

Kinga Witkowska, Irena Maławska

Wydział Studiów Edukacyjnych, Wyższa Szkoła Edukacji i Terapii
im. prof. Kazimierzy Milanowskiej w Poznaniu

Wykorzystanie lasera ablacyjnego CO₂ w profilaktyce anti-aging skóry twarzy

The use of CO₂ ablation laser in the prophylaxis of anti-aging facial skin

Streszczenie

Starzenie się skóry jest procesem nieuchronnym, a objawy mogą pojawić się szybciej lub później, zależnie od stylu życia oraz prawidłowej pielęgnacji. Celem pracy było ustalenie, czy zabieg z użyciem lasera CO₂ wykonany metodą frakcyjną wpływa na poprawę kondycji skóry. Zabieg frakcjonowania laserowego CO₂ został wykonany na skórze twarzy u kobiety w wieku 36 lat. Zabieg poprzedziła subiektywna ocena stanu skóry. Wykonano również dokumentację fotograficzną przed zabiegiem, podczas procesu rekonwalescencji oraz miesiąc po zabiegu. Obserwacje wykazały, że kondycja skóry znacznie się polepszyła. W opinii pacjentki nastąpiła poprawa nawilżenia, ujędrnienie i uelastycznienie skóry. Na podstawie dokumentacji fotograficznej stwierdzono, że nastąpiła poprawa owalu twarzy, doszło do spłycenia blizn potrądzikowych oraz po przebytej ospie. Zauważono spłycenie zmarszczek w okolicy oczu, na czole oraz bruzd nosowo-wargowych. Doszło również do zwięzienia ujęść gruczołów łojowych oraz rozjaśnienia przebarwień.

Słowa kluczowe: zabieg frakcjonowania laserowego, efekty przeciwstarzeniowe

Abstract

Aging of the skin is an inevitable process, but the symptoms may appear sooner or later, depending on the lifestyle and skin care. The aim of the paper was to determine whether the treatment with the use of CO₂ fractional laser improves the condition of the skin. The CO₂ laser fractionation treatment was performed on the face skin of a woman aged 36. The treatment was preceded by skin diagnostics. After the procedure, the skin condition was analyzed at various intervals in the form of observations and photographic

documentation. A positive effect of the treatment was found. Condition of the skin, its moisture, firmness, and elasticity improved significantly. The effect of raising the face oval was noticed, acne and chickenpox scars' depth as well as wrinkles around the eyes and on the forehead, and nasolabial furrows were reduced. In addition, the enlarged pores were narrowed and skin discolorations disappeared.

The CO₂ laser fractionation treatment is a regenerative treatment, that is, one that reverses the signs of aging, and not only masks them.

Key words: laser fractionation treatment, anti-aging effects

Wstęp

Starzeniem się skóry nazywamy nieuniknione, naturalne biologiczne i psychiczne procesy, postępujące w czasie zmiany, polegające głównie na zmniejszeniu biologicznej aktywności komórek organizmu, spowolnieniu procesów regeneracyjnych, obniżeniu właściwości adaptacyjnych organizmu znajdujących się pod kontrolą czynników genetycznych, obniżeniu odporności i odpowiedzi na stres środowiskowy. Starzenie zaczyna się na poziomie komórkowym i polega na ciągłym redukowaniu funkcji życiowych komórek, a następnie ich obumieraniu. Wyróżniamy dwa podstawowe typy starzenia: *wewnątrzpochodny*, który polega na działaniu upływającego czasu, a efektem jest utrata równowagi wewnętrznej w organizmie oraz *zewnątrzpochodny*, związany z wpływem otoczenia (palenie tytoniu, zanieczyszczenie środowiska, alkohol). Starzenie się skóry związane jest ze zmianami właściwości fizycznych, morfologicznych oraz fizjologicznych poszczególnych warstw skóry [1].

Charakterystyka starzejącej się skóry

Zmiany w obrębie naskórka w procesie starzenia się skóry

Znajdujące się w warstwie podstawnej komórki macierzyste odpowiedzialne są za ciągłą odbudowę naskórka. Komórki te przesuwały się w kierunku powierzchni, ulegając różnicowaniu w poszczególnych warstwach, a następnie procesowi złuszczenia. Warstwa podstawna połączona jest z warstwą kolczystą, powyżej której, w warstwie ziarnistej, zachodzi proces keratynizacji [2]. Warstwa zwana rogową jest najbardziej zewnętrzną warstwą naskórka. Komórki

na powierzchni, w porównaniu do dolnych warstw, ułożone są luźno i ulegają ciągłemu procesowi złuszczenia. Między komórkami warstwy rogowej znajdują się duże ilości lipidów, które tworzą płaszcz lipidowy chroniący organizm przed utratą wody. W wyniku upływu czasu aktywność podziałowa komórek warstwy podstawnej ulega redukcji, po czym następuje ich spłaszczenie oraz przyjmują one spoczynkowe ułożenie. Kolejną zmianą jest atrofia warstwy kolczystej, która powoduje ścieńczenie naskórka. Granica skórno-naskórkowa ulega procesowi spłaszczenia. W wyniku zredukowania liczby proliferujących soplí naskórkowych i adhezji międzykomórkowej następuje ograniczenie powierzchni kontaktu naskórka ze skórą właściwą. Skutkiem tego jest zmniejszenie i ograniczenie wymiany metabolicznej [3].

Zmiany w obrębie skóry właściwej w procesie starzenia się

Skóra właściwa zbudowana jest z tkanki łącznej właściwej, zawierającej włókna kolagenowe i elastyczne o dużej sprężystości i wytrzymałości na rozerwanie. W skórze właściwej znajdują się liczne naczynia krwionośne, limfatyczne oraz nerwy i gruczoły. Składa się ona z dwóch warstw: siateczkowej i brodawkowej. Granica skórno-naskórkowa ma budowę falistą, będącą efektem wpuklenia do naskórka warstwy brodawkowej. W warstwie brodawkowej, zbudowanej z tkanki łącznej luźnej, znajdują się fibroblasty, makrofagi, komórki tuczne i plazmatyczne oraz leukocyty. Warstwa siateczkowa oprócz tkanki łącznej zbitej zawiera wiele włókien kolagenowych i sprężystych. Kolagen i elastyna powstają w fibroblastach. Kolagen składa się z trzech spiralnych, zwiniętych dookoła siebie łańcuchów polipeptydowych. Najczęstszym typami kolagenu występującego w skórze są: kolagen typu I, o grubszych włóknach zwanych kolagenowymi oraz kolagen typu III, o cieńszych włóknach zwanych retikulinyowymi. Cechą charakterystyczną kolagenów jest odporność na rozrywanie, natomiast włókna sprężyste cechują się dużą podatnością na rozciąganie [2]. Skóra właściwa podlega procesom starzenia, których objawami jest obniżenie poziomu proliferacji i różnicowania fibroblastów. W wyniku działania tych procesów komórki stają się okrągłe, wykazują cechy komórek w stanie spoczynku, dodatkowo w ich cytoplazmie zmniejsza się liczba pęcherzyków sekrecyjnych. Z powodu wyżej wymienionych dysfunkcji dochodzi do zmniejszenia liczby włókien kolagenowych i zmiany ich właściwości. Dalszym objawem starzenia się skóry jest zmniejszenie syntezy włókien kolagenowych. W największym stopniu dotyka to włókna kolagenowe typu III, skutkiem tego zmienia się usieciowanie nowo powstałych włókien podporowych. Dodatkowo następują zmiany ich właściwości fizyko-chemicznych,

co prowadzi do ztwardnienia, sztywnienia, pofałdowania oraz chaotycznego rozmieszczenia. W wyniku procesu starzenia dochodzi do zróżnicowania grubości ścian naczyń. Jedne z nich grubieją, inne zaś ulegają procesowi ścienienia [3].

Zmarszczki jako skutek starzenia się skóry twarzy

Zmarszczkami nazywamy podłużne zagłębienia w skórze, które pojawiają się wraz z wiekiem [4]. Mogą one być związane z wyrażaniem emocji (śmiech, marszczenie brwi, mrużenie oczu), gdy stres oksydacyjny w wyniku ruchów ekspresyjnych doprowadził do uszkodzenia struktury kolagenu. Inną przyczyną jest działanie promieni UV na skórę [3].

Ze względu na przyczyny powstawania wyróżniamy zmarszczki mimiczne, pojawiające się między 25 a 30 rokiem życia, prostopadłe do mięśnia, który, ulegając częstym skurczom, powoduje zagłębienia w skórze (miostarzenie) [5]. Najczęstszym miejscem ich lokalizacji są okolice między nosem a ustami, dookoła oczu i na czole [3]. Zmarszczki grawitacyjne spowodowane są starzeniem się skóry oraz działaniem przyciągania ziemskiego. Pojawiają się one w wyniku utraty jędrności i elastyczności skóry, towarzyszy im zmiana owalu twarzy, występują najczęściej w okolicach powiek, szyi i policzków. Cechą zmarszczek postoniecznych jest romboidalny kształt. Promieniowanie UV uszkadza macierz skóry, a dokładnie włókna elastynowe, dodatkowo powodując zaburzenia pigmentacji w postaci przebarwień i odbarwienia skóry [5]. Zmarszczki senne związane są z ułożeniem skóry podczas snu.

Jedną z części twarzy, na której uwidaczniają się zmarszczki jest czoło. Możemy wyróżnić zmarszczki poziome, które pojawiają się już w młodym wieku. Spowodowane silnym działaniem mięśnia czołowego, który odpowiedzialny jest za unoszenie brwi. Zmarszczki pionowe, tzw. „lwia bruzda”, to zazwyczaj dwie lub trzy pionowe zmarszczki, między brwiami nazywane zmarszczkami „gniewu”. Zmarszczki zwane „kurzymi łapkami” umiejscowione są w okolicy kątek oczu i ułożone promieniście. Powstają najczęściej przy delikatnej skórze w wyniku silnie działających mięśni okrężnych oka, kurczących się podczas śmiechu lub mrużenia oka. Przyczyną opadających powiek jest zmniejszenie napięcia mięśnia okrężnego oka. Zmarszczki wokół ust, zwane „ustami palacza”, to pionowe bruzdy pojawiające się przy złożeniu ust w pozycji do gwizdania. W okolicy nosowo-wargowej pojawiają się zmarszczki zwane „małpim pyszczkiem”, które w wieku około 40 lat ulegają pogłębieniu w wyniku zwiotczenia skóry policzków. Poniżej ust występują również biegnące poziomo fałdy, które potocznie nazywane są „zmarszczkami marionetki” [5].

Utrata jędrności skóry twarzy

Jędrność skóry to właściwość biomechaniczna polegająca na zdolności skóry do odwracalnego odkształcania się. Około 30 roku życia gruczoły łojowe zmniejszają swoją produkcję o ponad 50% u kobiet i 20% u mężczyzn. Prowadzi to do osłabienia bariery ochronnej skóry. Zredukowana warstwa płaszczka wodno-lipidowego powoduje dalsze odwodnienie oraz zwiększenie ilości zmarszczek. Spadek aktywności fibroblastów produkujących białka podporowe wpływa również na właściwości biomechaniczne skóry.

Utrata grubości oraz odporności skóry twarzy

Około 40 roku życia skóra właściwa i tkanka podskórna ulegają procesowi ścięnięcia. Stopniowa utrata komponenty tłuszczowej głównie w górnych partiach twarzy (skronie i łuk brwiowy) oraz nagromadzenie jej w dolnych (rejon żuchwy oraz fałd nosowo-wargowy) powoduje zmianę kształtu twarzy [2,10]. Znajdujące się w skórze komórki Langerhansa pełnią funkcje receptorów systemu immunologicznego rejestrujących obecność patogenów i toksyn. Dzięki nim skóra szybko odbiera bodźce ostrzegające w kontakcie z czynnikami drażniącymi. Niewydolność tych komórek upośledza właściwości immunologiczne skóry. Z wiekiem następuje także utrata możliwości naprawy uszkodzeń wywołanych przez wolne rodniki tlenowe, dochodzi również do spowolnienia procesów metabolicznych. Rezultatem tych zmian jest pogorszenie możliwości regeneracyjnych skóry i trudniejsze gojenie.

Wraz z wiekiem gruczoły potowe tracą zdolność regulowania temperatury ciała oraz identyfikowania ciepła i zimna. Kolejnym procesem związanym ze starzeniem się skóry jest poszerzanie się ujść gruczołów łojowych i szorstkość skóry. Częstość objawem starzejącej się skóry są skupienia teleangiektazji. Jest to wynik rozprzestrzenienia się drobnych pęknięć i uszkodzeń naczyń włosowatych [10].

Przebarwienia

Przebarwieniami i odbarwieniami nazywamy zaburzenia koloru skóry, najczęściej w postaci plamek, znamion lub plam o jaśniejszym lub ciemniejszym kolorze od naturalnego. Zmiany wrodzone są najczęściej nieuleczalne. Nabyte – pojawiają się w wyniku działania czynników zewnętrznych, z których najczęstszym jest promieniowanie UV. W składzie melaniny znajduje się eumelanina (barwnik brązowo-czarny) i feomelanina (barwnik czerwono-żółty). Eumelanina odpowiedzialna jest za zmniejszenie penetracji promieniowania słonecznego przez naskórek oraz za

neutralizację wolnych rodników tlenowych. Feomelanina jest fototoksyczna i wpływa na uszkodzenia kwasu dezoksyrybonukleinowego. Przebarwienia skórne mogą powstawać w okresie zaburzeń hormonalnych u kobiet (ciąża, okres menopauzy). W tym czasie skóra jest szczególnie wrażliwa na działanie promieniowania UV. W wyniku integracyjnego działania obu czynników powstają przebarwienia typu ostuda (melazma). Charakteryzuje się ona nieregularnym kształtem, symetryczną lokalizacją w takich okolicach jak czoło, skronie, policzki czy górna warga. Również kosmetyki zawierające substancje fotouczulające mogą wywoływać przebarwienia w miejscu aplikacji. Szczególnie narażone na powstawanie przebarwień są osoby z zaburzeniami funkcji tarczycy czy wątroby. Przebarwienia pozapalne powstają w wyniku stanów zapalnych skóry wywołanych dermatozami (trądzik, liszaj płaski, łuszczyca). W efekcie zaburzonego procesu gojenia dochodzi do nieprawidłowego przebiegu procesu melanogenezy i nierównomiernego rozmieszczenia barwnika [6,9]. Do przebarwień zaliczane są piegi będące złoгами melaniny. Plamy soczewicowate to przebarwienia skóry, większe od piegów, o owalnym kształcie. Charakterystyczne są dla osób starszych. Pojawiają się w wyniku starzenia się skóry oraz uszkadzającego działania promieniowania UV [7,8].

Czynniki przyspieszające starzenie się skóry

Wpływ palenia tytoniu oraz spożywania alkoholu

Palenie papierosów jest jednym z głównych czynników, które negatywnie wpływają na starzenie się skóry, błon śluzowych i zębienia. Dym tytoniowy, oprócz nikotyny, zawiera około 4 tysiące szkodliwych i rakotwórczych substancji prowadzących do dysfunkcji komórek nabłonka, zaburzeń równowagi prowadzących do uszkodzenia DNA [11]. Skóra palacza starzeje się o wiele szybciej niż u osoby, która nigdy nie paliła. Palenie tytoniu powoduje ograniczenie przepływu transportującej tlen krwi, osłabia układ immunologiczny, jak i znacząco wpływa na metabolizm hormonów płciowych, co może prowadzić do dużych ich niedoborów w organizmie. Obniżenie poziomu estrogenów powoduje wystąpienie suchości skóry, zmniejszenie ilości włókien kolagenowych oraz pogorszenie procesu gojenia. Substancje zwarte w dymie nikotynowym działają na obniżenie poziomu witamin A, C i E, których zadaniem jest ochrona przed działaniem wolnych rodników tlenowych. Niedotlenienie skóry twarzy spowodowane paleniem zakłóca produkcję włókien kolagenu i elastyny. Ulegają one częściowemu zniszczeniu, co skutkuje cieńszą, nieregularnie zgrubiałą, pomarszczoną skórą, tworząc typowy obraz określany jako „skóra palacza” [12].

Kolejnym czynnikiem wpływającym negatywnie na stan skóry jest alkohol. Powoduje uszkodzenie ścian naczyń krwionośnych, które uwidaczniają się jako teleangiektazje. Dehydratacja skóry i wypłukiwanie ważnych składników mineralnych potrzebnych do prawidłowego funkcjonowania skóry skutkuje pogłębieniem zmarszczek oraz zmniejszeniem odporności [13]. Skóra po spożyciu alkoholu w nadmiernych ilościach staje się matowa, szara, a przez rozszerzone naczynia krwionośne miejscami może powstać rumień [14].

Dieta

Na starzenie się skóry ma wpływ także dieta. Bogata w składniki odżywcze i minerały ma nie tylko wpływ na lepsze samopoczucie. Chroni układ krążenia, oddechowy i nerwowy, stymuluje układ immunologiczny, dlatego stosowana jest jako profilaktyka wielu schorzeń, w tym również chorób nowotworowych. Dobrze zbilansowana pozytywnie wpływa na zahamowanie procesów starzenia skóry.

Witamina C dostarczana w takich produktach spożywczych jak owoce cytrusowe, czarna porzeczka, natka pietruszki, brokuły itp. odpowiedzialna jest za stymulację syntezy kolagenu, regenerację tkanki łącznej oraz, poprawę gęstości i elastyczności skóry właściwej [15]. Przeciwdziała ona procesowi utleniania, który wywoływany jest przez wolne rodniki, ułatwia gojenie się ran oraz spłyca powierzchniowe zmarszczki i ma właściwości bakteriobójcze. Skórne niedobory witaminy C objawiają się upośledzeniem syntezy kolagenu, wynikiem tego jest pojawienie się zmarszczek oraz zanik jędrności i elastyczności skóry [16]. Witamina E zwana witaminą młodości znajduje się w oleju z zarodków pszenicy, oleju kukurydzianym, w zielonych warzywach liściastych, orzechach, żółtku jaj oraz niektórych gatunkach mięsa. Chroni skórę przed negatywnymi skutkami ekspozycji na słońce. Niedobór witaminy E powoduje obrzęki z rumieniem grudkowym lub zmianami łojotokowymi oraz suchość skóry. Witamina D chroni kolagen przed działaniem peroksydazy lipidowej, co hamuje starzenie się skóry. Jej brak powoduje pogarszanie się jakości skóry, uwidacznianie objawów starzenia się skóry, zaburzenia procesu złuszczenia, pogorszenie funkcji barierowych i mniejszą odporność na czynniki zewnętrzne [15]. Witamina A jest niezbędna do prawidłowego wzrostu i różnicowania keratynocytów. Występuje w mleku, serach, tłustych rybach, żółtku jaj. Niedobór witaminy A objawia się suchą, łuszczącą się, zrogowaciałą skórą oraz łamliwymi paznokciami i włosami. Witamina A wspomaga regenerację skóry i reguluje proces rogowacenia naskórka.

W wyniku nadmiaru węglowodanów następuje wyniszczenie skóry, spowodowane reakcją glukozy z białkami kolagenu. We włóknach kolagenu tworzą się wiązania krzyżowe. Proces ten, zwany *glikacją*, powoduje, że włókna kolagenu

stają się sztywne, tracą swoją pierwotną plastyczność, a skóra marszczy się i wiotczeje [10].

Wpływ promieniowania UV

Promieniowanie UV w odpowiednich dawkach wpływa pozytywnie na cerę, poprawia samopoczucie, wspomaga produkcję witaminy D₃. Nieodpowiednie opalanie może powodować przebarwienia, poparzenia skóry, a nawet zmiany nowotworowe. Rumień słoneczny, zwany oparzeniem słonecznym, jest powikłaniem spowodowanym zbyt dużym nasłonecznieniem skóry objawiającym się przekrwieniem, zaczerwienieniem po około 12–24 godzinach po ekspozycji. Przy ostrych odczynach posłonecznych występują obrzęki, złe samopoczucie, a oprócz rumienia pojawiają się pęcherze i łuszczenie się skóry [17].

Częste i długie ekspozycje na promieniowanie słoneczne powodują *fotostarzenie*, które objawia się utratą elastyczności skóry, pogłębieniem zmarszczek i odwodnieniem skóry. Uszkodzenie melanocytów oraz nierównomierne rozmieszczenie barwnika w skórze wywołuje zmiany pigmentacji objawiające się jako przebarwienia i odbarwienia.

Wolne rodniki tlenowe

Uszkodzenia powstałe na skutek działania wolnych rodników są jednymi z głównych przyczyn starzenia oraz chorób wieku podeszłego. Wolne rodniki (tlen singletowy, ozon, anionorodnik ponadtlenkowy, nadtlenek wodoru oraz rodniki wodoronadtlenkowe i alkalidonadtlenkowe) to niestabilne cząsteczki tlenu powstające podczas procesów metabolicznych. Indukowane są między innymi przez światło słoneczne i toksyny (pestycydy, dym papierosowy, zanieczyszczenie powietrza). Wolne rodniki podczas procesu autostabilizacji niszczą zdrowe komórki [18]. Zgodnie z zasadą fizyki wszystkie cząsteczki dążą do posiadania pary elektronów na jej zewnętrznej orbicie. Wolnym rodnikom brakuje pary, zatem zdobywają dodatkowy elektron z cząsteczek błony komórkowej. Prowadzi to do powstania reakcji łańcuchowej i tworzenia się coraz większej liczby wolnych rodników, które uszkadzają praktycznie wszystkie organelle komórki, włącznie z jądrem, w którym znajduje się DNA. Uszkodzenia powodują wadliwą translację DNA, osłabiają możliwość samouzdrowienia oraz obniżają potencjał regeneracyjny naszego organizmu, w rezultacie czego następuje szybsze starzenie. Dodatkowo wolne rodniki w dążeniu do wiązania się w pary mogą pobrać dodatkowy elektron z cząsteczek kolagenu. W wyniku tego skóra staje się sztywna i traci elastyczność, a na skórze tworzą się zmarszczki i bruzdy.

Lasery wysokoenergetyczne

Technologia laserowa prężnie rozwija się już od około 15 lat. Lekarze medycyny estetycznej oraz kosmetolodzy coraz częściej sięgają po metody leczenia laserem w celu przywrócenia fizjologicznego stanu skóry. Lasery wykorzystuje się między innymi w likwidacji nadmiernego owłosienia, zmian naczyniowych, zmian barwnikowych, usuwaniu tatuaży i niektórych blizn, a także w przeciwdziałaniu starzeniu się skóry [20]. Lasery emitują promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu światła widzialnego i podczerwieni. Światło każdego lasera charakteryzuje się takimi właściwościami fizycznymi jak monochromatyczność, kierunkowość i koherentność czyli spójność [21].

Metody frakcyjne

Technologia frakcyjna polega na wytwarzaniu w skórze niewielkich kontrolowanych uszkodzeń. Najbardziej charakterystyczną cechą metod frakcyjnych, a zarazem ich niewątpliwą zaletą jest fakt, że podczas zabiegu naświetla się tylko część skóry, a nie całą powierzchnię. W skórze, za pomocą światła laserowego, wytwarzają się mikroskopijne, nieprzylegające do siebie kolumny przegrzania, które otoczone są zdrową, nieuszkodzoną tkanką. Dzięki temu proces gojenia, który indukowany jest z żywych, nieuszkodzonych komórek naskórka lub/i skóry właściwej, przebiega znacznie szybciej. Jednocześnie zmniejsza się ryzyko działań ubocznych oraz powikłań pozabiegowych. Metody frakcyjne najczęściej wykorzystywane są w terapii odmładzania skóry. Kontrolowany uraz w skórze stymuluje procesy regeneracyjne, które prowadzą do wytworzenia nowych włókien kolagenowych. Dzięki temu skóra nabiera gęstości, sprężystości i jest bardziej napięta. Wiele badań naukowych potwierdziło przydatność metod frakcyjnych w terapii blizn i rozstępów skórnych. Szczególnie dobre efekty uzyskiwane są w leczeniu blizn atroficznych np. potrądzikowych [30]. Ze względu na rodzaj zastosowanego lasera metody frakcyjne dzieli się na ablacyjne i nieablacyjne. Różnią się one między sobą również „agresywnością” działania. [29]

Metody nieablacyjne

W metodach nieablacyjnych wykorzystywane są lasery o długościach fal z zakresu od 800 nm do 1550 nm (lasery diodowe, neodymowo-yagowe Nd:YAG, erbowo-szklane Er:GLASS). Fale w tych zakresach mają zdolność penetracji w głąb tkanki, a cała energia emitowana przez laser jest wykorzystywana do koagulacji. W wyniku działania lasera wytwarzane są kolumny koagulacji tzw. MTZ

(z ang. Micro Thermal Zone). Głębokość skoagulowanej kolumny zależy od wielkości zastosowanej energii (do około 1500 μm). Jednakże energia skupiona jest na powierzchni skóry, w związku z tym najczęściej po zabiegu obserwowane jest lekkie łuszczenie naskórka. Zaletą metody nieablacyjnej jest fakt, że wykonanie zabiegu można zaliczyć do bezbolesnych. Proces rekonwalescencji jest bardzo szybki. Obrzęk i rumień utrzymuje się kilka godzin po zabiegu. Jeśli proces gojenia przebiega standardowo, praktycznie na drugi dzień po zabiegu pacjent może wrócić do codziennych obowiązków. Należy jednak zwrócić uwagę, że efekty zabiegu nie są natychmiastowe. Przebudowa włókien kolagenowych odbywa się po pewnym czasie (ok. 3 tygodni). W celu uzyskania widocznych efektów standardowo podaje się, że należy wykonać kilka zabiegów, a zabiegi mogą być wykonywane w odstępie miesiąca [29,32].

Metody ablacyjne

W metodach ablacyjnych używane są lasery o długościach fal z zakresu 2940 nm do 10600 nm (lasery erbowo-yagowe Er:YAG i lasery CO₂). Fale w tych zakresach nie wykazują zdolności penetracji w głąb tkanki. Metody ablacyjne są znacznie bardziej agresywne w porównaniu z metodami nieablacyjnymi. Jak podaje literatura, już po pierwszym zabiegu można zaobserwować efekty [29,31].

Działanie lasera CO₂ polega na wnikaniu wiązki w skórę, gdzie następuje pochłanianie energii przez zawartą w komórkach wodę. Następuje bardzo szybkie podgrzanie wody zawartej w tkankach do bardzo wysokiej temperatury, a następnie jej odparowanie (tzw. waporyzacja) oraz wszystkich tkanek, w których zawarta jest woda. Proces ten zwany jest ablacją. W wyniku tego procesu dochodzi do powstania strefy MAZ (ang. Micro Ablation Zone) w postaci mikrokanalu. Przy odpowiednich ustawieniach parametrów lasera sama ablacja i waporyzacja nie daje efektu krwawienia. Jednak zastosowanie wyższej gęstości energii, co koreluje z głębokością kolumny, może spowodować pojawienie się mikrokrwawienia [29].

Uszkodzenie skóry pobudza ją do samoczynnej naprawy i regeneracji. Reakcja fototermiczna powoduje powstanie białek szoku termicznego (HSP), które są najsilniejszymi aktywatorami naprawy. Powodują one stymulację kolagenu i elastyny [25]. Efektem zabiegów z użyciem metody frakcyjnej ablacyjnej jest złuszczenie, które działa odświeżająco. Specyficzny sposób uszkodzania skóry przez laser, a więc pozostawianie wokół kolumny uszkodzenia fragmentów nie-naruszonej tkanki powoduje, że gojenie się skóry po zabiegu jest szybsze. Jeżeli zabieg wykonany jest przez wykwalifikowanego i doświadczonego specjalistę, a kwalifikacja do zabiegu przeprowadzona jest rzetelnie, niesie on małe ryzyko powstawania blizn i przebarwień. Zaletą lasera frakcyjnego jest to, że wnika

w skórę głębiej, niż w przypadku innych, równie inwazyjnych metod jak np. peelingi medyczne. Jednocześnie podczas zabiegu intensywność działania jest kontrolowana. Zabieg laserem ablacyjnym CO₂ nazywany jest potocznie liftingiem bez skalpela [21].

Zastosowanie kliniczne lasera ablacyjnego

Laser ablacyjny jest nieoceniony w uzyskiwaniu młodszego wyglądu skóry. Wywołuje jej ujędrnienie, zagęszczenie, napięcie, rozjaśnienie oraz wygładzenie zmarszczek. Dzięki niemu można także zredukować blizny, zmniejszyć powiększone ujścia gruczołów łojowych, a nawet zredukować rozstępy. Intensywność zabiegów dobierana jest indywidualnie i zależy głównie od wieku pacjenta oraz stopnia nasilenia zmian. Niewielkie zmiany nie wymagają dużej częstotliwości i intensywności zabiegów. Aby uzyskać pożądaną efekt, wystarczy jeden zabieg raz na rok. U pacjentów, u których pojawia się już więcej zmarszczek oraz następuje proces zwiotczenia, wymagany jest jeden intensywny zabieg lub dwa z mniejszą intensywnością w odstępie miesiąca. Natomiast u osób starszych, gdy pojawiają się głębokie bruzdy, zmarszczki i utrata owalu twarzy, zalecana jest już seria trzech lub większej liczby zabiegów w celu pobudzenia skóry do intensywnego wytwarzania kolagenu. Kolejnym zastosowaniem lasera ablacyjnego jest terapia blizn zanikowych np. potrądzikowych lub po ospie wiecznej oraz blizn po urazach, oparzeniach i zabiegach operacyjnych. Leczenie polega na wypełnieniu i wyrównaniu zewnętrznej warstwy. Zadaniem lasera jest zadziałanie w taki sposób, aby pobudzić skórę do odbudowania kolagenu w miejscach, w których nastąpił jego ubytek. Uzyskanie pożądaných efektów wymaga wykonania co najmniej trzech zabiegów [25,26]. Metody frakcyjne laserem CO₂ stosowane są również jako element metod łączonych np. niwelacji cieni pod oczami [25].

Wskazania i przeciwwskazania do wykonania zabiegu

Każdy pacjent przed wykonaniem zabiegu powinien mieć przeprowadzony przez osobę wykonującą zabieg wywiad medyczny oraz ogólne badanie.

Przeciwwskazaniami do wykonania zabiegu są:

- opalanie się na słońcu i w solarium (najlepiej ograniczyć do miesiąca przed zabiegiem oraz aplikować kremy z filtrem SPF 50),
- przyjmowanie niektórych leków takich jak: antykolagulanty, retinoidy (stosowanie ich może przyczynić się do zaburzenia procesu gojenia się skóry), leki fotouczulające (np. leki z grupy tetracyklin, antybiotyki, leki antykoncepcyjne itp.),

- wykonanie peelingów przed zabiegiem z użyciem lasera,
- zabiegi chirurgiczne w miejscu poddanym zabiegowi laserowemu,
- ciąża i laktacja,
- występowanie chorób skóry lub nowotworowych,
- infekcje wirusem opryszczki,
- skłonność do tworzenia się bliznowców [27].

Efekty uboczne zabiegu

Zabieg z zastosowaniem lasera ablacyjnego, jak każda ingerencja w organizm ludzki, może nieść za sobą powikłania. Szczególnie u osób z wysokim fototypem skóry mogą wystąpić przebarwienia pozapalne. Prawdopodobieństwo wystąpienia przebarwień ocenia się w granicach 10–30%. Bezpośrednią reakcją po zabiegu jest rumień i obrzęk, może pojawić się też lekkie krwawienie i wysięk. Czas utrzymywania się takiej reakcji zależy od intensywności zabiegu. W przypadku stosowania wysokich gęstości energii reakcja może utrzymywać się nawet do 2–3 tygodni. Kolejnym efektem ubocznym zabiegu może być wystąpienie opryszczki, szczególnie u osób z tendencjami do jej pojawiania się. W takich przypadkach zaleca się zażywanie przed zabiegiem leków antywirusowych (Heviran). Oprócz zakażeń wirusowych mogą pojawić się także nadkażenia bakteryjne, jednakże dochodzi do nich bardzo rzadko. W takim przypadku konieczne jest przyjmowanie antybiotyków w postaci doustnej lub zewnętrznej [24].

Znieczulenie

Wykonanie zabiegu laserowego może powodować ból podobny w odczuciu do nakłucia, uszczyknięcia, oparzenia lub gwałtownego uderzenia w skórę. Znieczulenie niezbędne jest w przypadku zabiegów, które wykonywane są na dużych obszarach skóry lub z dużą wartością energii. Zalecane są również u pacjentów z niskim progiem odczuwania bólu oraz u dzieci.

Przed znieczuleniem należy przeprowadzić konsultację lekarską w celu wykluczenia przeciwwskazań. Pacjentom decydującym się na zabieg laserem można zaproponować kilka metod znieczuleń. Jednym z nich jest znieczulenie miejscowe (przezskórne) mające krótki czas działania. Najczęściej stosowanym preparatem jest krem EMLA zawierający w składzie lidokainę i prylokainę. Krem nakładany jest na godzinę przed zabiegiem. Kolejnym znieczuleniem jest anestezja nasiękowa. Nie wymaga ona obecności anestezjologa, ale ważne jest monitorowanie funkcji życiowych. Podawane jest ono śródskórnie lub podskórnie. Działa ono szybko, ale i krótko. Anestezję nasiękową wykonuje się bardzo powoli.

Następnym typem znieczulenia jest blokada nerwów obwodowych. W większości przypadków lekarz anestezjolog wykonuje blokadę nerwu trójdzielnego lub splotu szyjnego. Celem kolejnego znieczulenia jest uzyskanie stanu sedacji, czyli stanu, w którym pacjent jest spokojny i zrelaksowany, ale pozostaje w stałym kontakcie z lekarzem wykonującym zabieg. Dodatkowo stosowane jest znieczulenie miejscowe. Warunkiem przeprowadzania bezpiecznej sedacji jest obecność doświadczanego anestezjologa oraz sprzęt monitorujący [28].

Cel

Celem badań była ocena, czy zabieg laserem ablacyjnym CO₂ wykonany metodą frakcyjną, spowoduje poprawę kondycji skóry twarzy 36 letniej kobiety, u której stwierdzono utratę jędrności skóry, owalu twarzy, zmarszczki w okolicy oczu i czoła oraz głębokie bruzdy nosowo-wargowe, rozszerzone ujścia gruczołów łojowych, pozostałości blizn po trądziku młodzieńczym oraz ospie wietrznej.

Materiał i metody

Materiałem do badań była kobieta lat 36, która pali nałogowo papierosy oraz okazjonalnie pije alkohol. Nieregularnie się odżywia, pije kilka filiżanek kawy dziennie, spożywa zdecydowanie za małą ilość płynów dziennie. W pielęgnacji skóry stosuje krem nawilżający. Skóra kobiety jest zanieczyszczona, sucha, zmęczona, szara, pozbawiona jędrności i elastyczności. Widoczne są rozszerzone pory, opadające policzki, głębokie bruzdy nosowo-wargowe oraz uwidocznione „chomiczki”. W ocenie efektów zabiegów posłużono się metodą subiektywną. Wykonano również dokumentację fotograficzną przed zabiegiem, podczas procesu rekonwalescencji oraz miesiąc po zabiegu.

Fot. 1. Klientka przed zabiegiem – źródło własne



Kobieta, u której wykonano zabieg, wyraziła zgodę na jego przeprowadzenie, udział w projekcie oraz wykonanie dokumentacji fotograficznej. Zabieg został wykonany przez lekarza medycyny Krzysztofa Łukszę w gabinecie medycyny estetycznej Biogenica. Przed zabiegiem przeprowadzono wywiad i badanie ogólne w celu wykluczenia przeciwwskazań do zabiegu i właściwej kwalifikacji.

Dla zapewnienia dobrych efektów zastosowanego zabiegu oraz uniknięcia powikłań na wstępnej konsultacji medycznej pacjentka została pouczona o głównych zasadach:

- 2 tygodnie przed zabiegiem pacjentka powinna zrezygnować z przyjmowania witaminy A oraz picia naparów z ziół takich jak pokrzywa, nagietek, dziurawiec, czystek i skrzyp polny;
- 7 dni przed zabiegiem nie należy przyjmować leków przeciwbólowych i przeciwzapalnych (Aspiryna, Nurofen, Ibuprofen, Diclofenac, Ketonal) z wyjątkiem Paracetamolu i jego pochodnych;
- 6 miesięcy przed zabiegiem nie należy przyjmować doustnych retinoidów;
- zabieg może być wykonany minimum po 2 tygodniach od zakończenia antybiotykoterapii doustnej lub miejscowej;
- wykonanie zabiegu jest możliwe po 2 tygodniach od wyleczenia opryszczki, a u pacjentów ze skłonnością do opryszczki zaleca się wprowadzić profilaktykę antywirusową na dwa dni przed zabiegiem oraz 5–10 dni po zabiegu [28];
- zabieg nie może być wykonany na skórze opalanej, jak i po zastosowaniu samoopalacza;
- na dwa tygodnie przed zabiegiem należy zaprzestać złuszczenia skóry, skóra nie może być podrażniona [27];
- bezwzględnym przeciwwskazaniem do wykonania zabiegu są wszelkie dermatozy skóry twarzy.

Po zastosowaniu się pacjentki do wszystkich powyższych zaleceń i wykluczeniu przeciwwskazań przystąpiono do zabiegu, wykonując następujące etapy:

- oczyszczenie skóry za pomocą płatków kosmetycznych nasączonych płynem micelarnym;
- nałożenie maści znieczulającej (23% lidokainy + 3,5% tetrakainy);
- po około 1,5 godziny zmycie maści znieczulającej;
- dezynfekcja skóry twarzy i przystąpienie do zabiegu zgodnie z jego metodyką.

Zalecenia dotyczące pielęgnacji skóry twarzy w domu po zabiegu

Przez pierwsze 7 dni nie należy stosować innych kosmetyków, niż te zalecone przez lekarza wykonującego zabieg w celu uniknięcia powikłań pozabiegowych.

Należy unikać dostania się jakichkolwiek detergentów na obszar poddany zabiegowi. Przez pierwsze dni nie wolno myć włosów lub należy umyć je w taki sposób, by na leczony obszar nie dostały się detergenty. Do 2 dni z otworów ablacyjnych może sączyć się krew i osocze, które należy usuwać gazikami. Skórę można przecierać roztworem soli fizjologicznej. Zaleca się również nakładanie cienkiej warstwy maści np. Solcoseryl. Od trzeciego dnia obszar poddany zabiegowi należy maksymalnie 2 razy dziennie zmywać gazikiem z solą fizjologiczną. W przypadku zaschniętych strupów należy nasączyć je obficie solą fizjologiczną, a później starać się je lekko usunąć. Nigdy nie należy wykonywać tej czynności na sucho, gdyż może to spowodować powstanie blizn. W przypadku pojawienia się jakichkolwiek innych zmian niż sączenie i powstawanie strupów, należy skonsultować się z lekarzem. Przez okres co najmniej miesiąca przy każdorazowym wyjściu należy stosować kremy z filtrem minimum SPF 50. Bezwzględnie zakazane jest korzystanie z kąpeli słonecznych i z solariumów. W przypadku pojawienia się jakiegokolwiek reakcji zapalnej lub uczuleniowej należy skontaktować się z lekarzem prowadzącym. Po upływie 4 tygodni od zabiegu należy masować leczony obszar szczotką do twarzy. Do zestawu pozabiegowego dołączono następujące produkty: krem z filtrem, sól fizjologiczna, gaziki, szczotka do masażu twarzy, witamina C, środki przeciwbólowe oraz kremy łagodzące (maść Solcoseryl i maść Bepanthen). W związku ze stosowaniem powyższych preparatów możliwa jest reakcja uczuleniowa. W przypadku powstania obrzęku gardła i powstania problemów z przełykaniem należy natychmiastowo skontaktować się z najbliższą placówką medyczną.

Przebieg rekonwalescencji pozabiegowej

Rekonwalescencja pozabiegowa pacjentki przebiegała dosyć gwałtownie, co obrazuje dokumentacja fotograficzna od pierwszych chwil po zabiegu aż do miesiąca od wykonanego zabiegu.

Fot. 2. Skóra klientki bezpośrednio po zabiegu – źródło własne



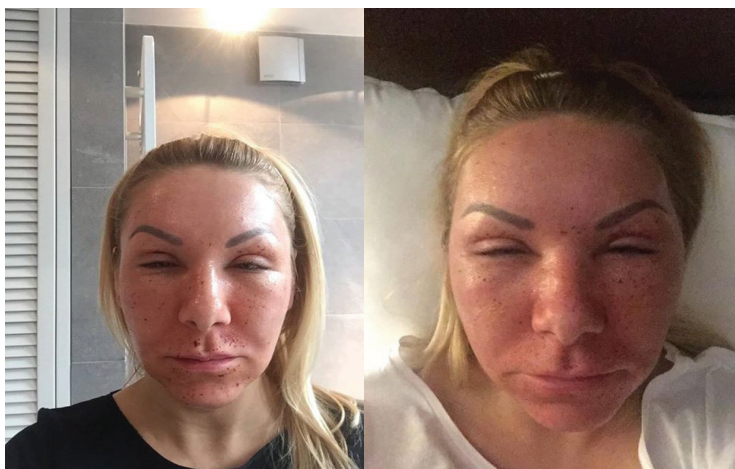
Bezpośrednio po zabiegu skóra była mocno zaczerwieniona, podrażniona, widoczne były otwory ablacyjne w skórze oraz lekki obrzęk.

Fot. 3. Skóra pacjentki godzinę po zabiegu – źródło własne



Po godzinie od zabiegu skóra była mniej zaczerwieniona, ale pojawił się dość mocny obrzęk twarzy i powiek oraz widoczne było sączenie krwi i osocza. Kobieta skarżyła się na tkliwość i pieczenie skóry twarzy.

Fot. 4. Skóra pacjentki 6 i 24 godziny po zabiegu – źródło własne



Z każdą godziną po zabiegu obrzęk twarzy zwiększał się, zwłaszcza w okolicach oczu, co powodowało problem z widzeniem. Ze skóry twarzy sączyła się krew i osocze. Towarzystwo temu złe samopoczucie i podwyższona temperatura ciała (38,6°C). Pacjentka zażywała środek przeciwgorączkowy.

Fot. 5. Skóra pacjentki po 48 godzinach od zabiegu – źródło własne



Po 48 godzinach od zabiegu obrzęk twarzy zdecydowanie powiększył się, natomiast obrzęk powiek ustępował. Utrzymywała się wysoka temperatura ciała, jednak zażywanie dużych dawek środków przeciwzapalnych nie było wskazane, gdyż dzięki stanowi zapalnemu uzyskuje się lepsze efekty zabiegu. Ze skóry nadal wydzielala się krew i osocze, które pacjentka przecierała wacikiem nasączonym solą fizjologiczną.

Fot. 6. Skóra pacjentki po 72 godzinach od zabiegu – źródło własne



W trzeciej dobie po zabiegu obrzęk zdecydowanie się zmniejszył, ustabilizowała się temperatura ciała, kobieta stosowała zalecane preparaty. Zmniejszyło się sączenie krwi i osocza, skóra była mniej tkliwa, rumień się zmniejszył, ustąpiły dolegliwości bólowe, nadal widoczne były otwory ablacyjne. Samopoczucie znacznie się poprawiło.

Fot. 7. Skóra pacjentki po 2 tygodniach od zabiegu – źródło własne



Dwa tygodnie po wykonanym zabiegu obrzęk twarzy nadal się utrzymywał, mimo iż zaczerwienienie zdecydowanie się zmniejszyło. Brak dolegliwości bólowych i podwyższonej temperatury ciała. Ze skóry twarzy nie sączyła się krew i osocze, otwory ablacyjne zmniejszyły się. Kobieta masowała twarz zalecaną szczotką do masażu twarzy.

Fot. 8. Skóra klientki miesiąc po zabiegu – źródło własne



Miesiąc po zabiegu widoczna była znaczna odbudowa skóry, poprawa kolorytu skóry, korekcja blizn potrądzikowych, wygładzenie bruzd nosowo-wargowych, zwiększenie napięcia skóry, a otwory ablacyjne stały się niewidoczne.

Wnioski

Na podstawie efektów przeprowadzonego zabiegu laserem ablacyjnym CO₂ metodą frakcyjną stwierdzono, że kondycja skóry znacznie się polepszyła, poprawił się stopień nawilżenia skóry, ujędrnienie i elastyczność. Zauważono efekt podniesienia owalu twarzy, spłyły się blizny potrądzikowe oraz po przebytej ospie wietrznej. Rozszerzone ujścia gruczołów łojowych uległy zwężeniu i nastąpiła redukcja przebarwień. Zmarszczki w okolicach oczu i czoła oraz bruzdy nosowo-wargowe uległy niewielkiemu spłyceniu.

Podsumowanie

Starzenie się skóry jest naturalnym procesem. Wraz z wiekiem skóra staje się bardziej wrażliwa, mniej elastyczna i odwodniona. Właściwy tryb życia jak i regularne stosowanie zabiegów pielęgnacyjnych dostosowanych do typu cery oraz wieku mogą spowolnić stopniowy zanik kolagenu i elastyny. Skóra zaczyna się starzeć po około dwudziestym piątym roku życia, a cera dojrzała pojawia się u osób około 45 roku życia. Dochodzi do osłabienia ukrwienia skóry poprzez uszkodzenia ścian naczyń krwionośnych. Skóra staje się poszarzała, sucha i zmęczona. Choć za proces starzenia się skóry odpowiedzialne są przede wszystkim czynniki wewnętrzne, to o jej wyglądzie i kondycji decyduje codzienna pielęgnacja oraz styl życia. Bronią przeciwko starzeniu się skóry stają się zabiegi medycyny estetycznej.

Laser frakcyjny jest jednym z najskuteczniejszych narzędzi wykorzystywanych przez medycynę estetyczną w walce z objawami starzenia się skóry. Jest to zabieg stymulujący procesy naprawcze, czyli taki, który cofa oznaki starzenia, a nie tylko je maskuje jak np. kwas hialuronowy.

Reakcja skóry po zabiegu okazała się przewidywalna i nie była zaskoczeniem dla pacjentki. Jednak należy zwrócić uwagę, że bezpośrednio po samym zabiegu skóra wyglądała lepiej niż 12 godzin później.

Bibliografia:

1. Zegarska B., Woźniak M.: *Przyczyny wewnątrzpochodnego starzenia się skóry*. Gerantol. Pol. 2006, 14(4): 153–159.

2. Mamcarz B., Prandecka D.: *Medycyna estetyczna w praktyce*. Medical education, Warszawa 2010.
3. Majewska M. 2015 http://www.poradnikzdrowie.pl/uroda/twarz/rodzaje-zmarszczek-jakie-sa-rodzaje-zmarszczek_37364.html (02.01.2019 r.)
4. Anonim: 2015 <https://www.superpiękna.pl/2015/03/zmarszczki-rodzaje-zmarszczek.html> (02.01.2019 r.)
5. Huryń A., Bielecka-Grzela S., Klimowicz A.: *Application of phototherapy in dermatology*. Acad. Med. Stetin. 2006, 52(3): 71–76.
6. Anonim: <https://www.laserdelux.pl/blog/pięgi-na-plecach-ramionach-dekolcie-jak-je-usunac> (02.01.2019 r.)
7. Anonim: <https://depilacja4body.wordpress.com/2014/10/24/wszystko-co-wiemy-o-przebarwieniach-skory> (02.01.2019 r.)
8. Cichewicz A.: 2017 <https://dermatologia.mp.pl/choroby/chorobyskory/74392,zaburzenia-barwnikowe> (02.01.2019 r.)
9. Jaroszevska B., Korabiewska I.: *Kosmetologia współczesna*. Atena Lidia Nowicka, Warszawa 2010.
10. Molski M.: *Nowoczesna kosmetologia*. Tom 1; PWN, Warszawa 2014.
11. Sałata-Nowak J., Filsiak I., Chodynicka B.: *Wpływ dymu tytoniowego na skórę*. Przegł. Derm. 2010, 97: 342–348.
12. Bajor K.: <https://www.harpersbazaar.pl/uroda/4424/alkohol-i-jego-wplyw-na-nasza-skore-jaki-rodzaj-jest-najgorszy> (06.01.2019 r.)
13. Anonim: <https://jejswiat.pl/3202,wplyw-alkoholu-na-skore> (06.01.2019 r.)
14. Placek W.: *Dieta w chorobach skóry*. Czelej, Lublin 2015.
15. Molski M.: *Chemia piękna*. PWN Warszawa 2012.
16. Węglowska J., Milewska A.: *Pozytywne i negatywne skutki promieniowania słonecznego*. Post. Kosm. 2011, 2: 93–97.
17. Magdziarz-Orlitz J.: *Skąd się biorą zmarszczki – czyli jak starzeje się skóra*. Beauty Forum Polska 2009, 11: 32–35.
18. Anonim: 2017. <https://krokdozdrowia.com/menopauza-a-kondycja-skory/> (06.01.2019 r.)
19. Prandecka D.: *Lasery, a odmładzanie skóry. Ekspert anti-aging*. 2008(15): 5–7. www.dermanews.pl/images/com_arismartbook/download/69/Ekspert_nr_2008_15.pdf
20. Styczeń P.: *Laser frakcyjny CO₂*. MedBeauty. 2017: 30–32. drstyczen.pl/upload/drstyczen/laser_frakcyjny_co2_art_of_beauty_przemyslaw_styczen_lasery.pdf (02.01.2019 r.)
21. Wasiluk M.: *Laser Frakcyjny*. 2013 www.marekwasiluk.pl/laser-frakcyjny-zabieg/ (02.01.2019 r.)
22. Łącka M.: <http://www.moja-klinika.pl/fotoodmładzanie---laser-i-ledtherapy.html> (02.01.2019 r.)
23. Wasiluk M.: *Laser frakcyjny – odmładzanie*. 2012. <http://www.marekwasiluk.pl/laser-frakcyjny-odmładzanie-efekty/> (02.01.2019 r.)
24. Anonim: <http://www.beautyinspiration.pl/abc-lasera-frakcyjnego/> (02.01.2019 r.)
25. Szczyt M.: www.drszczyt.pl/zabiegi/medycyna-estetyczna/laser-frakcyjny-co2/ (02.01.2019 r.)
26. Radziejewska-Choma I.: <https://radziejewska.pl/zabiegi/lasery-i-urządzenia-medyczne/49-laser-frakcyjny-eco2-lutronic> (02.01.2019 r.)
27. Smart XDEDOT Instrukcja kliniczna wersja 2.2, wrzesień 2008.
28. Moon H.R., Yun W.J., Lee Y.J., Lee M.W., Chang S.: *A prospective, randomized, double-blind comparison of an ablative fractional 2940-nm erbium-doped yttrium aluminum garnet laser with nonablative fractional 1550-nm erbium-doped glass laser for the treatment of photoaged Asian skin*. J. Dermatolog. Treat. 2015, 26: 551–557.
29. Sardana K, Garg V.K., Arora P, Khurana N.: *Histological validity and clinical evidence for use of fractional lasers for acne scars*. Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery 2012, 5: 75–90.
30. Magnani L.R., Schweiger E.S.: *Fractional CO₂ lasers for the treatment of atrophic acne scars: a review of the literature*. J. Cosmet. Laser Ther. 2014, 16: 48–56.
31. Lee S.M., Kim M.S., Kim Y.J., Won C.H., Lee M.W., Choi J.H., Moon K.C., Chang S.E.: *Adverse events of non-ablative fractional laser photothermolysis: a retrospective study of 856 treatments in 362 patients*. J. Dermatolog. Treat. 2014, 25: 304–307.