

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>



**ANNÉE 2020**

**N° 081**

**Traitement médical du syndrome des loges d'effort des membres inférieurs : évaluation de l'impact de l'injection de toxine botulique sur la reprise sportive**

**THESE D'EXERCICE EN MEDECINE**

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1  
Et soutenue publiquement le 12/05/2020  
En vue d'obtenir le titre de Docteur en Médecine

Par

**CHAGOT Lucie**  
**Née le 26 mars 1991 à Charleville-Mézières (08)**

**Sous la direction du Dr SCHMITT Alexandre**

# UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1

Président	Pr Frédéric FLEURY
Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales	Pr Pierre COCHAT
Directeur Général des services	M. Damien VERHAEGHE

## **Secteur Santé :**

Doyen de l'UFR de Médecine Lyon Est	Pr Gilles RODE
Doyenne de l'UFR de Médecine Lyon-Sud Charles Mérieux	Pr Carole BURILLON
Doyenne de l'Institut des Sciences Pharmaceutiques (ISPB)	Pr Christine VINCIGUERRA
Doyenne de l'UFR d'Odontologie	Pr Dominique SEUX
Directeur de l'Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation (ISTR)	Dr Xavier PERROT
Directrice du département de Biologie Humaine	Pr Anne-Marie SCHOTT

## **Secteur Sciences et Technologie :**

Administratrice Provisoire de l'UFR BioSciences	Pr Kathrin GIESELER
Administrateur Provisoire de l'UFR Faculté des Sciences Et Technologies	Pr Bruno ANDRIOLETTI
Directeur de l'UFR Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)	M. Yannick VANPOULLE
Directeur de Polytech	Pr Emmanuel PERRIN
Directeur de l'IUT	Pr Christophe VITON
Directeur de l'Institut des Sciences Financières Et Assurances (ISFA)	M. Nicolas LEBOISNE
Directrice de l'Observatoire de Lyon	Pr Isabelle DANIEL
Administrateur Provisoire de l'Institut National Supérieur du Professorat et de l'Education (INSPé)	M. Pierre CHAREYRON
Directrice du Département Composante Génie Electrique et Procédés (GEP)	Pr Rosaria FERRIGNO
Directeur du Département Composante Informatique	Pr Behzad SHARIAT TORBAGHAN



Faculté de Médecine  
Lyon Est

## Faculté de Médecine Lyon Est Liste des enseignants 2019/2020

### Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers Classe exceptionnelle Echelon 2

BLAY	Jean-Yves	Cancérologie ; radiothérapie
BORSON-CHAZOT	Françoise	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
COCHAT	Pierre	Pédiatrie
ETIENNE	Jérôme	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
GUERIN	Claude	Réanimation ; médecine d'urgence
GUERIN	Jean-François	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
MORNEX	Jean-François	Pneumologie ; addictologie
NIGHOGHOSSIAN	Norbert	Neurologie
NINET	Jean	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
OVIZE	Michel	Cardiologie
PONCHON	Thierry	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
REVEL	Didier	Radiologie et imagerie médicale
RIVOIRE	Michel	Cancérologie ; radiothérapie
THIVOLET-BEJUI	Françoise	Anatomie et cytologie pathologiques
VANDENESCH	François	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

### Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers Classe exceptionnelle Echelon 1

BOILLOT	Olivier	Chirurgie viscérale et digestive
BRETON	Pierre	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
CHASSARD	Dominique	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
CLARIS	Olivier	Pédiatrie
COLIN	Cyrille	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
D'AMATO	Thierry	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
DELAHAYE	François	Cardiologie
DENIS	Philippe	Ophtalmologie
DOUEK	Philippe	Radiologie et imagerie médicale
DUCERF	Christian	Chirurgie viscérale et digestive
DURIEU	Isabelle	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie
FINET	Gérard	Cardiologie
GAUCHERAND	Pascal	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
GUEYFFIER	François	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
HERZBERG	Guillaume	Chirurgie orthopédique et traumatologique
HONNORAT	Jérôme	Neurologie
LACHAUX	Alain	Pédiatrie
LERMUSIAUX	Patrick	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
LINA	Bruno	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

MERTENS	Patrick	Neurochirurgie
MIOSSEC	Pierre	Rhumatologie
MORELON	Emmanuel	Néphrologie
MOULIN	Philippe	Endocrinologie
NEGRIER	Claude	Hématologie ; transfusion
NEGRIER	Sylvie	Cancérologie ; radiothérapie
OBADIA	Jean-François	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
RODE	Gilles	Médecine physique et de réadaptation
TERRA	Jean-Louis	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
ZOULIM	Fabien	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie

**Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers**  
**Première classe**

ADER	Florence	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
ANDRE-FOUET	Xavier	Cardiologie
ARGAUD	Laurent	Réanimation ; médecine d'urgence
AUBRUN	Frédéric	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
BADET	Lionel	Urologie
BERTHEZENE	Yves	Radiologie et imagerie médicale
BERTRAND	Yves	Pédiatrie
BESSEREAU	Jean-Louis	Biologie cellulaire
BRAYE	Fabienne	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; Brûlologie
CHARBOTEL	Barbara	Médecine et santé au travail
CHEVALIER	Philippe	Cardiologie
COLOMBEL	Marc	Urologie
COTTIN	Vincent	Pneumologie ; addictologie
COTTON	François	Radiologie et imagerie médicale
DEVOUASSOUX	Mojgan	Anatomie et cytologie pathologiques
DI FILLIPO	Sylvie	Cardiologie
DUBERNARD	Gil	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
DUMONTET	Charles	Hématologie ; transfusion
DUMORTIER	Jérôme	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
EDERY	Charles Patrick	Génétique
FAUVEL	Jean-Pierre	Thérapeutique
FELLAHI	Jean-Luc	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
FERRY	Tristan	Maladie infectieuses ; maladies tropicales
FOURNERET	Pierre	Pédopsychiatrie ; addictologie
GUENOT	Marc	Neurochirurgie
GUIBAUD	Laurent	Radiologie et imagerie médicale
JACQUIN-COURTOIS	Sophie	Médecine physique et de réadaptation
JAVOUHEY	Etienne	Pédiatrie
JUILLARD	Laurent	Néphrologie
JULLIEN	Denis	Dermato-vénéréologie
KODJIKIAN	Laurent	Ophtalmologie
KROLAK SALMON	Pierre	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillessement ; médecine générale ; addictologie
LEJEUNE	Hervé	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
MABRUT	Jean-Yves	Chirurgie générale
MERLE	Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
MICHEL	Philippe	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
MURE	Pierre-Yves	Chirurgie infantile
NICOLINO	Marc	Pédiatrie
PICOT	Stéphane	Parasitologie et mycologie
PONCET	Gilles	Chirurgie viscérale et digestive
RAVEROT	Gérald	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale



ROSSETTI	Yves	Médecine Physique de la Réadaptation
ROUVIERE	Olivier	Radiologie et imagerie médicale
ROY	Pascal	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
SAOUD	Mohamed	Psychiatrie d'adultes et addictologie
SCHAEFFER	Laurent	Biologie cellulaire
SCHEIBER	Christian	Biophysique et médecine nucléaire
SCHOTT-PETHELAZ	Anne-Marie	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
TILIKETE	Caroline	Neurologie
TRUY	Eric	Oto-rhino-laryngologie
TURJMAN	Francis	Radiologie et imagerie médicale
VANHEMS	Philippe	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
VUKUSIC	Sandra	Neurologie

**Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers**  
**Seconde Classe**

BACCHETTA	Justine	Pédiatrie
BOUSSEL	Loïc	Radiologie et imagerie médicale
BUZLUCA DARGAUD	Yesim	Hématologie ; transfusion
CALENDER	Alain	Génétique
CHAPURLAT	Roland	Rhumatologie
CHENE	Gautier	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
COLLARDEAU FRACHON	Sophie	Anatomie et cytologie pathologiques
CONFAVREUX	Cyrille	Rhumatologie
CROUZET	Sébastien	Urologie
CUCHERAT	Michel	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
DAVID	Jean-Stéphane	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
DI ROCCO	Federico	Neurochirurgie
DUBOURG	Laurence	Physiologie
DUCLOS	Antoine	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
DUCRAY	François	Neurologie
FANTON	Laurent	Médecine légale
GILLET	Yves	Pédiatrie
GLEIZAL	Arnaud	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
GUEBRE-EGZIABHER	Fitsum	Néphrologie
HENAINE	Roland	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
HOT	Arnaud	Médecine interne
HUISSOUD	Cyril	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
JANIER	Marc	Biophysique et médecine nucléaire
JARRAUD	Sophie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
LESURTEL	Mickaël	Chirurgie générale
LEVRERO	Massimo	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
LUKASZEWICZ	Anne-Claire	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
MAUCORT BOULCH	Delphine	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MEWTON	Nathan	Cardiologie
MEYRONET	David	Anatomie et cytologie pathologiques
MILLION	Antoine	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire
MONNEUSE	Olivier	Chirurgie générale
NATAF	Serge	Cytologie et histologie
PERETTI	Noël	Pédiatrie
POULET	Emmanuel	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
RAY-COQUARD	Isabelle	Cancérologie ; radiothérapie
RHEIMS	Sylvain	Neurologie
RICHARD	Jean-Christophe	Réanimation ; médecine d'urgence
RIMMELE	Thomas	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
ROBERT	Maud	Chirurgie digestive

ROMAN	Sabine	Gastroentérologie
SOUQUET	Jean-Christophe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
THAUNAT	Olivier	Néphrologie
THIBAUT	Hélène	Cardiologie
VENET	Fabienne	Immunologie
WATTEL	Eric	Hématologie ; transfusion

**Professeur des Universités  
Classe exceptionnelle**

PERRU	Olivier	Epistémologie, histoire des sciences et techniques
-------	---------	--

**Professeur des Universités - Médecine Générale**

FLORI	Marie
LETRILLIART	Laurent
ZERBIB	Yves

**Professeurs associés de Médecine Générale**

FARGE	Thierry
LAINE	Xavier

**Professeurs associés autres disciplines**

BERARD	Annick	Pharmacie fondamentale ; pharmacie clinique
LAMBLIN	Géry	Médecine Palliative

**Professeurs émérites**

BAULIEUX	Jacques	Cardiologie
BEZIAT	Jean-Luc	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
CHAYVIALLE	Jean-Alain	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
CORDIER	Jean-François	Pneumologie ; addictologie
DALIGAND	Liliane	Médecine légale et droit de la santé
DROZ	Jean-Pierre	Cancérologie ; radiothérapie
FLORET	Daniel	Pédiatrie
GHARIB	Claude	Physiologie
LEHOT	Jean-Jacques	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
MARTIN	Xavier	Urologie
MAUGUIERE	François	Neurologie
MELLIER	Georges	Gynécologie
MICHALLET	Mauricette	Hématologie ; transfusion
MOREAU	Alain	Médecine générale
NEIDHARDT	Jean-Pierre	Anatomie
PUGEAUT	Michel	Endocrinologie
RUDIGOZ	René-Charles	Gynécologie
SINDOU	Marc	Neurochirurgie
TOURAIN	Jean-Louis	Néphrologie
TREPO	Christian	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
TROUILLAS	Jacqueline	Cytologie et histologie

**Maîtres de Conférence – Praticiens Hospitaliers  
Hors classe**

BENCHAIB	Mehdi	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
BRINGUIER	Pierre-Paul	Cytologie et histologie
CHALABREYSSE	Lara	Anatomie et cytologie pathologiques
GERMAIN	Michèle	Pneumologie
KOLOPP-SARDA	Marie Nathalie	Immunologie
LE BARS	Didier	Biophysique et médecine nucléaire
NORMAND	Jean-Claude	Médecine et santé au travail
PERSAT	Florence	Parasitologie et mycologie
PIATON	Eric	Cytologie et histologie
SAPPEY-MARINIER	Dominique	Biophysique et médecine nucléaire
STREICHENBERGER	Nathalie	Anatomie et cytologie pathologiques
TARDY GUIDOLLET	Véronique	Biochimie et biologie moléculaire

**Maîtres de Conférence – Praticiens Hospitaliers  
Première classe**

BONTEMPS	Laurence	Biophysique et médecine nucléaire
CHARRIERE	Sybil	Endocrinologie
COZON	Grégoire	Immunologie
ESCURIE	Vanessa	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
HERVIEU	Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
LESCA	Gaëtan	Génétique
MENOTTI	Jean	Parasitologie et mycologie
PHAN	Alice	Dermato-vénéréologie
PINA-JOMIR	Géraldine	Biophysique et médecine nucléaire
PLOTTON	Ingrid	Biochimie et biologie moléculaire
RABILLOU	Muriel	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
SCHLUTH-BOLARD	Caroline	Génétique
TRISTAN	Anne	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
VASILJEVIC	Alexandre	Anatomie et cytologie pathologiques
VLAEMINCK-GUILLEM	Virginie	Biochimie et biologie moléculaire

**Maîtres de Conférences – Praticiens Hospitaliers  
Seconde classe**

BOUCHIAT SARABI	Coralie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
BUTIN	Marine	Pédiatrie
CASALEGNO	Jean-Sébastien	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
CORTET	Marion	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
COUR	Martin	Réanimation ; médecine d'urgence
COUTANT	Frédéric	Immunologie
CURIE	Aurore	Pédiatrie
DURUISSEAU	Michaël	Pneumologie
HAESEBAERT	Julie	Médecin de santé publique
HAESEBAERT	Frédéric	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
JACQUESSON	Timotheé	Neurochirurgie
JOSSET	Laurence	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
LACON REYNAUD	Quitterie	Médecine interne ; gériatrie ; addictologie
LEMOINE	Sandrine	Néphrologie



MARIGNIER	Romain	Neurologie
NGUYEN CHU	Huu Kim An	Pédiatrie
ROUCHER BOULEZ	Florence	Biochimie et biologie moléculaire
SIMONET	Thomas	Biologie cellulaire

**Maître de Conférences  
Classe normale**

CHABOT	Hugues	Epistémologie, histoire des sciences et techniques
DALIBERT	Lucie	Epistémologie, histoire des sciences et techniques
LECHOPIER	Nicolas	Epistémologie, histoire des sciences et techniques
NAZARE	Julie-Anne	Physiologie
PANTHU	Baptiste	Biologie Cellulaire
VIGNERON	Arnaud	Biochimie, biologie
VINDRIEUX	David	Physiologie

**Maitre de conférence de Médecine Générale**

CHANELIERE	Marc
------------	------

**Maîtres de Conférences associés de Médecine Générale**

DE FREMINVILLE	Humbert
PERROTIN	Sofia
PIGACHE	Christophe
ZORZI	Frédéric

## Le Serment d'Hippocrate

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans discrimination.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance.

Je donnerai mes soins à l'indigent et je n'exigerai pas un salaire au dessus de mon travail.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement la vie ni ne provoquerai délibérément la mort.

Je préserverai l'indépendance nécessaire et je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je perfectionnerai mes connaissances pour assurer au mieux ma mission.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé si j'y manque.

# 1 Table des matières

1	Rappel.....	12
1.1	Le syndrome des loges d'effort.....	12
1.1.1	Anatomie des loges musculaires de la jambe .....	12
1.1.2	Physiopathologie .....	13
1.1.3	Présentation clinique.....	13
1.1.4	Population atteinte.....	14
1.1.5	Critères diagnostiques .....	15
1.1.6	Moyens thérapeutiques actuels.....	16
1.2	La toxine botulique en médecine orthopédique.....	18
1.2.1	Place de la toxine botulique et pharmacocinétique.....	18
1.2.2	Pharmacodynamie et utilisation clinique de la toxine botulique.....	19
1.2.3	Effets de la toxine botulique dans le syndrome des loges d'effort – revue de la littérature .....	21
2	Etude de l'efficacité de l'injection de toxine botulique dans le traitement du syndrome des loges d'effort des membres inférieurs .....	24
2.1	Matériel et méthode .....	24
2.1.1	Objectif .....	24
2.1.2	Description population .....	24
2.1.3	Réalisation de l'injection de toxine botulique.....	24
2.1.4	Recueil de données .....	24
2.1.5	Analyse statistique .....	25
2.2	Résultats .....	25
2.2.1	Caractéristiques de la population .....	25
2.2.2	Réalisation de l'injection de toxine botulique.....	27
2.2.3	Efficacité ressentie de l'injection de toxine botulique .....	28
2.2.4	Recherche de facteurs prédictifs de l'efficacité de la toxine botulique.....	29
2.2.5	Survenue d'évènements indésirables .....	34
2.3	Discussion .....	35
2.3.1	Caractéristiques de la population .....	35
2.3.2	Réalisation de l'injection de toxine botulique.....	36
2.3.3	Efficacité ressentie .....	36
2.3.4	Facteurs prédictifs de l'efficacité de toxine botulique.....	37
2.3.5	Effets indésirables .....	38

2.3.6	Limites de cette étude .....	38
2.3.7	Avantage de la toxine botulique et ouverture .....	39
2.4	Conclusion .....	41
3	Annexe : .....	43
3	Bibliographie .....	48

# 1 Rappel

## 1.1 Le syndrome des loges d'effort

### 1.1.1 Anatomie des loges musculaires de la jambe

Il existe 4 à 5 loges musculaires au niveau de la jambe. Elles sont séparées par deux os (Tibia et Fibula) et par des aponévroses musculaires.

On distingue :

- La loge antérieure comprenant : le muscle tibial antérieur, le muscle long extenseur de l'hallux et le long extenseur des orteils ;
- La loge latérale ou externe : le muscle court fibulaire et le muscle long fibulaire ;
- La loge postérieure superficielle : les muscles gastrocnémiens et le muscle soléaire ;
- La loge postérieure profonde : le muscle long fléchisseur de l'hallux et le muscle long fléchisseur des orteils. Elle contient également le muscle tibial postérieur, constituant parfois une 5<sup>ème</sup> loge à lui seul, selon certains auteurs (1).

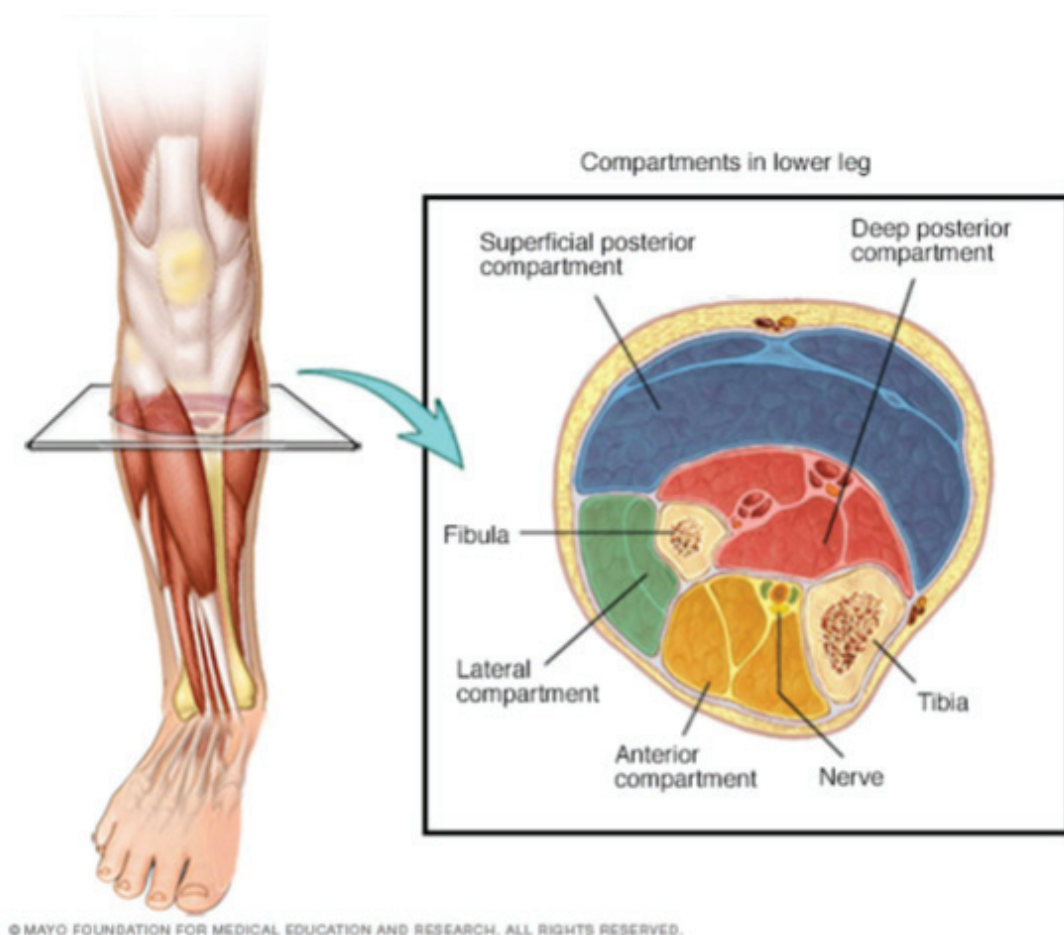


Figure 1 : Anatomie des loges de la jambe



Le syndrome de loges d'effort (SLE) peut toucher les 4 loges de la jambe. Il affecte dans la moitié des cas le compartiment antérieur, dans un tiers des cas le compartiment latéral (2).

### 1.1.2 Physiopathologie

Le syndrome de loge est lié à une élévation de la pression intra-musculaire (PIM) au-dessus d'un seuil limite.

Il existe le syndrome de loge aigu, que nous ne traiterons pas ici, et le syndrome de loge d'effort chronique (SLE) qui s'en distingue par une diminution de la pression intra-musculaire à l'arrêt de l'effort.

Dans le SLE, la physiopathologie de l'augmentation de pression dans le compartiment musculaire n'est pas certaine.

Plusieurs hypothèses physiopathologiques sont avancées :

- Augmentation du contenu de la loge musculaire par :
  - une hypertrophie musculaire (3,4)
  - une diminution du retour veineux (4)
  - des microtraumatismes musculaires sans lésions focalisées ou individualisables en imagerie, favorisés par les contractions excentriques et le contact avec le sol (5)
  - des formes mineures d'affections musculaires métaboliques par déficit enzymatique à l'origine d'une intolérance musculaire à l'effort (4)
- Anomalie du contenant :
  - Diminution de la compliance du fascia (3,4). Deux études ont constaté lors d'interventions chirurgicales et en imagerie un aspect anormalement épaissi et rigide des aponévroses (6,7). La rigidité de l'aponévrose pourrait expliquer l'augmentation de pression intra-musculaire.
  - Il a également été constaté des expansions aponévrotiques anormales cloisonnant les loges et pouvant provoquer une élévation de la PIM (8).

Les symptômes douloureux sont quant à eux probablement expliqués par une ischémie musculaire secondaire à la diminution du flux sanguin dans le muscle (3), responsable d'une inadéquation entre des besoins d'oxygène augmentés par l'exercice musculaire et une insuffisance d'apport artériel.

### 1.1.3 Présentation clinique

Le syndrome des loges d'effort se présente comme des douleurs d'intensité élevée, survenant lors d'un effort mineur comme la course à pied, parfois même à la marche.

Les douleurs sont décrites comme étant une sensation de pesanteur, de compression dans les jambes, voire une raideur. Le patient peut constater un gonflement du membre douloureux.

Dans les cas les plus graves, les patients ressentent des paresthésies, des engourdissements voire une parésie transitoire, pouvant conduire à un véritable steppage à l'effort, avec diminution du frein du premier pivot au sol.

Les douleurs sont reproductibles pour un effort de même durée et de même intensité. Elles augmentent avec l'intensité et la durée de l'exercice physique. Les symptômes sont soulagés en quelques minutes à quelques heures après l'arrêt de l'effort, et récidivent à la reprise de l'activité physique.

Les douleurs sont de localisation précise souvent situées en regard d'un compartiment, et n'irradient pas ou peu. Elles sont bilatérales dans 70% des cas, souvent avec un côté prédominant.

L'examen clinique du patient est généralement normal. Il peut retrouver des hernies musculaires, en cas de syndrome de loges superficiel et en particulier à la contraction musculaire ; mais celles-ci ne sont pas spécifiques du SLE. En effet, elles seraient observées chez des sujets indemnes de douleur avec une incidence de 12.9% (9).

Le test clinique de CHARLOPAIN consiste à demander au patient d'effectuer une série de contractions des muscles suspectés afin de déclencher la douleur habituelle, permettant d'orienter le diagnostic.

Le SLE évolue lentement vers une diminution du seuil douloureux en fonction de l'effort : les douleurs apparaissant pour des exercices d'intensité de moins en moins importante.

Il n'y a pas de guérison spontanée du SLE. L'étude de Van der Val et al., publiée en 2014 avec un suivi de 50 mois, montre la persistance des symptômes de SLE en l'absence de prise en charge spécifique (10).

#### 1.1.4 Population atteinte

Le syndrome des loges d'effort des membres inférieurs touche préférentiellement les sportifs pratiquant la course à pied, ainsi que les militaires (2). L'âge médian de survenu du SLE est compris entre 26 et 28 ans (9).

La prévalence du SLE dans la population générale demeure actuellement inconnue (2). On sait en revanche que, parmi les personnes présentant des douleurs de jambes à l'activité, le SLE en est la cause dans de 13.9 à 33% des cas (2).

Les facteurs de risques de survenue d'un syndrome des loges ont été étudiés dans la population militaire d'origine américaine (11). Il est mis en évidence par Waterman et al. que les risques de présenter un syndrome des loges étaient plus élevés chez les militaires de plus de 40 ans, de sexe féminin, d'ethnie blanche et s'étant enrôlés avant leur 20 ans.

### 1.1.5 Critères diagnostiques

Le diagnostic de syndrome des loges est clinique et repose sur l'interrogatoire qui recherche la douleur et les modes de déclenchement.

Néanmoins, il est usuellement réalisé une mesure de la pression intra-musculaire, devenue un moyen de diagnostiquer avec certitude un syndrome des loges d'effort.

La pression intra-musculaire (PIM) est mesurée avec un appareil électronique. La PIM est transmise, via une tubulure remplie de sérum physiologique, au capteur de pression de l'appareil qui exprime le résultat en mmHg.

L'objectif est de mesurer la pression après un effort reproduisant la douleur.



Figure 2 : capteur de pression électronique

Les valeurs de référence pour confirmer un syndrome des loges ont été décrites par Pedowitz (9). Le diagnostic de SLE est retenu pour une valeur de PIM au repos > 15 mmHg, à 1 minute après l'effort > 30 mmHg, et à 5 minutes après l'effort > 20 mmHg, valeurs pour lesquelles l'incidence de faux positif est inférieure à 5% (9).

Il n'y a pas de protocole standardisé concernant la réalisation du geste de mesure de pression, ni le type d'effort demandé pour reproduire la douleur.

Les autres examens paracliniques fréquemment utilisés sont l'IRM et le scanner, réalisés uniquement dans le but d'éliminer un diagnostic différentiel, comme par exemple les périostites, une fracture de fatigue, un syndrome de l'artère poplitée piégée.

## 1.1.6 Moyens thérapeutiques actuels

### 1.1.6.1 Chirurgicaux

#### 1.1.6.1.1 Techniques

Le traitement chirurgical est le seul traitement curatif proposé à ce jour.

Il consiste à réaliser une aponévrotomie partielle ou totale, qui consiste à enlever une bande d'aponévrose de 2 à 3 cm de large sur toute la hauteur de l'aponévrose musculaire.

Pour les loges antérieures et latérales, il est effectué une incision de 6 à 10 cm de long à mi-chemin entre la crête tibiale et le bord antérieur de la fibula, entre la moitié et le tiers inférieur de la jambe. Une incision transverse est ensuite réalisée à travers le fascia des compartiments latéral et antérieur, après avoir protégé le nerf fibulaire superficiel. Le fascia est ensuite coupé de façon étendue vers le haut et vers le bas.

Pour les loges postérieures superficielles et profondes, l'incision est médiane, sous le bord postéro-médial du tibia.



Figure 2 : photo d'une aponévrotomie (11)

Les techniques chirurgicales tendent à évoluer vers des techniques moins invasives et des abords endoscopiques ont été décrits (12).

Les suites post-opératoires ne sont pas standardisées. Certains auteurs préconisent une reprise de la marche précoce, sous couvert de bandes de contention, afin de prévenir une fibrose cicatricielle secondaire (13).

#### 1.1.6.1.2 Résultats

Les résultats des prises en charge chirurgicales sont très variables d'une étude à l'autre, allant de 48% à 100% de succès (2).

Le critère de réussite le plus fréquemment utilisé est une échelle de satisfaction (résultat excellent, bon, moyen et pauvre). Les taux de réussite de la chirurgie sont meilleurs pour les loges latérales (90% de résultats positifs) et la loge antérieure (86% de résultats positifs). En revanche, les résultats sont plus modestes pour le compartiment postérieur : 61% de résultats positifs (2).

Aucune étude ne compare les différentes techniques chirurgicales entre elles.

Dans une revue de la littérature de 24 études, publiée en 2016 (2), le taux de complications cumulées atteint 13% (197 patients sur 1569 patients). Les complications les plus fréquentes sont les atteintes du nerf fibulaire superficiel (dans 5% des cas), suivi des complications infectieuses (4% des cas). Plus rarement, la chirurgie se complique d'un hématome (pour 15 patients sur 1569, soit 2%) et d'une mauvaise cicatrisation pour 1% des cas.

Dans cette même étude, le taux de récurrence des symptômes est très variable, allant de 0 à 44.7%. Une des causes de récurrence est l'apparition d'une fibrose cicatricielle post-chirurgicale.

Le taux de réinterventions est de 0 à 19%.

#### 1.1.6.2 *Autres*

En dehors de la prise en charge chirurgicale, les autres traitements du SLE sont peu décrits dans la littérature, sur de petits échantillons et montrent une efficacité modérée.

En 1998, Blackman et al. (29) ont étudié l'effet d'une prise en charge par massage dans le SLE. 7 patients ont suivi un protocole de rééducation avec 2 séances de massages par jour pendant 1 semaine puis 1 séance par semaine pendant 4 semaines, associées à 2 sessions d'auto-étirement quotidiennes. Après 5 semaines, il était noté une diminution significative de la douleur à l'effort. En revanche, la PIM mesurée avant et après la prise en charge en rééducation restait la même. Les limites de l'étude sont certaines : effectif réduit de patient, arrêt concomitant imposé de toute activité sportive pouvant expliquer en elle-même les moindres douleurs à la reprise de l'effort.

Pour le SLE de loges antéro-latérales, Diebal (14) analyse l'effet d'un changement de foulée pour une foulée dite antérieure. Dix patients sont pris en charge 45 minutes 3 fois par semaine pendant 6 semaines, durant lesquelles ils sont éduqués à courir avec une foulée antérieure, à augmenter leur cadence de course et à diminuer la longueur de leur foulée. La distance courue, la PIM et l'intensité de la douleur (échelle visuelle analogique) ont été recueillies avant et après cette prise en charge rééducative. Après 6 semaines, la distance parcourue en courant était augmentée de façon significative, la douleur était significativement diminuée, de même que la PIM qui passait de 78.4 (+/- 32) à 38.4 (+/- 11.5 mmHg) ( $p < 0.01$ ). Une visite de suivi était effectuée à 1 an : aucun patient n'a été opéré et les questionnaires d'auto-évaluation montraient une persistance de l'amélioration clinique statistiquement significative.



## 1.2 La toxine botulique en médecine orthopédique

### 1.2.1 Place de la toxine botulique et pharmacocinétique

La toxine botulique (TB) est utilisée en thérapeutique depuis 1981. Elle était employée initialement pour traiter le blépharospasme puis le torticolis spasmodique.

Son utilisation est maintenant plus répandue, en particulier en rééducation neurologique comme traitement focal de l'hypertonie musculaire.

Il s'agit d'une protéine synthétisée par le *Clostridium botulinum*. Il en existe 7 sérotypes (A, B, C, D, E, F et G). Chez l'homme, seule la toxine botulique type A est utilisée.

Il existe différentes formes commerciales de toxine :

- L'onabotulinum toxine A (BOTOX<sup>®</sup>)
- L'abobotulinum toxine A (DYSPORT<sup>®</sup>)
- L'incobotulinum A (XEOMIN<sup>®</sup>)

Les indications d'autorisation de mise sur le marché sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : indications des différents types de toxine botulique :

	Botox	Dysport	Neurobloc	Xeomin
Spasticité (hyperactivité musculaire) des membres supérieurs et/ou inférieurs	X (adultes et enfants de plus de 2 ans)	X (adultes uniquement)		X (adultes uniquement)
Déformation dynamique du pied en équin (chez l'enfant)	X			
Traitement symptomatique local de la spasticité des membres inférieurs		X (enfants à partir de 2 ans)		
Torticolis spasmodique	X	X	X	X
Spasme hémifacial	X	X		
Blépharospasme	X	X		X
Troubles de l'oculomotricité	X	X		
Hyperhydrose axillaire sévère	X			
Hyperactivité détrusorienne neurologique conduisant à une incontinence urinaire non contrôlée par un traitement anticholinergique chez les patients blessés médullaires, les patients atteints de sclérose en plaques et utilisant l'autosondage comme mode mictionnel.	X			

La toxine botulique s'utilise habituellement en injection intra-musculaire. Le repérage musculaire s'effectue par électrostimulation et/ou par échographie.

Dans les cas d'injection intra-musculaire, les effets de la toxine botulique apparaissent de 15 à 20 jours après l'injection et perdurent 3 à 6 mois. Les injections doivent être espacées d'au moins 3 mois pour l'onabotulinumtoxin et pour l'abobotulinumtoxin, et ce afin de minimiser les risques d'allergie aux protéines hémagglutinantes. L'incobotulinum toxine ne contient pas de protéines hémagglutinantes, ce qui permet de diminuer le délai entre les injections au minimum de 6 semaines.

### 1.2.2 Pharmacodynamie et utilisation clinique de la toxine botulique

La toxine botulique est un inhibiteur non sélectif de l'exocytose de vésicules pré-synaptiques par le biais du clivage du complexe protéique SNARE, indispensable à la fusion de la vésicule à la membrane synaptique. De ce fait, elle inhibe, au niveau de la jonction neuro-musculaire, la libération de nombreux neuro-transmetteurs, dont l'acétylcholine.

Outre l'inhibition de la libération d'acétylcholine, il a été mis en évidence d'autres effets de cette toxine au niveau notamment des voies de la douleur.

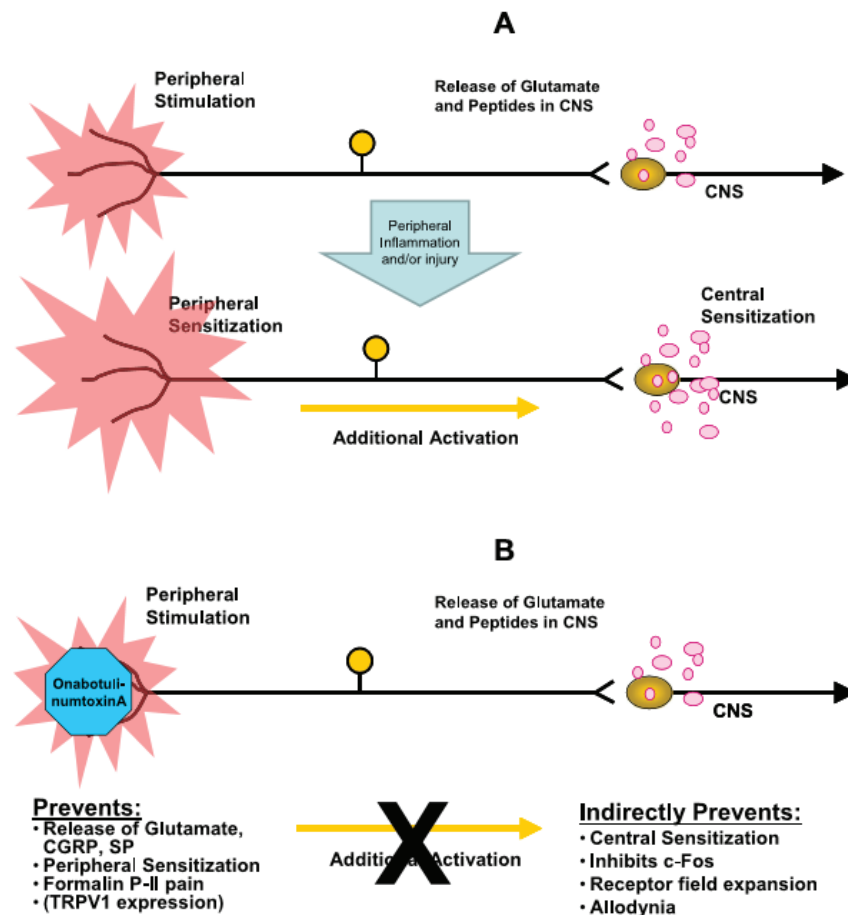
- Action sur les douleurs

Deux mécanismes expliquent l'effet antinociceptif de la toxine botulique (15).

Le 1<sup>er</sup> mécanisme est un effet périphérique direct d'inhibition de l'information douloureuse. En effet, la toxine botulique agit au niveau de toute cellule pourvue du complexe SNARE, y compris au niveau des fibres sensibles. L'altération de ce complexe SNARE va bloquer l'exocytose de nombreux neurotransmetteurs ; comme la substance P et le cGRP qui sont impliqués dans la transmission de l'information nociceptive, et d'autres, tel que le glutamate, impliqués dans la chronicisation des douleurs.

Le 2<sup>ème</sup> mécanisme est un effet indirect par réduction du phénomène de sensibilisation centrale dans la douleur chronique.

Elle bloque également le transport axonal de certains récepteurs de la douleur dont le TRPV1.



**Fig. 1.** (A) A pain perception (top) transmits information from periphery to CNS. Repeated stimulation, inflammation or nerve injury may sensitize peripheral nerve endings resulting in excess stimulation of CNS leading to central sensitization. (B) Hypothesized antinociceptive mechanism of botulinum neurotoxin . Botulinum toxin type A may directly inhibit primary sensory fibers, leading to a reduction of peripheral sensitization, and an indirect reduction in central sensitization, receptor field expansion, and allodynia.

### Figure 3 : mode d'action de la toxine botulique sur les douleurs

Dans la littérature, la 1<sup>ère</sup> étude randomisée en double aveugle contrôlée contre placebo, publiée par une équipe parisienne en 2008 (25) a mis en évidence que l'administration de toxine botulique en sous-cutanée diminue la zone d'allodynie et les accès paroxystiques douloureux avec un résultat prolongé jusqu'à 6 mois.

En algologie, la toxine botulique est étudiée dans le traitement :

- Des migraines chroniques : efficacité des injections de toxine botulique sur les migraines montrée dans une étude réalisée en double-aveugle, randomisée et contrôlée contre placebo (16)
- De douleurs neuropathiques localisées (liées à une neuropathie diabétique, à un zona, un traumatisme nerveux) : 6 études randomisées en double-aveugle contre placebo mettent en évidence une diminution de ce type de douleur après injection en sous-cutanée de toxine botulique au niveau de la zone douloureuse.
- Action anti-inflammatoire

Par le même biais que son effet anti-nociceptif, la toxine botulique possède une action anti-inflammatoire.

Sur modèles animaux, il a été démontré que la toxine botulique de type A inhibe l'expression de la cyclooxygénase-2 et de la Rho-guanosine triphosphatase, elles-mêmes activant l'interleukine-1, une cytokine pro-inflammatoire.

- Action sur le volume musculaire

L'atrophie musculaire est un effet connu en neurologie chez les patients recevant des injections de toxine botulique depuis un certain temps. Cependant, cet effet a été également remarqué dès les premières injections de toxine botulique dans les muscles masséters (17) et gastrocnémiens (18), injectés pour des raisons esthétiques.

Cet effet d'atrophie musculaire a été utilisé comme rationnel pour utiliser la toxine botulique comme traitement du syndrome de l'artère poplitée piégée et du muscle soléaire accessoire.

Deux *case report* ont été publiés et montrent des résultats intéressants. Isner-Horobeti et al. (19) relatent le cas d'un militaire soulagé pendant 3 ans après injection de toxine botulique dans le cadre d'un syndrome de compression fonctionnelle de l'artère poplitée. Dans un autre *case report* (20), les auteurs décrivent 3 patients présentant des douleurs d'effort liées à un syndrome du soléaire accessoire, devenus asymptomatiques après injection de toxine, dont un des patients pendant 10 ans.

- Action sur la vascularisation intra-musculaire

L'hypotonie musculaire produite par la toxine botulique par le blocage de la libération d'acétylcholine augmente la phase de relaxation musculaire et améliore de ce fait la perfusion musculaire.

Oskarsson et al. (21) ont étudié la différence de flux sanguin intra-musculaire dans le court extenseur radial du carpe, entre un côté présentant une épicondylite traitée par injection de toxine botulique et le côté controlatéral sain du même patient. Sur 9 patients, il était noté une diminution significative de la différence de perfusion entre les 2 côtés, avec une amélioration de la perfusion et une diminution du taux de lactate intra-musculaire du côté lésé.

### 1.2.3 Effets de la toxine botulique dans le syndrome des loges d'effort – revue de la littérature

La principale étude évoquant la toxine botulique dans le SLE est une étude de l'équipe de Strasbourg, publiée en 2013 (22). Celle-ci part du postulat que la toxine étant utilisée avec efficacité pour traiter les hypertrophies musculaires (17,18), l'utilisation de la toxine botulique dans le SLE pourrait diminuer la PIM et ainsi les douleurs en diminuant le volume musculaire.

Les auteurs ont conduit une étude rétrospective sur 16 patients présentant un SLE isolé et ayant bénéficié d'une injection de toxine botulique précédée et suivie d'une mesure de la PIM. La PIM était

mesurée après un test de course, avant l'injection de toxine botulique et à 4.4 mois  $\pm$  1.6 (de 3 à 9 mois) de l'injection de toxine botulique.

Pour les données cliniques, les patients étaient évalués à 1 mois et à 4.4 mois de l'injection.

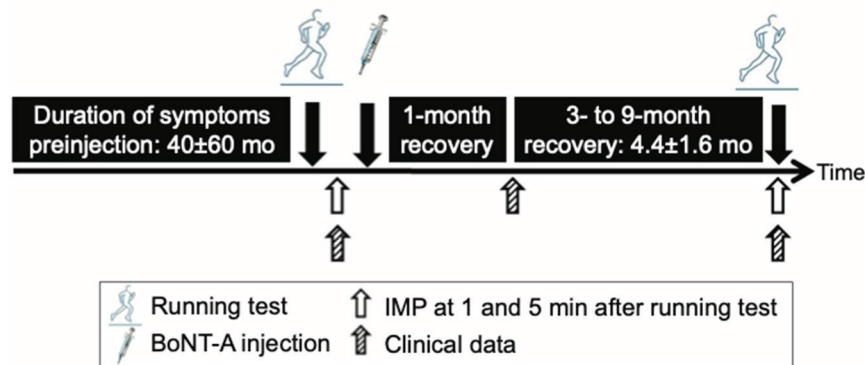


Figure 4 : design de l'étude (22)

Chez les patients présentant un SLE de la loge antérieure, la toxine botulique était injectée dans le muscle tibial antérieur (TA), le long extenseur de l'hallux (LEH) et le long extenseur des orteils (LEO). Dans les cas de SLE antéro-latéral, les muscles court et long fibulaires étaient ajoutés à la liste précédente. Les doses de toxine administrées étaient calculées selon le poids du patient, avec environ 1.4  $\pm$  0.3 U/kg dans le tibial antérieur, 1.4  $\pm$  0.3 U/kg dans le long extenseur des doigts, 1  $\pm$  0.2 U/kg dans le long extenseur de l'hallux, 1.0  $\pm$  3.1 dans le court fibulaire et 1.4  $\pm$  0.2 U/kg dans le long fibulaire.

Dans la loge antérieure, après injection de toxine botulique, les PIM mesurées à 1 et 5 minutes diminuaient respectivement de 63 %  $\pm$  17 % ( $p < 0.00001$ ), et de 59 %  $\pm$  24 % ( $p < 0.0001$ ). La PIM s'était même normalisée pour 14 patients (devenant  $< 30$  mmHg à 1 minute après l'exercice et  $< 20$  mmHg 5 minutes après l'exercice). Dans la loge latérale, après injection de toxine botulique, les PIM mesurées à 1 et 5 minutes diminuaient respectivement de 68 %  $\pm$  21 ( $p < 0.001$ ) et de 63  $\pm$  21 % ( $p < 0.01$ ). Pour les deux compartiments, il n'y avait pas de corrélation mise en évidence entre la diminution de la PIM et la dose de toxine botulique injectée.

Sur les aspects cliniques, la douleur disparaissait complètement durant la période de suivi pour 15 patients (soit 94%), et en moins d'un mois pour 67 % des patients. Concernant la force musculaire, celle-ci était considérée comme normale pour 31 % des patients (5/5 selon la cotation musculaire habituelle). Elle était diminuée à 4.5/5 pour 6 patients et à 4/5 pour 5 patients, sans qu'il n'y ait de conséquence fonctionnelle. Il n'y avait pas de corrélation entre la dose injectée de toxine et la décroissance de la force musculaire.

Un seul effet indésirable a été rapporté pour 1 patient, déclarant avoir ressenti des douleurs dans le compartiment postérieur de la jambe, dans les suites de l'injection de toxine botulique. Aucune instabilité de cheville à la marche ou à la course n'a été rapportée.

Hutto et al. (23) relatent le cas d'un patient milliaire de 23 ans, présentant un SLE antérolatéral bilatéral, confirmé par la prise de PIM. Il a bénéficié de 50 U dans chaque compartiment antérieur en 2 points distincts et 25 U dans chaque compartiment latéral, également en 2 points distincts (75 U



par membre inférieur au total). A 2 semaines, il n'y avait plus de douleurs. Il se plaignait néanmoins d'une faiblesse musculaire et notamment des releveurs de pied, spontanément résolutive à environ 6 mois de l'injection. A 10 mois, les symptômes douloureux n'étaient pas réapparus.

Baria et al (24) ont publié un case report avec une durée du suivi de 14 mois. Il y est relaté le cas d'une militaire de 20 ans, présentant un SLE typique, ne souhaitant pas se faire opérer pour une raison d'organisation militaire. Le SLE touchait les loges antérieure et latérale à gauche cliniquement et était confirmé par une mesure de pression (82 mmHg dans le compartiment latéral et 46 mmHg dans le compartiment antérieur gauche). La patiente a reçu une injection de toxine de 40 unités réparties en 2 points dans les groupes musculaires suivant : tibial antérieur, long extenseur de l'hallux, long extenseur des orteils (soit les 3 muscles de la loge antérieure), ainsi que les long et court fibulaires (loges latérales) ; soit 200 U de toxine botulique (BOTOX<sup>®</sup>, Allergan). Le suivi a été effectué par téléphone du fait d'un éloignement géographique, à 2 semaines puis à 1, 3 et 6 mois. La patiente a été réévaluée cliniquement à 14 mois.

Durant la 1<sup>ère</sup> semaine, l'intensité douloureuse était passée de 9/10 à 1/10 et les symptômes s'étaient amendés. Elle a repris la course à pied à partir de la 2<sup>ème</sup> semaine de façon progressive. Le soulagement des symptômes était encore présent à 14 mois. L'examen clinique ne mettait alors pas en évidence de déficit musculaire et l'échographie ne montrait pas d'atrophie musculaire.

Aucun effet indésirable n'était rapporté durant les 14 mois de suivi.

**En résumé, il a été mis en évidence que la toxine botulique injectée dans le cadre d'un SLE permettait d'obtenir une diminution de la PIM de 66 à 71%, associée à une disparition des douleurs dans 94% des cas. L'effet antalgique semble persister après la durée d'efficacité théorique de la toxine botulique sur la jonction neuro-musculaire.**

**Sur le plan physiopathologique, trois hypothèses sont avancées pour expliquer l'efficacité de la TB dans le SLE :**

- **L'effet atrophiant de la TB qui diminuerait le volume musculaire contenu dans une loge ostéo-aponévrotique sous tension**
- **L'amélioration de la perfusion musculaire permise par l'allongement du temps de relaxation musculaire lié à l'hypotonie musculaire induite par la TB**
- **L'effet antalgique propre de la toxine.**

## 2 Etude de l'efficacité de l'injection de toxine botulique dans le traitement du syndrome des loges d'effort des membres inférieurs

### 2.1 Matériel et méthode

#### 2.1.1 Objectif

Le 1<sup>er</sup> objectif de cette analyse rétrospective est d'apprécier l'effet ressenti par les patients des injections de toxine botulique sur les douleurs et la reprise sportive. Ensuite, d'estimer les facteurs prédictifs de réussite et d'échec de l'injection de toxine botulique. Un dernier objectif est d'évaluer la fréquence et le type d'effets indésirables éprouvés.

#### 2.1.2 Description population

Nous avons inclus de manière rétrospective 20 patients, ayant reçu une injection de toxine botulique dans le cadre d'un SLE entre novembre 2018 et août 2019, à l'Hôpital d'Instruction des Armées de Desgenettes, situé à Lyon.

Les patients étaient adressés par le service de médecine du sport du CHU de Lyon et avaient bénéficié d'une mesure de PIM par un moniteur de pression (type STRYKER<sup>®</sup>) après une épreuve de course ou de marche sur tapis roulant reproduisant les douleurs habituelles.

#### 2.1.3 Réalisation de l'injection de toxine botulique

Les injections de toxine botulique se sont déroulées à l'Hôpital d'Instruction des Armées Desgenettes en hôpital de jour. Les patients étaient avertis par oral du caractère hors AMM de cette injection.

Les injections ont été réalisées sous le contrôle d'un appareil d'électrostimulation. En cas d'échec ou d'efficacité imparfaite d'une 1<sup>ère</sup> injection de toxine botulique, une 2<sup>ème</sup> injection pouvait être proposée et était alors réalisée sous échographie, après un délai de 6 semaines lorsque de la XEOMIN était utilisée ou 3 mois lorsqu'il s'agissait de BOTOX.

Les patients présentant un SLE antérieur recevaient une injection au niveau du tibial antérieur. Les patients présentant un SLE antéro-latéral ont bénéficié d'une injection au niveau du tibial antérieur parfois associée à une injection du long fibulaire.

La TB a été reconstituée en diluant 50 unités dans 1mL de sérum salé isotonique. Un seul point d'injection était réalisé par muscle.

Les consignes après l'injection étaient d'observer un délai de 1 à 2 semaines avant de reprendre le sport et d'effectuer une reprise sportive très progressive.

#### 2.1.4 Recueil de données

Les patients ont été contactés par téléphone et, avec leur accords, un questionnaire à remplir leur a été envoyé par mail.

Etaient recueillis par ce biais :

- Les éléments diagnostiques du SLE (PIM, diagnostic confondant, délai entre l'apparition des symptômes et l'injection)
- L'état de santé actuel
- La conduite sportive du patient après l'injection (délai avant la reprise du sport, réalisation de la reprise, prise en charge concomitante en kinésithérapie, changement de foulée)
- La survenue d'événements indésirables éventuels
- Un questionnaire d'addiction au sport (version française validée de l'*Exercice Addiction Inventory*),

L'efficacité du traitement était évaluée par une échelle d'auto-évaluation retrouvée dans plusieurs articles (13,25,26).

Tableau 2 : échelle d'auto-évaluation des injections de toxine botulique

Si vous deviez évaluer l'effet de la toxine botulique sur votre syndrome des loges, vous diriez que le résultat est :
<b>EXCELLENT</b> : pas de douleur pendant ou après l'exercice. Pas de limitation de la durée et de l'intensité de l'exercice. Le patient est considéré comme guéri.
<b>BON</b> : Existence de douleurs minimales pendant ou après l'exercice. Pas de limitation de la durée et de l'intensité de l'exercice. Il existe une amélioration significative.
<b>MOYEN</b> : douleur pendant ou après l'exercice. Existence d'une limitation en durée ou en intensité de l'exercice. Il existe une légère amélioration.
<b>MAUVAIS</b> : Les symptômes sont inchangés ou aggravés.

### 2.1.5 Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été faites à l'aide du site internet pvalue.io, puis validé par le service de biostatistique des Hospices Civils de Lyon.

Tout d'abord, une analyse descriptive a été faite. Puis, un lien statistique entre la satisfaction du traitement et certaines variables a été recherché. Le test de Fisher exact a été utilisé pour les données qualitatives. Pour les données quantitatives, le test de Mann-Whitney a été appliqué.

## 2.2 Résultats

### 2.2.1 Caractéristiques de la population

La population est composée de 13 hommes (65%) et 7 femmes (35%). La moyenne d'âge est de 29 ans [SD = +/- 13 ; min- max = 17 – 64].

Il s'agit de patients pratiquant tous une activité sportive en tant que loisir. Les activités concernées sont : la course à pied (13), la musculation (7) et le football (5). 14 patients sur 20 pratiquent régulièrement plusieurs activités.

Onze patients (55%) ont retrouvé un facteur qu'ils identifient comme étant déclencheur de leur SLE, souvent l'augmentation importante de l'intensité physique ou du nombre d'entraînement pour un concours ou une échéance sportive et dans une moindre mesure le début d'un nouveau sport.

Trois patients (15%) présentent une addiction au sport, défini par un score supérieur ou égal à 24 au questionnaire de l'EIA.

Quinze patients présentaient un SLE antérolatéral, tandis que 4 patients présentaient un SLE antérieur isolé. Pour un patient les pressions n'ont pas été mesurées, tandis que pour une autre patiente, nous ne disposons pas du résultat chiffré des mesures de pressions.

Pour 95% des patients, le SLE était bilatéral cliniquement. Lors des mesures de pressions, 4 patients avaient des pressions intra-musculaires positives d'un seul côté, alors qu'ils alléguaient des douleurs typiques bilatérales.

Pour neuf patients (45%), une autre étiologie pouvait expliquer les douleurs des membres inférieurs à l'effort :

- Trois patients présentaient cliniquement un *medial tibial stress syndrome (MTSS)* sous forme de périostites tibiales,
- Un patient une hypertonie des soléaires,
- Cinq patients avaient une imagerie en faveur d'un piège vasculaire à l'IRM ; dont 4 patients qui ne présentaient aucun argument clinique pour un syndrome de l'artère poplitée piégée associée.

Tableau 3 : description de la population :

Patient	Âge	Sexe	Pression loge antérieure		Pression loge latérale	
			Gauche	Droit	Gauche	Droit
1	27	M	63	73	73	75
2	20	F	+	+	< 30	< 30
3	61	M	78	79	50	48
4	45	M	-	-	-	-
5	19	F	96	37	39	38
6	30	M	54	54	62	62
7	38	M	97	88	18	17
8	26	F	68	24	-	36
9	20	M	65	66	88	91
10	23	F	63	58	93	48
11	64	M	21	49	19	19
12	43	M	35	16	36	21
13	22	M	112	110	78	91
14	21	M	93	95	100	88
15	20	M	49	21	40	27
16	17	F	67	46	63	55
17	22	M	103	68	104	50
18	23	F	71	72	51	69
19	24	F	29	45	-	-
20	17	M	60	52	59	21

Les mesures de pressions sont exprimées en mmHg, mesurées à 1 minute après l'arrêt d'un test d'effort sur tapis de marche

### 2.2.2 Réalisation de l'injection de toxine botulique

Les injections ont été réalisées sous électromyostimulation.

Soixante-cinq pourcent des patients ont bénéficié d'une injection au niveau des muscles tibial antérieur droit et gauche. Vingt pourcents des patients ont eu une injection des muscles tibial antérieur et long fibulaire de façon bilatérale. Un patient a eu une injection isolée du muscle tibial antérieur droit et un patient a reçu une injection uniquement au niveau de la loge latérale.

Dans 85 % des cas, la toxine incobotulinum A (XEOMIN®) a été utilisée. Cette toxine a été particulièrement choisie car, ne possédant pas de protéines hémagglutinantes, le délai entre deux injections peut être raccourci à six semaines, permettant de réaliser une 2<sup>ème</sup> injection de façon rapprochée si besoin en était.



Tableau 4 : récapitulatif des sites injectés par patient

Patient	Tibial antérieur		Long fibulaire		Dose-poids totale (U/kg)	Type de toxine
	droit	gauche	droit	gauche		
1	x	x	x	x	1,33	XEOMIN
2	x	x			0,97	XEOMIN
3	x	x			1,11	BOTOX
4			x	x	1,16	BOTOX
5	x	x			1,39	XEOMIN
6	x	x	x	x	1,7	XEOMIN
7	x	x			1,35	XEOMIN
8	x				0,47	XEOMIN
9	x	x	x	x	2	BOTOX
10	x	x	x	x	1,58	XEOMIN
11	x	x			1,2	XEOMIN
12	x	x			1,23	XEOMIN
13	x	x			1,25	XEOMIN
14	x	x			1	XEOMIN
15	x	x			1,29	XEOMIN
16	x	x			1,85	XEOMIN
17	x	x			1,25	XEOMIN
18	x	x			1,38	XEOMIN
19	x	x			1,53	XEOMIN
20	x	x			1,4	XEOMIN

Les doses de TB injectées étaient choisies sur l'expérience clinique du praticien dans le traitement de la spasticité. Le nombre moyen d'unités injectées dans le compartiment antérieur était de 46 unités [SD = +/- 9 ; min-max = 25-50].

Dans le compartiment latéral, il est de 30 unités [SD = +/- 10 ; min-max = 25-50].

Tableau 5 : répartition de la dose de TB injectée par compartiment (TB-A = toxine botulique A)

	Compartiment antérieur	Compartiment latéral
<b>Nombre d'injection</b>	19	5
<b>TB-A, unité</b>	46 +/- 9 [25-50]	30 +/- 10 [25-50]
<b>TB-A, U/kg</b>	0.64 +/- 0.13 [0.33-0.93]	0.39 +/- 0.1 [0.28-0.58]

### 2.2.3 Efficacité ressentie de l'injection de toxine botulique

Le délai médian entre l'injection et les premiers symptômes du SLE était de 2 ans [25%-75% = 2-5].

Le délai entre l'injection de toxine botulique et le recueil de données avec le patient est compris entre 4 et 13 mois avec une médiane de 6.5 mois [25% - 75% = 5.6 – 8.6].

La satisfaction était :

- Excellente pour 5 patients (25%),
- Bonne pour 6 patients (30%),
- Moyenne pour 5 patients (25%)
- Mauvaise pour 4 patients (20%).

Six patients ont bénéficié d'une 2<sup>ème</sup> injection de toxine botulique. Pour une patiente, la satisfaction passe alors de moyen à excellente. Pour les 5 autres patients, la nouvelle injection de toxine n'a pas permis d'apporter un meilleur soulagement.

Finalement, on retient 30% de résultat excellent, 30% de résultat bon, 20% de résultat moyen et 20% de résultat mauvais.

Quatre-vingt-quinze pourcents des patients ont repris une activité physique dont 58% à un niveau égal ou supérieur à celui précédant le SLE.

La durée moyenne d'efficacité de la toxine botulique ressentie par les patients était de 4.7 mois et la durée médiane de 4 mois [1.2 – 8.0].

#### 2.2.4 Recherche de facteurs prédictifs de l'efficacité de la toxine botulique

Nous avons cherché des facteurs prédictifs de résultats considérés comme satisfaisant (réponse par « excellent » ou « bon » au questionnaire précédemment cité).

##### 2.2.4.1 En fonction de critères pré-traitement :

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre la réalisation d'une injection rapprochée du début des symptômes ou d'une injection plus retardée.

Il n'est pas mis en évidence de différence de résultats en fonction de la présence d'un autre diagnostic associé aux douleurs des membres inférieurs.

De même, il n'est pas mis en évidence de différence significative de résultat s'il existe une addiction au sport ou la présence d'un facteur ayant déclenché le syndrome de loges (augmentation de la fréquence ou de l'intensité des entraînements).

Cependant, il existe une différence de résultats statistiquement significative entre la moyenne des pressions de la loge antérieure avant l'injection. En effet, la répartition des valeurs moyennes de pression est significativement plus élevée pour les personnes ayant eu des résultats satisfaisants, tandis qu'elle est plus basse pour les personnes ayant des résultats moins satisfaisants ( $p = 0.037$ ).

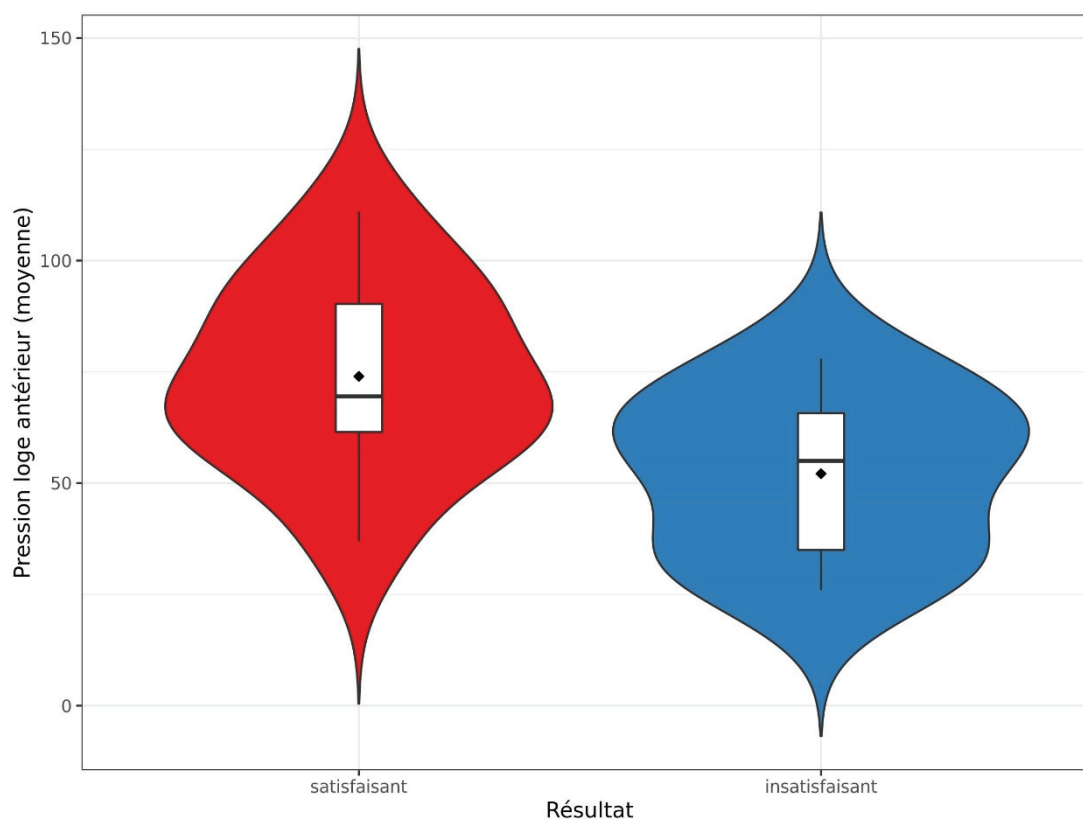


Figure 5 : répartition des valeurs moyennes de pressions selon la satisfaction de l'injection de TB

Tableau 6 : résultat du traitement par toxine botulique en fonction de critères pré-traitement

		Résultat satisfaisant (n = 12)	Résultat insatisfaisant (n = 8)	n	p
Délai entre l'injection et le début du SLE (moyenne +-SD)		4.08 (±5.20)	7.75 (±8.03)	20	0.33
Pression loge antérieure (moyenne +- SD)		74.0 (±21.6)	52.1 (±18.4)	18	<b>0.037</b>
Diagnostic associé, (n=)	non	4 (33%)	6 (75%)	10	0.17
	oui	8 (67%)	2 (25%)	10	-
Présence d'un facteur déclenchant, (n=)	oui	9 (75%)	2 (25%)	11	0.065
	non	3 (25%)	6 (75%)	9	-
Présence d'une addiction au sport, (n=)	non	9 (75%)	8 (100%)	17	0.24
	oui	3 (25%)	0 (0%)	3	-

#### 2.2.4.2 En fonction de critères post-traitement

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre le résultat et la dose-poids totale de toxine injectée ( $p = 0.97$ ).

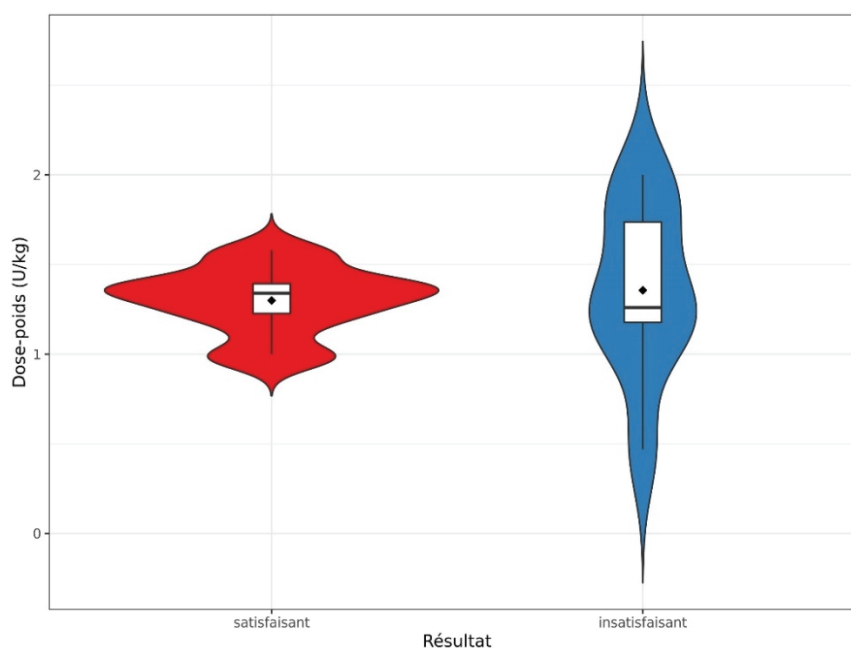


Figure 6 : répartition de la dose-poids de toxine botulique injectée en fonction du résultat

Il n'est pas mis en évidence de relation statistiquement significative entre le résultat de l'injection de toxine et la modification de foulée pour une foulée antérieure ( $p = 0.17$ ).

De même, la prise en charge concomitante en kinésithérapie ne permet pas d'obtenir de meilleur résultat.

En revanche, il est mis en évidence qu'une reprise déclarée comme progressive de la pratique sportive est associée à un meilleur résultat de l'injection de toxine botulique ( $p = 0.018$ ).

Il n'y a pas de différence significative de résultat entre les patients ayant observé un délai total d'arrêt du sport de moins de 2 semaines et ceux ayant interrompu leurs activités plus de 2 semaines ( $p = 1$ ).

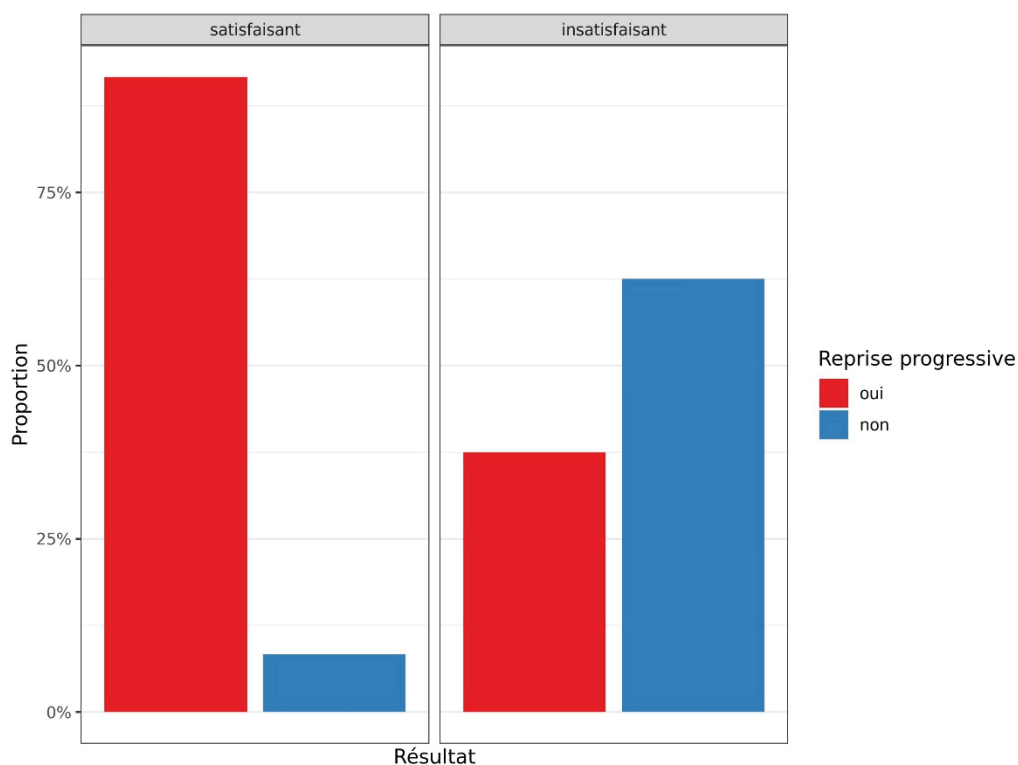


Figure 7 : répartition de la façon de reprendre une activité sportive en fonction de la satisfaction du résultat

Concernant les sites d'injections, les patients injectés au niveau de la loge antérieure, les résultats sont satisfaisants pour 9 patients tandis que 6 patients présentent des résultats insatisfaisants.

En cas d'injection de la loge latérale associée à la loge antérieure, 2 patients éprouvent un bon résultat et 2 autres un résultat insuffisant.

Tableau 7 : résultat du traitement par toxine botulique en fonction de critère per et post-traitement

		Résultat satisfaisant (n = 12)	Résultat insatisfaisant (n = 8)	N	p
Dose-poids (U/kg), moyenne		1.30 (±0.187)	1.36 (±0.488)	20	0.97
Délai entre injection et reprise, (n=)	> 2 semaines	9 (75%)	6 (75%)	15	1
	< 2 semaines	3 (25%)	2 (25%)	5	-
Modification de foulée, (n=)	Non	6 (50%)	6 (86%)	12	0.17
	Oui	6 (50%)	1 (14%)	7	-
Prise en charge en rééducation, (n=)	Non	8 (67%)	7 (88%)	15	0.6
	Oui	4 (33%)	1 (12%)	5	-
Reprise progressive, (n=)	Oui	11 (92%)	3 (38%)	14	<b>0.018</b>
	Non	1 (8.3%)	5 (62%)	6	-
Site d'injection, (n=)	antérieur	9 (75%)	6 (75%)	15	1
	antérieur + latéral	2 (17%)	2 (25%)	4	-
	latéral	1 (8.3%)	0 (0%)	1	-

Dix patients ayant des mesures de pression positives dans les loges antérieures et latérales ont reçu une injection uniquement dans le tibial antérieur, tandis que les 4 autres patients ayant un SLE antéro-latéral ont bénéficié d'une injection dans le tibial antérieur et les fibulaires. Il n'y a pas de résultats statistiquement plus satisfaisants que les 2 loges aient été injectées ou non.

Tableau 8 : résultat de l'injection selon le site d'injection chez les patients présentant un SLE antéro-latéral.

		Résultat insatisfaisant (n = 7)	Résultat satisfaisant (n = 7)	n	p
Site d'injection	Antérieure (71%)	5	5	10	1
	Antéro-latérale (29%)	2	2	4	-



## 2.2.5 Survenue d'évènements indésirables

Huit patients n'ont déclaré aucun effet indésirable dans les suites de l'injection de toxine botulique, parmi ceux listés dans le questionnaire en Annexe 4.

Trois patients (15%) ont présenté des douleurs plus invalidantes dans les suites de l'injection, qui ont duré moins d'une semaine pour un patient et moins d'un mois pour les deux autres. Ces douleurs étaient localisées au même endroit que celles décrites avant les injections.

Un patient a manifesté des symptômes pseudo-grippaux.

Un autre patient a ressenti une faiblesse généralisée.

Cinq patients (25%) ont rapporté des impatiences au niveau des jambes.

Sept patients ont ressenti une faiblesse localisée au niveau des membres inférieurs en reprenant la course et trois patients ont été gênés par une difficulté à freiner la descente de l'avant de leur pied lors de la course. Sept patients ont été incommodés par une sensation d'instabilité au niveau de leurs chevilles.

L'instabilité des chevilles, la difficulté à freiner la descente de l'avant-pied et la faiblesse des membres inférieurs ne sont statistiquement pas corrélés à la dose-poids injecté dans le tibial antérieur ou les fibulaires.

Tableau 9 : effets indésirables en fonction de la dose-poids injectée dans le muscle tibial antérieur

		Moyenne (écart-type)	min	max	n	p
Faiblesse des membres inférieurs	non	0.635 ( $\pm 0.0756$ )	0.470	0.770	13	0.93
	oui	0.622 ( $\pm 0.222$ )	0.330	0.930	7	-
Instabilité des chevilles	non	0.655 ( $\pm 0.141$ )	0.330	0.930	13	0.25
	oui	0.578 ( $\pm 0.104$ )	0.470	0.690	7	-
Présence d'un steppage	non	0.614 ( $\pm 0.118$ )	0.330	0.790	17	0.29
	oui	0.780 ( $\pm 0.212$ )	0.630	0.930	3	-

Tableau 10 : effets indésirables en fonction de la dose-poids injectée dans le muscle long fibulaire :

		Moyenne (écart-type)	min	max	n	p
<b>Faiblesse des membres inférieurs</b>	<b>oui</b>	0.437 ( $\pm 0.129$ )	0.330	0.580	3	0.4
	<b>non</b>	0.315 ( $\pm 0.0495$ )	0.280	0.350	2	-
<b>Instabilité des chevilles</b>	<b>non</b>	0.340 ( $\pm 0.0497$ )	0.280	0.400	4	0.4
	<b>oui</b>	0.580 ( $\pm$ -)	0.580	0.580	1	-

## 2.3 Discussion

### 2.3.1 Caractéristiques de la population

L'âge moyen de notre population est de 29 ans, ce qui est cohérent avec la littérature qui retrouve une moyenne d'âge de survenue du SLE comprise entre 26 et 28 ans (9,27).

Notre population comporte 13 hommes (65%) et 7 femmes (35%). La littérature rapporte que les hommes sont plus souvent touchés que les femmes (27).

Les sports les plus souvent mis en cause sont la course à pied (13), la musculation (7) et le football (5) et 14 patients sur les 20 de notre échantillon exercent plusieurs activités.

Onze patients (55%) ont rapporté un facteur déclenchant au SLE, dans 95% des cas il s'agissait d'une augmentation importante de la fréquence ou de l'intensité physique des entraînements. Aucun facteur déclenchant au SLE n'est décrit dans la littérature. Sur le plan physiopathologique, cette donnée peut appuyer l'hypothèse que des microtraumatismes musculaires sans lésions focalisées ou individualisables en imagerie, favorisés par les contractions excentriques et le contact avec le sol pourraient favoriser la survenue d'un SLE ; ces microtraumatismes étant plausibles dans un contexte de surentraînement (5).

Trois patients (15%) présentent une addiction au sport. Dans la littérature, aucune étude sur le SLE ne recueille cette donnée qui nous semble importante bien que le faible nombre de notre échantillon ne permette pas de conclure quant à l'impact d'une addiction au sport dans la prise en charge du SLE. Néanmoins, l'absence d'addiction rend probablement la reprise progressive du sport plus aisée à respecter pour le patient.

Le SLE est antéro-latéral dans 75% de notre population et uniquement antérieur dans 20%. Nous n'avons pas pris en charge de patients avec des syndromes de loge postéro-superficiel ou postérieur profond, qui sont plus rares. Dans une étude sur 276 patients, Turnipseed et al. (27) retrouvent 72% de SLE antéro-latéral, 16% de SLE postérieur profond et 12% de SLE postéro-supérieur.

Pour 95% de nos patients, le SLE était bilatéral cliniquement, ce qui est plus élevé que les taux retrouvés dans la littérature (50 à 80% chez Lecocq et al. (4), 68 % chez Turnipseed et al. (27))

Neuf patients (45%) présentaient une autre étiologie associée de douleur à l'effort (DE) des membres inférieurs. Cependant, aucune différence d'efficacité n'a été mise en évidence entre les patients présentant un SLE pur et un SLE associé à une autre cause de DE. Hormis Wilder et al. (28) qui citent une étude non-publiée retrouvant 30% de fractures de fatigue associées au SLE dans une population d'athlètes, il n'est pas retrouvé de pourcentage d'association d'autre cause de DE associée au SLE dans la littérature.

### 2.3.2 Réalisation de l'injection de toxine botulique

A l'HIAD, l'onabotulinum toxine A (BOTOX®) ou de l'incobotulinum toxine A (XEOMIN®) étaient utilisées, tandis que l'abobotulinum toxine A (DYSPORT®) était choisie par l'équipe de Strasbourg. Un ratio de conversion de 3 pour 1 est retenu et validé dans les indications neurologiques (29) : 3 unités d'abobotulinum toxine correspondent à 1 unité d'onabotulinum toxine A. Une unité d'onabotulinum toxine A est équivalente à 1 unité d'incobotulinum toxine A.

Dans notre population, la dose/poids moyenne injectée de TB dans le compartiment antérieur était de 0.64 +/- 0.13 U/kg. Dans le compartiment latéral, elle était de 0.39 +/- 0.1 U/kg.

Dans l'étude d'Isner-Horobeti et al. (22), celle-ci est de 3.8 U/kg dans le compartiment antérieur et de 2.4 U/kg dans le compartiment latéral. Pour pouvoir comparer ces chiffres, il faut multiplier par 3 la dose de toxine injectée à l'HIAD. Dans le compartiment antérieur, la dose/poids moyenne totale injectée à l'HIAD est deux fois moins importante que la dose injectée par l'équipe d'Isner-Horobeti. Dans le compartiment latéral, la dose-poids moyenne est également deux fois inférieure dans notre population.

La technique d'injection est également différente. Dans le cadre d'un SLE antérieur, les 3 muscles de la loge antérieure (TA, LEO, LEH) sont injectés par l'équipe de Strasbourg, tandis que dans notre étude, seul le tibial antérieur est injecté. Dans la loge latérale, les muscles court et long fibulaires sont injectés tous les deux par Isner-Horobeti et al. alors que seul le long fibulaire est injecté à l'HIAD. Cela nous laisse à penser que des doses plus faibles mais réparties aux trois muscles de la loge antérieure serait plus efficace qu'une dose importante injectée dans un seul muscle.

Il n'est pas précisé par l'équipe de Strasbourg dans quel muscle la PIM est mesurée, en effet il est mesuré la PIM de la loge antérieure ou latérale sans plus de précision. Bien qu'il s'agisse probablement d'une mesure de pression dans le muscle tibial antérieur (muscle le plus facile à cibler), l'injection concomitante dans les autres muscles de la loge antérieure a probablement un effet s'additionnant à la baisse de la PIM du tibial antérieur.

### 2.3.3 Efficacité ressentie

Dans notre étude, le délai médian entre le début des symptômes et l'injection est de 2 ans. C'est un taux retrouvé plutôt dans la limite basse par rapport aux études de la littérature : 40 mois chez Isner-Horobeti et al. (22), 60 mois chez Turnispeed et al. (30). Cela corrobore un retard diagnostique souvent décrit dans la prise en charge d'un SLE.

Le délai entre la réalisation de l'injection et le recueil de données par questionnaire est de 4 à 13 mois. Ce délai permet d'apprécier la pérennité de l'effet des injections alors que la toxine botulique

n'a plus d'action directe. Ce délai de recueil est un peu plus long que celui effectué par l'équipe de Strasbourg qui effectue un 1<sup>er</sup> suivi à 1 mois puis un 2<sup>ème</sup> entre 3 et 9 mois (moyenne = 4.4 mois +/- 1.6 mois).

Dans notre population, le taux d'indolence totale après une injection de toxine botulique est de 25%. Dans l'étude d'Isner-Horobeti et al. (22), ce taux est de 94%.

Une des causes de cet écart de résultat peut être la différences des sites d'injections. En effet, il a été vu précédemment qu'un seul des muscles de la loge antérieure était injecté dans notre étude contre les trois muscles de la loge antérieure chez Isner-Horobeti. Une autre cause peut être la dose/poids injectée par compartiment qui est deux fois moins importante dans notre étude.

Concernant le choix du type de toxine, dans les indications neurologiques de la TB, il n'est pas mis en évidence d'efficacité moindre de l'incobotulinum toxine A par rapport à l'abobotulinum toxine A.

Le critère de la reprise sportive s'est avéré peu discriminant. En effet, 95% des patients déclarent avoir repris une activité physique ne permettant pas d'utiliser ce critère afin de rechercher des facteurs prédictifs d'efficacité.

Les patients déclarants avoir repris à un niveau supérieur par rapport à leur niveau d'activité physique antérieur (avant de présenter un SLE) rapportent une efficacité mauvaise de la toxine botulique pour 3 d'entre eux et moyenne pour 2 autres. La réponse à cette question n'a donc pas été utilisée pour interpréter l'efficacité de l'injection de la toxine botulique. Il existe un biais de mémorisation puisque les patients présentaient parfois des symptômes de SLE depuis 10 ans, rendant la comparaison avec l'état antérieur difficile.

La durée d'efficacité de 4.7 mois que nous avons trouvée est sans doute minorée par la brièveté de la durée du suivi dans cette étude. Les patients contactés à 4 mois ressentent encore les effets de l'injection de TB. On confirme cependant que les effets de la toxine persistent alors que la toxine n'est plus présente en intra-musculaire, ce qui a été montré dans un *case report* (24).

#### 2.3.4 Facteurs prédictifs de l'efficacité de toxine botulique

La PIM moyenne avant injection semble être un facteur prédictif de meilleure efficacité puisqu'une différence statistiquement significative de PIM a été trouvée entre les patients ayant eu des résultats satisfaisant et le reste de la population. Isner-Horobeti et al. (22) ont montré que la baisse de PIM après injection de TB est de 66% à 71% en moyenne. Plus la pression initiale sera élevée plus la baisse de PIM sera importante et l'effet clinique ressenti important.

La reprise déclarée comme progressive de la pratique sportive est également associée à un meilleur résultat de l'injection de TB ( $p = 0.018$ ). Cela peut s'expliquer par le fait que l'effet de la TB n'est pas immédiat et cette reprise progressive pourrait permettre à la toxine d'agir.

Les autres facteurs d'efficacité pressenties n'influaient pas de manière statistiquement significative sur l'efficacité de la TB, dans la limite de la puissance statistique de notre étude avec un faible échantillon de patient.

La réalisation d'une 2<sup>ème</sup> injection de toxine botulique a permis d'améliorer les symptômes d'une seule patiente chez qui le résultat était initialement moyen. Pour les 5 autres patients injectés, la 2<sup>ème</sup> injection n'a pas apporté de bénéfice par rapport à la 1<sup>ère</sup>. La répétition du geste d'injection semble licite en cas d'efficacité partielle mais la question d'une autre étiologie de douleur d'effort associée doit être formellement éliminée.

### 2.3.5 Effets indésirables

Huit patients n'ont ressenti aucun effet indésirable dans les suites de l'injection de TB. Bien que bénins, les effets secondaires sont relativement fréquents (60% de notre population).

En comparaison, dans l'étude d'Isner-Horobeti, aucun effet indésirable n'a été retrouvé hormis une douleur du compartiment postérieur chez un patient. Ceci peut être lié à la dose-poids injectée dans le muscle tibial antérieur qui est plus importante dans notre étude comparée à celle injectée dans l'étude Isner (0.64 +/- 0.13 [0.33-0.93] dans notre étude contre 1.4 soit 0.47 U/kg en convertissant).

Même s'il n'a pas été mis en évidence de corrélation entre la dose-poids injectée en intra-musculaire et la présence d'effets indésirables, la dose de toxine botulique injectée doit être la plus petite possible afin de limiter leur survenue.

En plus de l'absence de relation dose-effet, les effets indésirables rapportés étaient peu spécifiques et l'imputabilité de la TB est faible.

Cependant, il n'y a pas eu de question ouverte sur les effets secondaires, pouvant masquer un effet indésirable inconnu qui n'aurait pas été recherché.

Enfin bien que plus fréquents dans cette analyse, ces événements indésirables sont moins sévères que les événements indésirables pouvant survenir après une aponévrotomie.

### 2.3.6 Limites de cette étude

La principale limite de notre étude est la faible taille de notre échantillon compromettant la puissance statistique. La poursuite des inclusions permettrait peut-être de mettre en évidence un lien statistique entre certains critères et l'efficacité de l'injection.

Il existe par ailleurs un biais de mémorisation du fait de la modalité de recueil des données (auto-questionnaires). Le questionnaire induit une réponse subjective et il n'existe aucune donnée objective concernant la reprise d'activité des patients. De plus, l'association d'une autre étiologie de douleur d'effort (DE) associée au SLE, peut donner des difficultés pour le patient à différencier ses DE et minorer l'effet de la TB.

Une étude prospective avec test de course avant et à 3 mois après l'injection permettrait une mesure objective de l'amélioration des capacités sportives, permettant de limiter également le biais de subjectivité qu'une échelle d'auto-évaluation peut avoir.

Enfin, aucune contrôle contre placebo n'a été fait, ne permettant pas de nous affranchir de ce biais.

### 2.3.7 Avantage de la toxine botulique et ouverture

Un des avantages non-négligeable de la toxine botulique est son coût. En effet, le coût total d'une chirurgie d'un SLE peut être évalué à 2030,83 euros (pour 128.33 euros de chirurgie, 69.65 euros d'anesthésie et 1832.85 euros de séjour pour 2 à 3 jours d'hospitalisation). Celui d'une injection de toxine botulique est estimé à 450 euros (200 euros de toxine botulique et 250 euros d'hospitalisation de jour).

De plus, l'organisation qu'une telle injection nécessite est peu importante, avec un délai entre diagnostic et injection qui peut être court. Cela est un avantage intéressant dans ce contexte de SLE dont le retard diagnostique est important.

Par ailleurs, l'échographie nous semble être un outil intéressant dans la prise en charge du SLE par TB. En effet, des expansions aponévrotiques anormales ont été décrites dans le SLE (8).

L'expérience clinique du repérage musculaire du tibial antérieur sous échographie met en évidence la présence d'aponévrose intramusculaire d'épaisseur variable d'un patient à l'autre. Une injection réalisée systématiquement sous échographie permettrait de mieux répartir la TB à l'ensemble du muscle avec un résultat clinique potentiellement meilleur.







Figure 8 : coupe transversale de tibial antérieur (cercle rouge) avec aponévrose inter-musculaire visible (A)

## 2.4 Conclusion

Cette étude rétrospective vise à étudier l'efficacité des injections de toxine botulique dans le syndrome de loges d'effort.

Entre novembre 2018 et août 2019, vingt patients ont reçu des injections de toxine botulique à l'hôpital d'Instruction des Armées Desgenette. Ces patients ont été recontactés 4 à 13 mois après cette injection afin de répondre à un auto-questionnaire d'évaluation de l'efficacité.

Sur les vingt patients, 12 (60%) rapportent des résultats satisfaisants : 6 patients (30%) présentaient une indolence totale après une ou deux injections de TB et 6 autres patients rapportaient une amélioration significative. En revanche, pour quatre patients (20%), les symptômes ne sont que légèrement améliorés tandis que pour quatre autres patients (20%), ceux-ci sont inchangés ou aggravés.

Les patients ayant déclaré avoir effectué une reprise progressive de leur activité sportive obtiennent de façon statistiquement significative une meilleure réponse clinique à l'injection de toxine botulique. Néanmoins, devant le faible effectif de la population questionnée, il n'a pas été possible de caractériser plus finement les modalités de cette reprise sportive.

Une pression intra-musculaire de la loge antérieure avant l'injection élevée était corrélée à une meilleure efficacité ressentie de l'injection.

Aucun autre facteur prédictif d'efficacité statistiquement significatif n'a été mis en évidence parmi les suivants :

- Délai entre l'injection de TB et les début des symptômes du SLE
- Association à un autre diagnostic de douleur d'effort des membres inférieurs
- Présence d'un facteur ayant déclenché le SLE
- Présence d'une addiction au sport
- Dose/poids de toxine injectée
- Délai entre l'injection et la reprise sportive
- Modification de foulée pour une foulée antérieure
- Prise en charge concomitante en kinésithérapie

L'analyse de la littérature est en faveur de meilleurs résultats en injectant l'ensemble des trois muscles de la loge antérieure et les deux muscles de la loge latérale et avec des doses deux fois plus importantes en totalité que celles injectées dans notre population de patients.

Dans cette étude, les effets indésirables, bien que bénins, sont relativement fréquents (60% de notre population totale). La dose minimale efficace doit être recherchée afin de limiter leur survenue.

Une des limites de cette étude est la taille de notre échantillon, l'absence de contrôle contre placebo et la subjectivité du recueil de données. La poursuite des inclusions et l'ajout de questions ouvertes sur les effets indésirables permettrait peut-être de mettre en évidence des facteurs prédictifs d'efficacité de l'injection de toxine botulique et de s'assurer de son innocuité.

Une étude clinique randomisée contre placebo est en cours actuellement à Strasbourg. Une étude de la dose minimale efficace, ainsi qu'un protocole standardisé sous échographie nous paraissent pertinent pour obtenir une autorisation de mise sur le marché dans cette indication dont le seul traitement actuel est chirurgical.

### 3 Annexe :

#### **Questionnaire n°1 : recueil de données de la population :**

<p>1) Depuis combien de temps votre syndrome des loges évolue-t-il ?</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Entre 6 mois et 1 an</li><li><input type="radio"/> Entre 1 et 3 ans</li><li><input type="radio"/> Entre 3 et 5 ans</li><li><input type="radio"/> Plus de 5 ans</li></ul>
<p>2) Quel(s) sport(s) pratiquez-vous ?</p>
<p>3) Combien de temps par semaine (week-end inclus) passez-vous à faire de l'exercice physique ?</p>
<p>4) Parmi les propositions ci-dessous, y a-t-il eu un facteur déclenchant à votre syndrome des loges ?</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Augmentation importante du nombre d'entraînement par semaine (pour un concours ou une échéance sportive) ?</li><li><input type="radio"/> Augmentation importante de l'intensité physique lors des entraînements (pour un concours ou une échéance sportive) ?</li><li><input type="radio"/> Début intensif d'un nouveau sport ?</li><li><input type="radio"/> Prise de protéines anabolisantes ?</li></ul>

## Questionnaire n°2 : version française de l'EAI (Exercise Addiction Inventory)

Pour chacune des propositions suivantes, indiquez à quel point chacune est vraie pour vous : encerclez le chiffre approprié sur une échelle de 1 à 5.

1 : vous n'êtes pas du tout d'accord avec la proposition

2 : vous êtes faiblement d'accord

3 : vous n'êtes ni d'accord, ni pas d'accord

4 : vous êtes plutôt d'accord

5 : vous êtes fortement d'accord

	PAS DU TOUT D'ACCORD		NI EN ACCORD NI EN DESACCORD		TOUT À FAIT D'ACCORD
L'exercice physique est ce qu'il y a de plus important dans ma vie	1	2	3	4	5
La quantité d'exercice physique que je pratique est source de conflit avec ma famille et/ou mon conjoint	1	2	3	4	5
J'utilise l'exercice physique comme moyen d'agir sur mon humeur (par ex. pour « m'éclater », pour « m'échapper »...)	1	2	3	4	5
Au fil du temps j'ai augmenté la quantité d'exercice physique que je pratique	1	2	3	4	5
Si je dois manquer une séance d'entraînement physique, je suis d'humeur maussade et irritable	1	2	3	4	5
Si je réduis drastiquement mon activité physique pendant un temps, je finis toujours tôt ou tard par revenir au moins au même rythme qu'avant	1	2	3	4	5

### **Questionnaire n°3 : Evaluation de l'efficacité de la toxine botulique :**

Si vous deviez évaluer l'effet de la toxine botulique sur votre syndrome des loges, vous diriez que le résultat est :

**EXCELLENT** : pas de douleur pendant ou après l'exercice. Pas de limitation de la durée et de l'intensité de l'exercice. Le patient est considéré comme guéri.

**BON** : Existence de douleurs minimales pendant ou après l'exercice. Pas de limitation de la durée et de l'intensité de l'exercice. Il existe une amélioration significative.

**MOYEN** : douleur pendant ou après l'exercice. Existence d'une limitation en durée ou en intensité de l'exercice. Il existe une légère amélioration.

**MAUVAIS** : Les symptômes sont inchangés ou aggravés.

	OUI	NON
1) Avez-vous repris une activité physique ?		
2) Si oui, est-elle d'intensité égale ou supérieure à celle avant le syndrome de loges ?		
3) Avez-vous observé un délai d'arrêt total du sport après l'injection ? Si oui, de quelle durée : (entourez) <ul style="list-style-type: none"><li>- Moins de 2 semaines</li><li>- Entre 2 semaines et 1 mois</li><li>- Plus d'1 mois</li></ul>		
4) Avez-vous effectué une reprise du sport de façon progressive après l'injection ? Si oui, de quelle manière : (entourez) <ul style="list-style-type: none"><li>- Fréquence des entraînements : 1 fois par semaine, 2 fois par semaine, 3 fois par semaine</li><li>- Allure de la course (temps au kilomètre) : 2.5 km/h, 5 km/h, 7.5 km/h</li></ul>		
5) Avez-vous réalisé une modification de votre foulée lors de la course afin de courir avec une foulée dite antérieure ?		
6) Avez-vous bénéficié d'une prise en charge concomitante en rééducation ? Si oui, quelle rééducation ? (par exemple : massage, étirements en kinésithérapie)		
7) Avez-vous remarqué une diminution du volume de votre muscle ayant été injecté ?		



<p>8) L'effet bénéfique de la toxine est-il encore présent ? Si non, combien de temps l'avez-vous ressenti : (entourez)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Moins d'un mois</li> <li>- Entre 1 et 2 mois</li> <li>- Entre 2 et 3 mois</li> <li>- Plus de 3 mois</li> </ul>		
<p>9) Depuis la 1<sup>ère</sup> injection, avez-vous bénéficié d'une nouvelle injection de toxine ? Si oui, comment évalueriez-vous le résultat de cette nouvelle injection ? (entourez)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellent</li> <li>- Bon</li> <li>- Moyen</li> <li>- Mauvais</li> </ul>		

**Questionnaire n°4 : sur la présence d'évènements indésirables :**

	OUI	NON
1) Avez-vous ressenti des douleurs plus invalidantes dans les suites de l'injection ? Si oui, combien de temps ces douleurs ont-elles duré : (entourez)  - Moins d'une semaine - Moins d'un mois - Plus de 2 mois  Si oui, sont-elles localisées : (entourez)  - Au même endroit d'habitude - A un endroit différent, précisez :		
2) Avez-vous ressenti des symptômes pseudo-grippaux (douleurs musculaires diffuses, fièvre) ?		
3) Avez-vous ressenti des impatiences dans les jambes ?		
4) Avez-vous ressenti une faiblesse généralisée ?		
5) Avez-vous ressenti une faiblesse localisée au niveau des membres inférieurs lors de la reprise de la course ?		
6) Avez-vous été gêné par un steppage (difficultés à freiner la descente de l'avant de votre pied) ?		
7) Avez-vous été gêné par une sensation d'instabilité au niveau de vos chevilles ?		

### 3 Bibliographie

1. Hislop M, Tierney P, Murray P, O'Brien M, Mahony N. Chronic Exertional Compartment Syndrome. *Am J Sports Med.* 2003;31(5):7.
2. Campano D, Robaina JA, Kusnezov N, Dunn JC, Waterman BR. Surgical Management for Chronic Exertional Compartment Syndrome of the Leg: A Systematic Review of the Literature. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* juill 2016;32(7):1478-86.
3. Buerba RA, Fretes NF, Devana SK, Beck JJ. Chronic exertional compartment syndrome: current management strategies. *Open Access J Sports Med.* mai 2019;Volume 10:71-9.
4. Lecocq J, Isner-Horobeti ME, Dupeyron A, Helmlinger JL, Vautravers P. Le syndrome de loge d'effort. *Ann Réadapt Médecine Phys.* août 2004;47(6):334-45.
5. Birtles D, Rayson M, Jones D, Padhiar N, Casey A, Newham D. Effect of eccentric exercise on patients with chronic exertional compartment syndrome. *Eur J Appl Physiol.* févr 2003;88(6):565-71.
6. Turnipseed WD, Hurschler C, Vanderby R. The effects of elevated compartment pressure on tibial arteriovenous flow and relationship of mechanical and biochemical characteristics of fascia to genesis of chronic anterior compartment syndrome. *J Vasc Surg.* mai 1995;21(5):810-7.
7. Detmer DE, Sharpe K, Sufit RL, Girdley FM. Chronic compartment syndrome: Diagnosis, management, and outcomes. *Am J Sports Med.* mai 1985;13(3):162-70.
8. Kwiatkowski TC, Detmer DE. Anatomical dissection of the deep posterior compartment and its correlation with clinical reports of chronic compartment syndrome involving the deep posterior compartment. :8.
9. Pedowitz RA, Hargens AR, Mubarak SJ, Gershuni DH. Modified criteria for the objective diagnosis of chronic compartment syndrome of the leg. *Am J Sports Med.* janv 1990;18(1):35-40.
10. Van der Wal WA, Heesterbeek PJC, Van den Brand JGH, Verleisdonk EJMM. The natural course of chronic exertional compartment syndrome of the lower leg. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* juill 2015;23(7):2136-41.
11. Waterman BR, Liu J, Newcomb R, Schoenfeld AJ, Orr JD, Belmont PJ. Risk Factors for Chronic Exertional Compartment Syndrome in a Physically Active Military Population. *Am J Sports Med.* nov 2013;41(11):2545-9.
12. Knight JR, Daniels M, Robertson W. Endoscopic Compartment Release for Chronic Exertional Compartment Syndrome. *Arthrosc Tech.* mai 2013;2(2):e187-90.

13. Pierret C, Tourtier J-P, Blin E, L.Bonnevie, Garcin J-M, Duverger V. Le syndrome chronique des loges. À propos d'une série de 234 patients opérés. *J Mal Vasc.* juill 2011;36(4):254-60.
14. Diebal AR, Gregory R, Alitz C, Gerber JP. Forefoot Running Improves Pain and Disability Associated With Chronic Exertional Compartment Syndrome. *Am J Sports Med.* mai 2012;40(5):1060-7.
15. Aoki KR, Francis J. Updates on the antinociceptive mechanism hypothesis of botulinum toxin A. *Parkinsonism Relat Disord.* nov 2011;17:S28-33.
16. Dodick DW, Turkel CC, DeGryse RE, Aurora SK, Silberstein SD, Lipton RB, et al. OnabotulinumtoxinA for Treatment of Chronic Migraine: Pooled Results From the Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Phases of the PREEMPT Clinical Program. *Headache J Head Face Pain.* 7 mai 2010;50(6):921-36.
17. To EWH, Ho WS, Wong WK, Pang PCW, Ahuja AT, Hui ACF, et al. A prospective study of the effect of botulinum toxin A on masseteric muscle hypertrophy with ultrasonographic and electromyographic measurement. *Br J Plast Surg.* mai 2001;54(3):197-200.
18. Lee H-J, Lee D-W, Park Y-H, Cha M-K, Kim H-S, Ha S-J. Botulinum Toxin A for Aesthetic Contouring of Enlarged Medial Gastrocnemius Muscle. *Dermatol Surg.* juin 2004;30(6):867-71.
19. Isner-Horobeti M-E, Muff G, Masat J, Daussin J-L, Dufour SP, Lecocq J. Botulinum Toxin as a Treatment for Functional Popliteal Artery Entrapment Syndrome: *Med Sci Sports Exerc.* juin 2015;47(6):1124-7.
20. Isner-Horobeti M-E, Muff G, Lonsdorfer-Wolf E, Deffinis C, Masat J, Favret F, et al. Use of botulinum toxin type A in symptomatic accessory soleus muscle: first five cases. *Scand J Med Sci Sports.* nov 2016;26(11):1373-8.
21. Oskarsson E, Piehl Aulin K, Gustafsson B-E, Pettersson K. Improved intramuscular blood flow and normalized metabolism in lateral epicondylitis after botulinum toxin treatment. *Scand J Med Sci Sports.* juin 2009;19(3):323-8.
22. Isner-Horobeti M-E, Dufour SP, Blaes C, Lecocq J. Intramuscular Pressure Before and After Botulinum Toxin in Chronic Exertional Compartment Syndrome of the Leg: A Preliminary Study. *Am J Sports Med.* nov 2013;41(11):2558-66.
23. Hutto WM, Schroeder PB, Leggit JC. Botulinum Toxin as a Novel Treatment for Chronic Exertional Compartment Syndrome in the U.S. Military. *Mil Med.* 1 mai 2019;184(5-6):e458-61.
24. Baria MR, Sellon JL. Botulinum Toxin for Chronic Exertional Compartment Syndrome: A Case Report With 14 Month Follow-Up. 2016;3.
25. Packer JD, Day MS, Nguyen JT, Hobart SJ, Hannafin JA, Metzl JD. Functional Outcomes and Patient Satisfaction After Fasciotomy for Chronic Exertional Compartment Syndrome. *Am J Sports Med.* févr 2013;41(2):430-6.

26. Schepsis AA, Gill SS, Foster TA. Fasciotomy for Exertional Anterior Compartment Syndrome: Is Lateral Compartment Release Necessary? *Am J Sports Med.* juill 1999;27(4):430-5.
27. Turnipseed WD. Diagnosis and management of chronic compartment syndrome. *Surgery.* oct 2002;132(4):613-9.
28. Wilder RP, Magrum E. Exertional Compartment Syndrome. *Clin Sports Med.* juill 2010;29(3):429-35.
29. Scaglione F. Conversion Ratio between Botox®, Dysport®, and Xeomin® in Clinical Practice. *Toxins.* 4 mars 2016;8(3):65.
30. Turnipseed W, Detmer DE, Girdley F. Chronic Compartment Syndrome: An Unusual Cause for Claudication. *Ann Surg.* oct 1989;210(4):557.
31. Wieczorek V, Luciani J-F, Brunet-Guedj E, Feugier P, Thevenon A, Résultats du traitement chirurgical des syndromes de loges chroniques des membres inférieurs
32. Murphy M, Charlesworth J, Koh E. The effects of Botulinum Toxin injection in an elite sportsman with Functional Popliteal Artery Entrapment Syndrome: A case report. *Phys Ther Sport.* sept 2017;27:7-11.
33. Roscoe D, Roberts AJ, Hulse D, Shaheen AF, Hughes MP, Bennet AN. Effects of anterior compartment fasciotomy on intramuscular compartment pressure in patients with chronic exertional compartment syndrome. *J R Army Med Corps.* sept 2018;164(5):338-42.
34. Hartman J, Simpson S. Current Diagnosis and Management of Chronic Exertional Compartment Syndrome. *Curr Phys Med Rehabil Rep.* juin 2018;6(2):136-41.
35. Dwyer CL, Soong MC, Kasparyan NG. Chronic Exertional Compartment Syndrome of the Hand: Case Report and Literature Review. *HAND.* mai 2017;12(3):NP43-5.
36. Rajasekaran S, Hall MM. Nonoperative Management of Chronic Exertional Compartment Syndrome: A Systematic Review. 2016;15(3):8.
37. Morrey BF. Treatment of Chronic Radial Epicondylitis with Botulinum Toxin A: A Double-Blind, Placebo-Controlled, Randomized Multicenter Study. *Yearb Orthop.* janv 2008;2008:119-20.
38. Ranoux D, Attal N, Morain F, Bouhassira D. Botulinum toxin type a induces direct analgesic effects in chronic neuropathic pain: BTX-A in Neuropathic Pain. *Ann Neurol.* 28 sept 2008;64(3):274-83.
39. Waseem Z, Boulias C, Gordon A, Ismail F, Sheean G, Furlan AD. Botulinum toxin injections for low-back pain and sciatica. *Cochrane Back and Neck Group, éditeur. Cochrane Database Syst Rev [Internet].* 19 janv 2011 [cité 6 nov 2019]; Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD008257.pub2>
40. Soares A, Andriolo RB, Atallah ÁN. Botulinum toxin for myofascial pain syndromes in adults. 2014;37.

41. Costa J, Graca P, Evangelista T, Carvalho M. Pain and calf hypertrophy associated with spontaneous repetitive discharges treated with botulinum toxin. *Clin Neurophysiol.* déc 2005;116(12):2847-52.
42. Helmhout PH, Diebal AR, van der Kaaden L, Harts CC, Beutler A, Zimmermann WO. The Effectiveness of a 6-Week Intervention Program Aimed at Modifying Running Style in Patients With Chronic Exertional Compartment Syndrome: Results From a Series of Case Studies. *Orthop J Sports Med.* mars 2015;3(3):232596711557569.
43. Irion V, Magnussen RA, Miller TL, Kaeding CC. Return to activity following fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* oct 2014;24(7):1223-8.
44. Collins CK, Gilden B. A NON-OPERATIVE APPROACH TO THE MANAGEMENT OF CHRONIC EXERTIONAL COMPARTMENT SYNDROME IN A TRIATHLETE: A CASE REPORT. :18.
45. Edmundsson D, Toolanen G, Sojka P. Chronic compartment syndrome also affects non-athletic subjects. *Acta Orthop.* :8.
46. Blackmen P, Simmons L, Crossley K, Trement of Chronic Exertional Anterior Compartment Syndrome With Massage : A pilot Study
47. Finestone AS, Noff M, Nassar Y, Moshe S, Agar G, Tamir E. the Forefoot Rise Test and Limited Fasciotomy. :8.
48. de Bruijn JA, van Zantvoort APM, Winkes MB, Raaymakers L, van der Cruisen-Raaijmakers M, Hoogeveen AR, et al. Feasibility and Safety of an Operative Tool for Anterior Chronic Exertional Compartment Syndrome Treatment. *Foot Ankle Int.* déc 2015;36(12):1475-82.
49. Voleti PB, Lebrun DG, Roth CA, Kelly JD. Endoscopic Thermal Fasciotomy for Chronic Exertional Compartment Syndrome. *Arthrosc Tech.* oct 2015;4(5):e525-9.
50. Dunn JC, Waterman BR. Chronic Exertional Compartment Syndrome of the Leg in the Military. *Clin Sports Med.* oct 2014;33(4):693-705.
51. Davis DE, Raikin S, Garras DN, Vitanzo P, Labrador H, Espandar R. Characteristics of Patients With Chronic Exertional Compartment Syndrome. *Foot Ankle Int.* oct 2013;34(10):1349-54.
52. Roberts A, Roscoe D, Hulse D, Bennett AN, Dixon S. Biomechanical differences between cases with suspected chronic exertional compartment syndrome and asymptomatic controls during running. *Gait Posture.* oct 2017;58:374-9.
53. Han K, Joo Y, Moon S, Kim K. Botulinum toxin A treatment for contouring of the lower leg. *J Dermatol Treat.* janv 2006;17(4):250-4.

## Remerciements

A Monsieur le Professeur Feugier, merci pour votre disponibilité et votre aide bienveillante durant ce travail. Merci de me faire l'honneur de présider cette thèse.

A Madame le Professeur Jacquin Courtois, merci d'avoir su trouver les mots pour m'encourager au moment charnière de cette fin d'internat. Merci pour votre bienveillance et d'avoir accepté de juger ce travail de thèse.

A Monsieur le Pr Rode, merci pour votre confiance donnée durant mon semestre à l'hôpital de jour. Merci de me faire l'honneur de juger cette thèse.

Au Dr Schmitt, merci de m'avoir encadrée sur ce sujet qui te tient à cœur, merci pour avoir été toujours disponible et encourageant. L'HIAD a été un stage très riche en apprentissage varié, de la MPR ortho à la naissance des Gipsy King.

Au Dr Diger, merci d'avoir acceptée de faire partie de ce jury.

Merci aux médecins m'ayant guidé et transmis leur savoir durant ces années :

- Les Dr Percebois-Macadré et Regrain qui, par leur humanité, m'ont donné l'envie de faire de la rééducation ma spécialité
- Le Pr Luauté, merci pour vos enseignement durant cet internat
- Les Dr Mazouyes, Dr Courcoul et Leguen, grâce à qui la rhumatologie me rappellera les bons souvenirs du CHAL, où l'apprentissage s'est fait dans la bonne humeur
- Les médecins du service de médecine A de Vienne, et notamment le Dr Badet qui restera un exemple pour moi
- Le Dr Escobar, pour l'apprentissage de l'appareillage, de la rigueur militaire et de quelques notions d'hygiène, au plaisir de se croiser au self bientôt
- Le Dr Guinet-Lacoste pour ses vastes connaissances en neuro-périnée
- Les Dr Verdaguer et Dr Havé
- Le Dr Riquier pour son investissement dans mon apprentissage lors de ce dernier semestre

Merci aux différents services m'ayant accueilli, et notamment le service A1 de l'hôpital Henry Gabrielle qui m'a beaucoup aidé dans le chemin de la confiance en soi.

Merci aux rééducateurs, qui ont à cœur de nous transmettre leur expertise.

Un grand MERCI à mon minou (Dr FUSTIER Amélie), fidèle soutien et relectrice de ce travail, pour ton aide, ton amitié. Merci à Guillaume pour ces bons moments ensemble. Aux co-internes croisés durant l'internat, Lucie, Julie, Florie, Carole, Stéphane, Lorraine, Franck, Louana, Shams, Baptiste et Hugo, bon courage pour vos parcours respectifs.

A mes parents, merci pour votre amour et de prendre encore si bien soin de moi. Merci pour vos encouragements et votre aide dans les moments difficiles.

A Claire et Jean Gaga, merci pour la relecture soigneuse, vos conseils et les bons moments passés à jouer en buvant des bières. Merci Lisette pour ton exemple d'engagement et de bonne humeur, n'hésite pas à revenir sur Grenoble 😊



Merci à Melmel, Coco, Juju, merci pour cette amitié vitale qui nous fait tant grandir et partager. Et à PE que j'ai hâte de connaître plus.

Merci aux copains de Reims, Pauline, Justine, Didine, Rmimi, Quentin et Mathieu, pour ces retrouvailles si facile et drôle. Et à Jacques pour sa petite bouille qui met du baume au cœur.

A Constance et Pierre, pour leur amitié bien qu'éloignée mais toujours forte. Vous êtes les bienvenus à Grenoble !

A Yannis pour m'avoir bien cernée et encouragé, à ces 6 mois de colloc qui ont donné lieu à une amitié qui dure, à bientôt en terre grenobloise !

A mon petit chou, merci pour ton imitation parfaite de la chèvre qui arrive systématique à faire céder les idées sombres, pour ton soutien quotidien indéfectible. Hâte de découvrir cette vie réunie et tous ces coins qui nous attendent à pied, à vélo, en grim pant...

Aux patients, vous êtes le moteur quotidien qui m'enrichie et me pousse à me dépasser.



**CHAGOT Lucie**, Traitement médical du syndrome des loges d'effort des membres inférieurs : évaluation de l'impact de l'injection de toxine botulique sur la reprise sportive

---

L'objectif de cette thèse est d'apprécier l'efficacité des injections de toxine botulique (TB) chez des patients présentant un syndrome de loge d'effort, de rechercher les facteurs prédictifs de réussite des injections de TB et de caractériser le type d'effets indésirables et leur fréquence.

Entre novembre 2018 et août 2019, vingt patients ont reçu une injection intra-musculaire de TB dont l'efficacité clinique était recueillie de manière rétrospective par auto-questionnaire entre 4 et 13 mois après l'injection.

Sur les 20 patients, 12 (60%) rapportent des résultats satisfaisants : 6 patients (30%) présentaient une indolence totale après une ou deux injections de TB et 6 autres patients rapportaient une amélioration significative. En revanche pour quatre patients (20%), les symptômes ne sont que légèrement améliorés tandis que pour quatre autres patients (20%), ceux-ci sont inchangés ou aggravés.

Deux facteurs prédictifs d'un résultat satisfaisant ont été retrouvés : la reprise de l'activité sportive de façon progressive et des pressions intra-musculaire importantes. Aucun autre critère n'est statistiquement relié à une meilleure réponse clinique à l'injection de TB.

Une des limites de cette étude est le faible nombre de personnes incluses compromettant la puissance statistique.

Une étude contrôlée contre placebo et de la dose minimale efficace ainsi qu'un protocole standardisé sous échographie paraissent pertinents à réaliser avant d'obtenir une autorisation de mise sur le marché dans cette indication dont le traitement actuel de référence est chirurgical. Les injections de toxine botulique semblent cependant pouvoir devenir une alternative moins onéreuse et moins invasive qu'un traitement chirurgical.

---

**MOTS-CLES :** Syndrome des loges d'effort, injection de toxine botulique

---

**JURY :**

Président : Monsieur le Professeur FEUGIER Patrick  
Membres : Madame le Professeur JACQUIN-COURTOIS Sophie  
Monsieur le Professeur RODE Gilles  
Monsieur le Docteur SCHMITT Alexandre  
Madame le Docteur DIGER Marine

---

**DATE DE SOUTENANCE :** Le 12 MAI 2020

**ADRESSE POSTALE DE L'AUTEUR :** 67, rue Alfred de Vigny – 38000 GRENOBLE – France