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

Quelles mousses pour quelles indications ?

Which foams are right for which indications?

Monfreux A.

Résumé

La sclérose à la mousse, initiée dès les années 1950 et remise au goût du jour depuis les années 1995, n'a fait l'objet d'aucune étude véritablement exhaustive sur les caractéristiques et les conséquences de la transformation physique des liquides sclérosants en mousse :
- les propriétés des mousses tant sur le plan physique que rhéologique ;
- les différences de structure : sèche ou humide ;
- le type de fabrication des mousses ;
- le mode de propagation de l'embole de mousse dans le vaisseau ;
- ainsi que les déplacements du liquide sclérosant à l'intérieur de la mousse ;
- le vieillissement de celle-ci ;
- les relations étroites entre texture, efficacité, indications et même effets secondaires.

Toutes ces propriétés sont d'une importance primordiale à considérer, pour affiner le pouvoir thérapeutique sclérosant de ces mousses, et pour mieux répondre ainsi aux besoins très variés et croissants des angio-phlébologues dans le vaste domaine de leur activité vasculaire.

L'objet de cet article est de mettre en évidence les relations existant entre la structure des mousses et ses conséquences thérapeutiques probables.

Il s'agit aussi d'améliorer davantage encore cette méthode de traitement très efficace, mais largement sous-employée, en raison même de l'aspect artisanal de sa mise en œuvre et du peu de bases scientifiques sous-jacentes et consultables, sur la transformation des liquides sclérosants en mousse.

Cet essai est la somme de réflexions basées sur l'utilisation quotidienne depuis plus de trente ans et exclusive de cette méthode de traitement, sur des patients atteints de maladie variqueuse de tous calibres.

Summary

Foam sclerotherapy, initiated in the 1950s but which became fashionable again from 1995, has never been subjected to a truly exhaustive study of the characteristics and consequences of the physical transformation of the sclerosing liquids into foam:
- *properties of foam on both the physical and rheological level;*
- *the different structures: dry or wet;*
- *types of foam manufacture;*
- *method of propagation of the foam embolus in the blood vessel;*
- *as well as the movement of the sclerosing liquid within the foam;*
- *the way foam performs over time;*
- *the close relationship between texture, effectiveness, indications and even side effects.*

All these are properties of supreme importance that must be taken into consideration in order to improve the therapeutic properties of these foams, to meet the very varied and increasing needs of angio-phlebologists in the extensive field of their vascular practice.

The purpose of this paper is to highlight the existing relationship between the structure of foams and their probable therapeutic consequences.

It is also a matter of making even greater improvements to this very effective, but largely under-used, treatment method, due to the rather amateurish way in which it is sometimes implemented and the lack of underlying and consultable scientific bases explaining the way the sclerosing liquids convert into foam.

This paper is the sum of a review of the author's thoughts on the subject based on his daily use of the procedure for more than thirty years, exclusively practising this method of treatment on patients suffering from varicose conditions of all types.

Alain Monfreux, membre d'honneur de la Société Française de Phlébologie, président d'honneur du Club Mousse, F-31000 Toulouse.
E-mail : dr.monfreux@sterivein.com
Remis à la rédaction le 10 mai 2013. – Accepté le 13 juillet 2013

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

La confrontation de ces observations aux connaissances en physique fondamentale, veut se donner le rôle de catalyseur des réflexions nécessaires à l'évolution de cet outil thérapeutique essentiel à notre discipline et dont la pérennité ne saurait être absolument garantie sans une confirmation de ses bases scientifiques.

Mots-clés : *structure, texture, mousse sèche, mousse humide, surfactant, tensio-actif, molécule amphiphile, tête hydrophile, queue hydrophobe, tension superficielle, film liquide de surface, bords de plateau, canaux, nœuds, monocouche, cohésion, stabilité, moussabilité, drainage, mûrissement, coalescence, vieillissement, absorption, adsorption, sphérique, polyédrique, solubilité, moussage par transfert, moussage thermodynamique, connecteur, double raccord, silicone, ratio liquide/air, viscoélasticité, standardisation.*

The confrontation of these observations with a basic knowledge of physics has become the catalyst in the reasoning required for the development of this essential treatment tool in our discipline, though one which cannot be absolutely guaranteed in the long run unless there is confirmation of the science on which it is based.

Keywords: tructure, texture, dry foam, wet foam, surfactant, tensio-active, amphiphilic molecule, hydrophilic head, hydrophobic tail, surface tension, liquid film surface, edges of the plate, channels, knots, single layer, cohesion, stability, foamability, drainage, ripening, coalescence, ageing, absorption, adsorption, spherical, polyhedric, solubility, foaming through transfer, thermodynamic foaming, connector, dual connection, silicone, liquid-to-air ratio, viscoelasticity, standardization.

Objectif de l'étude

Il s'agit de montrer qu'une réflexion sur les caractéristiques physiques et rhéologiques des mousses en sclérothérapie est nécessaire afin de mieux comprendre l'importance du mode de fabrication et des différences de structure des mousses, les conséquences sur leurs activités, la maîtrise et la réduction des effets indésirables et ainsi mieux répondre aux besoins thérapeutiques spécifiques de toutes les pathologies rencontrées dans le vaste domaine de l'angiophlébologie.

Méthode

Il faut passer en revue, après un rapide aperçu de leurs structures, les conditions d'obtention d'une mousse, les modifications engendrées par la transformation en mousse des liquides sclérosants, le mode d'action et les déplacements du liquide sclérosant dans la mousse, la relation entre texture, efficacité, indications et effets secondaires des mousses sèches et des mousses humides, enfin suivre l'évolution de la mousse dans le temps et son vieillissement.

Structure des mousses

Pour obtenir une mousse, il faut mélanger intimement un gaz et un liquide, lequel doit contenir des agents surfactants ou tensioactifs, afin de réaliser une mousse, à la différence des liquides purs comme l'eau qui ne peuvent mousser.

Or en sclérothérapie, les agents sclérosants les plus utilisés sont justement de ce type physico-chimique : c'est ce qui a permis de les transformer en mousse, afin d'optimiser le contact avec la paroi endothéliale et donc l'efficacité de la dose sclérosante liquidienne [1] **(Figure 1)**.

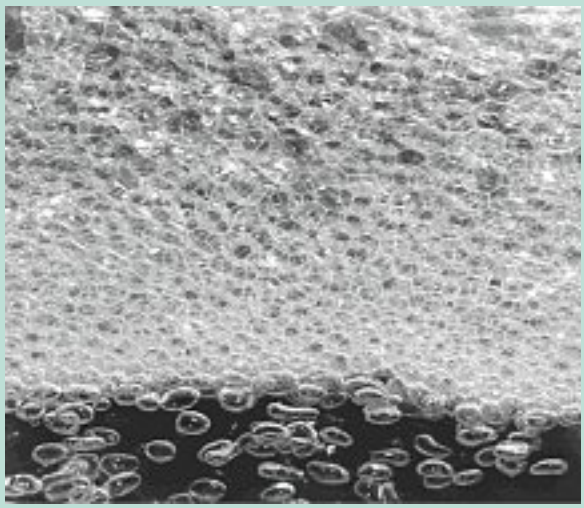

FIGURE 1 : Aspect d'une mousse et ses 2 stades de structure : en bas, bulles d'air dans le liquide, au centre, bulles humides circulaires, avec des films liquides épais ; en haut, bulles polyédriques plus sèches, aux films liquides minces.

Conditions d'obtention d'une mousse

La mousse est un mélange de gaz (de l'air en l'occurrence) et d'un liquide sclérosant contenant des agents surfactants ou tensioactifs, c'est-à-dire des molécules amphiphiles à tête hydrophile et queue hydrophobe et dont la quantité est fonction de la concentration du liquide sclérosant utilisé.

Quand on dissout un tensioactif dans l'eau, la partie hydrophobe de la molécule a tendance à fuir la solution et se place à l'interface eau-air, ce qui abaisse la tension superficielle de l'eau.

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

Cela forme une monocouche et son vis-à-vis, dans le cas de deux bulles jointives, forme un film liquide de séparation entre les deux bulles [5], plus ou moins stable en fonction de la concentration en tensioactifs et des propriétés de la monocouche.

Lorsque la surface est complètement saturée en tensioactifs, la tension superficielle atteint un plateau même si les molécules de tensioactifs sont en plus grand nombre **(Figure 2)**.

La moussabilité de la solution est donc assurée par les molécules de surfactants qui permettent de stabiliser les films entre les phases liquides et gazeuses à l'origine de la mousse.

Si le film a naturellement tendance à s'étirer avec le temps, les molécules de surfactants présentes à l'intérieur de la phase liquidienne viennent renforcer la fragilité de la lame liquidienne de séparation entre 2 bulles en s'interposant entre les molécules écartées par l'étirement.

La cohésion est ainsi assurée et la mousse stabilisée ; tout ceci étant lié à la présence de ces molécules, elles-mêmes fonction de la concentration du liquide sclérosant.

Il existe un ensemble de forces moléculaires attractives et répulsives qui contribuent à la solidité plus ou moins importante du film de surface : si le bilan des forces est attractif, le drainage du film est accéléré et la mousse fragilisée, il est au contraire ralenti et la mousse stabilisée si ce bilan est répulsif.

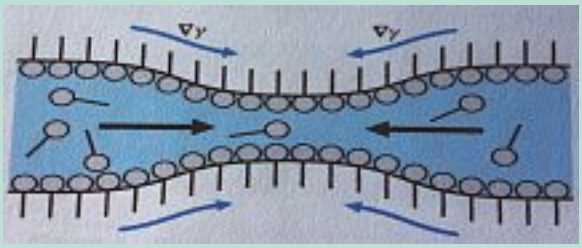

FIGURE 2 : Film liquide d'une bulle de mousse.

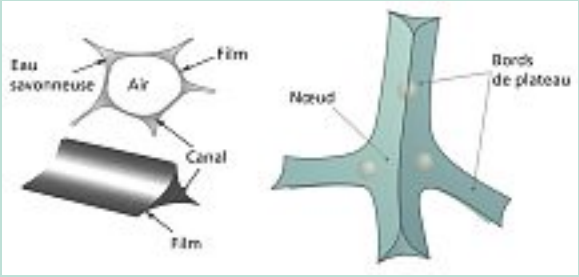

FIGURE 3 : Circulation du liquide dans le réseau de canaux séparant plusieurs bulles.
Trois bords de Plateau se réunissent pour former un canal et plusieurs canaux sont réunis par un nœud.

Circulation du liquide sclérosant dans le réseau de canaux et de films liquidiens

La lame liquidienne de sclérosant tensioactif qui sépare chaque bulle de sa voisine est constituée par les films, les bords de Plateau et les nœuds, et elle forme un réseau de canaux liquides interconnectés, au sein duquel le liquide s'écoule suivant les gradients de pression auquel il est soumis, selon un processus appelé drainage.

C'est ce liquide contenu au niveau du film pariétal, contre le tissu veineux, qui agit pour irriter la paroi.

Il est probable qu'une fois les molécules de liquide sclérosant « disparues » ou absorbées, à la suite de leur action sur la veine, ces molécules de liquide sont remplacées par les molécules contenues dans le reste de la mouse par un jeu de rééquilibre physicochimique.

Par quel phénomène ce remplacement s'opère-t-il ?

Si le film s'amincit localement, la surface s'agrandit elle aussi localement et la concentration de surface en surfactants diminue elle aussi localement.

Il se produit un écoulement de liquide entraîné par le gradient de concentration de surface, lequel ramène du liquide qui restaure l'épaisseur du film.

En dehors du drainage, deux autres facteurs influent sur cette circulation : le mûrissement et la coalescence [3] **(Figure 3)**.

Drainage de la mousse

Le liquide interbulles a tendance à se drainer [4] vers la partie inférieure de la mousse, les bulles changent de formes devenant polyédriques et provoquent une hétérogénéité de la mousse, d'autant plus que la concentration de liquide sclérosant en agents tensioactifs est faible et que la mousse est humide, donc que le ratio liquide/air est élevé **(Figure 4)**.

Mûrissement de la mousse d'Oswald

Le mûrissement de la mousse est lié aux pressions relatives entre des bulles de tailles différentes : le gaz contenu dans la petite bulle diffuse vers la plus grosse où la pression est moins élevée, selon les lois de Laplace, concourant là aussi à une perte d'homogénéité de la taille des bulles.

Or dans une mousse les bulles n'ont généralement pas la même taille et la structure de la mousse évolue tout en restant statistiquement similaire, s'il n'y a pas de rupture de film : le diamètre moyen des bulles croît en fonction du temps.

La vitesse de mûrissement est proportionnelle à la solubilité du gaz (l'air est moins soluble que le CO_2, d'où son utilisation en sclérothérapie) et inversement proportionnelle à la taille des bulles **(Figure 5)**.

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

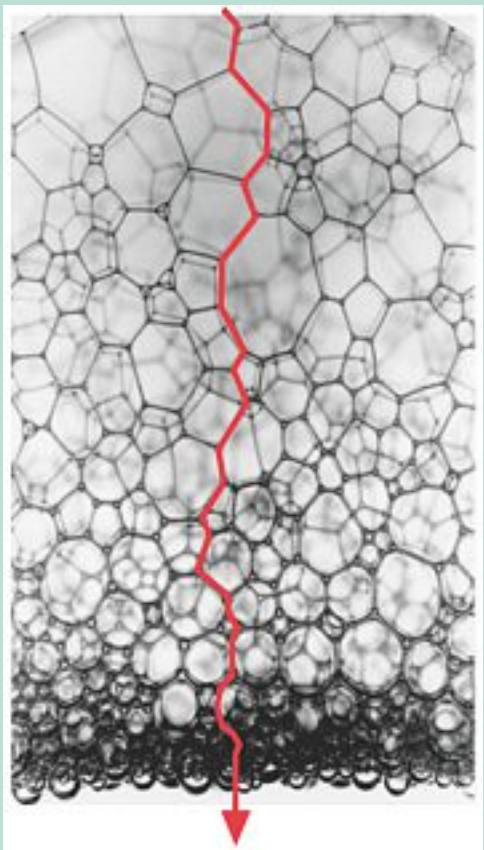

FIGURE 4 : Écoulement du liquide à travers la mousse sous l'effet de la gravité : les bulles du haut deviennent polyédriques et sèches, alors que celles du bas deviennent plus humides et sphériques.

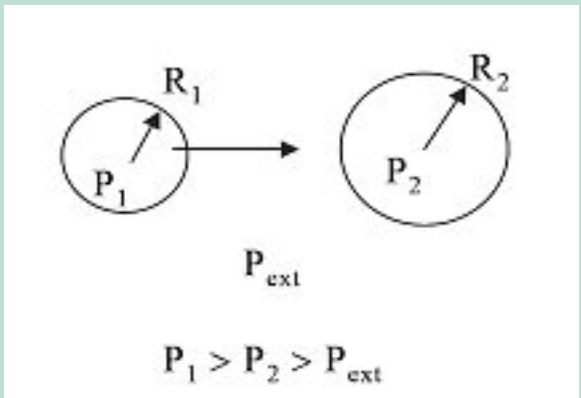

FIGURE 5 : Le mûrissement est lié à la différence de pression entre deux bulles de diamètre différent : l'air contenu dans la bulle la plus petite, diffuse vers la bulle la plus grande où la pression est plus faible selon les lois de Laplace. La mousse perd peu à peu de son homogénéité et la mousse devient beaucoup moins stable.

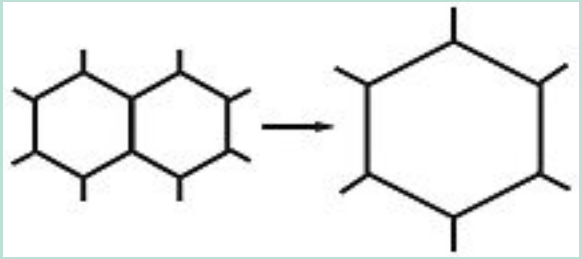

FIGURE 6 : La rupture d'un film de surface séparant deux bulles réalise une bulle de plus grande taille et marque le début d'un phénomène en cascade, véritable avalanche qui précipite la lyse de la mousse.

Phénomène de coalescence

Le phénomène de coalescence est lié à la rupture d'un film de surface séparant deux bulles, qui aboutit à la création d'une bulle unique plus grosse. La vitesse de la coalescence croît avec la taille des bulles et marque souvent le début d'une réaction en chaîne ou avalanche, précipitant rapidement la lyse de la mousse **(Figure 6)**.

Fabrication des mousses : moussage par « transfert »

Plusieurs façons de fabriquer une mousse peuvent être envisagées en sclérothérapie.

Tout d'abord par mélange mécanique entre deux phases, une phase liquide et une autre gazeuse, de l'air le plus souvent. Cette méthode que nous appelons « transfert » est sur le plan physique une « agitation mécanique », qui vise à mélanger intimement les deux phases entre elles, mais c'est au prix de nombreux mouvements alternatifs de transfert entre les deux récipients que la mousse se fabrique petit à petit.

Si la manipulation n'est pas correctement réalisée, et c'est souvent le cas en raison :

– du nombre important mais non défini de va-et-vient nécessaires à la réalisation de la mousse ;
– de la taille souvent différente des seringues utilisées ;
– du diamètre interne variable des différents raccords double femelles utilisés sur le marché) ;

alors un résidu de mousse humide persiste dans le matériel de moussage (dont les petites bulles sphériques et entourées d'une lame liquidienne épaisse, sont mélangées à des bulles plus grandes, polyédriques aux films de surface plus fins) : la cohabitation de ces deux états fragilise la mousse par la différence de structure et de taille des bulles, comme nous l'avons vu plus haut.

Les dispositifs double raccord réalisant déjà une mousse plus labile, car de structure inhomogène, utilisent une deuxième seringue et une double dose de silicone, lequel a la réputation d'être un agent anti moussant important.

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 : Différents types de raccords double femelle.

De plus les mouvements alternatifs nombreux (entre 10 et 20) nécessaires à ce type de moussage ramènent davantage encore de silicone au sein de la solution moussante.

Enfin les ratios L/A utilisés sont différents d'un système à l'autre.

Les dispositifs actuels les plus utilisés et le dispositif « Easy-Foam® » sont des doubles raccords femelles **(Figure 7)**.

Fabrication des mousses : moussage « thermodynamique »

La seconde manière d'arriver à une mousse est de façon thermodynamique, c'est-à-dire par « détente adiabatique » de gaz dissous dans la solution.

Il se produit un dégazage sous forme de bulles ou nucléation.

Cette façon de fabriquer de la mousse est quasi instantanée et offre une bien meilleure garantie de régularité de la taille des bulles à l'intérieur de la mousse, en raison de la répartition immédiate des différentes phases liquide et gazeuse entre elles.

De plus, la rapidité extrême de la réalisation en fait un dispositif peu opérateur dépendant.

Cette procédure de moussage est assurée par un seul dispositif actuellement sur le marché, le « Sterivein® », lequel ne fait appel par ailleurs qu'à une seule seringue, réduisant ainsi la détérioration de la mousse par la présence de silicone contenue dans les seringues, d'autant que l'unique manœuvre du piston relargue encore moins de silicone dans la solution moussante.

Ces deux particularités associées font de ce dispositif un meilleur système de moussage, assurant une moussabilité et une stabilité supérieure de la mousse, ainsi qu'un dispositif idéal pour la modification de structure de la mousse **(Figure 8)**.

FIGURE 8 : Sterivein.

Modifications engendrées par la transformation en mousse des liquides sclérosants

Pour mieux expliquer et/ou comprendre l'intérêt récent de la communauté phlébologique pour les mousses sclérosantes, il faut vraiment avoir à l'esprit ce que représente l'utilisation d'un sclérosant liquide transformé sous forme de mousse [2].

Il faut mesurer les conséquences de la transformation d'un liquide en un solide viscoélastique, puisque la mousse est ainsi caractérisée sur le plan physique, dans son contact avec les parois veineuses et par le remplissage optimal des calibres variqueux.

Il faut constater l'absence de dilution dans le sang, du liquide sclérosant sous forme moussante et le maintient d'une concentration constante et identique de la dose sclérosante, partout où la mousse se déplace dans le ou les tronçons variqueux à éradiquer.

Il faut aussi mettre en œuvre la variabilité de la qualité ou de la texture de la mousse et l'adapter aux calibres variqueux à traiter : une mousse humide et plus liquide pour les petits calibres, une mousse « normale » ou moyenne pour les calibres courants et une mousse plus compacte et sèche pour les calibres les plus importants ou les points de fuite ou de résistance particuliers.

Il faut enfin prendre en considération l'embole que représente cette mousse et l'adapter au volume de la varice que l'on veut traiter.

Mousses sèches et humides : texture, efficacité et effets secondaires

Bien que la physique donne une définition stricte de l'humidité d'une mousse, laquelle est considérée comme sèche quand le rapport volume de liquide / volume de mousse est < 5–7 %, nos mousses sclérosantes sont toutes humides !

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 différents ratios utilisés de nos jours vont de **20 %** de taux d'humidité pour les dispositifs double raccord femelle manuels, à **17,7 %** d'humidité pour le dispositif « EasyFoam » et environ **15 % à 10 %** d'humidité pour le « Sterivein » dans son utilisation « mousses normales et mousses compactes ».

On voit donc que ces mousses, bien qu'humides, n'en auront pas moins une structure physique différente selon leur teneur en liquide sclérosant, ce qui aura une influence sur la moussabilité et la stabilité, mais aussi sur les résultats obtenus.

Il faut à la fois une quantité de liquide sclérosant suffisante, mais pas trop, car la majeure partie de ce liquide sclérosant est répartie dans toute la mousse dont la seule partie efficace, en contact avec la paroi endothéliale, est à la périphérie de l'embole sclérosant moussant.

La quantité de liquide sclérosant excédentaire dans le cas des mousses humides et à forte concentration, si elle sert de réserve de sclérosant, peut devenir un problème quand cette mousse se retrouve dans le réseau veineux profond, lieu de régimes de circulation turbulents, accélérant la lyse de la mousse et la libération du sclérosant liquide en plus grande quantité.

Il est préférable alors de se retrouver avec des amas de mousse plus sèche contenant moins de sclérosant.

Il faut donc toujours tenter de corréler la texture de la mousse à la concentration du produit sclérosant utilisé : par ailleurs dans une mousse sèche, les films pariétaux sont plus fins et ont tendance à se rompre plus facilement, la mousse est moins stable.

Il faut donc compenser cette fragilité de surface, due à un manque d'épaisseur du film liquidien, par une augmentation des agents surfactants contenus dans la solution, afin de renforcer la solidité de ces films et assurer ainsi une meilleure stabilité de la mousse.

La réponse se trouve dans l'utilisation de sclérosant liquide de concentration plus élevée, car une concentration élevée est associée à la présence de surfactants en plus grande quantité **(Figure 9)**.

Rhéologie des mousses

Une mousse de texture moyenne ou médiane de ratio L/A de 1/4 ne pourra pas se déplacer facilement dans des petits vaisseaux, en raison de sa texture trop épaisse et ne remplira pas non plus suffisamment un vaisseau de calibre important, se comportant alors comme une bulle d'air dans une tubulure remplie de liquide.

Une mousse molle et humide de ratio L/A compris entre 1/2 et 1/3 diffusera idéalement dans de petits vaisseaux, améliorant la sclérose de ceux-ci.

Une mousse compacte et plus solide donc plus sèche de ratio 1/5 et au-delà 1/6 à 1/8 remplira intégralement de gros calibres en se déplaçant lentement contre les parois, conditions d'une meilleure sclérose.

Résultats

L'utilisation des mousses en sclérothérapie a permis de majorer l'efficacité des sclérosants, par la modification en mousses des liquides sclérosants, pour une raison essentielle qui est la transformation d'un liquide en un corps plus solide, viscoélastique ralentissant le déplacement de la mousse à l'intérieur des axes variqueux.

Les formes liquidiennes, si elles sont plus chargées en molécules sclérosantes, à la fois en concentration et en volume, sont finalement bien moins efficaces que les formes moussantes.

Ce qui prime donc dans le résultat sclérosant, c'est plus la forme physique de ce que l'on injecte que sa concentration ou son volume initial liquidien.

En effet, à la base de cet état de fait, se trouve la rhéologie du déplacement de la mousse : il faut qu'elle puisse migrer dans les troncs à traiter tout en optimisant la réaction sclérosante :

– sèche, plus concentrée et compacte, occupant tout le volume dans les gros calibres
– et plus humide, moins concentrée et plus fluide dans les petites veinules et les varicosités.

FIGURE 9 : Aspect d'une mousse sèche : ratio < 5 % (à gauche). Aspect d'une mousse humide : ratio > 5 % et < 36 % (à droite).

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

En fait, il est logique de penser que plus la lésion à traiter est stratégiquement importante, plus l'embole moussant devra être efficace.

Comment y parvenir ? Par une structure plus compacte et moins mobilisable, et par une concentration supérieure du liquide sclérosant utilisé, compensant la petite quantité de substance contenue dans une mousse sèche.

Toutefois cette attitude devrait être réservée uniquement à ces points particuliers de résistance escomptée à l'échosclérose, au vu du bilan écho-Doppler pratiqué.

Il existe donc une relation nécessaire, à la fois physique mais aussi thérapeutique étroite entre la structure plus ou moins sèche et compacte de la mousse et la concentration du liquide sclérosant utilisé pour la réalisation de cette mousse.

Il convient en outre d'essayer d'établir une adéquation entre texture et concentration des types de mousses fabriquées pour les différentes indications de leurs utilisations.

En effet on peut schématiquement et logiquement affirmer :

– que plus on est loin d'un point de fuite, d'une perforante ou d'une crosse incontinente, plus la texture médiane de la mousse et sa concentration moyenne peuvent et doivent être recherchées ;
– à l'inverse, près d'une zone de reflux important sur un plan thérapeutique, c'est une texture plus sèche et compacte et plus concentrée en agents tensioactifs qu'il faudra privilégier afin d'obtenir le résultat escompté.

- Pour les « **mousses humides et molles** » destinées aux veinules et varicosités, un ratio de 1/2 à 1/3 de liquide *versus* air atmosphérique pour une concentration de liquide sclérosant de **0,125 %** à **0,250 %** semble adéquat, l'objectif étant la fluidité du déplacement de la mousse dans ces structures sinueuses, aux calibres les plus ténus.
- Pour les « **mousses moyennes** » de ratio 1/4 et selon les calibres variqueux à traiter, compris entre **2** et **6/7 mm** de diamètre, une concentration de **0,5 %** à **1,5 %** semble une pratique usuelle : l'objectif étant le remplissage optimum du contenant, lequel ne semble pas, après bilan, devoir présenter de difficultés particulières à la sclérothérapie.
- Pour les « **mousses sèches et compactes** » dont le ratio liquide/air varie de 1/5 à 1/6, voire 1/8, on peut logiquement penser que la concentration alors utilisée devrait être de **1,5 %** à **2 %** et même jusqu'à **3 %** pour les textures très sèches d'utilisation restreinte aux cas rebelles aux séances précédentes, en particulier pour des calibres très supérieurs à **6/7 mm** de diamètre, la concentration élevée du sclérosant compensant la petite quantité de sclérosant liquide utilisée pour fabriquer cette mousse, au déplacement rhéologique très lent et nécessaire à la sclérose.

Comme on vient de le voir dans les précédents chapitres il est impératif, notamment en raison de l'instabilité structurelle de la mousse et de son vieillissement rapide et afin d'obtenir une moussabilité plus efficace et plus stable, d'agir sur les facteurs modifiables auxquels nous avons accès et dont nous venons de parler :

- **Le type de fabrication de mousse** réalisée par effet thermodynamique ou « détente adiabatique » semble préférable au procédé de transfert par « agitation mécanique ».
- **Les facteurs de moussabilité et de stabilité de la mousse**, que sont la teneur en tensioactifs et la concentration des solutions, la quantité de liquide ou taux d'humidité de la mousse et leurs relations étroites, sont à étudier et à mettre en œuvre de façon plus précise qu'aujourd'hui.
- **Les facteurs de disparition de la mousse** que ce soient l'inhomogénéité de structure des bulles, le vieillissement inexorable, ou la destruction de la mousse par excès de silicone sont à prendre en compte avec la plus grande considération.

Conclusion

Ces quelques remarques physiques sur les mousses devraient permettre de mieux comprendre à la fois les procédures les plus efficaces de réalisation d'une mousse, mais aussi les conditions d'une meilleure stabilité de la mousse durant le temps de la séance de sclérose.

Elles devraient aussi faciliter l'adaptation de l'outil thérapeutique sclérosant moussant au type de lésion à traiter, et mieux faire correspondre à chaque calibre variqueux et compte tenu de l'importance de la pression du flux variqueux supposé y siégeant, une texture de mousse prédéterminée qui aura toutes les chances d'aboutir à un résultat immédiatement et durablement plus probant.

Il ne faudrait pas en effet, que la recherche certes louable, d'une standardisation de la fabrication de la mousse (sur quelles bases ?) se solde par une homogénéisation vers le bas des résultats et des indications de cette thérapeutique si prometteuse.

Si l'objectif de la sclérothérapie est le traitement des varices simples allant de **2 mm** de diamètre à des calibres sur les axes saphéniens de **6/7 mm** de diamètre sans incontinence des crosses, alors la mousse n'était pas indispensable : on savait parfaitement faire avec les formes liquidiennes avant, en association avec l'utilisation concomitante de l'écho-Doppler !

Si la mousse a présenté un intérêt déterminant, c'est justement pour tous les cas où les efforts des plus entraînés d'entres nous étaient vains devant certaines lésions conséquentes, tant sur le plan pression que volume.

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

Mais réduire les indications de cette nouvelle technique au principe que la standardisation actuelle devrait devenir le seul et unique protocole de traitement, serait dans les faits une véritable régression en terme d'efficacité !

Toutes les mousses, qu'elles soient plus ou moins sèches ou humides, sont des mousses et méconnaître leurs spécificités est une erreur de stratégie préjudiciable au traitement correct des très nombreux types de lésions veineuses rencontrées.

Adapter la structure de la mousse au calibre variqueux à traiter, c'est élargir le champ de la sclérothérapie à de plus en plus de lésions qui font partie du quotidien de nos cabinets d'angiologie et c'est aussi offrir une méthode toujours aussi simple mais encore plus efficace à un plus grand nombre de praticiens, pour une population de plus en plus nombreuse et intéressée par un rapport coût/service rendu très favorable de l'ESM, par rapport aux autres méthodes de traitement de la maladie veineuse chronique et des pathologies veineuses apparentées.

Pourquoi ne pas élargir les frontières de l'actuelle « standardisation de la mousse » et considérer, que des ratios liquides/air allant de 1/2 à 1/5, voire 1/6 ou même 1/8, avec une corrélation des concentrations de liquides sclérosants utilisés, fonction des calibres à traiter, font aussi partie du cadre des mousses sclérosantes, d'autant que l'on aboutit à une majoration de l'efficacité et de la sécurité de ces procédures, en minimisant les effets indésirables éventuels y compris les effets secondaires à distance.

Références

1. Monfreux A. Traitement sclérosant des troncs saphéniens et leurs collatérales de gros calibre par la méthode MUS. Phlébologie 1997 ; 50 : 351-3.
2. Monfreux A. Remarques à propos de la sclérothérapie à la mousse. Phlébologie 2004 ; 57 : 399-401.
3. Monnereau C., Vignes-Adler M. Dynamics of real three dimensional foams. Phys. Rev. Lett. 1998 ; 80, 23 : 5228-31.
4. Safouane M. Drainage des mousses aqueuses : rôle de la rhéologie du fluide moussant. PhD thesis, Université Paris Sud - Paris XI, décembre 2003.
5. Senée J., Robillard B., Vignes-Adler M. Films and foams of champagne wines. Food Hydrocolloids 1999 ; 13 : 15-26.