レーザで美しくなる

ゲイル・オーバートン

レーザを応用した皺とりと脱毛、眼と顔の美容整形、脂肪吸引などは美容フォトニクスの一部でしかない。審美医療ビジネスとしての美容フォトニクスは2016年に約30億ドルの事業規模になると予測されている。

レーザ光を利用したさまざまな製品は、低レベル光線療法（LLLT）による内部治療機能ばかりでなく、人々の外見の向上に役立っている。美容フォトニクス、つまり、そのごく一部を例示すると、皺とりと脱毛、眼のレーザ支援角膜曲率形成手術（LASIK）、レーザ脂肪吸引などに使われる光源と光線伝送用のシステムは、2009年に18億ドルの市場規模に到達した。その後は7%の複合年間成長率で増加し、2016年には30億ドルに達すると予測されている[(1)、(2)]。

美容光線療法のための研究開発は順調に拡大する分野となり、その期待される顧客基盤（および関連する資本投資）は巨大になっている。2011年8月末、米ミシガン大学の研究者たちは1708nmの通信用レーザを使用し、座瘡発赤と関係のある油脂由来皮脂腺をターゲットにして、にきびを治療した。レーザは脂肪を周囲への影響なしに溶かし、1.5mmの深さにまで浸透した。その結果、プロアクティヴ（Proactiv）は、薬品ではなく光を使用してにきびを治療する事業展開が可能になった。

しかし、美容フォトニクスは学問的な運用だけではない。商業的に利用できる光に基づく美容技術は、今や主流の媒体広告とインフォマーシャルの一部となり、従来の美容製品の販売に対して挑戦し始めている。あなたがまだ見ていないとしたら、あなたにもアメリカンレーザスキンケア（American Laser Skincare）のレーザ脱毛についての電子メールがやがて届くだろう。

皮膚の治療

皮膚の皺、むだ毛、染みの3つが外見を気にする人たちの大敵であることは間違いない。幸いなことに、現在はこれらの敵へのレーザによる対抗手段とそのための皮膚の「調整」がほとんどの美容施術院で利用可能となり、市場には家庭で使用する携帯用の製品も登場している。これらの製品は従来の外用クリームや剥離剤、脱毛剤などに比べると初期投資が大きいが、報告された事例研究によると、光線を用いる処置は確かに効き目があり、従来の処置よりも数ヶ月から数年と長期の効果が得られる。

2009年の終り頃、イスラエルのシネロンメディカル（Syneron Medical）と米キャンデラ（Candela Corp.）は合弁で世界最大の美容医療機器会社の1つを設立した。このシネロン／キャンデラは2011年に世界市場の41%のシェアと2億800万ドルの売上高を目指している。同社の製品はレーザ、レーザダイオード、LED光源およびフォトニックでないラジオ周波数（RF）と超音波技術を使用して、脱毛、皺（およびにきび）取り、皮膚の若返り（および美白と拘縮）、セルライトの低減、歯のホワイトニング（これだけで55億ドルの世界市場が推定される）、血管病変と色素沈着の除去、刺青の除去などを行う。

2009年の米国レーザ医学・手術学会（American Society for Laser Medicine and Surgery, ASLMS）の集会において、シネロン／キャンデラの美容用の光学製品は14件以上の発表が行われた。その1つの論文ではAlex TinVantageレーザによる皮膚の病変と刺青の効果的な除去が報告された（**図1**）[(3)]。Qスイッチルビー、Nd：YAGおよびアレキサンドライトレーザのそれぞれは、何十年にもわたり刺青の除去が研究されてきた。Alex TinVantageレーザはナノ秒領域の532、755および1064nmの波長のパルス光を用いて、真皮の線維芽細胞束（皮膚の結合組織）に埋め込まれた多色刺青インク色素顆粒をターゲットとする。一般に、532nm光は赤色インク、755nm光は緑色インクを除去し、短波長ほどにはメラニン色素に吸収されない1064nmの長波長近赤外光は黒色インクを除去し、いずれも周囲の組織の色素に及ぼす影響を最小に抑える。

TinVantageレーザは直径1.5mmのシリカ光ファイバとホモジナイザを結合したQスイッチアレキサンドライト（755nm）レーザから構成され、コリメートされた平頂エネルギーをもつ処置用のビームスポットが得られる。レンズ付きのハンドピースを取り付けると、波長変換とビームスポットの調整（2～5mmの範囲）が可能になる。その1つのハンドピースは20mm長のNd：YAG結晶の波長変換器が組み込まれ、アレキサンドライトビームから1064nmの出力ビームへの変換を60%のエネルギー効率で行う。さらに、もう1つのハンドピースを取り付けると、内蔵されたチタンリン酸カリウム（KTP）

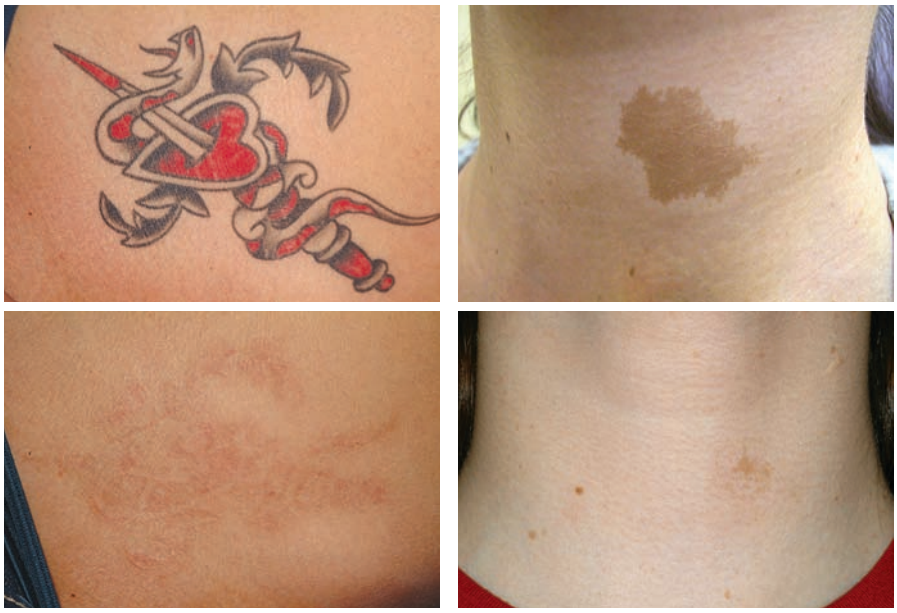


図1　左側の写真は532、755および1064nmのレーザ光を放射するAlex TriVantageによる刺青除去の前(上)と後(下)(資料提供:G・ゴールドバーグ博士)を、右側の写真は色素病変治療の前(上)と後(下)を示している。(資料提供:S・キルマー氏)

非線形結晶が1064nm光の周波数を二倍化し、532nm光の出力ビームに変換する。ハンドピースを簡単に取り替えることで、刺青を除去するための532、755および1064nmの波長を用いる患者の処置が可能になる。

米ヴァンデルヴィールセンター(VanderVeer Center)の内科医と医学部長を務めるエリザベス・ヴァンデルヴィール氏は、シネロン/キャンデラの50msのパルス継続時間をもつ2Hz、50mJ/cm^{2}のNd:YAGレーザGentleYAGを使用して、このレーザがどのようにして皮膚を緊縮(「乳房の引上げ」もできる)するかを分かりやすく3件の論文で説明した。この処置は真皮内のコラーゲンの刺激による生成にもとづいている。

また、シネロン/キャンデラのVbeam Perfecta 595nmパルス色素レーザ(6〜8J/cm^{2}フルエンスにおいて0.5〜10msパルスの処置パラメータ)を用いたポートワイン着色と眼の周りのくまの処置に関する数件の論文も報告された。これらのレーザ治療は血中のヘモグロビンを標的にして、増殖する血管を基礎疾患レベルで崩壊させる。

米メイヨクリニック(Mayo Clinic)によると、レーザを用いるにきび除去の処置は、にきび炎症を引き起こすプロピオン酸菌属にきび(P. 座瘡)を標的にした青色レーザ、または真皮の深部にある油脂由来脂腺を加熱し収縮/破壊する長波長赤外レーザを使用する[4]。シネロン/キャンデラは大きなスポットサイズ(10〜12mm)と7〜9J/cm^{2}のフルエンスをもつ1450nmの半導体レーザを用いたにきび病変治療の研究を行い、5回の処置を1ヶ月ごとに行うと、病変は57%の減少を示したと報告した。さらに良いことに、減少した病変数は処置が終了した6ヶ月後も変化しなかった。

脱毛用の製品は家庭用から美容治療院用までのさまざまな製品が市販され(www.hairremovaforum.com/manufacture.htmを参照)、FDAの認証を受けた家庭用の携帯型製品は米TRIAビ

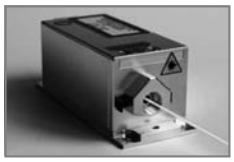
omikron LASERAGE

バイオ・理科学・OEMに最適!
多彩な商品群をラインアップ!
低価格・多機能型OEMモデルも新登場!

CW・変調・高出力・マルチライン・
狭帯域・高消光比・レーザーエンジン
- 紫外(375nm)
- 可視(405nm〜685nm)
- 赤外(785nm〜1064nm)

LuxX小型高性能OEM　CWレーザー
PhoxX小型高性能OEMレーザー

特に小型の多機能搭載型OEMレーザーで、4つの基本動作モードを搭載



DPSS FKL & FKLAシリーズ

高出力(〜10W)の532nmグリーンレーザー

SOLEレーザーエンジン

最大6波長搭載・20波長から選択

LightHUBレーザーコンバイナー

最大4波長搭載・20波長から選択

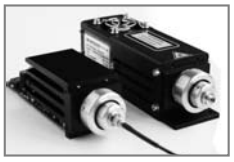
LDMシリーズ　◎Red&Bluephoton◎

実験研究用・OEMにも最適。CW型・変調型・高消光比型・波長安定化・DFBおよび高出力&マルチラインと多彩なレーザーを提供

高出力LEDモジュール

【225nm〜950nm/5600K】

豊富なオプション:ファイバー、ヒートシンク、コリメータ、CDRH、電源など



http://www.japanlaser.jp/
E-mail: lase@japanlaser.jp

JLC JAPAN LASER 株式会社日本レーザー

本　社　〒169-0051 東京都新宿区西早稲田2-14-1
TEL: 03-5285-0863(直)
大阪支店　TEL: 06-6323-7286
名古屋支店　TEL: 052-205-9711

ューティ（TRIA Beauty）から395ドルで入手できる。

イスラエルのルメニス社（Lumenis）による同社のLightSheer 800nm半導体レーザの事例研究によると、この製品は患者144名の皮膚の250箇所を800回にわたり処置し、95％の成功を収めている[5]。レーザは皮膚の着色に関係するメラニン色素に作用するため、皮膚色には重要な効果がある。選択的光熱療法の場合、600から1100nm領域のレーザは毛幹と毛包上皮の内部のメラニンを加熱して破壊する。毛幹を超えた部分のメラニンのレーザ吸収とレーザ加熱が非常に強いと、脱毛の過程で皮膚が損傷する。したがって、一般的に、レーザ脱毛は明るい色の肌で濃い色の毛をもつ人に適している。

毛包中のメラニンはNd:YAGレーザの1064nmのエネルギーに比べると、800nmのエネルギーを3から4倍も吸収するため、800nmのLightSheerレーザは脱毛に効果を発揮する。LightSheerは毛髪の種類と皮膚色に依存して、30～100msのパルス幅と25から29J/cm^{2}の範囲のフルエンスを選択できる（濃い色は長いパルスになる）。この装置はChillTipと呼ばれる能動冷却凸レンズも使用できる。このレンズを処置する患者の皮膚に押し付けると、皮膚は平坦になり、毛包はよく分離され、皮膚は表皮が冷却されて保護される。一般に、成長段階の脱毛を行うには、2回から4回の処置を4週間から8週間の間隔で行う。脱毛は永久とはならないが、適切な間隔で処置すると、毛包の数が減少し、再成長する毛幹のサイズが小さくなる。

図2　パルスCO_2を用いて皺のある皮膚を再生させる非切除方式のレーザ治療（上）（資料提供：R・ブッシュマン博士）と火傷した皮膚の再生（下）（資料提供：J・ワイベル博士）を示している。

美容市場は1990年代の二酸化炭酸ガス（CO_2）レーザによる皮膚の表面治療法の発明を契機にして急速に成長した。この方法は極めて侵襲で、再生のために表皮を完全に焼灼していた。ルメニス社は2008年に選択的除去表面治療用のDeepFXレーザを商品化し、医師による治療部位の制御と、凝固を表面だけに限定するか深くまで行うかの決定を可能にした。患者の安静期間は1週間以内に収まる。このUltraPulseと呼ばれている方法は、米コヒレント社（Coherent）のCO_2 RF励起スラブレーザを使用する。このレーザは医療機器用の利用可能なすべてのCO_2レーザのなかで最短のパルスと最高のエネルギーが得られる。美容分野の皮膚再生ばかりでなく、老化した皮膚、傷跡のある皮膚、火傷した皮膚などの必然性の高い用途にも利用できる。UltraPulseレーザは皮膚のより自然な再生や質感と柔軟性の回復などを目指している（**図2**）[6]。

さらに深く

美的な容貌は多くの場合「皮一枚」

図3 Smartlipoレーザシステムを用いたレーザ脂肪吸引術の処置前（左）と処置して5ヶ月後（右）の患者の上腕の写真を示している。（資料提供：C・ペティ博士）

にすぎないかもしれないが、さらに深い場所の美容処置も行われている。旧式の「手術による」脂肪吸引術と、より新しい超音波脂肪吸引術は効果をもつだろうが、レーザによる脂肪吸引術はいくつかの利点がある。一般に1064nmのNd：YAGレーザを使用して脂肪を溶かす皮下脂肪吸引術は、コラーゲンの生成を刺激して、術後の皮膚のたるみを最小化し、皮膚表面の破裂した血管を焼灼して、出血とその後の変色を最小にする。また、従来の脂肪吸引術にレーザを付加する内部レーザ脂肪吸引術は、脂肪を溶かして除去を容易にし、吸引による損傷を減らす。

最初にFDAの認定を受けたシノシュア（Cynosure）の内部レーザ脂肪吸引システムのSmartlipoレーザは、現在、そのTriplexと呼ばれる最新世代のレーザの1064nm（最大パワー40W）、1320nm（最大パワー20W）、1440nm（最大パワー15W）の3つの波長を組み合わせ、皮膚をゆっくり加熱して、皮膚の脂肪細胞をばらばらにする（**図3**）。最大1000μsのパルス継続時間と40Hzのパルス繰返し速度をもつ635nmの赤色半導体レーザビームが標的を狙う。

Smartlipoレーザの出力ビームはSmartSenseハンドピースに内蔵された300、600または1000μmのコア直径をもつ光ファイバを通して配送され、ハンドピースが動きを止めると、レーザビームも止まる。また、皮膚組織の温度が安全でない温度に達すると、ThermaGuideと呼ばれるレーザカニューレ（小さい挿入管）中の温度センサがレーザを止める。シノシュアの上級製品マネージャを務めるカレン・クロンホルム氏は、「シノシュアはレーザ脂肪分解用の多重化したインテリジェントレーザ配送システムを最初に提供した。二つの波長の連続した発射を可能にする多重化を利用すると、医師は最適な二つの波長を同時に使うことができる。このインテリジェント配送システム［SmartSenseとThermalGuide］は、その正確な制御にもとづいて患者の安全を保証する」と語っている。

手術用ホルミウムYAGレーザ、532nmダイオードポンプ固体（DPSS）レーザおよび半導体レーザを切除手術に使用すると、良性前立腺肥大（BPH）の除去、膀胱腫瘍の蒸発、ヒトの肥大した扁桃腺の除去が可能になり、CO_2レーザは獣医学やヒトの軟部組織の一般手術に使われる外科用メスを代替している。ルクサーケア-エスキュライトLLC（Luxarcare-Aesculight LLC）のCEOを務めるピーター・ヴィルラック氏は、「CO_2レーザの波長は含水量の多い軟部組織の吸収係数が高いため、CO_2レーザは30年以上にわたって手術用レーザの王座を占めてきた」と語っている。フェムト秒レーザを用いる角膜剥離のLASIK切除と同様に、CO_2レーザは皮膚切除の瘢痕が形成外科には望ましい極小かつ最小侵襲に収まる。そこで、いくつかの手術用レーザメーカーと相談し、オンラインで「美容手術用レーザ」を検索したが、レーザが繊細な皮膚の美容切断に広く使われている証拠を見いだすことはできなかった。

その理由について、何人かの専門家は、レーザメスはコストが通常の外科用メスよりも高く、外科医の触覚が物理的切開と同じにならないことによると述べている。このことは「眼瞼リフト」として広く知られるまぶたの手術矯正の場合に例外となり、そこでは脂肪の多いたるんだ組織が除去される。この眼瞼形成術の多くは医療ではなく美容が目的であり、血液の凝固と迅速な回復を可能にするCO_2レーザが広く使われる。外科医の意見はhttp://www.youtube.com/watchi?v=7R275OD4 Pekに掲載されている。

参考文献

(1) www.news-medical.net/news/20100204/Global-medical-aesthetic-devices-market-to-reach-2429-billion-in-2016.aspx.
(2) www.brocair.com/downloads/AestheticMedicalDeviceMarket_Feb2009.pdf.
(3) E.F. Bernstein et al., J. Drugs in Dermatology, 9, 11, 1333-1339（November 2010）.
(4) www.mayoclinic.com/health/acne-treatments/SN00038.
(5) www.aethetic.lumenis.com/pdf/safety_efficacy.pdf.
(6) D. Ozog et al., ASLMS 2011, paper 54, Grapevine, TX（March 30-April 3, 2011）.

LFWJ