fal dostępne są filtry odcięcia, umożliwiające wybiórcze dotarcie do różnorodnych struktur znajdujących się na różnych głębokościach skóry. Na przykład stosowane filtry mogą wymagać zmiany w celu dotarcia do naczyń krwionośnych o różnej średnicy i znajdujących się na różnych głębokościach mieszków włosowych lub komórek barwnikowych skóry. Filtry o wysokich wartościach odcięcia mogą być używane w celu zmniejszenia absorpcji melaniny i ochrony naskórka u pacjentów z ciemniejszą karnacją. Ponadto zastosowanie filtrów o wysokiej wartości odcięcia umożliwia emisję fal o większej długości w celu uzyskania niespecyficznej absorpcji przez wodę znajdującą się w skórze właściwej. Prowadzi to do uzyskania rozprzestrzenionego ogrzania skóry, wywołującego uszkodzenie kolagenu i w rezultacie przebudowę jego struktury.

Podobnie jak lasery, systemy IPL działają według zasad wybiórczej fototermolizy. Szczyty absorpcji hemoglobiny wynoszą w przybliżeniu 418 nm, 542 nm oraz 580 nm, melamina zaś pochłania energię w całym spektrum widzialnym (400–700 nm) z niższym współczynnikiem absorpcji, pojawiającym się w zakresie podczerwieni (1200 nm). W przeciwieństwie do laserów leczących określony chromofor za pomocą światła monochromatycznego, systemy IPL mogą być stosowane w celu równoległego leczenia zmian zarówno barwnikowych, jak i naczyniowych. W dodatku światło polichromatyczne napromieniowuje chromofory charakteryzujące się zarówno większymi, jak i mniejszymi szczytami pochłaniania, pozwalając teoretycznie na większą wybiórczą absorpcję energii.

W ostatnim okresie systemy IPL stosowano w celu leczenia zmarszczek. Uważa się, że ich mechanizm działania polega na wywoływaniu indukowanej działaniem światła termicznej denaturacji kolagenu skóry, prowadząc do uruchomienia odczynowej kaskady mediatorów zapalnych i będącej tego następstwem syntezy kolagenu. Wyniki kilku badań wykazały skuteczną poprawę kliniczną zmarszczek po zastosowaniu leczenia za pomocą IPL. Wyniki niektórych

badania wykazały również uzyskiwanie dobrych wyników w leczeniu rozszerzonych porów skóry o dużych rozmiarach oraz teleangiektazji.

W handlu jest dostępnych wiele systemów IPL. Różnią się one spektrum emitowanego światła (nm), filtrami optycznymi (nm), gęstością energii (J/cm^2), sekwencją impulsów, czasem trwania impulsu (ms), czasem opóźnienia impulsu (ms), systemami chłodzenia oraz wielkością plamki (mm^2). Niektóre systemy IPL umożliwiają również nakładanie się impulsów z odstępem czasowym pomiędzy poszczególnymi impulsami. Wspomniane odstępy czasowe pozwalają na ochłodzenie się naskórka oraz powierzchniowych naczyń krwionośnych o małych rozmiarach, podczas gdy energia termiczna gromadzi się w obrębie większych i umiejscowionych głębiej naczyń krwionośnych lub w mieszkach włosowych. W większości tych systemów zastosowano pewne formy chłodzenia chroniącego skórę. W okresie stosowania starszych systemów IPL wielu operatorom trudno było zrozumieć wiele parametrów, których zmiany mogłyby prowadzić do optymalizacji procesu leczenia. Część nowszych systemów IPL ma ustawienia zaprogramowane wstępnie na podstawie wskazań klinicznych oraz rodzajów skóry poddawanej leczeniu, co sprawia, że urządzenia te są bardziej przyjazne dla użytkowników.

Wskazania do stosowania systemów IPL są faktycznie takie same jak wskazania do stosowania systemów laserowych. Są one skuteczne w leczeniu teleangiektazji skóry twarzy, zaburzeń barwnikowych o łagodnym nasileniu oraz pstręgo zaniku skóry Civatte'a. Do innych wskazań, w których można uzyskać sukces terapeutyczny, stosując IPL, należą: oporne na leczenie naczyniaki płaskie (*port wine stain*), deformacje naczyń żylnych oraz naczyniaki krwionośne, leczenie idiopatycznej nadbarwności skóry okolicy oczu, torbieli pilonidalnych, usuwanie zbędnego owłosienia, leczenie trądziku zwykłego, redukcja nasilenia rozrostu gruczołów łojowych oraz korekcja powikłań po zastosowaniu wypełniaczy tkanek miękkich.

Większość bardziej renomowanych ośrodków terapii laserowej zapewnia wielostronne opcje terapeutyczne dla pacjentów z uszkodzeniami skóry wywołanymi działaniem promieniowania słonecznego. IPL lub systemy FLPDL o długim czasie impulsu, nie wywołujące tworzenia się wykwitów plamiczych, stanowią doskonałe opcje terapeutyczne dla pacjentów ze zlewną siecią teleangiektazji w obrębie skóry czoła, gładziny, nosa, policzków, brody, szyi oraz górnej części klatki piersiowej. Stosowanie systemu IPL jest również doskonałą metodą terapeutyczną dla pacjentów

z licznymi objawami posłonecznych uszkodzeń skóry, obejmującymi plamy soczewicowate, zmarszczki o łagodnym nasileniu oraz pstry zanik skóry o nasileniu wahającym się od łagodnego do umiarkowanego.

Jedną z korzyści stosowania IPL w porównaniu z bardziej agresywnymi systemami laserowymi stosowanymi do zabiegów fotoodmładzania skóry jest to, że nowsze urządzenia IPL są bardziej przyjazne dla użytkowników i wywołują jedynie bardzo niewiele znaczących objawów ubocznych. Niemniej jednak stosowane zbyt agresywnie, mogą wywołać bliznowacenie (ryc. 3.9). O ile prowadzenie leczenia za pomocą wcześniejszych modeli FLPDL o krótkim impulsie często prowadziło do występowania plamicy, o tyle stosowanie IPL najczęściej prowadzi do występowania przejściowego rumienia, ustępującego w ciągu kilku godzin, który to rumień można zamaskować, stosując odpowiedni makijaż. Podobnie lasery o krótkim czasie trwania impulsu (*Q-switched*), stosowane w celu usuwania przebarwień naskórka, są często przyczyną pojawiających się natychmiast strupów, podczas gdy IPL zastosowany z powodu identycznych wskazań może wywołać jedynie utrzymujące się przejściowo pogłębione przebarwienie oraz ewentualnie złuszczenie naskórka. Niemniej jednak należy zauważyć, że zasadniczo – jeżeli urządzenie IPL jest stosowane w celu leczenia powierzchniowych zmian barwnikowych – wymagane jest przeprowadzenie większej liczby sesji terapeutycznych w porównaniu z laserem o krótkim czasie trwania impulsu (*Q-switched*).

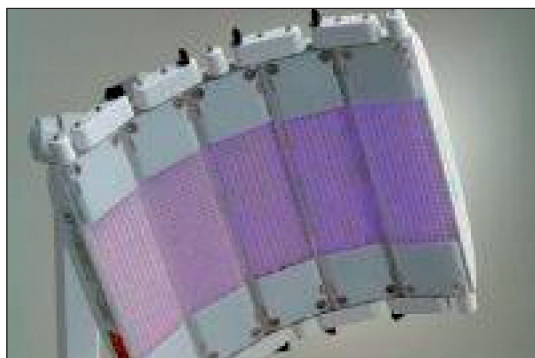
DIODY EMITUJĄCE ŚWIATŁO

Źródła wyposażone w diody emitujące światło (LED) to nowa grupa urządzeń, których działanie opiera się na wykorzystaniu światła, a które zostały pierwotnie opracowane dla Narodowej Agencji Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (NASA) w celu przeprowadzania eksperymentów w przestrzeni kosmicznej. Wyniki badań przeprowadzonych przez agencję wykazały, że diody (LED) dostarczają światło głęboko do ludzkich tkanek, wspomagając gojenie się ran oraz ich wzrost. LED są obecnie stosowane do leczenia wielu schorzeń skóry, takich jak: trądzik, uszkodzenia skóry wywołane działaniem światła, raki skóry typu *nonmelanoma*, zaburzenia barwnikowe, bielactwo, oraz do wykonywania zabiegów odmładzania skóry (fotoodmładzania) i przyspieszania procesu gojenia się ran. Urządzenia LED są często wyposażone w odłączalne głowice terapeutyczne, które mogą dostarczać nie wywołujące bólu promieniowanie świetlne, pozbawione oddziaływania termicznego w wąskim paśmie i o niespójnej długości fali poprzez matrycę zestawu LED o małych rozmiarach do większego panelu terapeutycznego (ryc. 3.10).

Mechanizm działania LED polega na immunomodulacji mastocytów, makrofagów, limfocytów T oraz fibroblastów, prowadząc do przyspieszenia neokolagenezy. Mechanizm ten może obejmować hamowanie aktywności metaloproteiny – enzymu odpowiedzialnego za rozpad kolagenu. Diody emitujące światło w kolorze niebieskim i czerwonym są skuteczne przeciwko *Propionibacterium acnes* w wyniku wywierania działania bakteriobójczego i przeciwzapalnego. Fotomodulacja diod emitujących światło może być wykorzystywana w celu odmładzania skóry, okazuje się również skuteczna w zwiększaniu wyników terapeutycznych uzyskiwanych przez pacjentów, u których stosowane są równoległe zabiegi nieablacyjne oraz zmierzające do likwidacji rozszerzonych naczyń krwionośnych za pomocą urządzeń IPL,



Ryc. 3.9 Powikłanie po leczeniu za pomocą urządzenia IPL: blizna.



Ryc. 3.10 Urządzenie „Captain LED”.

pulsacyjnych laserów barwnikowych, laserów KTP, laserów pracujących w zakresie podczerwieni, urządzeń emitujących energię o częstotliwości fali radiowych oraz laserów ablacyjnych.

Puła pacjentów ze wskazaniami do stosowania terapii LED ciągle się rozszerza ze względu na doskonały profil bezpieczeństwa metody oraz szeroki zakres wskazań do jej stosowania. Pacjenci, u których istnieją przeciwwskazania do stosowania terapii za pomocą LED, to osoby z nadwrażliwością na światło wywołaną przyjmowaniem leków, takich jak antybiotyki, lub ze schorzeniami układowymi, takimi jak liszaj rumieniowaty.

TERAPIA FOTODYNAMICZNA

Terapię fotodynamiczną (PDT) wprowadzono w początkach XX w. jako eksperymentalną metodę leczenia łączącą stosowanie leku o właściwościach światłoczułych, fotoaktywujące światło oraz tlen o właściwościach fototoksycznych, stosowaną w celu niszczenia komórek rakowych. Metoda ta została po raz pierwszy zastosowana w celu leczenia guzów pęcherza moczowego, oskrzeli, przełyku oraz skóry. Mechanizm działania terapii fotodynamicznej obejmuje ścieżkę biosyntezy hemu, w której obrębie składniki prekursorowe są metabolizowane do składników o właściwościach fototoksycznych, takich jak protoporfiryna IX (PpIX). Jakkolwiek metoda okazała się skuteczna, wczesne jej zastosowania z wykorzystaniem leków światłoczułych były poważnie ograniczone zjawiskiem przedłużającej się fototoksyczności. W 1990 r. stosowanie metody PDT zostało ożywione wraz z wprowadzeniem do terapii kwasu 5-aminolewulinowego (ALA), substancji o możliwych miejscowych właściwościach światłoczułych.

Kwas 5-aminolewulinowy stosowany miejscowo jest prekursorem PpIX w zakresie ścieżki biosyntezy hemu. ALA podlega preferencyjnej absorpcji przez ulegające szybkim podziałom komórki naskórka oraz powierzchniowych warstw skóry właściwej. Szczyty absorpcji PpIX przypadają przy długościach fal świetlnych wynoszących 410, 630 oraz 690 nm. W następstwie aktywacji za pomocą światła, PpIX wytwarza wolne rodniki wywołujące destrukcję komórek. Proces ten określany jest mianem terapii fotodynamicznej, został zatwierdzony przez FDA do leczenia ognisk rogowacenia słonecznego. Obecnie preparaty ALA do stosowania miejscowego, wykorzystywane w metodzie PDT, są poddawane badaniom pod kątem zastosowania do zabiegów odmładzania skóry za pomocą światła, leczenia uszkodzeń skóry wywołanych promieniowaniem słonecznym, leczenia raków skóry typu *nonmelanoma*, ziarniniaka gry-

biastego (*mycosis fungoides*), brodawek oraz trądziku zwykłego o nasileniu wahającym się od umiarkowanego do ostrego z jednoczesnym wykorzystaniem źródeł emitujących światło o długości 560–1200 nm.

Terapia fotodynamiczna z wykorzystaniem ALA charakteryzuje się ustabilizowaną pozycją w leczeniu uszkodzeń skóry typu III wywołanych działaniem światła. Dowody na poziomie ultrastrukturalnym wskazują na rozległe tworzenie się nowego kolagenu w skórze po zastosowaniu leczenia metodą ALA-IPL w porównaniu z wynikami uzyskiwanymi po leczeniu wyłącznie za pomocą metody IPL. Do stosowanych obecnie aktywatorów świetlnych należą IPL, PDL oraz LED.

Do najczęściej opisywanych objawów ubocznych po zastosowaniu ALA-PDT należą: przejściowe dolegliwości bólowe, podrażnienia oraz obrzęk utrzymujący się w trakcie leczenia oraz bezpośrednio po leczeniu. U pacjentów utrzymuje się potencjalna nadwrażliwość na działanie światła przez 24–48 godzin, powinni więc oni stosować odpowiednią ochronę przeciwsłoneczną. Mogą również wystąpić zaburzenia barwnikowe oraz bliznowacenie. Jednym z ograniczeń w stosowaniu miejscowych środków o działaniu światłoczułym jest znikoma głębokość ich penetracji. Uprzednie wykonanie mikrodermabrazji lub miejscowa aplikacja acetonu mogą nasilić ich penetrację. Nowe, obiecujące preparaty miejscowe o właściwościach światłoczułych oraz zwiększające penetrację, takie jak kwas etylenodwuaminotetraoctowy (EDTA) oraz dwumetylosulfotlenek (DMSO), znajdują się obecnie w fazie badań.

PRZEGLĄD STRATEGII TERAPEUTYCZNYCH

• Podejście terapeutyczne

Postępowanie terapeutyczne związane z wykonaniem nieablacyjnego zabiegu resurfacingu skóry rozpoczyna się od konsultacji. Najważniejsza informacja, którą należy uzyskać w trakcie konsultacji, dotyczy celów, do których osiągnięcia dąży pacjent w następstwie wykonania zabiegu. Jeżeli pacjent skarży się na występowanie rumienia lub trądziku różowatego, najlepszym wyborem jest zastosowanie urządzeń IPL, FLPDL lub lasera KTP. Jeżeli pacjent jest zaniepokojony zmianami dotyczącymi faktury skóry, takimi jak poszerzone pory lub zmiany trądzikowe, dobrym wyborem będzie zastosowanie urządzenia IPL lub LED. Jeżeli pacjent jest zaniepokojony jedynie obecnością zmarszczek, leczenie z wyboru polega na wykorzystaniu jednego z następujących urządzeń: lasera Nd:YAG 1320 nm, lasera diodowego 1450 nm, laserów typu erbium:glass 1540 nm lub urządzeń emitujących energię o częstotliwości fali radiowych. W razie pojawienia się problemów złożonych, polegających na występowaniu kombinacji dolegliwości takich, jak rumień, trądzik różowaty, przebarwienia, trądzik zwykły lub pogorszenia faktury skóry, zastosowanie urządzenia IPL w połączeniu z terapią wspomagającą z wykorzystaniem LED może zapewnić uzyskanie najlepszych wyników terapeutycznych.

Z chwilą określenia problemu przez pacjenta, można się skoncentrować na wyborze odpowiednich opcji terapeutycznych. Pomocne jest wyjaśnienie pacjentowi, że w laserach oraz źródłach emitujących światło wykorzystuje się komputery generujące promieniowanie świetlne, którego celem jest eliminacja niepożądanych objawów związanych z procesem starzenia się skóry. Terapia polegająca na wykorzystaniu urządzeń IPL oraz LED wymaga zastosowania serii zabiegów, których liczba jest zależna od stopnia poprawy klinicz-

nej, którą pacjent chciałby uzyskać. Pacjenta należy poinformować, że początkowe zmiany mogą być subtelne i wskutek tego niezauważalne po wykonaniu przynajmniej jednego lub dwóch pierwszych zabiegów. W celu dokonania oceny ostatecznych wyników klinicznych może być wymagany okres wynoszący od 6 miesięcy do 1 roku. Pacjentowi należy przedstawić ryzyko związane z wykonaniem zabiegu nieablastycznego resurfacingu skóry. Polega ono na możliwości wystąpienia przejściowego rumienia oraz dolegliwości bólowych w trakcie wykonywania zabiegu. Ponadto należy omówić możliwość wystąpienia rzadko spotykanych objawów ubocznych w postaci bliznowacenia oraz zmian barwnikowych po zakończeniu leczenia. Konsultację należy zakończyć w sposób umożliwiający pacjentowi zadawanie pytań.

• Techniki terapeutyczne

LASERY NACZYNIOWE (532–595 NM)

Leczenie za pomocą laserów FLPDL oraz KTP należy rozpocząć od przeprowadzenia konsultacji. Lasery naczyniowe stosuje się przede wszystkim do usuwania teleangiektazji oraz, nieco rzadziej, w celu usuwania zaburzeń barwnikowych i zmarszczek. Świadoma zgoda pacjenta oraz rozmowa z pacjentem w trakcie konsultacji powinny koncentrować się na ryzyku wystąpienia plamicy, zaburzeń barwnikowych, powstawaniu strupów oraz możliwości wystąpienia bliznowacenia, a także na prawdopodobieństwie konieczności przeprowadzenia serii zabiegów. Parametry terapeutyczne są dobierane odpowiednio do typu skóry pacjenta, stopnia jej wiotkości, wielkości oraz głębokości umiejscowienia naczyń krwionośnych lub na podstawie zaburzeń barwnikowych wymagających leczenia. Przykłady ogólnych ustawień terapeutycznych przedstawiono w tab. 3.3.

Obszar skóry, w którego obrębie planuje się wykonanie zabiegu, wymaga wstępnego oczyszczenia. Wszystkie rodzaje makijażu wymagają usunięcia, a przed wykonaniem zabiegu należy uzupełnić dokumentację fotograficzną. Stosowanie znieczulenia miejscowego nie jest zazwyczaj wymagane. Niemniej jednak środek znieczulający miejscowo można zastosować na godzinę przed wykonaniem zabiegu, zwłaszcza jeżeli planowane jest zastosowanie energii laserowej o większej gęstości lub jeżeli pacjent żąda zastosowania znieczulenia.

Pacjenta umieszcza się w pozycji leżącej w celu zapobieżenia rzadko występującej reakcji wazowagalnej. Wszystkie osoby przebywające w obrębie laserowego gabinetu zabiegowego muszą stosować odpowiednią ochronę oczu. Oczy pacjenta zasłania się za pomocą czystej, suchej gazy lub nieprzezroczystych okularów. W przypadku zamykania rozszerzonych naczyń skóry powieki konieczne jest zastosowanie wewnątrzoczdolowych osłon gałek ocznych. Tak jak w przypadku wszystkich laserów oraz źródeł światła,

wszelkie powierzchnie odbijające promieniowanie świetlne znajdujące się w gabinecie zabiegowym muszą zostać zasłonięte. Na drzwiach wejściowych należy umieścić znak zakazujący wchodzenia do gabinetu zabiegowego w trakcie pracy lasera osobom bez odpowiedniego zabezpieczenia oczu.

W laserach naczyniowych wykorzystuje się różnorodne metody chłodzenia, takie jak aerozol kriogeniczny, chłodzenie powietrzem lub chłodzenie metodą kontaktową. Są również urządzenia pracujące bez chłodzenia. Zaleca się poddawanie leczeniu całej powierzchni skóry twarzy bez nakładania się impulsów laserowych. Rękogęść chłodzoną aerozolem kriogenicznym lub powietrzem należy utrzymywać we wstępnie wyznaczonej odległości od powierzchni skóry w celu zapobieżenia wystąpieniu urazu. Każdy z systemów jest wyposażony w element zapewniający utrzymanie rękogęści lasera w odpowiedniej odległości. Elementy służące do stosowania chłodzenia kontaktowego umieszcza się bezpośrednio na powierzchni skóry. Z chwilą wyemitowania impulsu laserowego pacjent doświadczy krótkiego uderzenia gorąca, porównywanego z uderzeniem skóry gumowym pasem. Pacjent może również widzieć jasny błysk światła, jednak dopóki stosowana jest odpowiednia ochrona oczodołu, gałki oczne są zabezpieczone przed działaniem promieniowania laserowego.

Bezpośrednio lub wkrótce po zakończeniu leczenia można zaobserwować wystąpienie rumienia, obrzęku, zblednięcia naczyń oraz przejściowych przebarwień lub zaburzeń barwnikowych. Wystąpienie plamicy świadczy o zastosowaniu zbyt dużej gęstości energii. Po zakończeniu leczenia pacjenci mogą stosować zimne okłady w celu złagodzenia dyskomfortu. Zazwyczaj nie jest wymagane postępowanie pielęgnacyjne dotyczące rany.

Ze stosowaniem laserów naczyniowych wiążą się liczne zalety oraz pułapki terapeutyczne. Pacjenci o ciemniejszej karnacji (typy skóry od IV do VI według Fitzpatricka) są narażeni na większe ryzyko wystąpienia odbarwień. U tych pacjentów można rozważyć wykonanie próbnego zabiegu laserowego w obrębie nie rzucającego się w oczy obszaru skóry przed przeprowadzeniem leczenia całej powierzchni skóry twarzy. Niemniej jednak tego rodzaju testy nie są w pełni niezawodne. W celu zapobieżenia wystąpieniu odbarwień u pacjentów z ciemniejszą karnacją skuteczne okazało się stosowanie zewnętrznych preparatów zawierających retinoidy, kwas glikolowy oraz witaminę C przez 4–6 tygodni przed leczeniem oraz w trakcie leczenia. Nie zaleca się stosowania nakładania się impulsów laserowych w celu zapobieżenia występowaniu wywołanej przez FLPDL plamicy. Pomocne może się okazać zmniejszenie częstotliwości impulsów (Hz) w celu odpowiedniego rozmieszczenia każdego impulsu laserowego. Ustawienia wartości stosowanej energii powinny być zmieniane odpowiednio do anatomicznej charakterystyki leczonego obszaru. Okolica wokół

Tabela 3.3 Ogólne parametry terapeutyczne: lasery naczyniowe

Nazwa handlowa	Gęstość energii (J/cm ²)	Czas trwania impulsu (ms)	Wielkość plamki (mm)
V Star	5–7	6–10	10
V Beam	5–7	6–10	10
N Lite	3	350 ms	5
Aura	10	10	1
Versapulse	10	15	4
Diolite	253	10–20	0,5

oczu jest szczególnie podatna na wystąpienie plamicy, obszary przynosowe zaś wymagają zastosowania większych gęstości energii, większej średnicy plamki wiązki laserowej oraz dłuższych czasów trwania impulsów laserowych w porównaniu ze skórą policzków.

Wstępne chłodzenie skóry pozwala na stosowanie większej gęstości energii laserowej bez wywoływania uszkodzeń skóry, należy jednak unikać urazów kriotermicznych naskórka, zwłaszcza u pacjentów o ciemniejszej karnacji. Utrzymujące się zblednięcie jest objawem niebezpiecznym, wskazującym na możliwość wystąpienia pęcherzy. W razie powzięcia podejrzenia możliwości wystąpienia oparzenia lub pojawienia się pęcherzy pacjent powinien rozpocząć miejscowe stosowanie antybiotyków przez 2 tygodnie oraz unikać ekspozycji na promieniowanie słoneczne. Ponadto pacjentowi należy zalecić częste zgłaszanie się na wizyty kontrolne.

LASERY PRACUJĄCE W ŚREDNIM ZAKRESIE PODCZERWIENI (1064–1540 NM)

Leczenie za pomocą laserów należy rozpocząć od przeprowadzenia konsultacji. Lasery pracujące w średnim zakresie podczerwieni stosuje się w celu uzyskania ogólnej poprawy faktury skóry, zmniejszenia jej wiotkości oraz spłycenia zmarszczek o łagodnym nasileniu. Po poinformowaniu pacjenta o ryzyku związanym z przeprowadzeniem zabiegu, polegającym na możliwości wystąpienia zaburzeń barwnikowych, bliznowacenia, dolegliwości bólowych, rumienia oraz strupów, podpisuje on formularz świadomej zgody na wykonanie zabiegu. Początkowe parametry pracy lasera ustawia się z uwzględnieniem rodzaju skóry pacjenta oraz obszaru poddawanego leczeniu. Sugerowane początkowe parametry terapeutyczne dotyczące laserów pracujących w średnim zakresie podczerwieni przedstawiono w tab. 3.4.

Skórę oczyszcza się w celu odłuszczenia, usunięcia makijażu oraz substancji, które mogłyby hamować dostarczenie światła laserowego do skóry, a także w celu zminimalizowania ryzyka wystąpienia infekcji. Istnieją pewne kontrowersje dotyczące możliwości stosowania znieczulenia miejscowego. Przypuszcza się, że w związku z tym, iż środki stosowane do znieczulenia miejscowego zwiększają w naskórku zawartość wody, będącej chromoforem docelowym dla laserów pracujących w zakresie promieniowania podczerwonego o średniej długości fali, mogłyby one zmniejszać skutki uszkodzenia termicznego, będącego wynikiem dostarczenia energii laserowej. Nie zostało to jednak udowodnione, a wielu pacjentów będzie wymagało stosowania znieczulenia miejscowego w razie wykonywania zabiegu laserowego z wykorzystaniem energii laserowej o większej gęstości.

Wszystkie osoby przebywające w gabinecie zabiegowym muszą stosować ochronę oczu w postaci okularów ochronnych wykonanych z tworzywa sztucznego lub szkła. Oczy pacjenta należy zabezpieczyć za pomocą czystej, suchej gazy lub matowych okularów ochronnych. Pacjenta należy ułożyć wygodnie w pozycji leżącej.

Wszystkie dostępne obecnie lasery pracujące w zakresie promieniowania podczerwonego o średniej długości fali są wyposażone w systemy chłodzenia, wykorzystujące aerozol kriogeniczny lub metodę chłodzenia kontaktowego (rękojeść lasera wyposażona jest w chłodzące okienko, wykonane z szafirowego szkła). Rękojeść lasera emitującego falę o długości 1320 nm jest wyposażona w sensor termiczny, zapewniający sprzężony zwrotnie odczyt maksymalnej temperatury naskórka i odpowiadającej jej temperatury skóry właści-

wej. Gęstość energii zwiększa się stopniowo aż do chwili, gdy czujnik poda wartość temperatury w zakresie od 42 do 48°C. Modele laserów emitujących falę o długości 1450 nm oraz 1540 nm nie oferują tej opcji. W obrębie skóry czoła wykonuje się pojedyncze przejście wiązki laserowej, ponieważ grubość skóry jest w tej okolicy najmniejsza, a intensywność bólu największa. W obrębie policzków, brody oraz górnej wargi leczenie polega na wykonaniu zazwyczaj od dwóch do pięciu przejść wiązki laserowej.

Po wykonaniu zabiegu nie zachodzi konieczność prowadzenia szczególnego postępowania pielęgnacyjnego. Często spotykanym objawem ubocznym jest przejściowy rumień oraz obrzęk o łagodnym nasileniu. Pacjenci mogą życzyć sobie zastosowania chłodnych kompresów do chwili ustąpienia dolegliwości bólowych.

Pałapki terapeutyczne występują tu względnie rzadko w porównaniu z innymi metodami leczenia z zastosowaniem laserów nieablacyjnych. Gdy stosuje się w trakcie leczenia początkowe rutynowe wartości gęstości energii, jedynie w rzadkich przypadkach występuje narażenie na wystąpienie poważnych objawów ubocznych w wyniku stosowania urządzeń pracujących w zakresie promieniowania podczerwonego o średniej długości fali. Przed ustaleniem stosowanych obecnie bezpiecznych wartości parametrów terapeutycznych znacznie częściej po zastosowaniu tych urządzeń występowały blizny zanikowe i przerostowe. Ponieważ urządzenia pracują w zakresie promieniowania podczerwonego o średniej długości fali i wykorzystują różne metody chłodzenia, należy uwzględnić możliwość wystąpienia urazu kriotermicznego. Tego rodzaju urazy występują częściej u osób o ciemniejszej karnacji. Obecnie występowanie bliznowacenia zanikowego spotyka się rzadko, w związku z czym pojawienie się tego powikłania jest nie do przewidzenia. Przebarwienia wywołane działaniem promieniowania laserowego, pojawiające się po wykonaniu zabiegu, zazwyczaj nie wymagają leczenia i ustępują po upływie około roku od zabiegu. Pojawienie się odbarwienia jest niepomyślnym i trwale utrzymującym się skutkiem ubocznym, jakkolwiek występującym bardzo rzadko.

INTENSYWNE ŚWIATŁO PULSACYJNE

Leczenie za pomocą urządzenia IPL rozpoczyna się od przeprowadzenia konsultacji w celu określenia celów, do których osiągnięcia dąży pacjent. Stosując IPL, można uzyskać najlepsze wyniki terapeutyczne w razie stwierdzenia kombinacji objawów polegających na występowaniu teleangiektazji, plam soczewicowatych wywołanych działaniem promieniowania słonecznego (*lentigo solaris*), trądziku różowatego, przebarwień, trądziku zwykłego, pogorszenia faktury skóry oraz świeżych zmarszczek. Parametry terapeutyczne dobiera się na podstawie rodzaju skóry pacjenta oraz docelowych zmian wymagających leczenia. Na przykład w celu leczenia teleangiektazji na twarzy u pacjenta o typie skóry od I do III początkowe ustawienia mogą wynosić 500–560 nm w razie zastosowania filtra o wartościach energii wynoszących 15–20 J/cm² oraz w razie zastosowania pojedynczego lub podwójnego impulsu laserowego o zróżnicowanych czasach trwania poszczególnych impulsów. Ze względu na rozległą ofertę dostępnych urządzeń laserowych należy się zapoznać z zaleceniami producenta określonego urządzenia dotyczącymi sugerowanych ustawień parametrów terapeutycznych. Należy postępować według zaleceń dotyczących konsultacji, podanych w sekcji o laserach naczyniowych.

Skórę należy oczyścić w celu usunięcia makijażu lub innych substancji, które mogłyby zakłócać lub pochłaniać