Évaluation de l'efficacité et sécurité de l'anesthésie tumescente écho-guidée ciblée contrôlée (ATEC) dans le traitement par ablation radiofréquence (ARF) de la grande veine saphène.

Evaluation of the efficacy and safety of Controlled ultrasound-guided tumescent anesthesia (CUGTA) in radiofrequency ablation (RFA) of great saphenous vein.

Zerrouk S.[1], Melki L.[1], Gundesli M.[2]

Résumé

Introduction : L'ablation thermique endoveineuse thermique est reconnue technique de première intention dans le traitement des saphènes incontinentes.
Elle est rendue possible par l'anesthésie locale tumescente (ALT).
Cependant ce type d'anesthésie est considérée comme une étape inconfortable voire douloureuse de la procédure.
Bien qu'il n'existe pas de consensus sur la manière de l'utiliser, le contrôle de la douleur et des complications liées à l'ALT sont des facteurs essentiels pour déterminer le succès de la technique choisie.
L'Anesthésie tumescente écho-guidée ciblée contrôlée (ATEC) a été décrite comme l'un des temps fort de la procédure thermique et repose sur un nombre de ponctions écho-guidées limitées et ciblées par une incidence transversale dans le plan (Trans-DP).

Objectif : L'objectif de notre étude est d'évaluer l'efficacité sur la douleur et la sécurité de l'ATEC dans le traitement ablatif par radiofréquence (ARF) de la Grande veine saphène (GVS).

Méthodologie : Étude monocentrique non randomisée d'un recueil prospectif de données entre janvier et septembre 2019 à la clinique St Nabor, sur des traitements par ARF de GVS incontinentes et symptomatiques avec phlébectomies sous ATEC exclusive.
La douleur a été mesurée par une échelle numérique de 0-10 (EN) durant l'ATEC (per-ATEC) et immédiatement après la procédure thermique (per-ARF).

Abstract

Introduction: *Endovenous thermal ablation (EVTA) is recognized as a first-line technique in the treatment of incompetent saphenous veins. It is made possible by tumescent local anesthesia (TLA).*
However, this type of anesthesia is considered to be the main pain experienced by the patients. Although there is no consensus on the ideal TLA application, pain and complications control are the key factors to decide the success of the chosen technique.
Controlled ultrasound-guided targeted tumescent anesthesia (CUGTA) is described as one of the highlights stages of EVTA. It is based on a limited number ultrasound-targeted punctures using the original In Plane-Transverse approach (IP-Trans).

Objective: *The aim of our study was to evaluate the safety and efficiency on pain during CUGTA without sedation in radiofrequency ablation (RFA) of Great saphenous vein (GSV).*

Methodology: *We performed between January and september 2019 at St Nabor surgery center, a non-randomized monocentric study of a prospective collection of data concerning RFA of incompetent symptomatic GSV with phlebectomy using CUGTA without sedation.*
Pain was measured by a Numeric Scale 0-10 (NS) during CUGTA (per-CUGTA-NS) and immediately after the thermal procedure (per-RFA-NS). The volume of the solution used and complications were quantified.

1. *Naborvein Institut, SANTEVEIN, Clinique St Nabor, St-Avold, France.*
2. *CHU Nancy, France.*

Le volume de la solution utilisée et les complications ont été quantifiés.

Résultats : 92 patients (92 membres) ont été inclus dont 55 femmes (60 %).
L'âge âge moyen de 57,6 ± 12,8 ans avec un IMC moyen de 27,6.
L'EN per- ATEC moyenne était à 1,37.
Celle de L'EN per-ARF était de 0,32.
Lors du contrôle à J2 post-opératoire, l'occlusion de la GVS a été obtenue dans 99,08 % des cas.
Nous n'avons relevé aucune complication majeure et peu d'ecchymoses et de dysesthésies.

Conclusion : L'ATEC est une méthode efficace et sûre. Sous condition d'un bon apprentissage, les résultats en termes de confort et de sécurité du patient peuvent être améliorés en diminuant les douleurs, les d'effets secondaires voire les complications.

Mots-clés : *ablation radiofréquence, grande veine saphène, anesthésie tumescente écho-guidée contrôlée (ATEC).*

Results: *92 patients (92 limbs) were enrolled including 55 women (60%) with CEAP clinical scores of 2 to 6.*
The mean age of 57.6 ± 12.8 years with an average BMI of 27.6.
The average per-CUGTA-NS pain was 1.37 and the per-ARF-NS average pain was 0.32.
GSV occlusion was obtained in 99,08% of cases at pot-operative day 2.
We found no major complications and few ecchymosis and dysesthesia were observed.

Conclusion: *CUGTA is a safe and effective method.*
With good training, the results in terms of intraoperative comfort and safety associated with EVTA of GSV can be improved by reducing pain, side effects or even complications.

Keywords: radiofrequency ablation, great saphenous vein, controlled ultrasound-guided tumescent anesthesia (CUGTA).

Introduction

L'ablation thermique endoveineuse thermique est reconnue technique de première intention dans le traitement des saphènes incontinentes à « expression clinique » [1-3].

Elle est rendue possible par l'utilisation d'une méthode originale d'anesthésie locale efficace et sûre [4-9]. L'anesthésie locale tumescente (ALT) repose sur l'infiltration, de lidocaïne diluée dans un volume variable de soluté cristalloïde en vue d'une analgésie et d'une protection thermique tissulaire [3].

Le liquide de tumescence à base de lidocaïne diluée avec ou sans adrénaline diffuse dans les territoires tissulaires ciblés qui deviennent gonflés, fermes « intumés » [10].

Son utilisation dans le traitement de la maladie veineuse a montré très tôt des spécificités qui la distinguent des autres nombreuses applications notamment en chirurgie esthétique et dermatologie [11].

Elle est considérée comme étant la seule étape douloureuse lors des procédures endoveineuses thermiques [12].

Il semblerait même, selon certains auteurs que les techniques ablatives non-tumescentes soient moins douloureuses que celles avec ALT [13].

Bien qu'il n'existe pas de consensus sur la manière idéale de l'utiliser [12, 14], le contrôle de la douleur et des complications liées à l'ALT sont des facteurs essentiels pour déterminer le succès de la technique choisie.

Nous avons décrit dans le passé une méthode originale d'ALT, l'Anesthésie tumescente écho-guidée ciblée contrôlée (ATEC), comme l'un des temps fort de la procédure thermique.

L'Anesthésie tumescente écho-guidée ciblée contrôlée (ATEC) [15], repose sur un nombre de ponctions écho-guidées limité, et ciblées par une incidence transversale dans le plan (Trans-DP) [16].

Objectif

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'efficacité sur la douleur et la sécurité de l'ATEC dans le traitement ablatif par radiofréquence (ARF) de la grande veine saphène (GVS).

Méthodologie

Étude monocentrique non randomisée d'un recueil prospectif de données qui évalue l'ATEC dans le traitement par ARF de la GVS avec phlébectomies sans anesthésie générale (AG). 92 membres inférieurs chez 92 patients ont bénéficié d'une ARF Closure Fast (Medtronic-Covidien) de la GVS au bloc opératoire de la clinique St Nabor à St Avold entre janvier et septembre 2019.

Tous les patients inclus ont donné leur consentement.

Les critères d'inclusion et d'exclusion étaient les critères classiques chez des patients capables de comprendre les consignes d'une échelle de douleur.

La douleur durant l'ATEC puis immédiatement après la procédure d'ARF, a été évaluée par une échelle numérique (EN) à réponse verbale cotée de 0 à 10, de sensibilité proche de l'échelle verbale analogique (EVA) [17].

Le volume de la solution utilisée a été quantifiée avant la phlébectomie. Les complications et effets secondaires rapportées à J2 post opératoire.

Le matériel utilisé était une aiguille de 25 Gauges (G), une autre de 21 G et une pompe à Gallet (Dispenser DP 20, Novag AG, Goldach, Switzerland).

La solution tumescente utilisée est celle proposée par Creton [18, 19] comprenant 14 mL de lidocaïne à 1 % (1:100 000 d'adrénaline) dilué dans 500 cc de sérum bicarbonate de sodium 1,4 %. La première étape de l'ATEC est le marquage au dermographe les futurs points de ponctions. La sonde d'échographie est placée perpendiculaire à la GVS en prenant soins de la centrer sur l'image échographique.

Le marquage se fait par une croix précisément à l'une des extrémités de la sonde d'échographie à intervalle régulier et par une flèche lorsqu'il s'agit d'une zone à risque thermique (nerveuse et cutanée).

Une pré-anesthésie ciblée est réalisée par des injections dermiques et sous-cutanés sur les sites, précédemment marqués, des futures ponctions à l'aide d'une petite aiguille (25 G).

Enfin les ponctions percutanées écho-guidées par une longue aiguille de 21 G permettent l'infiltration de la solution tumescente.

Elle se font précisément au niveau des points marqués et pré-anesthésiés, selon une incidence transversale dans le plan (Transv-DP) strict puis par rotation de 45° du plan de la ponction (Transv-DP $^{3}/_{4}$) **(Figures 1 et 2)**.

Elles tiennent compte de la profondeur de la GVS, du caractère du fascia et des zones à risques.

Résultats

Les données démographiques

La population de patients comprenait 55 femmes (60 %).

L'âge moyen des patients avaient 57,6 ± 12,8 ans ; le plus jeune patient avait 26 ans, le plus âgé avait 84 ans.



FIGURE 1 : Ponction-infiltration dans transversale-dans le plan avec Rotation de 45° (Trans-DP $^{3}/_{4}$) du plan de l'aiguille et de la sonde dirigés vers la jonction. Schémas et photo S. Zerrouk.

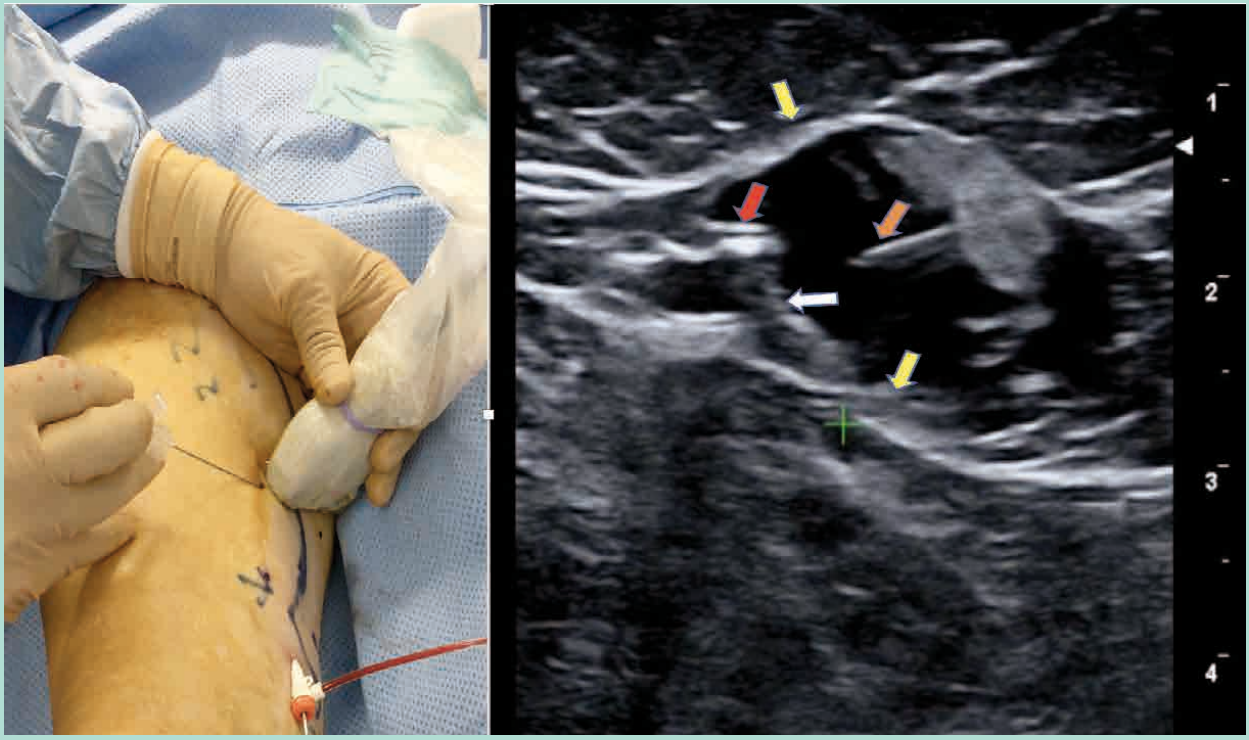


FIGURE 2 : Ponction en Trans-DP dans l'ATEC. Contrôle simultanée de la pointe de l'aiguille (orange), des fascias musculaire et superficiel (jaune) et du collapsus de la paroi veineuse (blanche) autour de la source thermique (rouge). Schémas, photo et échographie S. Zerrouk.

Âge						
Sexe	Moyenne	Effectif	Écart-type	% de N total	Min	Max
F	57,3	55	13,8	60	26	84
M	58,2	37	11,1	40	38	82
Total	5,6	92	12,8	100	26	84

TABLEAU 1 : Répartition d'âge des patients par catégories de sexe.

IMC						
Sexe	Moyenne	Effectif	Écart-type	% de N total	Min	Max
F	27,4	55	5,3	60	18,5	41,1
M	27,7	36	4,8	40	19,5	39,7
Total	27,6	91	5,1	100	18,5	41,1

TABLEAU 2 : Répartition de l'IMC par catégories de sexe.

Les données cliniques

La répartition des patients selon la classification CEAP : 71 (77,17 %) des patients présentait la classe C2, 12 (13,04 %) en C3, 7 (7,60 %) en C4, et 2 patients (2,17 %) classés C6 **(Figure 3)**.

Données anatomiques par échographie

Diamètres initiaux des GVS :

Le **tableau 3** indique la moyenne, le maximum, le minimum et l'écart-type du diamètre des GVS gauches et droites traitées.

	Effectif	Min	Max	Moyenne	Écart-type
GVS (D)	53	5	12,5	7,25	1,73
GVS (G)	39	5	13,5	7,32	1,39
N valide	92	5	13,5	7,28	1,59

TABLEAU 3 : Moyenne, maximum, minimum et l'écart-type du diamètre des GVS gauche et droite.

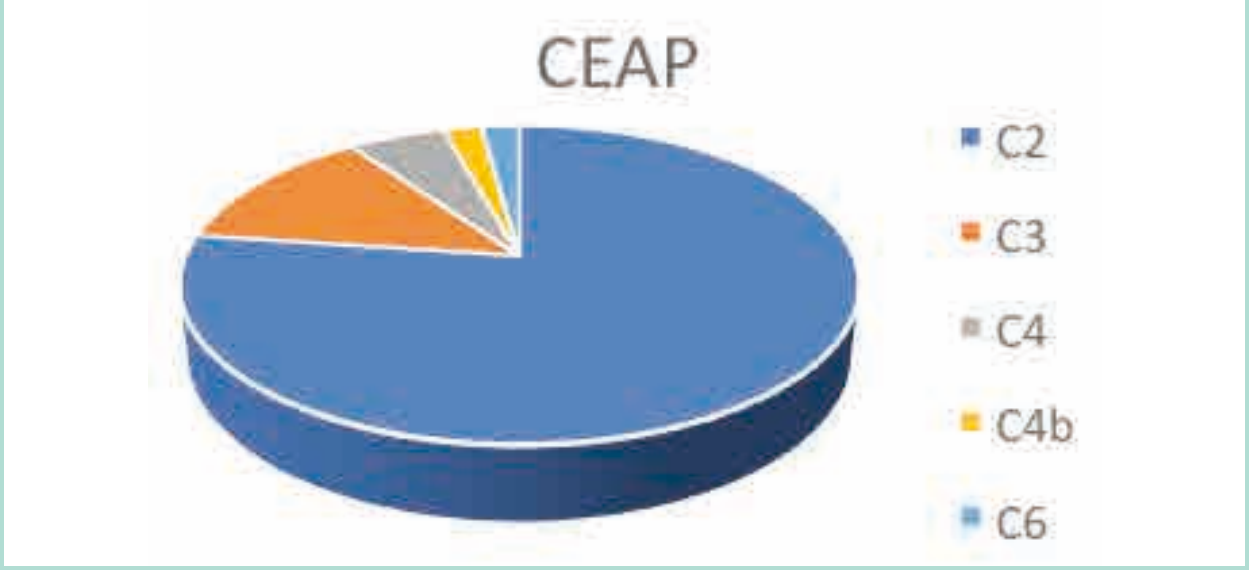


FIGURE 3 : Répartition des 92 patients selon la classification CEAP.

Résultats des douleurs peropératoires :

Résultats des douleurs peropératoires : EN-Per ATEC.

C'est la douleur durant l'ATEC.

Elle était en moyenne de 1,36 **(Tableau 4)**.

- 40 (47 %) patients ont déclaré une EN de 0/10,
- 17 (47 %) patients ont déclaré une EN à 2/10,
- 10 (86 %) patients ont déclaré une EN à 3/10,
- 5 (5,43 %) patients ont déclaré une EN à 4/10,
- 1 seul patient a déclaré une EN à 5/10
- 3 (26 %) patients ont déclaré une EN à 7/10 **(Figure 4)**.

Moyennes EN -per ATEC	1,36
Écart type EN-per ATEC	1,66
EN-per ATEC min	0
EN-per ATEC max	7

TABLEAU 4 : Échelle numérique moyenne et écart type de la douleur durant l'ATEC (EN-per ATEC).

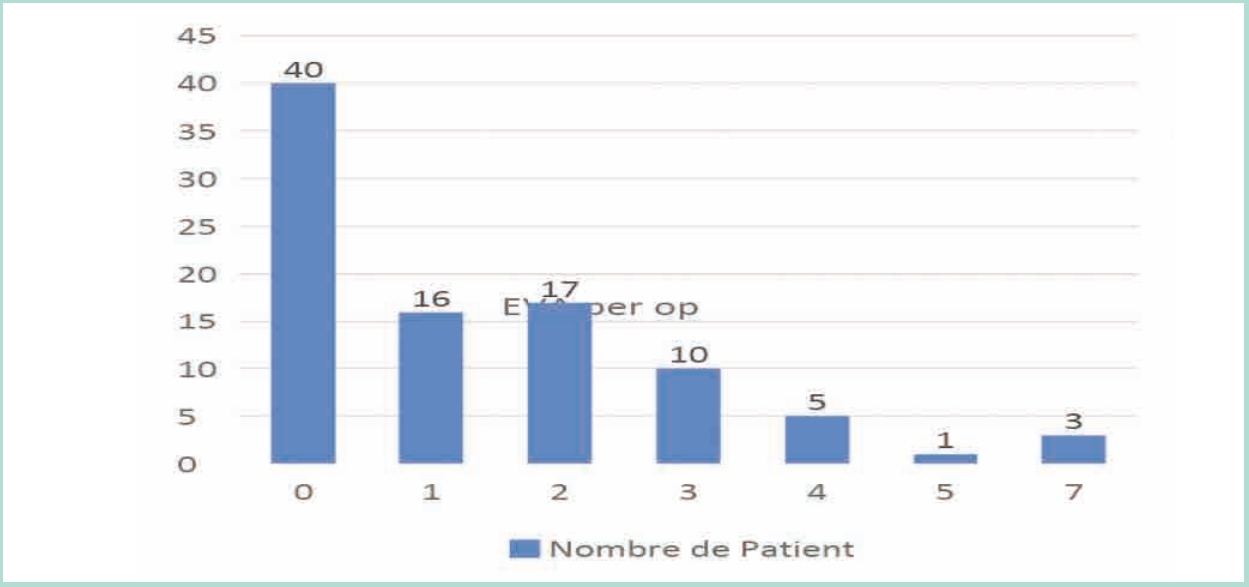


FIGURE 4 : Répartition du nombre de patient en fonction de la douleur durant l'ATEC (EN-per ATEC).

Résultats des douleurs peropératoires. EN-Per ARF :

C'est l'évaluation de la douleur durant la procédure d'ARF **(Tableau 5)**.

La moyenne était de 0,32.

- 78 (78 %) patients ont déclaré une EN à 0/10,
- 8(69 %) patients ont déclaré une EN à 1/10,
- 2 (17 %) patients ont déclaré une EN à 3/10,
- 1 patient avait déclaré une EN à 2/10,
- 1 autre avait déclaré une EN à 5/10.

Moyenne : EN-per ATEC	1,36
Écart-type : EN-per ATEC	1,66
EN-per ATEC : min	0
EN-per ATEC : max	7

TABLEAU 5 : Échelle numérique moyenne et écart type de la douleur durant l'ablation radiofréquence (EN-per ARF).

Quantités de tumescence utilisées :

Le volume moyen de tumescence par patient était de 442 mL [de 200 mL à 850 mL].

Il a été utilisé en moyenne 9,31 mL de tumescence par cm de veine.

Volume / patient	Volume / longueur			
Moyenne (mL)	Moyenne (mL/cm)	Écart-type (mL/cm)	Minimum (mL/cm)	Maximum (mL/cm)
442	9,31	2,30	5,12	20,83

TABLEAU 6 : Volume de tumescence utilisé / longueur (mL/cm).

Résultats cliniques post-opératoires J2 :

Nous avons noté une douleur moyenne de 1,27.

- 32 patients (78 %) ont présenté des ecchymoses classées de mineures à modérées.
- 6 patients (52 %) ont rapporté des dysesthésies.

Complications

Aucune complication majeure n'est survenue ni pendant la période péri-opératoire, ni postopératoire. En particulier, aucune brûlure ni hématome ne sont survenus.

Aucun événement thrombotique précoce n'a été relevé.

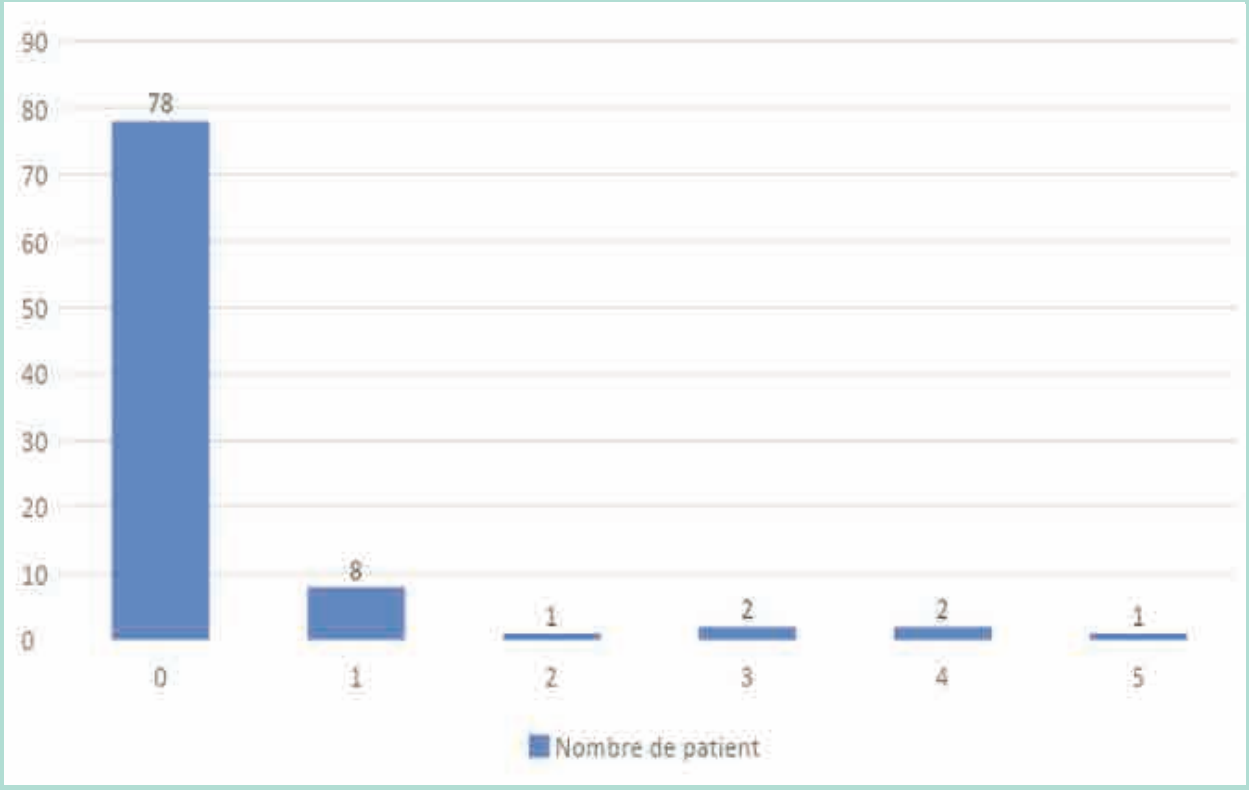


FIGURE 5 : Répartition du nombre de patient en fonction de la douleur durant l'ablation par radiofréquence (per- ARF).

Discussion

L'objectif de tout traitement thermique est l'occlusion veineuse à court et long terme. Une seule recanalisation précoce à J2 a été constatée sur les 92 patients traités (0,92 %).

Pour tous les patients bénéficiant d'une ALT sans AG, il est primordial que la procédure soit non douloureuse et confortable dans des délais courts.

On peut présumer qu'une déambulation précoce dans ce type d'anesthésie, permet de réduire le risque d'évènements thrombotiques post-opératoires [20], comme cela a été démontré pour les techniques d'anesthésie régionale comparées à ceux associées à l'AG [21]. Bien qu'on attribue aux anesthésiques locaux un effet anti-thrombotique in-vitro [22, 23]. Il est difficile de le distinguer de celui lié au levé précoce seul.

Une technique d'ALT précise et une solution tumescente efficace permettent une imprégnation complète de tout le trajet veineux à traiter.

- Le signalement d'une douleur par un patient traité sans AG, tout au plus sédaté, doit faire arrêter la procédure pour compléter la tumescence [3].
- Dans l'étude de ROOS *et al.* [12], 40 % des patients avaient un score de douleur par EVA > 4 pendant la procédure. Elle concernait la douleur durant l'injection de l'ALT précisément.
- Les douleurs aux niveaux de l'aine étaient les plus importantes. Les phases de cathétérisation et d'ablation thermique elle-même n'ont pas été douloureuse.
- Ces niveaux de douleurs étaient équivalents à ceux retrouvés dans une étude française multicentrique par Gracia *et al.* [24] dans le traitement thermique (4,6 +/– 1, 8 sur EN).
- Nous avons retrouvé, sur 10 études d'ablation thermique sous ALT recensées sur MEDLINE, une EVA moyenne per-procédure de 2,15 [14, 20, 25-32].

Nous avons séparé dans la présente étude sur l'ATEC, le recueil de douleur durant la procédure (EN-per-ARF) de celui durant la tumescence elle-même (EN-per-ATEC).

- La moyenne de l'EN per-ARF, reflet de la qualité de l'ALT elle-même, était de 0,32. Autrement dit l'anesthésie a atteint son premier objectif.
- À noter que 40 patients (47 %) ont déclaré une douleur de 0/10 et il n'eut qu'un seul patient avec une douleur à 5/10 **(Figure 5)**.
- Quant à l'antalgie durant l'ATEC (per-ATEC), elle était de 1,36. Il eut cependant 3 patients avec une douleur cotée à 7/10 **(Figure 4)**.
- Les quelques scores élevés peuvent être expliqués soit par une mauvaise qualité de la pré-anesthésie, une résistance au principe anesthésiant ou par une mauvaise compréhension de l'échelle numérique.
- Nous avons retrouvé des résultats quasi-similaires dans une étude d'un des auteurs [15], sur un traitement par Laser endoveineux (LEV) de la GVS d'un groupe utilisant l'ATEC (1,31) comparé à un groupe avec ALT classique non ciblée (2,45) (p = 0,0003).

Lors d'une ALT, il convient de distinguer la douleur liée à la technique de celle liée à la qualité de la solution.

- En raison de sa densité en terminaisons nerveuses, l'effraction du derme est considérée comme l'étape la plus délicate.
- L'insertion sous cutanée jusqu'au franchissement du fascia, puis l'étirement hydrostatique du compartiment inter-fascial peuvent également être désagréables voire douloureuses.
- Il semblerait même que le sens de progression du liquide de tumescence puisse jouer sur la douleur vécue par le patient [25].
- Pour y remédier certains auteurs utilisent le MEOPA (Mélange de protoxyde d'azote) avec une efficacité relative [33], mais avec un risque de réaction paradoxale d'anxiété.
- D'autres préconisent une pré-anesthésie non ciblée par topiques type EMLA sur le trajet cutané de la saphène mais dont l'efficacité n'a pu être démontrée [34].
- Notons la technique originale proposée par Garde [35] consistant à pré-anesthésier un seul point de ponction péri-gonale par une petite quantité d'anesthésiant pur sur le futur point d'introduction à une longue canule de Klein.
- Nous avons utilisé dans l'ATEC, le même principe de pré-anesthésie ciblée des futurs sites de ponctions.
  - Un maximum de quatre points sont identifiés et marqués au préalable, de part et d'autre du trajet de la GVS à traiter et espacés de 12 cm chacun.
  - Une première injection intradermique avec une aiguille de 25 G parallèle à la peau puis oblique et rétro-traçante à partir des tissus sous cutanés.
  - La main controlatérale imprime dans le même temps une griffe antalgique pour détourner la douleur.
  - Il est préférable de considérer certaines régions plus sensibles que d'autres, à l'instar de la jambe et du creux inguinal qu'il convient de laisser en dernier et débuter l'injection à mi-cuisse.
  - Le patient est prévenu et rassuré à chaque injection en employant un vocabulaire rassurant [36].

D'autres paramètres extérieurs à la tumescence peuvent influer sur le ressenti du patient.

- La formation du personnel infirmier aux techniques de relaxation [36] et à certaines techniques de suggestions thérapeutiques, déjà éprouvées dans la chirurgie veineuse en général [37], peuvent s'avérer efficaces.
- Quant aux effets de distractions audio-visuels, elles sont différemment appréciées selon les équipes et l'expérience des opérateurs [38, 39].

- La bonne relation médecin patient particulièrement durant l'intervention, la durée d'attente pré-interventionnelle, le nombre d'incision de phlébectomies associées, l'étendue de l'ALT, le nombre de patients opérés le jour même par le praticien et le temps consacré au patient par l'équipe soignante sont autant de facteurs pouvant influer sur son confort et sa perception [18].

Dans notre étude utilisant l'ATEC, une fois les points cibles pré-anesthésiés le long de la GVS, ils ont été ponctionnés par une aiguille de 21 G longue de 80 mm. Cela permet de limiter le nombre de ponctions et ainsi diminuer la douleur de la procédure.

- Les ponctions se font selon une incidence originale transversale dans le plan (Trans-DP) permettant d'infiltrer la solution sur les zones identifiées préalablement à la lisière de l'adventice, qui diffuse de façon centrifuge et dans l'axe de la veine aux tissus conjonctifs péri-veineux **(Figures 1, 2)**.
- Le pouvoir antalgique de l'ALT est directement lié au principe anesthésiant contenu dans le soluté.

Cependant, il n'y a pas de consensus sur la nature et concentrations de ses composants [40] depuis l'établissement de la solution de référence de Jeffrey KLEIN pour les liposucions [10] (Tableau).

- Nous avons utilisé dans l'ATEC celle proposée par Creton [18] sur une base de 280 mg/L de lidocaïne, une dose inferieur au 300 mg de doses cumulées préconisé par la HAS [41].
- Elle est diluée à 0,028 % dans du sérum bicarbonaté (1,4 %) contrairement aux solutions classiques mélangées au sérum salé, souvent diluées à 0,05 % à 0,1 % [42-44].
- La concentration de lidocaïne ainsi obtenue à 1,17 mg/kg de poids, offre une sécurité évidente dans l'emplois de cette solution quand on sait que les doses maximales autorisées sont de 55 mg/kg de poids [43, 45, 46].

L'utilisation de l'adrénaline, catécholamine naturelle, permet par son action vasoconstrictrice alpha-adrénergique, de lutter contre la vasodilatation et l'excès de perméabilité vasculaire. L'analgésie postopératoire est l'un des aspects les plus intéressant de l'ALT.

- Elle peut ainsi durer jusqu'à 18 h [4], pour certaines interventions avec un moindre recourt aux analgésiques. Dans notre étude la douleur post opératoire moyenne à J2 était à 1,27, sensiblement équivalente à la littérature comme nous le montre notre recherche sur MEDLINE.
- Sur 16 études, portant sur des patients traités par ablation thermiques sous ALT sans AG, l'EVA post opératoires moyenne était de 1,56 [14, 26-32, 38, 40, 47-52]. L'adrénaline a l'avantage de prolonger l'effet de la lidocaïne et diminue son absorption [53-55], et par conséquent sa toxicité systémique.
- Son action antalgique serait même supérieure aux solutions non adrénalinées [56-58].
- L'adrénaline agit également comme hémostatique et a un intérêt évident en cas de phlébectomies associées, [59, 60] diminuant le taux d'ecchymoses et d'hématomes [43].
- Dans une étude précédente utilisant l'ATEC chez 160 patients [61], nous n'avons noté la survenue d'aucune hémorragie majeure cliniquement significative ou mineure durant des procédures thermiques avec phlébectomies ou en post-opératoire dans le bras traité par anticoagulant préventif.
- Cependant nous ne pouvant conclure que ce bénéfice est lié à la seule utilisation de l'adrénaline ou à la technique d'ATEC.
- La concentration d'adrénaline utilisée dans notre étude (0,14 : 1 000 000) est plus faible que celles utilisées habituellement [43, 62].
- La concentration ainsi obtenue de 0,29 microg/kg de poids a peu de risques et d'effets secondaires car bien au-dessous des limites tolérées de 50 microg/kg de poids [46, 63].
- La lidocaïne à 1 % « standard » associée à l'adrénaline a un pH de 4,38, et même diluée à 0,1 %, la solution reste nettement en dessous du pH physiologique à 6,32 [40]. Cette acidité serait responsable en partie de la douleur lors de l'infiltration de la solution tumescente [64], d'où l'intérêt de tamponner la solution à l'aide de bicarbonate de sodium [65-70].
- Une revue de littérature portant sur 23 études sélectionnées, a montré que l'augmentation du pH de la solution a diminué la douleur lors de l'injection et augmenté le confort et la satisfaction du patient [56].
- Une autre vertu moins connue de l'alcalinisation de l'ALT est celle de son pouvoir anti-infectieux [71]. Elle renforcerait les propriétés bactériostatiques, déjà connus, de la lidocaïne [72, 73].
- *L'utilisation du sérum bicarbonaté 1,4 % comme* excipient dans notre étude permet une préparation extemporanée qui limite la chaîne d'erreurs dans la préparation des doses du sérum bicarbonaté et de diminuer le risque supposé de précipitation par une préparation plus rapide avant l'infiltration.
- Elle augmenterait également l'efficacité de l'alcalinisation comparée aux préparations à base de sérum salé tamponnées par du bicarbonate à 8,4 %.
- Enfin elle permet de diminuer les doses de lidocaïne adrénalinée sans en diminuer l'effet antalgique [18].
- Il convient néanmoins de prendre des précautions d'utilisation comme la tenue d'un affichage écrit de la solution [8] et un protocole oral entre assistant et opérateur [16] avant tout injection afin d'éviter tout erreur dans le dosage du sérum bicarbonaté.
- Plus récemment une étude comparative randomisée évaluant une ALT classique à une tumescence tamponnée aux bicarbonates a montré une différence significative

des niveaux d'EVA en post procédure en faveur de cette dernière (1,6 *versus* 4,3 cm, $p = 0.001$) [26].

Enfin une alternative à l'alcalinisation serait de réchauffer la solution saline à 37° ayant pour impact un rehaussement théorique du pH [74] et une diminution de la douleur selon deux études et une méta analyse [75-77].

- Ceci compliquerait néanmoins la préparation pratique du soluté, rallongerait les délais et augmenterait le risque de brûlures tissulaires [26].
- Aussi nous avons utilisé dans notre étude une solution à température ambiante (21-22°) permettant une meilleure maîtrise du pH. Fort de ces arguments de nombreuses équipes en France utilisent un soluté tamponné aux bicarbonates.
- Bien que répandue, elle reste une pratique « off label » quand on sait que les recommandations proposent d'utiliser des solutés salines acides non adrénalinées [78].

L'ALT doit allier, au cours des traitements endoveineux thermiques, un équilibre entre trois facteurs :

- ***un effet réservoir* anesthésiant suffisant dans le temps et l'espace [16],**
- ***une hydro-compression* optimale autour de la source thermique le long du trajet veineux à traiter,**
- **et une *hydro-séparation* ciblée et contrôlée des structures environnantes si nécessaire.**

***L'effet réservoir* est la distribution d'un volume de tumescence dans le territoire cible (Figure 3) sur une durée variable déterminant la quantité de fibres nerveuses inhibées [16].**

Lors d'une ALT, la lidocaïne comme tout autre anesthésique dilué, est moins métabolisée localement que lors d'une injection classique [43]. De ce fait l'absorption et l'élimination systémique reste la principale voie de diminution de sa concentration tissulaire [79]. Si l'on devait considérer le caractère lipophile de la lidocaïne [43] et l'anatomie particulière du compartiment saphène cible, on comprend aisément que la diffusion aux tissus environnants soit davantage ralentie.

- La singularité du fascia musculaire et superficiel « semi-hermétique » prolongerait donc l'imprégnation du péri-veine par la lidocaïne **(Figure 6)** [16].
- À l'opposé la diffusion est plus rapide autour des veines non saphènes ou dans les segments saphènes à faible teneur en lames fibreuses sous-cutanées composant certains segments du fascia superficiel de la GVS [80].
- Ils seront ainsi infiltrés de préférence en dernier en raison de leur faible effet réservoir.
- L'importance de l'effet réservoir dépend également des volumes administrés qui restent malgré tout nettement inférieurs à ceux utilisés dans la liposuccion.
- Il faut noter que même si le soluté n'est pas réabsorbé comme dans les aspirations de la liposuccion les concentrations restent toutefois faibles et les doses toxiques ne sont presque jamais atteintes.
- Le paramètre du volume de tumescence administré est à prendre en considération particulièrement chez les

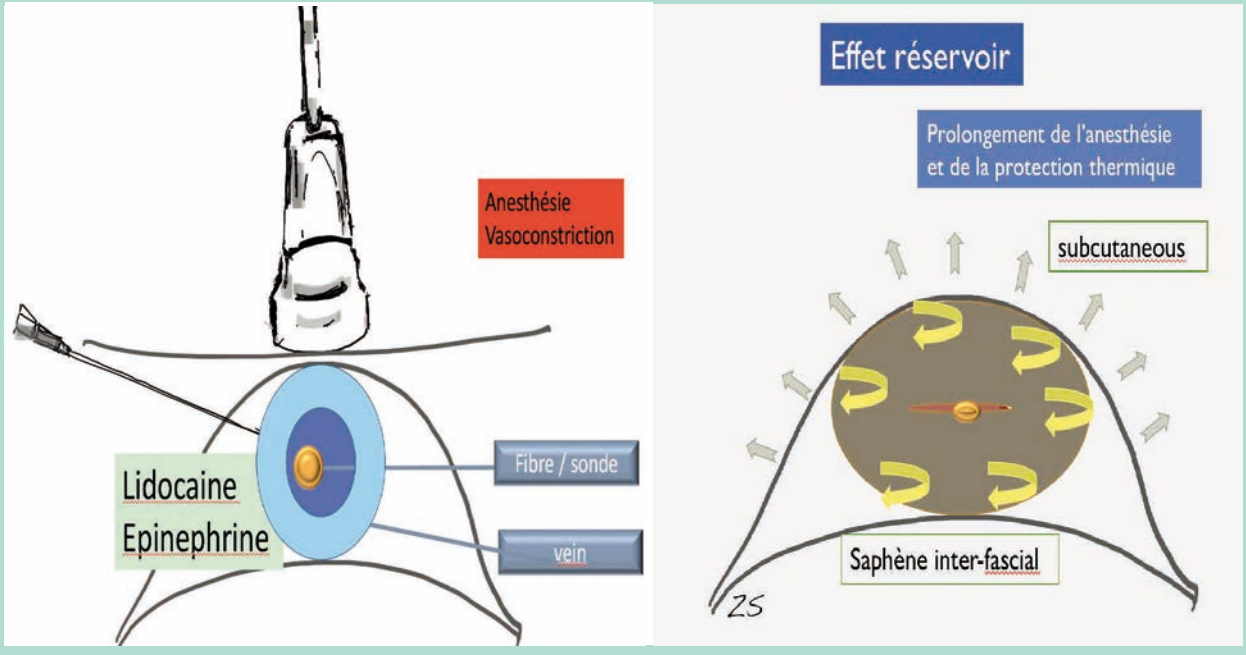


FIGURE 6 : À gauche : dépôt in situ d'anesthésiant et hydro-dissection par incidence transversale dans le plan strict (Transv-DP) de l'ATEC. À droite : réalité de l'effet réservoir selon S. Zerrouk.

patients en insuffisance cardiaque, et en insuffisance rénale afin de limiter les apports et éviter le risque de surcharge hydrique [81].
- D'autre part certains auteurs considèrent que l'excès de volume de tumescence a pour conséquence l'élimination complète de l'hémoglobine aboutissant une possible carbonisation de la paroi interne de la veine avec douleur et échec de l'occlusion veineuse [82].
- La quantité moyenne de tumescence par patient dans notre étude était de 442 mL. En réalité, il serait plus pertinent de parler de volume par longueur et non pas d'un volume consommé absolu. Il était de 9,31 mL par cm de GVS traitée.
- Il nous a semblé qu'il ne dépendait pas uniquement de la longueur de la veine mais de la section de cuisse et de la laxité du fascia mais cela reste à démontrer par de futures études.

L'hydro-compression de la veine cible vise à créer une exsanguination suffisante [82] et ainsi permettre un contact intime de la paroi veineuse avec la source de chaleur (Figure 6) [40].
- Notons que théoriquement tous les diamètres de veines peuvent être traités sous condition d'obtenir une bonne hydro-compression [83].
- Le positionnement de la sonde ou de la fibre pourrait également jouer un rôle dans l'efficacité de la procédure [84].
- La réduction de la surface de section veineuse obtenue par le collapsus autour de la fibre serait intéressante dans l'optimisation de l'énergie à délivrer [85, 86].
- Cet effet compression optimale peut être obtenu par un positionnement précis de l'aiguille à la lisière de l'adventice **(Figure 6)**.
- Un fascia ferme, chez un sujet fin et musclé, aura un effet de contention tel une aponévrose autour d'un muscle, au fur et à mesure de l'infiltration et par conséquent une compression plus rapide de la veine cible.
- À l'inverse, l'hydro-compression est plus lente à obtenir et nécessite davantage de volume tumescent. De la même manière cet effet sera d'autant plus recherché dans les saphènes ectasiques ou anévrismales [86, 87].
- On utilisera par conséquent de préférence la ponction-infiltration selon l'approche Trans-DP strict, proposée dans l'ATEC, afin d'optimiser le collapsus de paroi **(Figure 6)**.

L'hydro-dissection est la séparation de l'adventice veineuse du péri-veine par un manchon hydrique.
- Les tissus conjonctifs sont lacérés par l'énergie de propulsion du liquide injecté puis noyés par ce même volume. Il n'y a pas de technique consensuelle sur cette étape de l'ALT. Claude Garde utilise la canule de Klein pour sa ponction.
- La longueur de l'aiguille permet l'hydro-dissection le long de la saphène dans le sens vers la Jonction saphéno-fémorale puis vers la malléole par un seul orifice [35], alors que beaucoup d'opérateurs procèdent à une infiltration par multi-ponctions écho-guidées.
- Il n'est pas rare que les ponctions tumescentes répétées le long du fascia engendrent des effractions de la veine par l'aiguille malgré l'écho-guidage comme en témoigne les possibles fluctuations adrénergiques peropératoires de la fréquence cardiaque et l'aspect échographique post opératoire tardive en « queue de têtard » de la veine occluse.
- Ainsi, le risque d'atteinte voire d'endommagement de la fibre par l'aiguille de ponction n'est pas nul comme rapporté dans la littérature [88-90]. Un critère de sécurité qu'on ne peut omettre, en particulier lors d'utilisation d'une sonde laser [88].

L'hydro-dissection lors de l'ATEC se fait à partir de points de ponctions ciblés, au nombre limité à quatre par membre pour une GVS, grâce à l'incidence Transvers-DP-3/4 [91].
- Cette approche de la ponction permet de suivre la progression de la pointe de l'aiguille, avec un contrôle simultané de l'environnement de la veine cible [92].
- Ce double contrôle permet d'éviter les injections intraveineuses incontrôlées et ainsi diminuer les hématomes péri-veineux et le taux d'ecchymoses post-opératoires.
- Elle donne la possibilité de cibler d'autre endroits que le péri-veine, de permettre une hydro-dissection à la fois dans le sens longitudinale et transversale de la veine cible en direction de l'aval puis de l'amont en imprimant une rotation simultanée de l'aiguille et de la sonde de o à 45° [91] **(Figures 2, 6)**.
  - Dans notre étude il n'eut pas de complications majeures et pas plus d'effets secondaires habituelles que ceux rapportés dans la littérature [93].
  - Les ecchymoses étaient au nombre de 32 (34,78 %) majoritairement en regard des phlébectomies et peu sur en regard des points de ponctions.
  - Les dysesthésies, d'intensité mineure, étaient présentes chez 6 patients (6,52 %) et n'étaient pas accompagnées de douleurs.

Enfin, l'hydro-séparation est l'éloignement hydrique des structures de voisinage qu'on souhaite protéger de la source thermique.
- Citons en premier lieu, le derme pour toutes les veines considérées comme trop superficielles ou chez des sujets très maigres.
- C'est également tous les segments nerveux considérés comme trop proches, définissant ainsi des zones à risques.
- Topographiquement, une attention particulière est consentie lors de l'ALT sur les segments jambiers et au creux inguinal.
- Nous avons constaté, lors de l'utilisation de l'ATEC, que les chiquenaudes imprimées à la pédale de la pompe péristaltique réglé au maximum à 100, sans être

douloureuses, permettent un meilleur déplacement des structures cibles.

- L'énergie de propulsion hydrique serait plus efficace que l'infiltration continue elle-même [91].
- Une sorte d'effet « Karcher » qui mériterait d'être davantage exploité et étudié dans nos techniques thérapeutiques.

Limites et perspectives

Bien que nous ayons pris le soin d'évaluer dans notre étude le niveau de douleur à chaque étape de la procédure, il aurait été souhaitable d'y adjoindre des instruments de qualité de vie voire de satisfaction pour mesurer le ressenti globale des patients.

Il aurait été également intéressant de corréler ces niveaux de douleurs à l'énergie utilisée.

La validation d'une technique comme l'ATEC nécessiterait davantage d'études notamment comparatives randomisées.

De nouvelles recommandations prenant en compte l'innocuité et l'efficacité des solutions alcalines démontrées par les études suscitées permettraient de les généraliser en gold standard dans la prise en charge thermique bien que largement utilisées aujourd'hui par nos confrères.

Conclusion

L'ATEC est une méthode efficace et sûre dans le traitement par ARF des GVS incontinentes.

Le nombre limité de ponctions écho-guidées et ciblées par incidence transversale dans le plan, permettent de rendre le geste plus confortable, de contrôler visuellement la progression de la pointe de l'aiguille et de l'infiltration.

Sous condition d'un bon apprentissage l'ATEC peut améliorer les résultats en termes de précision, de sécurité et de confort du patient, en diminuant la douleur, le taux d'effets secondaires voire de complications.

Références

1. Wittens C., Davies AH., Baekgaard N., Broholm R., Cavezzi A., Chastanet S., et al. Editor's choice – management of chronic venous disease: clinical practice guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. 2015 ; 49 : 678e737.
2. National Institute for Health and Care Excellence. Varicose veins in the legs, diagnosis and management of varicose veins. NICE guidance. https://www.nice.org.uk/guidance/cg168/resources/varicose-veins-diagnosis-and-management-pdf-35109698485957
3. Haute Autorité de Santé. Occlusion de veine saphène par laser par voie veineuse transcutanée Actualisation de l'évaluation conduite en 2008. Rapport d'évaluation technologique. Saint-Denis La Plaine : HAS ; 2016. https://www.has-sante.fr/jcms/c_2587776/fr/occlusion-de-veine-saphene-par-laser-par-voie-veineuse-transcutanee
4. Klein J.A. Tumescent technique for regional anesthesia permits lidocaine doses of 35 mg/kg for liposuction. J. Dermatologic Surg. Oncol. Mar 1990 ; 16 (3) : 248-63.
5. Klein J.A. Tumescent technique chronicles. Local anesthesia, liposuction, and beyond. Dermatologic surgery: official publication for American Society for Dermatologic Surgery [et al.]. 1995 ; 21 (5) : 449-57.
6. Kouba D.J., LoPiccolo M.C., Alam M., et al. Guidelines for the use of local anesthesia in office-based dermatologic surgery. J. Am. Academy Dermatology. Jun 2016 ; 74 (6) : 1201-19.
7. Holt N.F. Tumescent anaesthesia: its applications and well tolerated use in the out-of-operating room setting. Curr. Opin. Anaesthesiol. 2017 ; 30 (4) : 518-24. doi: 10.1097/ACO.0000000000000486.
8. Klein J.A., Jeske D.R. Estimated Maximal Safe Dosages of Tumescent Lidocaine. Anesthesia and analgesia. 2016 ; 122 (5) : 1350-9.
9. Welch J.D. History of tumescent anesthesia part I: from American surgical textbooks of 1920s and 1930s. Aesthet. Surg. J. 1998 ; 18 (5) : 353-7.
10. Klein J.A. Anesthesia for liposuction in dermatologic surgery. J. Dermatologic Surg. Oncol. 1988 ; 14 (10) : 1124-32.
11. Proebstle T.M., Paepcke U., Weisel G., Gass S., Weber L. High ligation and stripping of the long saphenous vein using the tumescent technique for local anesthesia. Dermatol. Surg. 1998 ; 24 : 149-53.
12. Roos M.T., Borger van der Burg B.L., Wever J.J. Pain perception during and after VNUS Closure FAST procedure. Phlebology. 2011 ; 26 : 209-12.
13. Harlock J.A., Elias F., Quadura M., Dubois L. Meta-analysis of non-tumescent-based versus tumescent-based endovenous therapies for patients with great saphenous insufficiency and varicose veins. J. Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders. 2018 ; (6) : 779-87.e6.
14. Pronk P., Gauw S.A., Mooij M.C., et al. Randomised controlled trial comparing sapheno-femoral ligation and stripping of the great saphenous vein with endovenous laser ablation (980 nm) using local tumescent anaesthesia: one-year results. Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. 2010 ; 40 : 649-56.
15. Zerrouk S., Decker F., Vin F., Benhamou A.C. Controlled Ultrasound-Guided Tumescent Anesthesia in Endovenous Laser Therapy: Comparative Study of an Original Technique with Directed Hydro-Separation Approach. Int. Angiol. 2018 ; 37 (1) : 48-9.
16. Zerrouk S. The use of Targeted Controlled Ultrasound-Guided Tumescence is a full-fledged technique in thermal ablation of varicose veins. Oral communication. 42nd biannual congress of CSP. Montréal Canada oct 2017.

17. Farrar J.T., Young J.P. Jr., LaMoreaux L., Werth J.L., Poole M.R. Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. Pain. 2001 ; 94 (2) : 149-58.
18. Creton D., et al. Evaluation of pain in varicose vein surgery under tumescent local anesthesia using sodium bicarbonate as excipient without any intravenous sedation. Phlebology. 2012 ; 27 : 368.
19. Creton D., et al. Use of tumescent local anesthesia. J. Vasc. Surg. 2003 ; 39 (1) : 263-5.
20. Memetoglu M.E., Kurtcan S., Kalkan A., Özel D. Combination technique of tumescent anesthesia during endovenous laser therapy of saphenous vein insufficiency. Interactive Cardiovascular Thoracic Surg. 2010 ; 11 (6) : 774-7.
21. Kehlet H. Modification of responses to surgery by neural blockade: clinical implications. *In:* Cousins M.J., Bridenbaugh P.O. (eds) Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain, 2nd Edition. Lippincott, Philadelphia: 1988 ; 145-88.
22. Katz J., Clarke H., Seltzer Z. Preventive analgesia: quo vadimus? Anesth. Analg. 2011 ; 113 : 1242-53.
23. Pogatzki-Zahn E.M., Zahn P.K. From preemptive to preventive analgesia. Curr. Opin. Anaesthesiol. 2006 ; 19 : 551-5.
24. Gracia S., Abbadie F., Chauzat B., Combes P., Josnin M., Allaert F.A. Évaluation de la douleur lors de l'ablation thermique par radiofréquence ou par laser des grandes veines saphènes : une étude prospective multicentrique. Phlébologie. 2015 ; 28-36.
25. Kutas B., Ozdemir F., Tezcan O., et al. Does the direction of tumescent solution delivery matter in endovenous laser ablation of the great saphenous vein? Ther. Adv. Cardiovasc. Dis. 2015 ; 9 (6) : 397-402. doi: 10.1177/1753944715599729. Epub 2015 Aug 18.
26. Nandhra S., Wallace T., El-Sheikha J., Leung C., Carradice D., Chetter I. A Randomised Clinical Trial of Buffered Tumescent Local Anaesthesia during Endothermal Ablation for Superficial Venous Incompetence. Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. 2018 ; 56 (5) : 699-708.
27. Hamann S.A.S., Hamann, Timmer-de Mik L., Fritschy W.M., Kuiters G.R.R., Nijsten T.E.C., van den Bos R.R. Randomized clinical trial of endovenous laser ablation versus direct and indirect radiofrequency ablation for the treatment of great saphenous varicose veins. Br. J. Surg. 2019 ; 106 (8) : 998-1004.
28. Dzieciuchowicz L., Espinosa G., Grochowicz L. Evaluation of ultrasound-guided femoral nerve block in endoluminal laser ablation of the greater saphenous vein. Ann. Vasc. Surg. 2010 ; 24 (7) : 930-4.
29. Gunes T., Altin F., Kutas B., et al. Less painful tumescent solution for patients undergoing endovenous laser ablation of the saphenous vein. Ann. Vasc. Surg. 2015 ; 29 (6) : 1123-7.
30. Dumantepe M., Uyar I. Comparing cold and warm tumescent anesthesia for pain perception during and after the endovenous laser ablation procedure with 1470 nm diode laser. Phlebology. 2015 ; 30 (1) : 45-51.
31. Abud B., Karaarslan K., Turhan S., Karaman Y. Is the temperature of tumescent anesthesia applied in the endovenous laser ablation important? Comparison of different temperatures for tumescent anesthesia applied during endovenous ablation of incompetent great saphenous vein with a 1470 nm diode laser. Vascular. 2014 ; 22 (6) : 421-6.
32. Hamel-Desnos C., Desnos P., Allaert F.A., Kern P. Thermal ablation of saphenous veins is feasible and safe in patients older than 75 years: A prospective study (EVTA study). Phlebology. 2015 ; 30 (8) : 525-32.
33. Meier T.O., Jacomella V., Clemens R.K.J., Amman-Vesti B. Nitrous oxide/oxygen inhalation provides effective analgesia during the administration of tumescent local anesthesia for endovenous laser ablation. Vasa. 2015 ; 44 (6) : 473-8.
34. Saha S., Tiwari A., Hunns C., Refson J., Abidia A. Efficacy of topical local anaesthesia to reduce perioperative pain for endovenous laser ablation of varicose veins: a double-blind randomized controlled trial. Ther. Adv. Cardiovasc. Dis. 2016 ; 10 (4) : 251-5.
35. Garde C. Anesthésie locale en chirurgie veineuse superficielle. Phlébologie. 2000 ; 1 : 63-8.
36. Gracia S., Misery G. Ablation thermique des veines saphènes : Quelles pistes pour une procédure moins douloureuse ? Phlébologie. 2018 ; 29-34.
37. Nilsson U., Rawal N., Enqvist B., Unosson M. Analgesia following music and therapeutic suggestions in the PACU in ambulatory surgery; a randomized controlled trial. Acta. Anaesthesiol. Scand. 2003 Mar ; 47 (3) : 278-83.
38. Van Zandvoort C.E., Toonder I.M., Stoopendaal I.A., Wittens C.H. The effect of distraction on pain perception during an endovenous thermal ablation procedure. Phlebology. Aug 2016 ; 31 (7) : 463-70.
39. Nilsson U., Rawal N., Unosson M. A comparison of intra-operative or postoperative exposure to music – a controlled trial of the effects on postoperative pain anaesthesia. 2003 Jul ; 58 (7) : 699-703.
40. Wallace T., Leung C., Nandhra S., Nehemiah S., Carradice D. and Chetter I. Defining the optimum tumescent anaesthesia solution in endovenous laser ablation. Phlebology. 2017 ; 32 (5) : 322-33.
41. Haute Autorité de Santé. Occlusion de veine saphène par laser par voie veineuse transcutanée. Rapport d'évaluation technologique. Saint-Denis La Plaine : HAS ; 2008. https://has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2016-12/rapport_laser_endoveineux_vd.pdf
42. Habbema L. Efficacy of tumescent local anesthesia with variable lidocaine concentration in 3430 consecutive cases of liposuction. J. Am. Acad. Dermatol. 2010 ; 62 : 988-94.
43. Sommer B., Breuninger H. *In:* Hanke C.W., Sommer B., Sattler G. (eds) Springer-Verlag Heidelberg 2001 ; 9-13.
44. Boni R. Tumescent liposuction: efficacy of a lower lidocaine dose (400 mg/L). Dermatology. 2010 ; 220 : 223-5.
45. American Society of Dermatologic Surgery: Guiding principles for liposuction. Dermatol. Surg. 1997 ; 23 : 1127-9.
46. Mysore V., Savant S., Khunger N., et al. Tumescent liposuction: standard guidelines of care. Indian J. Dermatol. Venereol. Leprol. 2008 ; 74 (Suppl.) : S54-S60.

47. Jibiki M., Miyata T., Futatsugi S., Iso M., Sakanushi Y. Effect of the wide-spread use of endovenous laser ablation on the treatment of varicose veins in Japan: a large-scale, single institute study. Laser therapy 2016 ; 25 (3) : 171-7.

48. Pannier F., Rabe E., Rits J., Kadiss A., Maurins U. Endovenous laser ablation of great saphenous veins using a 1470 nm diode laser and the radial fibre. Follow-up after six months. Phlebology. 2011 ; 26 (1) : 35-9.

49. Kendler M., Simon J.C., Wetzig T. Local anesthesia with lidocaine and prilocaine, using the tumescent technique, for the radiofrequency ablation of lower extremity varicose veins. Int. J. Dermatol. Jun 2013 ; 52 (6) : 739-44.

50. Rasmussen L.H., Bjoern L., Lawaetz M., Blemings A., Lawaetz B., Eklof B. Randomized trial comparing endovenous laser ablation of the great saphenous vein with high ligation and stripping in patients with varicose veins: short-term results. J. Vasc. Surg. 2007 ; 46 (2) : 308-15.

51. Proebstle T.M., Vago B., Alm J., Göckeritz O., Lebard C., Pichot O. Treatment of the incompetent great saphenous vein by endovenous radiofrequency powered segmental thermal ablation: First clinical experience. J. Vasc. Surg. 2008 ; 47 (1) : 151-156.e151.

52. Al Wahbi A.M. Evaluation of pain during endovenous laser ablation of the great saphenous vein with ultrasound-guided femoral nerve block. Vascular Health and Risk Management 2017 ; 13 : 305-9.

53. Bussolin L. Tumescent Local Anesthesia for the Surgical Treatment of Burns and Postburn Sequelae in Pediatric Patients Anesthesiology. 2003 ; 99 : 1371-5.

54. Eisenach J.C., Grice S.C., Dewan D.M. Epinephrine enhances analgesia produced by epidural bupivacaine during labor. Anesth. Analg. 1987 ; 66 : 447-51.

55. Martin R., Lamarche Y., Tetreault L. Comparison of the clinical effectiveness of lidocaine hydrocarbonate and lidocaine hydrochloride with and without epinephrine in epidural anaesthesia. Can. Anaesth. Soc. J. 1981 ; 28 : 217-23.

56. Cepeda M.S., Tzortzopoulou A., Thackrey M., Hudcova J., Arora Gandhi P., Schumann R. Adjusting the pH of lidocaine for reducing pain on injection. Cochrane Database Syst. Rev. 2010 ; 8 (12).

57. Carnegie D.M., Hewer A.J.H. Clinical trial of xylocaine in local anesthesia. Lancet. 1950 ; 2 : 12-4.

58. Covino B.G., Vassallo H.G. Local Anesthesics. Mechanisms of Action and Clinical Use. New York, Grune & Stratton, 1976 : 63.

59. Moro L., Serino F.M., Ricci S., Abbruzzese G., Antonelli-Incalzi R. Dilution of a mepivacaine-adrenaline solution in isotonic sodium bicarbonate for reducing subcutaneous infiltration pain in ambulatory phlebectomy procedures: a randomized, double-blind, controlled trial. J. Am. Acad. Dermatol. 2014 ; 71 (5) : 960-3.

60. Keel D., Goldman M.P. Tumescent anesthesia in ambulatory phlebectomy: addition off epinephedrine. Dermatol. Surg. 1999 ; 25 (5) : 371-2.

61. Gaertner S., Le Ray I., Zerrouk S. Intérêt d'une thromboprophylaxie de la maladie veineuse thromboembolique par anticoagulation après ablation thermique d'un axe saphène par laser endoveineux. Phlébologie. 2020 ; 73 (3) : 42-51.

62. Klein J.A. The tumescent technique. Anesthesia and modified liposuction technique. Dermatol. Clin. 1990 ; 8 : 425-37/16.

63. Klein J.A. Tumescent technique for local anesthesia. West. J. Med. 1996 ; 164 : 517.

64. Matsumoto A.H., Reifsnyder A.C., Hartwell G.D., et al. Reducing the discomfort of lidocaine administration through pH buffering. J. Vasc. Interv. Radiol. 1994 ; 5 : 171-5.

65. Chong P., Kumar R., Kushwaha R., et al. Technical tip: cold saline infiltration instead of local anaesthetic in endovenous laser treatment. Phlebology. 2006 ; 21 : 88-9.

66. Sinnott C.J., Garfield J.M., Thalhammer J.G., et al. Addition of sodium bicarbonate to lidocaine decreases the duration of peripheral nerve block in the rat. Anesthesiology. 2000 ; 93 : 1045-52.

67. Wong K., Strichartz G.R. and Raymond S.A. On the mechanisms of potentiation of local anesthetics by bicarbonate buffer: drug structure-activity studies on isolated peripheral nerve. Anesth. Analg. 1993 ; 76 : 131-43.

68. Quaba O., Huntley J.S., Bahia H., et al. A user guide for reducing the pain of local anaesthetic administration. Emerg. Med. J. 2005 ; 22 : 188-9.

69. Ritchie J.M., Greengard P. On the mode of action of local anesthetics. Ann. Rev. Pharmacol. 1966 ; 6 : 405-30.

70. Pannier F., Rabe E., Maurins U. 1470 nm diode laser for endovenous ablation (EVLA) of incompetent saphe – nous veins – a prospective randomized pilot study comparing warm and cold tumescence anaesthesia. VASA 2010 ; 39 : 249-55.

71. Thompson K.D., Welykyj S., Massa M.C. Antibacterial activity of lidocaine in combination with a bicarbonate buffer. J. Dermatol. Surg. Oncol. 1993 ; 19 : 216-20.

72. Craig S.B., Concannon M.J., McDonald G.A., Puckett C.L. The antibacterial effects of tumescent liposuction fluid. Plast. Reconstr. Surg. 1999 ; 103 : 666-70.

73. Johnson S.M., Saint John B.E., Dine A.P. Local anesthetics as antimicrobial agents: a review. Surg. Infect. (Larchmt). 2008 ; 9 : 205-13.

74. Zumdahl S.S., Zumdahl S.A. Chemistry. Hybrid ninth edition, student edition. Belmont, CA, USA: Brooks Cole; 2013.

75. Bell R.W., Butt Z.A., Gardner R.F. Warming lignocaine reduces the pain of injection during local anaesthetic eyelid surgery. Eye 1996 ; 10 : 558e60.

76. Alonso P.E., Perula L.A., Rioja L.F. Pain-temperature relation in the application of local anaesthesia. Br. J. Plast. Surg. 1993 ; 46 : 76e8.

77. Hogan M.E., vanderVaart S., Perampaladas K., Machado M., Einarson T.R., Taddio A. Systematic review and meta-analysis of the effect of warming local anesthetics on injection pain. Ann. Emerg. Med. 2011 ; 58.86e98 e1.

78. Giordana P., Carpentier P., Desnos P., Gerard J., Hamel-Desnos P., Mirabelle B. et al. Recommandation de la société française de médecine vasculaire concernant la sécurité et l'environnement en médecine vasculaire. Lett. Med. Vasc. 2015 ; 3.

79. Tucker G.T. Local anaesthetic drugs – mode of action and pharmacokinetics. *In:* Nimmo W.S., Smith G. (eds) Anaesthesia. Blackwell, Oxford, 1989 : 983-1010.

80. Lemasle Ph. Anatomie et écho-anatomie. *In :* la maladie veineuse chronique. (eds) Elsevier Masson SAS 2015 ; 27-53.

81. Gilliland M.D., Coates N. Tumescent liposuction complicated by pulmonary edema. Plast. Reconstr. Surg. 1997 ; 99 : 215-9.

82. Gibson K.D., Ferris B.L., Polissar N., Neradilek B., Pepper D. Endovenous laser treatment of the small corrected saphenous vein: efficacy and complications. J. Vasc. Surg. 2007 ; 45 : 795-803. Erratum in: J. Vasc. Surg. 2007 ; 45 : 1293.

83. Min R.J., Khilnani N., Zimmet S.E. Endovenous laser treatment of saphe – nous vein reflux: long-term results. J. Vasc. Interv. Radiol. 2003 ; 14 : 991-6.

84. Theivacumar N.S., Dellagrammaticas D., Darwood RJ., Mavor A.I., Gough M.J. Fate of the great saphenous vein following endovenous laser ablation: does recanalisation mean recurrence? Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. 2008 ; 36 : 211-5.

85. Toonder I.M., Lawson J.A., Wittens C.H. Tumescent, how do I do it? Phlebology. 2013 ; 28 (Suppl. 1) : 15-20.

86. Zerrouk S., Benayad H., Petrelis A. Étude prospective comparative sur l'évolution échographique chronologique de l'occlusion de la grande veine saphène (GVS) par laser endoveineux versus radiofréquence (LEV vs RF). J. Mal. Vasc. 2020 ; 45 : S48.

87. Zerrouk S. Comparative prospective study in treatment of GSV after EVLA versus RFA: the application of Controlled Ultrasound-guided Targeted Tumescent Anesthesia in the case of venous aneurysms. Oral communication. 44th biannual congress CSP. Vancouver. Canada. 2019.

88. Holdstock J.M., Marsh P., Whiteley M.S., Price B.A. It is Possible to Cause Damage to a Laser Fibre during Delivery of Tumescent Anaesthesia for Endovenous Laser Ablation (EVLA). Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. 2008 ; 36 : 473-6.

89. Martin J., Scurr J.R., Brennan J.A. Case Report e Retained laser fibre following endovenous laser therapy. Regional Vascular Unit, Royal Liverpool University Hospital The Society of Vascular Technology of Great Britain & Ireland 15th Annual General Meeting, Edinburgh, 23rd November 2006.

90. Scur J.R.H., Martin J., How T.V., Gambardella I., Brennan J.A. Retained laser fibre following endovenous laser ablation. Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. Extra 2007 ; 13 : 30e2.

91. Zerrouk S. The Hydro-Separation Approach Of Sural Nerve With Controlled Ultrasound-Guided Tumescent Anaesthesia in Endovenous Laser Therapy of Small Saphenous Vein. Abstract. Int. Angiology. 2018 ; 37 (1) : 123-4. https://www.youtube.com/watch?v=W_EXhQB5gTE

92. Zerrouk S., Kalfous S., Antonio L., Drissi H., Amirat R., Berra H., Agram A., Ruivo B., Accioli C., Cury M., Zekakos D.X., Petrelis A.M. Étude comparative multicentrique entre ponction longitudinale et transversale : deux approches classiques de la ponction-directe à l'aiguille utilisées dans la sclérose écho-guidée. Phlébologie. 2020 ; 73 (4) : 19-34.

93. Van Den Bos R.R., Neumann M., De Roos K.P., Nijsten T. Endovenous laser ablation-induced complications: review of the literature and new cases. Dermatol. Surg. 2009 ; 35 : 1206e1.