



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



Mémoire original

Un modèle cadavérique du syndrome de loge antérieure de jambe : fasciotomie sous-cutanée mini-invasive versus fasciotomie ouverte[☆]

A cadaveric model of anterior compartment leg syndrome: Subcutaneous minimally invasive fasciotomy versus open fasciotomy

Simon Vandergugten^{a,b,*}, Laurent Zemmour^a, Benoît Lengelé^{a,c}, Catherine Nyssen-Behets^a

^a Pôle de morphologie, institut de recherche expérimentale et clinique, université catholique de Louvain, avenue Mounier 52 bte B1,52.04, 1200 Brussels, Belgique

^b Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, cliniques universitaires Saint-Luc, 10, avenue Hippocrate, 1200 Brussels, Belgique

^c Service de chirurgie plastique, cliniques universitaires Saint-Luc, 10, avenue Hippocrate, 1200 Brussels, Belgique



INFO ARTICLE

Historique de l'article :

Reçu le 25 mars 2018

Accepté le 4 octobre 2018

Mots clés :

Syndrome des loges

Fasciotomie de la jambe

Pression intramusculaire

Fasciotomie mini-invasive

Étude cadavérique

RÉSUMÉ

Objectif. – En raison des séquelles invalidantes de la fasciotomie ouverte dans le syndrome des loges du compartiment antérieur (SDLA) de la jambe, nous voulions décrire et valider un modèle cadavérique de SDLA ; nous avons émis l'hypothèse que, premièrement, le SDLA pouvait être reproduit sur un modèle cadavérique et, que deuxièmement, la fasciotomie sans incision cutanée complète pouvait réduire la pression intramusculaire de manière équivalente à une dermatofasciotomie complète.

Matériel et méthodes. – Le SDLA était reproduit par injection progressive de sérum physiologique dans la loge antérieure de 23 jambes cadavériques fraîches congelées sous contrôle de la pression intramusculaire (PIM), afin d'atteindre une PIM maximale stabilisée supérieure à 30 mmHg. La fasciotomie sous-cutanée mini-invasive était réalisée sur 14 jambes par 5 mini-incisions cutanées transversales (2 cm) le long de l'axe reliant la tubérosité tibiale à la face postérieure de la malléole latérale. Une fasciotomie ouverte standard de la loge antérieure était pratiquée sur les 9 autres membres du groupe témoin. La PIM était mesurée après les incisions cutanées et après chaque fasciotomie étagée dans le premier groupe et après incision cutanée et fasciale dans le groupe témoin.

Résultats. – Une PIM maximale de 43 ± 2 mmHg était obtenue par injection de 177 ± 9 mL de sérum physiologique dans la loge antérieure de la jambe. Dans le groupe témoin de fasciotomie ouverte, l'incision cutanée seule ne réduisait pas significativement la PIM, tandis que la fasciotomie réduisait la PIM à 10 ± 1 mmHg ($p < 0.001$). Dans le groupe ayant subi une fasciotomie sous-cutanée, la fasciotomie complète a permis de réduire significativement la PIM à 11 ± 4 mmHg ($p < 0.001$), sans différence significative avec le groupe témoin.

Discussion. – Ce modèle cadavérique est efficace pour reproduire l'hyperpression rencontrée dans les SDLA. Dans ce modèle, la réduction de PIM après fasciotomie est aussi efficace par une incision sous-cutanée mini-invasive qu'avec une fasciotomie ouverte. Cette technique, testée in vitro, apparaît comme une alternative intéressante dans le traitement du syndrome des loges de la jambe. Il doit être testé dans les autres loges de la jambe et sa faisabilité in vivo en aigu doit être clarifiée.

Niveau de preuve. – III, étude expérimentale contrôlée.

© 2018 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

DOI de l'article original : <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2018.10.003>.

[☆] Ne pas utiliser, pour citation, la référence française de cet article, mais celle de l'article original paru dans *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, en utilisant le DOI ci-dessus.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : simon.vandergugten@uclouvain.be (S. Vandergugten).

<https://doi.org/10.1016/j.rcot.2018.11.001>

1877-0517/© 2018 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

1. Introduction

Le syndrome des loges aigu du membre inférieur a été largement décrit depuis les années 70. Il se caractérise principalement par une augmentation de la pression intramusculaire (PIM) qui compromet la perfusion d'une loge musculaire [1–4]. Dans le membre inférieur, le syndrome des loges aigu est généralement situé dans la loge antérieure de la jambe et est principalement dû à une fracture du tibia et/ou de la fibula, bien qu'il existe d'autres étiologies comme l'occlusion vasculaire, la contusion musculaire ou l'exercice musculaire intense [3,5,6]. Le diagnostic est fondé sur les signes cliniques ainsi que sur la mesure directe de la PIM. Le symptôme principal consiste en une forte douleur au repos qui augmente avec le temps et la sollicitation passive du muscle contenu dans la loge, puis viennent les paresthésies et finalement un déficit moteur au stade ischémique [2,3,7,8]. La confirmation diagnostique nécessite habituellement la mesure de la PIM dans les quatre loges de la jambe à l'aide d'un cathéter de gros calibre, bien qu'elle ne soit pas toujours effectuée en cas de forte suspicion clinique [4,7,9–11]. On considère que la perfusion musculaire et neurologique est compromise lorsque la différence entre la pression artérielle diastolique et la PIM (= pression de perfusion) est inférieure à 30 mmHg, bien que dans la pratique quotidienne le diagnostic soit souvent fait si la PIM est supérieure à 30 mmHg [2,4,6,7,10]. En l'absence de traitement, le syndrome des loges aigu entraîne des conséquences irréversibles comme la nécrose musculaire et neurologique, qui peuvent compromettre la viabilité du membre. Le seul traitement du syndrome des loges consiste à diminuer la PIM en ouvrant le fascia profond. Elle est généralement réalisée par dermatofasciotomie ouverte de la loge musculaire atteinte [6,10,12–15]. La fermeture cutanée ne peut généralement pas être réalisée, engendrant une cicatrice inesthétique avec séquelles fonctionnelles éventuelles liées à la rétraction fibreuse des tissus [10,16]. Une autre étude avait déjà tenté de minimiser la longueur de l'incision, mais la dermatofasciotomie longitudinale atteignait encore 10 cm [17]. Le but de cette étude était de valider une fasciotomie sous-cutanée mini-invasive dans le cadre d'un syndrome des loges reproduit dans la loge antérieure de jambes cadavériques.

Nous avons émis l'hypothèse que, premièrement, le syndrome de loge antérieur (SDLA) pouvait être reproduit sur un modèle cadavérique et, que deuxièmement, la fasciotomie sans incision cutanée complète pouvait réduire la pression intramusculaire de manière équivalente à une dermatofasciotomie complète.

2. Matériel et méthodes

Nous avons utilisé 23 membres inférieurs de cadavres fraîchement congelés d'hommes et de femmes de plus de soixante ans qui avaient légué leur corps à l'Université Catholique de Louvain. Tous les membres avaient été désarticulés au niveau de la hanche et congelés anonymement à -20°C . Pour reproduire le SDLA, du sérum physiologique (0,9 % NaCl) était progressivement injecté dans la loge antérieure sous contrôle de la pression intramusculaire (PIM) (Fig. 1). Un système à 3 voies était utilisé pour connecter le moniteur de pression (Baxter TrueCal 59PXCAL, Deerfield, Illinois, États-Unis), une seringue de 60 ml et une aiguille de 40 mm de long et de 0,9 mm de diamètre. Le point de ponction était situé à un tiers de la distance entre la tubérosité tibiale (TT) et la face postérieure de la malléole latérale (LM). Le système était purgé et étalonné avant injection. La pression intramusculaire était enregistrée après chaque injection de 25 mL de sérum physiologique en attendant 7 à 10 minutes que la pression soit stabilisée, c'est-à-dire sans changement pendant une minute. Les injections étaient poursuivies jusqu'à atteindre la PIM maximale stabilisée et de valeur supérieure à 30 mmHg.

La fasciotomie sous-cutanée mini-invasive était réalisée sur 14 jambes par 5 mini-incisions cutanées transversales (2 cm) le long de l'axe TT-LM, 2 cm latéralement au bord antérieur du tibia. La première incision était latérale à l'extrémité inférieure de la TT. Le passage des ciseaux à travers les incisions cutanées permettait de séparer la peau par rapport au fascia puis d'inciser le fascia profond longitudinalement. Dans ce groupe, la fasciotomie était réalisée de TT à LM (proximo-distale) sur 5 jambes et de LM à TT (disto-proximale) sur 9 jambes. La pression était mesurée après les incisions cutanées et après chaque fasciotomie étagée. La peau était ensuite incisée le long de l'axe TT-LM pour confirmer l'incision complète du fascia profond et rechercher des lésions nerveuses superficielles.

Une fasciotomie ouverte standard était pratiquée sur les 9 autres jambes comme cas contrôles, après incision cutanée complète. La pression était mesurée successivement après incision de la peau et du fascia. Dans un cas, la peau et le fascia étaient incisés ensemble lors de la première incision, rendant impossible la mesure intermédiaire.

Les PIM des 3 groupes étaient comparées entre-elles : fasciotomie sous-cutanée proximo-distale, fasciotomie sous-cutanée disto-proximale et fasciotomie ouverte.

Toutes les données quantitatives étaient exprimées en moyenne $\pm$ déviations standards. Les analyses statistiques étaient effectuées à l'aide d'Instat (logiciel Graphpad). Le test Kruskal Wallis (ANOVA non paramétrique) était utilisé pour comparer les données des 3 groupes avant toute incision et après section du fascia profond. Dans chacun des 3 groupes, les données PIM successives étaient comparées au test de Friedman par paires (mesures répétées non paramétriques ANOVA). Les différences étaient jugées significatives pour $p < 0,05$.

3. Résultats

3.1. La PIM maximale était supérieure à 30 mmHg dans les 3 groupes

Une PIM maximale de 43 ± 2 mmHg était obtenue par injection de 177 ± 9 mL de sérum physiologique dans la loge antérieure de la jambe (Tableau 1). Dans un cas seulement, l'injection progressive de 250 mL de sérum physiologique ne permettait pas d'atteindre une pression maximale supérieure à 24 mmHg. Dans les 3 groupes, la PIM moyenne était supérieure à 30 mmHg, mais montrait une grande variabilité inter-individuelle en termes de pressions obtenues et de volume injecté. Dans le groupe témoin de fasciotomie ouverte, une injection de 194 ± 15 mL permettait d'obtenir une PIM maximale de 36 ± 2 mmHg. Dans le groupe de fasciotomie proximo-distale sous-cutanée, l'injection de 150 ± 0 mL permettait d'atteindre une PIM maximale de 52 ± 2 mmHg et dans le groupe de fasciotomie disto-proximale sous-cutanée, l'injection de 175 ± 14 mL permettait d'atteindre une PIM maximale de 44 ± 3 mmHg. Aucune différence significative n'était observée entre les 3 groupes en terme de volume de sérum injecté ($p > 0,05$) et de PIM maximale, à l'exception d'une PIM significativement plus élevée dans le groupe fasciotomie proximo-distale sous-cutanée que dans le groupe témoin ($p < 0,01$).

3.2. Seule la fasciotomie réduisait significativement la PIM

Dans le groupe témoin de fasciotomie ouverte, l'incision cutanée seule ne réduisait pas significativement la PIM (30 ± 3 mmHg). La fasciotomie réduisait significativement la PIM à 10 ± 1 mmHg par rapport à la PIM maximale ($p < 0,001$) (Fig. 2).

Dans les groupes de fasciotomie sous-cutanée mini-invasive, les 5 incisions de la peau réduisaient la PIM à 47 ± 3 mmHg (groupe

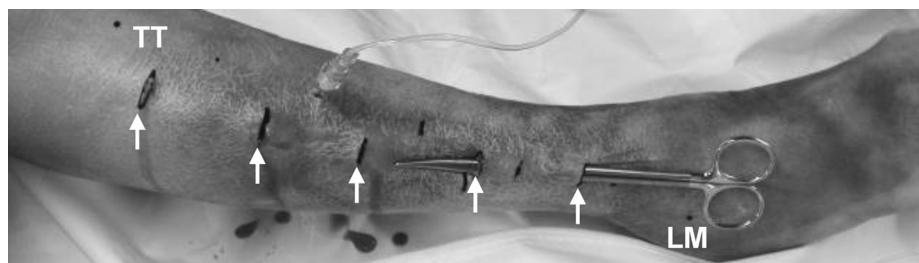


Fig. 1. Vue antérolatérale de la jambe droite de cadavre frais congelé après injection de sérum physiologique afin d'obtenir une PIM maximale, illustrant l'emplacement de l'aiguille dans la loge antérieure, les mini-incisions cutanées (flèches) selon l'axe TT-LM et la dissection des plans cutané et fascial par ciseaux.

Tableau 1

Volume total de sérum injecté et pression intramusculaire maximale (PIM) dans les 3 groupes. Moyenne $\pm$ déviations standards.

Groupe de fasciotomie	n	Volume injecté(mL)	PIM maximale(mmHg)
Ouverte	9	194 $\pm$ 15	36 $\pm$ 2
Sous-cutanée proximo-distal	5	150 $\pm$ 0	52 $\pm$ 2*
Sous-cutanée disto-proximal	9	175 $\pm$ 14	44 $\pm$ 3
Total	23	177 $\pm$ 9	43 $\pm$ 2

* $p < 0,01$ par rapport au groupe fasciotomie ouverte.

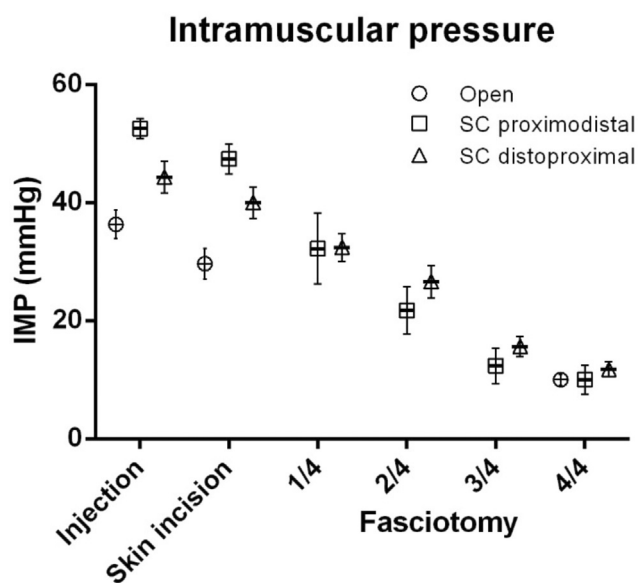


Fig. 2. Pression intramusculaire (IMP, mmHg) dans les groupes de fasciotomie ouverte (Open) et sous-cutanée (SC) proximodistale et distoproximale après injection de sérum physiologique dans la loge antérieure de la jambe (IMP maximale), après incision cutanée et après section fasciale profonde. M $\pm$ DS ; * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ et $p < 0,001$ en comparaison à la PIM maximale.

proximo-distal) et 40 ± 3 mmHg (groupe disto-proximal). Cette diminution n'était pas significative par rapport à la PIM initiale.

Dans le groupe de fasciotomie proximo-distale sous-cutanée, l'incision du fascia dans les deux quarts proximaux de la jambe réduisait la PIM à 32 ± 6 mmHg ($p > 0,05$) et 22 ± 4 ($p > 0,05$), respectivement, sans différence significative par rapport à la PIM maximale (Fig. 2). Une diminution significative de la PIM était en revanche obtenue en incisant le troisième quart (12 ± 3 mmHg, $p < 0,01$) et la dernière incision fasciale réduisait la PIM à 10 ± 2 mmHg ($p < 0,001$). Par rapport à la PIM après incision cutanée, la différence était significative uniquement avec la dernière incision fasciale ($p < 0,05$).

Dans le groupe de fasciotomie disto-proximale sous-cutanée, l'incision du fascia dans le quart distal de la jambe ne réduisait pas significativement la PIM (32 ± 2 mmHg, $p > 0,05$) (Fig. 2). L'incision des deuxième, troisième et dernier quart réduisait

significativement la PIM à 27 ± 3 mmHg ($p < 0,05$), 16 ± 2 mmHg ($p < 0,001$) et 12 ± 1 mmHg ($p < 0,001$), respectivement. Par rapport à l'incision cutanée, la réduction de la PIM n'était significative qu'après la troisième ($p < 0,05$) et dernière ($p < 0,001$) incision du fascia.

Dans ces deux groupes, l'incision cutanée longitudinale réalisée après fasciotomie confirmait qu'une fasciotomie complète était réalisée dans tous les cas. La PIM ne diminuait pas davantage après cette incision cutanée longitudinale. Bien qu'aucune lésion nerveuse significative n'ait été clairement identifiée, la branche principale du nerf fibulaire superficiel était très proche de l'incision du fascia.

3.3. La réduction de la PIM par fasciotomie sous-cutanée était aussi efficace que la fasciotomie ouverte

Après fasciotomie complète, la PIM (10 ± 2 mmHg dans le groupe de fasciotomie proximo-distale sous-cutanée, 12 ± 2 mmHg dans le groupe de fasciotomie disto-proximale sous-cutanée et 10 ± 1 mmHg dans le groupe témoin ouvert) ne présentait aucune différence significative entre ces groupes (Fig. 2).

4. Discussion

La présente étude a montré qu'une élévation de PIM comparable au syndrome des loges aigu pouvait être obtenue dans la loge antérieure des jambes cadavériques. Ceci a validé notre première hypothèse, bien que la physiopathologie de ce syndrome implique une cascade d'événements qui ne peut pas être uniquement résu-

mée par une PIM élevée. Le SDLA a pu être reproduit avec précision dans notre modèle cadavérique. Dans toutes les jambes, sauf une, nous avons obtenu une PIM maximale supérieure à 30 mmHg. Cependant, les données ont montré une grande variabilité inter-individuelle et le volume injecté pour atteindre la PIM maximale était également très variable d'une jambe à l'autre. Dans notre étude, nous avons considéré qu'une valeur de PIM n'était stabilisée qu'après 7 à 10 minutes sans changement pendant une minute. En effet, il a été démontré que la PIM diminue après un certain délai [9], en raison de la diffusion tissulaire. En l'absence d'informations concernant les sujets cadavériques, en particulier leur âge, leur comorbidité, leur corpulence et leur IMC, la variabilité interindividuelle ne peut être corrélée aux caractéristiques individuelles. En outre, la qualité de

la conservation pourrait jouer un rôle dans le niveau de PIM, bien que l'aspect macroscopique de toutes les jambes fût semblable. Cela pourrait expliquer pourquoi la PIM maximale n'a pas pu dépasser 24 mmHg dans une jambe. Des précautions doivent être prises lors de l'interprétation des résultats d'une étude expérimentale effectuée sur des jambes de sujets âgés de plus de 60 ans, alors que le syndrome des loges aigu se produit généralement chez les jeunes hommes. Comme les tissus musculaires et conjonctifs plus âgés pourraient être plus souples [18], l'apparition du syndrome des loges pourrait être retardée chez les patients âgés.

Ce modèle expérimental a permis de montrer une réduction efficace de la PIM lors de la section du fascia profond par mini-incisions sous-cutanées. Cela répondait à notre deuxième hypothèse. La baisse de PIM obtenue après fasciotomie a été aussi importante par incision sous-cutanée mini-invasive que par dermatofasciotomie ouverte. La réduction de pression après l'incision cutanée seulement, bien que non significative, était plus faible dans le groupe sous-cutané que dans le groupe dermatofasciotomie. Cela est facilement compréhensible et ne change pas la diminution significative de la pression avec la fasciotomie. Ces résultats sont en contradiction avec l'idée que l'enveloppe cutanée est un facteur contribuant au syndrome du compartiment aigu du membre inférieur [13].

Notre technique semble aussi efficace qu'une étude *in vitro* précédente avec dermatofasciotomie de 10 cm de long associée à une fasciotomie transverse, mais encore moins invasive [17]. Dans le syndrome des loges chronique, une méthode endoscopique avec une seule petite incision cutanée a été largement décrite *in vitro* [19]. La technique a ensuite été testée *in vivo*, mais l'utilisation d'un fluide sous pression et la nécessité d'une courbe d'apprentissage la rendent inutilisable en situation aiguë [20,21].

La reproduction expérimentale du syndrome des loges dans les jambes cadavériques diffère néanmoins du syndrome du compartiment aigu post-traumatique réel. La réponse inflammatoire, la contusion et le déplacement de la fracture peuvent jouer un rôle important dans le gonflement sous-cutané qui n'est pas pris en compte dans ce modèle. Nous ne pouvons pas conclure que la peau ne contribue pas au syndrome des loges en situation traumatique aiguë, mais seulement dans le modèle cadavérique.

Le nerf fibulaire superficiel est à risque lors de la réalisation de la troisième fasciotomie sous-cutanée distale le long de l'axe TT-LM. Son trajet et, surtout, son émergence de l'aponévrose sont connus pour être très variables. Ce nerf émerge par le fascia de la loge latérale dans les deux tiers des cas, mais pourrait aussi percer le septum intermusculaire antérolatéral et émerger dans le compartiment antérieur, ou se diviser en deux branches principales avant de traverser le septum, donnant des ramifications dans les deux compartiments [22–24]. Dans une méta-analyse récente incluant 665 membres inférieurs [25], l'émergence du nerf fibulaire superficiel en une seule structure à travers le fascia, avant de se diviser en nerfs cutanés médial et dorsal intermédiaire, avait une prévalence générale de 82 % (Fig. 3). Comme le trajet nerveux a été démontré symétrique chez le même individu [23], il pourrait être cliniquement localisé dans la jambe controlatérale non traumatisée en portant le pied en inversion et flexion plantaire maximale. La fasciotomie assistée par endoscopie pourrait aider à éviter les faisceaux neurovasculaires, mais elle ne peut être réalisée dans des conditions aiguës [19–21]. La lésion du nerf peut être évitée par une section incomplète du fascia inférieur. Comme l'effet thérapeutique a été atteint avec la 2^e ou 3^e incision dans le groupe sous-cutané, l'incision la plus distale du fascia pourrait être évitée sans compromettre l'effet thérapeutique. Un effet garrot est peu probable car la PIM diminue progressivement avec la fasciotomie et les muscles se continuent uniquement par leurs tendons dans la partie distale de la jambe. Le nerf fibulaire superficiel pourrait également être préservé en médialisant l'axe de la fasciotomie en restant légèrement latéral par rapport à la crête tibiale. Enfin, l'importance du nerf

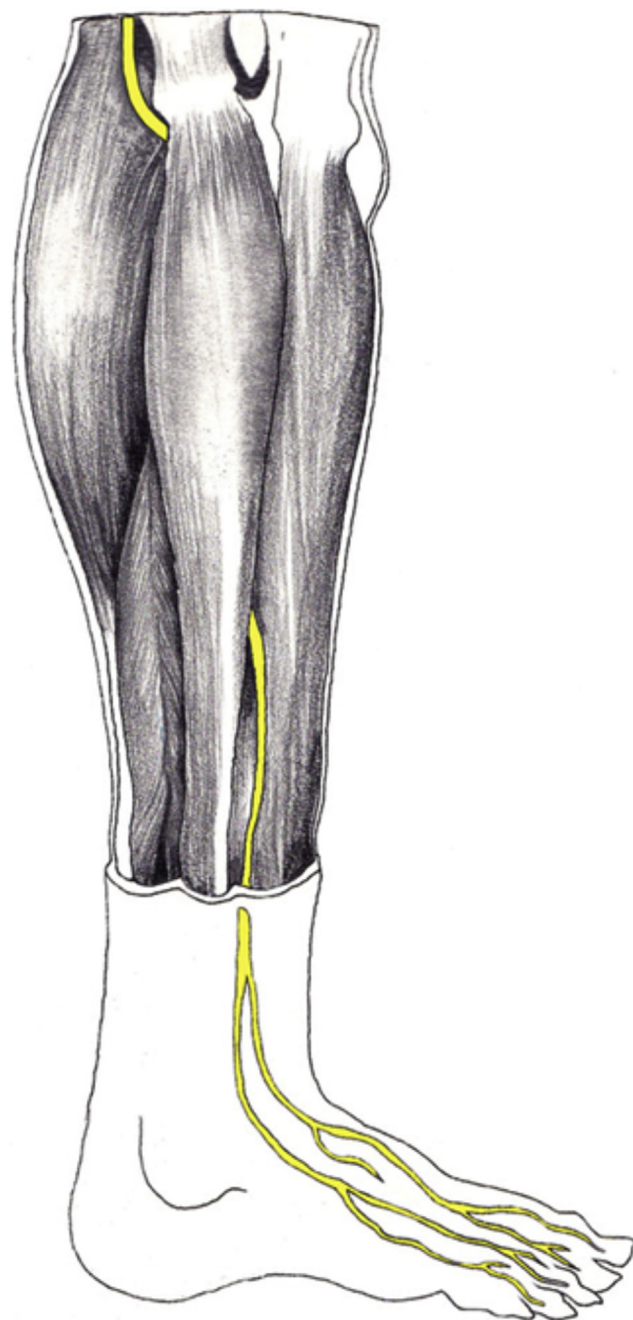


Fig. 3. .Trajet le plus fréquent du nerf fibulaire superficiel : émerge à travers le fascia de la loge latérale sous la forme d'une structure unique avant de bifurquer en nerfs cutanés médial et dorsal intermédiaire.

fibulaire superficiel doit être relativisée car ce nerf est utilisé comme greffe autologue pour le traitement des lésions des nerfs périphériques des membres supérieurs [24]. En cas de lésion, la morbidité se limiterait à un défaut partiel de sensibilité dorso-latérale de la cheville et du pied, sans compromettre la marche [26].

Cette étude était limitée à la loge antérieure de la jambe. Néanmoins, l'axe TT-LM des 5 mini-incisions cutanées transversales permet d'atteindre et inciser le fascia du compartiment latéral. Le compartiment latéral ne pourrait pas être ouvert si l'axe d'incision suivait la crête tibiale. Dans tous les cas, l'accès aux compartiments postérieurs nécessite un autre axe d'incision cutanée. Les autres loges de la jambe doivent être étudiées.

Notre modèle présente certaines limites, comme nous l'avons vu plus haut. Tout d'abord, nous avons reproduit l'élévation de PIM du syndrome des loges mais pas toute la physiopathologie du syndrome aigu. De plus, l'élasticité des tissus de la jambe du cadavre d'une personne âgée diffère de celle des jeunes tissus masculins impliqués dans une situation aiguë. Enfin, l'hyperpression n'intéressait qu'une loge alors que, dans un membre traumatisé, c'est souvent toute la jambe qui est concernée.

En conclusion, le modèle cadavérique décrit est valide et la fasciotomie sous-cutanée mini-invasive apparaît in vitro comme une alternative thérapeutique attractive dans le SDLA de la jambe, car la diminution de la PIM est comparable à celle de la fasciotomie ouverte. D'autres études devraient être ultérieurement effectuées avant de transposer nos résultats aux patients.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Financement

Université Catholique de Louvain.

Contribution

Simon Vandergugten : réalisation des tests et rédaction du texte.

Laurent Zemmour : associé à la réalisation des tests.

Benoît Lengel : idée originale, relecture.

Catherine Nyssen-Behets : promoteur, associée à la réalisation des tests, correction du manuscrit.

Remerciements

Les auteurs remercient Mlle Mathilde Cathelain d'avoir illustré le nerf fibulaire superficiel (Fig. 3).

Références

- [1] Shuler MS, Reisman WM, Kinsey TL, Whitesides Jr TE, Hammerberg EM, Davila MG, et al. Correlation between muscle oxygenation and compartment pressures in acute compartment syndrome of the leg. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:863–70.
- [2] Olson SA, Glasgow RR. Acute compartment syndrome in lower extremity musculoskeletal trauma. *J Am Acad Orthop Surg* 2005;13:436–44.
- [3] Mabee JR. Compartment syndrome: a complication of acute extremity trauma. *J Emerg Med* 1994;12:651–6.
- [4] Hargens AR, Akeson WH, Mubarak SJ, Owen CA, Evans KL, Garetto LP, et al. Fluid balance within the canine anterolateral compartment and its relationship to compartment syndromes. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60:499–505.
- [5] Aliano K, Gulati S, Stavrides S, Davenport T, Hines G. Low-impact trauma causing acute compartment syndrome of the lower extremities. *Am J Emerg Med* 2013;31:890 [e3–e4].
- [6] Menetrey J, Peter R. Acute compartment syndrome in the post-traumatic leg. *Rev Chir Orthop Reparat Appar Mot* 1998;84:272–80.
- [7] Shadgan B, Menon M, O'Brien PJ, Reid WD. Diagnostic techniques in acute compartment syndrome of the leg. *J Orthop Trauma* 2008;22:581–7.
- [8] Ferlic PW, Singer G, Kraus T, Eberl R. The acute compartment syndrome following fractures of the lower leg in children. *Injury* 2012;43:1743–6.
- [9] Allen MJ, Stirling AJ, Crawshaw CV, Barnes MR. Intracompartmental pressure monitoring of leg injuries. An aid to management. *J Bone Joint Surg Br* 1985;67:53–7.
- [10] Mubarak SJ, Owen CA, Hargens AR, Garetto LP, Akeson WH. Acute compartment syndromes: diagnosis and treatment with the aid of the wick catheter. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60:1091–5.
- [11] Mubarak SJ, Hargens AR, Owen CA, Garetto LP, Akeson WH. The wick catheter technique for measurement of intramuscular pressure. A new research and clinical tool. *J Bone Joint Surg Am* 1976;58:1016–20.
- [12] Shadgan B, Menon M, Sanders D, Berry J, Martin Jr C, Duffy P, et al. Current thinking about acute compartment syndrome of the lower extremity. *Can J Surg* 2010;53:329–34.
- [13] Cohen MS, Garfin SR, Hargens AR, Mubarak SJ. Acute compartment syndrome. Effect of dermatomy on fascial decompression in the leg. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73:287–90.
- [14] Rorabeck CH. The treatment of compartment syndromes of the leg. *J Bone Joint Surg Br* 1984;66:93–7.
- [15] Mubarak SJ, Owen CA. Double-incision fasciotomy of the leg for decompression in compartment syndromes. *J Bone Joint Surg Am* 1977;59:184–7.
- [16] Frink M, Klaus AK, Kuther G, Probst C, Gosling T, Kobbe P, et al. Long term results of compartment syndrome of the lower limb in polytraumatized patients. *Injury* 2007;38:607–13.
- [17] Teng AL, Huang JL, Wilber RG, Wilber JH. Treatment of compartment syndrome: transverse fasciotomy as an adjunct to longitudinal dermatofasciotomy: an in vitro study. *J Orthop Trauma* 2005;19:442–7.
- [18] von Keudell AG, Weaver MJ, Appleton PT, Bae DS, Dyer GS, Heng M, et al. Diagnosis and treatment of acute extremity compartment syndrome. *Lancet* 2015;386:1299–310.
- [19] Leversedge FJ, Casey PJ, Seiler JG3rd, Xerogeanes JW. Endoscopically assisted fasciotomy: description of technique and in vitro assessment of lower-leg compartment decompression. *Am J Sports Med* 2002;30:272–8.
- [20] Stein DA, Sennett BJ. One-portal endoscopically assisted fasciotomy for exertional compartment syndrome. *Arthroscopy* 2005;21:108–12.
- [21] Voleti PB, Lebrun DG, Roth CA, Kelly JDT. Endoscopic thermal fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome. *Arthrosc Tech* 2015;4:e525–9.
- [22] Adkison DP, Bosse MJ, Gaccione DR, Gabriel KR. Anatomical variations in the course of the superficial peroneal nerve. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:112–4.
- [23] Cronin JZ, Last A, Moran JR. The course of the superficial peroneal nerve in the leg. *J Anat* 2004;205:543–4.
- [24] Ribak S, Fonseca JR, Tietzmann A, Gama SA, Hirata HH. The Anatomy and Morphology of the Superficial Peroneal Nerve. *J Reconstr Microsurg* 2015.
- [25] Tomaszewski KA, Graves MJ, Vikse J, Pekala PA, Sanna B, Henry BM, et al. Superficial fibular nerve variations of fascial piercing: A meta-analysis and clinical consideration. *Clin Anat* 2017;30:120–5.
- [26] Ribak S, da Silva Filho PR, Tietzmann A, Hirata HH, de Mattos CA, da Gama SA. Use of superficial peroneal nerve graft for treating peripheral nerve injuries. *Rev Bras Ortop* 2016;51:63–9.