Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

COMMENT LIMITER les ÉCHECS et les COMPLICATIONS du LASER ENDO-VEINEUX dans le TRAITEMENT des VARICES ?

HOW to LIMIT the FAILURES and COMPLICATIONS of ENDOVENOUS LASER THERAPY in the TREATMENT of VARICES ?

P. BLANCHEMAISON [1], J.L. GÉRARD [2]

R É S U M É

Le laser endo-veineux est l'une des méthodes de traitement endovasculaire des varices. Bien qu'il s'agisse d'une méthode séduisante, elle nécessite un apprentissage et peut être la source de difficultés de procédure, de complications ou d'échec.
Les difficultés liées à la procédure sont les suivantes :
– difficultés de ponction percutanée,
– difficultés de cathétérisme,
– difficultés de retrait de la fibre,
– perte du guide,
– difficultés à positionner la fibre.
Les complications possibles sont les suivantes :
– perforation de la paroi veineuse,
– brûlures cutanées,
– ecchymoses et hématomes,
– thromboses veineuses,
– douleurs postopératoires,
– paresthésies,
– infections.
Certaines astuces techniques permettent de limiter les difficultés de la procédure.
En ce qui concerne les résultats, les échecs sont liés à une reperméabilisation partielle ou totale du tronc saphénien traité à moyen ou long terme (l'ensemble des résultats publiés est excellent à court terme).
Une bonne connaissance des interactions laser-tissus permet de comprendre comment choisir les paramètres par rapport au diamètre de la veine traitée.

Mots-clefs : *laser endo-veineux, varices, saphènes, complications.*

S U M M A R Y

Endovenous laser therapy is one of the methods used in the endovascular treatment of varices. An attractive method which nevertheless has a learning curve and can be the source of technical difficulties, of complications or failures. The difficulties of the method are : difficulties in percutaneous approach, difficulties in catheterisation, difficulties in withdrawal of the fibre, lose of the guide, difficulties in positioning the fibre. The possible complications are : perforation of the venous wall, cutaneous burns, ecchymoses and haematomas, venous thromboses, postoperative pain, paraesthesiae, infection. Certain technical tricks help limit technical difficulties. As regards results, failures are due to the short – or long-term partial or total recanalisation of the treated saphenous trunk (in the short term, the published results are excellent). A sound knowledge of laser-tissue interactions forms the basis of the understanding of how to select the parameters in terms of the diameter of the treated vein.

Keywords : endovenous laser therapy, varices, saphenous veins, complications.

INTRODUCTION

Depuis quatre ans, plusieurs études concernant le traitement des varices par laser endo-veineux ont affiché un taux de succès de 95 à 98 % à 12 mois, en ne mentionnant que très peu d'effets secondaires et aucune difficulté de procédure [1-6].

Or la ponction et le cathétérisme d'une veine saphène ne sont pas toujours faciles. De plus, l'utilisation de paramètres identiques, quel que soit le diamètre des saphènes, peut conduire à un risque de reperméation à long terme. En effet, si le seul critère de succès est l'oblitération par un thrombus de la lumière veineuse, les expériences passées, notamment celles ayant utilisé la technique de cryosclérose, nous ont montré qu'au-delà de 18 mois le taux de reperméation des veines thrombosées pouvait dépasser 60 % [7].

1. 113, avenue Victor Hugo 75116 PARIS.
2. 23, boulevard Saint Martin 75003 PARIS.

© Éditions Phlébologiques Françaises, vol. 58, n° 1/2005, p. 17-24

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Si la technique laser séduit les phlébologues et chirurgiens vasculaires, c'est qu'à la formation du thrombus s'ajoute un effet du faisceau laser sur la paroi de la veine : l'action thermique du laser sur le sang se traduit par la formation d'un thrombus, et sur la paroi de la veine par la rétraction du collagène induisant une réduction importante du diamètre saphénien initial. Il est donc très important, pour espérer avoir un résultat qui se maintienne à long terme, qu'il y ait eu cette interaction entre le faisceau laser et la paroi veineuse.

Il s'agit de deux cibles différentes : le sang et la paroi veineuse, qui réagissent différemment à l'effet thermique du laser. De la même façon, lorsque l'on fait cuire un œuf sur le plat, le blanc de l'œuf coagule avant le jaune ; dans le cas des veines, le sang est beaucoup plus sensible à la chaleur que la paroi veineuse.

Comment être sûr, dans ce cas, qu'à chaque tir laser la paroi veineuse a été touchée si les paramètres sont fixes mais que le diamètre saphénien varie ?

Nous verrons successivement les difficultés de la procédure opératoire et leur prévention, ainsi que les éléments qui doivent entrer en jeu pour le choix des meilleurs paramètres en fonction du diamètre des veines traitées.

Les difficultés de ponction percutanée

La ponction percutanée s'effectue sur le trajet du tronc saphénien, à un endroit préalablement repéré grâce au marquage écho-Doppler, au site le plus distal du reflux, à l'aide d'une aiguille de 16 ou de 18 gauges. Ce site peut être situé au-dessus de l'abouchement de la branche antérieure ou postérieure saphénienne, au niveau du tiers supérieur de la jambe, ou encore au niveau de la malléole interne. Par cette aiguille seront introduits secondairement le guide, puis l'introducteur stérile à usage unique et enfin la fibre optique stérile à usage unique.

Cette première étape de ponction percutanée peut être rendue difficile par un spasme du tronc saphénien. Pour éviter ce spasme, il est préférable :

– de mettre un garrot une dizaine de centimètres au-dessus du point de ponction ;

– d'effectuer une anesthésie locale ponctuelle, strictement dermique, au seul endroit de la ponction ; l'anesthésie tumescente, traçante sur le trajet saphénien, ne sera effectuée que lorsque l'aiguille de ponction sera en place dans la veine pour éviter qu'elle ne provoque un spasme veineux ;

– de vérifier avec l'appareil d'échographie, avant la ponction, que le tronc saphénien est suffisamment superficiel et dilaté ;

– de demander au patient de se mettre en position latérale de sécurité en repliant la jambe controlatérale afin de dégager la surface de ponction sur la jambe à traiter ;

– d'utiliser une table de phlébologie basculante équipée d'un cale-pied qui évite au patient de glisser et incliner la table à 45°, les pieds vers le bas, juste pour la ponction ;

– en cas d'échec, il est préférable de choisir un point situé plus bas sur la jambe pour recommencer la ponction. En effet, le spasme veineux induit par le cathétérisme peut s'étendre sur une distance d'une dizaine de centimètres. La seconde tentative de ponction devra être effectuée au-delà du spasme. Certains auteurs pratiquent une dénudation veineuse au prix d'une petite cicatrice.

Les difficultés de cathétérisme

Elles peuvent provenir d'un tronc veineux sinueux ou de la présence de brides ou de valvules dans la lumière veineuse [8].

Pour les éviter, l'expérience permet d'acquérir le geste adéquat : si le guide est introduit avec la main droite, la main gauche doit effectuer une succession de tractions et de pressions sur la peau au fur et à mesure de la progression du guide pour lui permettre de passer les obstacles, en se méfiant de la possibilité du retour du guide très fin à partir d'un obstacle vers le point d'introduction. Lors de la montée du guide, le geste doit rester très souple.

Les difficultés du retrait de la fibre laser

Au cours de la procédure, il arrive que l'on perçoive la formation de bulles sous les doigts, ou un son de crépitements, et lorsque l'on cherche à retirer la fibre elle peut se retrouver collée à l'endoveine. Si l'on est parvenu à la retirer, son extrémité peut être noire, paraissant carbonisée.

Plusieurs éléments peuvent survenir. Tout d'abord la fibre laser a pu rester à l'intérieur du cathéter et le brûler. Il faut donc s'assurer que l'extrémité de la fibre laser dépasse toujours d'un centimètre l'extrémité du cathéter et que leur retrait se fasse simultanément en douceur. Il est important d'éviter une brûlure de la gaine, composée de polymères complexes qui peuvent se transformer en chaînes fluorées potentiellement cancérigènes. La qualité de la gaine et sa résistance aux hautes températures sont essentielles *(Photo 1)*.

Mais la cause la plus fréquente de la difficulté de retrait de la fibre est une ébullition puis une carbonisation complète du sang, ou plutôt une nécrose de coagulation (qui s'associe souvent à une odeur de chair brûlée).

En effet, si le faisceau laser est trop absorbé localement par le sang, il va entraîner une ébullition du sang, puis une dessiccation avec nécrose de coagulation (l'extrémité de la fibre devient noire et très dure), mais ne chauffera pas la totalité du contenu jusqu'à la paroi veineuse.

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

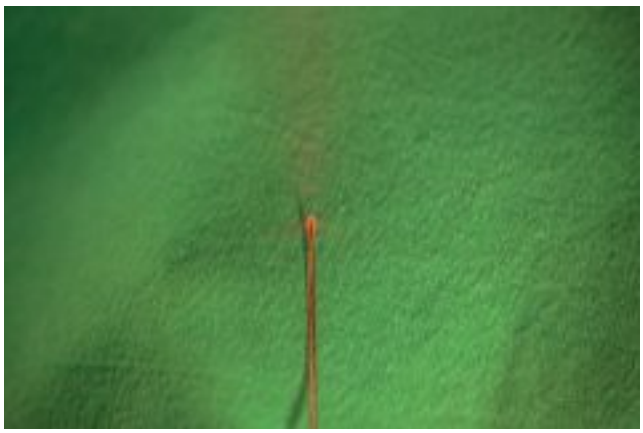


Photo 1. – Extrémité de la fibre laser et de sa gaine

C'est pourquoi dans la phase de transfert de chaleur depuis la source laser jusqu'à la paroi, il convient de tenir compte de ce que l'on appelle la diffusivité thermique des tissus, c'est-à-dire la capacité du sang et de la paroi des veines à se refroidir. Plus la diffusivité thermique augmente, plus le tissu se refroidit facilement.

Cette diffusivité thermique est quantifiée par le temps de relaxation thermique (TRT).

Prenons un exemple : si on a une sphère de 2 millimètres de diamètre, le temps de relaxation thermique de cette sphère est de 0,9 seconde ; il s'agit du temps nécessaire à cette sphère pour perdre la moitié de son élévation thermique.

Si la durée du tir laser est inférieure ou égale à 0,9 seconde, seul le volume de cette sphère sera effectivement chauffé.

Si on maintient l'irradiation plus longtemps, la chaleur va diffuser progressivement de ce volume primaire, la petite sphère de 2 millimètres, jusqu'à un volume secondaire : la paroi veineuse, avec une vitesse de l'ordre de 1,25 mm/s.

La durée d'irradiation nécessaire pour chauffer le volume sanguin contenu dans les vaisseaux peut donc varier de 2 secondes pour une veine de 4 millimètres de diamètre jusqu'à 10 secondes pour une veine de 25 millimètres de diamètre. Pour une saphène de 6 millimètres de diamètre, la durée optimale est de 2,5 secondes (durée du tir conseillée en mode pulsé). Il faut tenir compte du fait qu'une saphène, ayant un diamètre de 8 millimètres en position debout, passera à 5 ou 6 millimètres en position allongée et à 2 millimètres en cas de spasme.

L'étape suivante de dénaturation tissulaire, c'est-à-dire la formation d'un thrombus dans le sang veineux et la rétraction du collagène dans la paroi veineuse *(Tableau)*, dépendra de deux facteurs qui sont la susceptibilité thermique du tissu et l'énergie d'activation du tissu. Ces deux paramètres sont différents pour le sang et la paroi veineuse.

On va donc se trouver face à un compromis très difficile.

La température idéale à atteindre au niveau du tissu se situe entre 75 et 85 °C.

Température	Changements histologiques
45° C	Vasodilatation
50° C	Disparition de l'activité enzymatique
60° C	Dénaturation des protéines
70° C	Dénaturation du collagène
80° C	Rétraction des fibres collagènes
90° C	Nécrose de coagulation
100° C	Vaporisation de l'eau
> 100° C	Volatilisation des constituants tissulaires

Tableau – Effets thermiques des lasers sur les tissus

Cette température s'obtient en 1,10 seconde pour le sang mais en 2,08 secondes pour la paroi veineuse.

Une solution à ce dilemme est l'utilisation d'un laser multipulses dont le principe a été proposé et parfaitement décrit par Mordon [9].

Il repose sur le fait que le chauffage du sang à 75 °C induit une modification de l'hémoglobine. L'hémoglobine se transforme en methémoglobine. La methémoglobine est produite par l'oxydation du fer dans l'hémoglobine. C'est une molécule d'hémoglobine dont le fer est à l'état ferrique au lieu d'être à l'état ferreux. Cette transformation intervient dès une élévation de température au-delà de 50° C et devient maximum à partir de 75 °C.

La methémoglobine absorbe beaucoup plus le faisceau laser que l'hémoglobine (facteur de 4 à 20 suivant la longueur d'onde).

La methémoglobine est donc un bien meilleur chromophore que l'hémoglobine puisque son absorption est au minimum quatre fois supérieure à celle de l'hémoglobine.

Les futurs lasers multipulses endo-veineux exploiteront cette propriété en ayant recours non plus à une seule impulsion laser mais à plusieurs impulsions, ce qui permettra de diviser par trois ou quatre l'énergie globale délivrée par le laser et donc d'offrir une bien meilleure sécurité vis-à-vis des tissus environnants, et d'éviter l'ébullition et la carbonisation du sang endo-veineux.

Une fois résolu le problème de la fluence et de la durée de chaque tir, reste à envisager le nombre total de tirs à effectuer sur une longueur donnée et la distance optimale de retrait (DOR) de la fibre entre chaque tir.

Pour Proebstle [10], les reperméations à long terme dépendent de la fluence et de l'énergie totale délivrée sur une longueur. En dessous de 15 J/cm^2, le risque de réocclusion à long terme devient important. Sur 45 centimètres, longueur maximale du trajet saphénien crural, l'énergie globale délivrée devrait être de 2 000 joules, ce qui signifie qu'il faudra un minimum de 65 tirs de 11 watts à 2,5 secondes pour obtenir une énergie totale de 2 000 joules sur cette distance, en mode pulsé.

En fait, il existe une énergie minimale en deçà de laquelle le risque de reperméation est important. Sur une distance de 1 centimètre, la plupart des auteurs

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

proposent une énergie minimum de 50 joules. Il est par conséquent plus simple en pratique de raisonner en joules/centimètre et en mode continu.

La perte du guide

Très rare, cette difficulté peut néanmoins survenir. Nous l'avons constatée en contrôlant une procédure chez l'un de nos confrères. La seule façon de prévenir cette complication est de conserver une fixation sur la partie extérieure du guide. Il est probable que la mise au point de fibres d'un diamètre ne dépassant pas 200 microns évitera, dans de nombreux cas, la nécessité d'avoir recours à un guide.

Les difficultés à positionner la fibre

La majorité des auteurs positionnent l'extrémité de la fibre entre 1 et 2 centimètres de la jonction saphéno-fémorale. En fait, dans les contrôles échographiques postopératoires, on note 3 types d'aspects de la jonction saphéno-fémorale après oblitération de la grande saphène aussi bien après le laser endo-veineux qu'après la technique Closure® [5, 6, 18]. Le type le plus fréquent (environ 90 % des cas) correspond à la persistance d'une ou plusieurs collatérales de la jonction saphéno-fémorale permettant un drainage de façon physiologique des branches dans le moignon de la grande saphène resté perméable. Aucun cas de néovascularisation n'a jusqu'à ce jour été décrit après laser endo-veineux ou Closure®, ce qui laisse supposer que la perméabilité d'au moins une collatérale entraîne un lavage de cette crosse. Un bon repérage en préopératoire des branches de la grande saphène permet de reconnaître une branche principale (de calibre supérieur à 2 millimètres), le plus souvent la veine épigastrique, en dessous de laquelle la fibre laser devra se positionner *(Photos 2 et 3)*.



Photo 2. – Contrôle écho-Doppler de la position de la fibre dans la veine

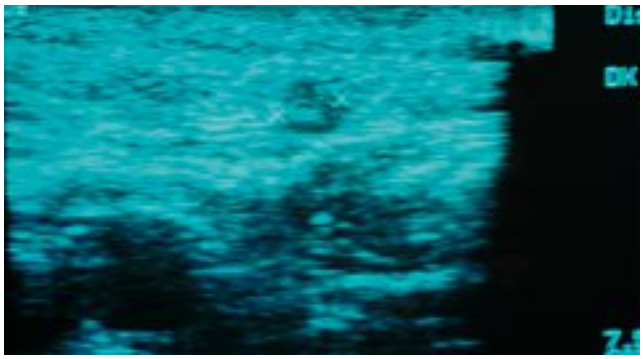


Photo 3. – Visualisation de la fibre laser dans la veine par échographie

Les perforations veineuses

Complication possible, dont la fréquence est limitée par le contrôle écho-Doppler per-opératoire, nous l'avons cependant constatée chez une patiente traitée par l'un de nos confrères chirurgien qui n'avait pas utilisé le contrôle écho-Doppler.

Cette complication peut survenir avec les fibres optiques laser de 600 microns de diamètre qui sont celles utilisées le plus couramment. Ces fibres sont rigides ; c'est pourquoi elles nécessitent l'utilisation préalable d'un set d'introduction 5 F, d'un guide métallique d'environ 300 microns de diamètre et d'un cathéter d'angiographie.

L'utilisation, à puissance égale, de fibres de 200 microns de diamètre, plus fines et moins rigides, réduit ce risque avec possibilité de supprimer le set, le guide et le cathéter. En effet, ces fibres optiques sont suffisamment souples pour avoir les mêmes propriétés que le guide lui-même, limiter tout risque de perforation veineuse saphénienne ou fémorale, tout en restant échogènes, donc accessibles au contrôle écho-Doppler per-opératoire.

Leur usage est cependant limité par le fait que les appareils actuellement en service ne disposent que d'une sortie pour fibre de 400 microns ou 600 microns. Si la mise en place d'un connecteur à la sortie de l'appareil laser peut en théorie permettre de brancher une fibre de 200 microns sur une prise de 600 microns, la puissance retrouvée en bout de fibre ne sera toutefois pas conservée.

L'un des progrès à attendre des industriels, dans le futur, est de proposer des appareils disposant d'une sortie pour une fibre de 200 microns directement sur l'appareil laser.

Les brûlures cutanées

Estimées entre 2 et 3 % avec la technique Closure® [11], souvent non précisées dans les études utilisant les lasers endo-veineux, elles restent néanmoins possibles si la puissance ou la durée du pulse ont été trop élevées. C'est le même principe qu'un fer à repasser qu'on laisserait trop longtemps sur un pantalon. A puissance égale, si le temps de contact avec la cha-

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

leur augmente, une brûlure apparaît. Elle est surtout possible lorsque le tronc saphénien est très superficiel et que l'épaisseur de l'hypoderme est mince (inférieur à 2 millimètres). Le moyen proposé habituellement pour éviter les brûlures est d'effectuer une anesthésie tumescente à la Xylocaïne® très diluée, traçante tout le long du tronc saphénien et périveineuse pour isoler au maximum le tronc saphénien du plan cutané [12]. Malgré tout, l'utilisation du paramètre optimal permettant la meilleure diffusivité thermique, en tenant compte du diamètre de la veine et de la différence des coefficients thermiques du sang et de la paroi des veines, doit permettre d'éviter cet effet secondaire. Ce sera là encore l'un des avantages des lasers utilisant la technique des multipulses.

Les ecchymoses et les hématomes

Habituellement sans conséquence, ils sont parfois importants et précoces, le plus souvent situés au 1/3 supérieur de cuisse dans le traitement de la grande saphène.

Ces hématomes peuvent être dus à l'anesthésie périveineuse qui peut à elle seule entraîner des ruptures de veines accessoires lors des différentes injections. D'autre part, l'ébullition du sang dans la veine lors des tirs lasers va permettre au sang de s'échapper par les différentes brèches pratiquées par de possibles perforations de la veine à traiter lors de l'anesthésie périveineuse et par de possibles effractions veineuses lors des tirs par contact direct de la fibre laser sur la paroi veineuse.

En postopératoire immédiat, le bandage est mis en place du début des orteils jusqu'au-dessous de la racine de la cuisse. Il va comprimer efficacement tout le membre, excepté cette zone qui reste libre sur environ 20 centimètres en dessous de la ligne du Scarpa. Les éventuels hématomes de la cuisse et de la jambe vont alors se collecter dans cette partie haute de la cuisse.

Les thromboses veineuses

Ne sont considérées comme effets secondaires que les thromboses veineuses survenant en dehors des zones traitées au laser.

C'est l'un des avantages de cette technique, réalisée en ambulatoire et sous anesthésie locale, que de diminuer considérablement le risque de thrombose veineuse profonde. Un seul cas a été publié : Proebstle [3] a décrit une thrombose poplitée liée à un mauvais positionnement de la fibre sur une jonction saphéno-poplitée.

En ce qui concerne les thromboses veineuses superficielles, elles sont très probablement fréquentes mais non mentionnées dans les études compte tenu de leur caractère peu pathogène.

Les douleurs postopératoires

Rarement décrites dans les différentes publications ou considérées comme très fugaces, cédant aux antalgiques mineurs, elles peuvent néanmoins être vives et invalidantes : douleur profonde de la face interne de la cuisse, sensation de brûlure permanente, sensation de cordon induré et rétracté.

Ces douleurs peuvent être retardées, n'apparaissant qu'après le 5ème jour, et pouvant durer plusieurs semaines.

Peut-être liées à une brûlure péri-veineuse, c'est-à-dire à un réglage excessif de la puissance ou de la durée du pulse sur une portion veineuse de faible diamètre, elles sont plus vraisemblablement dues à une puissance insuffisante.

Il se formera alors une thrombose intraveineuse, sans rétraction de la paroi.

Ces douleurs postopératoires peuvent être limitées par un réglage adéquat des paramètres en fonction du diamètre de la veine en mode pulsé ou par l'utilisation des lasers multipulses.

Les paresthésies

Rares, transitoires, elles sont liées à une brûlure du tissu périveineux, donc à une diffusivité excessive de la chaleur au-delà de la paroi veineuse, conduisant aux mêmes effets secondaires que le classique stripping *(Photo 4)*.



Photo 4. – Brûlure du tissu périveineux par le laser (veine jugulaire de porc)

Elles témoignent de l'importance de maîtriser parfaitement les notions d'interactions laser-tissu et de diffusivité thermique variable entre le sang et les parois veineuses. Leur prévention passe par le réglage adéquat des paramètres et l'utilisation de la technique multipulses ou du mode continu.

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

Les infections

Il s'agit d'un geste endo-vasculaire avec introduction de fibres ou de guides d'une longueur pouvant aller de 45 centimètres à 98 centimètres. Le risque de contact avec une zone non stérile d'une fibre est donc réel. Si aucune infection n'a été mentionnée dans les différentes études publiées, il faut garder en mémoire la nécessité absolue d'un environnement parfaitement stérile et l'utilisation de matériel jetable.

Les reperméabilisations partielles ou totales

La plupart des études font état de 95 à 98 % d'occlusion du tronc saphénien à 12 mois.

La majorité des auteurs décrit une procédure en mode pulsé avec une puissance comprise entre 11 et 15 watts et une durée d'impulsion comprise entre 1 et 3 secondes.

Dans les publications plus récentes, le traitement est proposé en mode continu. Par exemple, si l'énergie minimum doit être de 50 J/cm de veine traitée, sur un trajet de 45 centimètres, longueur maximale du trajet saphénien fémoral, l'énergie globale délivrée doit être au minimum de 2 000 joules pour une veine de 8 millimètres de diamètre en position debout.

En mode pulsé, cela signifie qu'il faudrait un minimum de 65 tirs de 11 watts d'une durée de 2,5 secondes pour obtenir une énergie totale de 2 000 joules sur cette distance. Mais l'utilisation de ce mode pulsé peut favoriser les brûlures du tissu périveineux sur les portions de veine peu dilatées et, au contraire, la formation de thrombus sans rétraction des parois sur les portions où le tronc est dilaté (d'où les douleurs postopératoires).

Si l'on raisonne en mode pulsé, il serait souhaitable de tenir compte de l'énergie délivrée par unité de volume et non par unité de surface. La fluence est l'énergie délivrée par unité de surface ; on pourrait parler d'énergie surfacique, concept adapté aux traitements cutanés, sur une surface.

Dans le cas du laser endo-veineux, il faudrait raisonner en volume et parler d'énergie volumique (qui serait un meilleur terme que fluence volumique).

L'énergie volumique serait l'énergie optimale à délivrer en fonction du volume de sang à traiter, c'est-à-dire du diamètre de la veine. Le seul paramètre que l'on aurait à régler sur l'appareil serait alors la durée de chaque pulse.

Par exemple, pour une énergie volumique de 0,8 J/mm^3, à une puissance de 10 watts, la durée du pulse devrait être de 3,2 secondes.

Pour avoir une énergie volumique de 0,6 J/mm^3, à une puissance de 10 watts, la durée de pulse devra être de 2,8 secondes.

Ce concept nécessite de définir une distance optimale du retrait de la fibre que l'on peut estimer à 3 millimètres.

C'est-à-dire que pour obtenir une énergie volumique de 0,8 J/mm^3, à une puissance de 10 watts, il faudra effectuer 60 tirs espacés de 3 millimètres d'une durée chacun de 3,2 secondes.

L'autre possibilité est de raisonner non plus en mode pulsé mais en mode continu. Ainsi, pour obtenir une énergie totale délivrée de 2 250 joules sur une distance de 45 centimètres de veine, il faudra régler l'appareil à 50 joules (50 x 45 = 2 250). Le problème qui survient alors est la vitesse de retrait de la fibre. Ce problème peut être résolu par l'habitude du thérapeute ou par l'utilisation d'un moteur qui garantit une vitesse de retrait constante pré-réglée.

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

CONCLUSION

Le laser endo-veineux est probablement l'une des techniques d'avenir amenée à s'imposer peu à peu dans le traitement des varices. Il ne faut pas cependant laisser croire qu'elle est facile à réaliser et que ses résultats sont constants.

Pour limiter les difficultés opératoires et augmenter le pourcentage de succès, plusieurs progrès sont à attendre :

– optimiser le réglage de la quantité d'énergie délivrée en fonction du diamètre de la veine. Cet objectif peut être atteint soit avec le mode pulsé en utilisant le concept d'énergie volumique, soit en utilisant le mode continu. La variable devient alors la vitesse de retrait de la fibre ;

– l'utilisation de différentes longueurs d'onde (810, 940, 980 et 1 064 nM) par les différents auteurs explique l'absence de résultats homogènes permettant de définir des paramètres fixes. Mais l'utilisation du mode continu adopté par la plupart des auteurs a considérablement réduit les fourchettes de réglage ;

– l'utilisation de fibres optiques de 200 microns au lieu des fibres de 400 ou de 600 microns peut améliorer le traitement des saphènes de petit calibre. Ces fibres très fines réduisent le risque de perforation veineuse et permettent d'éviter les nombreuses manipulations liées à l'utilisation du set d'introduction, du guide métallique et du cathéter d'angiographie. Ces nombreuses manipulations sont la principale cause des difficultés opératoires. Avec une fibre de 200 microns, seule l'aiguille de ponction (16 à 18 G) est nécessaire. Ce nouveau matériel élimine le risque de tirer un spot lorsque la fibre optique laser est située à l'intérieur du cathéter en plastique (la brûlure du plastique dans le sang veineux peut induire la formation de composés toxiques) ; elle élimine également le risque de perdre le guide à l'intérieur de la veine ;

– l'utilisation de la technique multipulses proposée par Mordon permet de réduire de quatre fois l'énergie nécessaire à la formation de thrombus et permet d'augmenter la durée du pulse suffisamment pour atteindre la paroi veineuse et permettre la rétraction du collagène ;

– il faut garder en mémoire que la puissance délivrée à l'extrémité de la fibre laser doit être la même que celle qui sort de l'appareil laser. Pour cela, il faut éviter de modifier la fibre laser à son extrémité.

En ce qui concerne les échecs à long terme, c'est-à-dire les risques de reperméation, peu d'études dépassent le délai de 18 mois, en dehors de celle de Min sur trois ans. En moyenne le taux de reperméation à 12 mois est estimé autour de 5 %. Nous pensons que ce taux peut être supérieur et que les différents auteurs auront l'occasion de le constater dans les années à venir. La raison en est l'utilisation de paramètres constants, sans tenir compte des diamètres saphéniens et de la quantité de sang intraveineux au moment du tir laser.

La sécurité est optimale lorsque l'on associe les trois critères suivants :

– mesurer au préalable la longueur de fibre nécessaire,

– visualiser la lumière de visée à travers la peau,

– contrôler la position de la fibre à l'écho-Doppler.

Un seul de ces critères est insuffisant.

Le travail d'équipe effectué entre les médecins praticiens, les physiciens spécialistes du laser et les biophysiciens spécialistes des interactions laser-tissu permet d'espérer que la technique gagnera en sécurité et en efficacité.

Aucun article ou résumé dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimé, photocopie, microfilm ou par tout autre procédé sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur. Editions Phlébologiques Françaises
No article or abstract in this journal may be reproduced in the form of print, photocopy, microfilm or any other means without the express permission of authors and the editor. Editions Phlébologiques Françaises

RÉFÉRENCES

1 Navarro L., Min R.J., Boné C. Endovenous laser : a new minimally invasive method of treatment for varicose veins. Preliminary observations using a 810 nm diode laser. *Dermatol Surg* 2001 ; 27 : 117-22.

2 Chang C., Chua J. Endovenous laser photocoagulation (EVLP) for varicose veins. *Laser Surg Med* 2002 ; 31 : 257-62.

3 Proebstle T.M., Gül D., Kargl A., Knop J. Endovenous laser treatment of the lesser saphenous vein with a 940 nm diode laser : early results. *Dermatol Surg* 2003 ; 29 : 357-61.

4 Gérard J.L., Desgranges P., Becquemin J.P., Desse H., Mellière D. Peut-on traiter les grandes saphènes variqueuses par laser endo-veineux en ambulatoire ? *J Mal Vasc* 2002 ; 27 : 222-5.

5 Min R.J., Khilnani N., Zimmet S. Endovenous laser treatment of saphenous vein reflux : long term results. *J Vasc Interv Radiol* 2003 ; 14 : 991-6.

6 Anastasie B., Célérier A., Cohen-Solal G., Anido R., Boné C., Mordon S., Vuong P.N. Laser endo-veineux. *Phlébologie* 2003 ; 56 : 369-82.

7 Blanchemaison P., Gouny A.M. Traitement endo-vasculaire des varices. *Act Vasc Int* 2001 ; 88 : 10-3.

8 Blanchemaison P. Intérêt de l'endoscopie veineuse dans l'exploration et le traitement de l'insuffisance veineuse des membres inférieurs. *J Mal Vasc* 1992 ; 17 : 109-12.

9 Mordon S. Les lasers médicaux. *Angiologie* 2001 ; 53 : 45-55.

10 Proebstle T., Krummenauer F., Gül D., Knop J. Nonocclusion and early reopening of the great saphenous vein after endovenous laser treatment is fluence dependent. *Dermatol Surg* 2004 ; 30 : 1-5.

11 Perrin M. Traitement endo-vasculaire des varices des membres inférieurs. Encycl. Méd. Chir., Techniques Chirurgicales, Chirurgie Vasculaire, Editions Elsevier, Paris, 2003 ; 43 : 161-C.

12 Guex J.J., Pittaluga P. Traitement laser endo-veineux des grandes saphènes incontinentes, données complémentaires. *Phlébologie* 2004 ; 57 : 43-4.

13 Min R.J., Zimmet S.E., Isaacs M.N., Forrestal M.D. Endovenous laser treatment of the incompetent greater saphenous vein. *J Vasc Interv Radiol* 2001 ; 12 : 1167-71.

14 Proebstle T.M., Lehr H.A., Kargll A., Espinola-Klein C., Rother W., Bethge S., Knop J. 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 : 729-36.

15 Weiss R.A. Comparison of endovenous radiofrequency versus 810 nm diode laser occlusion of large veins in an animal model. *Dermatol Surg* 2002 ; 28 : 56-61.

16 Proebstle T.M., Sandhofer M., Kargl A., Gul D., Tother W., Knop J., Lehr H.A. 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.

17 Zimmet S.E., Min R.J. Temperature changes in perivenous tissue during endovenous laser treatment in a swine model. *J Vasc Interv Radiol* 2003 ; 14 : 911-5.

18 Proebstle T.M., Gul D., Lehr H.A., Kargl A., Knop J. Infrequent early recanalization of greater saphenous vein after endovenous laser treatment. *J Vasc Surg* 2003 ; 38 : 511-6.

19 Oh C.K., Jung D.S., Jang H.S., Kwon K.S. Endovenoux laser surgery of the incompetent greater saphenous vein with a 980 nm diode laser. *Dermatol Surg* 2003 ; 29 : 1135-40.

20 Navarro L., Boné C. L'énergie laser intraveineuse dans le traitement des troncs veineux variqueux : rapport sur 97 cas. *Phlébologie* 2001 ; 54 : 293-300.

21 Guex J.J., Min R.J. Le traitement des varicoses de la veine grande saphène par laser endo-veineux. Principes, indications, technique, résultats. *J Méd Esth Chir Derm* 2002 ; 114 : 131-3.

22 Bone C., Navarro L. Le laser endo-veineux : une nouvelle technique peu invasive pour le traitement des varices. *J Méd Esth Chir Derm* 2002 ; 115 : 179-83.

23 Guex J.J., Min R.J., Pittaluga P. Traitement de l'insuffisance de la grande veine saphène par photocoagulation laser endoveineuse : technique et indications. *Phlébologie* 2002 ; 55 : 239-43.

24 Pichot O., Perrin M. Aspects échographiques de la jonction saphéno-fémorale après oblitération de la grande veine saphène par radiofréquence (Closure®). *Phlébologie* 2002 ; 55 : 329-34.

25 Anido R. Traitement laser endo-veineux des axes saphéniens en ambulatoire. Définition des critères cliniques de destruction per-opératoire. Étude sur 80 cas. *Phlébologie* 2003 ; 56 : 233-9.