総 説**REVIEW ARTICLE****脂肪をターゲットとしたレーザー治療**

市川 広太

東海大学医学部形成外科

(平成 21 年 10 月 30 日受理, 平成 22 年 2 月 1 日掲載決定)

**Review of Current Medical Lasers for Subcutaneous Lipolysis and
Laser-assisted Liposuction**

Kota Ichikawa

*Department of Plastic Surgery, Tokai University School of Medicine**(Received October 30, 2009, Accepted February 1, 2010)***要旨**

レーザー補助脂肪吸引 (Laser-assisted liposuction, LAL) は 1990 年代前半からラテン諸国から広まり, 2004 年に日本, 2006 年に米国に導入された. Smartlipo (DEKA, 伊) の米国導入後に発展し, 2009 年現在 10 機種以上が流通する. 最近の機種は, 高出力化, 波長の種類, 皮膚温度や先端温度や加速度のセンサー, ファイバー等の面で進化している. 最近の LAL 用レーザーの基礎と臨床を総説する.

キーワード: 脂肪吸引, 脂肪, 皮下, 手術, レーザー

Abstract

Laser-assisted liposuction (LAL) or laser lipoplasty is widely used in Europe and Latin America, and has been introduced to Japan in 2004 and the United States in 2006. After the introduction of Smartlipo laser (DEKA, Italy), LAL has been rapidly advanced and in 2009 more than ten products of lasers for LAL are commercially available in the market.

Recent models have advantages for faster and safer lipoplasty in their technologies, i.e., high power irradiation, skin temperature monitoring, acceleration sensor, and tough fibers. Selection of wavelength has been also developed. The author presents the basics and clinical experiences with these recent lasers for LAL.

Key word: laser, liposuction, fat, subcutaneous, operation

はじめに

1960年代以後、今日まで母斑や腫瘍の治療に用いられてきた皮膚形成外科領域のレーザーは、1990年代後半になって脱毛や若返りなどの美容目的にも用いられるようになっていく。ほとんどが体外的に皮膚表面に照射するものであるが、近年、直接体内に刺入して脂肪を溶かす目的のレーザーも登場した。

皮下脂肪の減少量という点では、未だ脂肪吸引手術に勝るレーザーはない。しかし、手術による死亡事故等の重大な合併症やダウンタイムの問題から¹⁻³⁾、効果が低くても複数回の治療を望む傾向や、脂肪吸引を補助する装置の開発傾向は次第に顕著になっている。今後も瘦身の市場を狙って新機種が増加するといわれている。

近年、新たに美容レーザーを開始する開業医や、その販売やセミナーを行なう業者も増えている。しかし、現状の脂肪融解レーザーは、局所麻酔や手術設備を必要とするので外科的経験の浅い医師には導入が容易ではなく、販売市場としては他の美容レーザーより小さいと思われる。また、外科手術機械であるため、体外式レーザーよりも、成績が術者に依存する割合が大きい。

レーザーの治療に際してはレーザー医学の基礎と安全管理が前提であり、脂肪融解で使用される機器の多くが厚労省未認可であることを認識する必要がある。また外国製機器が多いので、メーカーや取り扱い業者の維持管理体制にも注意を要する。近年の世界不況により、メーカーや代理店の倒産やリストラで、ユーザーへ影響が与える可能性も高くなっている。

本総論では現状の体内式脂肪融解レーザーの歴史と現状、使用方法、利点と欠点、安全管理、合併症、市場の動向と展望について述べる。また、現在世界で流通している主な体内式脂肪融解レーザーについて調査し、表にまとめた。

1. 体内式脂肪融解レーザーの歴史と現状

体内式の高出力脂肪融解レーザーを用いた脂肪形成術や脂肪吸引は、Laser-Assisted Liposuction or Lipoplasty (LAL)と呼ばれ、2004年以後、急速に発展した。

歴史的に英語圏でLALとして最も古い文献は1990年代前半の、Apfelbergによる吸引機内蔵型Nd:YAGレーザーの報告である⁴⁻⁶⁾。これは吸引管内にレーザーを内蔵し、管内に吸引されてきた脂肪を、レーザーにより切断することで吸引効率をあげようとする目的であった。水冷装置つきファイバーを4mm直径の脂肪吸引カニューーラに内蔵し、40W、0.2secのレーザーを照射する装置であった。結果は通常の吸引法と有為差がなかった。機械が使いにくく、故障が多く、評価項目や統計処理が不十分でFDA認可に至らなかった。

現在にいたる脂肪融解レーザーの1号機として一定の流通に至ったのが、英語圏では2002年以後に文献のあるSmartlipo (DEKA, Italy)というレーザーである⁷⁻⁸⁾。これは歯科で広く使用されていた1064nm Nd:YAGパルスレーザーに類似するシステムで、出力は6Wであった。専用のハンドピースにファイバーを挿入して先端のみ数ミリ出し、局所麻酔下に皮下に刺入して脂肪に直接照

Fig.1 Fiber, handpiece and tip of the laser (Smartlipo, DEKA, Italy)

射するというLALの基礎を築いた (Fig.1)。メーカーのあるイタリアや南米で広く流通し、2004年に日本に導入された。2005年に米国で著者らが基礎的研究の報告を行い⁹⁻¹¹⁾、2006年に米国に導入された後、急速に発展をみた。脂肪融解を目的とする体内刺入式レーザーが多数開発され2009年現在では10機種以上に及ぶ (Fig.1)。また、Laser-assisted liposuction, LALという言葉が学会等で頻繁に用いられるようになった。2007年以後、2009年現在に至るまでの進歩としては、波長の選択肢の拡大、高出力化、センサーの搭載、ハンドピースやチップの工夫などがある。最も重要なことは、研究開発の段階で、脂肪への吸収や熱の拡散など、これまでなかった基礎的、臨床的な脂肪に対するレーザーの研究が開始され、情報が蓄積されてきた事実である。

2. 使用方法

体内式脂肪融解レーザーの基本的な使用手順は、マーキング、消毒、局所麻酔、照射、吸引、ドレッシングの順である。

マーキングは多くの場合脂肪吸引に準じるが、機種によっては数センチ×数センチの格子をデザインして、格子ごとの照射エネルギーの総量を均一に行う場合もある。刺入部位付近の照射は、チップが体外にでた状態での誤発射による皮膚照射のリスクがあるため、刺入部のデザインを目的部位から離れたほうが安全である。

脂肪吸引に準じた消毒と滅菌ドレープを行い、機械を準備する。ハンドピースやチップは滅菌、機種によっては Disposable の場合もある。

照射はチップが皮下に入っていることを十分に確認してから開始する。低い出力でテスト照射をするのが安全である。照射のスピード、深さ、時間、エネルギー量は機種により異なる。発熱が速いほど、チップを速く動かさないと熱傷のリスクが高まる。そのため、基本的にはチップ動いている状態で照射し、1カ所に熱を集中しないようにする。反応が十分であれば、刺入部から融解した脂肪が溢れ出てくることが多い (Fig.2)。機種によっ

Fig.2 Melted fat with laser irradiation

ては体外皮膚温度、先端温度、加速度等をモニターすることができる。エンドポイントは抵抗の減弱、プロトコールに設定されたエネルギー量、温度、出血など、機種や部位により異なる。

熱で融解した脂肪組織は、生体にとって異物となるため、基本的には体外にドレナージしたほうが回復は速い。ドレナージの方法としては、絞り出し、脂肪吸引管の使用、創の開放等があり、処置の量や体格、部位、患者の希望により選択する。脂肪は液化、軟化しているため、脂肪吸引管は通常のものより細く、低い陰圧で、少ないレシプロ数で吸引することができる。開放する場合は創に吸収剤をドレッシングし、数時間後から翌日程度に縫合するまでの間、自然にドレナージされることを促す。

ドレッシングは、顔面や、処置量や範囲の狭い場合はほとんど不要である。量が多い場合は脂肪吸引に準ずるが、期間が短くてすむ場合が多い。

3. 利点と欠点

脂肪融解レーザーの利点は、脂肪吸引の欠点にある程度カバーできる点と、皮膚の引締めめの2つが大きい。

脂肪吸引の欠点は、硬い脂肪組織を金属で物理的にかき壊す際に生じる組織損傷が主な原因で、その結果、出血、痛み、腫れ等のいわゆるダウンタイムが生じる。太い管、高い吸引圧でないと物理的に吸引効率が下がるため、表面の凹凸やタルミを生じやすい。痛みや不快が強いため、特に広い範囲では麻酔が深く必要な場合があり、美容外科では最も麻酔事故リスクが高い治療である。

これに対して脂肪融解レーザーでは脂肪組織の硬さを減じるため、より細い管で少ない陰圧でドレナージができ、吸引時の組織損傷が少なくなる。また、術者の体力的な負担が少なくなる。表層を狙える波長では、滑らかな皮膚表面の仕上がりや引締めが期待できる。レーザー照射部分の直径は0.6-1.5 mm程度であり、凹凸になることは少ない。レシプロがなくても脂肪を破壊できるため、熱拡散の少ない波長では、非常に細かい輪郭形成が可能である。注入された脂肪や、ヒアルロン酸などの異物のうち反応するものは、その修正が可能である。

欠点としては、レーザーをセットし照射する分の時間的な追加、導入コスト、維持コスト、故障、未承認機器使用に伴う責任が主なものである。また、未熟な操作に伴う誤照射や熱傷リスクは、他の皮膚レーザー治療と同様である。さらに、脂肪融解レーザーの現状の特徴として、発展途上の領域なため次々に新機種がでるため、導入後すぐに新機種に抜かれるという経営的リスクがある。また、発展途上であるため手技的にこれが最善という裏付けが少なく、試行錯誤の段階にある点が欠点としてあげられる。

4. 安全管理

レーザー医療に携わる医療従事者は、安全教育セミナーなどを通じて一定水準の安全管理に対する知識を習得すべきである。ほとんどの脂肪融解レーザーは、眼への生理学的障害を生じるレーザーの波長と時間に応じた被爆放出限界の分類上、最も危険なクラス4に分類される。保護メガネ・マスク・手袋の使用、反射の予防、緊急停止ボタンの確認、鍵の管理、レーザー設置場所の警告標識の提示、空気汚染の対策、感染予防など、義務付けられている安全管理を学び、現場に徹底させる。

照射に際しては、低めのフルエンスから開始し、反応をみながら徐々に高めるのが原則である。特に経験の少ない機種を用いる場合や、狭い部位ではフルエンスを下げる。

5. 合併症と禁忌

主なものは早期合併症としては発赤、腫脹、疼痛、びらん、水疱、熱傷があり、晩期には浮腫、知覚異常、色素沈着、色素脱出、皮膚の乾燥、拘縮、瘢痕形成がある。禁忌は、金の糸など皮下に金属が有る場合、悪性病変、ヘルペスなどのウイルス感染、反復性細菌・真菌感染、炎症性色素沈着、免疫不全など、皮膚レーザーや脂肪吸引に準ずる。

6. 市場の動向と展望

1064nmに発展の端を発した脂肪融解レーザーは、Table1に示すように2009年現在では様々な波長を採用するに至った。より脂肪への吸収がよい、水への吸収がよい波長が模索されている。また、水分や真皮に対する脂肪への吸収比率が高いほうが効率よく脂肪融解できるという意見や、真皮に対する脂肪への吸収比率が高いほうが、皮膚熱傷を防ぐうえで有利とする意見もある。連続波に比べパルスのほうが主流ではあるが、比較研究した報告は少なく¹²⁾、連続波のほうが融解効率がよいとする考えもある。

波長特性にもよるが、今後は腋臭多汗症への応用¹³⁾や、注入脂肪の除去、レーザーメスとしての他の応用など、単なる痩身以外へも適応が広がる可能性も高い。

現在の脂肪融解レーザーは、次々に新機種が出て、その度に過去の機種に対する優位性が提示される発展途上にある。新しい装置が開発され実用化されることは診療領域の活性化という面では喜ばしいが、新しいから良い結果が得られるとは限らない。導入費用が高く、エビデン

Table 1 Review of currently available lasers for lipolysis

製品名	製造会社	出力 (W)	波長(nm)	センサー
Accusculpt2	Lutronic	12	1444	
CoolLipo	CoolTouch	15	1320	
Lipolite	Syneron	40	1064	
Lipotherme / PharaonLipo	Osyris / Medsurge	25	980	
ProLipo	Sciton	12	1064	
ProLipo PLUS	Sciton	40	1064(40W)/1319(40W)/Diode(40W)	TempASSURE
PulseLipo	SLT	13	1064	
SlimLipo	Palomar	40	924(20W)+975(20W) continuous wave	
SlimLift	B&B systems	15	1064(10W)+1320(8W)	
SmartLipo	DEKA	6	1064	
SmartLipoMPX	Cynosure	46	1064(30W)+1320(16W)	SmartSense ThermoGuide
SmoothLipo	Eleme medical	25	980 continuous wave	

スや日本人の症例が少ないにもかかわらずメリットばかりが強調されやすい傾向があるので、特に知識や経験が浅い場合には導入機種を選択に注意しなければならない。レーザー治療の基本的知識を踏まえ、適切な治療器を選択し、各症例を安全かつ丁寧に治療することが重要である。

今後も新機種の登場が見込まれる領域であるが、基礎となる基礎研究や臨床試験を注意深く評価する必要がある。

おわりに

皮膚美容における脂肪融解レーザーでは、正常組織への損傷を最小限に留めたいという脂肪を効果的に治療し、熱傷などの合併症を生じさせないことを求められる。そのためには、基本的な知識の習得と現場の安全管理を徹底し、慎重な術前評価に基づいたレーザーの適応が必要である。

脂肪融解におけるレーザー治療では、近年新機種が次々と登場し、営業ではエビデンスや日本人の症例が少ないにもかかわらずメリットが強調されやすい傾向がある。医師は、溢れる情報に翻弄されることなく、各症例にとって最適な治療器を選択し、安全かつ丁寧に治療することが重要である。

参考文献

- 1) Toledo LS, Mauad R. Complications of body sculpture: prevention and treatment. Clin Plast Surg, 33(1):1-11, v, 2006.
- 2) Illouz YG. Complications of liposuction. Clin Plast Surg, 33(1):129-163, viii, 2006.
- 3) Ribeiro Monteiro ML, Moura FC, Cunha LP. Bilateral visual loss complicating liposuction in a patient with idiopathic intracranial hypertension. J Neuroophthalmol, 26(1): 34-37, 2006.
- 4) Apfelberg D. Laser-assisted liposuction may benefit surgeons, patients. Clin Laser Mon, 10(12):193-194, 1992.
- 5) Apfelberg DB, Rosenthal S, Hunstad JP, Achauer B, Fodor PB. Progress report on multicenter study of laser-assisted liposuction. Aesthetic Plast Surg, 18(3): 259-264, 1994.

- 6) Apfelberg DB. Results of multicenter study of laser-assisted liposuction. Clin Plast Surg, 23(4): 713-719, 1996.
- 7) Goldman A, D.E. S, Blugerman GS. Laserlipolysis: Liposuction Using Nd-YAG Laser. Rev Soc Bras Cir Plast, 17(1):17-26, 2002.
- 8) Badin AZ, Moraes LM, Gondek L, Chiaratti MG, Canta L. Laser lipolysis: flaccidity under control. Aesthetic Plast Surg, 26(5): 335-339, 2002.
- 9) Kota Ichikawa, Muneo Miyasaka, et al. HISTOLOGIC EVALUATION OF THE PULSED Nd:YAG LASER FOR LASER LIPOLYSIS. 25th Anniversary meeting of the American Society for Laser Medicine and Surgery, Orlando/Florida, 3/30-4/3, 2005.
- 10) Ichikawa K, Miyasaka M, Tanaka R, Tanino R, Mizukami K, Wakaki M. Histologic evaluation of the pulsed Nd:YAG laser for laser lipolysis. Lasers Surg Med, 36(1):43-46, 2005.
- 11) Ichikawa K, Tanino, R., Wakaki, M. Histologic and photonic evaluation of a pulsed Nd:YAG laser for ablation of subcutaneous adipose tissue. Tokai J Exp Clin Med, 31(4), 2006.
- 12) Kuwahara K, Gladstone HB, Gupta V, Kireev V, Neel V, Moy RL. Rupture of fat cells using laser-generated ultra short stress waves. Lasers Surg Med, 32(4):279-285, 2003.
- 13) Ichikawa K, Miyasaka M, Aikawa Y. Subcutaneous laser treatment of axillary osmidrosis: a new technique. Plast Reconstr Surg, 118(1): 170-174, 2006.

著者紹介

市川 広太 (Kota Ichikawa)

1999 年, 東京医科歯科大学 卒業. 1999 年～2002 年, 東京大学病院 医員. 2003 年～2007 年, 東海大学医学部形成外科 医員. 2005 年, Glasgow University, Canniesburn Plastic Surgery Center 留学.

現在, 東海大学医学部形成外科 兼任講師. 所属学会は日本形成外科学会, 日本美容外科学会 (JSAPS), 日本レーザー医学会など.