

# 軟部組織の形成におけるレーザーの新しい応用：皮下脂肪や腋臭症への拡大

東海大学 医学部形成外科

市川 広太、宮坂 宗男

## 1 はじめに

皮膚科や形成外科の領域で、医療用レーザーが治療に本格的に導入されたのは1960年代と言われている。治療の主な対象が母斑や腫瘍であることは、当時から現在においても変わりはない。しかし、諸外国の流れを受け、日本でも1990年代後半に入ると、レーザーが脱毛や若返りなどの美容医療の手段として用いられるようになった。その後、現在に至るまで、皮膚形成領域のレーザー医療は発達を続けている。医療全体の傾向として、大掛かりな手術よりもレーザーのように短時間で回復の早い治療が求められ、皮膚形成領域でも例外ではない。今世紀に入り、軟部組織の形成に関しても、これまでの腫瘍の治療にとどまらず、静脈瘤、皮下脂肪、腋臭症などに対してレーザーが用いられるようになった。

本稿では、軟部組織の形成におけるレーザーの応用について、新しい適応である皮下脂肪の減量や腋臭症の治療について述べた。

## 2 皮下脂肪、アポクリン汗腺の減量

皮膚形成で扱う軟部組織として、脂肪腫のような腫瘍は勿論、皮下脂肪は主に審美目的で減量することを望む患者が多い。また、アポクリン汗腺の除去は、腋臭症に対する皮弁法が保険適応されている。皮下脂肪を減らせる量としては、切除や脂肪吸引に勝るレーザーは未だにない。アポクリン汗腺の除去においても同様である。しかし、それらの手間や回復期間、合併症といったデメリットの観点から<sup>1-4)</sup>、レーザーを応用した治療が模索されている。レーザーを用いた脂肪の融解は、

Laser-lipolysis と呼ばれ、今世紀に発達した新しい領域である。現状では、皮膚の外から照射する方式のレーザーでは、皮下脂肪へのエネルギー吸収が低く、上記の外科治療に相当する脂肪の減量は容易ではない。それに対し、麻酔下に皮下脂肪まで発射管を挿入し、介在組織のない状態で皮下脂肪に直接照射して融解する体内式のレーザーが多く採用されている。

## 3 体内式の脂肪融解レーザーは外科機械

こうした体内式のレーザーを用いた皮下脂肪の減量は、高出力で麻酔を要するため、Laser-assisted Lipoplasty (レーザー補助下脂肪形成術、LAL) と呼ばれ外科的な治療である。よって、麻酔や手術の設備が必要であり、外科経験の浅い医師には導入は容易でない。手術器械である以上、それを用いた成績は、外から皮膚に向かって照射する一般的な皮膚形成のレーザー治療に比べて、使う医師の技術や経験に大きく左右される。販売する側にとっても、用いる医師に対する外科的な指導の提供が求められるため、体外式のレーザーより販売コストがかかる。

## 4 発達の歴史

文献的に英語圏でLALの最も古い記載は1990年代にみられるが<sup>5-7)</sup>、様々な面で不十分でありFDA認可に至らなかった。2000年代に入ると、後に現在のLALの基礎となったSmartLipo (DEKA社、イタリア製) というレーザーが英語で報告される<sup>8-9)</sup>。これは歯科用で1064 nmのNd:YAGレーザーを応用したパルスレーザーで、

1990年代には南米やラテン系ヨーロッパでは既にLALを目的に広く用いられていた。最高出力は6Wと低かったが、ハンドピース（発射管）に石英ファイバーを挿入して先端から数ミリ出し、麻酔下に直接挿入して照射するというLALの基礎を築いた機種と言える。日本では2004年に導入されたが、それまでレーザーの脂肪に対する吸収についての基礎研究がなかったため、著者らが手探りで基礎的研究を開始した。この結果を2005年に米国のレーザー医学会（American Society for Laser Medicine and Surgery, ASLMS）で初めて報告し、原著も同学会紙（Lasers in Surgery and Medicine）に掲載された<sup>10-12</sup>。米国では翌2006年から導入が始まり、これをきっかけに他社が多数参入し、以後急速にLALが発展した。当方の原著も多く引用され、LALの用語が学会等で頻繁に使われるようになった。また、2006年に著者はこのレーザーの腋臭症に対する応用を初めて報告し、米国形成外科学会紙（Plastic and Reconstructive Surgery）に原著が掲載された<sup>13</sup>。2011年現在では主なものだけでもレーザーが10機種以上となり（表1）、様々な波長や出力を選択できるようになった。パルス式Nd:YAGに加え、Palomar社SlimLipoのような連続波の半導体レーザーも登場し、加速度や温度を感知して出力を自動制御する

センサー、体表面のサーモグラフ搭載の機種も加わった。手術器械として、持つ部分であるハンドピースの人間工学的な工夫や、脂肪を効率よく融解するための先端部分の形状なども進化してきた。最も重要なことは、これまでなかった皮下脂肪に対するレーザーの基礎的、臨床的な研究が本格的に開始され、一つの分野に発達しつつあるという事実である。

## 5 処置の手順

この種のレーザーは体内式であり、その施術は皮膚外科小手術の要領である。手順としては、マーキング、消毒、局所麻酔、皮下への挿入、照射、融解物と麻酔のドレナージまたは吸引、ドレッシングである。腋臭症でのレーザー照射の手順を、図1に示す。

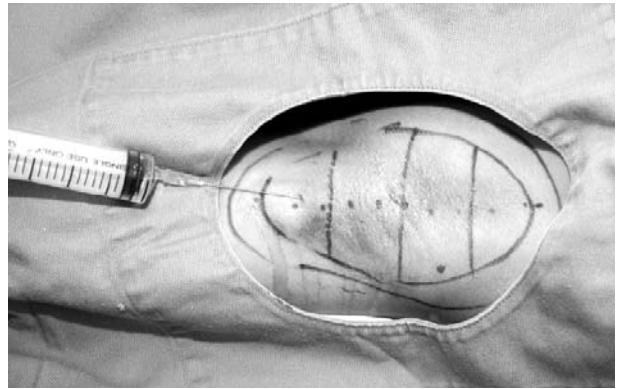
照射の速度、深さ、時間、エネルギーの総量は機種によって異なり、マニュアル化されている。エネルギーが不十分だと効果が下がり、過剰だと熱傷その他の合併症リスクが高まる。慣れるまでは、数センチ四方の格子をマークして、各格子ごとにエネルギーを設定し、均一にエネルギーが分布するようにすると良い。機種によっては、加速度や温度をセンサーが感知して、出力を自動調整

表1 現在流通する主な脂肪融解レーザー

Products	Company	Power (W)	Wavelength (nm)	Sensor
Accusculpt2	Lutronic	12	1444	
CoolLipo	CoolTouch	15	1320	CoolBlue Duet
Lipolite	Syneron	40	1064	
LipoControl/ Lipotherme / PharaonLipo	Osyris / Medsurge	25	980 continuous wave	electric mapping, automatic power assist
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	
SmartLipo MPX	Cynosure	46	1064(30W)+1320(16W)	SmartSense ThermoGuide
SmartLipo Triplex	Cynosure	40	1064(40W)+1320(24W) +1440(15W)	ThermaView
SmoothLipo	Eleme medical	25	980 continuous wave	



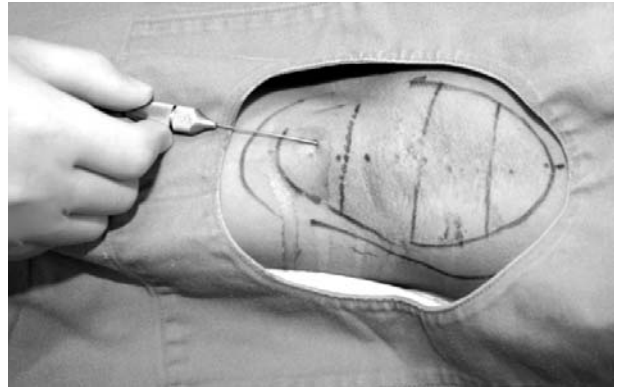
(a) 術前



(d) 局所麻酔



(b) デザイン



(e) 深い照射



(c) 消毒とドレーピング



(f) 浅い照射



(g) 術直後

することで均一な照射を補助する装置も搭載している。一カ所での熱集中を避けるために、基本的にチップが動いている状態で照射する。慣れるまでは、チップを進めるときは抵抗があるので照射せず、引くときのみ照射すると良い。出力が多く、熱上昇の速い波長ほど、チップを速く動かす必要があるため、慣れるまでは低出力で発熱の少ない波長を選択すると良い。刺入部位付近はエネルギーが集中しやすく、チップが体外にある位置から皮膚への誤照射をしないように注意が必要があ

図1 腋臭症に対するレーザー照射の手順





図2 照射後に刺入部から溢れ出た融解脂肪

るので、慣れるまでは照射部位から刺入部を離して設定すると良い。

脂肪融解が目的の場合は、脂肪が多いと刺入部から溢れてくるのが確認される(図2)。次第に抵抗がなくなり、プロトコルのエネルギーに達したら照射を終了する。融解あるいは熱変性した脂肪や汗腺、麻酔液は生体にとって異物であり、基本的には体外にドレナージしてほうが回復の負担が少ない。腋臭症や狭い範囲の引締めが目的であれば、量が少ないので照射直後に刺入部に向かってマッサージし、廃液を体外に絞り出す。広い範囲の脂肪融解等では、吸引管の利用や創の開放などを、体格や部位、患者希望などにより追加する。脂肪は液化、軟化しているため、吸引管は脂肪吸引のものより細くてすみ、低い陰圧で短時間でドレナージできる。ドレッシングは腋臭症や顔などの狭い範囲では不要であり、広い場合は脂肪吸引に準ずるが、期間が短くてすみ場合が多い。

## 6 メリットとデメリット

脂肪吸引や腋臭症の手術は、回復期間が長く、合併症が多い。医師側にとっては、麻酔リスクが高く、手術の難易度が高い。患者側にとっては、固定期間が長く、痛みが強く、皮膚の引きつれや傷が目立つこともある。レーザーのメリットは、これらを軽減できることにある。また、注入異物の除去やたるみとりにおいて、切開しなくてよい

ので傷を回避できる。

デメリットとしては、導入コスト、維持コスト、術前設置時間、故障、未承認機器使用に伴う医師個人の責任などがある。患者説明においては、1回で大量に除去する治療ではなく、回復を優先した部分的な治療であり、必要な場合は反復可能である点や限度を理解させ、過剰な期待を回避する必要がある。当然、他の皮膚レーザーと同様に、未熟な操作にともなう誤照射や熱傷リスクもある。また、発展途上の新しい領域であるがゆえ、試行錯誤の部分もあり、長期的評価や最善の手技の裏付けは少なく、導入後すぐに新機種が出てしまう経営的リスクもある。

## 7 合併症と禁忌

脂肪吸引や腋臭症の皮弁せん除法にくらべて非常に軽微ではあるが、可能性として列記する。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、免疫不全などがある。その他は一般の皮膚レーザーや脂肪吸引に準ずる。

## 8 安全の管理

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。このレーザーというより、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。保護めがね・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、低めの出力から開始し、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、狭い部位では出力を下げる。

## 9 今後の展望

軟部組織に対するレーザーにおいて、脂肪融解レーザーは現在では様々な波長が採用され、より脂肪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吸収よりも、脂肪への吸収比率 (selectivity) が高いほうが効率よく脂肪融解でき、熱傷を防ぐうえで有利と考えられ始めている。連続波に比べパルスのほうが主流ではあるが、比較研究は始まったばかりで少なく、Palomar 社 SlimLipo のような連続波のほうが融解効率がよいとする考えや、パルスのほうが出血は少ないという報告もある<sup>14)</sup>。

皮膚形成のレーザー全般に言える事であるが、次々に新機種が出て、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。しかし、新しいから良い結果が得られるとは限らない。長期評価や日本人症例が少なくメリット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の選択に注意しなければならない。ほとんどが外国製で導入費用が高額であり、導入に際しては国内での故障対応や部品の供給が迅速にできるのか、販売会社の維持体制を確認する必要がある。

## 10 おわりに

軟部組織の形成におけるレーザー治療では、脂肪やアポクリン汗腺などの標的組織を効果的に治療し、他への損傷を最小限に留め、熱傷などの合併症を生じさせないことを求められる。治療前に、基本的な知識の習得、安全管理の徹底、操作法の訓練、慎重な術前評価が必要である。新機種においては、基盤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。適切な治療器を選択し、各症例を安全かつ丁寧に治療し、長期的に評価することが重要である。

### 参考文献

- 1) Atkins JL, and Butler PE. Hyperhidrosis: A review of current management. *Plast Reconstr Surg* 2002; **110** (1):222-228.
- 2) Toledo LS, Mauad R. Complications of body sculpture: prevention and treatment. *Clin Plast Surg* 2006; **33** (1):1-11, v.
- 3) Illouz YG. Complications of liposuction. *Clin Plast Surg* 2006; **33** (1):129-163, viii.
- 4) Ribeiro Monteiro ML, Moura FC, Cunha LP. Bilateral visual loss complicating liposuction in a patient with idiopathic intracranial hypertension. *J Neuroophthalmol* 2006; **26** (1):34-37.
- 5) Apfelberg D. Laser-assisted liposuction may benefit surgeons, patients. *Clin Laser Mon* 1992; **10** (12):193-194.
- 6) Apfelberg DB, Rosenthal S, Hunstad JP, Achauer B, Fodor PB. Progress report on multicenter study of laser-assisted liposuction. *Aesthetic Plast Surg* 1994; **18** (3):259-264.
- 7) Apfelberg DB. Results of multicenter study of laser-assisted liposuction. *Clin Plast Surg* 1996; **23** (4):713-719.
- 8) Goldman A, D.E. S, Blugerman GS. Laserlipolysis: Liposuction Using Nd-YAG Laser. *Rev Soc Bras Cir Plast* 2002; **17** (1):17-26.
- 9) Badin AZ, Moraes LM, Gondek L, Chiaratti MG, Canta L. Laser lipolysis: flaccidity under control. *Aesthetic Plast Surg* 2002; **26** (5):335-339.
- 10) 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, Orland/Florida, 2005.3/30-4/3*
- 11) 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* 2005; **36** (1):43-46.
- 12) 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* 2006; **31** (4).
- 13) Ichikawa K, Miyasaka M, Aikawa Y. Subcutaneous laser treatment of axillary osmidrosis: a new technique. *Plast Reconstr Surg* 2006; **118** (1):170-174.
- 14) Levi JR, Veerappan A, Chen B, Mirkov M, Sierra R, Spiegel JH. Histologic evaluation of laser lipolysis comparing continuous wave vs pulsed lasers in an in vivo pig model. *Arch Facial Plast Surg* 2011 Jan-Feb; **13** (1):41-50.

市川 広太 (いちかわ こうた)

東海大学 医学部形成外科 講師

宮坂 宗男 (みやさか むねお)

東海大学 医学部形成外科 教授