

# Application of fractional laser in the treatment of scars

## Zastosowanie lasera frakcyjnego w leczeniu blizn

Paulina A. Szczepanik-Kuśak, Małgorzata Michalska-Jakubus, Marta Niewiedzioł, Dorota Krasowska

Department of Dermatology, Venereology and Paediatric Dermatology, Medical University of Lublin, Poland

Katedra i Klinika Dermatologii, Wenerologii i Dermatologii Dziecięcej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie, Polska

Dermatol Rev/Przeł Dermatol 2020, 107, 361–377

DOI: <https://doi.org/10.5114/dr.2020.99880>

**CORRESPONDING AUTHOR/  
ADRES DO KORESPONDENCJI:**  
lek. Paulina A. Szczepanik-Kuśak  
Katedra i Klinika  
Dermatologii, Wenerologii  
i Dermatologii Dziecięcej  
Uniwersytet Medyczny w Lublinie  
ul. Staszica 16  
20-081 Lublin  
tel. +48 889 987 497  
e-mail: vpaulinav@gmail.com

### ABSTRACT

Scars are formed when a defect in the dermis is replaced with fibrous connective tissue. Sometimes scars limit the range of motion as a result of contractures. In addition, they are a source of severe subjective complaints and a significant cosmetic defect. People with visible scarring have been shown to have a reduced quality of life due to a sense of shame, anxiety, and the lack of public acceptance. The therapy of scars can be challenging, and may be associated with a risk of recurrence. Fractional laser treatments are currently a widely used therapeutic approach for scar management, both in paediatric and adult patients. The observed improvement in skin colour, decrease in tissue tension, and reduction of itching and pain experienced by the patient, combined with a low risk of adverse effects, determine the efficacy and safety of this treatment modality, and contribute to the satisfaction of patients with the final cosmetic result, thus improving their mental and emotional well-being.

### STRESZCZENIE

Blizny powstają w wyniku zastąpienia ubytku w skórze właściwej tkanką łączną włóknistą. Niekiedy ograniczają zakres ruchów na skutek przykurczów, a także stanowią źródło nasilonych dolegliwości subiektywnych oraz znaczny defekt kosmetyczny. U osób z widocznymi bliznami stwierdzono obniżoną jakość życia wynikającą z poczucia wstydu, lęku i braku akceptacji społeczeństwa. Terapia blizn bywa trudna i może wiązać się z ryzykiem nawrotu zmian. Zabiegi laserem frakcyjnym stanowią obecnie powszechnie stosowaną metodę leczenia wielu rodzajów blizn zarówno u pacjentów pediatrycznych, jak i dorosłych. Obserwowana poprawa barwy skóry, złagodzenie napięcia tkanek, zmniejszenie odczuwanego świądu i bólu przy niewielkim ryzyku wystąpienia działań niepożądanych stanowią o skuteczności i bezpieczeństwie zabiegów oraz zadowoleniu pacjentów z uzyskanego efektu kosmetycznego, co pozytywnie wpływa na ich stan psychiczny i emocjonalny.

**Key words:** scars, laser therapy, fractional laser.

**Słowa kluczowe:** blizny, leczenie laserowe, laser frakcyjny.

## INTRODUCTION

The skin, which is the outer protective layering of the human body, is constantly exposed to injuries. Deep wounds, involving damage to the dermis caused predominantly by mechanical, chemical and thermal factors, as well as local inflammation, are associated with the formation of scars. This complex, multi-stage process involves a number of cells and mediators of biochemical reactions. It has been stressed that rapid restoration of homeostasis in the wound area is a prerequisite for appropriate tissue reconstruction and recovery of all its functions. The process of wound healing can be categorised into three or four stages, depending on whether damage to the continuity of tissues is considered as stage I. The subsequent stages include inflammation (stage I/II), proliferation (stage II/III) and maturation (or remodelling) (stage III/IV). The characteristics of consecutive stages are shown in figure 1. A disruption in the sequence of catabolic and anabolic reactions taking place during the healing process may lead to pathological scarring, with the formation of atrophic or hypertrophic scars and keloids [1, 2].

The classification of scar types included in the international recommendations on scar management (2002)

## WPROWADZENIE

Skóra, która stanowi zewnętrzną powłokę ochronną ciała człowieka, jest stale narażona na urazy. Rany głębokie, związane z uszkodzeniem skóry właściwej, najczęściej wskutek działania czynników mechanicznych, chemicznych, termicznych, a także po miejscowych stanach zapalnych wiążą się z wytworzeniem blizny. Jest to proces złożony, wieloetapowy, przebiegający z udziałem wielu komórek i mediatorów reakcji biochemicznych. Podkreśla się, że jedynie szybkie przywrócenie homeostazy w obszarze rany prowadzi do prawidłowej rekonstrukcji tkanki i powrotu wszystkich jej funkcji. Wyróżnia się trzy lub cztery etapy gojenia ran, w zależności od tego, czy uszkodzenie ciągłości tkanek zostanie uznane za etap I. Kolejne etapy to: obecność stanu zapalnego (etap I/II), proliferacji (etap II/III) oraz przebudowy lub remodelingu (etap III/IV). Charakterystykę poszczególnych etapów przedstawiono na rycinie 1. Zaburzenie sekwencji zjawisk katabolicznych i anabolicznych zaangażowanych w proces gojenia może prowadzić do bliznowacenia patologicznego, z wytworzeniem blizn zanikowych lub przerosłych i keloidów [1, 2].

Klasyfikację poszczególnych typów blizn zawartą w międzynarodowych rekomendacjach leczenia z 2002 r.



Figure 1. Stages of scar formation

Rycina 1. Etapy powstawania blizny

Table I. Characteristics of different scar types

Tabela I. Charakterystyka poszczególnych typów blizn

Scar type/Typ blizny	Characteristics/Charakterystyka
Mature/Dojrzała	- On the skin level/W poziomie skóry - Light in colour/Jasna barwa
Immature/Niedojrzała	- Raised above skin level/Uniesiona ponad poziom skóry - Erythematous/Rumieniowa - May be accompanied by pain or itching/Może jej towarzyszyć ból lub świąd
Linear hypertrophic (e.g. surgical/traumatic scar)/Linijna przerosta (np. po zabiegu chirurgicznym, urazowa)	- Limited to the site of injury/Ograniczona do miejsca urazu - Erythematous, raised lesion accompanied by itching/Zmiana rumieniowa, uniesiona, towarzyszy jej świąd - Develops for several weeks after surgery or trauma/Rozwijają się przez kilka tygodni po zabiegu chirurgicznym lub urazie - May increase in size for 3–6 months, then enters the stabilisation phase and matures within 2 years, presenting as a raised linear scar of varying width/Może się powiększać przez 3–6 miesięcy, następnie wchodzi w fazę stabilizacji i dojrzewa w czasie 2 lat, wówczas ma charakter blizny linijnej, uniesionej, o zmiennej szerokości
Irregular hypertrophic (e.g. burn scar)/Nieregularna przerosta (np. oparzeniowa)	- Skin lesion limited to the burn site/Zmiana ograniczona do miejsca oparzenia - Large, raised, irregular in shape/Nieregularna, rozległa, uniesiona
Minor keloid/Keloid mały	- Typical location: earlobe/Typowa lokalizacja: płatek ucha - Raised skin lesion extending beyond injury site, itchy/Zmiana uniesiona, swędząca, przekraczająca miejsce urazu - May increase in size for up to 1 year after injury/Może powiększać swoje wymiary w czasie do 1 roku od urazu - Does not resolve spontaneously/Nie ulega samoistnemu zanikowi - May recur after surgical resection/Po wycięciu chirurgicznym możliwy nawrót zmiany - Often positive family history for keloid formation/Często dodatni wywiad rodzinny tworzenia keloidów
Major keloid/Keloid duży	- Large skin lesion, significantly raised (> 0.5 cm), extending beyond injury site/Zmiana rozległa, znacznie uniesiona (> 0,5 cm), przekraczająca granice urazu - Painful and itchy/Bolesna, swędząca - Sometimes caused by minor injuries and growing in size over the years/Niekiedy powstaje na skutek drobnych urazów i powiększa się w ciągu kolejnych lat

is presented in table 1 [3]. The mechanism underlying the phenomena which take part in the pathogenesis of hypertrophic scars and keloids is not fully understood. Numerous cytokines such as interleukin-6, -8, and -10, and growth factors, especially the transforming growth factor (TGF) and platelet-derived growth factor (PDGF), have been implicated in the process [4]. Among them, TGF- $\beta$ 1 is considered to be the primary mediator of excessive fibrosis during wound healing [5]. Atrophic scars occur when the fibrous connective tissue fails to fill the entire area of skin defect, and the bottom of the scar forms a depression below the skin surface. Atrophic scars can develop as a result of inflammatory, infectious and traumatic factors. Acne scars are of particular concern, mainly because of their location on the face and high prevalence, affecting almost 95% of patients with acne [6]. The formation of such lesions has been shown to depend on the intensity and duration of local inflammation [7]. Carlavan *et al.* showed the development of atrophic acne scars

przedstawiono w tabeli 1 [3]. Mechanizm zjawisk bio-rących udział w patogenezie blizn przerostowych i keloidów nie został do końca poznany. Wskazuje się na udział licznych cytokin, takich jak interleukiny 6, 8, 10 oraz czynników wzrostowych, zwłaszcza transformującego (*transforming growth factor* – TGF) oraz płytkopochodnego (*platelet-derived growth factor* – PDGF) [4]. Wśród nich TGF- $\beta$ 1 uznawany jest za główny mediator nadmiernego włóknienia zachodzącego w trakcie gojenia ran [5]. Blizny zanikowe powstają, gdy tkanka łączna włóknista nie wypełnia całego ubytku, a ich dno leży poniżej powierzchni skóry. Mogą się rozwijać wskutek działania czynników zapalnych, infekcyjnych i urazów. Szczególne znaczenie mają blizny potrądzikowe, głównie ze względu na lokalizację na twarzy oraz częstość występowania – prawie 95% osób z trądzikiem [6]. Potwierdzono, że rozwój zmian zależy od nasilenia oraz czasu trwania miejscowego stanu zapalnego [7]. Carlavan i wsp. wykazali, że proces powstawania zanikowych blizn trądzikowych jest

to be an immune-mediated process involving the formation of cell infiltrates, initially consisting of T cells and neutrophils, followed by B cells [8]. These findings highlight that the most essential actions in the prevention of acne scars are appropriate control and treatment, especially of inflammatory lesions [9]. Several classifications of this type of scars have been proposed. The basic division is based on the width, depth and three-dimensional architecture of scars (fig. 2, table 2) [10]. However, these characteristics are subjective and insufficiently repeatable [11]. What is more, all types are quite commonly observed to coexist in 1 patient, which is a significant inconvenience for the clinician conducting the examination [12]. Goodman and Baron proposed a quantitative and qualitative scar grading system based on the type and number of scars [13]. Dreno *et al.* developed a validated grading scale called ECCA (*Echelle d'Evaluation clinique des Cicatrices d'acné*) in which the types, dimensions and number of scars located on the face correspond to numerical values [14].

Pathological scarring may cause subjective symptoms such as pain and burning and itching sensations. Scars can also limit the range of motion as a result of contractures. Sometimes scars are a major cosmetic de-

mediowany immunologicznie i przebiega z tworzeniem nacieków komórkowych, początkowo z limfocytów T i neutrofilów, następnie limfocytów B [8]. Zwraca uwagę, że najważniejszym postępowaniem w profilaktyce blizn potrądzikowych jest odpowiednia kontrola i leczenie zmian, zwłaszcza zapalnych [9]. Istnieje kilka klasyfikacji tych blizn. Podstawowy podział uwzględnia szerokość, głębokość i trójwymiarową architekturę zmian (ryc. 2, tab. 2) [10]. Jest jednak subiektywny i mało powtarzalny [11]. Ponadto dość często obserwuje się współistnienie wszystkich rodzajów blizn u jednego pacjenta, co dla klinicysty przeprowadzającego badanie stanowi dużą niedogodność [12]. Goodman i Baron zaproponowali ocenę ilościową i jakościową opartą na typie i liczbie blizn [13]. Dreno i wsp. opracowali zwalidowany system ECCA (*Echelle d'Evaluation clinique des Cicatrices d'acné*), w którym odpowiednim rodzajom, wymiarom i liczbie blizn zlokalizowanych na twarzy odpowiadają wartości liczbowe [14].

Patologiczne bliznowacenie może powodować dolegliwości subiektywne w postaci bólu, pieczenia i świądu oraz ograniczać zakres ruchów wskutek powstania przykurczów. Niekiedy stanowi też znaczny defekt kosmetyczny. U osób z widocznymi bliznami

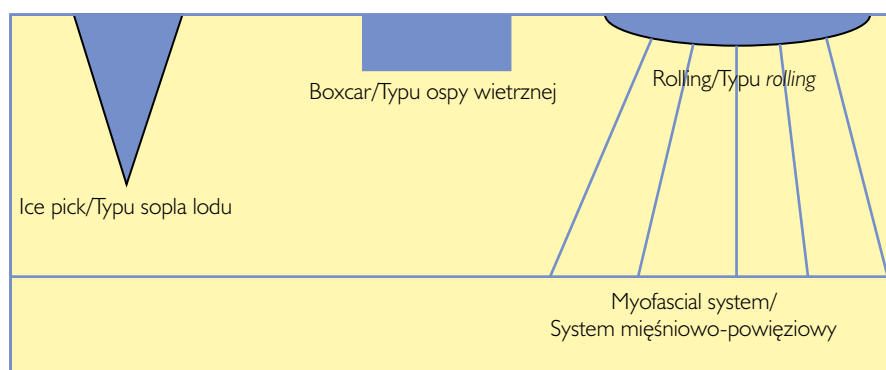


Figure 2. Types of atrophic acne scars

Rycina 2. Typy blizn potrądzikowych zanikowych

Table 2. Types of atrophic acne scars

Tabela 2. Typy blizn zanikowych potrądzikowych

Scar type/Typ blizny	Characteristics/Charakterystyka
Ice pick scar/Typu sopla lodu	- Less than 2 mm in diameter/Średnica poniżej 2 mm - The bottom of the scar extends deep into the dermis, occasionally up to the subcutaneous tissue/ Dno sięga w głąb skóry właściwej, czasem do tkanki podskórnej
Boxcar scar/Typu ospy wietrznej	- 1.5–4 mm in diameter/Średnica 1,5–4 mm - Round or rectangular depressions/Okrągłe lub prostokątne zagłębienia - Characteristic sharply defined edges/Charakterystyczne, ostro wysztancowane brzegi - Deep bottom/Głębokie dno - More shallow than ice pick scars/Płyszcz niż blizny pick
Rolling scar/Typu rolling	- Small depression/Niewielkie zagłębienie - Smooth edges/Łagodne obrysy - Often large in size/Często rozległe - Risk of fibrous adhesions developing between the bottom of the scar and the fascial layer/ Ryzyko rozwoju zrostów włóknistych między dnem blizny i warstwą powięziową

fect. People with visible scarring have been shown to have a reduced quality of life due to a sense of shame, anxiety, and the lack of public acceptance, which is an important source of stress [15, 16]. In addition, the negative impact of scars on the psychological and emotional well-being of patients may be associated with reduced self-esteem, avoidance of social contacts, reluctance to take up professional work, and even an elevated risk of suicide [17]. The above considerations highlight the need for an appropriate psychological approach.

### FRACTIONAL PHOTOTHERMOLYSIS IN SCAR TREATMENT

A number of methods have been applied for scar management (tab. 3). It is important to note that a good cosmetic effect can be achieved with combination therapies comprising conservative and surgical techniques. In the updated international recommendations on scar management fractional or pulsed dye laser treatments are recommended as second-line therapy in cases of immature, linear, irregular, hypertrophic scars and keloids, when previously used methods of treatment proved ineffective. The recommendations also emphasise that ablative fractional lasers (AFL) treatments can be applied as a preliminary treatment regimen for keloids (figs. 3, 4) [18].

The basic principle of operation of fractional lasers is fractional photothermolysis developed by Man-

stwierdzono obniżoną jakość życia wynikającą z poczucia wstydu, lęku i braku akceptacji społeczeństwa, co jest istotnym źródłem stresu [15, 16]. Negatywny wpływ na sferę psychologiczną i emocjonalną może się wiązać z obniżeniem samooceny, unikaniem kontaktów towarzyskich, niechęcią do podejmowania pracy zawodowej, a nawet podwyższonym ryzykiem samobójstwa [17]. Konieczne jest odpowiednie podejście psychologiczne.

### FRAKCYJNA FOTOTERMOLIZA W LECZENIU BLIZN

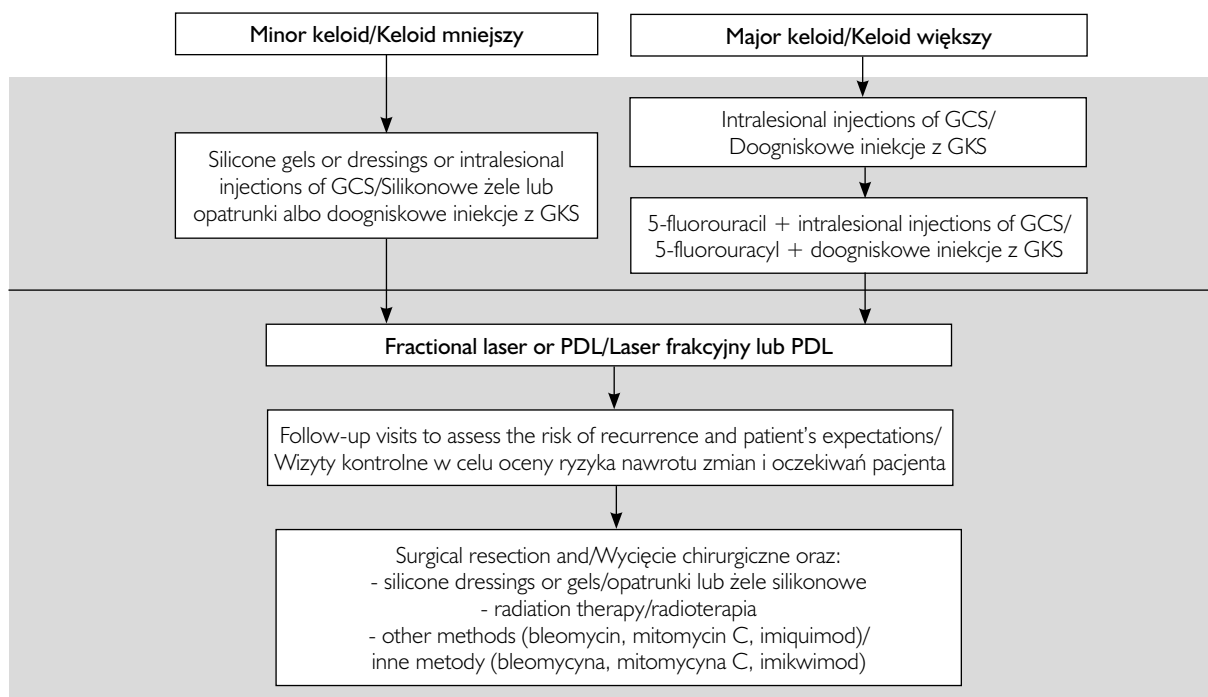
W leczeniu blizn stosuje się wiele metod (tab. 3). Warto podkreślić dobry efekt kosmetyczny terapii skojarzonych, uwzględniających techniki zachowawcze i zabiegowe. W uaktualnionych międzynarodowych zaleceniach leczenia blizn zabiegi laserem frakcyjnym lub pulsacyjnym barwnikowym zalecane są jako terapia drugiego wyboru w przypadkach blizn niedojrzałych, liniowych, nieregularnych, przerośniętych oraz keloidów, gdy wcześniej stosowane formy leczenia nie były skuteczne. W zaleceniach tych podkreślono również, że zabiegi za pomocą ablacyjnych laserów frakcyjnych (*ablative fractional lasers* – AFL) mogą stanowić wstępną metodę terapii keloidów (ryc. 3, 4) [18].

Podstawową zasadą działania laserów frakcyjnych jest frakcyjna fototermoliza, którą w 2004 r. opraco-

Table 3. Methods used in scar treatment

Table 3. Metody stosowane w leczeniu blizn

Therapeutic methods/Metody terapii	
Pharmacological/Farmakologiczne	Non-pharmacological/Niefarmakologiczne
Silicone products/Produkty silikonowe	Laser therapy/Laseroterapia
Intralesional injections of glucocorticosteroids (GCs)/ Doogniskowe wstrzyknięcia glikokortykosteroidów (GKS)	Radiation therapy/Radioterapia
5-fluorouracil/5-fluorouracyl	Cryotherapy/Krioterapia
Bleomycin/Bleomycyna	Compression therapy/Terapia uciskowa
Mitomycin C/Mitomycyna C	Hypoallergenic adhesive paper tape with micropores/Adhezyjna hipoalergiczna papierowa taśma zawierająca mikropory
Imiquimod/Imikwimod	
Onion extract/Wyciąg z cebuli	
Botulinum toxin A (BTA)/Toksyna botulinowa A (BTA)	
Hydrogel scaffolds for tissue reconstruction/Hydrożelowe opatrunki w postaci rusztowań do rekonstrukcji tkanek	
Calcineurin inhibitors/Inhibitory kalcyneuryny	
Retinoids/Retinoidy	
Tamoxifen/Tamoksyfen	
Verapamil/Werapamil	
Avotermin (derivative of human recombinant TGF-β3)/ Awotermin (pochodna ludzkiego, rekombinowanego TGF-β3)	
Interferon α2b/Interferon α2b	



GCS – glucocorticosteroids, PDL – pulsed dye laser.  
GKS – glikokortykosteroidy, PDL – pulsacyjny laser barwnikowy.

**Figure 3.** Keloids – management algorithm. Therapeutic procedures are shown on the grey background: first-line treatment above the horizontal line and second-line treatment below the horizontal line

**Rycina 3.** Keloidy – algorytm postępowania. Na szarym tle powyżej linii poziomej wskazano metody terapeutyczne pierwszego wyboru, a poniżej linii poziomej drugiego wyboru

stein *et al.* in 2004 [19]. With the aid of the technique, a pattern of microscopically small lesions is created on the surface of the skin. Through the selection of parameters, the density, diameter and depth of the microlesions can be controlled [20]. Fractional photothermolysis leads to the formation of microthermal treatment zones (MTZ) within the skin, surrounded by a margin of healthy undamaged tissue. As a result, the regeneration process takes place fast, with just a short recovery period [21, 22]. This is the greatest advantage of fractional lasers, contributing to their high efficacy and low risk of adverse effects.

The mechanism of action of AFL has been determined by *in vivo* studies. The action of the laser beam causes rapid thermal damage. After approximately 48 hours, the affected area is filled with epidermal cells, and the remains of dead tissue (microscopic epidermal necrotic debris - MEND) within the stratum corneum are almost completely exfoliated within 7 days. During this time, the mitotic activity of fibroblasts increases. Within up to one month after the procedure, MEND zones are completely replaced with a layer of healthy corneocytes [21].

The effect of fractional laser on scar tissue, including the processes of collagenogenesis and collagenolysis, has been assessed by histopathological and immunohistochemical methods. El-Hoshy *et al.* [23] reviewed the efficacy of CO<sub>2</sub> fractional laser treatments in

wali Manstein i wsp. [19]. Polega na wytwarzaniu na powierzchni skóry siatki punktowych mikrouszkodzeń, która w zależności od doboru parametrów może mieć odpowiednią gęstość, średnicę i głębokość [20]. Prowadzi do powstania w skórze stref uszkodzenia cieplnego (*microthermal treatment zones* – MTZ) otoczonych marginesem żywej, nieuszkodzonej tkanki, dzięki czemu proces regeneracji przebiega szybko, z krótkotrwałym okresem rekonwalescencji [21, 22]. Stanowi to największą zaletę laserów frakcyjnych, warunkującą ich wysoką skuteczność i niewielkie ryzyko wystąpienia działań niepożądanych.

Badania *in vivo* pozwoliły na określenie mechanizmu działania AFL. Pod wpływem wiązki laserowej dochodzi do szybkiego uszkodzenia cieplnego. Tę strefę już po ok. 48 godzinach wypełniają komórki naskórka, a w obrębie warstwy rogowej pozostają resztki martwej tkanki (*microscopic epidermal necrotic debris* – MEND), które po 7 dniach ulegają prawie całkowitemu złuszczeniu. W tym czasie dochodzi do zwiększenia aktywności mitotycznej fibroblastów. Do miesiąca po zabiegu strefy MEND zostają całkowicie zastąpione prawidłową warstwą korneocytów [21].

Wpływ działania lasera frakcyjnego na tkankę blizny, uwzględniający procesy kolagenogenezy i kolagenolizy, był oceniany za pomocą badań histopatologicznych i immunohistochemicznych. El-Hoshy i wsp. [23] przeanalizowali skuteczność zabiegów laserem frak-

20 patients with burn scars. After three treatments performed at 4–8-week intervals, a significant improvement in the arrangement of collagen and elastin fibres, and a change in their numbers, were noted. Following laser therapy procedures, the irregularly arranged sclerotic collagen fibres became finer in a statistically significant manner, and their number decreased, as shown by morphometric measurements. In addition, a significant increase in the number of elastin fibres and an improvement in their morphology and pattern were noted. The authors of the publication referred to studies describing the molecular mechanisms accompanying fractional photothermolysis – laser beam-induced activation of tissue metalloproteinases (MMPs), i.e. enzymes involved in the processes of remodelling the components of the extracellular matrix which support the reorganisation of collagen fibres [24, 25].

Lee *et al.* [26] conducted research on skin remodeling within burn scars subjected to a round of ten CO<sub>2</sub> fractional laser treatments. An assessment of tissue specimens taken by punch biopsy before and after the treatments showed changes in the upper parts of the dermis manifesting as the formation of new dermal papillae, which correlated with clinically observed improvement, i.e. smoothing of the surface and decrease in tissue tension. This was accompanied by a significant reduction in score in the Vancouver Scar Scale (VSS) which assesses four variables: pigmentation, vascularity, pliability, and thickness of the scar tissue.

Makboul *et al.* [27] investigated the effects of CO<sub>2</sub> fractional laser treatments on hypertrophic scars. After a round of four procedures performed in 40 patients on a weekly basis, a clinical and histopathological evaluation was performed, and the expression of TGF-β1 was assessed. A significant reduction in the VSS score was noted. In addition, epidermal thickening, stratum corneum thinning, and the replacement of the irregular arrangement of collagen bundles with new, structured fibres were observed. Also, a statistically significant decrease in TGF-β1 expression was found.

#### COMPARISON OF EFFICACY OF ABLATIVE AND NON-ABLATIVE FRACTIONAL LASERS

The division of fractional lasers into ablative (AFL) and non-ablative fractional lasers (NAFL) is based on the type of tissue damage. AFL involves epidermal vaporisation and coagulation of the dermis, while NAFL treatments induce thermal damage to the skin while preserving the epidermis. This has an impact on the efficacy of therapy, healing time, risk of infection and adverse effects.

The first study comparing the efficacy of scar treatment using NAFL and AFL was published by Kim *et al.* in 2012 [28]. The analysis was performed for fresh scars in the neck area after thyroid resection.

cyjnym CO<sub>2</sub> u 20 pacjentów z bliznami pooparzeniowymi. Po trzech zabiegach przeprowadzanych co 4–8 tygodni stwierdzono znaczącą poprawę w układzie włókien kolagenowych i elastynowych, a także zmianę ich liczby. Nieregularnie ułożone pęczki kolagenu, mające cechy stwardnienia po wykonanych procedurach laseroterapii, były statystycznie istotnie cieńsze, a ich liczba zmniejszona, co potwierdzono morfometrycznie. Ponadto stwierdzono znaczące zwiększenie liczby włókien elastynowych oraz poprawę ich morfologii i wzorca. Autorzy pracy odwołali się do badań opisujących mechanizmy molekularne towarzyszące frakcyjnej fototermodolizie – aktywacji przez wiązkę laserową tkankowych metaloproteinaz (MMP), enzymów biorących udział w procesach przebudowy składników macierzy pozakomórkowej, dzięki którym możliwa jest reorganizacja włókien kolagenowych [24, 25].

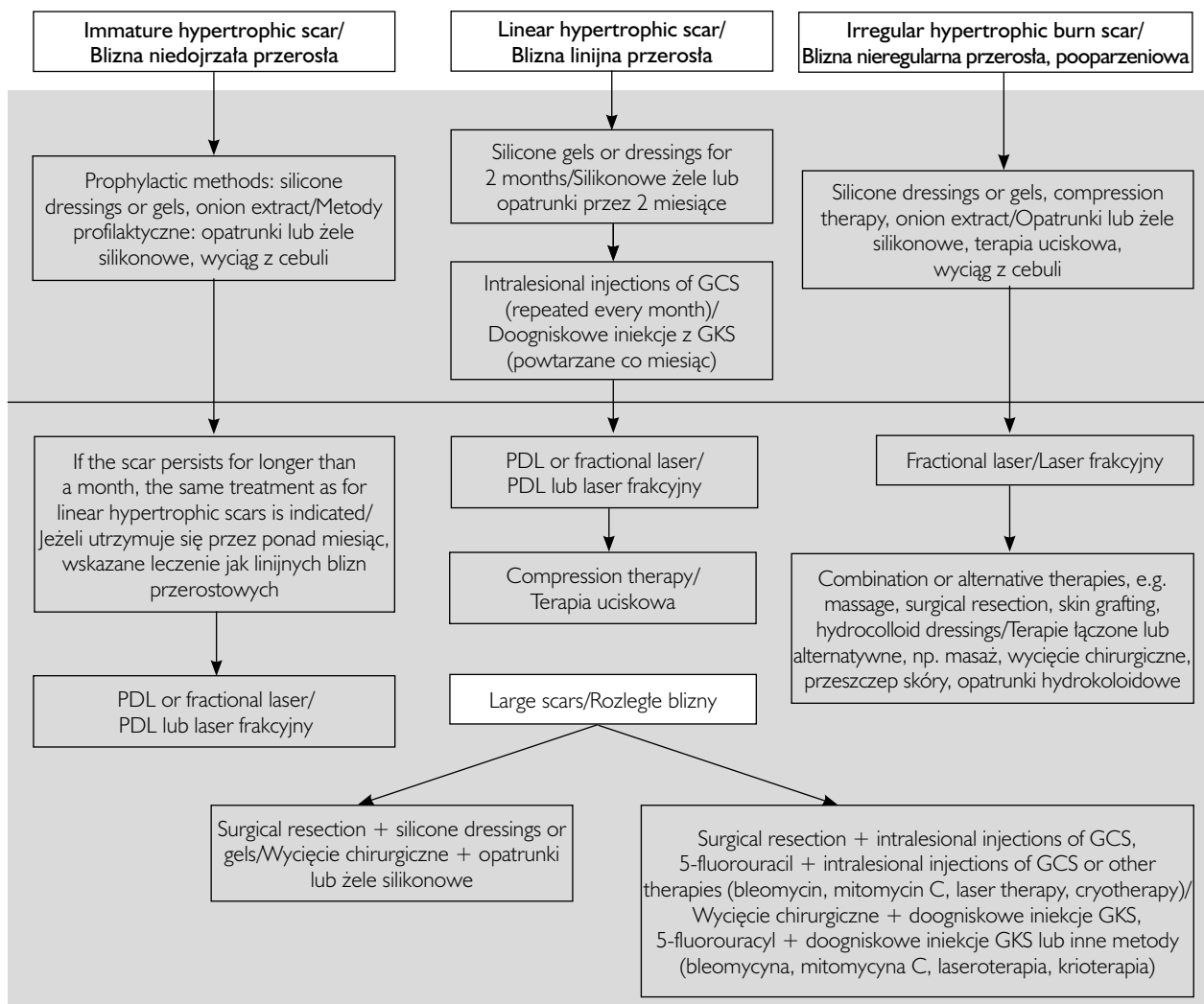
Lee i wsp. [26] prowadzili badania nad remodelingiem skóry w obrębie blizn pooparzeniowych poddanych serii dziesięciu zabiegów laserem frakcyjnym CO<sub>2</sub>. Ocena wycinków tkankowych pobranych metodą biopsji sztanckowej przed zabiegiem i po zabiegach wykazała zmiany w obrębie górnych warstw skóry właściwej w postaci utworzenia nowych brodawek skórnych, co odpowiadało obserwowanej klinicznie poprawie – wygładzeniu powierzchni i zmniejszeniu naprężenia tkanek. Towarzystwo temu znaczące obniżenie wskaźnika Vancouver Scar Scale (VSS), uwzględniającego pigmentację, unaczynienie, elastyczność oraz grubość tkanki blizny.

Makboul i wsp. [27] badali wpływ zabiegów laserem frakcyjnym CO<sub>2</sub> na blizny przerosłe. U 40 pacjentów po serii 4 procedur odbywających się co tydzień dokonano oceny klinicznej, histopatologicznej oraz ekspresji TGF-β1. Stwierdzono istotną redukcję wskaźnika VSS, pogrubienie naskórka, ścieńczenie warstwy rogowej, a także zastąpienie nieregularnego układu pęczków kolagenu przez nowe, uporządkowane włókna. Ponadto wykazano istotną statystycznie redukcję ekspresji TGF-β1.

#### PORÓWNANIE SKUTECZNOŚCI ABLACYJNYCH I NIEABLACYJNYCH LASERÓW FRAKCYJNYCH

Podział laserów frakcyjnych na ablacyjne (*ablative fractional lasers* – AFL) i nieablacyjne (*non-ablative fractional lasers* – NAFL) opiera się na rodzaju uszkodzenia tkanki. W przypadku AFL dochodzi do waporyzacji naskórka i koagulacji skóry właściwej, natomiast zabiegi z wykorzystaniem NAFL prowadzą do uszkodzenia ciepłego skóry z zachowaniem naskórka. Ma to wpływ na skuteczność leczenia, czas gojenia, ryzyko wystąpienia infekcji i działań niepożądanych.

Pierwsze badanie porównujące skuteczność leczenia blizn za pomocą NAFL i AFL opublikowali Kim i wsp. w 2012 r. [28]. Dotyczyło ono świeżych blizn



GCS – glucocorticosteroids, PDL – pulsed dye laser.  
 GKS – glikokortykosteroidy, PDL – pulsacyjny laser barwnikowy.

**Figure 4.** Hypertrophic scars – management algorithm. Therapeutic procedures are shown on the grey background: first-line treatment above the horizontal line and second-line treatment below the horizontal line

**Rycina 4.** Blizny przerostowe – algorytm postępowania. Na szarym tle powyżej linii poziomej wskazano metody terapeutyczne pierwszego wyboru, a poniżej linii poziomej drugiego wyboru

Half of the scar was treated with 1550 nm Er:glass NAFL, and the other half with 2940 nm Er:YAG AFL. A total of 3 procedures were performed at 4-week intervals. A significant improvement was observed after both types of treatment, but in the opinion of both patients and doctors, the final outcome was better after AFL procedures. Taudorf *et al.* conducted a randomised, controlled study in which atrophic, flat, and hypertrophic scars were managed with NAFL treatments. The therapy was associated with lower efficacy in hypertrophic scars, which may be attributed to the limited depth of laser beam penetration into hypertrophic scar tissue (2.2 mm for NAFL vs. 4 mm for AFL) [29]. As a consequence, in order to achieve therapeutic efficacy, it is necessary to modify scar management by applying a round of NAFL treatments or adjust the parameters to the type of scar [19,

okolice szyi powstałych po resekcji tarczycy. Połowę blizny leczono NAFL erbowo-szklanym (Er:glass) 1550 nm, a drugą AFL erbowo-yagowym (Er:YAG) 2940 nm. Przeprowadzono 3 procedury co 4 tygodnie. W obu przypadkach obserwowano istotną poprawę, jednak zarówno według pacjentów, jak i lekarzy efekt końcowy był lepszy po zabiegach AFL. W kontrolowanym badaniu z randomizacją, w którym blizny zanikowe, płaskie i przerostowe poddawano zabiegom NAFL, Taudorf i wsp. wykazali ich niższą skuteczność w przypadku blizn przerostowych, co być może wynika z ograniczonej głębokości penetracji wiązki laserowej w przerostej tkance (2,2 mm dla NAFL w porównaniu z 4 mm dla AFL) [29]. Z tego względu do uzyskania skuteczności terapeutycznej konieczna jest modyfikacja leczenia w postaci przeprowadzenia serii zabiegów NAFL lub dostosowania parametrów



21, 30, 31]. Interesting insights can be found in the study by Jang *et al.* [32] who compared the effects of NAFL and AFL in the treatment of fresh thyroidectomy scars. NAFL treatments were performed in 21 patients, and AFL in 34 patients. Both methods produced a significant improvement in the local condition of the skin assessed according to the Modified Manchester Scar Scale (mMSS) which takes into account e.g. scar size, colour, skin texture, margins, and relationship to surrounding tissues [33]. The lightening of scar colour was more pronounced after NAFL treatment ( $p = 0.03$ ), whereas AFL was more effective in smoothing out scar contours ( $p < 0.03$ ). The authors emphasised that the selection of the type of procedure must be made on a case-by-case basis, taking into account the nature of the lesion. NAFL was considered better suited to the treatment of fresh, erythematous scars, while AFL procedures were a superior treatment option for hypertrophic scars.

In conclusion, NAFL has less therapeutic efficacy in the treatment of hypertrophic scars compared to AFL. It is important to note that AFL treatments, depending on the parameters of the procedure, may produce superficial effects leading to an improvement in the structure of scar tissue and smoothing it out; or deep effects, relieving tension and stimulating the process of skin remodelling. In addition, patients should be advised to apply traditional methods such as compression or silicone dressings, or massage [34].

#### COMPARISON OF EFFICACY OF FRACTIONAL LASERS AND PULSED DYE LASERS

The first reports of the application of laser therapy with pulsed dye laser (PDL) were published in 1995. In that study, a total of 16 patients with hypertrophic scars and keloids after sternotomy were subjected to two series of PDL treatments which produced a significant, persisting for at least 6 months, decrease of erythema, reduction of scar prominence and smoothing of its surface, and relief of the symptoms of pruritus [35]. In a randomised blinded study, Tierney *et al.* [36] compared the efficacy of NAFL and PDL in the management of surgical scars. For the purpose of comparison, the scars were split into two therapeutic areas, each of which was treated with a different type of laser. After a series of four treatments performed at biweekly intervals, a significantly greater improvement in terms of scar appearance ( $p < 0.001$ ) was noted in the portions of scars treated with NAFL (75.6%) than PDL (53.9%). Ha *et al.* [37] conducted a series of three treatments at monthly intervals, using both PDL and NAFL, in a group of 30 patients with fresh scars present on the anterior surface of the neck after thyroidectomy. Both treatment modalities led to

do typu blizny [19, 21, 30, 31]. Ciekawe wnioski uzyskali Jang i wsp. [32], którzy porównali zabiegi NAFL i AFL w przypadku świeżych blizn po tyreoidektomii. Zabiegi NAFL przeprowadzono u 21 pacjentów, natomiast AFL u 34. Obie metody pozwoliły na osiągnięcie znaczącej poprawy stanu miejscowego ocenianej według zmodyfikowanej skali Manchester (*Modified Manchester Scar Scale* – mMSS), uwzględniającej m.in. rozmiar, zabarwienie, teksturę, marginesy, stosunek do otaczających tkanek [33]. Rozjaśnienie barwy blizny było wyraźniejsze po zabiegu NAFL ( $p = 0,03$ ), natomiast AFL był skuteczniejszy w wygładzaniu konturów blizn ( $p < 0,03$ ). Autorzy podkreślili, że rodzaj zabiegu musi być dobrany indywidualnie, z uwzględnieniem typu zmiany. Na bliznę świeżą, rumieniową lepiej zastosować procedurę NAFL, natomiast na bliznę przerosłą – AFL.

Podsumowując – NAFL charakteryzują się mniejszą skutecznością terapeutyczną w leczeniu blizn przerosłych w porównaniu z AFL. Należy podkreślić, że zabiegi AFL, w zależności od parametrów mogą mieć działanie powierzchniowe – związane z poprawą struktury i wygładzeniem tkanki blizny, lub głębokie – wówczas powodują łagodzenie naprężeń i stymulują remodeling skóry. Ponadto pomiędzy procedurami należy zalecać pacjentom stosowanie metod tradycyjnych, takich jak opatrunki uciskowe, silikonowe lub masaże [34].

#### PORÓWNANIE SKUTECZNOŚCI LASERÓW FRAKCYJNYCH I PULSACYJNYCH LASERÓW BARWNIKOWYCH

Pierwsze doniesienia o wykorzystaniu laseroterapii z zastosowaniem pulsacyjnego lasera barwnikowego (*pulsed dye laser* – PDL) pojawiły się w 1995 r. U 16 pacjentów z bliznami przerosłymi i keloidami po zabiegu sternotomii przeprowadzono wówczas dwie serie zabiegów PDL, po których uzyskano utrzymujące się przez co najmniej pół roku znaczne złagodzenie rumienia, zmniejszenie wyniosłości blizny i wygładzenie jej powierzchni oraz ustąpienie świądu [35]. Tierney i wsp. [36] w badaniu z randomizacją przeprowadzonym metodą podwójnie ślepej próby porównywali skuteczność NAFL i PDL w leczeniu blizn pooperacyjnych. Blizny dzielono na dwa obszary terapeutyczne, z których każdy poddany był procedurze innym typem lasera. Po sesji 4 zabiegów wykonanych w 2-tygodniowych odstępach stwierdzono znacznie większą poprawę wyglądu blizn ( $p < 0,001$ ) po stronie leczonej NAFL (75,6%) w porównaniu z PDL (53,9%). Ha i wsp. [37] poddali serii 3 zabiegów wykonywanych co miesiąc z wykorzystaniem PDL oraz NAFL grupę 30 pacjentów ze świeżymi bliznami po tyreoidektomii. Obie formy leczenia spowodowały znaczącą i satysfakcjonującą

a significant clinical improvement, satisfying from the patients' viewpoint, without a statistically significant difference noted between the groups ( $p = 0.840$ ). In a study conducted by Korean authors [38], a group of 10 patients with postoperative scars underwent AFL or alternatively PDL treatments 2–3 weeks after surgical procedures. The therapeutic outcome was evaluated in the VSS scale. AFL treatments (59.7%) were shown to be more effective than PDL (47.2%), particularly in terms of reducing the thickness of the scar and improving its pliability.

#### APPLICATION OF FRACTIONAL LASERS IN THE TREATMENT OF DIFFERENT SCAR TYPES

##### Treatment of burn scars

The treatment of burn scars requires a special holistic approach. Burn scars can cover a large area of the body, causing contractures, and represent a significant cosmetic concern [30]. Abnormal vascularisation, structure and colour, as well as excessive tension in the scar tissue, result in therapeutic difficulties [34]. Laser treatments, especially AFL, are now a widely used method for managing burn scars in adult and paediatric patients, leading to significant improvements both in subjective patient perception and objective assessment [39] (figs. 5, 6). According to the current treatment algorithm, a series of four AFL procedures is initially recommended in all patients 9 months after the injury [40]. In addition, fractional laser treatments are used in the management of contractures associated with burn scars and skin grafts [41]. The addition of topical glucocorticoids (tGCs) or 5-fluorouracil at a later stage of treatment may enhance the effect of laser therapy, improving the pliability and reducing the thickness of the scar [42].

##### Treatment of hypertrophic scars and keloids

AFL laser treatments were a milestone in the therapy of hypertrophic scars. A number of studies have highlighted their efficacy expressed by the results of ultrasound measurements and a significant decrease in indicators of scar condition including VSS and POSAS (Patient and Observer Scar Assessment Score), taking into account the patients' subjective perceptions such as pain, itching, relief or stiffness [43–45]. The high benefit of laser treatments is evidenced by observed improvements in the quality of life of patients who previously experienced mental discomfort caused by the injury and the associated cosmetic defect [43]. It is worth noting that combination therapy (laser therapy and tGCs, called laser-assisted topical corticosteroid delivery) has been used on an increasing basis in the treatment of keloids re-

chorych poprawę kliniczną, bez statystycznej różnicy ( $p = 0,840$ ). W badaniu autorów koreańskich [38] u 10 pacjentów z bliznami pooperacyjnymi po 2–3 tygodniach od procedur chirurgicznych przeprowadzono zabiegi AFL lub alternatywnie PDL i oceniano efekt leczenia według skali VSS. Uzyskano większą skuteczność zabiegów AFL (59,7%) niż PDL (47,2%), szczególnie w zakresie zmniejszenia grubości blizny i poprawy jej elastyczności.

#### ZASTOSOWANIE LASERÓW FRAKCYJNYCH W LECZENIU POSZCZEGÓLNYCH RODZAJÓW BLIZN

##### Leczenie blizn pooperacyjnych

Blizny pooperacyjne wymagają szczególnego, holistycznego podejścia terapeutycznego. Mogą obejmować rozległe powierzchnie ciała, co powoduje przykurcze i stanowi znaczny defekt kosmetyczny [30]. Nieprawidłowe unaczynienie, struktura oraz barwa, a także nadmierne napięcie w obrębie tkanki blizny są przyczyną trudności terapeutycznych [34]. Zabiegi laserowe, szczególnie AFL, obecnie są powszechnie stosowaną metodą leczenia blizn pooperacyjnych u pacjentów dorosłych i dzieci, która prowadzi do znacznej poprawy zarówno w ocenie subiektywnej, jak i obiektywnej [39] (ryc. 5, 6). Zgodnie z aktualnym algorytmem leczenia u wszystkich pacjentów po 9 miesiącach od urazu początkowo zaleca się serię 4 zabiegów AFL [40]. Ponadto zabiegi laserami frakcyjnymi wykorzystuje się w terapii przykurczów powstałych wskutek blizn pooperacyjnych oraz przeszczepów skórnych [41]. Dołączenie w późniejszym etapie leczenia stosowania zewnętrznego preparatów glikokortykosteroidowych lub 5-fluorouracylu może wzmacniać efekt laseroterapii w postaci poprawy elastyczności i redukcji grubości zmiany [42].

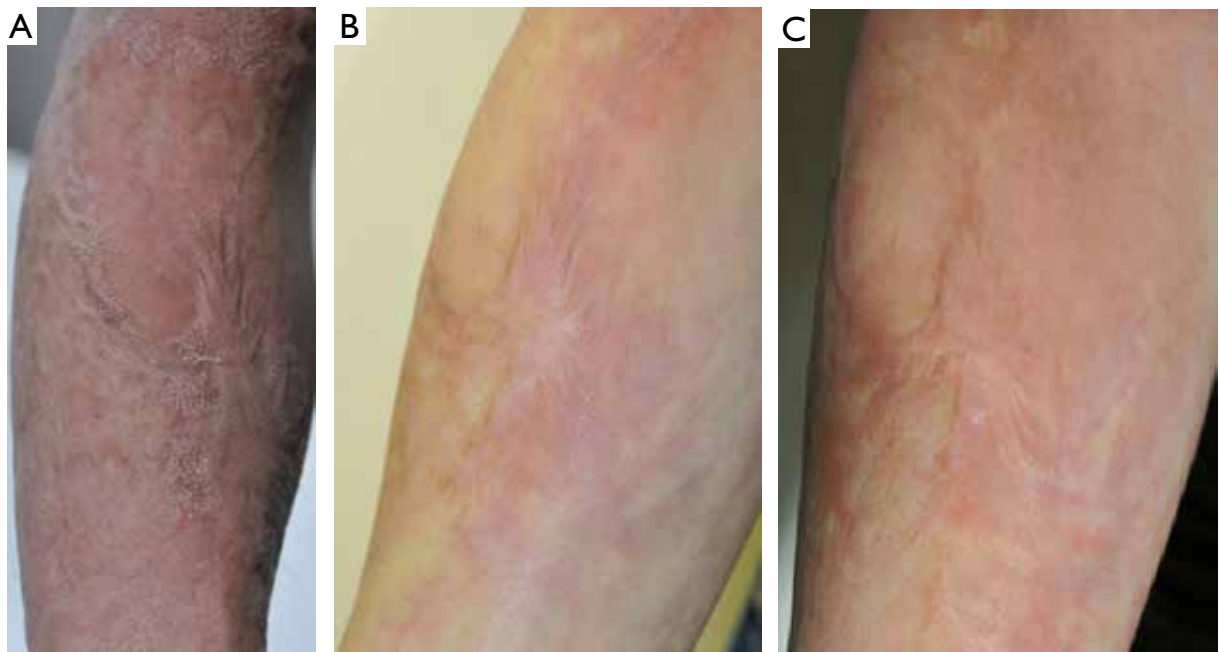
##### Leczenie blizn przerostłych i keloidów

Zabiegi AFL stanowiły kamień milowy w terapii blizn przerostłych. W wielu dostępnych pracach podkreślono ich skuteczność, wyrażoną wynikami pomiarów ultrasonograficznych oraz znaczącym obniżeniem takich wskaźników, jak VSS oraz POSAS (*Patient and Observer Scar Assessment Score*), uwzględniającego subiektywne wrażenia pacjenta, takie jak uczucie bólu, świądu, ulgi lub sztywności [43–45]. Niewątpliwie o dużej wartości zabiegów laserowych świadczy poprawa jakości życia pacjentów, którzy w przeszłości doświadczali dyskomfortu psychicznego związanego z urazem i późniejszym defektem kosmetycznym [43]. Warto zaznaczyć, że obecnie coraz szerzej stosowaną metodą leczenia keloidów jest terapia łączona: laseroterapia z stosowaniem zewnętrznie



**Figure 5.** A 30-year-old female patient with a history of a thermal burn of the right upper limb, at 8 months of age. Status post multiple skin grafts (A). Gradual clinical improvement observed after 11 treatments with CO<sub>2</sub> fractional laser (B, C)

**Rycina 5.** Pacjentka lat 30, w wywiadzie oparzenie termiczne prawej kończyny górnej w wieku 8 miesięcy. Stan po wielu przeszczepach skórnych (A). Stopniowa poprawa kliniczna obserwowana po zastosowaniu 11 zabiegów laserem frakcyjnym CO<sub>2</sub> (B, C)



**Figure 6.** Skin condition after the first CO<sub>2</sub> fractional laser treatment. Visible areas of thermal damage caused by the laser beam (A). Gradual clinical improvement observed after subsequent treatments (B, C)

**Rycina 6.** Stan po pierwszym zabiegu laserem frakcyjnym CO<sub>2</sub>. Widoczne strefy ciepłego uszkodzenia spowodowane wiązką laserową (A). Stopniowa poprawa kliniczna obserwowana po zastosowaniu kolejnych zabiegów (B, C)

cently [42, 46, 47]. Intralesional injections of GCs are painful, which may discourage the patient from continuing therapy. On the other hand, the application of ointments or creams has only limited efficacy. In contrast, AFL treatments followed by tGCs (typically triamcinolone acetonide) improve drug permeability and help to avoid pain. Park *et al.* [48] found that the combination of laser treatment and tGCs applied to the lesions under occlusion allows achieving similar results as intralesional injections of GCs.

### Treatment of atrophic scars

The application of fractional laser in the therapy of atrophic scars stimulates the formation of new collagen fibres and filling of post-inflammatory skin defects [49]. It is emphasised that these treatments are the only therapeutic modality effective in the management of all types of acne scars (table 4) [10, 50, 51]. The previous recommendations for performing invasive procedures and isotretinoin treatment [52–54] indicated that laser therapy should be initiated 6 to 12 months or 12 to 24 months after the end of oral retinoid treatment. In light of recent studies, though, there is insufficient evidence to delay both AFL and NAFL fractional laser treatments in patients who are currently using or have recently stopped taking isotretinoin [55]. A randomised controlled study evaluating the safety of NAFL therapy in patients after an oral retinoid treatment completed a month earlier showed normal healing of the treated areas and a high level of patient satisfaction, without the formation of hypertrophic scars or keloids [56]. Kim *et al.* [57] investigated patients treated with isotretinoin *p.o.* at doses ranging from 10 to 60 mg/day who underwent AFL procedures for acne scars. Reepithelialisation progressed without complication in all patients, and high levels of satisfaction with the outcome of treatment were noted. The authors concluded that AFL laser treatments were safe despite concurrent therapy with retinoids at a cumulative dose from 39 to 248 mg/kg. Considering the fact that the treatment of acne scars is a prolonged process and sometimes requires combination therapy, early initiation of laser treatment may improve the quality of life of patients. Ortiz *et al.* [58] highlighted that AFL was associated with long-term efficacy. Follow-up evaluations performed at 1 and 2 years after the end of treatment showed that local improvement and satisfaction levels were maintained in an average of 74% of patients.

Definitely, the parameters of the treatments, their required number, intervals between successive procedures, and dates of follow-up visits should be adjusted to each individual patient. It needs to be noted that their accurate determination requires further research [59]. Factors to consider when selecting the

glikokortykosteroidów, tzw. *laser-assisted topical corticosteroid delivery* [42, 46, 47]. Ostrzykiwanie blizny preparatami GKS jest bolesne, co może zniechęcać pacjenta do kontynuacji terapii. Z kolei nakładanie preparatów w postaci maści lub kremów ma ograniczoną skuteczność. Zabiegi AFL, po których stosuje się zewnętrznie glikokortykosteroidy, najczęściej acetonid triamcynolonu, poprawiają przenikalność leku oraz pozwalają uniknąć dolegliwości bólowych. Park i wsp. [48] wskazali, że połączenie laseroterapii oraz glikokortykosteroidów zewnętrznie nakładanych na ogniska chorobowe pod opatrunki okluzyjne umożliwia osiągnięcie podobnych rezultatów jak iniekcje doogniskowe z GKS.

### Leczenie blizn zanikowych

Zastosowanie lasera frakcyjnego w przypadku blizn zanikowych prowadzi do pobudzenia tworzenia nowych włókien kolagenowych i wypełnienia pozapalnych ubytków [49]. Podkreśla się, że zabiegi te jako jedyne są skuteczne w leczeniu każdego typu blizn potrądzikowych (tab. 4) [10, 50, 51]. Dotychczasowe zalecenia dotyczące wykonywania zabiegów inwazyjnych i leczenia izotretynoiną [52–54] sugerowały rozpoczęcie laseroterapii 6–12 miesięcy lub 12–24 miesięcy po zakończonej kuracji. W świetle najnowszych badań nie istnieją wystarczające dowody na zasadność opóźniania zabiegów laserami frakcyjnymi, zarówno AFL, jak i NAFL, u pacjentów, którzy stosują izotretynoinę lub niedawno zakończyli jej przyjmowanie [55]. W kontrolowanym badaniu z randomizacją, w którym oceniano bezpieczeństwo laseroterapii z wykorzystaniem NAFL u osób po zakończonym miesiąc wcześniej leczeniu izotretynoiną, stwierdzono prawidłowe gojenie oraz zadowolenie pacjentów, ponadto nie obserwowano rozwoju blizn przerosłych lub keloidów [56]. Kim i wsp. [57] u pacjentów leczonych izotretynoiną *p.o.* w dawkach 10–60 mg/dobę wykonywali zabiegi AFL z powodu blizn potrądzikowych. U wszystkich osób reepitelializacja przebiegała prawidłowo, stwierdzono wysokie wskaźniki zadowolenia z przeprowadzonego leczenia. Autorzy wskazali, że zabiegi laserami AFL są bezpieczne pomimo stosowania terapii izotretynoiną w dawce skumulowanej 39–248 mg/kg. Leczenie blizn potrądzikowych jest procesem długotrwałym i niekiedy wymaga terapii skojarzonej, dlatego wczesne wdrożenie laseroterapii może poprawić jakość życia pacjentów. Ortiz i wsp. [58] zwrócili uwagę na długofalową skuteczność AFL. Kontrole po roku i 2 latach od zakończenia leczenia wykazały, że poprawa miejscowa i satysfakcja utrzymywały się średnio u 74% pacjentów.

Nie ulega wątpliwości, że parametry zabiegów, ich wymagana liczba, odstępy czasowe pomiędzy nimi

**Table 4.** Efficacy of available treatments for different types of atrophic acne scars**Tabela 4.** Skuteczność dostępnych metod leczenia w poszczególnych typach blizn potrądzikowych zanikowych

Treatment modality/Forma leczenia	Ice pick scar/Blizna <i>ice pick</i>	Rolling scar/Blizna <i>rolling</i>	Boxcar scar/Blizna <i>boxcar</i>
Chemical peels/Pilingi chemiczne:			
Trichloroacetic acid/Kwas trójchlorooctowy	++	-	++
Chemical reconstruction of skin scars/ Chemiczna rekonstrukcja blizn skórnych	++	-	++
Dermabrasion or microdermabrasion/ Dermabrazja lub mikrodermabrazja	+	-	+
Laser therapy/Laser:			
AFL (CO <sub>2</sub> , Er:YAG), NAFL (Nd:YAG, LED)/ AFL (dwutlenkowowęglowy, erbowo-yagowy), NAFL (neodymowo-yagowy, lasery diodowe)	-	++	++
Fractional photothermolysis/ Frakcyjna fototermoliza	++	++	++
Punch techniques/Techniki punch:			
Resection/Wycięcie	++	-	+
Skin graft/Wstawienie przeszczepu	++	-	++
Fillers/Wypełniacze	+	++	+
Microneedling/Mikroigłowanie	-	++	++
Subcision/Zabieg nacięć podskórnych	+	++	+

(++) effective, (+) less effective, (-) ineffective.

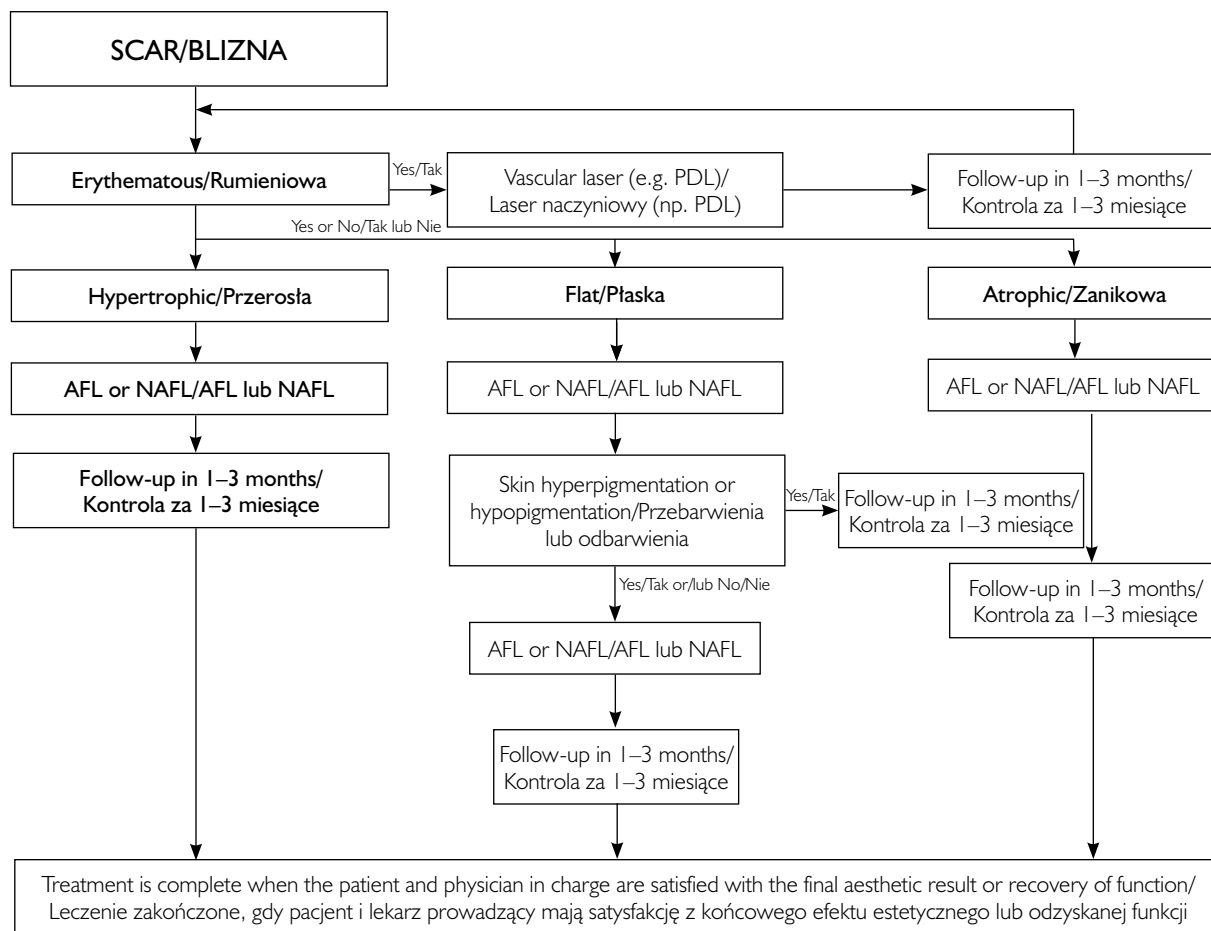
(++) metoda skuteczna, (+) metoda mniej skuteczna, (-) metoda nieskuteczna.

energy level and the number of passes of the laser beam should include the age of the person undergoing treatment, the area to be treated, and the consecutive number of the procedure [60]. Attention is drawn to the fact that a beneficial effect is achieved with a series of fractional laser treatments. The optimal interval between successive procedures should be approximately 3 months to support complete healing of treated areas and, at the same time, prevent the development of adverse effects (fig. 7) [61]. Moreover, not every type of acne scar responds to fractional laser treatment in the same way. Boxcar and rolling scars have been shown to be more susceptible to laser treatment than ice pick scars (table 2) [62, 63]. In the case of the latter, punch techniques or chemical reconstruction are recommended. It needs to be stressed that combination therapy consisting of filler or platelet-rich plasma injections or radiofrequency is associated with satisfying therapeutic outcomes (table 4) [64]. Moreover, it was shown that the addition of other therapeutic modalities, such as adipose tissue stem cell treatments, may improve the efficacy of AFL, especially in patients with different coexisting types of acne scars [60, 65].

#### EQUIPMENT SELECTION, PATIENT QUALIFICATIONS AND SAFETY OF TREATMENTS

The choice of laser device is determined to the greatest extent by the type of scar to be treated (hy-

i terminy wizyt kontrolnych powinny być dostosowane indywidualnie do każdego pacjenta. Zwraca się uwagę, że konieczne są dalsze badania w celu ich dokładnego ustalenia [59]. W trakcie doboru energii i liczby przejęć wiązki laserowej należy uwzględnić wiek pacjenta, okolice poddawaną zabiegom, a także to, która z kolei jest to procedura [60]. Zwraca się uwagę na korzystny efekt stosowania serii zabiegów laseroterapii frakcyjnej. Optymalny odstęp pomiędzy kolejnymi procedurami powinien wynosić ok. 3 miesiące, co wiąże się z pełnym wygojeniem okolic poddanych zabiegom i jednocześnie zapobiega rozwojowi działań niepożądanych (ryc. 7) [61]. Ponadto nie każdy typ blizny potrądzikowej odpowiada na leczenie laserem frakcyjnym w jednakowy sposób. Stwierdzono, że blizny typu ospy wietrznej (*boxcar*) i *rolling* są bardziej podatne na laseroterapię w porównaniu z typem blizn sopla lodu (*ice-pick*) (tab. 2) [62, 63]. W przypadku tych ostatnich rekomendowane są techniki typu *punch* lub chemiczna rekonstrukcja. Warto podkreślić, że terapia skojarzona w postaci iniekcji substancji wypełniających lub osocza bogatopłytkowego albo radiofrekwencji pozwala na uzyskanie zadowalających wyników leczenia (tab. 4) [64]. Ponadto wykazano, że dołączenie innych metod, np. zabiegów z wykorzystaniem komórek macierzystych tkanki tłuszczowej, może poprawić efektywność AFL, zwłaszcza u pacjentów ze współistniejącymi różnymi typami blizn potrądzikowych [60, 65].



AFL – ablative fractional laser, NAFL – non-ablative fractional laser.  
AFL – laser frakcyjny ablacyjny, NAFL – laser frakcyjny nieablacyjny.

Figure 7. Algorithm for laser therapy in different scar types

Rycina 7. Schemat postępowania w laseroterapii poszczególnych typów blizn

hypertrophic, flat, atrophic) and its vascularisation (erythematous scar) (fig. 7). Another aspect to consider is the patient’s skin phototype. It has been shown that patients with dark skin tone are more prone to the development of hypertrophic scars and keloids, compared to fair-skinned individuals. These patients are also at risk of developing post-inflammatory hyperpigmentation [66]. The presence of comorbidities (e.g. diabetes) may impair skin healing and prolong the recovery period after the procedure [67]. Fractional laser treatments have been reported to have a good safety profile. The observed adverse effects are mostly mild and transient, arising from tissue damage and the onset of the regeneration process. Erythema, oedema, exudate, and ecchymosis occur in almost all patients, and their severity varies on a case-by-case basis, resulting from the parameters set by the person performing the procedure, as well as individual susceptibility. It has been stressed that these symptoms require special evaluation and monitoring, as

#### WYBÓR URZĄDZENIA, KWALIFIKACJA PACJENTÓW I BEZPIECZEŃSTWO ZABIEGÓW

O wyborze urządzenia laserowego w największym stopniu decyduje typ blizny (przerosta, płaska lub zanikowa) i jej unaczynienie (blizna rumieniowa) (ryc. 7). Istotny jest też fototyp skóry. Stwierdzono, że u osób z wysokimi fototypami występuje większa skłonność do tworzenia blizn przerostowych i keloidów w porównaniu z osobami z niskimi fototypami. Pacjenci ci znajdują się także w grupie ryzyka rozwoju przebarwień pozapalnych [66]. Obecność chorób współistniejących (np. cukrzyca) może wpływać na gorsze gojenie skóry i wydłużenie okresu rekonwalescencji po zabiegu [67]. Podkreśla się wysoki profil bezpieczeństwa zabiegów laserem frakcyjnym. Obserwowane działania niepożądane najczęściej mają charakter łagodny, przejściowy i wynikają z uszkodzenia tkanek oraz rozpoczynającej się regeneracji. Rumień, obrzęk, wysięk i wybroczyny dotyczą prawie wszystkich pacjentów, a ich nasilenie w każdym

they may indicate a complicated healing process [68, 69]. The most severe complication, manifested as the development of new scars, occurs in just a small number of patients [30]. It usually affects skin areas with an atrophic structure, with a small amount of appendages, slowing down the healing process. The presence of local infection, a positive personal and family history of scarring, dark skin tone, previous surgical procedures in the area subjected to treatment, and therapy with oral isotretinoin have been mentioned as risk factors for new scarring [70].

## CONCLUSIONS

Fractional laser treatments have a broad range of applications, and are characterised by high efficacy and good safety profile. With these advantages, they are a popular treatment option among patients. They are now a widely used method in the treatment of many types of scars, producing improvement in the structure, tension and colour of the scar as well as subjective perceptions of the patient, which has a beneficial effect on their overall mental and emotional state.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

## References

### Piśmiennictwo

1. Teller P., White T.: The physiology of wound healing; injury through maturation. *Surg Clin N Am* 2009, 89, 599-610.
2. Witmanowski H., Lewandowicz E., Zieliński T., Łuczowska M., Kruk-Jeromin J.: Hypertrophic scars and keloids. Part II. Prevention and treatment. *Adv Dermatol Allergol* 2008, 25, 107-115.
3. Mustoe T.A., Cooter R.D., Gold M.H., Hobbs F.D., Ramelet A.A., Shakespeare P.G., et al.: International clinical recommendations on scar management. *Plast Reconstr Surg* 2002, 110, 560-571.
4. Berman B., Maderal A., Raphael B.: Keloids and hypertrophic scars: pathophysiology, classification, and treatment. *Dermatol Surg* 2017, 43, 3-18.
5. Lichtman M.K., Otero-Vinas M., Falanga V.: Transforming growth factor beta (TGF-beta) isoforms in wound healing and fibrosis. *Wound Repair Regen* 2016, 24, 215-222.
6. Layton A.M., Henderson C.A., Cunliffe W.J.: A clinical evaluation of acne scarring and its incidence. *Clin Exp Dermatol* 1994, 19, 303-308.
7. Patel L., McGrouther D., Chakrabarty K.: Evaluating evidence for atrophic scarring treatment modalities. *JRSM Open* 2014, 11, 5 (9), 2054270414540139.
8. Carlavan I., Bertino B., Rivier M., Martel P., Boudes V., Motte M., et al.: Atrophic scar formation in patients with acne involves long-acting immune responses with plasma cells and alteration of sebaceous glands. *Br J Dermatol* 2018, 179, 906-917.
9. Lauermann F.T., de Almeida H.L. Jr, Duquia R.P., de Souza P.R., de Avelar Breunig J.: Acne scars in 18-year-old male adolescents: a population-based study of prevalence and associated factors. *An Bras Dermatol* 2016, 91, 291-295.
10. Zaleski-Larsen L.A., Fabi S.G., McGraw T., Taylor M.: Acne scar treatment: a multimodality approach tailored to scar type. *Dermatol Surg* 2016, 42, 139-149.
11. Kang S., Lozada V.T., Bettoli V., Tan J., Rueda M.J., Layton A., et al.: New atrophic acne scar classification: reliability of assessments based on size, shape, and number. *J Drugs Dermatol* 2016, 15, 693-702.
12. Jacob C.I., Dover J.S., Kaminer M.S.: Acne scarring: a classification system and review of treatment options. *J Am Acad Dermatol* 2001, 45, 109-117.
13. Goodman G.J., Baron J.A.: Postacne scarring: a qualitative global scarring grading system. *Dermatol Surg* 2006, 32, 1458-1466.
14. Dreno B., Khammari A., Orain N., Noray C., Merial-Kieny C., Mery S., et al.: ECCA grading scale: an original validated acne scar grading scale for clinical practice in dermatology. *Dermatology* 2006, 214, 46-51.

przypadku jest różne, co wynika z parametrów dobranych przez osobę wykonującą zabieg oraz podatności osobniczej. Podkreśla się, że objawy te wymagają wnikliwej oceny i kontroli, ponieważ mogą świadczyć o powikłanym procesie gojenia [68, 69]. Najcięższe powikłanie w postaci powstawania nowych blizn dotyczy niewielkiej liczby pacjentów [30]. Pojawia się najczęściej w obszarach skóry o atroficznej strukturze, ubogiej w przydatki, co warunkuje wolniejszy proces gojenia. Obecność miejscowej infekcji, dodatni wywiad osobniczy i rodzinny w kierunku tworzenia blizn, wysoki fototyp, wcześniejsze procedury operacyjne w okolicy poddawanej zabiegowi oraz stosowanie doustnej izotretynoiny wymieniane są jako czynniki ryzyka powstania nowych blizn [70].

## PODSUMOWANIE

Zabiegi laserem frakcyjnym charakteryzują się szerokim zastosowaniem, dużą skutecznością oraz dobrym profilem bezpieczeństwa, a także popularnością wśród pacjentów. Są obecnie powszechnie stosowaną metodą terapii wielu rodzajów blizn, która pozwala osiągnąć poprawę w zakresie struktury, napięcia i barwy blizny oraz subiektywnych odczuć pacjentów, co pozytywnie wpływa na ich stan psychiczny i emocjonalny.

## KONFLIKT INTERESÓW

Autorki nie zgłaszają konfliktu interesów.

15. **Brown B.C., McKenna S.P., Siddhi K., McGrouther D.A., Bayat A.:** The hidden cost of skin scars: quality of life after skin scarring. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2008, 61, 1049-1058.
16. **Pasterfield M., Clarke S.A., Thompson A.R.:** The development of a self-help intervention to build social confidence in people living with visible skin conditions or scars: a think-aloud study. *Scars Burn Heal* 2019, 10, 5, 2059513118822954.
17. **Xu Y., Deng Y.:** Ablative fractional CO<sub>2</sub> laser for facial atrophic acne scars. *Facial Plast Surg* 2018, 34, 205-219.
18. **Gold M.H., McGuire M., Mustoe T.A., Pusic A., Sachdev M., Waibel J., et al.:** International Advisory Panel on Scar Management. Updated international clinical recommendations on scar management: part 2-algorithms for scar prevention and treatment. *Dermatol Surg* 2014, 40, 825-831.
19. **Manstein D., Herron G.S., Sink R.K., Tanner H., Anderson R.R.:** Fractional photothermolysis: a new concept for cutaneous remodeling using microscopic patterns of thermal injury. *Lasers Surg Med* 2004, 34, 426-438.
20. **Fisher G.H., Geronemus R.G.:** Short-term side effects of fractional photothermolysis. *Dermatol Surg* 2005, 31, 1245-1249.
21. **Hantash B.M., Bedi V.P., Kapadia B., Rahman Z., Jiang K., Tanner H., et al.:** In vivo histological evaluation of a novel ablative fractional resurfacing device. *Lasers Surg Med* 2007, 39, 96-107.
22. **Hantash B.M., Mahmood M.B.:** Fractional photothermolysis: a novel aesthetic laser surgery modality. *Dermatol Surg* 2007, 33, 525-534.
23. **El-Hoshy K., Abdel-Halim M.R.E., Dorgham D., El-Din Sayed S.S., El-Kalioby M.:** Efficacy of fractional carbon dioxide laser in the treatment of mature burn scars: a clinical, histopathological, and histochemical study. *J Clin Aesthet Dermatol* 2017, 10, 36-43.
24. **Prignano F., Campolmi P., Bonan P., Ricceri F., Cannarozzo G., Troiano M.:** Fractional CO<sub>2</sub> laser: a novel therapeutic device upon photobiomodulation of tissue remodeling and cytokine pathway of tissue repair. *Dermatol Ther* 2009, 22, 8-15.
25. **Qu L., Liu A., Zhou L., He C., Grossman P.H., Moy R.L., et al.:** Clinical and molecular effects on mature burn scars after treatment with a fractional CO<sub>2</sub> laser. *Lasers Surg Med* 2012, 44, 517-524.
26. **Lee S.J., Suh D.H., Lee J.M., Song K.Y., Ryu H.J.:** Dermal remodeling of burn scar by fractional CO<sub>2</sub> laser. *Aesthetic Plast Surg* 2016, 40, 761-768.
27. **Makboul M., Makboul R., Abdelhafez A.H., Hassan S.S., Youssif S.M.:** Evaluation of the effect of fractional CO<sub>2</sub> laser on histopathological picture and TGF-beta1 expression in hypertrophic scar. *J Cosmet Dermatol* 2014, 13, 169-179.
28. **Kim H.S., Lee J.H., Park Y.M., Lee J.Y.:** Comparison of the effectiveness of nonablative fractional laser versus ablative fractional laser in thyroidectomy scar prevention: a pilot study. *J Cosmet Laser Ther* 2012, 14, 89-93.
29. **Taudorf E.H., Danielson P.L., Paulsen I.F., Togsverd-Bo K., Dierickx C., Paasch U., et al.:** Non-ablative fractional laser provides long-term improvement of mature burn scars – a randomized controlled trial with histological assessment. *Lasers Surg Med* 2015, 47, 141-147.
30. **Willows B.M., Ilyas M., Sharma A.:** Laser in the management of burn scars. *Burns* 2017, 43, 1379-1389.
31. **Suh D.H., Chang K.Y., Song K.Y., Shin M.K., Lee S.J.:** Revision of burn scars using ablative fractional CO<sub>2</sub> laser. *J Am Acad Dermatol* 2012, 66, AB216.
32. **Jang J.U., Kim S.Y., Yoon E.S., Kim W.K., Park S.H., Lee B.I., et al.:** Comparison of the effectiveness of ablative and non-ablative fractional laser treatments for early stage thyroidectomy scars. *Arch Plast Surg* 2016, 43, 575-581.
33. **Fearmonti R., Bond J., Erdmann D., Levinson H.:** A review of scar scales and scar measuring devices. *Eplasty* 2010, 21, 10, e43.
34. **Issler-Fisher A.C., Waibel J.S., Donelan M.B.:** Laser modulation of hypertrophic scars: technique and practice. *Clin Plast Surg* 2017, 44, 757-766.
35. **Alster T.S., Williams C.M.:** Treatment of keloid sternotomy scars with 585 nm flashlamp-pumped pulsed-dye laser. *Lancet* 1995, 345, 1198-200.
36. **Tierney E., Mahmoud B.H., Srivastava D., Ozog D., Kouba D.J.:** Treatment of surgical scars with nonablative fractional laser versus pulsed dye laser: a randomized controlled trial. *Dermatol Surg* 2009, 35, 1172-1180.
37. **Ha J.M., Kim H.S., Cho E.B., et al.:** Comparison of the effectiveness of nonablative fractional laser versus pulsed-dye laser in thyroidectomy scar prevention. *Ann Dermatol* 2014, 26, 615-620.
38. **Oh G., Ahn H.H., Choi J.E., Kim J.Y., Yoon J.H., Seo S.H., et al.:** Postoperative treatment of surgical scars with ablative fractional laser versus pulsed dye laser: a randomized controlled trial. *J Am Acad Dermatol* 2012, 66, AB12.
39. **Blome-Eberwein S., Gogal C., Weiss M.J., Boorse D., Pagella P.:** Prospective evaluation of fractional CO<sub>2</sub> laser treatment of mature burn scars. *J Burn Care Res* 2016, 37, 379-387.
40. **Khandelwal A., Yelvington M., Tang X., Brown S.:** Ablative fractional photothermolysis for the treatment of hypertrophic burn scars in adult and pediatric patients: as a single surgeon's experience. *J Burn Care Res* 2014, 35, 455-463.
41. **Levi B., Ibrahim A., Mathews K., Wojcik B., Gomez J., Fagan S., et al.:** The use of CO<sub>2</sub> fractional photothermolysis for the treatment of burn scars. *J Burn Care Res* 2016, 37, 106-114.
42. **Waibel J.S., Wulkan A.J., Shumaker P.R.:** Treatment of hypertrophic scars using laser and laser assisted corticosteroid delivery. *Lasers Surg Med* 2013, 45, 135-140.
43. **Issler-Fisher A.C., Fisher O.M., Smialkowski A.O., Li F., van Schalkwyk C.P., Haertsch P., et al.:** Ablative fractional CO<sub>2</sub> laser for burn scar reconstruction: an extensive subjective and objective short-term outcome analysis of a prospective treatment cohort. *Burns* 2017, 43, 573-582.
44. **Ozog D.M., Liu A., Chaffins M.L., Ormsby A.H., Fincher E.F., Chipps L.K., et al.:** Evaluation of clinical results, histological architecture, and collagen expression following treatment of mature burn scars with a fractional carbon dioxide laser. *JAMA Dermatol* 2013, 149, 50-57.
45. **El-Zawahry B.M., Sobhi R.M., Bassiouny D.A., Tabak S.A.:** Ablative CO<sub>2</sub> fractional resurfacing in treatment of thermal burn scars: an open-label controlled clinical and histopathological study. *J Cosmet Dermatol* 2015, 14, 324-331.
46. **Cavalié M., Sillard L., Montaudie H., Bahadoran P., Lacour J.P., Passeron T.:** Treatment of keloids with laser-assisted topical steroid delivery: a retrospective study of 23 cases. *Dermatol Ther* 2015, 28, 74-78.



47. Issa M.C., Kassuga L.E., Chevrand N.S., Pires M.T.: Topical delivery of triamcinolone via skin pretreated with ablative radiofrequency: a new method in hypertrophic scar treatment. *Int J Dermatol* 2013, 52, 367-370.
48. Park J.H., Chun J.Y., Lee J.H.: Laser-assisted topical corticosteroid delivery for the treatment of keloids. *Lasers Med Sci* 2017, 32, 601-608.
49. Sobanko J.F., Alster T.S.: Management of acne scarring, part I: a comparative review of laser surgical approaches. *Am J Clin Dermatol* 2012, 13, 319-330.
50. Gozali M.V., Zhou B.: Effective treatments of atrophic acne scars. *J Clin Aesthet Dermatol* 2015, 8, 33-40.
51. Tierney E.P., Kouba D.J., Hanke C.W.: Review of fractional photothermolysis: treatment indications and efficacy. *Dermatol Surg* 2009, 35, 1445-1461.
52. Ghodsi S.Z., Orawa H., Zouboulis C.C.: Prevalence, severity, and severity risk factors of acne in high school pupils: a community-based study. *J Invest Dermatol* 2009, 129, 2136-2141.
53. Alster T., Zaulyanov L.: Laser scar revision: a review. *Dermatol Surg* 2007, 33, 131-140.
54. Zaenglein A.L., Pathy A.L., Schlosser B.J., Alikhan A., Baldwin H.E., Berson D.S. et al.: Guidelines of care for the management of acne vulgaris. *J Am Acad Dermatol* 2016, 74, 945-973.
55. Spring L.K., Krakowski A.C., Alam M., Bhatia A., Brauer J., Cohen J.: Isotretinoin and timing of procedural interventions: a systematic review with consensus recommendations. *JAMA Dermatol* 2017, 153, 802-809.
56. Saluja S.S., Walker M.L., Summers E.M., Tristani-Firouzi P., Smart D.R.: Safety of non-ablative fractional laser for acne scars within 1 month after treatment with oral isotretinoin: a randomized split-face controlled trial. *Lasers Surg Med* 2017, 49, 886-890.
57. Kim H.W., Chang S.E., Kim J.E., Ko J.Y., Ro Y.S.: The safe delivery of fractional ablative carbon dioxide laser treatment for acne scars in Asian patients receiving oral isotretinoin. *Dermatol Surg* 2014, 40, 1361-1366.
58. Ortiz A.E., Tremaine A.M., Zachary C.B.: Long term efficacy of fractional resurfacing. *Lasers Surg Med* 2010, 42, 168-170.
59. Magnani L.R., Schweiger E.S.: Fractional CO<sub>2</sub> lasers for the treatment of atrophic acne scars: a review of the literature. *J Cosmet Laser Ther* 2014, 16, 48-56.
60. Xu Y., Deng Y.: Ablative fractional CO<sub>2</sub> laser for facial atrophic acne scars. *Facial Plast Surg* 2018, 34, 205-219.
61. Oh B.H., Hwang Y.J., Lee Y.W., Choe Y.B., Ahn K.J.: Skin characteristics after fractional photothermolysis. *Ann Dermatol* 2011, 23, 448-454.
62. Qian H., Lu Z., Ding H., Yan S., Xiang L., Gold M.H.: Treatment of acne scarring with fractional CO<sub>2</sub> laser. *J Cosmet Laser Ther* 2012, 14, 162-165.
63. Alajlan A.M., Alsuwaidan S.N.: Acne scars in ethnic skin treated with both non-ablative fractional 1,550 nm and ablative fractional CO<sub>2</sub> lasers: comparative retrospective analysis with recommended guidelines. *Lasers Surg Med* 2011, 43, 787-791.
64. Fife D.: Practical evaluation and management of atrophic acne scars: tips for the general dermatologist. *J Clin Aesthet Dermatol* 2011, 4, 50-57.
65. Sadick N.S., Cardona A.: Laser treatment for facial acne scars: a review. *J Cosmet Laser Ther* 2018, 20, 424-435.
66. Kaushik S.B., Alexis A.F.: Nonablative fractional laser resurfacing in skin of color: evidence-based review. *J Clin Aesthet Dermatol* 2017, 10, 51-67.
67. Anderson R.R., Donelan M.B., Hivnor C., Greeson E., Ross E.V., Shumaker P.R., et al.: Laser treatment of traumatic scars with an emphasis on ablative fractional laser resurfacing: consensus report. *JAMA Dermatol* 2014, 150, 187-193.
68. Saedi N., Petelin A., Zachary C.: Fractionation: a new era in laser resurfacing. *Clin Plast Surg* 2011, 38, 449-461.
69. Costa F.B., El Ammar A.B., Campos V.B., Kalil C.L.: Complications in laser dermatologic surgery. Part II: fractional and nonfractional ablative laser and fractional non-ablative laser. *Surg Cosmet Dermatol* 2011, 3, 135-146.
70. Zhang A.Y., Obagi S.: Diagnosis and management of skin resurfacing-related complications. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2009, 21, 1-12.

Received: 26.07.2019

Accepted: 24.07.2020

Otrzymano: 26.07.2019 r.

Zaakceptowano: 24.07.2020 r.

#### How to cite this article

Szczepanik-Kułał P.A., Michalska-Jakubus M., Niewiedziol M., Krasowska D.: Application of fractional laser in the treatment of scars. *Dermatol Rev/Przegl Dermatol* 2020, 107, 361-377. DOI: <https://doi.org/10.5114/dr.2020.99880>.