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

Phlébologie ANNALES VASCULAIRES 2015, 68, 2, p. 44-63

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHLÉBOLOGIE

Mythes et réalités du laser Nd-Yag percutané (1064 nm) dans le traitement des télangiectasies et des varicosités.

Myths and realities of the laser Nd-Yag percutaneous (1064 nm) in the treatment of spider veins and telangiectasias.

Carréra C., Garde C.

Résumé

Ce mémoire a comme but principal d'habiliter le laser Nd-Yag (1064 nm) percutané dans le traitement des télangiectasies dont le « Gold Standard » reste la sclérothérapie.

Mais qu'est-ce qu'un laser réellement ?

Pour connaître ses potentialités, ses limites et ses éventuels axes de développement, il est nécessaire d'avoir des notions de base sur les principes fondamentaux de cette technologie.

Ce célèbre acronyme anglais, mondialement connu, est connoté de magie, de modernité, de prouesses techniques, que ce soit dans le monde des initiés, que ce soit dans l'univers des profanes.

Comment nous, phlébologues, pourrions-nous en avoir la nécessité dans tout notre arsenal thérapeutique ?

N'est-il pas un effet de mode pour « être dans le vent » mais « être dans le vent est l'ambition d'une feuille morte » dixit Albert Adrien Ramelet ?

Définissons la cible du traitement : les télangiectasies ou les varicosités.

Le terme de varicosités est un néologisme anglo-saxon qui équivaut à télangiectasies.

Dans notre esperanto de phlébologie, la CEAP [1]***, ces types d'anomalies veineuses sont classées en clinique par C1.***

Les télangiectasies sont des dilatations intradermiques du plexus sous-papillaire dont le diamètre est inférieur à trois millimètres. Elles peuvent être fréquemment associées à des altérations du réseau veineux profond ou à une pathologie des perforantes.

Summary

This thesis has as its main aim to empower the Nd-Yag laser (1064 nm) in the percutaneous treatment of spider veins including the "Gold Standard" remains sclerotherapy.

But what is a real laser?

For its potential, its limitations and potential areas for development, it is necessary to have a basic understanding of the fundamentals of this technology.

This famous acronym known worldwide, is connoted magic, modernity, technical prowess, whether in the world of trading, whether in the secular world.

How do we, phlebologists, could we have the need in all our armamentarium?

Is it not a fad to be "in the wind" but "be in the wind is the ambition of a dead leaf" according to Albert Adrien Ramelet?

Define the target of treatment: telangiectasia or spider veins.

The term varicose is an anglo-saxon neologism equivalent of telangiectasia.

In our esperanto of Phlebology, the CEAP [1]***, these types of venous abnormalities are classified clinically by C1.***

Telangiectasia intradermal dilations are sub-papillary plexus whose diameter is less than three millimeters. They may be frequently associated with alterations in the deep venous system or pathology piercing.

Claudine Carréra, phlébologue.
Claude Garde, phlébologue, 94210 La Varenne Saint Hilaire, France.
E-mail : dr.garde.c@wanadoo.fr

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

Celles-ci peuvent être l'unique expression d'un reflux du système saphénien ou d'une perforante ou du réseau profond et elles sont fréquemment alimentées par une varice ou une perforante qu'il est essentiel de rechercher par, tout d'abord un examen clinique soigneux, puis par un écho-Doppler méticuleux ; ce bilan initial précédant toute stratégie thérapeutique qui n'a pas, uniquement, une finalité fonctionnelle mais aussi esthétique car la demande des patients tend vers l'infiniment petit et du plus en plus fin, dans la contrée veineuse.

Quand on tente de traiter les télangiectasies, c'est tout d'abord le traitement de la maladie veineuse et pas uniquement la thérapeutique des varicosités.

Le travail du phlébologue (interrogatoire, examen clinique et écho-Doppler, traitement de la maladie veineuse, chirurgie, sclérothérapie) est de rechercher les points de fuite, de les annihiler puis de traiter le système réticulaire, et enfin de s'attaquer au traitement des télangiectasies. Les tâches sont hiérarchisées et codifiées. Les recommandations datent du temps de l'ANAES pour le laser, donc il n'y en a aucune pour le Nd-YAG 1064 nm [31].

Le laser est rarement employé seul. Il est fréquemment associé à la sclérothérapie, celle-ci améliorant les résultats par au moins deux manières :

– la baisse de pression intracapillaire ;
– l'augmentation du rougissement du vaisseau (amélioration du chromophore) à traiter si injection du produit sclérosant dans un premier temps, suivi dans la même séance du laser. L'organisation microcirculatoire non systématisé et réticulaire exige un traitement en nappe (slérothérapie) et non ponctuel en spot (laser).

Par conséquent, ce sont deux techniques complémentaires. En pratique, l'opérateur adapte principalement le tandem fluence et deuxième temps de pulse, pour le laser Nd-YAG, multipulse percutané, 1064 nm.

Mots-clés : *laser, laser Nd-Yag, télangiectasies, varicosités, sclérothérapie.*

These may be the only expression of the saphenous reflux system or perforating or deep network and are often fed by a varicose vein or perforating it is essential to search by first, a clinical and Doppler meticulous examination; this initial assessment prior to any therapeutic strategy which is not only a functional but also aesthetic purpose, because patient demand tends towards the infinitely small and increasingly end in the country vein.

When attempting to treat telangiectasia is the first treatment of venous disease and not just the therapy of varicose veins.

The work of phlebologist (examination, clinical examination and Doppler ultrasound, treatment of venous disease, surgery, sclerotherapy) is to find the vanishing points, to annihilate and to treat the reticular system and finally to address the treatment of telangiectasia. the tasks are prioritized and codified. the recommendations date back ANAES for the laser, so there is none for the Nd-YAG 1064 nm [31].

The laser is rarely used alone. It is frequently associated with sclerotherapy, it improves the results of at least two ways:

– *the decrease in intra-capillary pressure;*
– *l'augmentation reddening of the vessel (improvement of chromophore) to treat if injection of sclerosing agent in first, followed in the same session of the laser. The microcirculatory organization not systematized and reticular requires treatment sheet (slérothérapie) and not punctual in spot (laser).*

Therefore, we have two complementary techniques. In practice, the operator adjusts mainly the second tandem fluence and pulse time for the Nd-YAG laser percutaneous multipulse 1064nm.

Keywords: laser, laser Nd-Yag, telangiectasias, spider veins, varicose veins, sclerotherapy.

Glossaire	
Absorption	Phénomène qui traduit le fait qu'une partie de l'énergie du rayonnement électromagnétique ou corpusculaire est libérée dans un milieu matériel à l'origine d'une interaction laser tissu. Celle-ci entraîne un effet thermique.
Cavitation	Formation de cavités gazeuses dans un liquide soumis à des ondes ultrasonores.
Cohérence	Caractère d'un ensemble d'ondes lumineuses vibratoires qui ont entre elles une différence de phase constante dans le temps et l'espace.
Chromophore	Éthymologiquement, c'est ce qui porte la couleur. Se dit d'un groupe fonctionnel qui apporte la couleur dans un composé organique. Ensemble des groupements chimiques (noyaux porphyriques, acides aminés...) responsables de l'existence des bandes d'absorption observées en spectrométrie des solutions moléculaires.

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

Diffusion	Phénomène qui traduit un changement de direction du faisceau maser sans modification de longueur d'onde, ni transfert d'énergie.
Disruptif	Qui éclate, qui dissipe une grande partie de l'énergie accumulée.
Divergence	Augmentation du diamètre du faisceau laser au fur et à mesure que l'on séloigne du point focal.
End point	Correspond au blanchiment de la lésion. Après le *end point*, il y aura des séquelles tissulaires. C'est donc une limite à ne pas franchir.
Énergie	C'est le produit de la puissance du faisceau et du temps d'exposition. L'unité internationale est le joule.
Fluence	Quantité d'énergie reçue par la cible par unité de surface et aussi de temps. Fluence (Jcm^{-2}) = puissance (W) × temps (s) / surface (cm^2).
Fréquence	Inverse de la longueur d'onde, en hertz (Hz).
Impulsion ou pulse	Émission brève du laser liée à un mode séquentiel du fonctionnement du milieu amplificateur.
Irradiance	Densité de surface de puissance exprimée par le rapport puissance de la source sur la surface du spot d'émission. Il s'agit de la puissance reçue par la cible par unité de surface. Irradiance (Wcm^{-2}) = puissance (W) / surface (cm^2).
Loi de Planck	E (énergie) en joules = C (constante de Planck) × V (voltage en volt). C = 6,62606957 × 10^{-34} m^2 kg / s.
Longueur d'onde	Distance minimale entre deux points se trouvant simultanément, dans le même état vibratoire, à un moment donné et détermine la couleur de la lumière visible. Elle s'exprime plutôt en nanomètres (nm).
Puissance	Elle est fonction du nombre de photons transportés par seconde et est mesurée après la sortie de la cavité optique. Plus le nombre de photons est important, plus la puissance est importante. Son unité internationale est le watt.
Réflexion	Phénomène au cours duquel le faisceau se réfléchit surtout à la surface des tissus.
Temps de relaxation thermique (TRT)	Temps nécessaire à un tissu pour perdre la moitié de la température acquise immédiatement après le tir laser.
Transmission	Phénomène qui traduit le fait que le fraction du faisceau d'énergie n'est ni réfléchie, ni diffusée, ni absorbée.
Vaporisation	Transformation d'un milieu solide ou liquide à l'état de « vapeur » dispersée, projetée en gouttelettes.

L'arme : le laser

Définition et bref historique [2, 13, 25]

« Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation », en français : « Amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement », est plus connu sous la dénomination de LASER, permettant d'obtenir un faisceau de lumière cohérent sur un espace et une temporalité donnés.

Rappel :

- En 1917, **Albert Einstein** décrit le principe de l'émission stimulée ; ce postulat selon lequel l'émission d'une lumière par un atome peut être stimulée par le rayon lui-même.
- Depuis les années 50, **Alfred Kastler** et **Jean Brossel** ont développé des procédés de pompage optique.
- Le premier physicien qui obtient une émission laser est **Theodore Maïman**, à l'aide d'un cristal rubis.
- En 1961, **Charles J. Campbell** fait des expérimentations ophtalmologiques sur animaux.
- Puis en 1963, les premiers essais thérapeutiques humains sont réalisés par **Léon Goldman** pour traiter des lésions cutanées bégnines.
- Le laser CO_2 est découvert, en 1965 par **John Charles Potanyl**.
- Dès les années 70, le laser Argon est employé en chirurgie ophtalmologique humaine pour traiter les décollements rétiniens et les angiomes en dermatologie vasculaire.
- Une autre date importante dans l'histoire du laser est la découverte du laser Néodyme YAG rendant possible, grâce à la fibre optique, la transmission du faisceau laser à distance.
- Un véritable envol s'effectue dans les années 80 avec de nouvelles fonctionnalités dans diverses disciplines médicales ou non avec des machines de plus en plus sophistiquées comme le Nd-YAG doublé par des cristaux de Potassium Titanyl Phosphate (KPT), les lasers à colorants pulsés et continus ou les diodes (lasers semi-conducteurs).

Dans la majorité des cas, un laser émet une unique longueur d'onde, à la différence des lampes flash ou IPL. Nous voyons arriver depuis peu des lasers multiplex qui émettent deux longueurs d'ondes différentes.

Il existe plusieurs types d'énergie :

– la gravité ;
– les interactions fortes ou faibles au niveau atomique ;
– l'énergie électromagnétique [2, 3].

C'est cette dernière qui nous intéresse.

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 ondes électromagnétiques sont définies par deux paramètres :

– un quantitatif : la puissance dont la mesure est le watt (W) ;
– un qualitatif : la fréquence exprimée en hertz (Hz) qui n'est que l'inverse de la longueur d'onde (en nanomètres (nm)). Chaque fréquence, donc chaque longueur d'onde, correspond à une couleur. Cette fréquence varie selon le milieu traversé, ce qui n'est pas le cas de la longueur d'onde.

Pour parler laser [19, 20]**, il faut parler lumière, mais qu'est-ce que la lumière ?**

Quel que soit le type de lumière (« naturelle » ou laser), celle-ci est une énergie électromagnétique, formée par des photons ayant une certaine forme d'énergie. Elle est caractérisée par sa longueur d'onde, sa fréquence et son amplitude. L'énergie est proportionnelle à la fréquence de la radiation (loi de Planck).

Quelles sont les différences entre lumière « naturelle » ou solaire et celle émise par un laser ?

- ***Cette dernière est monochromatique***, c'est-à-dire une unique longueur d'onde ou un spectre étroit de longueur d'onde.
  Le laser a une spécificité dans sa longueur d'onde (visible ou non), dans son action préférentielle et dans sa conductibilité.
- ***Cette lumière est monodirectionnelle***. Les photons sont émis dans la même direction, réalisant un faisceau focalisé. C'est la conséquence directe du mode d'amplification et d'oscillation suivant l'axe optique du système.
- ***Elle est cohérente***. Les photons sont émis en phase, que ce soit au niveau temporel, que ce soit au niveau spatial.
- ***Elle est puissante***.

Elle a de nombreuses applications en dehors de la médecine (en physique nucléaire, en holographie, dans l'industrie textile, dans les travaux publics).

Les quatre composantes du laser [14, 32, 38, 40]

Le rayon laser est dû à l'émission stimulée de la lumière subséquemment, par l'excitation d'électron, chargé négativement par des photons ; celui-ci passe de sa position de repos où il possède un état énergétique basal, à une orbite instable due à cette excitation et revient à sa position de repos de façon spontanée (niveau d'énergie métastable). Ce retour à sa situation habituelle produit un rayon électromagnétique.

Par conséquent, à grande échelle au niveau nombre d'atomes, cela aboutit au faisceau laser.

À l'état natif, ces électrons sont aussi stimulés, mais de façon aléatoire avec un relargage énergétique désorganisée et cela produit une lumière incohérente qui est notre lumière solaire.

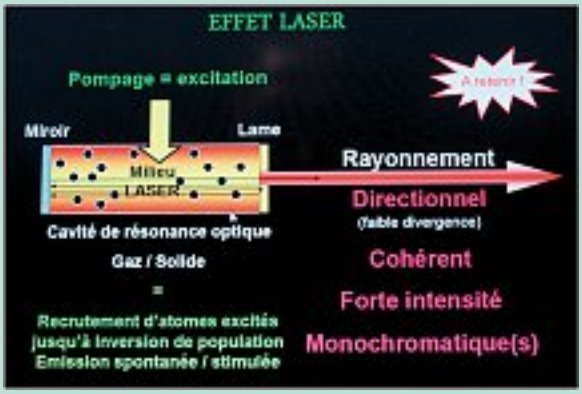

FIGURE 1

Pour fabriquer un laser, quatre composantes sont indispensables : la source d'énergie, le substrat excitable, la cavité optique et le recueil de la lumière émise [9, 11, 12]**.**

Les sources d'énergie sont variables (électricité, lampe flash…). Cet apport d'énergie intense permet que de nombreux atomes se retrouvent dans cet état métastable. Dans la cavité optique ou amplificateur, existent deux miroirs à l'entrée et à la sortie. Ces derniers maintiennent l'inversion de population des électrons par le renvoi des photons. C'est le phénomène d'amplification, l'objectif étant d'obtenir plus d'atomes à l'état d'excitation qu'à l'état fondamental. Ces systèmes de pompage ont été mis au point par **Albert Kestler**, en 1950. Le milieu actif donne son nom au faisceau laser qu'il produit.

Quatre types de laser :

– solide (cristal, impureté dans du verre) semi-conducteur ; laser Néodyme YAG (Ytrium Aluminium Garnett) ou Nd-YAG, laser ruby, laser alexandrite… ;
– liquide : laser à colorant organique en solution ou suspension (rhodamine)… ;
– gaz : laser CO_2, vapeur de cuivre, argon ;
– une diode ;
– semi-conducteur : laser gallium-arsenide…

Le système de transmission de la lumière adapté à l'utilisation contient des lentilles, des fibres optiques ou des miroirs articulés.

Pour le Nd-YAG, le cristal sert d'amplificateur. La longueur d'onde est de 1064 nm et appartient à la zone infrarouge. L'énergie est transmise à l'aide d'une fibre optique souple **(Figure 1)**.

Les lasers médicaux couvrent du spectre de l'infrarouge, en passant par le domaine du visible et se termine dans l'ultraviolet. Le laser Nd-YAG appartient aux infrarouges [40] **(Figure 2)**.

Pour les limites de l'infrarouge, les longueurs d'ondes varient entre 760 nm et 10 000 nm **(Tableau 1)**.

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

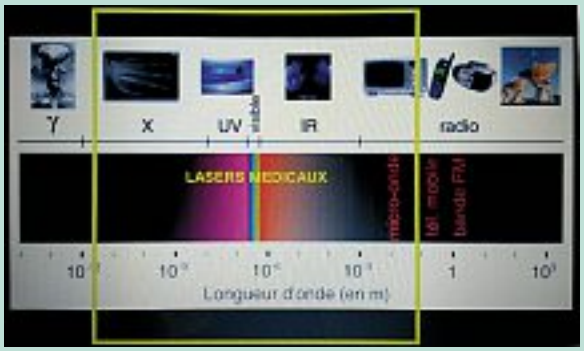

FIGURE 2 : Exemples pratiques.

Les facteurs importants pour comparer les différents types de laser [13, 14]

La puissance (W)

Elle est fonction du nombre de photons transportés par seconde et est mesurée après la sortie de la cavité optique. Plus le nombre de photons est important, plus la puissance est importante.

L'énergie (J)

C'est le produit de la puissance du faisceau et du temps d'exposition. L'unité internationale est le joule.

L'irradiance (Wcm^{-2})

C'est la densité de surface de puissance exprimée par le rapport puissance de la source sur la surface du spot d'émission. C'est le rapport puissance par unité de surface.

La fluence (Jcm^{-2})

C'est la quantité d'énergie reçue par la cible par unité de surface et aussi de temps.

Le temps de relaxation thermique TRT (ms)

C'est le temps nécessaire pour la cible pour revenir à température égale à la moitié de la valeur atteinte immédiatement après l'absorption du faisceau laser. En pratique, il correspond au temps pendant lequel la chaleur reste dans la cible. Celui-ci est dépendant de la taille et des caractéristiques de la cible.

La durée de l'impulsion (s ou ms ou ns)

Lasers continus

Le système de pompage est constant ainsi que la puissance de l'émission énergétique. Elle est aussi longue. La durée est beaucoup plus brève avec l'automatisation des pièces à main, le bénéfice étant de permettre d'augmenter la tolérance et de diminuer les risques cicatriciels.

Lasers pulsés

La durée de l'impulsion de l'émission d'énergie est courte, de l'ordre du millième de seconde. Ces lasers permettent de traiter les lésions cutanées de façon plus précise.

Lasers pseudo-continus

Ces lasers, comme à vapeur de cuivre, émettent des salves d'impulsions très brèves et très rapprochées. Les effets sont proches de ceux des lasers continus.

Lasers Q-Switched ou déclenchés

On utilise un cristal mobile biréfringeant. Les impulsions sont ultracourtes, de l'ordre de quelques dizaines de nanosecondes, mais d'une forte puissance allant à quelques gigawatts. L'énergie de pompage ne peut s'échapper. Trois modèles : Q-Switched-YAG, Ruby et Alexandrite.

On peut aussi jouer sur des séquences d'impulsions à durée égale ou non. Sur des trains d'impulsions à durée variable, la température des tissus adjacents à la cible ne monte pas, donc moins d'effet secondaire que si les séquences sont de durée identique.

La divergence du faisceau laser

Quand il sort du système d'amplification, le diamètre du faisceau est au minimum et au fur et à mesure de la cavité optique, sa divergence augmente. Plus le diamètre du spot est faible, plus la divergence est forte.

Le diamètre du spot [40]

Plus le spot est large, plus la fluence est importante sur les structures tissulaires superficielles et sur une plus large surface **(Figure 3)**.

	Proche IR				IR moyen			IR lointain	
Types de laser	Ti Sapphire	Hélium néon	Nd-YAG	Hélium néon	Erbium	Hydrogène Fluoride	Hélium néon	CO_2	CO_2
Longueur d'onde (nm)	800	840	1064	1150	1504	2700	3390	9600	10600

TABLEAU 1 : Lasers infrarouge.
Remarque : le laser Nd-YAG doublé (KTP) appartient à la famille des lasers visibles. Sa longueur d'onde est de 532 nm. Pour les limites de l'infrarouge, les longueurs d'ondes varient entre 760 nm et 10 000 nm.

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

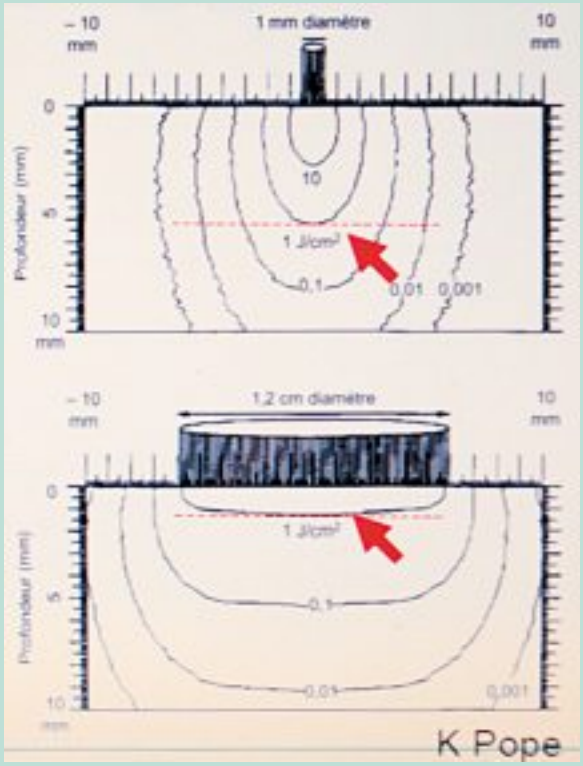

FIGURE 3

Action sur les tissus [21, 27, 40]

Elle est directement en liaison avec le transfert d'énergie entre le rayonnement laser et le tissu cible ou récepteur. Mais elle est aussi directement liée à la longueur d'onde, à la puissance, au temps d'exposition, à la taille du spot et aux propriétés tissulaires.

Quatre phénomènes se déroulent, lors de cette interaction :

– la réflexion s'effectue surtout à la surface des tissus. Elle varie avec l'inclinaison du rayon laser sur l'épiderme ;
– la diffusion se manifeste par un changement de direction du faisceau sans modification de la longueur d'onde et du transfert d'énergie ,
– l'absorption est l'effet principal recherché, entraînant des effets thermiques ;
– la transmission est la partie du rayonnement qui n'est ni réfléchie, ni diffusée, ni absorbée.

Nous parlons de cibles mais quelles sont-elles, dans notre domaine de la télangiectasie ?

Le but principal est d'atteindre, dans ce cas, les télangiectasies, sans léser les tissus périveineux (épiderme, tissu adipeux, la mélanine...).

Pour obtenir une bonne pénétration tissulaire et une action sur l'objectif veineux, l'absorption doit être faible, associée à une faible diffusion sur le trajet lumineux et, ainsi, arriver à une absorption maximale au niveau de la cible et non sur la mélanine et les carotinoïdes.

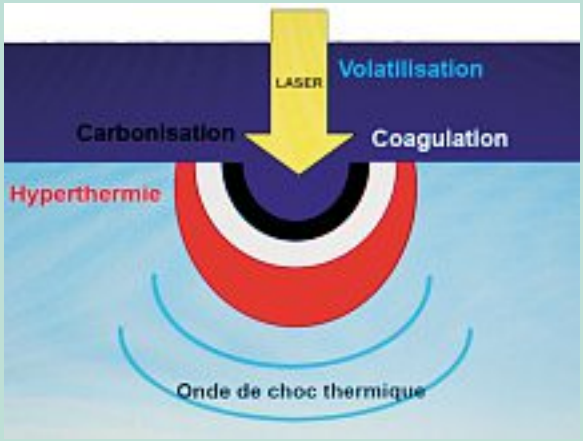

FIGURE 4

Longueur d'onde	800 nm	1 000 nm	1 650 nm
Transmission totale	94 %	88 %	47 %
Diffusion	50 %	37 %	5-10 %

TABLEAU 2 : Transmission et diffusion du rayon laser avec différentes longueurs d'ondes [40].

- L'eau est un constituant majeur de notre organisme. Il est fortement absorbé à 10 600 nm.
- L'oxyhémoglobine est contenue dans les vaisseaux.
- Mais avant d'y arriver, il est nécessaire de traverser la peau où se trouvent la mélanine dont le spectre d'absorption décroît de l'ultraviolet à l'infrarouge et les caroténoïdes qui absorbent dans le spectre des ultraviolets.

Ces deux substances sont des obstacles aux traitements laser percutanés veineux.

Plus la longueur d'onde est importante, plus la transmission totale et la diffusion sont faibles, par conséquent, pour avoir une action sur la veine, il est judicieux d'employer le laser Nd-YAG d'une longueur d'onde 1 064 nm qui allie ces deux conditions. Cette longueur d'onde détermine les chromophores électifs. En fait, plus un pigment absorbe la lumière, plus l'interaction cible-laser sera intense **(Tableau 2)**.

En résumé [21, 22, 23, 24]**, c'est le débit de photons *versus* le TRT qui détermine le processus physique (Tableau 3).**

La quantité d'énergie fixe la sélectivité et le volume traité. C'est donc la fluence.

En revanche, l'irradiance (fluence par unité de temps) détermine le type d'interaction tandis que la durée de la contrainte amène à la faisabilité du processus.

Deux mécanismes entrent en jeu :

– **la *photothermolyse* par destruction des vaisseaux, qui entraîne un purpura (Figure 4) ;**
– **la *photocoagulation* partielle ou totale de la paroi du vaisseau.**

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

Températures	Aspect tissulaire microscopique	Aspect tissulaire macroscopique	Résultat
45 à 60 °c	**Hyperthermie** Dénaturation des protéines et activité enzymatique	**Œdème** **Érythème**	**Effet pro-inflammatoire** Apotose, mutation, sensibilisation
60 à 90 °c	**Coagulation** Contraction du collagène Polymérisation-Dessication Apparition de la fibronectine Hyalinisation du collagène Gélification	**Blanchiment** Nécrose tissulaire Rétraction	**Effet hémostatique** Réparation possible Détersion
90 à 100 °c	**Volatilisation** Déshydratation - Ébullition	**Perte de substance**	**Effet hémostatique** **Effet de bistouri fin** Réparation impossible
⇢ 210 °c	**Carbonisation**	**Noircissement** Perte de substance	**Effet hémostatique** **Effet de bistouri grossier** Réparation impossible

TABLEAU 3

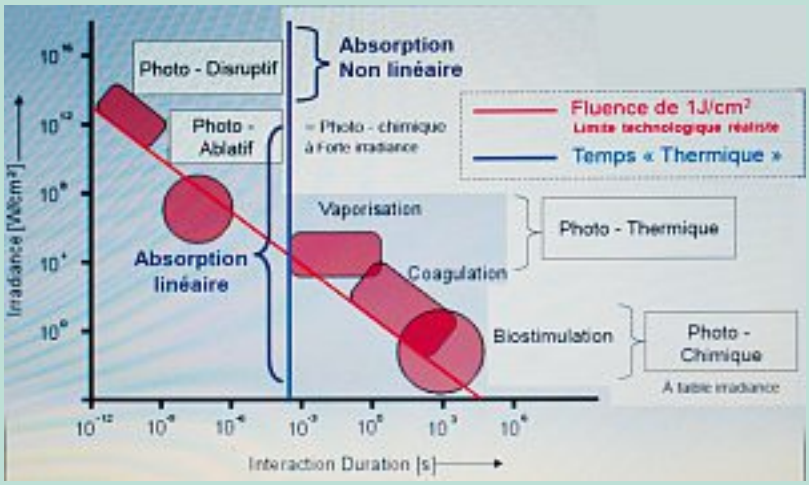

FIGURE 5

La production d'une action thermique et limitée vise à coaguler la paroi de la télangiectasie. Il s'agit des dégâts au niveau des composants cellulaires essentiels sans libération de chaleur. La lumière peut être absorbée par un constituant cellulaire (chromophore), sélectivement **(Figure 5)**.

Plus la fluence diminue et dure, plus le phénomène de coagulation est présent (effets phothermique et photochimique). Les deux mécanismes se chevauchent.

Trois étapes dans ce processus photothermique :
– la conversion de lumière en chaleur ;
– le transfert de chaleur ;
– la dénaturation thermochimique des constituants tissulaires. Ce processus dépend à la fois des paramètres du laser mais aussi des coefficients tissulaires (optiques, thermiques, thermochimiques).

En résumé, Il existe trois mécanismes lésionnels **(Tableau 4)**.

C'est l'irradiance qui détermine le processus physique et non nécessairement la quantité d'énergie mise en jeu, ni la durée de l'interaction. La qualité de focalisation temporelle du laser va déterminer le type d'interaction tissulaire.

Photochimique		Photothermique	Photo-disruptif
Faible irradiance	Forte irradiance	Mode vibratoire avec ondes	Cavitation
Biostimulation	Photoablation		

*TABLEAU 4 : **Mécanismes lésionnels.***

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

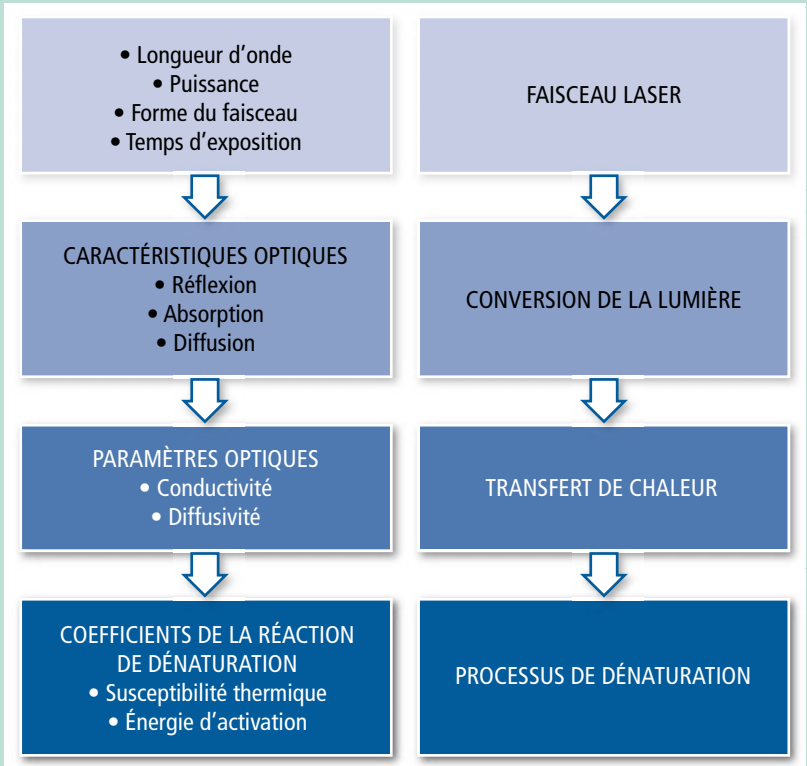

FIGURE 6 : Principe de l'action thermique des lasers sur les tissus biologiques. D'après [26].

La coagulation d'un tissu par son échauffement entraîne un blanchiment et une plus grande dispersion de la lumière. Pour les interactions thermiques, la durée d'exposition et le fluence du laser sont déterminants pour le volume cible à traiter. Des lésions liées au choc thermique sont possibles à distance de la zone cible [17, 18] **(Figure 6)**.

L'équation à résoudre est à plusieurs inconnues [40] :
– le chromophore de la cible qui est l'hémoglobine mais aussi l'eau, le collagène, le tissu adipeux, la mélanine, les carotinoïdes ;
– la profondeur de la cible **(Figure 7** et **Figure 8)**.

Si un élément spécifique du tissu est visé, il est nécessaire de connaître son chromophore principal et d'adapter la bonne longueur d'onde. La structure du tissu influence l'effet laser.

Pour une forte pénétration tissulaire de lumière, la longueur est comprise entre 600 à 1200 nm qui est proche de l'infrarouge comme le Nd-YAG.

Pour agir sur les vaisseaux bleus et violets, le laser Nd-YAG (1064 nm) ainsi que le Diode (940-980 nm) sont indiqués.

En revanche, pour une meilleure efficacité sur les vaisseaux tirant sur le rouge, il est préférable d'employer le KTP (532) ou le colorant pulsé (585 nm) ou IPL.

Ces différentes nuances de couleurs peuvent se trouver sur la même personne, adjacentes les unes aux autres d'où cette nécessité d'avoir à disposition une plateforme à multilongueur d'onde ou divers lasers.

Certains plateaux techniques partagés proposent ces moyens car ils ne sont pas vraiment rentables pour un unique praticien, même s'il travaille avec une ou des assistantes.

La cible : les télangiectasies [1, 35]

Généralités anatomiques

Trois réseaux veineux au niveau anatomique ainsi que fonctionnel :
– le réseau superficiel se situe entre l'épiderme (partie supérieure) et l'aponévrose musculaire (partie inférieure). Le réseau veineux sous-cutané se draine principalement dans le système saphène ;
– le réseau profond en-dessous de l'aponévrose musculaire ;
– le réseau des perforantes qui permettent les connexions entre les deux réseaux précédents.

Les télangiectasies sont des veinules dilatées rouges écarlates pour les plus fines ou violacées pour les plus dilatées et saillantes, pour le tableau clinique classique.

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

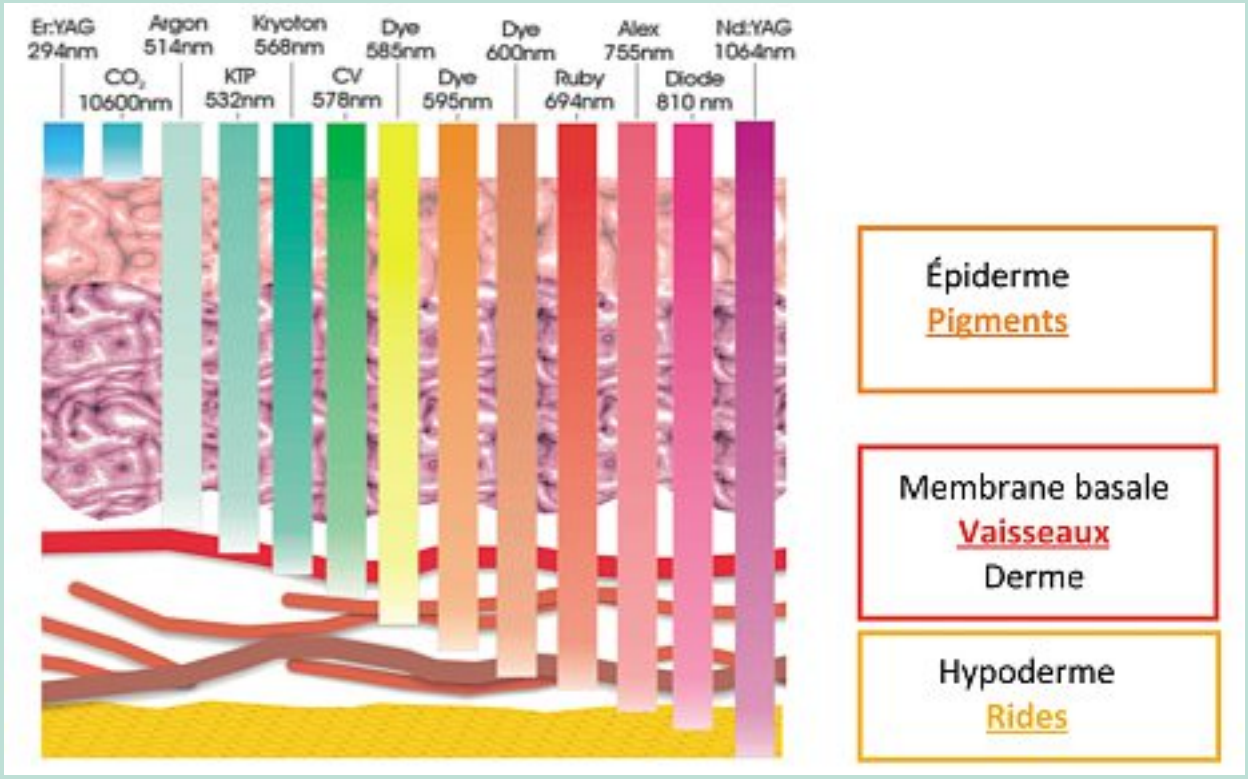

FIGURE 7

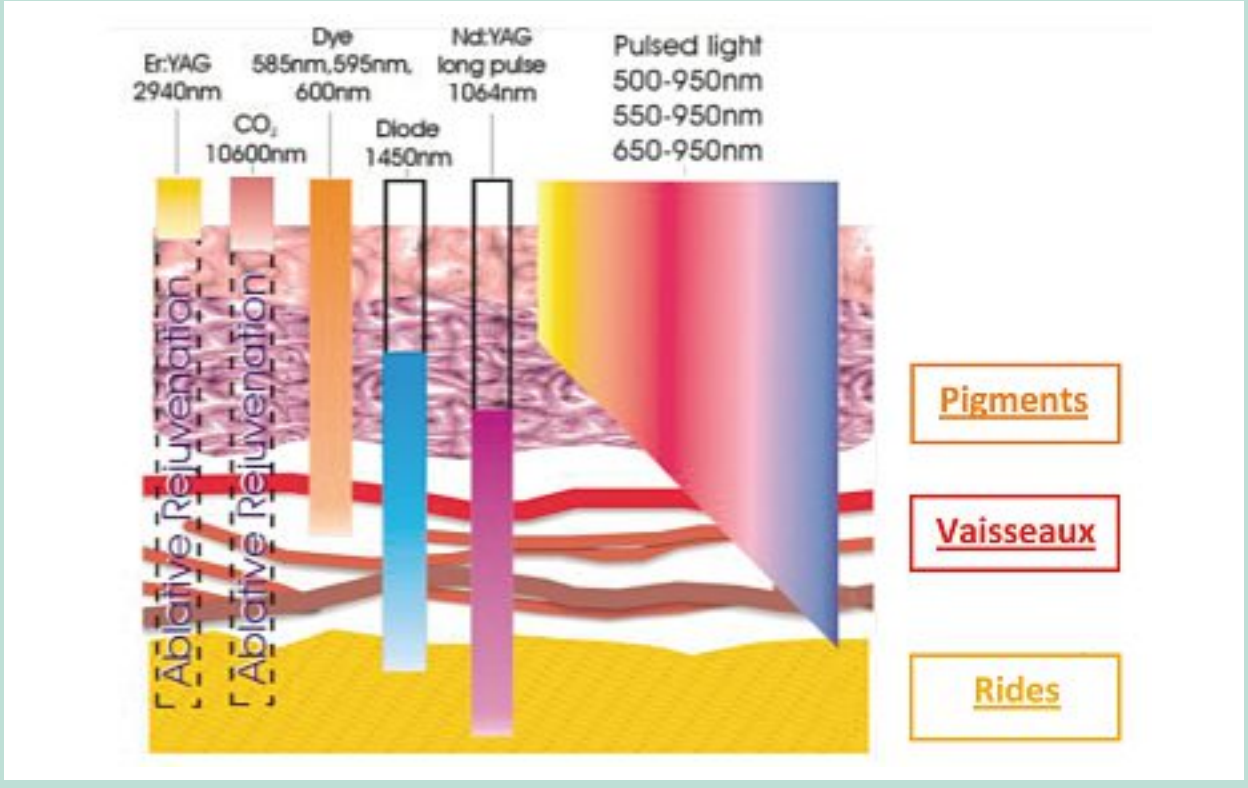

FIGURE 8

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

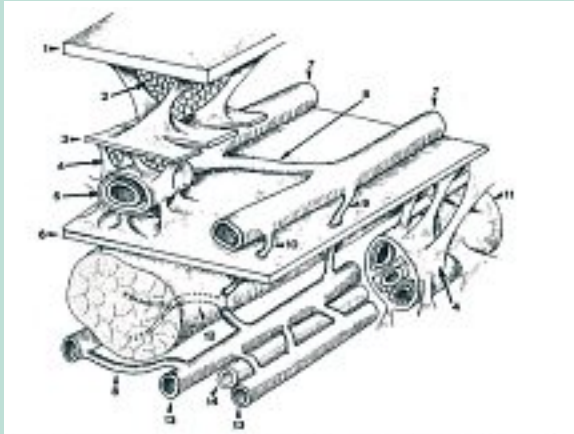

Fig. 2.2. Les 3 réseaux veineux des membres et leurs anastomoses (S. Kubicki).
1. peau, 2. hypoderme, 3. fascia sous-cutané, 4. fibres d'ancrage, 5. gaine veineuse, 6. aponévrose ou fascia musculaire, 7. veines superficielles, 8. veine communicante, 9. veine perforante directe, 10. veine perforante indirecte, 11. gaine vasculaire, 12. veine musculaire, 13. veine profonde, 14. artère.

FIGURE 9 : D'après Annales de phlébologie, Masson, 5e édition.

Leur coloration dépend en fin de compte du diamètre de la veine touchée mais aussi au degré de désoxygénation et à leur profondeur. En effet, elles peuvent être la première manifestation de la maladie veineuse chronique.

Remarque :

L'épaisseur entre l'épiderme et le derme varie entre 1,2 et 2,5 mm, sur le membre inférieur. Cette notion d'épaisseur est une difficulté à apprivoiser car le rayonnement laser n'est pas en contact direct avec l'objectif veineux comme avec le laser endoveineux ; subséquemment, il est nécessaire d'arriver à la cible sans léser les tissus adjacents d'où toute la finesse des réglages des paramètres du laser. L'aspect macroscopique n'est que la partie émergée de l'iceberg. Il est également nécessaire de se tourner vers le versant histologique de la paroi veineuse. Celle-ci étant de moindre qualité, elle supporte moins les divers gradients de pression. Les vaisseaux les plus fragiles se dilatent en premiers **(Figure 9)**.

Pathogénèse des télangiectasies

Les causes de présence de télangiectasies sont effectivement multiples **(Tableau 5)**.

La composante hémodynamique [8, 35, 36]

Le système veineux contient le 4/5e du sang circulant et permet une bonne distribution qui est régulée par des phénomènes de vasoconstriction et de vasoplégie. Cela rend possible la transformation d'un flux lent en flux rapide, quelles que soient les variations du débit cardiaque. Ce réseau veineux est soumis à des contraintes de pression comme la gravité, le gradient de pression entre les réseaux profonds et superficiels, les grandes variations de pressions au niveau des veines les plus distales.

La gravité, qui agit du haut vers le bas, freine le retour sanguin ; la pression hydrostatique diminue fortement dès les premiers pas de la marche et augmente également lors de l'immobilité en station debout ou assise. Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer la réticulation du système veineux ; celle-ci serait due à l'apparition d'un reflux provoqué par des shunts et des détournements et la perte d'efficacité valvulaire. Par ailleurs, il existe un gradient de pression entre les deux systèmes veineux, profond et superficiel. Le profond se draine dans les superficiel, grâce à la pompe musculaire (principalement par la pompe musculaire du mollet). Le réseau superficiel ne fait que se soumettre à cet afflux sanguin, même avec des valvules fonctionnelles.

Ces grandes variations de pression se diffusent dans ce dernier par le biais des perforantes directes et préférentiellement indirectes et le réseau réticulaire. L'arborescence des télangiectasies est anarchique.

Le troisième facteur hémodynamique est que les veines distales des membres inférieurs subissent des contraintes et d'importantes variations de pressions. Au fur et à mesure, des dilatations et une incompétence valvulaire apparaissent. Quand se surajoute un ou des reflux au niveau des crosses, la maladie veineuse est patente et les télangiectasies naissent, préférentiellement au niveau des zones de fortes pressions (fosse poplitée, cheville, le long des troncs. À cette contrainte se surajoute d'autres contraintes comme la lipodystrophie ainsi que les shunts artério-veineux.

Philippe Griton a proposé une cartographie des territoires de drainage veineux superficiel [6, 7] **(Figure 10)**.

Hémodynamique	Reflux	Faria J.L., Moraes I.N., 1963
Métabolique	↑ activité destructrice des lysosomes pariétaux	Wokaceck H. et al., 1989
Hormonale	↑ activité des hormones œstroprogestatives	Sadick N.S. et al., 1990
Communication artériolo-veinulaires		Merlen J.F., Curri S.B., 1975
Thrombotique	Microthrombi veinulaires	Arlaud R., Ouvry P., 1979
Cellulitique	Hypertrophie de lobules adipeux	Curri S.B., 1990
Activité des neuromédiateurs	Catécholamines	Crotty T.P., 1991

TABLEAU 5 : Théorie pour la pathogenèse des télangiectasies. Tableau réalisé par les docteurs Ferrara F. et Ferrara G. [34].

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

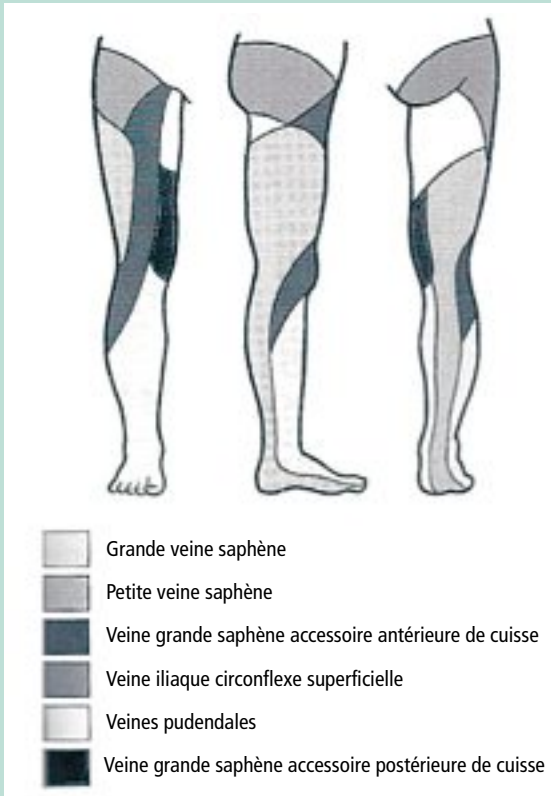

FIGURE 10 : Territoires de drainage du réseau veineux cutané, d'après Philippe Griton.

Il existe, par ailleurs, une cartographie simplifiée après études hémodynamiques effectuées par **C. Garde** et **H. Muntlack**, datant de 1991 [35, 36] **(Figure 11)**. Elle est la base de tout traitement des télangiectasies avec ou non des varices. Lors de la systole musculaire, le flux sanguin part dans le système superficiel, « se propage d'abord en toile d'araignée qui, gravité aidant, va rapidement se drainer dans une veine réticulaire sous-jacente [...] » dixit Claude Garde. Les perforantes responsables sont-elles pathologiques ? Pour l'instant, pas de réponse.

Le système réticulaire est en relation étroite avec les télangiectasies, puis le réseau superficiel systématisé saphénien et le réseau profond. Le réseau réticulaire est soumis à des hyperpressions d'origine saphénienne et de leurs branches, du système veineux profond lié au précédent par les perforantes. La notion de perforantes de réentrée est importante car elles maintiennent un équilibre de pressions en évitant une dilation anormale de ces veines. Lors de lipodystrophies pertrochantériennes ou sur les faces médiales de cuisses, il est probable qu'un phénomène de dilatation anormale veineuse se produise.

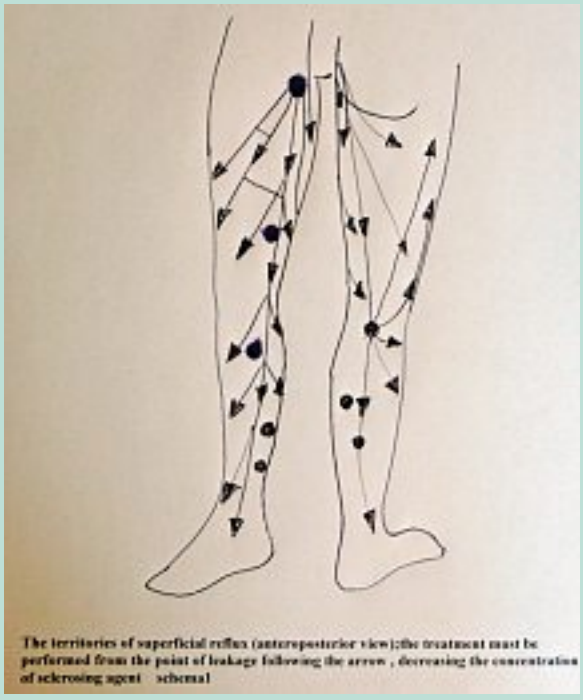

FIGURE 11

La traduction clinique est :
- les varicosités plutôt systématisées (un ou plusieurs troncs, des branches ramifiées avec un des points d'origine) ;
- les varicosités par hyperpression orthostatique (plutôt sur les parties inférieures des membres inférieurs. On les retrouve là où la pression est la plus forte. Elles naissent soit de réseaux systématisés, soit du réticulaire, soit des perforantes ;
- les télangiectasies originaires du réseau réticulaires sont présentes lorsque celui-ci subit une hyperpression, lors de phénomènes de lipodystrophie, de grosses jambes. La distribution est en « dents de râteau ».

Les télangiectasies ne disparaissent pas lors la surélévation des membres inférieurs, ni à la compression. L'existence des shunts artério-veineux est connue depuis longtemps [4, 5, 37].

La présence d'une réduction intense de la pression au niveau de la veine est la conséquence de l'ouverture et de la fermeture des sphincters pré- et postcapillaires. Ils servent à la régulation de la pression qui est sous influences hormonale et neurovégétative.

La composante tissulaire

Après cette composante hémodynamique, le terrain particulier est aussi propice au développement des télangiectasies. C'est la composante tissulaire.

Il n'est pas rare, lors d'un traumatisme ou lors d'un acte thérapeutique invasif (sclérose, chirurgie des varices, par exemple) que des télangiectasies apparaissent.

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

Une hyperpression veineuse est constante, associée ou non à un reflux veineux superficiel. La mauvaise qualité du tissu veineux se traduit cliniquement, au niveau macrocirculatoire, par une maladie veineuse, et au niveau microcirculatoire par une fragilité capillaire. Mais tout ceci s'accompagne d'une hypoxie tissulaire qui est le pré-requis de la néogenèse vasculaire. Des facteurs endothéliaux de croissance sont produits par les vaisseaux lésés et le stroma environnant. « La néogenèse de petits vaisseaux peut être considérée comme un cal vasculaire destiné à rétablir la continuité vasculaire. » Le phénomène inflammatoire (calor, rubor, dolor, tumor) stimule l'apparition de microvaisseaux. Donc toutes techniques visant au traitement de la maladie veineuse est pourvoyeuse de télangiectasies mais sur un terrain de mauvaise qualité.

Le statut hormonal

Les hormones sexuelles féminines sont aussi des facteurs favorisant l'apparition des télangiectasies car elles ont une action sur la vasoplégie, majorent la perméabilité capillaire (progestérone), dénaturent le collagène de la média, stimulent les facteurs de croissance de la néogenèse vasculaire (œstrogènes). Ces derniers agissent sur la dénaturation de la paroi capillaire, ce qui a pour conséquence une majoration de la perméabilité capillaire ainsi qu'une fragilité. En revanche, la progestérone augmente le nombre des veinules et leurs calibres. Les veines des membres inférieurs ont cette particularité de posséder des récepteurs hormonaux. L'apparition des télangiectasies est favorisée par un déséquilibre de la stimulation de ces récepteurs. Par conséquent, toute situation (puberté, grossesse, périménopause, ménopause…) où peut régner un déséquilibre hormonal peut générer des télangiectasies.

L'hérédité

L'hérédité a aussi un rôle mais plusieurs gènes seraient en cause, mais nous manquons de connaissances à ce sujet.

Toutes ces causes de néogenèse vasculaire montrent bien que le traitement des télangiectasies est complexe. En conséquence, tout traitement des télangiectasies est aussi le traitement de l'insuffisance veineuse chronique associée et de ce fait, il est primordial de rechercher les reflux comme en microsclérose mais aussi les points de fuite avec la connaissance des territoires de drainage du réseau veineux cutané.

L'essentiel de la physiopathologie peut se faire en trois points :

– une dilatation et fragilité des veines sous-aponévrotiques qui a pour conséquence une augmentation de la pression hémodynamique retentissant sur le réseau veineux superficiel ;



FIGURE 12 : Télangiectasies linéaires centrées sur une veine nourricière.



FIGURE 13 : Matting postchirurgie.



FIGURE 14 : Télangiectasies multiplans.

– une ouverture des shunts artério-veineux de la microcirculation favorisée par les changements hormonaux comme la grossesse et la ménopause ;
– un mécanisme inflammatoire.

Tous ses systèmes veineux sont en relation les uns avec les autres et sont à estimer comme des distributions d'un même réseau.

Il est évident que la connaissance anatomique est indispensable pour toute thérapeutique efficace et non nuisible pour le patient.

Il existe une classification des télangiectasies pour une bonne prise en charge thérapeutique pour ajuster au mieux les paramètres du laser :

– télangiectasies linéaires centrées sur une veine nourricière **(Figure 12)** ;
– matting ou néotélangiectasies **(Figure 13)** ;
– télangiectasies multiplans **(Figure 14** et **Figure 15)** ;

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

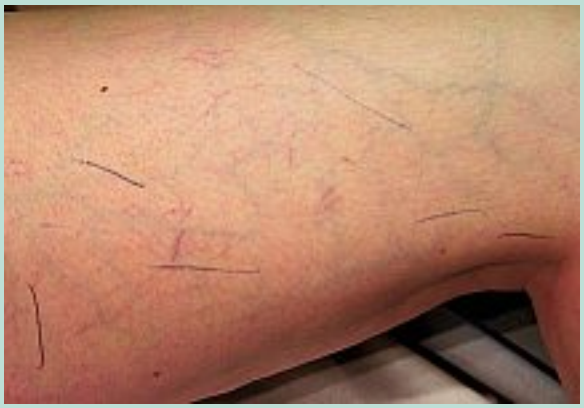

FIGURE 15 : Télangiectasies multiplans avec réseau réticulaire.



FIGURE 16 : Télangiectasies linéaires non focalisées.



FIGURE 17 : Télangiectasies angiomateuses.

– télangiectasies linéaires non focalisées sur une veine d'alimentation **(Figure 16)** ;
– télangiectasies angiomateuses **(Figure 17)** avec veine de drainage.

Pour traiter correctement cette pathologie qui n'est que le reflet d'une pathologie plus importante, la maladie veineuse, il est important de réaliser d'un bon examen clinique doublé d'explorations avant, pendant et après acte.

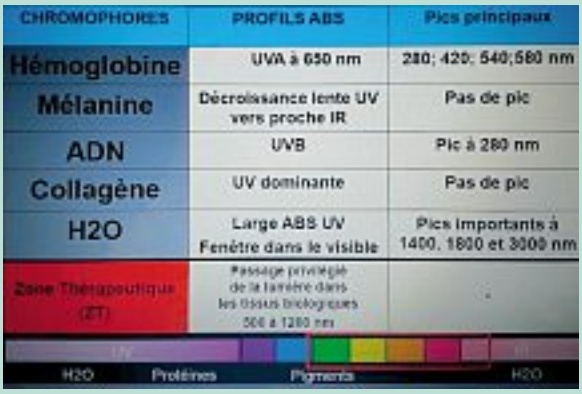

FIGURE 18 : Spectres d'absorption biologiques.

Ceci est dans le cadre d'une logique hémodynamique. Il est rare de ne pas avoir recours à la sclérothérapie dans un premier temps qui est un traitement en nappe puis, dans un deuxième temps, le laser, technique en spot. C'est une complémentarité. Les autres facteurs sont d'un autre domaine que celui de la phlébologie mais influencent l'efficacité de nos actes.

Avec le Nd-YAG, la cible réelle est-elle véritablement la veine ? Nous avons évoqué le contenant car tous les autres lasers actifs au niveau vasculaire détruisent la paroi veineuse ; la preuve, la présence de lésions purpuriques après une séance. Mais avec un Nd-YAg on agit sur le contenu. De ce fait, la cible réelle est la désoxyhémoglobine et l'oxyhémoglobine. Ceci sera plus développé, lors des points de discussion [39].

La stratégie : les points de discussion

La longueur d'onde [30]

L'objectif est de faire disparaître les télangiectasies, donc de pénétrer le réseau dermique et sous-dermique, sans brûler le patient. **Anderson** et **Parish** ont montré sur un derme exsangue que plus la longueur d'onde se rapproche de 1000 nm, plus la pénétration est grande. Une longueur d'onde qui correspond au pic d'absorption va être fortement absorbée par les premières couches de la veine et ne pourra pas augmenter la température des couches plus profondes.

Plus le vaisseau est gros et profond, plus la longueur d'onde doit être proche l'infrarouge ; cela permettra une pénétration plus profonde en même temps qu'une fluence plus élevée car avec les longueurs d'onde de l'infrarouge, l'absorption de la mélanine est moindre (les nuances de brun ne sont quasiment pas absorbées).

Les temps de pulse et le TRT [28, 29]

En outre, il est nécessaire d'adapter le temps de pulse et le TRT au diamètre de la veine à traiter.

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

Plus le temps de pulse est long, plus le vaisseau chauffe lentement. Par conséquent, sa destruction et l'apparition d'un purpura, que l'on observe de façon systématique avec l'emploi des lasers KTP, sont évitées. De ce fait, le tir laser arrivera à sa cible finale, l'oxyhémoglobine et la désoxyhémoglobine. Il est admis que le premier temps de pulse a une action sur le chromophore et le modifie tandis que le deuxième, qui est habituellement plus long, permet une réelle action sur la cible (méthémoglobine), sans destruction du vaisseau. La variation du premier temps de pulse par rapport au calibre de la veine n'apporte aucun bénéfice, au contraire. Il ne faut pas oublier qu'à fluence identique, le nombre de joules délivrés ne dépend que de la durée du temps de pulse puisque l'énergie est constante. Habituellement, il est de 5 ms. Le deuxième temps de pulse est celui qui augmente la température de l'objectif pour le coaguler sans destruction. Pour des fins vaisseaux et plutôt rouges, la fluence est augmentée tandis que ce deuxième temps de pulse est minoré et inversement pour de grosses veines violettes ou bleues. Il varie de 5 à 25 ms avec une moyenne à 15 ms.

Le TRT dépend également de la taille de la veine et de sa diffusion thermique. C'est la capacité à dissiper la chaleur donc à se refroidir. Ainsi par sécurité et en pratique, le TRT réel correspond à cinq fois le TRT théorique du tissu. Il est de 20 ms. Cette précaution minore le risque de cicatrice post-laser Nd-Yag.

Voici la séquence Temps de pulse, TRT, temps de pulse = 5-20-15 (en ms) préconisée par **C. Garde**, en autres.

Sur des fins vaisseaux, les temps de pulse sont brefs, avec une fluence identique, voire majorée ; tout dépendra de la couleur de la cible. En comparaison, sur les monopulses, les temps de pulse peuvent aller jusqu'à 100 ms. Cette longue exposition a des répercussions néfastes sur les tissus avoisinants non vasculaires, car l'eau est une des cibles privilégiée du Nd-Yag, en dehors de l'oxyhémoglobine et de la désoxyhémoglobine [39].

En résumé, la durée des temps de pulse est donc fonction du diamètre de la veine et la fluence est sous la dépendance de sa couleur.

La fréquence

Durant les temps de pulses, quel serait le nombre de tirs idéal ? À 1 hz, les séances deviennent fastidieuses pour le patient et le « laseriste ». En augmentant la fréquence, la durée de séances est réduite sans accroissement des effets indésirables. Somme toute, plus les spots sont rapprochés durant le temps de pulse, plus le risque de réinjection sanguine dans les capillaires réticulaires décroît, d'où une efficacité supérieure avec une fréquence à 2,5 Hz, voire 3 Hz, qu'à 1 Hz.

La fluence [30, 40]

La fluence est fonction de la couleur de la veine (80 à 210 Jcm^{-2}). Toutes les varicosités n'ont pas cette couleur rouge écarlate. Dans la littérature sur les fluences monopulse, les fluences sont plus faibles qu'avec les multipulses. Celle-ci dépend de la taille de la veine et de sa profondeur (cours laser DIU Bordeaux 2012).

Pour des veines rouges, la fluence est à amplifier. En revanche, pour les veines bleues violettes (mélange de bleu et de rouge), celle- ci doit être moindre.

Les différentes régions des membres inférieurs

La situation anatomique du vaisseau sur le membre inférieur est aussi à prendre en compte. La pression hydrostatique étant maximale au niveau de la cheville, joue un rôle sur l'efficacité de ce traitement ; de même, pour la pression intracapillaire qui est de gradient variable (très important lors de la marche, surtout au niveau de la cheville et du pied) et qui est largement influencée par la gravité et le réseau perforant. Ceci est une des explications pourquoi les résultats sont nettement meilleurs au niveau du visage pour des télangiectasies ou de la couperose car cette pression est quasiment nulle. Au niveau des membres inférieurs, la pression tient à mobiliser les microthrombi ou à ouvrir à nouveau les vaisseaux traités. De la sorte, la destruction de télangiectasies sur les membres inférieurs n'est pas la même problématique que celles touchant la face. Par ailleurs, cette pression est plus ou moins reliée au réseau profond par les perforantes. Il est logique de penser que plus les zones de tirs sont situées dans des zones d'importantes pressions, moins les résultats sont à la hauteur espérée et plus les complications sont fréquentes comme avec la sclérothérapie.

De plus, nous traitons nos patients en position de décibitus dorsal ou ventral. Les contraintes de pressions sont identiques dans le membre, donc les résultats sont équivalents sur les mêmes types de télangiectasies quelle que soit leur situation anatomique. Ce qui n'est pas réel car plus la veine est soumise à d'importantes pressions, plus la fluence requise est à accroître au risques de brûlures ou de taches pigmentaires.

Dans l'étude sur 430 zones traitées de **C. Garde** [28] datant de 2013, la face externe de cuisse est la zone qui donne les meilleurs résultats puis, par ordre décroissant, la face interne de cuisse, la face externe de genou et de jambe puis la face interne de genou et jambe. Dans cette étude, le nombre de zones au niveau du pied n'étant pas suffisant, les résultats sont ininterprétables. Ce qui semble concordant avec la logique. Par la loi de Laplace, nous savons que la pression est inversement proportionnelle au rayon, d'où la pression dans la cuisse est moins forte qu'au niveau de la jambe.

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

Le déroulement de la séance est de traiter toutes les télangiectasies de même diamètre, en sachant que les veines bleues et de diamètre important disparaissent aisément mais pas forcément de façon durable. Puis le traitement passe sur les veines plus fines et plus rouges. Pour cela, il est nécessaire d'augmenter la fluence et de diminuer le deuxième temps de pulse.

La profondeur des vaisseaux

Les varicosités se situent à des profondeurs variables. La distance entre l'épiderme et les vaisseaux les plus superficiels se trouvant dans la membrane basale, au niveau des membres inférieurs varient entre 1,2 mm et 2,5 mm. Cet espace où le faisceau laser traverse un milieu hétérogène (eau, collagène, mélanine, carotinoïdes…), rempart naturel à la cible réelle qui est l'oxyhémoglobine et la désoxyhémoglobine. La couleur du sang dans les télangiectasies est due partiellement à la désoxygénation. Celle-ci est plus intense chez les patients présentant une insuffisance veineuse avec stase (**Bollinger**, **Dodd**, **Garde**). Pour **Merlen**, c'est le diamètre des veines et essentiellement leur profondeur qui détermine leur coloration. Mais il est nécessaire de nuancer ces différentes théories, par la présence des micro-shunts artério-veineux responsables de l'hyperpression dans les télangiectasies. Cette problématique pourrait être dépassée par une technique mini-invasive : le laser sub-cut 1064 nm [33] sous anesthésie locale tumescente. Le rayonnement laser n'a plus ce problème de traversée cutanée et il est donc possible de préserver plus aisément les tissus avoisinant la télangiectasie, mais ce ne sont que les balbutiements de cette technique.

La pièce à main et la taille du spot

La dimension de la pièce à main est aussi à prendre en compte. La pénétration du faisceau est proportionnelle à la taille du spot. Plus celui-ci est large, plus la pénétration est profonde. Mais une pièce à main de petit diamètre comme 2.5mm associée à une longueur d'onde de 1064nm permet d'avoir une forte pénétration en étant peu absorbée par les pigments cutanés. L'avantage d'une pièce à main de calibre plus grand permet de diminuer la fluence mais accroît les risques de taches pigmentaires et aussi la sensation algique d'où l'intérêt du système de refroidissement.

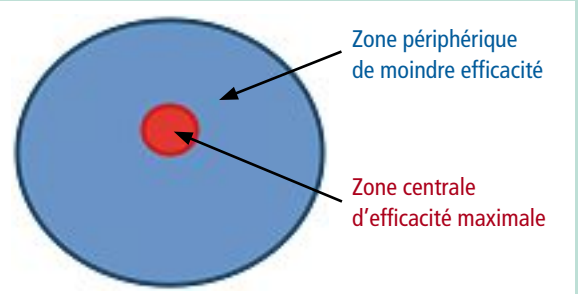

FIGURE 19

L'inconvénient du froid est qu'il est nécessaire d'augmenter la fluence d'au moins 10Jcm-2 pour obtenir des résultats équivalents en absence de refroidissement.

En outre, un paramètre peu connu est à signaler pour la taille de la lentille. Le faisceau laser est le plus puissant au centre de la lentille puis il existe une zone de diffusion où la fluence décroit. Donc le rayonnement laser est le plus efficace au centre de la lentille qu'en sa périphérie **(Figure 19)**.

Les spots sont jointifs mais non superposables les uns sur les autres. Il est alors nécessaire de ne pas rester immobile sur une même zone avec le laser actif pour éviter toute superposition de spots et majoration de brûlures et ou cicatrices dues au passage du laser.

Le phototype [10, 28]

Avec le laser Nd-Yag, tous les phototypes peuvent être traités, en théorie donc un phototype élevé n'est pas un obstacle au traitement laser par Nd-Yag. Dixit le docteur **Claude Garde**, il n'existe pas de variation de fluence par rapport au phototype. Ce qui est différent avec d'autres types de laser comme l'Alexandrite. Le Nd-YAG 1064nm préserve les tissus avoisinants de la télangiectasie ; celui-ci n'absorbe pas le brun (ce qui est erroné pour les lasers dont la longueur d'onde est inférieure à 600nm).

Remarque : Le phototype est déterminé par le questionnaire établi par **Thomas B. Fitzpatrick**. Cette classification est reconnue mondialement **(Figure 20)**.

L'algie [28] (Tableau 6)

SCLÉROTHÉRAPIE avec aiguille de 27,5 G et moins de 0,5 ml de lidocaïne 1 % Volume injecté ≤ 10ml	LASER Nd-YAG multipulse percutané 1064 nm Fluence moyenne 198 Jcm^{-2} – 5-20-15 (ms) / 2,5Hz
3,3/10	4,8/10
• À type de brûlure lors de l'injection si pas de Lidocaïne 1 % • Lors de la pénétration cutanée • Inconfort plusieurs jours après l'acte	• À type de brûlure pendant quelques heures (surtout sur les vaisseaux de plus grand calibre)

TABLEAU 6 : Douleur (430 zones traitées sur 100 patients).

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



FIGURE 20 : Quelques exemples de personnalités.
Australian Government-Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency.
http://www.arpansa.gov.au/RadiationProtection/Solaria

La sensation algique a été évaluée par une échelle visuelle d'évaluation et semble un peu plus intense qu'avec la sclérothérapie. Mais dans le mélange pour la sclérose, de la Lidocaïne 1 % est rajoutée, ce qui estompe la sensation de brûlure systématique lors de l'injection de l'ætoxysclérol.

En règle générale, le traitement laser est bien toléré avec l'apport du refroidissement et une pièce à main de petit diamètre (2,5 mm). L'hypnose conversationnelle peut éventuellement être usitée quelle que soit la technique requise pour atténuer l'anxiété du patient et d'intensifier ainsi le confort de ce dernier mais également celui du praticien.

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

Patient	Médecin
8,6/10	6,5/10

TABLEAU 7 : Efficacité du laser Nd-Yag multipulse percutané 1 064 nm. Fluence moyenne 198 Jcm⁻² 5-20-15 (ms) / 2,5 Hz

N'oublions pas que nos gestes sont de nature agressive et toutes analgésies, que ce soit par la Lidocaïne, que ce soit par le froid ou par tous autres procédés, agissent au niveau physiologique de la douleur et non sur la mémoire de l'algie qui se trouve au niveau de l'amygdale cérébrale (cours D.U. Hypnose Médicale, Université Pitié-Salpétrière-Paris VI). Le nombre de séances est rarement limité à une, donc travailler sur une personne de plus en plus angoissée peut réduire la qualité de notre acte et majorer les risques de malaise vagal.

L'efficacité du traitement laser [28]

Comme pour la douleur, elle a été estimée par une échelle visuelle d'évaluation par le patient et le médecin « laseriste ». Le retour patient est satisfaisant et un peu moins pour le thérapeute, ce qui peut s'expliquer par différentes manières. Ce dernier a, dans le dossier médical, les photographies d'avant traitement et peut comparer de façon plus objective que le patient qui n'a que ses souvenirs comme point de comparaison.

Ces clichés peuvent aussi être trompeurs : une lumière différente, prise avec flash ou sans flash, bronzage du patient, bonne définition de l'appareil…

Prendre des photographies non pas artistiques mais quasiment anthropométriques est tout un art que peu possèdent car ce qui est important ici, c'est la reproductibilité des photographies.

Peut-être le laser est-il victime de sa réputation ? Cela fait des années que celui-ci est employé dans le domaine des télangiectasies mais les premiers résultats ont été décevants, donc qu'en tant que praticiens, avons-nous mis beaucoup d'espoir et un certain nombre de nos confrères ont été désenchantés. Les progrès de cette technologie ont avancé mais ne sont pas révolutionnaires, d'où cette différence d'appréciation d'efficacité. Les résultats restent insuffisants pour les zones érythémateuses, les taches pigmentaires résultant de la pathologie veineuse. Le laser ne traite pas toutes les expressions de cette maladie chronique. Ce procédé garde toute son aura de modernité, surtout auprès des patients **(Tableau 7)**.

Comparaison sclérothérapie et laser Nd-YAG multipulse percutané / 1 064 nm **(Tableau 8)**

Quand on tente de traiter les télangiectasies, c'est tout d'abord le traitement de la maladie veineuse, et pas uniquement la thérapeutique des varicosités.

	Laser (532 nm, 585 nm, 810 nm, 940 nm)	Sclérothérapie	Laser Nd-Yag multipulse percutané / 1 064 nm
Avantages	– Augmentation de l'efficacité de la sclérothérapie sur petits vaisseaux	– Gold standard – Traitement en nappe du système microcirculatoire non systématisé et réticulaire – Meilleur contrôle des points de fuite	– Efficacité sur le réseau systématisé (traitement en spot) – Augmentation de l'efficacité de la sclérothérapie sur petits vaisseaux
Limites au niveau veineux	– Traitement en spot d'un système réticulé (shunt artério-veineux, voies de dérivation) – Arrêt de la séance à la demande du patient (algies ou inefficacité ou coût de la séance) – Coût du laser (achat et entretien)	– Demande esthétique (vaisseaux trop fins, trop diffus, trop nombreux) – Dans le traitement de certaines varicosités non systématisées, rebelles – Doses dépendantes (attention aux allégations légales) – Plusieurs séances – Arrêt de la séance à la demande du patient (algies ou inefficacité ou malaise vagal ou coût de la séance)	– Traitement en spot d'un système réticulé (shunt artério-veineux, voies de dérivation), d'un réseau mal systématisé – Hyperpression intra-capillaire non traitée – Durée de la séance – Arrêt de la séance à la demande du patient (algies ou inefficacité ou coût de la séance) – Coût du laser (achat et entretien)
Complications	– Brûlures percutanées – Taches pigmentaires (hyperpigmentations, hypo-pigmentations) – Matting – Nécroses	– Hyperpigmentations – Matting – Nécroses – Réactions allergiques – Malaise vagal – Injection intra-artérielle	– Brûlures percutanées – Taches pigmentaires (hyperpigmentations, hypo-pigmentations) – Matting (faces interne de genoux et de jambes) – Nécroses

TABLEAU 8 : Tableau comparatif.

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

Types de veine		Paramètres laser				
		Fluence (Jcm^{-2})	1er temps de pulse	TRT	2e temps de pulse	PAM (mm)
Télangiectasies	rouges	196	5	10-20	10-15	2,5-5
	violettes	165	5	10-20	15-20	2,5-5
	bleues	100	5	10-20	20-25	2,5-5
Érythrose		210	5	10-20	10	2,5
Matting		180-210	5	10-20	10	2,5

TABLEAU 9

Le travail du phlébologue (interrogatoire, examen clinique et écho-Doppler, traitement de la maladie veineuse, chirurgie, sclérothérapie) est de rechercher les points de fuite, de les annihiler puis de traiter le système réticulaire, et enfin de s'attaquer au traitement des télangiectasies. Les tâches sont hiérarchisées et codifiées. Le tiercé n'est pas gagné si la combinaison est dans le désordre.

Les recommandations datent du temps de l'ANAES pour le laser donc il n'y en a aucune pour le Nd-YAG 1064nm [31].

Au final, le laser est rarement employé seul. Il est fréquemment associé à la sclérothérapie, celle-ci améliorant les résultats par au moins deux manières :
– la baisse de pression intracapillaire ;
– l'augmentation du rougissement du vaisseau (amélioration du chromophore) à traiter si injection du produit sclérosant dans un premier temps, suivi dans la même séance du laser. L'organisation microcirculatoire non systématisée et réticulaire exige un traitement en nappe (slérothérapie) et non ponctuel en spot (laser).

Par conséquent, ce sont deux techniques complémentaires et non antagonistes.

En pratique, l'opérateur adapte principalement le tandem fluence et deuxième temps de pulse, pour le laser Nd-Yag, multipulse percutané, 1064 nm.

Remarque : certaines brûlures sont dues non pas aux paramètres du laser mais aux crèmes hydratantes appliquées sur la peau. Il est conseillé d'éviter toute application dans les vingt-quatre heures précédant la séance.

Tableau de bord

Le meilleur des cas à traiter par laser, est la ou les télangiectasies bleues, de gros calibre, se trouvant sur la face externe de la cuisse, sans souci de reflux et de pathologie du système réticulaire.

Mais si nous nous arrêtons à ce cas de figure idyllique, nous aurions peu de patients à traiter par ce procédé **(Tableau 9)**.

Après la revue de littérature non exhaustive, voici les préconisations généralement retrouvées ; mais nous ne sommes qu'au début de l'aventure laser ! Rien n'est encore véritablement bien codifié et c'est plus par l'empirisme et notre propre expérience de praticien que nous améliorons ce procédé, ce qui est paradoxal pour nos esprits de scientifiques et surtout pour nous qui habitons au pays de Descartes !

Les espoirs

Le laser Nd-Yag 1064 nm est rarement l'unique technique à employer dans le traitement des télangiectasies. La sclérothérapie reste le gold standard dans cette indication.

L'association avec d'autres techniques, comme les lampes flash, rend possible de traiter les érythroses héliodermiques, les micro-télangiectasies, les pigmentations brunâtres dues au dépôt d'hémosidérine ou le laser alexandrite pour les taches brunâtres post-sclérose ou chirurgie variqueuse.

Dans un futur plus lointain, le développement du laser avec différentes longueurs d'ondes, s'adaptant automatiquement aux divers types de télangiectasies, quels que soient la couleur, le diamètre, la profondeur du vaisseau, sa situation sur le membre inférieur..., permettra de les traiter dans une même séance. L'élaboration de ces algorithmes est un défi pour mathématiciens, physiciens, informaticiens.

Par ailleurs, le coût d'un laser, son entretien, et par conséquent sa rentabilité, sont aussi un frein à son développement. Pendant de nombreuses années, un laser était une indication. L'avenir est aux lasers multifonctions agissant sur plusieurs pathologies plus ou moins intriquées. Ceci pourra aider à démocratiser cette technique auprès des praticiens et aussi auprès des patients en réduisant le montant des séances.

Conclusion

Nous sommes des aventuriers dans la « contrée télangiectasies-laser », mais nous n'emmenons pas uniquement dans nos bagages l'arme laser.

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

Nous apportons avec nous toute notre panoplie thérapeutique de phlébologues et, entre autres, la sclérothérapie qui reste le gold standard, ou plutôt le Goldfinger dans cette indication.

Mais au pays de l'infiniment petit, elle atteint ses limites. Au lieu de parler d'antagonisme, évoquons plutôt un rôle de complémentarité.

Par ailleurs, cette pathologie étant multifactorielle, la prise en charge serait améliorée si elle était multidisciplinaire. Bref, nous avons besoin d'alliés pour gagner non pas seulement la bataille de la télangiectasie mais la guerre de la maladie veineuse.

En tant que phlébologues, nous nous occupons de la composante hémodynamique mais que faisons-nous pour les versants hormonal, héréditaire, physiopathologique tissulaire veineux ?

Il est vrai que pour les deux derniers items, nous avons encore peu d'arsenal thérapeutique.

Au stade actuel des connaissances sur les lasers et sa pratique, celui-ci ne fait toujours pas de miracles, mais il garde de cette aura du divin.

Références

1. Ramelet A.A., Perrin M., Kern P., Bounaneaux H. Éditions Elsevier Masson : Abrégés de phlébologie, 5e édition, nov. 2006 ; 3-20 : 66-86.
2. Toledano A. Les lasers vasculaires. Éditions Vernazobres-Grego, déc. 2011 : 67-107.
3. Braveman L.M., Keh-Yen A. Ultrastructure of the human dermal circulation. J. Invest. Dermatol. 1983 ; 81 : 438-42.
4. Curri S.B. Anatomie microvasculaire de la peau et de ses annexes. Phlébologie 1990 ; 43 : 407-30.
5. Curri S.B., Merlen J.E. Troubles microvasculaires du tissu adipeux. J. Mal. Vasc. 1986 ; 11 : 303-9.
6. Griton Ph. Que penser des voies de drainage des télangiectasies ? Ouest Médical 1985 ; 38 : 603-7.
7. Griton Ph. Le problème des racines des télangiectasies dans la maladie variqueuse. Phlébologie 1994 ; 4 : 317-23.
8. Merlen J.E., Coget J.M., Sarteel A.M. La cellulite : affection microvasculoconjonctive. Phlébologie 1979 ; 32 : 279-82.
9. http://lyon-sud.univ-lyon1.fr/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?ID_FICHIER=1320402908819 (principes et discussion).
10. http://www.arpansa.gov.au/RadiationProtection/Solaria/Offline/05/06.html (Classification Fitzpatrick).
11. Hébrant J., Colignon A. Le traitement des varicosités. Société Française de Médecine Esthétique : Manuel pratique de médecine esthétique, 3e édition 1998 : 257-76.
12. Tomaselli F. La phlébologie esthétique. Société Française de Médecine Esthétique : Manuel pratique de médecine esthétique, 3e édition 1998 : 253-6.
13. Benoliel S. Généralités sur les lasers. Le laser en dermatologie et esthétique. PUF : Le point des connaissances, 2e édition 1998 : 12-22.
14. Benoliel S. Les laser en dermatologie. Le laser en dermatologie et esthétique. PUF : Le point des connaissances, 2e édition 1998 : 23-39.
15. Anderson R.R. Laser medicine in dermatology. J. Dermatol. 1996 ; 23 (11) : 778-82.
16. Ashiboff R. Introduction to lasers. Semin. Dermatol. 1994 ; 13 (1) : 48-59.
17. Dover J.S., Kilmer S.L., Anderson R.R. What's new in cutaneous laser surgery. J. Dermatol. Surg. & Oncol. 1993 ; 19 (4) : 295-8.
18. Goldberg D.J., Marcus J. The use of the frequency-doubles Q-switched Nd-YAG laser in the treatment of small cutaneous vascular lesions, Dermatol. Surg. 1996 ; 22 (10) : 841-4.
19. Herd R.M., Dover J.S., Arndt K.A. Basic laser principles. Dermatologic Clinics 1997 ; 15 (3) : 355-72.
20. Landthaler M., Hohenleutner U., Abd el Raheem T.A. Therapy of vascular lesions in the head and neck area by means of argon, Nd-YAG, CO_2 and flashlamp-pumped pulsed dye lasers, review. Advances in Oto-Rhino-Laryngology 1995 ; 49 : 81-6.
21. Rosemberg G.J., Gregory R.O. Lasers in aesthetic surgery, review. Clinics in Plastic Surgery 1996 ; 23 (1) : 29-48.
22. Spicer M.S., Goldberg D.J. Lasers in dermatology. J. Am. Acad. Dermatol. 1996 ; 34 (1) : 1-25.
23. Toregard B.M. Laser appications in cosmetic surgery. Ann. Chir. Gynecol. 1990 ; 79 (4) : 208-15.
24. Wheeland R.G. Clinical uses of lasers in dermatology. Lasers in Surgery & Medicine 1995 ; 16 (1) : 165-9.
25. Wheeland R.G. History of lasers in dermatology. Clin. Dermatol. 1995 ; 13 (1) : 3-10.
26. Levy J.L., Mordon S. Généralités sur l'interaction laser tissu biologique. Le relissage laser. Éditions Solal : Pratiques en esthétique médicale 1996 : 43-58.
27. Mordon S. Actions thermiques des lasers. Encyclopédies des lasers en médecine et chirurgie : bases physiques et principes. PICCIN 1995.
28. Garde C. Utilisation d'un laser Nd-YAG multipulse dans les traitements des télangiectasies : à propos de 100 cas représentant 430 zones de traitement. Suivi pendant trois mois. Phlébologie Annales Vasculaires 2013 ; 66 (1) : 28-36.
29. Parlette E.C. Optimal pulse durations for the treatment of leg telangiectasias with Nd-YAG laser. Laser Surg. Med. 2006 ; 38 : 98-105.
30. Rogachefsky A.S., et al. Nd-YAG laser (1064nm) irradiations for lower extremity telangiectases and small reticular veins: efficacy as measured be vessel color and size. Dermatol. Surg. 2002 ; 28 : 220-3.
31. Recommandations et références médicales 10/10/01. Indications thérapeutiques des lasers en dermatologie, Partie IV Lasers vasculaires,15-17 www.anaes.fr/ANAES/Publications.nsf/nlD/LILF-458JRY.

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

32. Lenz P. L'utilisation de lasers en médecine : bases physiques et considérations pratiques. R.B.M. 1996 ; 18 : 165-78.
33. Garde C. Le traitement des varicosités et télangiectasies par laser sub-cut 1064nm. Étude sur 27 cas représentant 103 zones de traitement : suivi 30 mois. Phlébologie 2012 ; 65 (3) : 28-34.
34. Ferrara F., Ferrara G. Une nouvelle approche multi-thérapeutique du traitement des télangiectasies. Phlébologie 2013 ; 66 (1) : 37-43.
35. Garde C. Physiopathologie des télangiectasies. Angiologie 2008 ; 60 (5) : 29-37.
36. Garde C., Muntlack H. Study of the different superficial venous territories by dynamic phlébogram. Communication N.A.S.P. 199.
37. Van der Stricht J.P. Existe-t-il une communication artério-veineuse dans les télangiectasies ? Phlébologie 1994 ; 47 (4) : 329-35.
38. Blanchemaison P. Le choix des paramètres dans le traitement par laser KTP et Nd-YAG des varicosités. Phlébologie 2004 ; 54 (4) : 383-91.
39. Mordon S., Brisot D, Fournier N. Using a "non uniform pulse sequence" can improve selective coagulation with Nd-YAG laser thanks to Met-hemoglobin absorption: a clinical study on blue leg veins. Lasers Surg. Med. 2003 ; 32 : 160-70.
40. Touboul D. Cours DU de lasers de Bordeaux, 2012-2013.

www.revue-phlebologie.org