

下肢静脈瘤に対する血管内治療の現況

広川 雅之

要 旨：下肢静脈瘤に対する血管内治療にはラジオ波治療(radiofrequency ablation: RFA)とレーザー治療(endovenous laser treatment: ELT)がある。血管内治療は1990年代後半から始まり、2000年頃よりその低侵襲性や術後回復の早さから欧米を中心として急速に普及してきている。ラジオ波治療およびレーザー治療の最新の治療原理、機器および成績について詳述する。

(J Jpn Coll Angiol, 2009, 49: 239–245)

Key words: varicose veins, radiofrequency ablation, endovenous laser treatment, endovascular treatment, tumescent local anesthesia

はじめに

下肢静脈瘤の標準的治療はストリッピング術であるが、血腫、感染、神経障害などの合併症を高率に伴い、3～7日間の入院を要し通常の日常生活や仕事に復帰するまでに数週間かかる場合もある^{1,2)}。したがって、若くて活動性の高い患者は回復期間の長さから、高齢者の場合は手術侵襲の高さから治療を受けたがらず、手術は健康な重症患者のみに行われる傾向が強かった。これに対し、血管内治療は低侵襲で術後の回復が早い³⁾ため、欧米を中心に広く普及している。血管内治療にはラジオ波とレーザーを用いたものがあり、どちらも血管内に挿入したカテーテルあるいはファイバーからエネルギーを照射して病的な血管を焼灼・閉塞する。ラジオ波による血管内治療(radiofrequency ablation: RFA)は1990年頃から施行され³⁾、1999年に米国食品医薬品局(FDA)に初めて認可された。その後、2002年にレーザーによる血管内治療(endovenous laser treatment: ELT)が認可されている。

治療原理

(1)ラジオ波治療

ラジオ波治療は静脈壁に接触した電極から高周波(ラジオ波)交流電流を流して熱を発生させる。その結果、

蛋白が凝固変成して血管壁は変性・破壊される。現在、市販され臨床的に使用されているラジオ波治療機器は米国VNUS社製のClosure[®]のみである。Closure[®]は高周波発生装置と専用のカテーテル(ClosurePLUS[™])からなる。カテーテルには高周波の電極の他に温度と抵抗のセンサーが組み込まれており、先端が傘状に開き常に血管壁と密着するように設計されている。先端の電極が常に血管壁に接触している必要があるため、静脈径に合わせて6Frと8Frの2種類のカテーテルが必要であり、治療可能な血管径が12mmまでという制約がある¹⁾。静脈径が12mm以上の場合、tumescent local anesthesia(TLA麻酔)の追加、エスマルヒ駆血帯、極端なTrendelenburg体位によって静脈を虚脱させることによって対応する。牽引速度が約3cm/分とレーザーに比べ低速であり静脈の焼灼に15～20分の時間がかかるという欠点がある。

最近、このClosurePLUS[™]の欠点を補うためにセグメンタルタイプのカテーテル(ClosureFAST[™])が開発された(**Fig. 1**)。このカテーテルは先端に7cmの加熱部を持ち、同部が460kHzの交流電流によって20秒間、120℃に加熱される。ClosurePLUS[™]と異なり1種類のカテーテルですべての静脈径に対応でき、一度に7cmずつ静脈を焼灼できるので焼灼時間も約3分に短縮されている⁴⁾。



Figure 1 The ClosureFAST™ catheter and the VNUS® radiofrequency generator.

The ClosureFAST™ catheter has a 7-cm heating element covered with lubricious material and cable that connected to the VNUS® radiofrequency generator. The thermal element that was heated to a temperature of 120°C for 20 seconds treats a 7-cm vein length at once. The treatment time for a 45-cm length vein with the ClosureFAST™ catheter is 3 to 5 minutes.

(2) レーザー治療

血管内レーザー治療は静脈内に挿入したレーザーファイバーの先端からレーザーを照射して静脈を焼灼・閉塞させる。当初は血液中でレーザーが照射されると血液が沸騰し、この際発生する“steam bubble”によって広範囲に血管内皮が傷害され、それに引き続いて血栓性閉塞を起こすと言われていた^{5,6)}。しかし、Fanらは⁷⁾“steam bubble”による内皮障害だけでは血管を閉塞させるには不十分で、レーザーを照射すると少量の血液にレーザーエネルギーが吸収され血管内皮の炭化(carbonization)を起こし、2次的に黒色の炭化物質にレーザーが吸収され1,000°C以上の高温が発生して静脈が焼灼されるとしている。実際にはさまざまな機序と条件が重なり合って静脈が焼灼・閉塞していると考えられる。

レーザーによる静脈閉塞に強く影響を与えるのがレーザーの波長である(**Fig. 2**)。レーザーは組織内の吸収物質(chromospheres)に吸収されたレーザー光のエネルギーが熱変換することで、細胞や組織を破壊する。この吸収物質は波長によって大きく異なる。現在臨床的に使用されているレーザーの波長は810, 940, 980, 1,064, 1,320, 1,470および2,000nmであるが、810~1,064nmは

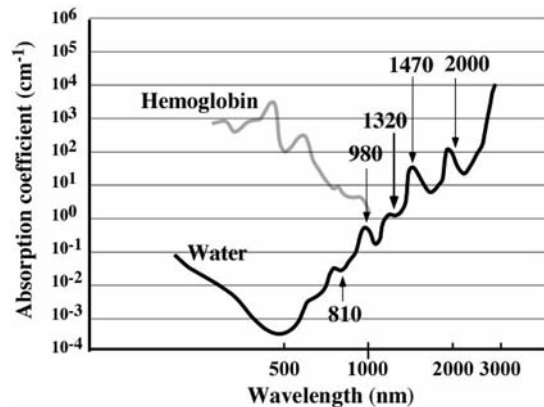


Figure 2 Laser wavelength and the absorption spectrum of water and hemoglobin.

1320-2000 nm wavelengths are selective for water as the chromophore. This allows for targeted heating of the vein wall.

ヘモグロビンに、それより長い波長は主に水に吸収される。波長1,320, 1,470および2,000nmのレーザーは血管壁に多く含まれる水に特異的に吸収され、より少ないエネルギーで血管に障害を与えることができるため、高い治療効果と合併症の減少が期待されている⁸⁻¹⁰⁾。最近、この水特異性レーザーの特性を生かすために先端から周囲360度にレーザーが照射されるRadial fiber(ドイツBiolitec社製)が開発された。このファイバーはファイバーの側面全周(360度)からレーザーが静脈壁に直接照射されるため、低出力で焼灼可能であり、波長1,470nmレーザーとの組み合わせでTLA麻酔なしのレーザー治療が可能になった(**Fig. 3**)。

治療手技

(1) ラジオ波治療

患者は逆Trendelenburg体位あるいは半座位とし、膝周囲のGSVより超音波ガイド下にClosurePLUS™カテーテルを挿入する。カテーテルの先端はSFJから0.5~1cm足側の浅腹壁静脈分岐部直下に置く。静脈周囲にTLA麻酔を行い、静脈が皮膚より1cm以上離れるようにする。焼灼温度を85°Cに設定して約3.0cm/分の速度でカテーテルを手動的に引き抜く^{1,11)}。焼灼中はラジオ波発生装置で温度、電極抵抗、出力をモニターしながら引き抜き速度をコントロールする。焼灼を終了したらエコーにて静脈の閉塞状況、大腿静脈血栓および損傷の有無を観察

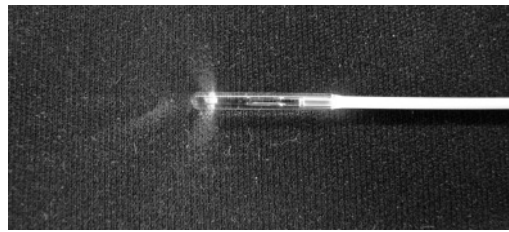
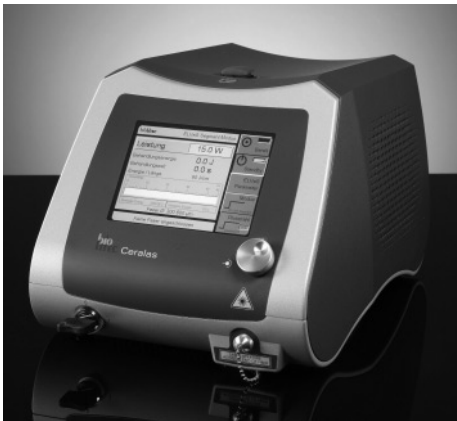


Figure 3 The ELVeS™ painless laser system (1,470 nm) and radial fiber. The radial fiber circumferentially (360°) emits laser energy. The use of this fiber combined with 1,470 nm laser eliminates perforation and charring of the treated vein during laser treatment.

する。静脈の閉塞が十分でなかった場合は再びカテーテルを挿入して再焼灼を行う。術後は弾力包帯あるいは弾性ストッキングによる圧迫療法を行い、術後24～72時間に血管エコーにて大伏在静脈の閉塞と深部静脈血栓症(DVT)の有無を確認する¹⁾。

(2)レーザー治療

レーザー治療の手技は基本的にはラジオ波治療と同様で、エコーガイド下にレーザーファイバーを静脈内に挿入して静脈を焼灼する。GSVの径は立位または坐位における平均的な静脈径で9～10mmまでがレーザー治療の適応となる。ラジオ波のカテーテルと異なりレーザーファイバー(通常600 μ m)は硬く、柔軟性がないため直接静脈内に挿入するのは困難であり、静脈へのアプローチはイントロデューサーシース(3～5Fr)あるいは血管造影用カテーテルとガイドワイヤを使用する。ファイバーの先端を浅腹壁静脈分岐部直下に置き、TLA麻酔を施行したら用手的あるいは牽引装置にて1～5mm/秒の速度(ラジオ波の約10倍)でファイバーを引き抜く¹⁾。術後の圧迫治療もラジオ波と同様であり、術後24～72時間に血管エコーにて経過観察を行う。

(3)TLA麻酔

ラジオ波治療およびレーザー治療においてTLA麻酔は治療の成功と合併症予防のために非常に重要な麻酔方法である^{12,13)}。TLA麻酔はエピネフリン添加キシロカインを0.05～0.1%に希釈したもので、局所麻酔を大量に浸潤する時の疼痛を軽減するために、メイロンを加えてpHを

中性に調整してある¹⁴⁾。血管内治療におけるTLA麻酔のおもな目的は1)疼痛抑制、2)皮膚熱傷の予防、3)静脈径の減少である。Bealeら¹⁵⁾は適切な量のTLA麻酔を行えば60J/cmでレーザー照射を行った場合でも血管周囲3mmの部分の温度は神経障害を起こす45°Cに達しないため安全であると報告している。

治療成績

(1)ラジオ波治療

ラジオ波治療は前向き研究で従来のストリッピング手術と比較して良好な成績を示している^{2,16-19)}。ラジオ波治療はストリッピング手術と比較して日常生活への復帰が1.15日と3.89日(P=0.02)、術後1日以内に通常の活動に戻れた割合が80.5%と46.9%(P<0.01)と有意に良好な結果であった¹⁶⁾。また、術後の疼痛、鎮痛剤の使用および合併症もラジオ波は有意に少なく、2年後の生活の質(QOL)も良好であった¹⁶⁻¹⁹⁾。

静脈の閉塞率(**Table 1**)は、最初に報告された140肢の臨床研究では術後2年で90%であった²⁰⁾。長期成績でも1,222肢の前向き多施設研究で術後5年の静脈閉塞率は87.2%、静脈不全の消失率は83.8%であった²⁴⁾。これらの臨床成績はClosurePLUS™カテーテルによるものであるが、新しいClosureFAST™カテーテルを用いた前向き多施設研究でも252肢の術後6カ月の静脈閉塞率は99.6%と良好であった⁴⁾。

(2)レーザー治療

2001年にレーザー治療の治療成績が初めて報告されて

Table 1 Radio frequency ablation literature review

Author	Year	Limbs (n)	Mean Follow-up	Occlusion rate	Skin burn	Phlebitis	DVT	Paresthesia
Weiss ²⁰⁾	2002	140	24M	90%	0	<1%	2.1%	0.7%*
Johannes ²¹⁾	2002	26	1Y	88.5%	3.8%	—	0	19.2%
Goldman ²²⁾	2002	50	2Y	68%	—	0	0	0
Hingorani ²³⁾	2004	73	10D	96%	0	—	16%	—
Lurie ^{16, 17)}	2005	44	2Y	83.3%	0	4.5%	0	15.9%**
Merchant ²⁴⁾	2005	1,222	5Y	87.2%	1.2%	2.9%	0.9%	2.6%#
Welch ²⁵⁾	2006	184	9M	77.7%	0	4.3%	0	20.1%##
Almeida ²⁶⁾	2006	128	198D	85% [§]	—	—	0	1.6%
Proebstle ⁴⁾ §§	2008	252	6M	99.6% [†]	0	0.8%	0	3.2%

* 6 months (8.5% at 1 week), ** 3 weeks (23.3% at 1-week, 11.4% at 72 hours), # 5 year (12.3% at 1-week, 7.3% by 6 months), ## Numbness, § 500 days (Kaplan-Meier method), §§ ClosureFAST™, † 6 months (Kaplan-Meier method).

Table 2 Endovenous laser treatment literature review

Author	Year	Wave length/power	Limbs (n)	Mean Follow-up	Occlusion rate	Bruising	Phlebitis/pain	DVT	Paresthesia
Navarro ²⁷⁾	2001	810, 10-14W	40	4M	100%	—	0	0	0
Proebstle ³¹⁾	2003	940 nm, 15W	109	12M	90.4%	—	10%	0	0
Min ¹³⁾	2003	810 nm, 14W	499	17M	93.4%*	24%	5%	0	0
Agus ³²⁾	2006	810, 980nm, 12.5W	1,081	36M	97%	37.5%	7.1%	0	0.7%
Almeida ²⁶⁾	2006	810-1,320 nm	578	160D	92%**	—	—	0.2%#	0.3%
Prince ³³⁾	2008	980 nm, 12W	471	5M	98%	—	—	0	3.4%
Theivacumar ³⁴⁾	2008	810 nm, 12W	644	>3M	93%	—	10.2%	0.2%	1.1%

* 24 months, ** 500 days (Kaplan-Meier method)

Thrombus extension into the common femoral vein requiring anticoagulation

以来^{27, 28)}, 多くのレーザー治療の成績が報告されている^{13, 26, 31-34)}。治療成績は静脈閉塞率90%以上とおおむね良好である(**Table 2**)。レーザー治療はラジオ波治療に比べ静脈閉塞が確実で、術中に再焼灼が必要な場合は少なく、短期成績は良好である^{29, 35)}。中・長期成績に関してはMinら¹³⁾は499肢、2年後の静脈閉塞率を93%、イタリアのグループ³²⁾が1,076肢、3年後で97%、Sadickら³⁶⁾は94肢、4年後で再発率が4.3%であったと報告している。ストリッピング手術との比較試験³⁷⁻³⁹⁾では術後疼痛には有意差はなく、皮下出血、下肢腫脹、術後1週間目のQOLでレーザー治療が良好な結果を示した。

レーザー治療の治療成績は照射エネルギー密度(J/cm)と密接な関係がある。Timpermanらは8~14Wの出力でレーザー治療を行い、80J/cm以上では再疎通例はなく、

再疎通群と閉塞群の平均照射エネルギー密度はそれぞれ46.6J/cmと63.4J/cmで閉塞群で有意に高かったと報告している⁴⁰⁾。同様にTheivacumarらは出力12Wで60J/cm以上の照射エネルギー密度を推奨している³⁴⁾。一方、Proebstleらは治療静脈1cm当たりのエネルギー量(J/cm)ではなくフルエンス(J/cm²)が閉塞率と関係しており⁴¹⁾、治療成功のための照射エネルギーの閾値は治療静脈径1mm当たり6.3J/cmとしている⁴²⁾。しかし、より低いエネルギーでも高い閉塞率の報告もある⁴³⁾。また照射エネルギー密度と再疎通率に相関関係はないとの報告もあり³³⁾。レーザー治療の成績には照射エネルギーだけではなく血管径や治療部位、中心静脈圧などさまざまな因子が関与していると考えられる。

(3)ラジオ波治療とレーザー治療の比較

レーザー治療とラジオ波治療の比較研究で静脈の閉塞率は術後早期では同等⁴⁴⁾かレーザー治療が良好³⁵⁾であり、術後500日目でもレーザー治療が有意に良好であった²⁶⁾。下肢静脈瘤の4種類の治療(レーザー治療, ラジオ波治療, エコーガイド下フォーム硬化療法およびストリッピング手術)を比較した最も新しいメタ解析では⁴⁵⁾、術後5年の治療成功率はそれぞれ95.4%, 79.9%, 73.5%, 75.7%であり、レーザー治療が他の3種類の治療より有意に良好な結果を示した。ラジオ波治療, フォーム硬化療法はストリッピング手術と同等の成功率であった。

合併症

(1)ラジオ波

ラジオ波治療後のおもな合併症としては神経障害, DVT, 肺塞栓, 静脈炎, 感染および皮膚熱傷がある。初期にはDVTや神経障害, 皮膚熱傷などが比較的高率に認められたが²⁶⁾、TLA麻酔の使用など治療法の変更によりこれらの合併症は減少している。ラジオ波治療ではレーザー治療に比べて術直後の大腿部静脈炎, 皮下出血は少ないが、神経障害およびDVTが多い傾向が認められる³⁰⁾。神経障害は1~16%に認められるが、多くは一時的であり時間の経過とともに頻度は減少する^{20, 25)}。

(2)レーザー治療

レーザー治療後に最もよく認められる合併症は術後数日後から10日後に認められる大腿部の“つっぱり感”あるいは“違和感”で大部分の症例で認められる。大腿部の皮下出血, 静脈炎はレーザー治療で比較的高率に認められる⁴¹⁾。通常は2週間以内に自然消退するが術後のQOLを低下させる。レーザー治療ではDVT, 神経障害, 皮膚熱傷は比較的まれであるが³⁰⁾、閉鎖したGSVの先端から大腿静脈への血栓進展は数%に認められる³⁵⁾。IVCフィルター挿入が必要な場合は少なく、多くは抗凝固療法のみで自然溶解する。まれな合併症としては動静脈瘻^{46, 47)}、遠隔部の皮膚熱傷⁴⁸⁾、TLA麻酔針によるファイバーの損傷⁴⁹⁾などが報告されている。

おわりに

ラジオ波およびレーザーによる血管内治療で治療できるのは伏在静脈本幹だけであり、下肢静脈瘤全体を治療するためには瘤切除や硬化療法の併用が必要である^{20, 25, 26)}。

TLA麻酔による瘤切除は非常に有用であり、特にstab avulsion techniqueを用いるとcosmeticにも優れた結果を得ることができる⁵⁰⁾。更に最近ではフォーム硬化療法を併用することで低侵襲で効果的な治療を行うことが可能である。血管内治療とフォーム硬化療法, 局所麻酔下瘤切除を組み合わせることによってすべての下肢静脈瘤において日帰り治療が可能となる。

文 献

- 1) Stirling M, Shortell CK: Endovascular treatment of varicose veins. *Semin Vasc Surg*, 2006, **19**: 109-115.
- 2) Rautio T, Ohinmaa A, Perälä J et al: Endovenous obliteration versus conventional stripping operation in the treatment of primary varicose veins: a randomized controlled trial with comparison of the costs. *J Vasc Surg*, 2002, **35**: 958-965.
- 3) Manfrini S, Gasbarro V, Danielsson G et al: Endovenous management of saphenous vein reflux. Endovenous Reflux Management Study Group. *J Vasc Surg*, 2000, **32**: 330-342.
- 4) Proebstle TM, Vago B, Alm J et al: Treatment of the incompetent great saphenous vein by endovenous radiofrequency powered segmental thermal ablation: first clinical experience. *J Vasc Surg*, 2008, **47**: 151-156.
- 5) Proebstle TM, Lehr HA, Kargl A et al: Endovenous treatment of the greater saphenous vein with a 940-nm diode laser: thrombotic occlusion after endoluminal thermal damage by laser-generated steam bubbles. *J Vasc Surg*, 2002, **35**: 729-736.
- 6) Proebstle TM, Sandhofer M, Kargl A et al: Thermal damage of the inner vein wall during endovenous laser treatment: key role of energy absorption by intravascular blood. *Dermatol Surg*, 2002, **28**: 596-600.
- 7) Fan CM, Rox-Anderson R: Endovenous laser ablation: mechanism of action. *Phlebology*, 2008, **23**: 206-213.
- 8) 広川雅之, 栗原伸久, 菅野範英 他: 各種波長レーザーを用いた下肢静脈瘤に対する血管内治療の検討. *静脈学*, 2008, **19**: 130.
- 9) Goldman MP, Mauricio M, Rao J: Intravascular 1320-nm laser closure of the great saphenous vein: a 6- to 12-month follow-up study. *Dermatol Surg*, 2004, **30**: 1380-1385.
- 10) Hirokawa M, Sugano N, Inoue Y et al: A novel endovenous laser treatment of great saphenous vein reflux with a 1320 nm Nd: YAG laser and a pull-back device. 15th World Congress-Union Internationale de Phlebologie, 2005, 241-244.
- 11) Nijsten T, van den Bos RR, Goldman MP et al: Minimally invasive techniques in the treatment of saphenous varicose

- veins. *J Am Acad Dermatol*, 2009, **60**: 110–119.
- 12) Bush RL, Ramone-Maxwell C: Endovenous and surgical extirpation of lower-extremity varicose veins. *Semin Vasc Surg*, 2008, **21**: 50–53.
 - 13) Min RJ, Khilnani N, Zimmet SE: Endovenous laser treatment of saphenous vein reflux: long-term results. *J Vasc Interv Radiol*, 2003, **14**: 991–996.
 - 14) Klein JA: Tumescence technique for regional anesthesia permits lidocaine doses of 35 mg/kg for liposuction. *J Dermatol Surg Oncol*, 1990, **16**: 248–263.
 - 15) Beale RJ, Mavor AID, Gough MJ: Heat dissipation during endovenous laser treatment of varicose veins—is there a risk of nerve injury? *Phlebology*, 2006, **21**: 32–35.
 - 16) Lurie F, Creton D, Eklof B et al: Prospective randomized study of endovenous radiofrequency obliteration (closure procedure) versus ligation and stripping in a selected patient population (EVOLVE Study). *J Vasc Surg*, 2003, **38**: 207–214.
 - 17) Lurie F, Creton D, Eklof B et al: Prospective randomised study of endovenous radiofrequency obliteration (closure) versus ligation and vein stripping (EVOLVE): two-year follow-up. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2005, **29**: 67–73.
 - 18) Stötter L, Schaaf I, Bockelbrink A: Comparative outcomes of radiofrequency endoluminal ablation, invagination stripping, and cryostripping in the treatment of great saphenous vein insufficiency. *Phlebology*, 2006, **21**: 60–64.
 - 19) Hinchliffe RJ, Ubhi J, Beech A et al: A prospective randomised controlled trial of VNUS closure versus surgery for the treatment of recurrent long saphenous varicose veins. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2006, **31**: 212–218.
 - 20) Weiss RA, Weiss MA: Controlled radiofrequency endovenous occlusion using a unique radiofrequency catheter under duplex guidance to eliminate saphenous varicose vein reflux: a 2-year follow-up. *Dermatol Surg*, 2002, **28**: 38–42.
 - 21) Sybrandy JE, Wittens CH: Initial experiences in endovenous treatment of saphenous vein reflux. *J Vasc Surg*, 2002, **36**: 1207–1212.
 - 22) Goldman MP, Amiry S: Closure of the greater saphenous vein with endoluminal radiofrequency thermal heating of the vein wall in combination with ambulatory phlebectomy: 50 patients with more than 6-month follow-up. *Dermatol Surg*, 2002, **28**: 29–31.
 - 23) Hingorani AP, Ascher E, Markevich N et al: Deep venous thrombosis after radiofrequency ablation of greater saphenous vein: a word of caution. *J Vasc Surg*, 2004, **40**: 500–504.
 - 24) Merchant RF, Pichot O, Myers KA: Four-year follow-up on endovascular radiofrequency obliteration of great saphenous reflux. *Dermatol Surg*, 2005, **31**: 129–134.
 - 25) Welch HJ: Endovenous ablation of the great saphenous vein may avert phlebectomy for branch varicose veins. *J Vasc Surg*, 2006, **44**: 601–605.
 - 26) Almeida JI, Raines JK: Radiofrequency ablation and laser ablation in the treatment of varicose veins. *Ann Vasc Surg*, 2006, **20**: 547–552.
 - 27) Navarro L, Min RJ, Boné C: Endovenous laser: a new minimally invasive method of treatment for varicose veins—preliminary observations using an 810 nm diode laser. *Dermatol Surg*, 2001, **27**: 117–122.
 - 28) Min RJ, Zimmet SE, Isaacs MN et al: Endovenous laser treatment of the incompetent greater saphenous vein. *J Vasc Interv Radiol*, 2001, **12**: 1167–1171.
 - 29) Mundy L, Merlin TL, Fitridge RA et al: Systematic review of endovenous laser treatment for varicose veins. *Br J Surg*, 2005, **92**: 1189–1194.
 - 30) Pannier F, Rabe E: Endovenous laser therapy and radiofrequency ablation of saphenous varicose veins. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 2006, **47**: 3–8.
 - 31) Proebstle TM, Gül D, Lehr HA et al: Infrequent early recanalization of greater saphenous vein after endovenous laser treatment. *J Vasc Surg*, 2003, **38**: 511–516.
 - 32) Agus GB, Mancini S, Magi G et al: The first 1000 cases of Italian Endovenous-laser Working Group (IEWG). Rationale, and long-term outcomes for the 1999–2003 period. *Int Angiol*, 2006, **25**: 209–215.
 - 33) Prince EA, Ahn SH, Dubel GJ et al: An investigation of the relationship between energy density and endovenous laser ablation success: does energy density matter? *J Vasc Interv Radiol*, 2008, **19**: 1449–1453.
 - 34) Theivacumar NS, Dellagrammaticas D, Beale RJ et al: Factors influencing the effectiveness of endovenous laser ablation (EVLA) in the treatment of great saphenous vein reflux. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2008, **35**: 119–123.
 - 35) Puggioni A, Kalra M, Carmo M et al: Endovenous laser therapy and radiofrequency ablation of the great saphenous vein: analysis of early efficacy and complications. *J Vasc Surg*, 2005, **42**: 488–493.
 - 36) Sadick NS, Wasser S: Combined endovascular laser plus ambulatory phlebectomy for the treatment of superficial venous incompetence: a 4-year perspective. *J Cosmet Laser Ther*, 2007, **9**: 9–13.
 - 37) de Medeiros CA, Luccas GC: Comparison of endovenous treatment with an 810 nm laser versus conventional stripping of the great saphenous vein in patients with primary varicose veins. *Dermatol Surg*, 2005, **31**: 1685–1694.

- 38) Mekako AI, Hatfield J, Bryce J et al: A nonrandomised controlled trial of endovenous laser therapy and surgery in the treatment of varicose veins. *Ann Vasc Surg*, 2006, **20**: 451–457.
- 39) Rasmussen LH, Bjoern L, Lawaetz M et al: Randomized trial comparing endovenous laser ablation of the great saphenous vein with high ligation and stripping in patients with varicose veins: short-term results. *J Vasc Surg*, 2007, **46**: 308–315.
- 40) Timperman PE, Sichlau M, Ryu RK: Greater energy delivery improves treatment success of endovenous laser treatment of incompetent saphenous veins. *J Vasc Interv Radiol*, 2004, **15**: 1061–1063.
- 41) Proebstle TM, Krummenauer F, Gul D et al: Nonocclusion and early reopening of the great saphenous vein after endovenous laser treatment is fluence dependent. *Dermatol Surg*, 2004, **30**: 174–178.
- 42) Proebstle TM, Moehler T, Herdemann S: Reduced recanalization rates of the great saphenous vein after endovenous laser treatment with increased energy dosing: definition of a threshold for the endovenous fluence equivalent. *J Vasc Surg*, 2006, **44**: 834–839.
- 43) Kim HS, Nwankwo IJ, Hong K et al: Lower energy endovenous laser ablation of the great saphenous vein with 980 nm diode laser in continuous mode. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2006, **29**: 64–69.
- 44) Ravi R, Rodriguez-Lopez JA, Trayler EA et al: Endovenous ablation of incompetent saphenous veins: a large single-center experience. *J Endovasc Ther*, 2006, **13**: 244–248.
- 45) van den Bos R, Arends L, Kockaert M et al: Endovenous therapies of lower extremity varicosities are at least as effective as surgical stripping or foam sclerotherapy—Meta-analysis of randomized trials. *J Vasc Surg* 2008, in press.
- 46) Timperman PE: Arteriovenous fistula after endovenous laser treatment of the short saphenous vein. *J Vasc Interv Radiol*, 2004, **15**: 625–627.
- 47) Eidson JL 3rd, Shepherd LG, Bush RL: Aneurysmal dilatation of the great saphenous vein stump after endovenous laser ablation. *J Vasc Surg*, 2008, **48**: 1037–1039.
- 48) Sichlau MJ, Ryu RK: Cutaneous thermal injury after endovenous laser ablation of the great saphenous vein. *J Vasc Interv Radiol*, 2004, **15**: 865–867.
- 49) Holdstock JM, Marsh P, Whiteley MS: It is possible to cause damage to a laser fibre during delivery of tumescent anaesthesia for endovenous laser ablation (EVLA). *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2008, **36**: 473–476.
- 50) Ricci S: Ambulatory phlebectomy. Principles and evolution of the method. *Dermatol Surg*, 1998, **24**: 459–464.

Current Status of Endovascular Treatment for Varicose Veins

Masayuki Hirokawa

Ochanomizu Vascular and Vein Clinic, Tokyo, Japan

Key words: varicose veins, radiofrequency ablation, endovenous laser treatment, endovascular treatment, tumescent local anesthesia

Endovenous thermal ablation techniques, which include radiofrequency ablation (RFA) and endovenous laser treatment (ELT), are new, minimally invasive percutaneous techniques for the treatment of varicose veins. Since their inception in the late 1990s, these procedures have rapidly become popular for their rapid recovery times and high success rates in Europe and the United States over the last 10 years. RFA was the first introduced in 1999 for endovenous ablation. More recently, ELT using laser that targets hemoglobin (810–1,064 nm) or water (1,320–2,000 nm) have been developed to quickly and effectively treat varicose veins, with minimal side effects. This article reviews current theories for the mechanism of action, the latest systems available, and clinical results of endovenous procedures. (*J Jpn Coll Angiol*, 2009, **49**: 239–245)