総 説

REVIEW ARTICLE

フラクショナルレーザー療法の実際；その基礎と応用について

須賀 康

順天堂大学浦安病院 皮膚科学教室

(平成 21 年 11 月 26 日受理, 平成 22 年 1 月 18 日掲載決定)

Fractional laser skin resurfacing treatment in Dermatology: Basic analysis and successful treatment for acne scarring with CO₂ ablative fractional resurfacing

Yasushi Suga

*Department of Dermatology, Urayasu Hospital, School of Medicine, Juntendo University**(Received November 26, 2009, Accepted January 18, 2010)*

要旨

フラクショナルレーザー療法は、きわめて微細なレーザー光 (micro laser beam) を一定の密度で皮膚に照射してゆく治療法である。このようなレーザー照射法では、周囲の皮膚が熱緩和 (thermal relaxation) の役割を果たし、表皮や真皮に対しての burn-like thermal damage を最小限に抑えることができる。一方では、micro laser beam の熱刺激により表皮のターンオーバーを亢進し、真皮組織を十分に収縮させて、従来の laser resurfacing に劣らない皮膚リモデリング作用を誘導できる。特に炭酸ガスレーザーを用いたフラクショナル療法は、真皮組織の一部を確実に蒸散し、取り除くとともに、熱によるコラーゲン収縮が生じるため、皮表に張力を与えて、強力なスキントイトニング効果を可能にしている。

本療法の登場により、真皮へ強力なアプローチが可能となったため、これまで十分な方法がなかった、座瘡癍痕の治療にも応用できるようになった。すなわち、表皮が細かく陥凹するような所謂、顔面の ice pick scar には特に有効であり、日常生活で座瘡癍痕の整容的なコンプレックスに悩んでいる患者にとっては朗報となっている。

キーワード：フラクショナルレーザー療法, 座瘡癍痕, micro laser beam, スキントイトニング, 癍痕治療

Abstract

Fractional laser skin resurfacing (FLSR) treatment produces a distinctive thermal damage pattern which produce discrete columns referred as micro thermal zones (MTZs) in the upper dermis since the tissue surrounding the each column is spared.

We have tried out carbon dioxide FLSR (UltraPulse Encore DeepFX™ laser; Lumenis, Santa Clara, Calif., USA) with hairless rat skin, and found that it produces tiny central ablative zones in addition to MTZs. There was rapid migration of keratinocytes, which promote a rapid re-epithelialization within 24 hours in the epidermis. It also seemed to promote tissue shrinkage in the upper dermis and the wound healing responses in terms of regeneration of new collagen, proliferation of myofibroblasts and formation of new vessels which results in the skin tightening.

In clinical trials, carbon dioxide (CO₂) FLSR provides remarkable results in improving the acne scars and the skin texture with minimal downtime and a safety profile. Complications of erythema, edema and mild degree of postinflammatory hyperpigmentation have resolved within 1-3 days and several months, respectively. The new fractional laser seems to be a very exciting advance in the field of acne scars and non-surgical skin tightening.

Key word : fractional laser therapy, acne scar, micro laser beam, skin tightening, scar treatment

1. 緒言

フラクショナルレーザー療法 (fractional laser skin resurfacing: FLSR) は、2004 年の Manstein¹⁾ らによる報告を嚆矢とする新しいレーザー照射療法である。背景となったのは、米国で 1990 年代に行われるようになった炭酸ガス (CO₂) レーザーの skin resurfacing であり²⁾、レーザー光の非特異的な熱反応により、ダメージを受けた皮膚組織を凝固、変性させて、創傷治癒反応を誘導することができる。その後、コンピューターのコントロールにより、CO₂ レーザー照射を安定して施行できるようになってからは、欧米人の皮膚では約 6 ヶ月間のダウンタイムで、シワやタルミなどを簡単に改善できるようになった³⁾。

しかしながら、このような CO₂ レーザーの照射方法では、burn-like thermal damage の副作用が必発であり、治療直後より、遷延する浸出液、紅斑、微小な出血が 1 週間以上に渡って続き、更に東洋人では、その後に数ヶ月以上に渡って遷延する紅斑、炎症後色素沈着、もしくは炎症後脱色素、さらに肥厚性瘢痕、ケロイド発生などのリスクも高く、このような長期にわたるダウンタイムを有する治療は日本人にとって到底受け入れられないものであった。

すなわち、Fig.1a に示した如く、従来の continuous wave による CO₂ レーザー照射による laser skin resurfacing では、焦点点が少しずれるだけでも、炭化して組織を痛めてしまう場合もあり、創傷治癒機転が正常に行われず瘢痕を生じ、ケロイドを残す可能性がある。このような従来の照射法に代わり、近年では改善効果を保ちながら、レーザー光をさらに厳密にコントロールして皮膚の熱障害を最小限に抑える目的のレーザー照射法が検討されるようになった (Fig.1b, c)。

まず、皮膚を従来の面状に削るのではなく、極めて

微細なレーザー光 (micro laser beam) であたかも剣山のようによまとめて点状に照射するフラクショナル照射療法が開発された^{1,4)} (Fig.1b)。この照射では、障害を受ける皮膚は単位面積当たりの約 5%-25% のみであり、残りの 75%-95% の皮膚は無障害で、照射時に生じた熱を吸収し、真皮毛細血管の血流は冷却器として働く。すなわち、周囲に残った皮膚が一種の熱緩衝帯 (thermal relaxation zone) として機能することになる (Fig.1b)。

一方、従来の如く、面状に皮膚を削る場合でも、表皮基底層のレベルまでごく浅くレーザー光で削り取ってゆく治療も、熱障害を最小限に抑える方法として有効である (Fig.1c)。これは、従来の CO₂ レーザーによる laser skin resurfacing の改良型と考えるべきものであり、現在では Lumenis 社の ActiveFX^{TM5)}、Cutera 社の PearlTM などが採用している方法である。

2. 炭酸ガスレーザーを用いたフラクショナル照射療法の基礎的検討

2.1 目的

フラクショナルレーザーの種類については、使用されている線源で大きく 2 つに分けることが可能である。すなわち、はじめに開発された FLSR 器械ではエルビウム YAG レーザーが線源として使用されており¹⁾、これらは照射後に熱変性作用により、比較的浅い真皮内に円柱状の凝固物 (eschar) を形成する (Fig.2a)。一方、CO₂ レーザーなどを線源に使用した場合は、熱障害を加えた真皮内組織を穴を空けながら部分に切り取ってゆく。すなわち、組織蒸散が生じるところから、これらは第 2 世代と称すべき FLSR 器械である (Fig.2b)。

これまで、第 1 世代の FLSR に対する検討は詳細にな

Fig.1 The diagram shows the conceptual comparison of ablative CO₂ skin laser resurfacing [a], fractional laser skin resurfacing (FLSR) [b], and full epidermal removal via superficial ablation [c], respectively. In FLSR system, micro laser beam can reach much deeper into the skin, approximately 50 to 1,000 μ m.

Fig.2 The diagram shows the conceptual comparison of non-ablative [a: so-called first generation] and ablative [b: so-called second generation] fractional resurfacing, respectively [revised illustration of Dr. Seckel B]. According to the concept of fractional photothermolysis, first generation FLSR produces skin plumping columns of collagen without tissue vaporization and the stratum corneum remains intact [a]. While second generation FLSR ablate a fraction of the epidermal and dermal architecture with some degree of micro thermal zone in the treated area [b].

されてきたが⁶⁾, 第2世代と呼ばれるCO₂レーザーを用いたフラクショナル療法の検討については未だに少ない⁷⁻⁹⁾. そこで今回, 我々はCO₂レーザーによるFLSRの基礎実験を行うため, ヘアレスラット皮膚を用いて検討を

Fig.3 Fractional treatment with a parameter of 10 mJ/shot [a] and 20 mJ/shot [b] pulse energy (with a density setting of 5%) resulted a thermal ablation with the penetration depth of 50 μ m (papillary dermis) and 450 μ m (upper reticular dermis), respectively.

A clinical evaluation of fractional treatment with 15% [c] and 25% [d] ablation density (pulse energy: 20 mJ/shot). Higher-density ablation caused more skin shrinkage and traction in the dermis around the spots immediately after fractional laser therapy.

Fig.4 Correlation of gross and histological characteristics in rat skin. Areas marked a, b, c, and d show the gross structures of the skin surface before and 1, 3, and 5 days after the fractional laser treatment, respectively. Individual brown spots were visible after 1 day and finished sloughing by 5 days.

H&E staining show the process of wound healing of the fractional laser treated lesions [e-h]. The histology images show micro ablation and coagulation zones below a cleft basement membrane immediately after exposure [e]. Complete re-epithelialization within 24 hours [f], remodeling and inflammatory cells in the upper dermis [g].

行った. まず, 本療法が皮膚に最適な効果をあげるために, レーザー照射のパラメーターである, a) micro laser beam の1 shot 当たりの pulse energy (mJ/ shot) と, b) micro laser beam で蒸散をおこなう密度である density ablation (%) について検討をおこなった (Fig.3a-d).

さらに本療法が, スキンタイトニングに有効である理由を, ヘアレスラットの背部皮膚に対してFLSRを施行し, その照射前後で皮膚生検術をおこない, 組織学的なレベルで検討を行った (Fig.4).

2.2 材料と方法

1) レーザー器械:

CO₂ レーザーによる FLSR は UltraPulse Encore™ Laser; Lumenis, Santa Clara, Calif., USA (10.6 μ m wave length, 1.0 msec pulse duration) にフラクショナル照射用のアタッチメント (DeepFX™) を接続して行い, 照射径 0.12 mm の micro laser beam で照射した. なお, DeepFX™ は学術研究を目的として日本ルミナス社より一定期間, 順天堂大学浦安病院に無料貸与された.

2) 動物:

ヘアレスウイスターラット 5 匹 (8 週齢, ♂) を使用した. 照射時はセボフルレンの吸入麻酔下でおこない, 生検術はラットをエーテル吸入により屠殺した後に施行した (実験動物倫理委員会 No. 09-14).

3) ダーモスコピーと組織染色所見:

pulse energy を 20 mJ/shot, density ablation を 5% (level 1) に設定して, CO₂ レーザーを用いた FLSR をヘアレスラット背部皮膚に施行した.

ダーモスコピーはレーザー照射前とその直後, 及び照射 1, 3, 5 日後の *in vivo* の状態を観察し記録した. 組織所見は, 同じ時間経過のポイントで照射部位より直径 3 mm の筒状のメス (デルマパンチ®, ニプロ株式会社) で得た皮膚組織をホルマリン溶液で固定し, パラフィン包埋後に H&E 染色を行い観察した.

2.3 結果

1) Pulse energy (mJ/ shot) の検討

Micro laser beam の 1 shot 当たりのエネルギー (pulse energy) を 5 mJ, 10 mJ, 20 mJ, 50 mJ/shot の強さでラット背部皮膚に照射した. その結果, 厚さほぼ 50 μ m の表皮は 5 mJ/ shot で貫通することが可能であり, それ以上ではエネルギーの強さに応じて, 10 mJ/shot では約 150 μ m の深達度で真皮乳頭層まで. 20 mJ/ shot では約 450 μ m で真皮網状層中層の深さまで蒸散されていた (Fig.3a,b).

なお, 蒸散されて中空となった穴の直径は 5 mJ から 50 mJ までは約 50 μ m で一定であり, pulse energy による変化は殆どなかった. また, 穴の周囲に沿って約 50 μ m の厚さで円筒状に形成された凝固層 (MTZ: micro thermal zone) の形成は, pulse energy で 20 mJ/shot を超えると次第に 50 μ m 以上に厚くなる傾向があった. 以上より, MTZ は照射時の周囲皮膚への熱伝導の結果生じており, 主に pulse energy の強さに依存して外側に肥厚することが判明した.

2) レーザー光の照射密度 (density ablation) の検討

micro laser beam の単位皮膚面積 (cm^2) あたりの照射密度 (density ablation: カバー率) を 5%, 10%, 15%, 20%, 25% としてラット背部皮膚に照射し検討をおこなった。ルーペ像による観察では、レーザー照射と同時に、表皮下でコラーゲンが収縮して照射領域が熱収縮するのが確認された。Fig.4c,d にも示した如く、全体面積の 25% の ablation では、15% のものと比較してより高い皮膚の収縮効果が確認された (Fig.3c,d)。また、スキントイトニングは効果の強さは主に density ablation のパラメーターに強く影響を受けることが判明した。

3) ラット皮膚組織による検討

① ダーモスコープ

照射を行った直後には、皮表には蕁麻疹様の発赤、腫脹がみられ、表皮が蒸散された痕が規則正しくドット状に配列してみられた (Fig.4a)。照射 1 日後 (24 時間後) には、痂皮の形成が明らかであったが、発赤、腫脹は軽快していた。また、照射 3 日後には皮表より痂皮が剥脱しはじめ (Fig.4c)、5 日後には痂皮の脱落がほぼ終了し、真皮内の浅層部分において真皮の線維成分や毛細血管が増生している様子が皮表より透見された (Fig.4d)。

② H&E 染色所見

レーザー照射直後には Fig.4e の如く、表皮角層から真皮浅層～中層にかけて、熱により円柱状に切り取られた組織欠損がみられ、さらに真皮上層の膠原線維間には浮腫もみられた。穴の内部は毛細管現象により滲出液で満たされており、周囲の壁にはレーザー光で熱変性した組織の凝固層 (MTZs) が形成されていた。

1 本のレーザー光でドット状に切り取られるカラムの直径が小さいため、照射直後でも熱変性を起こした角層は皮表の穴をカバーしているように見える (Fig.4e, 矢頭)。また、その下方ではコラーゲン線維の熱収縮が横方向に見られ、真皮はひと回り縮んだような状態となっていた (Fig.4e, 矢印)。

興味あることに、照射翌日には、上記の横方向にみられたコラーゲン収縮が契機となり、中空となっていた真皮は水平方向にすでに充填されており、真皮の穴が見えなくなるほどに収縮していた。また、真皮欠損部の穴の中にみられた照射時に生じた debris は、照射 1 日後には既に修復された表皮の角層上部のレベルまで押し出されていた (Fig.4f, 矢頭)。また、写真の HE 染色では明らかではないが、照射部位の下床部分には水平方向に配列したマッソン・トリクローム染色では青染しない細胞集団が同定され、これらは非線維芽細胞である筋線維芽細胞である可能性が示唆された⁶⁾。また、照射 3 日後には、すでに修復された真皮浅層～中層に、小円形細胞浸潤を伴った二次的な炎症反応が生じているのが確認された (Fig.4g 矢頭)。

2.4 考按

ラットの皮膚構造はヒト皮膚と比較すると貧弱であり、刺激に対する反応性もヒトより高く、創傷治癒も早いと推測される。したがって、ラットの皮膚実験をそのまま

ヒト皮膚と同様に評価することはできないが、外見上の反応過程は類似していると考えられる。

CO₂ FLSR のレーザー光は、高性能のウルトラパルスレーザーを使用すれば皮膚組織に安定して吸収され、蒸散する (切り取る) ことが可能であった。また、他の FLSR と同様に肉眼では見えないような小さな点で皮膚を削れば、その周囲に生じる 1 つ 1 つの色素沈着や瘢痕は目立たず、少なくとも顕著な炎症後色素沈着、肥厚性瘢痕を生じる危険性は最小限に抑えられると考えている。

CO₂ FLSR で蒸散された皮膚は、表皮、真皮の何れにおいても、レーザー照射後の創傷治癒速度は通常と比較して著しく促進されている。すなわち、CO₂ レーザーにより蒸散され、欠損した皮膚組織の修復は、照射 24 時間後にはすでに完了していた。これらは、真皮内においては CO₂ レーザーを continuous wave で照射した場合とは異なり、クロットや肉芽組織を生じることなく、修復、再生が速やかに行われたことを示唆している。また、表皮でも欠損した部分への表皮細胞の動きは迅速で、上皮化もすみやかに行われていた。

このように、CO₂ レーザーによる FLSR は、多数の点で皮膚を削り取り、単位面積あたりの真皮の量が減少することで収縮応力が加わり、表面張力のため皮膚に引き締め効果 (スキントイトニング) を効率良く生じたと考えることが出来る。また、大日ら⁶⁾、春名ら⁷⁾ によれば、照射翌日以降においてはマッソン・トリクローム染色では青染しない、照射部位の下床部分に水平方向に配列した筋線維芽細胞と思われる細胞集団が同定される。これらは真皮内でのリモデリングの際に創部や肉芽組織を収縮させる働きのある筋線維芽細胞である可能性が高いと思われ⁶⁾、このような水平方向の牽引力も FLSR が強力なスキントイトニング効果を発揮している理由のひとつと推測された。

照射 3 日後より生じた炎症は表皮から離れた真皮網状層の上層で生じていた。Hantash ら⁸⁾ の報告によると、CO₂ レーザーの micro laser beam をヒト皮膚に照射した場合、前述のように表皮、真皮はすみやかに創傷治癒するが、長期的には heat shock protein 47 などの発現が真皮浅層において 3 ヶ月以上に渡って継続発現していることを免疫染色で同定している。すなわち、heat shock protein は創傷治癒に重要であり⁹⁾、フラクショナルレーザーによる真皮の組織再構築 (リモデリング) に対して、3 ヶ月以上の長期的に渡って関与していることが示唆された。

3. 炭酸ガスレーザーを用いたフラクショナル照射療法の臨床応用について

3.1 目的

瘡瘍瘢痕とは重症の炎症を伴った膿疱性痤瘡が、創傷治癒した結果、肥厚性、陥凹性に瘢痕化するものを言う。炎症の持続期間、反復した回数、二次感染の有無などによってもその重症度は異なるが (Fig.5)¹⁰⁾、炎症を生じた際に生じる毛孔周囲の皮膚組織の反応には個人差があるために、臨床像でも個人差が大きい。放置しておいても、日常生活には支障はないが、整容的には大きなコンプレックスとなることが多い疾患である。

Fig.5 Acne scar subtypes¹²⁾

前述の如く、CO₂ レーザーを使用した FLSR では従来の第 1 世代のフラクショナルレーザー^{11,12)}とは異なり、ダメージを受けた真皮組織の一部を蒸散して確実に取り除いた後に、レーザーの熱収縮を加えることが出来る分、真皮への強力なアプローチが可能となるはずである¹³⁻¹⁵⁾。今回、日本人では最も FRSR のよい適応になると思われる痤瘡癍痕の治療の臨床的効果について言及したい。

3.2 対象と方法

1) 対象：

痤瘡癍痕を主訴として来院した患者で、本療法について十分な説明を受けた上で、施術を受けることに同意した日本人患者、合計 5 名 (男 1 名、女 4 名) である。インフォームドコンセントとして、施術中の疼痛、術後の紅斑、浮腫、痂皮などのダウンタイム、色素沈着、皮膚感染症などの副作用について術前に説明、同意を得た。なお、レーザー照射による刺激で症状が増悪する可能性がある乾癬や白斑などの疾患、創傷治癒機転に障害がある膠原病のような全身性疾患を有する者は除外した。

2) 施術方法

全顔をクレンジング剤をもちいて十分洗顔した。本療法の蒸散時間は 1.0 msec 以下に設定されており、疼痛の程度は比較的軽いと判断されたため、5% リドカインクリーム、プリロカイン混合クリーム (EMLA cream®, AstraZeneca 社) による 30 分の ODT 療法 (occlusive dressing therapy) による表面麻酔をアレルギー反応に注意しながら行った。

皮表から表面麻酔薬、及び水分を丁寧に取り除いた後、energy level 10-20 mJ/cm², pulse density 5-20% のパラメーターで、CO₂ FLSR を一辺が 7 mm の正方形のスキニングモードに設定して、重複しないように 1 回照射 (1pass) した。照射後はアイスパックで施術部位を十分に冷却し、その後にワセリン製剤 (プロベト軟膏®)、もしくはレーザー施術後用の保護クリーム (キトシールド®: グラファ社など) を塗布して終了した。

3.3 結果

施術 3 ヶ月後に行った患者からの自己評価によると、5 症例のいずれからも十分な満足度が得られた。また、施術に参与していない第三者の皮膚科専門医により行われた、施術前と施術 3 ヶ月後の臨床写真を比較する客観的評価では、特に小型の痤瘡癍痕において有為に改善が

Fig.6 Clinical improvement of acne scars and opening pores after CO₂ FLSR treatment.

Case 1: Treatment to improve acne scars using the DeepFX® laser at baseline [a] and 3 months after 3rd treatments (10 mJ/shot, 5% ablation density) [b]. Excellent improvement of ice pick scars was observed, although many rolling scars still remained (Fig.6b, arrowhead). Hyperpigmentation over the treated area was temporary, lasting for a couple of months then gradually improving.

Case 2: Pretreatment [c] and post-treatment [d] photographs of case 2. The patient reported good improvements in skin texture and opening pores as well as ice pick scars. No post-inflammatory hyperpigmentation or other adverse effects were observed after the treatment.

観察された (Fig.5, 6)。以下に 2 症例を供覧する。

1) 症例 1：

38 歳、女性。両頬部の痤瘡癍痕を主訴とする。スキンタイプ JST-II 型¹⁶⁾。照射 3 ヶ月後の客観的評価では、比較的大型の痤瘡癍痕 (rolling scar, box scar) の改善はわずかであったが、小型の痤瘡癍痕 (ice pick scar) では明らかな改善がみられた (Fig.6a,b)。

2) 症例 2：

32 歳、女性。主訴は前額部の痤瘡癍痕と開大毛孔。スキンタイプ JST-II 型。照射 3 ヶ月後の評価では、痤瘡癍痕とともに開大毛孔、Skin texture の改善もみられ、患者からの満足度も高かった (Fig.6c,d)。レーザー照射後の炎症後色素沈着を比較的生じやすい前額部位であるにも関わらず^{5,15)}、治療を必要とするような色素沈着は特に副作用として出現しなかった。

3) ダウンタイムと副作用：

いずれの症例においても照射直後から同部位に蕁麻疹様紅斑と浮腫が生じた。これらは、施術後 15 ~ 30 分程度で最も顕著となったが、その後すみやかに軽快した。レーザーが蒸散した微小の穴は、肉眼的には照射翌日までにはすでに塞がれており、照射部位に一致した微細な痂皮が多数付着していた。この痂皮のすべてが脱落し改善するには約 5 日間を必要とした。レーザー照射後は角層バリア機能の障害、水分蒸散の亢進によると思われる乾燥性の皮膚症状も出現したため、術後の約 2 週間は保湿剤、化粧水の外用を指示した。

また、施術した約 1 ヶ月後には副作用として軽度の色素沈着も両頬部の頬骨上部に出現した。この色素沈着は、その後しばらくは継続して観察されたが、いず

れの症例においても施術の約3ヶ月後には特に治療を必要とせずに略治した。なお、今回の症例ではみられなかったが、表皮バリアー機能の障害により細菌やウイルス感染症に対しての防御力も低下すると考えられるため、感染が生じる可能性があると考えられる場合は、抗菌剤や抗ウイルス剤の外用、内服の予防投与も必要と考えられる。

3.4 考按

まず、炭酸ガスレーザーを用いたフラクショナル照射療法を本症の治療に使用する際には、レーザー照射後に東洋人では炎症後色素沈着を生じやすい点に十分な注意が必要である。CO₂レーザーのFLSRでは、continuous waveを照射した場合と比較すれば、色素沈着の頻度は少なくとも程度も軽いようであるが^{5,15)}、特に、刺激による肝斑の一時的な増悪は、生じ得る副作用として注意すべきであろう。その予防として、ハイドロキノンやアスコルビン酸配合の美白剤〔メラノキュア[®]、グラフィ社〕などによる術前、術後の処置や日焼け予防対策としてサンスクリーンの使用も大切である。また、FLSRの微細なレーザー光による副作用での癬痕形成は極めて稀であるが、顔面以外の腕や前頸部などといった身体部位では、癬痕形成を生じやすい性質があるので留意が必要であろう¹⁷⁻¹⁹⁾。

今回、問題となった効果の得にくい大型の痤瘡癬痕に対しては、前述のようなレーザー治療の副作用を考慮すれば安易にレーザー照射のパラメーターを上げて、皮膚の熱ダメージをさらに強くするような加療を施すべきではない。

むしろ、1回の治療で改善が十分でない痤瘡癬痕の症例では、1～3ヶ月ごとに3回程度の施術が推奨されている⁷⁾。陥凹が大型な所謂rolling scarやbox scar¹²⁾に相当する痤瘡癬痕の場合は、照射時に2-3回繰り返して同部位を処置する方法(2-3 pass法)。更にあらかじめ癬痕周囲の辺縁部に限定して、従来のCO₂ laser resurfacingによる削皮術(面取り)を行って、後日にFLSRをあらためて重ねて行う、所謂、組み合わせ療法もより強い改善効果を期待出来ると考えている。

4. 結語

基礎実験からも明らかなように、第2世代であるCO₂レーザーFLSRは、真皮に熱収縮を与えることに加えて、さらに組織を切り取るにより皮膚にリモデリングを誘導しているため、創傷治癒機転を介して、従来の第1世代のFLSR以上に真皮へのより強力なアプローチが可能となっている。

痤瘡癬痕は皮膚科の一般的な治療法では改善がこれまで困難であったため、現在のところFLSRが唯一の治療法となっている。また、同様の機序により、痤瘡癬痕以外でも比較的軽症の外傷性癬痕、開大毛孔やskin textureの改善には試してみる価値のある治療法であると考えている。

今後は、第1世代と第2世代の器械とでは真皮へのアプローチの方法が異なるため、実際の臨床で使用した場合の効果の差などをトポグラフィ解析¹³⁾などを用

いて明らかにしていくことが必要である。また、炎症後色素沈着や癬痕などの副作用を最小限に避けながら、臨床的には最大限の効果を得る、東洋人に対しても安心して使用できる照射パラメーターを設定することなども、今後の美容皮膚科領域におけるFLSR治療を発展させるためには必要であろう²⁰⁾。

参考文献

- 1) Manstein D, Herron GS, Sink RK, Tanner H, Anderson RR: Fractional photothermolysis: A new concept for cutaneous remodeling using microscopic patterns of thermal injury. *Lasers Surg Med* 34:426-438, 2004.
- 2) Kilmer SL and Semchishyn N: Ablative and nonablative facial resurfacing. David J. Goldberg ed. *Laser Dermatology*. 83-86, 2005, Springer.
- 3) Fitzpatrick RE, Goldman MP, Sriprachya-Anunt S.: Resurfacing of photodamaged skin on the neck with an UltraPulse[®] carbon dioxide laser. *Lasers Surg Med*. 28:145-149, 2001.
- 4) Mordon SR, Rotteleur G, Buys B, Brunetaud JM. Comparative study of the "point by point technique" and the "scanning technique" for laser treatment of port-wine stain. *Lasers Surg Med* 9:398-404, 1989.
- 5) Hunzeker CM, Weiss ET, Geronemus RG: Fractionated CO₂ laser resurfacing: our experience with more than 2000 treatments. *Aesthet Surg J*. 29: 317-322, 2009.
- 6) 大日輝記, 上田説子, 田尻力也, 文森健明, 桐生美麿, 橋本隆: フラクショナルレーザー照射によるフェイスイフト効果: 18: 217 *Aesthetic Dermatology*, 2008.
- 7) 春名邦隆, 水野優起, 須賀 康, 大日輝記, 上田説子: 炭酸ガスレーザー (UltraPulse Encore) を用いたフラクショナル照射療法 (DeepFX) の組織的な解析: 19: 255 *Aesthetic Dermatology*, 2009.
- 8) Hantash BM, Bedi VP, Kapadia B, Rahman Z, Jiang K, Tanner H, Chan KF, Zachary CB. *In vivo* histological evaluation of a novel ablative fractional resurfacing device. *Lasers Surg Med*. 39: 96-107, 2007.
- 9) Laplante AF, Moulin V, Auger FA, Landry J, Li H, Morrow G, Tanguay RM, Germain L: Expression of Heat Shock Proteins in Mouse Skin During Wound Healing. *J Histochem Cytochem*, 46: 1291-1302, 1998.
- 10) Jacob CI, Dover JS, Kaminer MS. Acne scarring: a classification system and review of treatment options. *J Am Acad Dermatol*, 45:109-117, 2001.
- 11) Hasegawa T, Matsukura T, Mizuno Y, Suga Y, Ogawa H, Ikeda S et al: Clinical trial of a laser device called fractional photothermolysis system for acne scars. *J Dermatol*. 33: 623-627, 2006.
- 12) Woo SH, Park JH, Kye YC.: Resurfacing of different types of facial acne scar with short-pulsed, variable-pulsed, and dual-mode Er:YAG laser. *Dermatol Surg* 30: 488-493, 2004.
- 13) Chapas AM, Brightman L, Sukal S, Hale E, Daniel D, Bernstein LJ, Geronemus RG.: Successful treatment of acneiform scarring with CO₂ ablative fractional resurfacing. *Lasers Surg Med*. 40:381-386, 2008.
- 14) Walgrave SE, Ortiz AE, MacFalls HT, Elkeeb L, Truitt AK, Tournas JA, Zelickson BD, Zachary CB.: Evaluation of a novel fractional resurfacing device for treatment of acne scarring. 41:122-127, 2009.

- 15) Tan KL, Kurniawati C, Gold MH.: Low risk of postinflammatory hyperpigmentation in skin types 4 and 5 after treatment with fractional CO₂ laser device. J Drugs Dermatol. 7: 774-777, 2008.
- 16) Kawada A: UVB-induced erythema, delayed tanning, and UVA -induced immediate tanning in Japanese skin. Photodermatology 3: 327-333, 1986.
- 17) Lupton JR and Alster TS.: Laser scar revision. Dermatol Clin 20: 55-65, 2002.
- 18) Fife DJ, Fitzpatrick RE, Zachary CB.: Complications of fractional CO₂ laser resurfacing: four cases. Lasers Surg Med. 41: 179-184, 2009.
- 19) Avram MM: Hypertrophic scarring of the neck following ablative fractional carbon dioxide laser resurfacing. Lasers Surg Med. 41: 185-188, 2009.
- 20) Kono T, Chan HH, Groff WF, Sakurai H, Takeuchi M, Yamaki T, Soejima K, Nozaki M: Prospective direct comparison study of fractional resurfacing using different fluences and densities for skin rejuvenation in Asians. Lasers Surg Med, 39: 311-314, 2007.

著者紹介

須賀 康 (Yasushi Suga)

昭和 62 年 3 月, 順天堂大学医学部 卒業.

平成 4 年 3 月, 順天堂大学医学部大学院 卒業.

平成 7 年 4 月, 米国バイラー

医科大学皮膚分子細胞生物学 留学.

平成 10 年 8 月, 順天堂大学皮膚科 講師.

平成 17 年 10 月, 順天堂大学医学部皮膚

科 助教授. 平成 19 年 4 月, 順天堂大学浦安病院皮膚

科 教授. 順天堂大学医学部大学院 皮膚科学・アレルギー学 教授.

平成 21 年 4 月, 順天堂大学医療看護学部

教授 (兼任), 現在に至る. 所属学会は日本皮膚科学会

(東京支部代議員), 日本研究皮膚科 (評議員), 日本美容皮膚科学会

(評議員), 角化症研究会 (事務局長), 日本抗加齢美容医療学会 [MBF] (理事),

日本医真菌学会, 日本悪性腫瘍学会, 日本臨床皮膚科医会, 日本小児皮膚

科学会など.