



**HAL**  
open science

# Évaluation d'un nouvel appareil de mesure des pressions intramusculaires dans le syndrome chronique des loges d'effort : une étude rétrospective

Lucile Millanvois

## ► To cite this version:

Lucile Millanvois. Évaluation d'un nouvel appareil de mesure des pressions intramusculaires dans le syndrome chronique des loges d'effort : une étude rétrospective. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03109057

**HAL Id: dumas-03109057**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03109057>**

Submitted on 13 Jan 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

UNIVERSITE DE MONTPELLIER  
FACULTE DE MEDECINE MONTPELLIER-NIMES

**THESE**

Pour obtenir le titre de  
**DOCTEUR EN MEDECINE**

Présentée et soutenue publiquement

Par

**Lucile MILLANVOIS**

Le 24 septembre 2020

**EVALUATION D'UN NOUVEL APPAREIL DE MESURE  
DES PRESSIONS INTRAMUSCULAIRES DANS LE  
SYNDROME CHRONIQUE DES LOGES D'EFFORT :  
UNE ETUDE RETROSPECTIVE**

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Marc JULIA

**JURY**

Présidente : Madame la Professeure Isabelle LAFFONT

Assesseurs :

Pr Bertrand COULET

Dr Farès GOUZI

Dr Marc JULIA

UNIVERSITE DE MONTPELLIER  
FACULTE DE MEDECINE MONTPELLIER-NIMES

**THESE**

Pour obtenir le titre de  
**DOCTEUR EN MEDECINE**

Présentée et soutenue publiquement

Par

**Lucile MILLANVOIS**

Le 24 septembre 2020

**EVALUATION D'UN NOUVEL APPAREIL DE MESURE  
DES PRESSIONS INTRAMUSCULAIRES DANS LE  
SYNDROME CHRONIQUE DES LOGES D'EFFORT :  
UNE ETUDE RETROSPECTIVE**

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Marc JULIA

**JURY**

Présidente : Madame la Professeure Isabelle LAFFONT

Asseseurs :

Pr Bertrand COULET

Dr Farès GOUZI

Dr Marc JULIA

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2019 - 2020**

**PERSONNEL ENSEIGNANT**

**Professeurs Honoraires**

ALLIEU Yves	CALLIS Albert	JAFFIOL Claude	NAVRATIL Henri
ALRIC Robert	CANAUD Bernard	JANBON Charles	OTHONIEL Jacques
ARNAUD Bernard	CHAPTAL Paul-André	JANBON François	PAGES Michel
ASTRUC Jacques	CIURANA Albert-Jean	JARRY Daniel	PEGURET Claude
AUSSILLOUX Charles	CLOT Jacques	JOURDAN Jacques	PELISSIER Jacques
AVEROUS Michel	COSTA Pierre	LAFFARGUE François	POUGET Régis
AYRAL Guy	D'ATHIS Françoise	LALLEMANT Jean Gabriel	PUJOL Henri
BAILLAT Xavier	DEMAILLE Jacques	LAMARQUE Jean-Louis	RABISCHONG Pierre
BALDET Pierre	DESCOMPS Bernard	LAPEYRIE Henri	RAMUZ Michel
BALDY-MOULINIER Michel	DIMEGLIO Alain	LE QUELLEC Alain	RIEU Daniel
BALMES Jean-Louis	DUBOIS Jean Bernard	LESBROS Daniel	ROCHFORD Henri
BALMES Pierre	DUJOLS Pierre	LOPEZ François Michel	ROUANET DE VIGNE LAVIT Jean Pierre
BANSARD Nicole	DUMAS Robert	LORIOT Jean	SAINT AUBERT Bernard
BAYLET René	DUMAZER Romain	LOUBATIERES Marie Madeleine	SANCHO-GARNIER Héléne
BILLIARD Michel	ECHENNE Bernard	MAGNAN DE BORNIER Bernard	SANY Jacques
BLARD Jean-Marie	FABRE Serge	MARY Henri	SEGNARBIEUX François
BLAYAC Jean Pierre	FREREBEAU Philippe	MATHIEU-DAUDE Pierre	SENAC Jean-Paul
BLOTMAN Francis	GALIFER René Benoît	MEYNADIER Jean	SERRE Arlette
BONNEL François	GODLEWSKI Guilhem	MICHEL François-Bernard	SOLASSOL Claude
BOURGEOIS Jean-Marie	GRASSET Daniel	MION Charles	THEVENET André
BRUEL Jean Michel	GUILHOU Jean- Jacques	MION Henri	VIDAL Jacques
BUREAU Jean-Paul	HERTAULT Jean	MIRO Luis	VISIÉ Jean Pierre
BRUNEL Michel	HUMEAU Claude	NAVARRO Maurice	

**Professeurs Emérites**

ARTUS Jean-Claude	MARES Pierre
BLANC François	MAUDELONDE Thierry
BOULENGER Jean-Philippe	MAURY Michèle
BOURREL Gérard	MILLAT Bertrand
BRINGER Jacques	MONNIER Louis
CLAUSTRES Mireille	MOURAD Georges
DAURES Jean-Pierre	PREFAUT Christian
DAUZAT Michel	PUJOL Rémy
DAVY Jean-Marc	RIBSTEIN Jean
DEDET Jean-Pierre	SCHVED Jean-François
ELEDJAM Jean-Jacques	SULTAN Charles
GROLLEAU RAOUX Robe	TOUCHON Jacques
GUERRIER Bernard	UZIEL Alain
GUILLOT Bernard	VOISIN Michel
LANDAIS Paul	ZANCA Michel

**Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers**

**PU-PH de classe exceptionnelle**

ALBAT Bernard	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
ALRIC Pierre	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option chirurgie vasculaire)
BACCINO Eric	Médecine légale et droit de la santé
BASTIEN Patrick	Parasitologie et mycologie
BLAIN Hubert	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
BONAFE Alain	Radiologie et imagerie médicale
CAPDEVILA Xavier	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
CHAMMAS Michel	Chirurgie orthopédique et traumatologique
COLSON Pascal	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
COMBE Bernard	Rhumatologie
COTTALORDA Jérôme	Chirurgie infantile
COUBES Philippe	Neurochirurgie
COURTET Philippe	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
CRAMPETTE Louis	Oto-rhino-laryngologie
CRISTOL Jean Paul	Biochimie et biologie moléculaire
DE LA COUSSAYE Jean Emmanuel	Médecine d'urgence
DE WAZIERES Benoît	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
DELAPORTE Eric	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
DEMOLY Pascal	Pneumologie ; addictologie
DOMERGUE Jacques	Chirurgie viscérale et digestive
DUFFAU Hugues	Neurochirurgie
ELIAOU Jean François	Immunologie
FABRE Jean Michel	Chirurgie viscérale et digestive
FRAPIER Jean-Marc	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
HAMAMAH Samir	Biologie et Médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale

HEDON Bernard	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
HERISSON Christian	Médecine physique et de réadaptation
JABER Samir	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
JEANDEL Claude	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
JONQUET Olivier	Médecine intensive-réanimation
JORGENSEN Christian	Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie
KOTZKI Pierre Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
LABAUGE Pierre	Neurologie
LARREY Dominique	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
LEFRANT Jean-Yves	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
LUMBROSO Serge	Biochimie et Biologie moléculaire
MARTY-ANE Charles	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
MERCIER Jacques	Physiologie
MESSNER Patrick	Cardiologie
MONDAIN Michel	Oto-rhino-laryngologie
MORIN Denis	Pédiatrie
PAGEAUX Georges-Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
PUJOL Pascal	Biologie cellulaire
QUERE Isabelle	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option médecine vasculaire)
RENARD Eric	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
REYNES Jacques	Maladies infectieuses, maladies tropicales
RIPART Jacques	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
ROUANET Philippe	Cancérologie ; radiothérapie
SOTTO Albert	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
TAOUREL Patrice	Radiologie et imagerie médicale
VANDE PERRE Philippe	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
YCHOU Marc	Cancérologie ; radiothérapie

**PU-PH de 1<sup>re</sup> classe**

AGUILAR MARTINEZ Patricia	Hématologie ; transfusion
ASSENAT Éric	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
AVIGNON Antoine	Nutrition
AZRIA David	Cancérologie ; radiothérapie
BAGHDADLI Amaria	Pédopsychiatrie ; addictologie
BEREGI Jean-Paul	Radiologie et imagerie médicale
BLANC Pierre	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
BORIE Frédéric	Chirurgie viscérale et digestive
BOULOT Pierre	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
CAMBONIE Gilles	Pédiatrie
CAMU William	Neurologie
CANOVAS François	Anatomie
CAPTIER Guillaume	Anatomie
CARTRON Guillaume	Hématologie ; transfusion
CAYLA Guillaume	Cardiologie
CHANQUES Gérard	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
CORBEAU Pierre	Immunologie
COSTES Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
COULET Bertrand	Chirurgie orthopédique et traumatologique
CYTEVAL Catherine	Radiologie et imagerie médicale
DADURE Christophe	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
DAUVILLIERS Yves	Physiologie
DE TAYRAC Renaud	Gynécologie-obstétrique, gynécologie médicale
DE VOS John	Histologie, embryologie et cytogénétique
DEMARIA Roland	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire



DEREURE Olivier	Dermatologie - vénéréologie
DROUPY Stéphane	Urologie
DUCROS Anne	Neurologie
DUPEYRON Arnaud	Médecine physique et de réadaptation
FESLER Pierre	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
GARREL Renaud	Oto-rhino-laryngologie
GENEVIEVE David	Génétique
HAYOT Maurice	Physiologie
KLOUCHE Kada	Médecine intensive-réanimation
KOENIG Michel	Génétique
LAFFONT Isabelle	Médecine physique et de réadaptation
LAVABRE-BERTRAND Thierry	Histologie, embryologie et cytogénétique
LAVIGNE Jean-Philippe	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
LE MOING Vincent	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
LECLERCQ Florence	Cardiologie
LEHMANN Sylvain	Biochimie et biologie moléculaire
MARIANO-GOULART Denis	Biophysique et médecine nucléaire
MATECKI Stéfan	Physiologie
MEUNIER Laurent	Dermato-vénéréologie
MOREL Jacques	Rhumatologie
NAVARRO Francis	Chirurgie viscérale et digestive
NOCCA David	Chirurgie viscérale et digestive
PETIT Pierre	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PERNEY Pascal	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
PRUDHOMME Michel	Anatomie
PUJOL Jean Louis	Pneumologie ; addictologie
PURPER-OUAKIL Diane	Pédopsychiatrie ; addictologie

TOUITOU Isabelle

Génétique

TRAN Tu-Anh

Pédiatrie

VERNHET Hélène

Radiologie et imagerie médicale

**PU-PH de 2ème classe**

BOURDIN Arnaud

Pneumologie ; addictologie

CANAUD Ludovic

Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option chirurgie vasculaire)

CAPDEVIELLE Delphine

Psychiatrie d'Adultes ; addictologie

CLARET Pierre-Géraud

Médecine d'urgence

COLOMBO Pierre-Emmanuel

Cancérologie ; radiothérapie

COSTALAT Vincent

Radiologie et imagerie médicale

CUVILLON Philippe

Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire

DAIEN Vincent

Ophthalmologie

DORANDEU Anne

Médecine légale et droit de la santé

FAILLIE Jean-Luc

Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie

FUCHS Florent

Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

GABELLE DELOUSTAL Audrey

Neurologie

GAUJOUX Viala Cécile

Rhumatologie

GODREUIL Sylvain

Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

GUILLAUME Sébastien

Psychiatrie d'adultes ; addictologie

GUILPAIN Philippe

Médecine Interne, gériatrie et biologie du vieillissement; addictologie

GUIU Boris

Radiologie et imagerie médicale

HERLIN Christian

Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique, brulologie

HOUEDE Nadine

Cancérologie ; radiothérapie

JACOT William

Cancérologie ; Radiothérapie

JUNG Boris

Médecine intensive-réanimation

KALFA Nicolas

Chirurgie infantile

KOUYOUMDJIAN Pascal	Chirurgie orthopédique et traumatologique
LACHAUD Laurence	Parasitologie et mycologie
LALLEMANT Benjamin	Oto-rhino-laryngologie
LE QUINTREC DONNETTE Moglie	Néphrologie
LETOUZEY Vincent	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
LONJON Nicolas	Neurochirurgie
LOPEZ CASTROMAN Jorge	Psychiatrie d'Adultes ; addictologie
LUKAS Cédric	Rhumatologie
MAURY Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologique
MILLET Ingrid	Radiologie et imagerie médicale
MORANNE Olivier	Néphrologie
MURA Thibault	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de la communication
NAGOT Nicolas	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de la communication
PANARO Fabrizio	Chirurgie viscérale et digestive
PARIS Françoise	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
PASQUIE Jean-Luc	Cardiologie
PELLESTOR Franck	Histologie, embryologie et cytogénétique
PEREZ MARTIN Antonia	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (option médecine vasculaire)
POUDEROUX Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
RIGAU Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
RIVIER François	Pédiatrie
ROGER Pascal	Anatomie et cytologie pathologiques
ROSSI Jean François	Hématologie ; transfusion
ROUBILLE François	Cardiologie
SEBBANE Mustapha	Médecine d'urgence
SIRVENT Nicolas	Pédiatrie
SOLASSOL Jérôme	Biologie cellulaire



STOEBNER Pierre	Dermato-vénéréologie
SULTAN Ariane	Nutrition
THOUVENOT Éric	Neurologie
THURET Rodolphe	Urologie
VENAIL Frédéric	Oto-rhino-laryngologie
VILLAIN Max	Ophthalmologie
VINCENT Denis	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement, médecine générale, addictologie
VINCENT Thierry	Immunologie
WOJTUSCISZYN Anne	Endocrinologie-diabétologie-nutrition

### PROFESSEURS DES UNIVERSITES

#### 1<sup>re</sup> classe :

COLINGE Jacques (Cancérologie, Signalisation cellulaire et systèmes complexes)

#### 2<sup>ème</sup> classe :

LAOUDJ CHENIVESSE Dalila (Biochimie et biologie moléculaire)

VISIER Laurent (Sociologie, démographie)

### PROFESSEURS DES UNIVERSITES - Médecine générale

#### 1<sup>re</sup> classe :

LAMBERT Philippe

#### 2<sup>ème</sup> classe :

AMOUYAL Michel

### PROFESSEURS ASSOCIES - Médecine Générale

CLARY Bernard

DAVID Michel

GARCIA Marc

### PROFESSEURS ASSOCIES - Médecine

BESSIS Didier (Dermato-vénérologie)

MEUNIER Isabelle (Ophtalmologie)

MULLER Laurent (Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire)

PERRIGAULT Pierre-François (Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire)

QUANTIN Xavier (Pneumologie)

ROUBERTIE Agathe (Pédiatrie)

VIEL Eric (Soins palliatifs et traitement de la douleur)

### Maitres de Conférences des Universités - Praticiens Hospitaliers

#### MCU-PH Hors classe

BADIOU Stéphanie	Biochimie et biologie moléculaire
BOULLE Nathalie	Biologie cellulaire
CACHEUX-RATABOUL Valère	Génétique
CARRIERE Christian	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
CHARACHON Sylvie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
FABBRO-PERAY Pascale	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
GIANSILY-BLAIZOT Muriel	Hématologie ; transfusion
HILLAIRE-BUYS Dominique	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PUJOL Joseph	Anatomie
RICHARD Bruno	Médecine palliative
RISPAIL Philippe	Parasitologie et mycologie
SEGONDY Michel	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

10 / 13

**MCU-PH de 1<sup>re</sup> classe**

BERTRAND Martin	Anatomie
BOUDOUSQ Vincent	Biophysique et médecine nucléaire
BOURGIER Céline	Cancérologie ; Radiothérapie
BRET Caroline	Hématologie biologique
COSSEE Mireille	Génétique
GIRARDET-BESSIS Anne	Biochimie et biologie moléculaire
LAVIGNE Géraldine	Hématologie ; transfusion
LESAGE François-Xavier	Médecine et Santé au Travail
MATHIEU Olivier	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
MENJOT de CHAMPFLEUR Nicolas	Radiologie et imagerie médicale
MOUZAT Kévin	Biochimie et biologie moléculaire
OLIE Emilie	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
PANABIERES Catherine	Biologie cellulaire
PHILIBERT Pascal	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
RAVEL Christophe	Parasitologie et mycologie
SCHUSTER-BECK Iris	Physiologie
STERKERS Yvon	Parasitologie et mycologie
THEVENIN-RENE Céline	Immunologie
TUAILLON Edouard	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

**MCU-PH de 2<sup>ème</sup> classe**

CHIRIAC Anca	Immunologie
DE JONG Audrey	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
DU THANH Aurélie	Dermato-vénéréologie
GOUZI Farès	Physiologie



HERRERO Astrid	Chirurgie viscérale et digestive
JEZIORSKI Éric	Pédiatrie
KUSTER Nils	Biochimie et biologie moléculaire
MAKINSON Alain	Maladies infectieuses, Maladies tropicales
PANTEL Alix	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
PERS Yves-Marie	Thérapeutique; addictologie
ROUBILLE Camille	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
SZABLEWSKY	Anatomie et cytologie pathologiques

#### **Maîtres de Conférences des Universités - Médecine Générale**

##### **MCU-MG de 1<sup>re</sup> classe**

COSTA David

##### **MCU-MG de 2<sup>ème</sup> classe**

FOLCO-LOGNOS Béatrice

OUDE ENGBERINK Agnès

#### **Maîtres de Conférences associés - Médecine Générale**

LOPEZ Antonio

MILLION Elodie

PAVAGEAU Sylvain

REBOUL Marie-Catherine

SERAYET Philippe

**Praticiens Hospitaliers Universitaires**

BARATEAU Lucie	Physiologie
BASTIDE Sophie	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
DAIEN Claire	Rhumatologie
GATINOIS Vincent	Histologie, embryologie et cytogénétique
GOULABCHAND Radjiv	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
LATTUCA Benoit	Cardiologie
MIOT Stéphanie	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
PINETON DE CHAMBRUN Guillaume	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
SOUCHE François-Régis	Chirurgie viscérale et digestive



# REMERCIEMENTS

## Aux membres du jury

### **A ma Présidente du Jury, Madame la Professeure Isabelle Laffont,**

Je suis très reconnaissante de l'honneur que vous me faites de présider ce jury et de juger mon travail. Je me souviens de votre accueil chaleureux en juillet 2016, pendant la période des choix des ECN. Je vous remercie de m'avoir fait découvrir la spécialité à Montpellier et d'avoir tout de suite conforté mon choix pour la MPR. Je vous remercie pour votre disponibilité et votre accompagnement tout au long de mon cursus internat.

### **A mon Directeur de Thèse, Monsieur le Docteur Marc Julia,**

Je te remercie de m'avoir proposé ce travail et de m'avoir fait confiance. Merci de m'avoir accueillie au sein de cette formidable équipe de médecine du sport et de m'avoir transmis la passion de cette spécialité. J'ai énormément appris à tes côtés lors des consultations, des staffs médicaux et des soirées de la société régionale de médecine du sport et je suis ravie que cela continue. Tu as toujours pleins de projets et pleins d'idées pour aller toujours plus loin dans nos connaissances de la spécialité et cela est très stimulant et donne envie de marcher dans tes pas. Alors un grand merci pour tout !

### **A Monsieur le Professeur Bertrand COULET,**

Je vous remercie de me faire l'honneur de siéger dans mon jury de thèse. Nous avons eu l'occasion de nous rencontrer lors de consultations pluridisciplinaires des journées de neuro orthopédie dans le service de MPR au CHU de Montpellier et je me souviens votre disponibilité et votre gentillesse pour nous enseigner votre savoir, et nous apporter l'éclairage chirurgical nécessaire dans notre spécialité de MPR.

### **A Monsieur le Docteur Farès GOUZI,**

Je suis très honorée de te compter dans mon jury de thèse. Je te remercie de m'avoir fait découvrir la physiologie clinique et les explorations métaboliques pendant mon premier semestre de DESC de médecine du sport. Merci pour tes enseignements en physiologie et ton engagement auprès des internes dans ce service.

## A ma famille

### **Mes Parents**

Vous m'avez apporté un soutien sans faille depuis le début de ma scolarité et dans tous les aspects de ma vie. Je me rends compte du temps que vous avez consacré pour les devoirs, les activités artistiques et sportives et du temps que vous consacrez encore pour faciliter ma vie que j'adore remplir (à outrance parfois^^). Vous m'avez soutenue, portée et encouragée même à des milliers de kilomètres lors de mon expérience aux États-Unis et j'espère vous rendre fiers aujourd'hui. Vous êtes mes modèles et je vous aime.

### **Pierre et Amandine**

Mon grand-frère Bêbeu ;), tu m'avais prévenue que les études de médecine seraient un peu longues ^^ et on touche enfin au but. Tu es un grand-frère en or qui m'a montré la voie pour tellement de choses. Ta joie de vivre, ton dynamisme et ton petit grain de folie éclairent ma vie depuis l'enfance. Et je pense que ces caractéristiques te correspondent bien aussi Amandine et je suis très heureuse que tu fasses partie de la famille. C'est toujours un bonheur de vous retrouver tous les 2 pour partager des bons moments, et je suis toujours partante pour une petite séance de stretching/yoga avec toi Amandine ;).

### **Mes Grands-parents**

**A Pépé Maurice**, papi vélo, qui m'a appris à faire du vélo sans les petites roues en un temps record au plus jeune âge. Je me souviens encore de la première sortie 2 roues finie dans les orties et les vacances de juillet où l'on partait ensemble pour de super balades à vélo, mais pas avant la fin du tour de France ! J'espère que je garderai la forme aussi longtemps que toi !

**A Mémé Eugénie**, qui est partie en 2009, l'année de mon baccalauréat.

**A Pépé Jacques et Mémé Michelle**, les grands-parents de Bourgogne qui m'ont transmis le goût des bonnes choses.

**A mes Oncles, Tantes, Cousins, Cousines et Odette** qui habitent loin mais que j'adore retrouver à Noël pour des bonnes parties de rigolades à chaque fois et des repas gargantuesques en famille.

## Ma belle-famille

**Candice**, ma belle-sœur et amie depuis fort longtemps. Je suis très heureuse que tu nous aies rejoins à Montpellier pour ton internat. Tu es toujours d'une grande écoute et empathique envers les autres. Merci de me faire découvrir les brunchs de Montpellier ☺.

**Nicole et Alain**, merci de m'avoir accueillie dans la famille comme un 3<sup>ème</sup> enfant depuis le lycée ☺. Je vous remercie pour les moments partagés en vacances, pour votre soutien moral et logistique pendant ces longues années de médecine, les journées studieuses à Sayat ou à Neuvic qui, Nicole tu avais raison, deviennent de bons souvenirs avec le temps !

**Mamie et Papi Ludo**, qui nous a quitté l'année dernière. Je ne compte plus le nombre de fois où vous m'avez accueillie les mercredis midi avec Ludo à Clermont pour partager les repas avec vous, et les moules et les glaces à la Grande-Motte depuis que nous sommes à Montpellier. Merci de votre générosité et de votre gentillesse.

**Aux Oncles et Tantes, Cousin, Cousines de Ludo**, ma 2<sup>ème</sup> famille que j'adore.

## A Ludo

Par où commencer, si ce n'est que l'on s'est connus dans la cour de récré et que ça ne s'est jamais terminé. On a grandi ensemble. Tu es le 1<sup>er</sup> amour de ma vie. Tu me connais comme nul autre, tu connais mes faiblesses et mes petites manies. Tu es toujours là pour me redonner confiance, ta force tranquille m'apaise. Tu sais tirer le meilleur de moi-même dans le travail comme dans le sport, passion que nous partageons. On adore vivre à cent à l'heure et je ne prends, peut-être, des fois pas assez le temps de te le dire : je t'aime.

## A mes amis

### **Les amis d'enfance,**

Il est de ces amitiés qui sont faites pour durer, **La Base Mad, Pucca, Gag**, tous ces fous rires en classe euro, les voyages scolaires, les soirées pyjamas où j'étais toujours la 1<sup>ère</sup> à sombrer et Gag la dernière couchée et la 1<sup>ère</sup> levée avec « Gagou », ok je mentionne « Tiger » pour toi Marie ;), et la « vache » pour toi Mad, nos premières vacances de copines avec les parents bien sûr !

**La 4<sup>ème</sup> 5, Elsa, John, Lolo, Rémy, François... et Mme Vandermeersch**, la meilleure prof principale et d'anglais. Grâce à votre enseignement, j'ai pu concrétiser mon rêve d'aller faire un an d'études aux États-Unis.

**Marionnette**, nos tous premiers pas à la danse ensemble avec le spectacle des « Minnies » et le jardin d'enfants jusqu'à nos retrouvailles à Paris Londres et New-York ! C'est toujours un bonheur de partager des moments avec toi et j'ai l'impression que rien n'a changé.

**Marie**, les colos Michelin de 3 semaines en juillet où on a appris la vie. Et puis les années lycée jusqu'à maintenant. **Alex, Laulau akssora ;)**, une sacrée bande de copines qui ne prend pas une ride, même après presque 15 ans maintenant ! Merci les filles d'être toujours présentes dans ma vie. On n'oublie pas les copains de la bande **Simon, Luig', Alo, Louis, Raph, Tomy, Anas**.

**Les copines (et copains) de la danse à Clermont**, la team unique emmenée par **Céline** jusqu'à notre dernier concours national de danse ensemble à Lyon (Oups pendant les nuits sonores^^), on a préféré les vacances à Lacanau ensuite !

**Cal** tu resteras quand même un peu la terreur du vestiaire et des nouvelles même si tu t'es adoucie avec l'âge, **Mama** et **Baderot** les portés ^^, **Cha** notre exemple de souplesse, **Dr Katoche** notre Beyoncé, **Loulou** la machine, **Mahil** les portés toujours plus fous de patineur artistique, **Mad, Gaby**.

**Les copines de la danse à Montpellier**, à toi **Emily** et ton école de danse tellement chaleureuse qu'on y passe des heures sans voir le temps passer. Merci les filles de me permettre de déconnecter complètement quand je mets les pieds dans le studio et juste partager ma passion avec vous.

**Les copains des années externat,**

**Jules et Laura**, bien plus que des copains d'externat puisque l'on a fait le bon choix de venir à Montpellier tous ensemble pour l'internat. Team de révision de luxe à Neuvic en D4, colocs de luxe au châaâlêeet, on en aurait bien profité encore un peu plus !

**Mélo**, mon « partner in crime » des US. Je te remercie pour tous les moments précieux passés avec toi à l'étranger, en vacances ensemble et à la coloc. **Chachouuuu**, à nos fous rires à la coloc, nos soirées repas de filles/série et nos révisions dans notre mini BU.

La team de sous colle de la coloc des gars, **Val, Matthieu, Flo** et **Combeuh** pour le soutien en D4 ^^.

Spéciale dédié pour **Adri**, mon 1<sup>er</sup> interne pour mon 1<sup>er</sup> stage en cardio à l'hôpital. Tu as eu l'immense patience et gentillesse de m'apprendre la base de la sémiologie et la rédaction des observations médicales^^.

### **Aux copains de l'internat,**

Le 2<sup>ème</sup> semestre avec la dream team de Nîmes, notre chef interne **Geoffrey** et notre mascotte « Justin, le cochon » (oui un vrai cochon).

**Mathilde** ma voisine de palier de Nîmes toujours de bonne humeur et copine de work out ;).

**Marion et Thomas**, notre couple toujours partant pour les soirées comme pour les vacances kite ! Merci à toi Marion, qui me rappelle que je ne suis pas la seule à remplir mon agenda à outrance parfois ;) et toi Thomas pour tes playlists en soirées ^^.

A **Camille** et **Martin**, les voisins d'Aiguelongue qui nous quittent pour Perpi, je ne sais pas si je dois vous remercier pour les soirées courses à pied à Philipidès ^^ . Plus sérieusement, merci pour ces super moments ski de rando, vélo sans oublier l'apéro avec **Blandine** !

Les **poupoux** de Narbonne, **Pauline**, **Marion** et ma pharma préférée **Margaux**, spéciale dédié pour toi qui a eu l'immense patience et gentillesse de m'expliquer « Excel et Word pour les nuls », tu m'as motivée à arrêter de procrastiner les WE !

**La coloc du palace**, **Quentin**, **Arthur**, **Anto** toujours au rendez-vous (ou presque) pour nos TBC du lundi sur des playlists de folie. Ces 6 mois avec vous ont été un vrai bonheur !

**Les externes de mon internat**, merci à **Danny** et **Constance**, mes externes en or !

### **A mes co-internes de MPR**

La promo **MPR 2016**, mon acolyte **Carole** et ma prof perso de surf depuis peu;), à tous nos moments sportifs et festifs, nos vacances ensemble, et qui sait peut-être, le prochain épisode dans les Landes ! **Jerem**...^^ça résume bien non ? Tu es mon toulonnais/marseillais préféré avec ta vie incroyable et ton organisation sans faille ^^ . Merci d'être toi ! **Carole L.**, **Ariane**, **Flo**, **Julien** à nos cours de DES et congrès tous ensemble pour représenter le « SUD » ^^.

**Les anciens** ;) qui nous ont accueillis et montrés la voie. **François**, un super co-interne à Nîmes pendant ma 1<sup>ère</sup> année et un incroyable chef de clinique par la suite ! Comment fais-tu pour être toujours aussi sympa et disponible en toutes circonstances dans le service pour les patients, les internes, les externes et toute l'équipe ? Ta motivation et ton dynamisme sont vraiment

communicatifs ! Merci pour tout ! **Fanny**, notre référente de choc qui nous a accueillie en première année dans la belle famille de MPR et maintenant une chef de clinique super investie et efficace ! **Alexis, Minh, Vincent, Adèle, Seb, Aurélien** de super moments avec vous pendant les congrès et en particulier le jour des fameux quizz entre les internes de MPR de toute la France où l'on a essayé de représenter tous ensemble comme il se doit le « SUD » ^^ **Hélène**, on s'est rencontrées à l'hôpital mais c'est grâce à toi que l'on partage des moments ensemble depuis maintenant 3 ans à la danse chez Emily et j'espère bien que cela va durer !

**Les plus jeunes, Eva** notre super référente, **Julien, Guillaume, Clément, Maxime, Claire**, à nos moments DIU MMO ! **Baptiste, Agathe, Manon, Romane** les encore plus jeunes 😊.

### A toutes les équipes médicales rencontrées au cours de mon internat

- *Services de RRL du CHU de Nîmes au Grau du Roi :*

Merci à mes chefs **Anne Brunon** et **Sylvie Petiot**. Merci à mes « vieux » co internes de l'époque **Nicolas** et **Marie** : à nos cafés terrasse avec vue !

- *Service de rééducation fonctionnelle au CHU de Nîmes :*

**Professeur Arnaud Dupeyron** : Je vous remercie pour votre accueil chaleureux à Nîmes lors de ma première année d'interne, votre enseignement et accompagnement tout au long de l'internat. Je vous remercie aussi d'avoir ouvert le DIU de médecine manuelle et ostéopathie à Nîmes que j'ai grand plaisir à suivre depuis deux ans.

**Jean Delate** : Un immense merci pour ce 2<sup>ème</sup> semestre passé à tes côtés au RF1. Tu m'as apporté énormément de choses dans ma jeune vie d'interne. Tu m'as appris à être systématique, à évaluer le patient dans sa globalité et surtout à savoir aussi le réévaluer et l'écouter. Merci aussi pour le temps passé à m'expliquer les imageries et résister à ce vilain défaut de lire directement la conclusion du radiologue !

**Frédéric Pelas** : Même si je n'étais pas officiellement sur ton secteur, nous partagions le même bureau d'internes avec François qui était ton interne à l'époque. J'ai donc pu profiter avec grand plaisir de ton enseignement et ton expertise des patients cérébrolésés. Les moments de contre visite le soir en ta compagnie, celle de Jean et François m'ont beaucoup apporté dans la détente et la bonne humeur.

**Matthieu Vaucher** : J'admire ton calme, ta gentillesse et ta patience en toutes circonstances.  
Merci de m'avoir donné l'envie de me former en médecine manuelle et ostéopathie.  
Merci également à **Célia d'Auvergne, Emilie Galano, Emilie Viollet, Monique Loscos**.

○ *Service de neurologie du CHU de Montpellier :*

Un grand merci à tous mes chefs passionnés et passionnants ! **Professeur Pierre Labauge**, je vous remercie de m'avoir accueillie dans cette belle équipe de neurologie et de m'avoir donnée goût à la spécialité. Cette expérience hors-filière était vraiment très enrichissante dans mon cursus de MPR.

**Pr Anne Ducros, Mahmoud Charif, Caroline Arquizan, Lucas Corti, Nicolas Gaillard, Isabelle Mourand, Xavier Ayrygnac, Clarisse Carra**, merci à tous pour votre encadrement et vos enseignements.

Aux super chefs de clinique : **Axel, Noémie, Olivier, Anaïs, Florence**.

Mes co-internes : le troupe de neuroland avec **Gauthier et Aurélie** ma maman neuro, **Sophie, Méline, Diane, Dune, Rosalie, Perrine, Jan, Eddine, Arthur, Baptiste, Elisa**.

○ *Service de rhumatologie CH de Narbonne :*

Merci à mes chefs **Anaïs Nutz** et **Marlène Aubailly**. Je vous remercie pour votre enseignement et de m'avoir laissé la main sur les gestes infiltratifs dans le service ou lors des consultations. Merci à ma co-interne **Marion** mais aussi chef interne de Narbonne ! J'ai apprécié au quotidien ta bonne humeur et ta fraîcheur de vivre avec toujours pleins d'idées pour faire vivre l'internat de Narbonne.

○ *Service de MPR du CHU de Montpellier :*

**Professeur Christian Hérisson**, merci pour votre accueil en début d'internat et cela a été un plaisir de travailler avec vous pour faire le lien avec les internes de la spécialité pendant deux ans en tant que référente de filière.

**Marion Delorme**, ma chef de clinique en or de l'hospitalisation complète. Merci pour ton encadrement, ta confiance, ton soutien et merci de m'accompagner et me superviser dans mon projet de mémoire de DES, j'étais ravie de pouvoir travailler avec toi.

**Flavia Coroian**, merci de m'avoir permis d'assister à des JNO avec le Pr Coulet et m'avoir montré les ténotomies à l'aiguille. **Isabelle Tavarès**, merci pour ton enseignement sur la pathologie rachidienne et sa prise en charge spécialisée. **Claire Jourdan**, j'aurais aimé avoir plus d'occasions

de t'accompagner pour les avis MPR en réanimation qui furent des moments très enrichissants. Merci à **Patrick Aboukrat** et son œil expert sur les pathologies du pied et de la cheville **Véronique Carre** pour son éclairage sur les pathologies neuromusculaires.

A mes co-internes **Bastien, Baptiste**, mes sacrés compères, **Hélène D, Soraya, Hélène S.**

**A l'équipe de Médecine du Sport emmenée par Marc Julia, Aurélie Ribaut** et nos mardis bilans iso et consultations, merci pour ton encadrement, ta gentillesse et ta bonne humeur à toute épreuve ! Merci aussi de m'avoir fait découvrir le Taekwondo ! **Matthieu**, mon chef DESC 2, je te remercie pour ton aide précieuse et ta gentillesse à la consultation de médecine du sport. **Olivier**, efficace, serein et toujours de bon conseil ! Merci à tous les 2, de nous avoir parrainé avec Jérémy pendant les congrès et cours de DESC ;), de très bons moments au boulot comme dans les moments de détente ! **Benjamin** et ta patience infinie avec les internes quand on fait bugger 3 fois par jour la machine iso. Personne ne battra jamais ton record de rapidité de changement de côté ! Merci pour tout ! **Enzo**, avec ton accent chantant, quel bonheur ce semestre de consultations avec toi ! A nos moments de pratique en échographie sur nous-même ou sur cuisse de poulet pour les gestes, sans oublier nos poinntsss pluriquotidiens !

○ *Service de Physiologie clinique du CHU de Montpellier :*

**Pr Jacques Mercier, Pr Maurice Hayot**, je vous remercie pour votre accueil et de m'avoir fait découvrir la physiologie clinique.

**Christophe Hedon**, J'ai beaucoup appris à tes côtés les lundis après-midi aux épreuves d'effort. Tu as réussi à démystifier la cardio pour moi 😊.

**Gaspard Bui**, merci pour ta disponibilité et ton enseignement au Ceramm avec l'éclairage médecine du sport sur les épreuves d'effort. Merci aussi pour tes précieux conseils et ton accompagnement dans mes premiers pas de médecin d'une équipe sportive, c'est une chance de pouvoir échanger avec des personnes passionnées comme toi.

○ *Clinique de rééducation Ster Saint-Clément de Rivière :*

Merci au **Dr Nicolas Frasson** pour son accueil au sein de la clinique.

**Céline Paul Lazerges**, un grand merci pour ton accueil, ta bienveillance et ton encadrement. J'aime beaucoup ta façon de travailler, j'admire ton organisation et ton efficacité. Tu gardes ta force tranquille même quand tu as la moitié de la clinique à gérer. J'essaye d'en prendre de la graine 😊.



**Claire De Labachèlerie**, j'aurais tellement aimé avoir un peu plus de temps à tes côtés à la clinique. Merci de m'avoir fait confiance pour une première expérience en club avec les filles du rugby pendant ton congé maternité, pour ta disponibilité et ton accompagnement. J'ai beaucoup aimé nos échanges, interrogations et discussions sur des sujets aussi divers que variés, et tu m'as donné l'envie de faire plus de recherche bibliographique pour essayer de rester à jour sur les progrès scientifiques en médecine du sport.

### **A toutes les équipes paramédicales**

**Aux kinés** : Olivier, Carole, Claire-Lise, Claire A et Claire L, Alex, Delphine, François...

**Aux ergos** : Sébastien, Philippe, Justine, Amandine, Mélissa, Mathilde, Valérie, Txabi ...

**Aux orthophonistes et aux psychologues** que j'ai rencontrées pendant mon cursus, Marie-Laure, Dalila.

**Aux équipes soignantes : cadres et infirmières**, Valérie, Laurie, Jeanne, Lise-Marie, Sandrine, Manon, Océane, Marie... **Aides-soignants**, Blandine, Philippe, Serge, Sophie ...

**Aux assistantes sociales, aux secrétaires**, la team de choc du Grau du Roi et Séverine, Nathalie, Odile, Cathy, Liliane, Justine, Nadège et Anaïs mes anges-gardiens.

Merci à vous tous,

## Table des matières

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>29</b>
<b>1.1 Définition .....</b>	<b>29</b>
<b>1.2 Présentation clinique .....</b>	<b>29</b>
<b>1.3 Épidémiologie .....</b>	<b>30</b>
<b>1.4 Physiopathologie .....</b>	<b>31</b>
<b>1.5 Historique .....</b>	<b>33</b>
<b>1.6 Anatomie .....</b>	<b>33</b>
1.6.1 Membre inférieur .....	33
1.6.2 Membre supérieur.....	35
<b>1.7 Méthodes de mesure .....</b>	<b>37</b>
<b>1.8 Mesures de référence .....</b>	<b>40</b>
<b>1.9 Autres méthodes diagnostiques .....</b>	<b>41</b>
<b>1.10 Diagnostics différentiels de douleurs chroniques des jambes induites par l'effort .</b>	<b>42</b>
<b>1.11 Prise en charge.....</b>	<b>43</b>
1.11.1 Traitement non chirurgical.....	43
1.11.2 Traitement chirurgical.....	44
<b>1.12 Évolution.....</b>	<b>45</b>
<b>2. ETUDE.....</b>	<b>47</b>
<b>2.1 Introduction.....</b>	<b>47</b>
<b>2.2 Matériel et méthode .....</b>	<b>47</b>
2.2.1 Première étude : Bench test .....	47
2.2.2 Deuxième étude : étude clinique .....	48
2.2.3 Description de l'appareil de mesure COMPUFLO® .....	49
2.2.4 Protocole de mesure de pression directe intramusculaire .....	49
2.2.5 Questionnaire de suivi .....	50
<b>2.3 Résultats de la première étude : étude comparative CompuFlo®/PressureMAT® .....</b>	<b>50</b>
2.3.1 Comparaison des mesures à différents paliers de pression .....	50

2.3.2	Variabilité de la mesure de pression.....	52
<b>2.4</b>	<b>Résultats de la deuxième étude : étude clinique .....</b>	<b>52</b>
2.4.1	Population étudiée .....	52
2.4.2	Activité professionnelle et sports pratiqués .....	52
2.4.3	Symptomatologie .....	53
2.4.4	Examens complémentaires et traitements antérieurs à la consultation .....	54
2.4.5	Mesures de pression.....	55
2.4.6	Diagnostic.....	59
2.4.7	Prise en charge thérapeutique proposée .....	60
2.4.8	Suivi des patients.....	61
<b>2.5</b>	<b>Discussion .....</b>	<b>63</b>
2.5.1	Première étude.....	63
2.5.2	Deuxième étude .....	64
<b>2.6</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>68</b>
<b>3.</b>	<b><i>BIBLIOGRAPHIE.....</i></b>	<b>69</b>
<b>4.</b>	<b><i>LISTE DES ABREVIATIONS.....</i></b>	<b>78</b>
<b>5.</b>	<b><i>ANNEXES.....</i></b>	<b>79</b>
<b>6.</b>	<b><i>SERMENT .....</i></b>	<b>81</b>
<b>7.</b>	<b><i>RESUME EN ANGLAIS.....</i></b>	<b>82</b>
<b>8.</b>	<b><i>CERTIFICAT DE CONFORMITE AVANT SOUTENANCE.....</i></b>	<b>83</b>
<b>9.</b>	<b><i>RESUME .....</i></b>	<b>84</b>

.....

## Table des illustrations

Figure 1: Schématisation des compartiments musculaires de la jambe (Extrait de kinesport.info)	34
Figure 2: Schématisation des compartiments musculaires du pied (Extrait de urgences-ge.ch)	34
Figure 3: Schématisation des compartiments musculaires de la cuisse (Extrait de urgences-ge.ch)	35
Figure 4: Schématisation des compartiments musculaires de l'avant-bras (Extrait de Uptodate.com)	36
Figure 5: schématisation des compartiments musculaires de la main (Extrait de Uptodate.com)	36
Figure 6: Schématisation des compartiments musculaires du bras (Extrait de Uptodate.com)	37
Figure 7: Schématisation de la technique de Whitesides (Extrait de bioline.org.fr)	38
Figure 8: Schématisation des Wick et Slit cathéters (Extrait d'une présentation du Dr Milhilesh Ranjan)	38
Figure 9: STIC cathéter ou Stryker® (Extrait de footankleresource.com)	39
Figure 10: Schématisation de l'Electronic transducer-tipped catheter system (Extrait de Christian Willy et Al, 2009)	39
Figure 11: Photographies du montage réalisé pour le bench test. A gauche, poche à pression avec manomètre. A droite, montage complet avec appareil PressureMAT® à gauche et CompuFlo® à droite	48
Figure 12: Photographie en début de protocole, après calibration des appareils	51
Figure 13: Comparaison des pressions sur PressureMAT® et CompuFlo® lors de 6 paliers de mesure	51
Figure 14: Graphique représentant la variabilité de mesure dans le temps entre le PressureMAT® et le CompuFlo®	52
Figure 15 : Graphique représentant les activités sportives pratiquées par les patients	53
Figure 16: Diagramme représentant la répartition des localisations douloureuses, il existait plusieurs loges douloureuses chez certains patients	54
Figure 17: Représentation graphique des examens réalisés avant la consultation	55
Figure 18: Représentation graphique des mesures de pression directe intramusculaire pour la loge antérieure de jambe (1 min et 5 min après l'effort)	56
Figure 19 : Représentation graphique des mesures de pression intramusculaire pour la loge postérieure profonde de la jambe (1min et 5 min après l'effort)	57

Figure 20 : Représentation graphique des mesures de pression intramusculaire pour la loge postérieure superficielle de la jambe (1min et 5 min après l'effort) .....	57
Figure 21 : Représentation graphique des mesures de pression intramusculaire pour la loge superficielle de l'avant-bras (1min et 5 min après l'effort).....	58
Figure 22 : Représentation graphique des mesures de pression intramusculaire pour la loge profonde de l'avant-bras (1 min et 5 min après l'effort) .....	59
Figure 23 : Diagramme représentant la répartition des patients selon la probabilité du diagnostic à l'interrogatoire et réalisation de la mesure de pression intramusculaire.....	60
Figure 24 : Représentation graphique des propositions thérapeutiques.....	61
Figure 26: Représentation graphique de la satisfaction globale des patients concernant la prise en charge médicale et/ou chirurgicale de leur symptomatologie .....	62
Figure 27: Diagramme représentant l'impact de l'intervention thérapeutique sur la pratique sportive.....	63

# **1. INTRODUCTION**

## **1.1 Définition**

Le **syndrome chronique des loges d'effort (CECS : Chronic Exertional Compartment Syndrome)** est défini comme une **augmentation de pression pathologique** survenant dans un espace limité, compromettant la circulation et la fonction des tissus musculo-nerveux situés à l'intérieur de cette loge. L'augmentation de la pression musculaire peut être la conséquence d'une **diminution du contenant** par resserrement des limites de la loge (chirurgie, plâtre, pansement serré, rétraction de l'enveloppe) et/ou **l'augmentation du contenu** par hypertrophie musculaire rapide. L'exercice musculaire peut entraîner la formation d'œdème parfois important, notamment au niveau des jambes chez les coureurs à pied, entraînant une augmentation de pression de certaines loges musculaires.

C'est une pathologie provoquée par l'effort physique, qui touche principalement le sportif jeune (1) et particulièrement les personnes pratiquant la course à pied (2).

Contrairement au syndrome des loges aigu (ACS : Acute Compartment Syndrome) qui est une urgence chirurgicale, le syndrome chronique des loges d'effort (CECS) est caractérisé par sa **réversibilité au repos**.

Ce syndrome touche majoritairement les **membres inférieurs** et plus particulièrement les loges musculaires de la jambe, mais il est décrit également au niveau des membres supérieurs (presque exclusivement au niveau des avant-bras), bien que plus rare (3).

La difficulté réside dans son diagnostic du fait de symptômes aspécifiques. Les patients présentent une **douleur à l'effort**, pouvant être associée à une sensation de tension musculaire, des crampes, une faiblesse musculaire ou encore des troubles sensitifs.

## **1.2 Présentation clinique**

Le CECS est typiquement décrit chez le sujet **sportif jeune** décrivant une **douleur à l'effort** progressivement croissante dans une région musculaire spécifique, majoritairement bilatérale, associée à un durcissement de la loge musculaire. La douleur est souvent décrite comme intense, pouvant entraîner l'arrêt complet de l'activité physique, à type de sensation d'étau, de serrement, de crampes ou de brûlures (4).

Une des caractéristiques de ce syndrome, est la **reproductibilité intra individuelle des symptômes** qui apparaissent quelques minutes après le début de l'exercice. Par exemple, les coureurs sont souvent capables de décrire le temps ou la distance parcourue requise pour développer les symptômes.

Les **douleurs disparaissent progressivement à l'arrêt de l'activité** en quelques minutes à quelques heures. En effet, les patients atteints de CECS sont typiquement **asymptomatiques au repos** (5). Il peut cependant exister des douleurs séquellaires à type de courbatures dans les 24h/48h après un épisode intense de CECS.

L'examen clinique de repos est donc la plupart du temps peu contributif. Il présente par contre un intérêt majeur dans l'élimination d'un diagnostic différentiel. Lors de la consultation, afin de reproduire des symptômes typiques rapportés par le patient, un exercice physique de provocation (course à pied, effort des avant-bras ...) peut permettre d'identifier un point douloureux précis, de **palper une tension musculaire** importante, de déceler éventuellement des **hernies musculaires** ou des anomalies des fascias. Les pouls périphériques sont conservés dans cette affection.

Il n'existe pas de critères cliniques validés pour grader la sévérité d'un syndrome des loges d'effort chronique comme léger, modéré ou sévère (6). Cette caractérisation reste à l'appréciation du clinicien, qui considérera généralement les symptômes légers ou modérés si le patient peut poursuivre son activité physique et ne présente pas de signes neurologiques. Il sera considéré comme sévère si les activités de la vie quotidienne sont affectées ou s'il existe des signes neurologiques lors des accès douloureux.

Il est très rare qu'un CECS se transforme en syndrome des loges aigu (ACS). Dans ce dernier cas, les symptômes persisteraient au repos et l'intégrité du membre atteint serait menacée, nécessitant une prise en charge chirurgicale en urgence.

### **1.3 Épidémiologie**

Alors que le CECS est généralement considéré comme une **cause peu fréquente de douleur des membres inférieurs**, l'incidence chez les patients actifs présentant une douleur à la jambe induite par l'exercice atteint jusqu'à 33% toutes causes confondues (7).

**Un pic de fréquence est noté entre 20 et 30 ans (1).** Il n'existe **pas de prédominance avérée du CECS selon le sexe**. L'atteinte est plus rare chez les adolescents.

Dans une population militaire active, Waterman a signalé une incidence de 0,49 cas par 1000 personnes-année (8).

Dans une large étude rétrospective de patients non militaires atteints de CECS, 92,2% des participants à cette étude rapportait la pratique d'une activité sportive régulière. Le sport individuel le plus couramment incriminé était la **course à pied**, et le sport collectif le plus concerné était le **football** (2).

Le CECS concerne en premier lieu la **loge antérieure de jambe**, suivie du compartiment latéral, puis du compartiment profond postérieur et enfin superficiel postérieur (9).

Le CECS des **avant-bras** est plus rare mais décrit chez des patients pratiquant le **motocross**, l'aviron, le kayak ou encore l'escalade (10)(11)(12)(13). Fontes rapporte aussi des cas de CECS des avant-bras chez des musiciens (14).

Des formes de CECS de la cuisse, du pied, de la main et du tronc sont rapportées dans la littérature de manière exceptionnelle (15)(16)(17)(18).

#### **1.4 Physiopathologie**

Le CECS est considéré comme la forme réversible des syndromes des loges aigus (ACS), déclenchée par l'activité physique. Le ACS apparaît lors d'une **augmentation de pression intramusculaire** compromettant la perfusion tissulaire locale, entraînant des douleurs, des paresthésies allant jusqu'à la perte de fonction musculaire (19)(20). Les traumatismes sont l'étiologie principale des ACS. **Le CECS étant une symptomatologie survenant à l'effort, les loges musculaires ne présentent aucune anomalie au repos.**

La **physiopathologie** du CECS n'est pas clairement élucidée et est probablement **multifactorielle**. Une des principales hypothèses concerne la **diminution de compliance des fascias musculaires** (due à une épaisseur augmentée des fascias ou à une perte de leur élasticité) ne permettant pas l'augmentation du volume musculaire lors d'un exercice physique (21). La pression intramusculaire augmente, la perfusion tissulaire locale diminue, ne permettant pas de répondre aux demandes métaboliques du muscle à l'effort et provoquant des symptômes d'ischémie musculaire réversibles à l'arrêt de l'effort. En effet, plusieurs études ont démontré la **diminution**



**du débit sanguin et de l'oxygénation tissulaire** chez les patients symptomatiques de CECS (22) (23) (24).

Les autres facteurs impliqués évoqués sont **l'hypertrophie musculaire**, la stimulation des récepteurs sensitifs aponévrotiques, les perturbations du retour veineux, les microlésions musculaires traumatiques, les formes mineures de myopathies (25) (26).

Le volume musculaire lors d'un effort physique peut augmenter d'environ 20%. La perfusion musculaire périphérique se produit lors de la phase de relaxation du muscle avec un gradient de pression artério-veineux relativement élevé. Styf et collaborateurs démontrent que **la perfusion est altérée si ce gradient est inférieur à 30 mmHg** (23) (27) (28).

Le manque d'oxygénation du muscle entraîne une cascade inflammatoire avec augmentation de la perméabilité cellulaire, entraînant une extravasation des fluides dans l'espace interstitiel. Ce mécanisme pourrait participer à la compression nerveuse et donc au symptôme douloureux pendant l'activité (29).

**La problématique du syndrome chronique des loges d'effort peut s'apparenter aux autres syndromes intra compartimentaux de l'organisme**, qui contrairement au CECS, peuvent avoir des conséquences rapidement dramatiques pour le patient. Des techniques de mesure de pression de ces différents compartiments ont été mises au point par différentes spécialités médicales et chirurgicales. Le **principe de monitoring des pressions** reste cependant le même.

Prenons, par exemple, le **syndrome d'hypertension intra crânienne** en cas d'œdème cérébral, de processus expansif intra crânien, d'hématome... Il est défini par une élévation de pression du liquide céphalo rachidien supérieure à 15 mmH<sub>2</sub>O. La mesure et l'enregistrement de la pression intracrânienne (PIC) peuvent être réalisés à l'aide de capteurs logés à différents niveaux : ventricule, parenchyme, espace sous-dural, espace extra dural (30).

Un autre exemple est le **syndrome du compartiment abdominal** défini par une pression intra vésicale supérieure à 15-20 mmHg, avec pour conséquences, des défaillances multi viscérales. La mesure de la pression de la cavité intra abdominale permet le diagnostic et se fait via une mesure de pression intra vésicale reflétant la pression intra abdominale (31).

Le principe est donc similaire concernant le CECS, nous permettant de poser un diagnostic grâce à une simple mesure de pression.

## 1.5 Historique

Le 1<sup>er</sup> cas décrit de syndrome chronique des loges d'effort est documenté en **1912** par un chirurgien militaire anglais : Dr Wilson (32). Il décrit dans son journal, lors d'une expédition en Antarctique, une douleur antérieure des deux jambes lors de ses déplacements en ski et résolutive au repos. Après un certain temps, il décrit l'apparition progressive de douleurs au repos faisant évoquer une évolution vers un syndrome des loges subaigu.

En 1945, Horn décrit un syndrome des loges aigu chez un soldat de 26 ans, après une marche nocturne, nécessitant une exploration chirurgicale par fasciotomie avec nécrosectomie. Il avait décrit dans les mois précédents une douleur au niveau des deux jambes se déclenchant lors des exercices de marche militaire. Rétrospectivement, il souffrait sûrement d'un syndrome chronique des loges d'effort ayant évolué vers un syndrome des loges aigu (ACS) (33).

C'est en **1956** que **Mavor** décrit, sous le terme de « **syndrome tibial antérieur** » (34), une douleur antérieure de jambe à l'effort chez un footballeur qui avait plusieurs hernies musculaires au niveau du fascia tibial antérieur et fut soulagé par une incision chirurgicale des fascias.

En 1967, Leach, Hammond et Strycker utilisent pour la première fois le terme de « **syndrome de la loge chronique** » (35).

En **1975**, Reneman a présenté la **première série de 61 cas** (principalement des militaires) atteints de syndrome chronique des loges. Il démontra dans cette étude, l'élévation de pression intra compartimentale et la disparition des symptômes après section diathermique du fascia tibial antérieur (36).

## 1.6 Anatomie

### 1.6.1 Membre inférieur

#### a) *Muscles de la jambe*

La **jambe** est constituée de quatre compartiments : **antérieur, latéral, postérieur superficiel et profond**. La loge antérieure comprend les muscles tibial antérieur, long extenseur de l'hallux, long extenseur des orteils. Les muscles long et court fibulaires composent la loge latérale. La loge postérieure superficielle est composée des muscles gastrocnémiens, soléaire et plantaire. Enfin, le compartiment profond est constitué des muscles tibial postérieur, long fléchisseur de l'hallux et long fléchisseur des orteils (37).

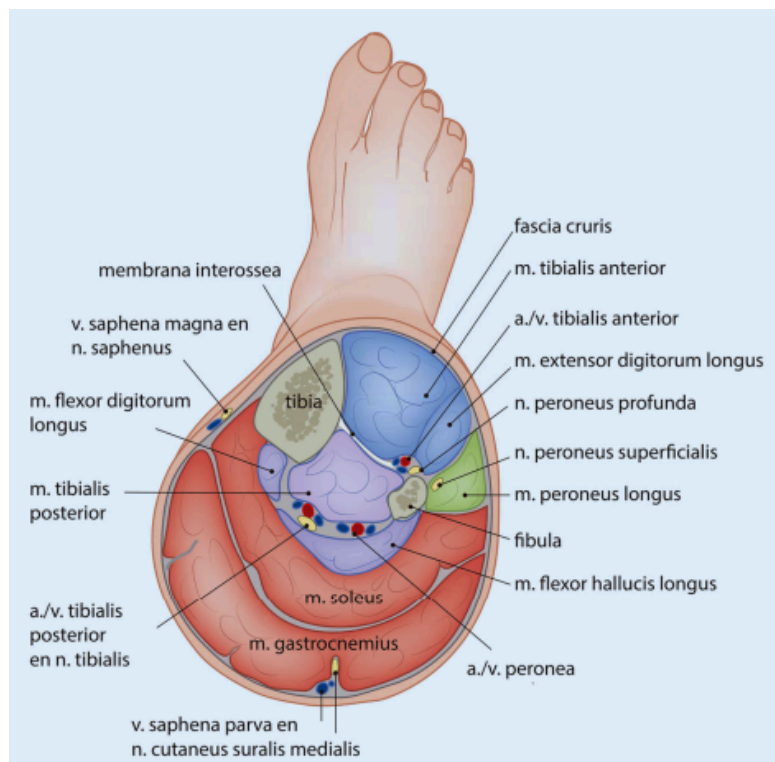


Figure 1: Schématisation des compartiments musculaires de la jambe (Extrait de kinesport.info)

### b) Muscles du pied

Il n'existe pas de consensus concernant le nombre de compartiments musculaires au niveau du  **pied**  (37). En 1988, Myerson décrit 4 compartiments : **médial** (abducteur de l'hallux, court et long fléchisseurs de l'hallux, tendon du long fibulaire et du tibial postérieur), **latéral** (abducteur, court fléchisseur et opposant du 5<sup>ème</sup> orteil), **central** (courts fléchisseurs des orteils, tendons des longs fléchisseurs des orteils, lombricaux, carré plantaire, adducteur de l'hallux) et **interosseux** (7 muscles interosseux) (38).

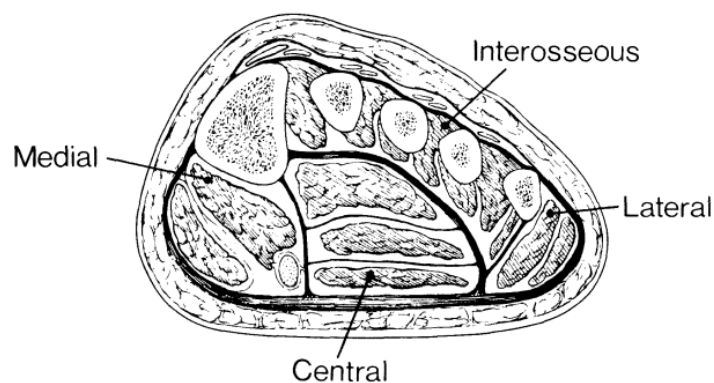


Figure 2: Schématisation des compartiments musculaires du pied (Extrait de urgences-ge.ch)

En 1990, Manoli décrit jusqu'à 9 compartiments : **médial** (court fléchisseur et abducteur de l'hallux), **superficiel** (court fléchisseur des orteils, lombricaux, tendons des longs fléchisseurs des orteils), **latéral** (abducteur et fléchisseur du 5<sup>ème</sup> orteil), **adducteur** (adducteur de l'hallux), **4 compartiments interosseux** et 1 **calcanéen** (carré plantaire) (39).

### c) *Muscles de la cuisse*

La **cuisse** est divisée en 3 compartiments. Le compartiment **antérieur** comprend le sartorius et le quadriceps fémoral. Le compartiment **postérieur** est composé des muscles biceps fémoral, semi-tendineux et semi-membraneux. Enfin, le compartiment **médial** comprend les muscles gracile, pectiné et les adducteurs de hanche (40).

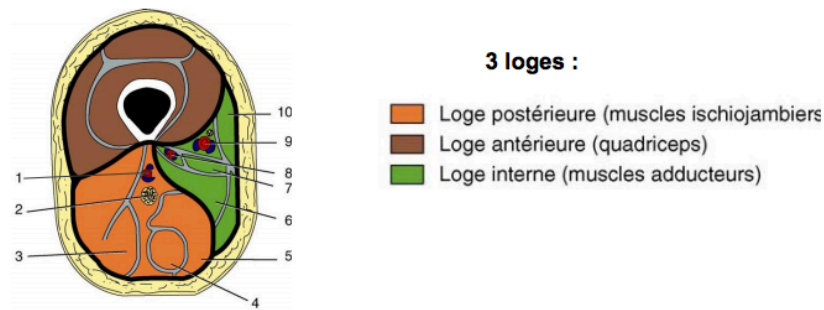


Figure 3: Schématisation des compartiments musculaires de la cuisse (Extrait de urgences-ge.ch)

## 1.6.2 Membre supérieur

### a) *Muscles de l'avant-bras*

Il existe 3 loges au niveau de l'**avant-bras** :

- **Antérieure** : le **plan superficiel** comprenant les muscles rond pronateur, fléchisseur superficiel des doigts, fléchisseur radial et fléchisseur ulnaire du carpe, long palmaire. Le **plan profond** est composé des muscles carré pronateur, fléchisseur profond des doigts, long fléchisseur du pouce.
- **Postérieure** : extenseur commun des doigts, extenseur ulnaire du carpe, (muscle extenseur du 5<sup>ème</sup> doigt), long extenseur et long abducteur du pouce.
- **Latérale** : long et court extenseur radial du carpe, brachio radial.

## Compartments of the forearm

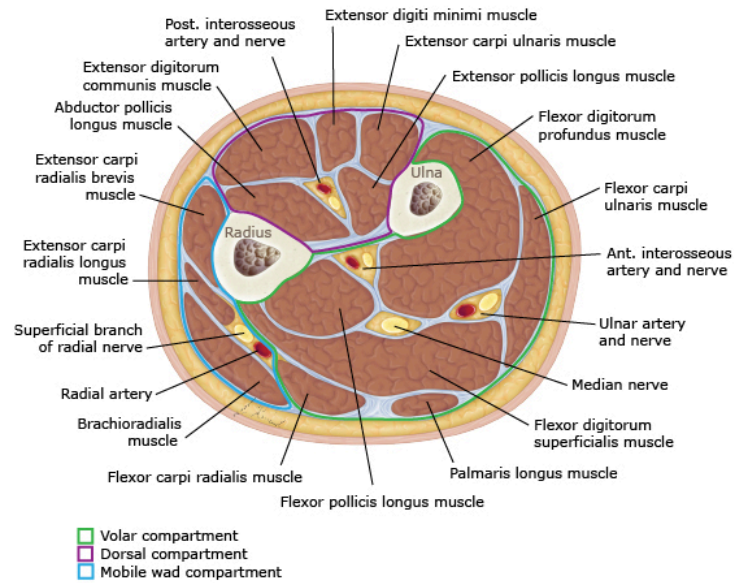
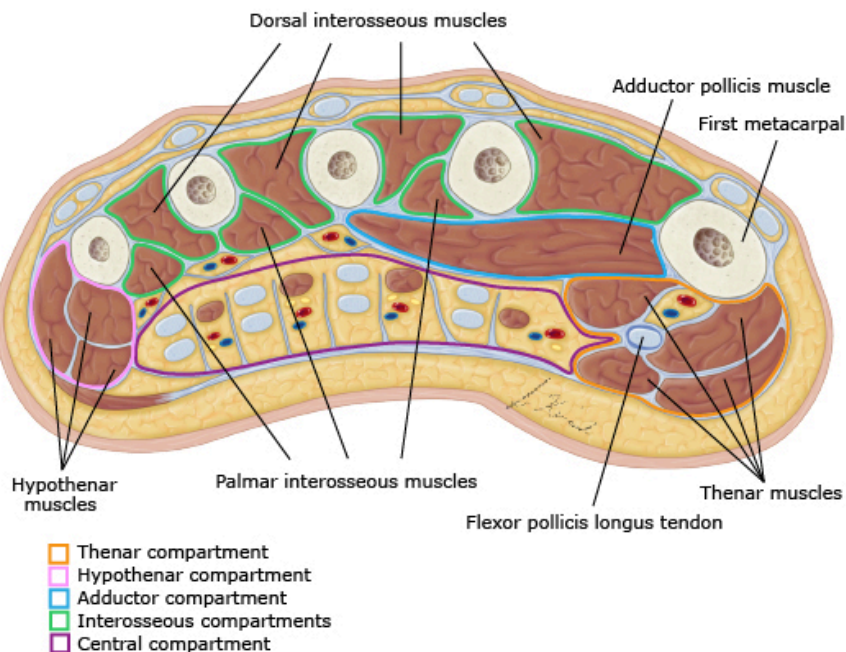


Figure 4: Schématisation des compartiments musculaires de l'avant-bras (Extrait de Uptodate.com)

### b) Muscles de la main

La main est composée de 11 compartiments : **thénar**, **hypothénar**, **adducteur**, **tunnel carpien** et **7 interosseux** en excluant les compartiments propres aux doigts.

## Compartments of the hand



Cross section of the right hand (pronated position) demonstrating the contents of the 11 hand compartments, including the thenar, hypothenar, interosseus (7), and carpal tunnel (not depicted in this mid-palmar view).

Figure 5: Schématisation des compartiments musculaires de la main (Extrait de Uptodate.com)

### c) *Muscles du bras*

Enfin le **bras** peut être divisé en 2 loges :

- **Postérieure** : triceps brachial
- **Antérieure** : biceps brachial, brachial et brachio radial.

### Compartments of the brachium

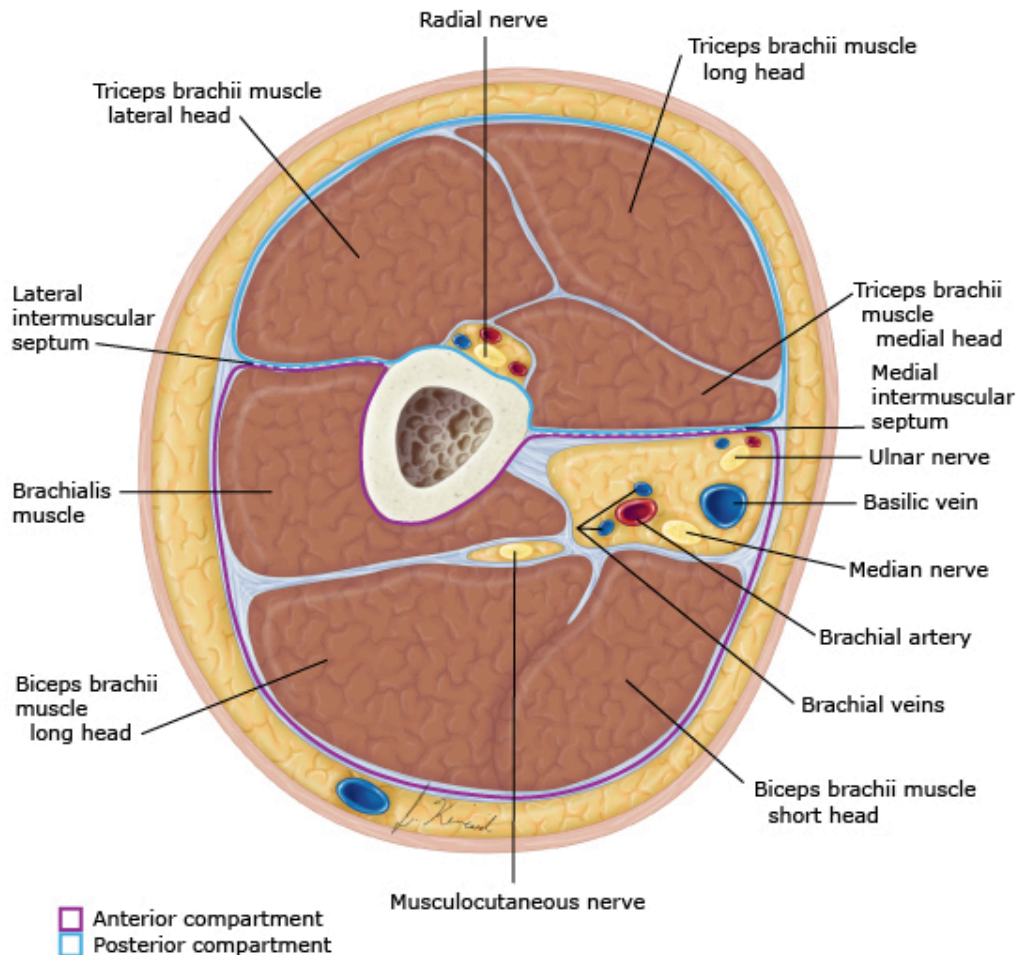


Figure 6: Schématisation des compartiments musculaires du bras (Extrait de Uptodate.com)

## 1.7 Méthodes de mesure

Il existe plusieurs méthodes de mesure pour déterminer la pression intramusculaire (PIM).

En 1975, Whitesides propose un système de mesure des pressions au sein des loges musculaires qui est désormais rarement utilisé (41). C'est une méthode simple, peu coûteuse, mais peu précise (+/- 3 mmHg). Elle nécessite une seringue, un robinet à 3 voies, 2 tubulures, un manomètre à mercure et une aiguille intramusculaire. Cette technique est simple à mettre en œuvre mais il est impossible de mesurer la pression de manière continue avec ce dispositif.



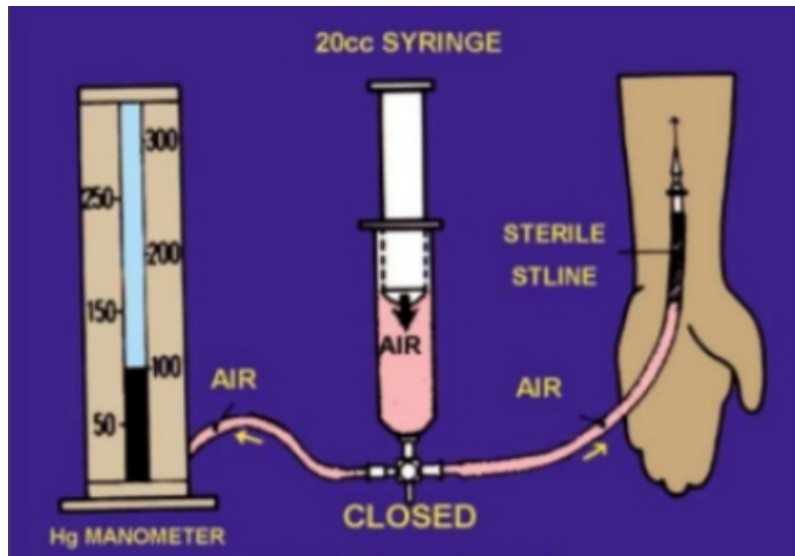


Figure 7: Schématisation de la technique de Whitesides (Extrait de bioline.org.fr)

Le **Wick cathéter** ou cathéter à mèches est décrit en 1976 par Mubarak. Il peut donner des mesures en continu et plus précises ( $\pm 2$  mmHg). (3)

Le **Slit cathéter** ou cathéter fendu est une technique encore plus précise ( $\pm 1$  mmHg) inventée par Rorabeck (42).



Figure 8: Schématisation des Wick et Slit cathéters (Extrait d'une présentation du Dr Milhlesh Ranjan)

Le **STIC cathéter** (Solid State Transducer Intra Compartmental Catheter), proposé par Mc Dermott en 1982, est caractérisé par un capteur, situé à l'intérieur de l'aiguille, enregistrant les pressions par l'intermédiaire d'une membrane en silicone et les transmettant par un fil conducteur au système de mesure, le tout recouvert d'un tube métallique lui-même recouvert

d'une gaine en poly éthylène (43). C'est un dispositif portable, facile d'emploi, utilisé de manière courante jusqu'à la fin de sa commercialisation il y a quelques mois.

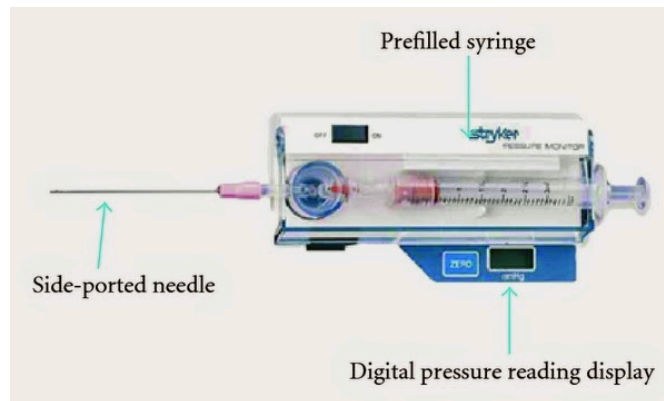


Figure 9: STIC cathéter ou Stryker® (Extrait de footankleresource.com)

L'**electronic transducer-tipped catheter system** est un dispositif portable facile à utiliser avec un cathéter restérilisable et réutilisable. L'augmentation de pression au contact d'une surface piézoélectrique entraîne des modifications de résistance électrique. Le signal reçu est d'abord amplifié puis converti en un signal digital. C'est un système électronique ne nécessitant pas d'infusion de sérum salé, sans artéfact de pression hydrostatique. Il s'adapte instantanément aux changements de pression intramusculaire lors d'un effort physique (44).

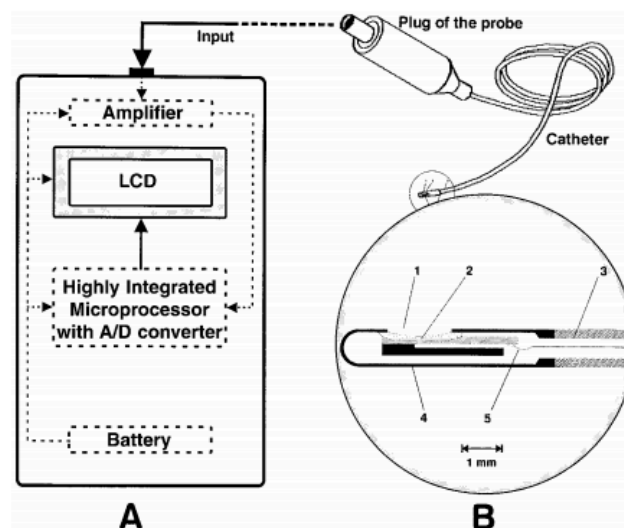


Figure 10: Schématisation de l'Electronic transducer-tipped catheter system (Extrait de Christian Willy et Al, 2009)



En 2005, Boody compare 3 appareils de mesure de PIM in vitro et confirme la précision du Stryker® (45). Moed BR. confirme la précision du Slit catheter et du Stryker® sur un modèle animal (46).

## 1.8 Mesures de référence

Les valeurs seuils pathologiques des pressions intramusculaires sont nombreuses et encore discutées. Selon certains auteurs, les pressions normales au repos varient entre 2 et 8 mmHg (47) (48).

**Pedowitz** a utilisé le Wick catheter en 1979 pour réaliser des mesures comparatives entre sujets porteurs d'un syndrome clinique des loges d'effort et des sujets sains. Il a établi ainsi des valeurs seuils qui servent aujourd'hui de référence pour la loge antérieure de jambe (49):

- **Pression de repos : > 15 mmHg**
- **Pression à la fin de l'effort (à 1 min) : > 30 mmHg**
- **Pression à 5 min de la fin de l'effort : > 20 mmHg**

Pour le **membre supérieur**, il n'existe pas de critère défini, mais une **pression supérieure à 30 mmHg post exercice**, quel que soit le compartiment de l'avant-bras, est communément admise comme seuil de positivité (11). Fontes retient une PIM comme positive si **supérieure à 15 mmHg après l'effort**, à l'union du tiers supérieur et du tiers moyen de l'avant-bras (14).

La mesure de pression intramusculaire n'est pas aisée. Des variations de valeurs sont liées à la technique de mesure de la PIM comme la **profondeur** d'introduction du cathéter, l'**angulation** de l'introduction du cathéter (50), la **position de la cheville et du genou** (51) (52), le **matériel** de mesure de la pression intramusculaire (20). La quantité et la vitesse d'injection du sérum salé (jusqu' à 3 ml/h) ne semblent pas influencer la mesure de pression (53). Selon Nakhostine (1993), la mesure de pression devrait se faire dans la partie profonde du muscle suggérant une problématique potentielle de sujets faux négatifs (50).

Avec la multiplicité des facteurs confondants, Tiidus conclut en 2014, que la mesure de pression directe intramusculaire ne peut pas être considérée comme un critère diagnostique valide (54).

En 2015, Roscoe suggère que la mesure de pression intramusculaire dynamique au pic douloureux serait la mesure la plus fiable pour le compartiment antérieur de la jambe, avec une

proposition de valeur seuil à 105 mmHg pendant l'effort (55), Puranen ayant établi une valeur seuil à 50 mmHg (56) et Mc Dermott à 85 mmHg (43) dans les années 80.

**Aweid O.** montre en 2012 qu'il n'existe **pas de chevauchement des mesures entre sujets sains et sujets symptomatiques de syndrome chronique de loge dans la minute après la fin de l'exercice**. Ce serait donc, selon lui, la mesure à privilégier (57).

La mesure de la pression intramusculaire n'est pas dénuée de risques mais ils sont maîtrisés si le geste est réalisé sous contrôle échographique ou si le clinicien possède une très bonne connaissance de l'anatomie. Il existe un risque infectieux (extrêmement rare si les mesures standard d'hygiène sont respectées), un risque de lésion des structures vasculo-nerveuses, un risque de développer un syndrome des loges aigu nécessitant une aponévrotomie en urgence (extrêmement rare). De plus, la multiplication des mesures entraîne un inconfort pour le patient et un allongement du temps de l'examen.

Pour diminuer les risques inhérents à la technique de mesure, **il n'est pas recommandé de tester de manière symétrique toutes les loges**. Dans la plupart des cas, il n'y a qu'une loge atteinte et parfois deux. Il est important d'éliminer les diagnostics différentiels comme les fractures de fatigue et les syndromes de stress médio-tibiaux qui peuvent être associés à un syndrome chronique des loges antéro-latérales.

Les mesures de repos sont considérées comme inutiles pour certains auteurs puisqu'il s'agit d'une pathologie liée à l'effort, et cela diminue le nombre d'introduction d'aiguille (58).

**Malgré les nombreux biais inhérents à la prise de mesure de pression directe intramusculaire, l'examen clinique comportant un interrogatoire précis, semble insuffisant pour porter le diagnostic avec un risque de sur diagnostic (28).**

## **1.9 Autres méthodes diagnostiques**

La mesure de la saturation en oxygène du muscle par **NIRS (Near Infra Red Spectroscopy)** est une technique alternative non invasive (59) avec une sensibilité retrouvée de 85% et une spécificité de 67% dans une étude récente (58). Cette méthode détecte les changements de la saturation en oxygène de l'hémoglobine dans le spectre de la lumière infrarouge.

Le diagnostic de syndrome chronique des loges grâce à l'**IRM** détectant des anomalies de signal musculaire post exercice (hypersignal T2) est discuté à l'heure actuelle (38) (60) (61) (62). Cette

imagerie peut cependant être utile pour éliminer des diagnostics différentiels détaillés ci-après (63).

**L'échographie** ne semble pas être un instrument diagnostique satisfaisant pour le CECS des membres inférieurs mais peut participer à l'identification de diagnostics différentiels comme des hématomes, des ruptures de kystes, des thromboses veineuses (64). Cependant, en 2013, une étude pilote de Rajasekaran, montre des résultats intéressants concernant l'utilité diagnostique de l'échographie chez les patients suspects de CECS de l'avant-bras. Cette étude retrouve une augmentation significative de l'épaisseur de la loge antérieure de l'avant-bras post-exercice chez des patients suspects de CECS, mesurée en échographie, par rapport à des sujets sains (65).

D'autres techniques comme la **P-NMR spectométrie** (66), la **MIBI perfusion** (67), la **SPET thallium 21** (68) ont été étudiées sur de faibles échantillons, ne permettant pas de valider ces techniques pour la pratique courante.

**L'élastographie couplée à l'échographie** est en cours d'étude à Montpellier comme outils diagnostique de CECS. Elle présenterait une alternative non invasive, atraumatique et indolore de la mesure directe de PIM. Le principe de l'élastographie est d'apporter des informations quantitatives sur les propriétés biomécaniques des tissus, permettant de renseigner sur la **rigidité tissulaire**. Elle est basée soit sur l'étude de la déformation d'un tissu soumis à une contrainte, soit sur la mesure des ondes de cisaillement occasionnées par cette déformation. Une étude prospective préliminaire sur 18 volontaires sains a confirmé la faisabilité d'un protocole d'échographie couplée à l'élastographie pour mesurer la rigidité des muscles de la jambe. Aucune différence significative n'a été retrouvée pour la rigidité musculaire des loges antérieures et postérieures, avant et après un effort physique sur tapis de course. Ces résultats étaient attendus, les mesures étant réalisées chez des patients non atteints de CECS (69).

### **1.10 Diagnostics différentiels de douleurs chroniques des jambes induites par l'effort**

Les **douleurs chroniques des jambes** induites par l'exercice peuvent avoir de multiples origines (70). La douleur peut provenir de l'os, du périoste, du muscle, des fascias, des tendons, des artères, des veines ou des nerfs.

Il est important de déterminer si la douleur est strictement induite par l'exercice ou non. Certaines douleurs sont déclenchées uniquement par l'activité physique comme le syndrome

chronique des loges d'effort ou le **syndrome de l'artère poplitée piégée**. D'autres donnent des douleurs plus importantes après l'exercice comme le **syndrome tibial médial** ou **l'insuffisance veineuse**. Les **douleurs de piège nerveux** apparaissent volontiers de manière plus aléatoire à l'exercice comme au repos (71) (72).

Les **douleurs antérieures** de jambe peuvent être les symptômes révélateurs de **périostite tibiale**, **piège du nerf fibulaire commun**, **fractures de fatigue du tibia ou de la fibula**, **tendinopathie des extenseurs**, **instabilité de la syndesmose tibio-fibulaire**.

Les **douleurs postérieures** de jambe sont décrites dans le **syndrome tibial médial**, les **Tennis legs** (déchirure musculaire du gastrocnémien médial), **la compression du nerf tibial** (par un muscle soléaire accessoire par exemple), **la fracture du bord postéro médial du tibia**, **le syndrome de l'artère poplitée piégée**, **les atteintes veineuses**, **ou atteintes combinées** (73).

## 1.11 Prise en charge

### 1.11.1 *Traitement non chirurgical*

Il n'existe pas d'étude contrôlée randomisée pour évaluer les traitements conservateurs (29).

Une revue de la littérature de 2016 met en lumière quatre techniques non chirurgicales de prise en charge du CECS (74) : les **étirements et massages** (75), le **travail de modification de la technique de course à pied** (76) (77), la **dénervation chimique par toxine botulique** (78) et la **fenestration fasciale écho guidée** (79). Le niveau de preuve de ces études reste limité car basé principalement sur des séries de cas avec peu de patients.

Pour Blackman et Al. (75), un programme spécifique comprenant plusieurs types de massages dont des massages myofasciaux et un programme d'étirements pendant cinq semaines chez 7 patients atteints de CECS antérieur de jambe permettrait d'augmenter la charge d'activité sans douleur et améliorerait les douleurs post-exercice. Il ne retrouve cependant pas de différence significative des mesures de pression intramusculaire 3 minutes après la fin de l'exercice entre le début et la fin de son programme.

En 2012, Diebal (76) présente une série de 10 cas atteints de CECS antérieur et/ou latéral bénéficiant d'un travail de réentraînement spécifique de course à pied pendant six semaines. Une **attaque du pas par l'avant-pied**, **la diminution de la longueur des pas** et **l'augmentation de la cadence** des pas ont été efficaces pour soulager ces patients avec des effets persistants à un an.

**L'injection de toxine botulique (Dysport®) sous électro stimulation** est évaluée en 2013 dans une étude rétrospective (78), chez 16 patients atteints de CECS antérieur et/ou latéral. La pression intramusculaire est diminuée de manière significative chez 14 patients à 4,4 mois en moyenne, la douleur est diminuée chez 15 patients, mais 11 patients sur 16 ressentent une faiblesse musculaire relative à un mois de l'injection de toxine.

La fenestration fasciale per cutanée à l'aiguille échoguidée a été réalisée en 2016 (79) chez une patiente de 18 ans, joueuse de Lacrosse, présentant un CECS antéro latéral bilatéral. La patiente a été traitée avec succès sans effet secondaire et les bénéfices étaient toujours présents 18 mois après l'intervention.

D'autres options non chirurgicales citées comprennent les **traitements anti-inflammatoires**, les **auto-étirements**, le **repos prolongé**, et bien sûr la **diminution ou l'éviction de l'activité en cause**, cette dernière n'étant pas satisfaisante pour nos patients sportifs professionnels comme amateurs passionnés (74).

#### 1.11.2 *Traitement chirurgical*

La chirurgie est actuellement le traitement de référence des CECS symptomatiques (80) et confirmés par mesure de pression directe intramusculaire. **La libération chirurgicale des loges permet de diminuer la pression intramusculaire** (81).

Il existe deux techniques principales de prise en charge chirurgicale : la **fasciotomie ouverte** ou **l'approche endoscopique** (82). La fasciotomie ouverte (83) semble plus communément pratiquée que la voie endoscopique, plus récente (84) (85).

Les symptômes étant dans la majorité des cas bilatéraux, la fasciotomie bilatérale peut être réalisée lors d'une seule opération chirurgicale pour permettre un retour au sport de manière plus précoce (86).

Des techniques mini invasives de fasciotomie accompagnées de traitements des hernies fasciales de la loge antérieure sont également décrites. Cette technique est définie par des incisions cutanées de moins de 2,5 cm (87).

Enfin des techniques de fasciotomie percutanée sous anesthésie locale pour des libérations unicompartimentales ou des gestes de fasciotomie échoguidée sont également décrits dans la littérature sous forme de séries de cas limitées, mais semblant efficaces (88).

Le **taux de complications chirurgicales global** rapportées dans une revue de la littérature récente est de 13% (82). La chirurgie peut se compliquer de lésions vasculaires ou nerveuses, de syndrome infectieux post opératoire, ou encore de thrombose veineuse profonde (89). Les **lésions du nerf fibulaire superficiel** semblent être le type de complication le plus fréquemment rapporté.

Le **taux de succès de la prise en charge chirurgicale du CECS antérieur est de 81 à 100%** à 5,2 ans après la chirurgie, le taux le plus bas étant associé à une libération associée de la loge latérale (90) (91).

Le taux de succès après prise en charge chirurgicale de syndrome des **loges postérieures profond de la jambe varie de 30 à 65 %** (pour un suivi de 3 à 89 mois) , les facteurs de risque d'échec de la chirurgie n'ayant pas été réellement identifiés (92).

La prise en charge chirurgicale des CECS des **loges antérieures des avant-bras** semble efficace, quelle que soit la technique utilisée, dans une étude de Winkes, rapportant un taux de satisfaction chez des patients pratiquant le motocross, de 95% à 5 ans (93).

## 1.12 Évolution

Il n'existe pas de consensus concernant la prise en charge rééducative des CECS du membre inférieur post chirurgie. En 2017, Vajapey propose un protocole RICE (Rest, Ice, Compression, Elevation) les premiers jours avec autorisation d'appui directement post chirurgie, selon la tolérance du patient. Le protocole comprend ensuite des mobilisations articulaires et tissulaires pendant la phase de cicatrisation, accompagné d'étirements passifs, de mobilisations neuro ménigées, de renforcement musculaire et d'analyse biomécanique spécifique à chaque sport pour adapter au mieux le geste sportif et éviter les récives (4).

**Le retour complet au sport post chirurgie est estimé entre 6 et 8 semaines** mais peut être allongé si plusieurs compartiments sont opérés sur la même jambe (94).

La **réurrence des symptômes** est très variable d'une étude à l'autre, allant de 0 à 44,7% post chirurgie (82). En 2013, Waterman décrit un taux de réurrence des symptômes après fasciotomie de loge antérieure et/ou latérale et/ou postérieure de jambe chez presque la moitié d'une population militaire de 611 patients dont 28% n'ont pas pu retrouver une activité optimale nécessaire à leur métier (89).

Le **taux de reprise chirurgicale est estimé à 11%** dans une étude de 2015 ne précisant pas toutefois la loge de la jambe concernée (95). Il est estimé à 6% sur une cohorte de 64 patients dans les années 2000 (96).

Une étude de Schepisis rapporte un taux de satisfaction de 96% concernant la prise en charge d'un CECS antérieur de jambe à long terme (suivi à 4,2 ans en moyenne), contre 65 % pour le CECS postérieur (97). Il existerait une **relation significative entre la durée des symptômes avant la chirurgie et le taux d'échec de la chirurgie** ainsi qu'entre la mesure de pression intramusculaire et le devenir post chirurgical concernant le CECS de loge postérieure profonde de jambe (98).

**Concernant le CECS du membre supérieur**, une étude française de 2003 rapporte un **taux de satisfaction de 88%** sur une série de 41 cas avec 3 cas considérés comme des échecs, dont 2 ont été repris avec succès par une aponévrectomie avec excision d'une cicatrice hypertrophique du fascia superficiel (14). Dans une étude suivant à 5 ans 24 patients pratiquant le motocross, opérés d'un CECS des avant-bras, le taux de satisfaction rapporté à long terme est de 95% (23/24 patients) (93).

## **2. ETUDE**

### **2.1 Introduction**

La mesure de pression directe intramusculaire est indispensable pour poser le diagnostic de syndrome des loges chroniques à l'effort (CECS) et permettre une prise en charge adaptée. Différentes méthodes de mesure permettent de mesurer les valeurs de pression intramusculaire (PIM). En pratique courante, le Stryker® était largement utilisé en France mais n'est plus commercialisé à l'heure actuelle. Nous présentons dans cette étude, des données cliniques rétrospectives chez une population de patients ayant bénéficié d'un nouvel appareil de mesure de pression intramusculaire : le CompuFlo® de chez Milestone Medical (Annexe 1). Cet outil permettrait de présenter une alternative très satisfaisante pour permettre le diagnostic objectif de CECS.

Dans la 1<sup>ère</sup> étude, nous comparons les résultats obtenus in vitro grâce au nouveau dispositif (CompuFlo®) à ceux obtenus grâce à un appareil de référence validé (PressureMAT®). L'objectif est de confirmer la validité des mesures obtenues grâce au CompuFlo®.

Dans la 2<sup>ème</sup> étude, nous présentons les résultats de notre pratique quotidienne avec des mesures réalisées en soins courants dans le service de médecine du sport du CHU Lapeyronie.

L'objectif principal est de montrer l'apport du CompuFlo® dans le diagnostic de CECS.

Les objectifs secondaires sont de présenter les résultats de ces mesures, de montrer la facilité d'utilisation et la validité de l'outil, d'évaluer l'efficacité de la prise en charge proposée ainsi que la satisfaction des patients.

### **2.2 Matériel et méthode**

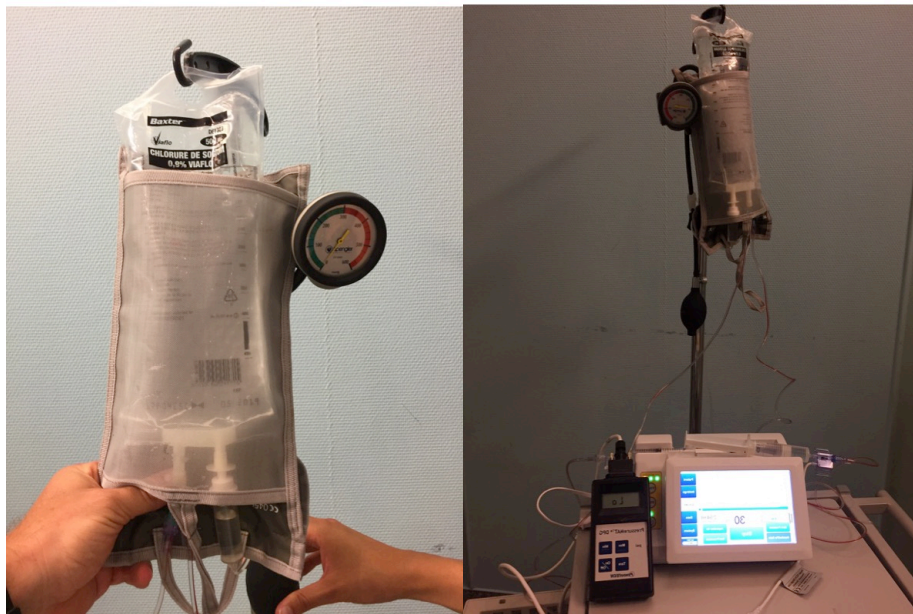
#### *2.2.1 Première étude : Bench test*

Nous avons dans un premier temps, réalisé un bench test pour confirmer la validité et la fiabilité des mesures de l'appareil CompuFlo® de chez Milestone Medical dans le contexte de la mesure de la pression in vitro.



Description du protocole :

- Branchement de l'appareil CompuFlo® marqué CE, et d'un appareil de mesure de pression industriel le PressureMAT®, considéré comme la mesure exacte, en dérivation sur une poche à pression (aiguilles noires 22G et tubulures standards).
- Augmentation ou diminution de la pression de la poche grâce à un manomètre manuel.
- Monitoring des pressions via les systèmes CompuFlo® et PressureMAT® simultanément.
- Quantification de la différence de pressions obtenues par les 2 appareils sur des paliers à 10, 20, 30, 50, 100 et 150 mmHg.
- Vérification de la stabilité des mesures dans le temps à 30 secondes, 1, 3 et 5 minutes à pression constante.



*Figure 11: Photographies du montage réalisé pour le bench test. A gauche, poche à pression avec manomètre. A droite, montage complet avec appareil PressureMAT® à gauche et CompuFlo® à droite*

### *2.2.2 Deuxième étude : étude clinique*

Étude descriptive observationnelle rétrospective monocentrique, entre le 1<sup>er</sup> janvier 2018 et le 20 mars 2020, chez des patients présentant des douleurs musculaires à l'effort des membres inférieurs ou supérieurs et consultant dans le cadre d'une suspicion de syndrome des loges chroniques d'effort, avec réalisation de mesure de pression directe intramusculaire, via l'appareil CompuFlo®.

Les données ont été recueillies via le logiciel de gestion des dossiers informatisés du CHU de

Montpellier (Dxcare®) et par lecture directe sur l'appareil de mesure CompuFlo®. Une demande d'inscription au CLER pour obtenir un IRB a été réalisée.

**Critères d'inclusion :** Tous les patients de la consultation de médecine du sport du CHU de Montpellier présentant des douleurs des membres inférieurs ou supérieurs déclenchées par une activité physique entre le 1<sup>er</sup> janvier 2018 et le 20 mars 2020, adressés spécifiquement pour suspicion de syndrome chronique des loges d'effort (motif spécifique de consultation indiqué sur Dxcare).

**Critères de non-inclusion :** Patients sous traitement anticoagulant.

### *2.2.3 Description de l'appareil de mesure COMPUFLO®*

Le CompuFlo® est un appareil certifié CE, utilisé couramment en anesthésie locorégionale comme capteur de mesure de pression intratissulaire. Il permet de positionner une aiguille et/ou un cathéter dans le plan anatomique approprié où est injecté l'anesthésique local. L'aiguille est reliée à l'injecteur électronique CompuFlo® par une tubulure qui facilite et sécurise la procédure de ponction échoguidée.

La pression compartimentale est mesurée de manière continue et en temps réel au bout de l'aiguille par un capteur électronique. Les données quantifiées des pressions avec les courbes de variation des mesures apparaissent en temps réel sur un écran de contrôle, et sont enregistrées. Un signal sonore permet aussi d'informer l'opérateur sur les changements de pression dans le milieu.

### *2.2.4 Protocole de mesure de pression directe intramusculaire*

- Repérage échographique de la loge supposée pathologique et de la voie d'abord pour l'introduction de l'aiguille de mesure + 1<sup>er</sup> temps de désinfection de la peau.
- Épreuve de déclenchement des douleurs : si la symptomatologie concerne les membres inférieurs, le test de provocation est réalisé sur tapis de course (pente et vitesse adaptées selon le patient). Si les douleurs concernent les membres supérieurs, le test de provocation consistera en des manœuvres de contraction répétées des fléchisseurs des poignets et des doigts grâce, entre autres, à l'utilisation de la PowerBall® (Annexe 2).
- Deuxième temps de désinfection de la peau après le test de provocation puis, après

vérification de calibration de l'appareil (« *zero pressure* »), introduction de l'aiguille sous contrôle échographique.

- Retrait de la sonde échographique pour éviter une surestimation des mesures de pression et réalisation des mesures via l'appareil CompuFlo® à 1 minute et 5 minutes après l'arrêt du test de provocation.

La mesure de pression des loges avec l'appareil de mesure CompuFlo Dynamic Pressure Sensing technology® est utilisée au CHU de Montpellier depuis plus d'un an par l'équipe de médecine du sport. Elle permet le diagnostic objectif de syndrome chronique des loges d'effort et de proposer une intervention chirurgicale permettant de lever l'hyper pression intramusculaire selon les résultats obtenus.

#### *2.2.5 Questionnaire de suivi*

Les patients recrutés ont été recontactés entre mars et juin 2020 pour répondre à un questionnaire de suivi avec un interne de médecine physique et réadaptation (Annexe 3). Les données recueillies sont synthétisées et analysées sur un tableur Excel®.

### **2.3 Résultats de la première étude : étude comparative CompuFlo®/PressureMAT®**

#### *2.3.1 Comparaison des mesures à différents paliers de pression*

Les mesures de pression *in vitro* sont identiques sur les cinq premiers paliers avec le modèle CompuFlo® et le modèle industriel PressureMAT®. Une différence de 1 mmHg a été mesurée au 6<sup>ème</sup> palier. Les mesures obtenues avec le dispositif CompuFlo® sont donc considérées comme fiables.

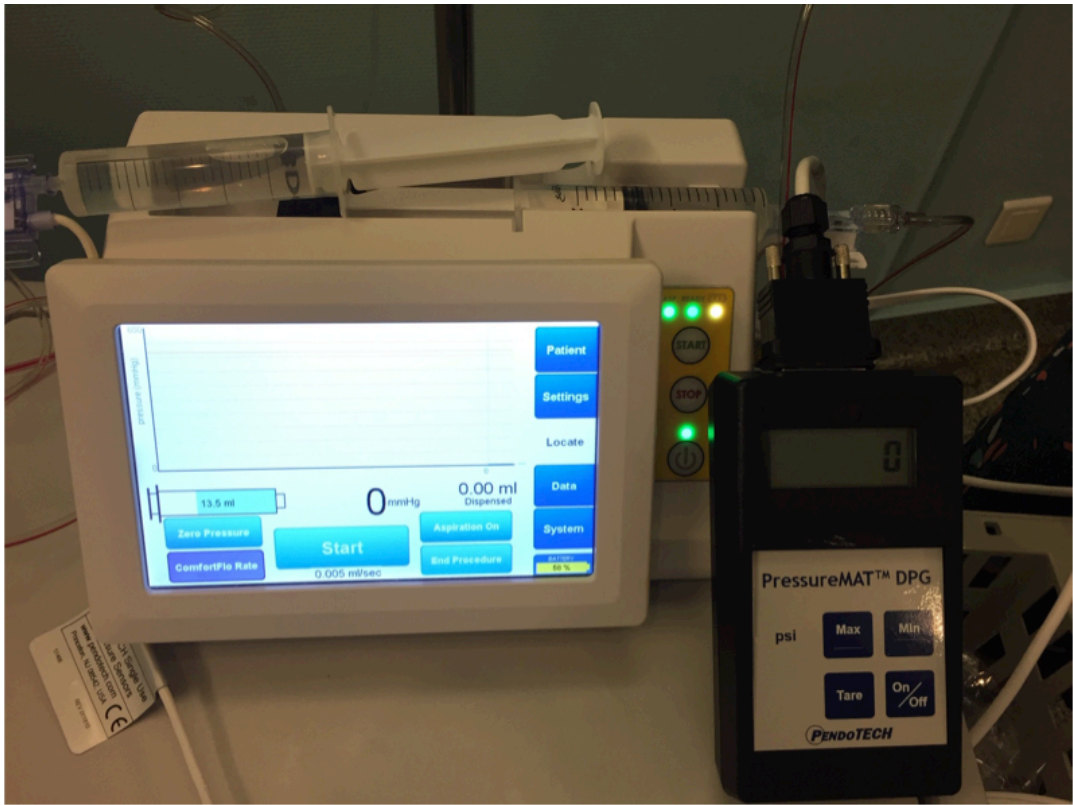


Figure 12: Photographie en début de protocole, après calibration des appareils

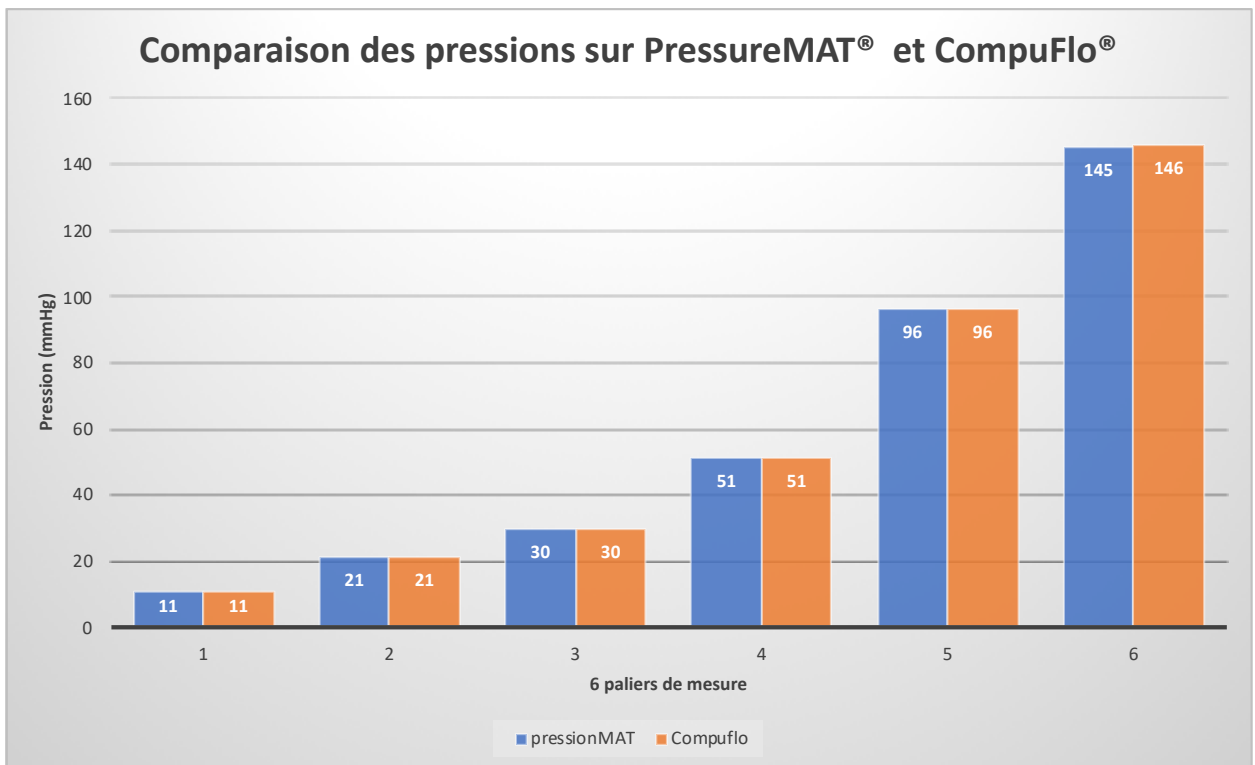


Figure 13: Comparaison des pressions sur PressureMAT® et CompuFlo® lors de 6 paliers de mesure

### 2.3.2 Variabilité de la mesure de pression dans le temps

La variabilité des mesures de pression au cours du temps a été mesurée pendant 5 minutes, en choisissant arbitrairement de se placer sur le 3<sup>ème</sup> palier de mesure (soit 30 mmHg pour le système industriel et 28 mmHg pour le second système testé).

La mesure de pression réalisée est stable dans le temps jusqu'à 3 min. On constate une sensible variation à 5 min.

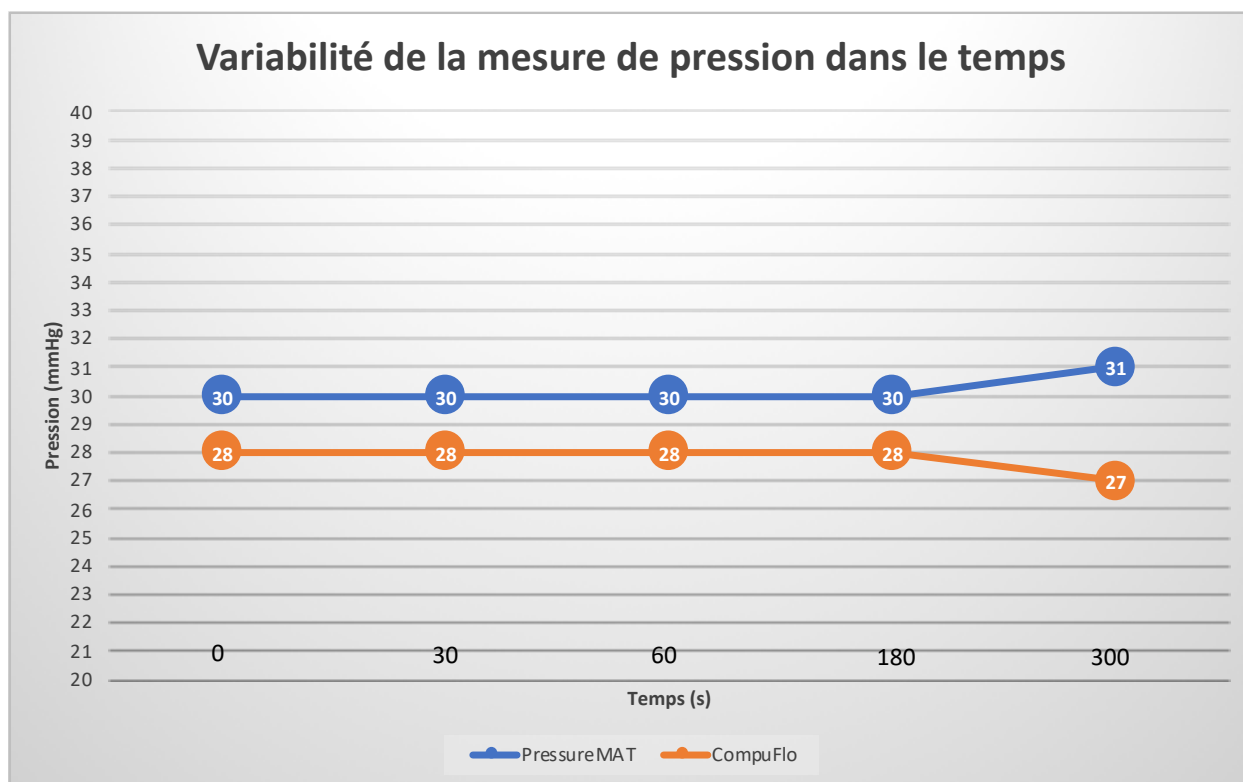


Figure 14: Graphique représentant la variabilité de mesure dans le temps entre le PressureMAT® et le CompuFlo®

## 2.4 Résultats de la deuxième étude : étude clinique

### 2.4.1 Population étudiée

Nous avons recruté 51 patients, entre le 1<sup>er</sup> janvier 2018 et le 20 mars 2020, s'étant présentés à la consultation de médecine du sport du CHU Lapeyronie, spécifiquement pour suspicion de CECS de membre inférieur ou supérieur. La moyenne d'âge de notre population d'étude était de 30 ans, allant de 17 ans à 64 ans. Les hommes représentaient 76% de notre échantillon et les femmes 24%.

### 2.4.2 Activité professionnelle et sports pratiqués

Les patients ayant une profession estimée « à risque », c'est-à-dire sollicitant de manière

prolongée et répétée les groupes musculaires incriminés dans la suspicion de CECS, étaient au nombre de 19 soit 37% du groupe étudié.

Le sport majoritairement rencontré pour les douleurs à l'exercice des membres inférieurs était la course à pied et le motocross pour les membres supérieurs. La profession de militaire a été mentionnée spécifiquement parmi les activités sportives, aux vues de l'importante incidence du CECS dans cette population d'après les données de la littérature. Elle représentait 11,7% de notre échantillon.

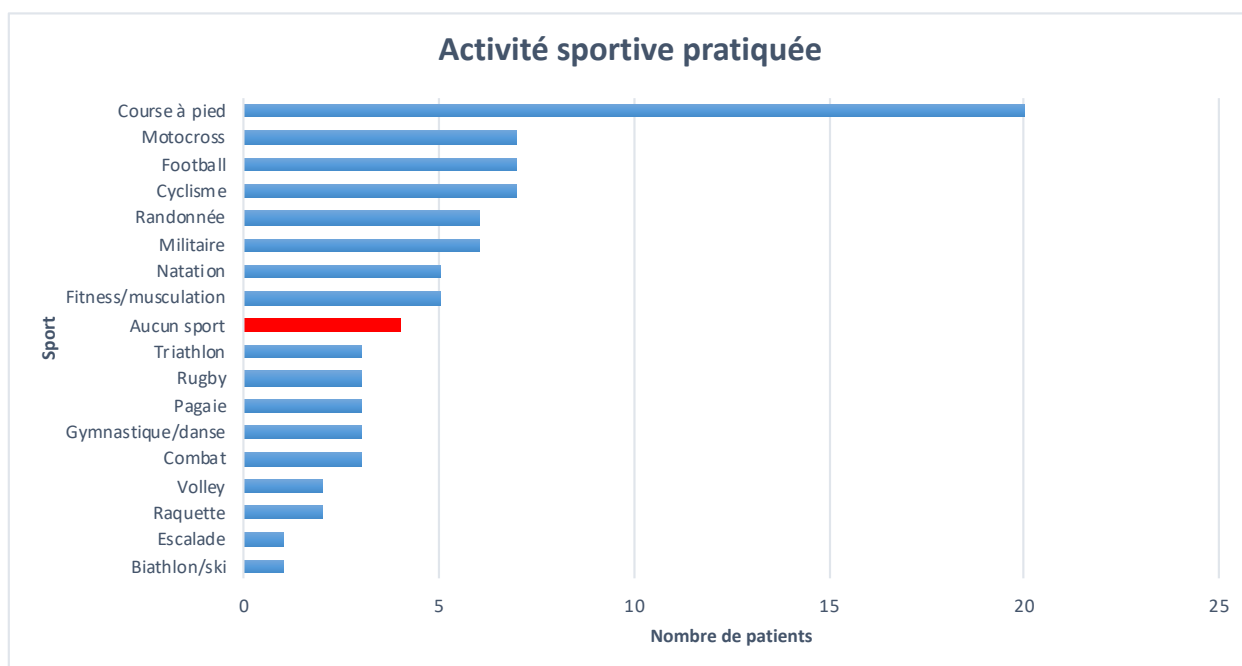


Figure 15 : Graphique représentant les activités sportives pratiquées par les patients

### 2.4.3 Symptomatologie

La douleur était bilatérale dans 78% des cas (40 patients sur 51). Elle était localisée aux membres inférieurs chez 34 de nos patients et de manière décroissante, au niveau de la loge postérieure (34%) puis antérieure (27%) et latérale (15%). Plusieurs loges étaient décrites comme douloureuses à l'interrogatoire dans la plupart des cas.

21% des patients ont consulté pour des douleurs des avant-bras.

Les deux localisations « autres » concernaient les loges thénariennes des mains.

Chez 61% des patients (n=31), les symptômes douloureux à l'effort étaient présents depuis plus d'un an, et entre 6 et 12 mois pour 31% des patients (n=16).

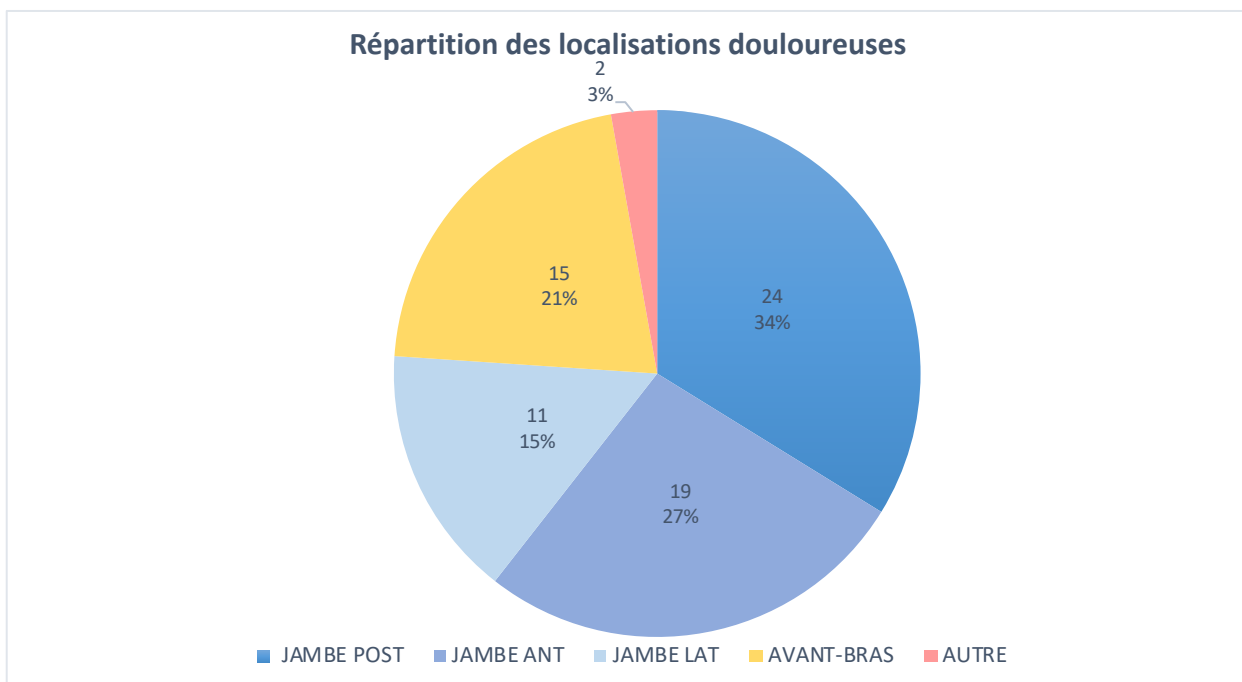


Figure 16: Diagramme représentant la répartition des localisations douloureuses, avec existence de plusieurs loges douloureuses chez certains patients

#### 2.4.4 Examens complémentaires et traitements antérieurs à la consultation

80% des patients avaient déjà réalisé des examens complémentaires avant la consultation et 53% avaient déjà eu recours à un traitement, 4 patients ayant bénéficié d'une chirurgie de libération des loges musculaires.

L'examen le plus couramment réalisé avant la consultation pour mesure de pression directe intramusculaire était l'échographie doppler veineuse et artérielle des membres inférieurs chez 29 patients sur 34 patients présentant des douleurs des jambes à l'effort. L'IRM, réalisée chez 27 % des patients, était le 2<sup>ème</sup> examen le plus prescrit avant notre consultation.

Des mesures de pression des loges avaient été réalisées précédemment chez 3 de nos patients. L'ENMG était prescrit principalement chez les patients présentant des douleurs des avant-bras avec des signes sensitifs prédominants.

L'élastographie était réalisée au niveau des membres inférieurs juste avant notre consultation, dans le cadre d'un autre projet de recherche.

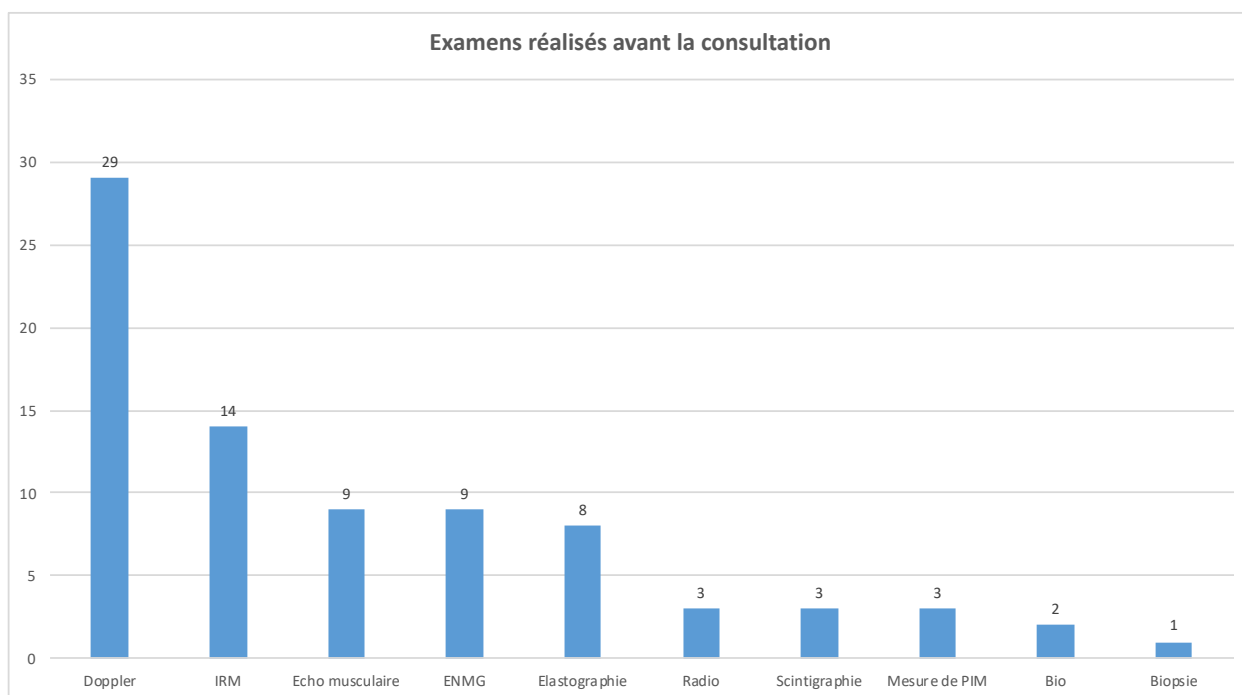


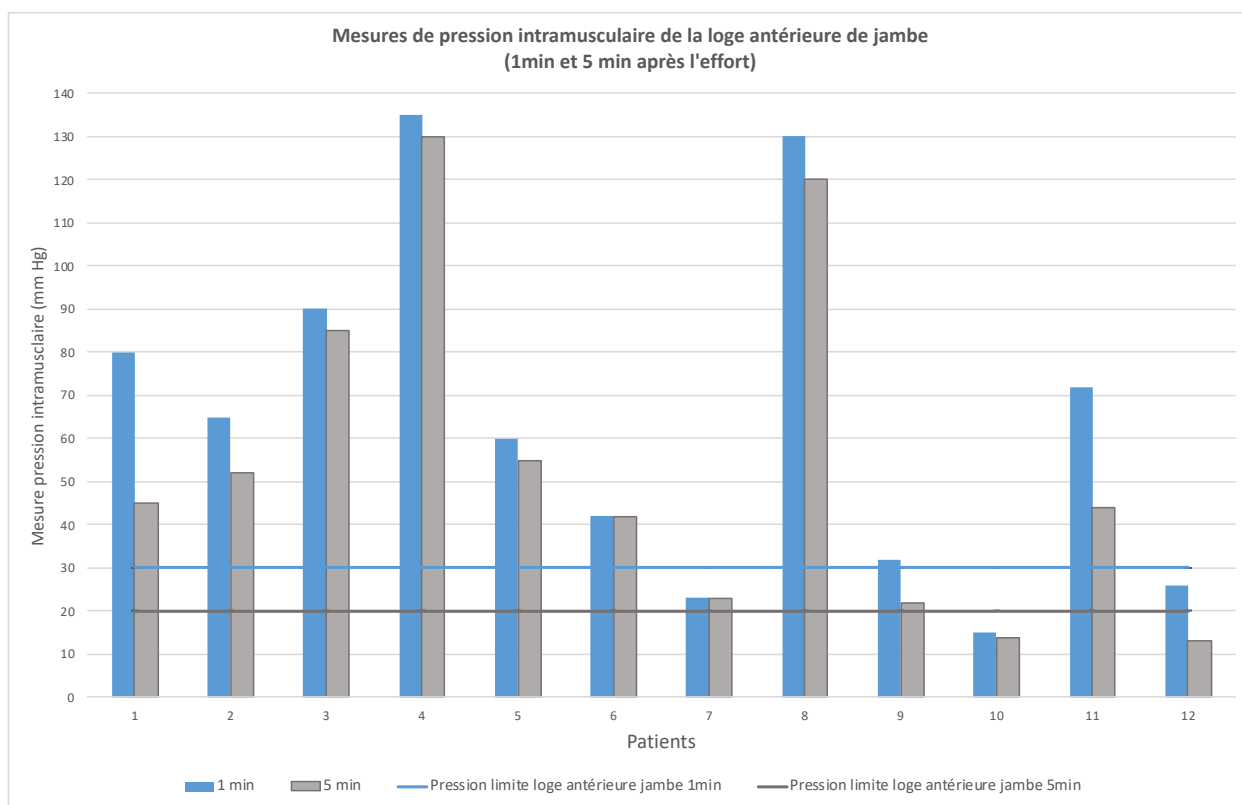
Figure 17: Représentation graphique des examens réalisés avant la consultation

#### 2.4.5 Mesures de pression

La mesure de pression directe intramusculaire a été réalisée chez 41 patients sur 51. Les 10 patients n'ayant pas bénéficié de la mesure de pression des loges ne présentaient pas les symptômes compatibles avec un CECS à l'interrogatoire ou bien ils n'ont pas réussi à reproduire les douleurs lors de la consultation.

Les mesures de pression intramusculaire (PIM) de la loge antérieure de jambe ont été faites pour 12 patients montrant des valeurs pathologiques pour 75 % d'entre eux. Les critères de positivité étaient ceux de Pedowitz, avec une mesure de pression supérieure à 30 mmHg 1 minute après l'arrêt de l'effort et 20 mmHg, 5 minutes après l'arrêt de l'effort. La moyenne des PIM de loge antérieure de jambe était de 64,17 mmHg à une minute (écart-type  $\sigma = 39,82$ ) et 53,75 mmHg à cinq minutes (écart-type  $\sigma = 38,95$ ).





*Figure 18: Représentation graphique des mesures de pression directe intramusculaire pour la loge antérieure de jambe (1 min et 5 min après l'effort)*

Les loges postérieures ont été testées chez 15 patients ne retrouvant des valeurs pathologiques de manière certaine selon les critères de Pedowitz que dans 13% des cas. La moyenne des PIM de loge postérieure superficielle de jambe était de 24,57 mmHg à une minute (écart-type  $\sigma = 14,28$ ) et 22,42 mmHg à cinq minutes (écart-type  $\sigma = 11,52$ ). La moyenne des PIM de loge postérieure profonde de jambe était de 21,5 mmHg à une minute (écart-type  $\sigma = 9,12$ ) et 20,13 mmHg à cinq minutes (écart-type  $\sigma = 10,13$ ).

Nous pouvons remarquer la différence entre les échelles de PIM mesurées pour les loges antérieures de jambe comparativement aux loges postérieures. La moyenne des PIM mesurées est nettement plus élevée pour la loge antérieure avec des valeurs pathologiques pouvant aller jusqu'à plus de 130 mmHg, ce qui n'est jamais retrouvé pour les loges postérieures.

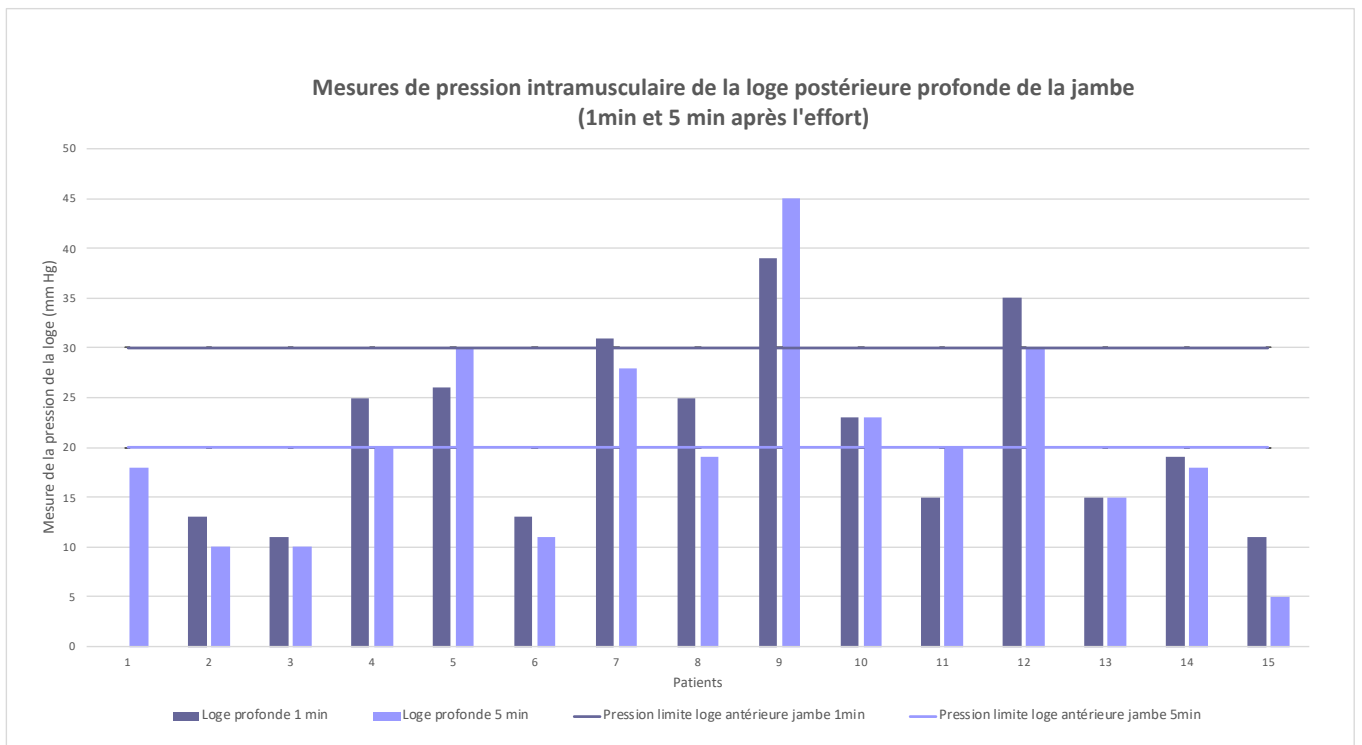


Figure 19 : Représentation graphique des mesures de pression intramusculaire pour la loge postérieure profonde de la jambe (1min et 5 min après l'effort)

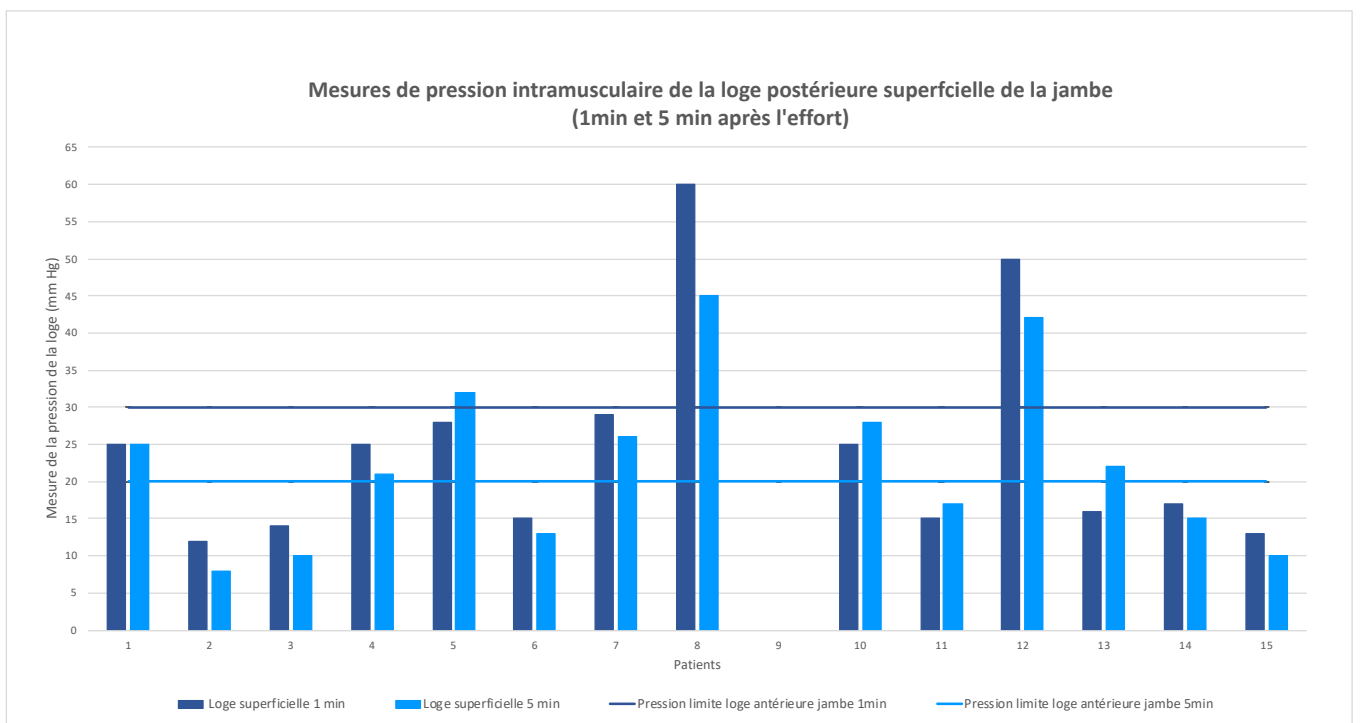
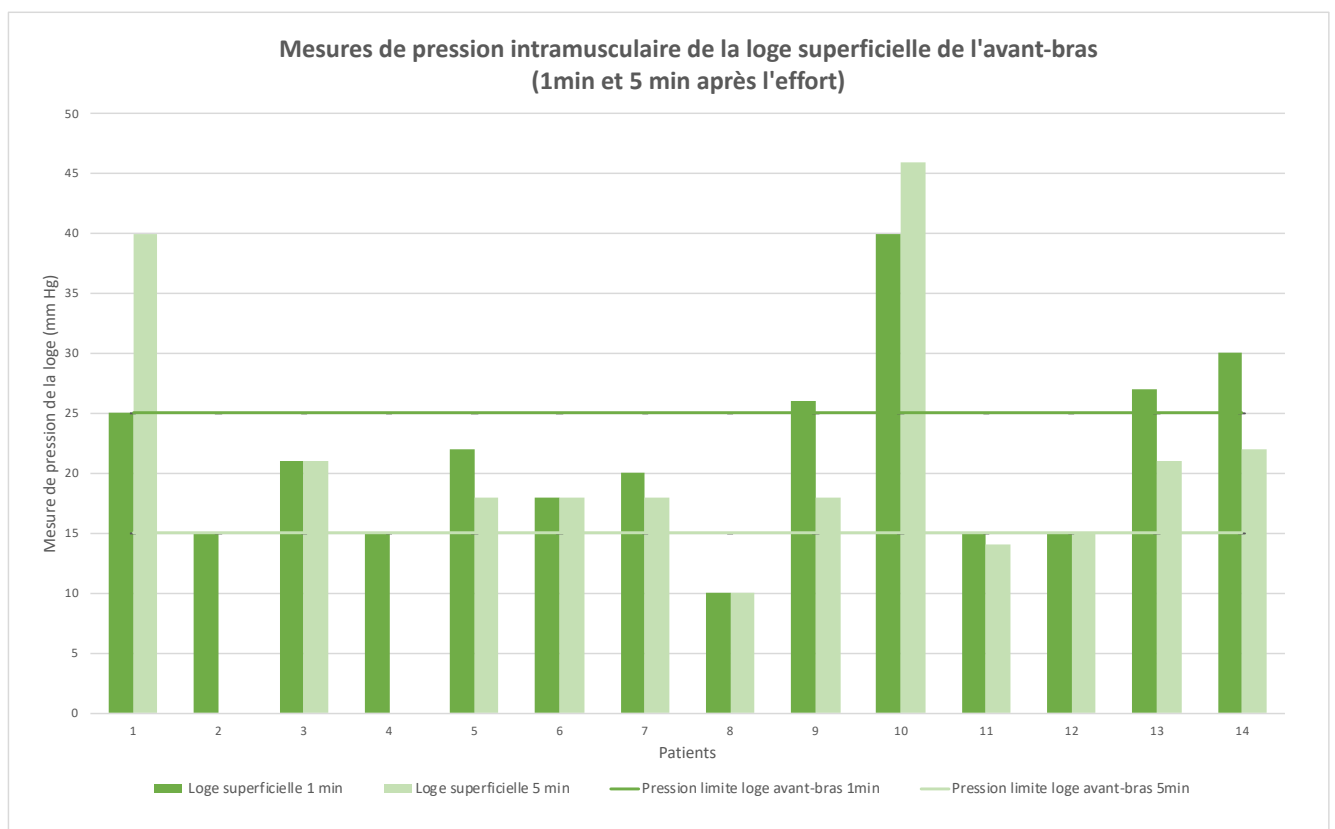


Figure 20 : Représentation graphique des mesures de pression intramusculaire pour la loge postérieure superficielle de la jambe (1min et 5 min après l'effort)

Les valeurs seuils de positivité n'étant pas validées dans la littérature, elles ont été choisies arbitrairement : 25 mmHg à 1 minute et 15 mmHg à 5 minutes. Les mesures de PIM des loges antérieures des avant-bras ont été réalisées chez 14 patients retrouvant des valeurs positives à une 1 minute pour 35% d'entre eux et pour 64% des valeurs positives à 5 min. La moyenne des PIM de loge antérieure superficielle de l'avant-bras était de 21,35 mmHg à une minute (écart-type  $\sigma = 7,81$ ) et 21,75 mmHg à cinq minutes (écart-type  $\sigma = 10,54$ ). La moyenne des PIM de loge antérieure profonde de l'avant-bras était de 23,08 mmHg à une minute (écart-type  $\sigma = 9,41$ ) et 20,72 mmHg à cinq minutes (écart-type  $\sigma = 9,94$ ).



*Figure 21 : Représentation graphique des mesures de pression intramusculaire pour la loge superficielle de l'avant-bras (1min et 5 min après l'effort)*

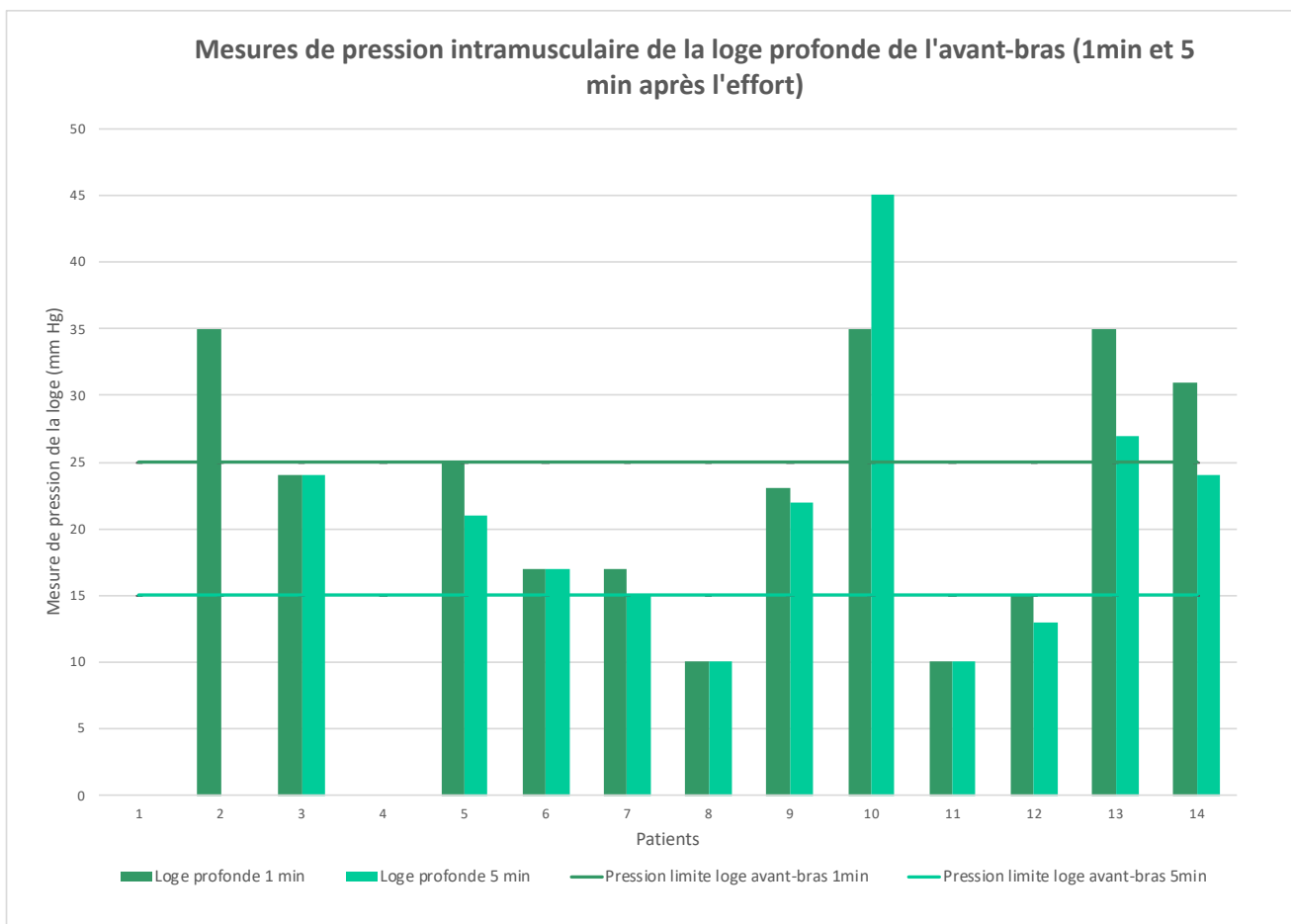


Figure 22 : Représentation graphique des mesures de pression intramusculaire pour la loge profonde de l'avant-bras (1 min et 5 min après l'effort)

#### 2.4.6 Diagnostic

A la fin de la consultation, le diagnostic de syndrome des loges avec mesure de pression directe intramusculaire positive a été posé pour 47% des patients toute localisation confondue. 33% des patients avaient un diagnostic fortement probable sur les données de l'interrogatoire, mais des valeurs de pression non pathologiques.

10 patients (20%) n'ont pas bénéficié de mesure de pression car l'interrogatoire n'était pas évocateur de CECS ou les patients n'ont pas réussi à re déclencher les douleurs typiques perçues à l'effort ne permettant pas une mesure de pression optimale.

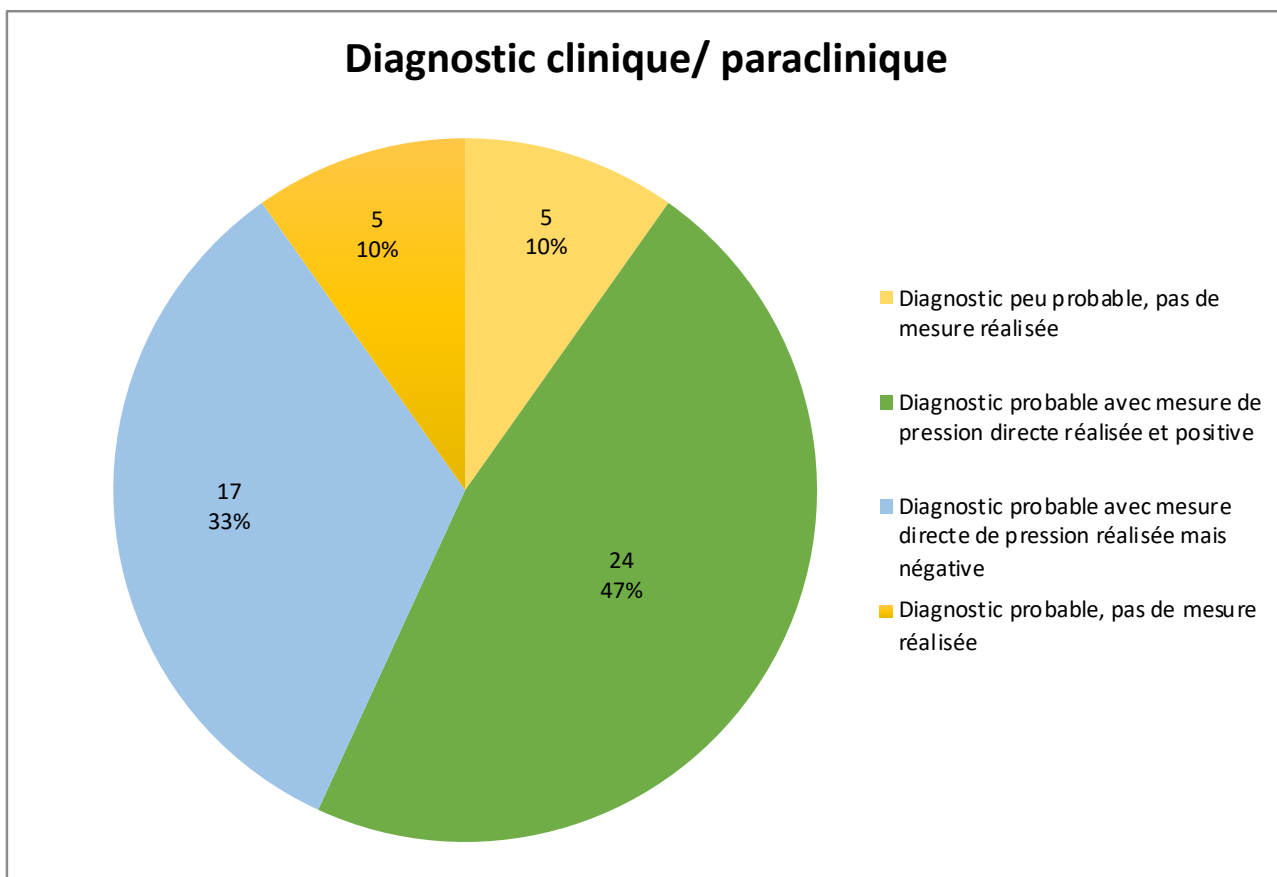


Figure 23 : Diagramme représentant la répartition des patients selon la probabilité du diagnostic à l'interrogatoire et réalisation de la mesure de pression intramusculaire

Il est important de noter que dans le cas où le diagnostic est probable mais la mesure n'est pas réalisée, les patients n'ont pas réussi à déclencher les douleurs qu'ils ressentent typiquement à l'effort.

#### 2.4.7 Prise en charge thérapeutique proposée

Un traitement conservateur par kinésithérapie a été proposé pour 25 de nos patients, tandis qu'une proposition de prise à charge chirurgicale a été faite pour 19 d'entre eux car les valeurs de pression étaient positives et la rééducation avait été bien menée mais insuffisamment efficace. Des infiltrations de toxine botulique ont été proposées pour 7 patients, généralement associées à de la kinésithérapie.

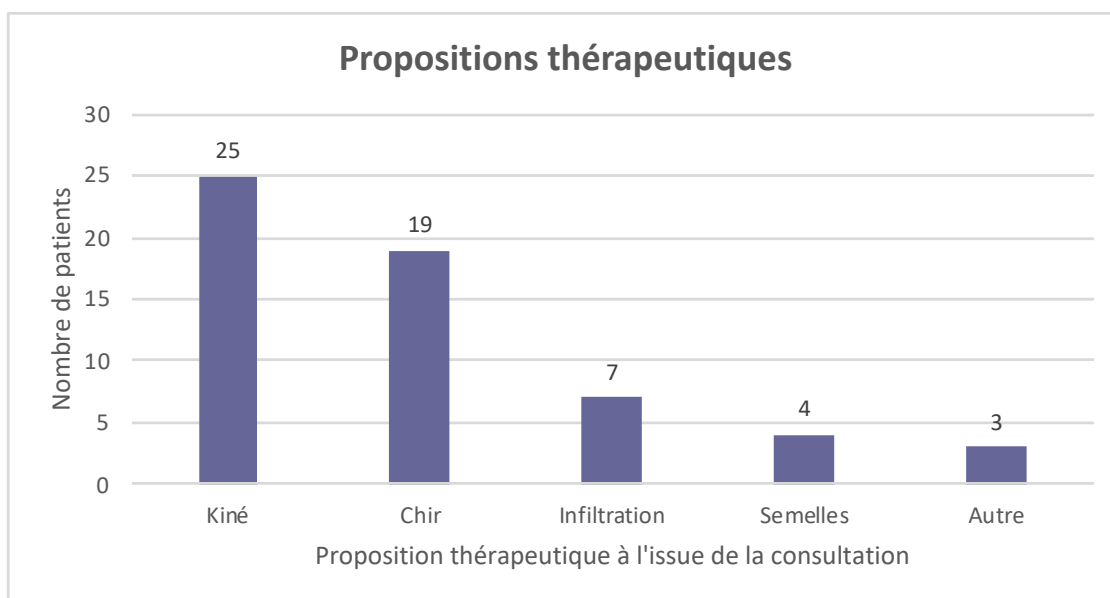
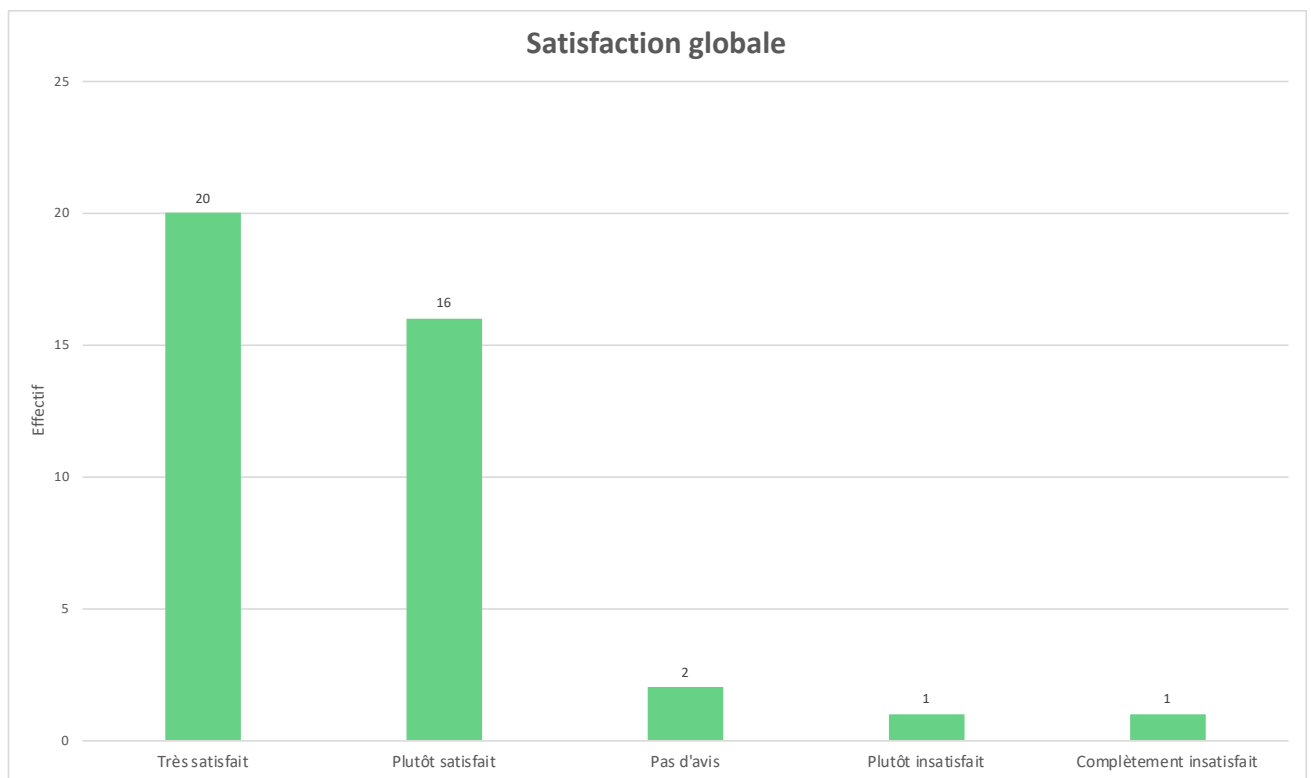


Figure 24 : Représentation graphique des propositions thérapeutiques

#### 2.4.8 Suivi des patients

Un suivi téléphonique des patients a été réalisé entre le mois de mars et juin 2020 pour évaluer le niveau de satisfaction de la prise en charge et l'évolution de la symptomatologie selon les différentes thérapeutiques proposées. Le délai par rapport à la prise mesure de pression pouvait varier de 1 à 24 mois un délai moyen de 8,2 mois. Le taux de réponse au questionnaire téléphonique était de 40/51 soit environs 78% de répondants. Sur 17 patients pour lesquels une indication chirurgicale avait été retenue et ayant répondu au questionnaire téléphonique, 13 patients avaient réalisé une chirurgie dans les suites de notre consultation (5 pour les avant-bras, 2 pour les loges postérieures des jambes, 6 pour les loges antérieures des jambes) et 4 étaient en attente de celle-ci. Trois patients sur les 5 ayant bénéficié d'une chirurgie des avant-bras décrivent un amendement complet des douleurs. Sur les 6 patients opérés des loges antérieures des jambes, 4 ont été totalement soulagés et 2 ont présenté des récives douloureuses à l'effort. Enfin les 2 patients ayant été pris en charge chirurgicalement pour un syndrome des loges postérieures des jambes à l'effort, rapportent une amélioration des douleurs. Parmi les 20 patients ayant bénéficiés d'une prise en charge en kinésithérapie et ayant répondu au questionnaire téléphonique, 6 n'ont pas pu reprendre leur activité sportive antérieure, 17 s'estimait satisfait de la prise en charge médicale. Sur la totalité des patients interrogés, ceux s'estimant satisfaits ou plutôt satisfaits de la prise en charge globale représentaient 90% des répondants.



*Figure 25: Représentation graphique de la satisfaction globale des patients concernant la prise en charge médicale et/ou chirurgicale de leur symptomatologie*

12 patients déclarent ne pas avoir repris d'activité sportive mais parfois en raison d'un changement de mode de vie ou par manque de temps au quotidien. 11 patients sur 40 déclarent avoir repris la même pratique sportive au même niveau que celui qu'ils avaient avant l'apparition des douleurs à l'effort.

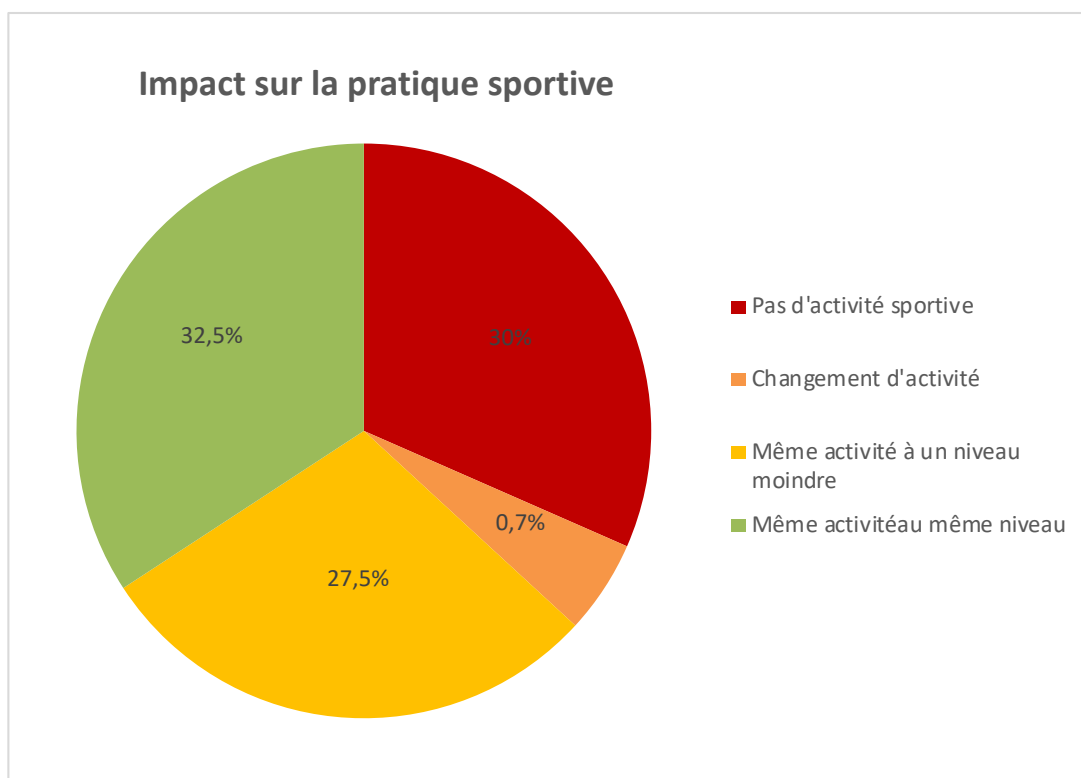


Figure 26: Diagramme représentant l'impact de l'intervention thérapeutique sur la pratique sportive

## 2.5 Discussion

### 2.5.1 Première étude

Dans notre première étude permettant de vérifier la **fiabilité des valeurs de pression avec l'appareil CompuFlo®**, nous n'avons pas la possibilité d'utiliser le Stryker® comme appareil de référence (cet appareil n'est plus commercialisé) et nous avons dû utiliser comme référence le PressureMAT®, qui n'est pas certifié par un marquage CE autorisant son utilisation chez l'Homme. Nous avons donc dû réaliser les mesures in vitro, étant dans l'impossibilité de comparer les mesures in vivo.

Pour le bench test, nous avons choisi une gamme de pressions relativement large correspondant aux valeurs que l'on peut retrouver dans la pratique courante de mesure de pression des loges musculaires, ce qui nous a permis de confirmer la fiabilité de la mesure réalisée grâce au CompuFlo®.

Nous constatons une légère dérive des valeurs, retrouvée à partir de 5 min entre le PressureMAT® et le CompuFlo® mais cela ne constitue pas un obstacle à nos mesures diagnostiques car, dans la pratique courante, la valeur des pressions retenues et les mesures de



pression les plus pertinentes sont enregistrées 1 min après l'effort, d'après les données de la littérature (57).

### 2.5.2 Deuxième étude

La deuxième étude nous a permis de **décrire les résultats de notre pratique courante depuis deux ans avec l'utilisation du CompuFlo®**, dans le service de médecine du sport du CHU de Montpellier.

#### a) *Innocuité de la méthode de mesure*

Conformément aux données de la littérature, un seul membre était testé même si les symptômes étaient majoritairement présents de manière bilatérale, afin d'**éviter le nombre d'introductions de l'aiguille et de minimiser l'inconfort du patient**. Il pourrait être intéressant d'évaluer plus précisément la tolérance de ce geste invasif dans de futures études, afin d'améliorer les conditions d'exams des patients. Aucune évaluation précise de la **tolérance du geste** de mesure de pression directe intramusculaire n'est rapportée dans la littérature.

Nous n'avons rencontré **aucun problème technique** lié à l'utilisation du CompuFlo® lors de la réalisation des mesures dans notre service et **aucun patient de notre échantillon n'a présenté d'effets secondaires indésirables** dans les suites immédiates et à distance de la réalisation du geste.

#### b) *Population étudiée*

Notre échantillon, ayant bénéficié de ces mesures, était composé de **patients jeunes et sportifs**. Cette caractéristique de population est largement retrouvée dans la littérature (1). La population **majoritairement masculine** est retrouvée dans plusieurs études mais ne fait pas consensus dans toutes. En effet De Bruijn en 2018 et Davis en 2013 étudient des populations principalement féminines (1) (2). En 2010, Alicia K Tucker affirme qu'il n'y a pas de différence d'incidence pour le CECS entre hommes et femmes (29). Malgré un nombre de patients recrutés relativement faible, nous retrouvons une incidence marquée du CECS des membres inférieurs chez les militaires comme dans l'étude de Waterman (8).

Nous confirmons, dans cette étude, l'implication des sports de **course à pied** et du **football** pour l'atteinte des membres inférieurs (2). Une part non négligeable de notre population a consulté pour des douleurs des avant-bras, représentant 21% de notre échantillon. Sur les 15 patients

recrutés, 7 pratiquaient le motocross ce qui correspond tout à fait, sur le plan épidémiologique, aux données de la littérature (10).

#### *c) Protocole de déclenchement des douleurs à l'effort*

Le protocole d'exercice physique était non standardisé avant la mesure, ce qui peut paraître critiquable. Du fait de la variabilité inter-individuelle importante du déclenchement des symptômes, il nous a semblé **primordial de reproduire les douleurs typiques** des patients quel que soit le type d'exercice plutôt que d'effectuer un protocole standardisé pour tous. Certains patients présentaient des signes cliniquement évocateurs avec des mesures de pression négatives.

Nous soulevons donc la problématique de la capacité à déclencher les douleurs typiques lorsque le sportif est en dehors de son cadre d'activité physique habituel. En 1990, Pedowitz estime que 28,2% de sa population d'étude n'a pas réussi à reproduire de manière adéquate les symptômes à l'effort (49). Nous pourrions proposer des protocoles plus proches des conditions « écologiques » de la pratique sportive. L'idéal serait de pouvoir accompagner le sportif au bord du terrain et de réaliser les mesures au décours de la pratique réelle. Cela pose 2 problèmes : la portabilité du matériel CompuFlo® qui est loin d'être optimale (contrairement à son prédécesseur Stryker®) et le déplacement du personnel médical sur des sites parfois en pleine nature pour réaliser un seul test ...

L'hypothèse ischémique étant avancée dans le syndrome des loges, nous pourrions essayer de déclencher plus facilement les symptômes typiques des patients grâce à la technique de blood flow restriction (BFR), utilisée en rééducation chez les sportifs pour un gain de force et de masse musculaire plus rapide en créant une ischémie partielle des tissus pour stimuler la production musculaire (100).

D'après Roberts en 2012, les exercices excentriques seraient plus à même d'augmenter la pression intramusculaire post exercice que le travail concentrique (53).

#### *d) Diagnostic*

**L'interrogatoire** est primordial dans cette affection, l'examen clinique de repos étant typiquement peu contributif. Il nous a semblé que la localisation précise des douleurs était parfois difficile à exprimer par les patients, surtout concernant les douleurs de jambes plutôt postérieures. De manière intéressante, les douleurs décrites des loges postérieures sont sur

représentées par rapport aux études existantes (9). **Les pressions mesurées des loges postérieures sont globalement moins élevées** que dans les loges antérieures et nous ne retrouvons des valeurs pathologiques que dans 13% des cas. Nous pouvons donc nous poser les questions suivantes :

- Ces valeurs non pathologiques retrouvées dans la majorité des cas sont-elles dues à une difficulté de reproduction des douleurs typiques lors de notre consultation ? Dans une étude de Pedowitz et Al, 28,2% de la cohorte n'arrive pas à reproduire de manière adéquate les symptômes à l'effort concernant les membres inférieurs (49). Dans notre travail, même si le protocole de déclenchement a permis de reproduire des douleurs dans la majorité des cas, l'intensité des douleurs reproduites restait souvent en-dessous de celles ressenties par le patient lors de sa pratique sportive.
- Les critères de Pedowitz étant définis pour la loge antérieure de jambe, les valeurs seuils sont-elles réellement transposables pour la loge postérieure de jambe ? Ne faudrait-il pas définir des seuils spécifiques de positivité pour la loge postérieure de jambe ? Tiidus affirme en 2014 que les valeurs pathologiques admises pour la loge tibiale antérieure ne peuvent être appliquées aux autres groupes musculaires (54). Le nombre, le type et la fonction des muscles (muscles posturaux vs muscles propulseurs) diffèrent entre les loges et on peut ainsi imaginer que la pression dans les loges à l'effort puisse être différente. De même, entre le membre supérieur et le membre inférieur, nous pouvons envisager que la pesanteur puisse modifier les valeurs de référence comme c'est le cas pour la pression artérielle.
- Est-ce un problème de l'appareil de mesure ? Cette hypothèse paraissant peu probable aux vues des mesures retrouvées pour la loge antérieure de jambe et la fiabilité de l'appareil CompuFlo® confirmée lors de la première étude.
- On peut évoquer aussi une variabilité de positionnement de l'aiguille sous contrôle échographique, la loge profonde étant parfois difficilement atteignable ; certaines mesures réalisées étaient peut-être en loge superficielle. Winkes évoque en 2016, les difficultés de positionnement précis de l'aiguille avec les repères anatomiques seuls entraînant des positions d'aiguille non optimales dans 58 % (n=14/24) des cas après vérification du positionnement de l'aiguille à l'IRM. Il note également la présence de signes IRM d'hématome dans 38% des cas (99). L'utilisation de l'échographie comme outil de guide de positionnement devrait nous affranchir de ce problème mais la courbe

d'apprentissage du positionnement de l'aiguille dans la loge profonde peut expliquer une partie de ces résultats. Au vu de ceux-ci, nous avons récemment modifié la procédure de positionnement de l'aiguille dans la loge profonde en effectuant une 2<sup>ème</sup> voie d'abord (qui nécessite donc deux piqûres et une tolérance moins bonne) qui permet d'atteindre plus sûrement la loge postérieure (voie médiale, rétro-tibiale).

- Enfin, dans un certain nombre de cas, ne faudrait-il pas remettre en cause le diagnostic de syndrome des loges postérieures de jambe et explorer davantage les diagnostics différentiels de douleurs de jambe postérieures à l'effort ?

Le diagnostic nous semble plus évident concernant les loges antérieures des jambes, retrouvant dans la plupart des cas, des mesures positives associées à des symptômes typiques.

#### *e) Prise en charge et évolution*

L'appareil CompuFlo® a permis de remplir le rôle de triage pré-chirurgical de la consultation de mesure de pression des loges. En effet, parmi les 19 patients avec des valeurs positives (sur les 41 patients pour lesquels la mesure a été effectuée) pour lesquels une indication chirurgicale a été proposée, 17 ont répondu au questionnaire téléphonique et 13 avaient réellement été opérés (4 autres étaient en attente de chirurgie). Sur ces 13 patients, 9 patients ont été complètement soulagés par la chirurgie (69%).

Parmi les 22 patients pour lesquels au contraire une indication chirurgicale a été réfutée et une prise en charge rééducative ciblée prescrite, 20 patients ont répondu au questionnaire téléphonique et 17 s'estimaient satisfaits de la prise en charge (85%).

On peut donc estimer que grâce à la consultation de mesure de pression des loges, la chirurgie a pu être évitée pour au moins la moitié des cas (les 17 patients satisfaits de la prise en charge rééducative et les 10 patients pour lesquels une mesure de pression n'a même pas été réalisée car trop peu d'éléments en faveur de ce diagnostic lors de la consultation).

De plus cette consultation a permis d'obtenir un résultat favorable de la chirurgie dans presque  $\frac{3}{4}$  des cas (69%) grâce à une meilleure sélection des patients.

Le suivi téléphonique des patients dans notre étude montre que, malgré une satisfaction globale de la prise en charge majoritaire, presque un tiers des répondants déclare ne pas avoir repris de pratique sportive ce qui est non négligeable dans notre cohorte. Une partie des patients nous a fait part du manque de temps pour la pratique sportive dans leur vie quotidienne associé à un changement de mode de vie. Le taux de récurrence des symptômes après une chirurgie libératrice

des loges musculaires n'a pas pu être évalué précisément du fait du faible recul post chirurgical pour la majorité des patients interrogés ou encore du fait que certains patients diagnostiqués avec un CECS étaient encore en attente de la chirurgie au moment du recueil téléphonique.

**Cette étude rétrospective tient son originalité dans la description de l'utilisation d'un nouvel outil de mesure de pression des loges grâce à l'appareil CompuFlo® de chez Milestone Medical, présentant une alternative au Stryker® qui n'est plus commercialisé à ce jour. Elle met aussi en lumière l'apport de cette consultation de mesure de pression des loges dans le choix thérapeutique (chirurgie ou traitement rééducatif) et les difficultés diagnostiques et de prise en charge des loges postérieures des membres inférieurs.**

## **2.6 Conclusion**

**L'appareil CompuFlo® de chez Milestone Medical, utilisé couramment en anesthésie loco régionale comme capteur de mesure de pression, est un outil de mesure fiable, précis et simple d'utilisation en pratique médicale courante pour mesurer la pression directe intramusculaire chez des patients suspects de CECS. Le Stryker® n'étant plus commercialisé à l'heure actuelle, nous pensons que le CompuFlo® pourrait présenter une technique alternative intéressante pour réaliser ces mesures de pression directe intramusculaire.**

**Cette étude montre l'apport de l'utilisation du CompuFlo® en pratique de soins courants dans le diagnostic de syndrome chronique des loges d'effort.**

### **3. BIBLIOGRAPHIE**

1. de Bruijn JA, van Zantvoort APM, van Klaveren D, Winkes MB, van der Crujisen-Raaijmakers M, Hoogeveen AR, et al. Factors Predicting Lower Leg Chronic Exertional Compartment Syndrome in a Large Population. *Int J Sports Med.* janv 2018;39(1):58-66.
2. 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.
3. Barnes M. Diagnosis and management of chronic compartment syndromes: a review of the literature. *Br J Sports Med.* mars 1997;31(1):21-7.
4. Vajapey S, Miller TL. Evaluation, diagnosis, and treatment of chronic exertional compartment syndrome: a review of current literature. *Phys Sportsmed.* 2017;45(4):391-8.
5. Bong MR, Polatsch DB, Jazrawi LM, Rokito AS. Chronic exertional compartment syndrome: diagnosis and management. *Bull Hosp Jt Dis N Y N.* 2005;62(3-4):77-84.
6. Nauck T, Lohrer H, Padhiar N, King JB. Development and validation of a questionnaire to measure the severity of functional limitations and reduction of sports ability in German-speaking patients with exercise-induced leg pain. *Br J Sports Med.* janv 2015;49(2):113-7.
7. Breen DT, Foster J, Falvey E, Franklyn-Miller A. Gait re-training to alleviate the symptoms of anterior exertional lower leg pain: a case series. *Int J Sports Phys Ther.* févr 2015;10(1):85-94.
8. 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.
9. Turnipseed WD. Diagnosis and management of chronic compartment syndrome. *Surgery.* oct 2002;132(4):613-7; discussion 617-619.
10. Pozzi A, Pivato G, Kask K, Susini F, Pegoli L. Single portal endoscopic treatment for chronic exertional compartment syndrome of the forearm. *Tech Hand Up Extrem Surg.* sept 2014;18(3):153-6.
11. Sindhu K, Cohen B, Gil JA, Blood T, Owens BD. Chronic exertional compartment syndrome of the forearm. *Phys Sportsmed.* 2019;47(1):27-30.
12. Piasecki DP, Meyer D, Bach BR. Exertional compartment syndrome of the forearm in an elite flatwater sprint kayaker. *Am J Sports Med.* nov 2008;36(11):2222-5.
13. Schoeffl V, Klee S, Strecker W. Evaluation of physiological standard pressures of the

- forearm flexor muscles during sport specific ergometry in sport climbers. *Br J Sports Med.* août 2004;38(4):422-5.
14. Fontes D, Clement R, Roure P. [Endoscopic aponeurotomy for chronic exertional compartmental syndrome of the forearm: report of 41 cases]. *Chir Main.* août 2003;22(4):186-96.
  15. Raether PM, Lutter LD. Recurrent compartment syndrome in the posterior thigh. Report of a case. *Am J Sports Med.* févr 1982;10(1):40-3.
  16. Paik RS, Pepple DA, Pepples D, Hutchinson MR. Chronic exertional compartment syndrome. *BMJ.* 15 janv 2013;346:f33.
  17. Mollica MB, Duyshart SC. Analysis of pre- and postexercise compartment pressures in the medial compartment of the foot. *Am J Sports Med.* avr 2002;30(2):268-71.
  18. Styf J, Lysell E. Chronic compartment syndrome in the erector spinae muscle. *Spine.* sept 1987;12(7):680-2.
  19. Schubert AG. Exertional compartment syndrome: review of the literature and proposed rehabilitation guidelines following surgical release. *Int J Sports Phys Ther.* juin 2011;6(2):126-41.
  20. Styf J. *Compartment Syndromes: Diagnosis, Treatment, and Complications.* CRC Press; 2003. 332 p.
  21. Hurschler C, Vanderby R, Martinez DA, Vailas AC, Turnipseed WD. Mechanical and biochemical analyses of tibial compartment fascia in chronic compartment syndrome. *Ann Biomed Eng.* juin 1994;22(3):272-9.
  22. Mohler LR, Styf JR, Pedowitz RA, Hargens AR, Gershuni DH. Intramuscular deoxygenation during exercise in patients who have chronic anterior compartment syndrome of the leg. *J Bone Joint Surg Am.* juin 1997;79(6):844-9.
  23. Styf J, Körner L, Suurkula M. Intramuscular pressure and muscle blood flow during exercise in chronic compartment syndrome. *J Bone Joint Surg Br.* mars 1987;69(2):301-5.
  24. 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):810-6; discussion 816-817.
  25. Lecocq J, Isner-Horobeti ME, Dupeyron A, Helmlinger JL, Vautravers P. Le syndrome de loge d'effort. /data/revues/01686054/v0047i06/0400100x/ [Internet]. [cité 15 déc 2019]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/en/article/26742>

26. Exertional Compartment Syndromes [Internet]. Medscape. [cité 18 avr 2020]. Disponible sur: <http://www.medscape.com/viewarticle/717391>
27. Styf JR, Körner LM. Microcapillary infusion technique for measurement of intramuscular pressure during exercise. *Clin Orthop*. juin 1986;(207):253-62.
28. Styf JR, Körner LM. Diagnosis of chronic anterior compartment syndrome in the lower leg. *Acta Orthop Scand*. avr 1987;58(2):139-44.
29. Tucker AK. Chronic exertional compartment syndrome of the leg. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2 sept 2010;3(1-4):32-7.
30. de Langfitt C. Hypertension intra-crânienne. :6.
31. Plantefève G. Le syndrome compartimental abdominalThe abdominal compartment syndrome. *Réanimation*. sept 2003;12(6):422-9.
32. de Bruijn J, Winkes M, van Eerten P, Scheltinga M. Chronic exertional compartment syndrome as a cause of anterolateral leg pain. *Unfallchirurg [Internet]*. 12 avr 2019 [cité 11 juill 2019]; Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/s00113-019-0641-9>
33. Horn CE. Acute Ischaemia of the Anterior Tibial Muscle and the Long Extensor Muscles of the Toes. *J Bone Jt Surg*. 1945;615.
34. Mavor GE. The anterior tibial syndrome. *J Bone Joint Surg Br*. mai 1956;38-B(2):513-7.
35. Leach RE, Hammond G, Stryker WS. Anterior Tibial Compartment Syndrome: ACUTE AND CHRONIC. *JBSJ*. avr 1967;49(3):451.
36. Reneman RS. The anterior and the lateral compartmental syndrome of the leg due to intensive use of muscles. *Clin Orthop*. déc 1975;(113):69-80.
37. Frink M, Hildebrand F, Krettek C, Brand J, Hankemeier S. Compartment Syndrome of the Lower Leg and Foot. *Clin Orthop*. avr 2010;468(4):940-50.
38. Myerson MS. Experimental decompression of the fascial compartments of the foot--the basis for fasciotomy in acute compartment syndromes. *Foot Ankle*. juin 1988;8(6):308-14.
39. Manoli A, Weber TG. Fasciotomy of the foot: an anatomical study with special reference to release of the calcaneal compartment. *Foot Ankle*. avr 1990;10(5):267-75.
40. Compartiments [Internet]. IMAIOS. [cité 2 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.imaios.com/fr/e-Anatomy/Structures-anatomiques/Compartiments2>
41. Saikia KC, Bhattacharya TD, Agarwala V. Anterior compartment pressure measurement in closed fractures of leg. *Indian J Orthop*. avr 2008;42(2):217-21.
42. Rorabeck CH, Castle GS, Hardie R, Logan J. Compartmental pressure measurements: an experimental investigation using the slit catheter. *J Trauma*. juin 1981;21(6):446-9.



43. McDermott AG, Marble AE, Yabsley RH, Phillips MB. Monitoring dynamic anterior compartment pressures during exercise. A new technique using the STIC catheter. *Am J Sports Med.* avr 1982;10(2):83-9.
44. Willy C, Gerngross H, Sterk J. Measurement of intracompartmental pressure with use of a new electronic transducer-tipped catheter system. *J Bone Joint Surg Am.* févr 1999;81(2):158-68.
45. Boody AR, Wongworawat MD. Accuracy in the measurement of compartment pressures: a comparison of three commonly used devices. *J Bone Joint Surg Am.* nov 2005;87(11):2415-22.
46. Moed BR, Thorderson PK. Measurement of intracompartmental pressure: a comparison of the slit catheter, side-ported needle, and simple needle. *J Bone Joint Surg Am.* févr 1993;75(2):231-5.
47. Nkele C, Aindow J, Grant L. Study of pressure of the normal anterior tibial compartment in different age groups using the slit-catheter method. *J Bone Joint Surg Am.* janv 1988;70(1):98-101.
48. Hargens AR, Mubarak SJ, Owen CA, Garetto LP, Akeson WH. Interstitial fluid pressure in muscle and compartment syndromes in man. *Microvasc Res.* juill 1977;14(1):1-10.
49. 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.* févr 1990;18(1):35-40.
50. Nakhostine M, Styf JR, van Leuven S, Hargens AR, Gershuni DH. Intramuscular pressure varies with depth. The tibialis anterior muscle studied in 12 volunteers. *Acta Orthop Scand.* juin 1993;64(3):377-81.
51. Gershuni DH, Yaru NC, Hargens AR, Lieber RL, O'Hara RC, Akeson WH. Ankle and knee position as a factor modifying intracompartmental pressure in the human leg. *J Bone Joint Surg Am.* déc 1984;66(9):1415-20.
52. Tsintzas D, Ghosh S, Maffulli N, King JB, Padhiar N. [The effect of ankle position on intracompartmental pressures of the leg]. *Acta Orthop Traumatol Turc.* févr 2009;43(1):42-8.
53. pubmeddev, A RA and F-M. The validity of the diagnostic criteria used in chronic exertional compartment syndrome: a systematic review. - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22092446>
54. Tiidus PM. Is intramuscular pressure a valid diagnostic criterion for chronic exertional compartment syndrome? *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* janv 2014;24(1):87-8.

55. pubmeddev, al RD et. Intramuscular compartment pressure measurement in chronic exertional compartment syndrome: new and improved diagnostic criteria. - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 28 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25406302>
56. Orava S, Puranen J. Athletes' leg pains. *Br J Sports Med.* sept 1979;13(3):92-7.
57. Aweid O, Del Buono A, Malliaras P, Iqbal H, Morrissey D, Maffulli N, et al. Systematic review and recommendations for intracompartmental pressure monitoring in diagnosing chronic exertional compartment syndrome of the leg. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* juill 2012;22(4):356-70.
58. van den Brand JGH, Nelson T, Verleisdonk EJMM, van der Werken C. The diagnostic value of intracompartmental pressure measurement, magnetic resonance imaging, and near-infrared spectroscopy in chronic exertional compartment syndrome: a prospective study in 50 patients. *Am J Sports Med.* mai 2005;33(5):699-704.
59. Breit GA, Gross JH, Watenpaugh DE, Chance B, Hargens AR. Near-infrared spectroscopy for monitoring of tissue oxygenation of exercising skeletal muscle in a chronic compartment syndrome model. *J Bone Joint Surg Am.* juin 1997;79(6):838-43.
60. Amendola A, Rorabeck CH, Vellett D, Vezina W, Rutt B, Nott L. The use of magnetic resonance imaging in exertional compartment syndromes. *Am J Sports Med.* févr 1990;18(1):29-34.
61. Verleisdonk EJ, van Gils A, van der Werken C. The diagnostic value of MRI scans for the diagnosis of chronic exertional compartment syndrome of the lower leg. *Skeletal Radiol.* juin 2001;30(6):321-5.
62. Tominaga A, Shimada K, Temporin K, Noguchi R. Post-Exertional MRI Is Useful as a Tool for Diagnosis and Treatment Evaluation for Chronic Exertional Compartment Syndrome of Forearms. *J Hand Surg Asian-Pac Vol.* sept 2019;24(3):311-6.
63. Kiuru MJ, Mantysaari MJ, Pihlajamaki HK, Ahovuo JA. Evaluation of stress-related anterior lower leg pain with magnetic resonance imaging and intracompartmental pressure measurement. *Mil Med.* janv 2003;168(1):48-52.
64. Wassermann D, Oschman Z, Sports D. Role of ultrasound as a non-invasive method of diagnosis of chronic exertional compartment syndrome. :7.
65. Rajasekaran S, Beavis C, Aly A-R, Leswick D. The utility of ultrasound in detecting anterior compartment thickness changes in chronic exertional compartment syndrome: a pilot study. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* juill 2013;23(4):305-11.

66. Balduini FC, Shenton DW, O'Connor KH, Heppenstall RB. Chronic exertional compartment syndrome: correlation of compartment pressure and muscle ischemia utilizing <sup>31</sup>P-NMR spectroscopy. *Clin Sports Med.* janv 1993;12(1):151-65.
67. Owens S, Edwards P, Miles K, Jenner J, Allen M. Chronic compartment syndrome affecting the lower limb: MIBI perfusion imaging as an alternative to pressure monitoring: two case reports. *Br J Sports Med.* févr 1999;33(1):49-51.
68. Trease L, van Every B, Bennell K, Brukner P, Rynderman J, Baldey A, et al. A prospective blinded evaluation of exercise thallium-201 SPET in patients with suspected chronic exertional compartment syndrome of the leg. *Eur J Nucl Med.* juin 2001;28(6):688-95.
69. Mémoire 2018: Intérêt de l'élastographie dans l'évaluation de la rigidité musculaire après effort.
70. Brennan FH, Kane SF. Diagnosis, treatment options, and rehabilitation of chronic lower leg exertional compartment syndrome. *Curr Sports Med Rep.* oct 2003;2(5):247-50.
71. Mohile N, Perez J, Rizzo M, Emerson CP, Foremny G, Allegra P, et al. Chronic Lower Leg Pain in Athletes: Overview of Presentation and Management. *HSS J Musculoskelet J Hosp Spec Surg.* févr 2020;16(1):86-100.
72. Edwards PH, Wright ML, Hartman JF. A practical approach for the differential diagnosis of chronic leg pain in the athlete. *Am J Sports Med.* août 2005;33(8):1241-9.
73. Lohrer H, Malliaropoulos N, Korakakis V, Padhiar N. Exercise-induced leg pain in athletes: diagnostic, assessment, and management strategies. *Phys Sportsmed.* 2019;47(1):47-59.
74. Rajasekaran S, Hall MM. Nonoperative Management of Chronic Exertional Compartment Syndrome: A Systematic Review. *Curr Sports Med Rep.* juin 2016;15(3):191-8.
75. Blackman PG, Simmons LR, Crossley KM. Treatment of chronic exertional anterior compartment syndrome with massage: a pilot study. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* janv 1998;8(1):14-7.
76. 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.
77. 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. *Orthop J Sports Med [Internet].* 24 mars 2015 [cité 26 avr 2020];3(3). Disponible sur:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4622359/>

78. 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.
79. Finnoff JT, Rajasekaran S. Ultrasound-Guided, Percutaneous Needle Fascial Fenestration for the Treatment of Chronic Exertional Compartment Syndrome: A Case Report. *PM R.* mars 2016;8(3):286-90.
80. Thein R, Tilbor I, Rom E, Herman A, Haviv B, Burstein G, et al. Return to sports after chronic anterior exertional compartment syndrome of the leg: Conservative treatment versus surgery. *J Orthop Surg Hong Kong.* août 2019;27(2):2309499019835651.
81. 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.
82. 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 Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* 2016;32(7):1478-86.
83. Rorabeck CH, Fowler PJ, Nott L. The results of fasciotomy in the management of chronic exertional compartment syndrome. *Am J Sports Med.* juin 1988;16(3):224-7.
84. pubmeddev, al WJ et. Endoscopic compartment release for chronic exertional compartment syndrome: surgical technique and results. - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 27 avr 2020]. Disponible sur:  
[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=.+Wittstein+JEndoscopic+compartment+release+for+chronic+exertional+compartment+syndrome%3A+Surgical+technique+and+results.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=.+Wittstein+JEndoscopic+compartment+release+for+chronic+exertional+compartment+syndrome%3A+Surgical+technique+and+results)
85. Lohrer H, Nauck T. Endoscopically assisted release for exertional compartment syndromes of the lower leg. *Arch Orthop Trauma Surg.* nov 2007;127(9):827-34.
86. Raikin SM, Rapuri VR, Vitanzo P. Bilateral simultaneous fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome. *Foot Ankle Int.* déc 2005;26(12):1007-11.
87. de Fijter WM, Scheltinga MR, Luiting MG. Minimally invasive fasciotomy in chronic exertional compartment syndrome and fascial hernias of the anterior lower leg: short- and long-term results. *Mil Med.* mai 2006;171(5):399-403.
88. Buerba RA, Fretes NF, Devana SK, Beck JJ. Chronic exertional compartment syndrome: current management strategies. *Open Access J Sports Med.* 23 mai 2019;10:71-9.

89. Waterman BR, Laughlin M, Kilcoyne K, Cameron KL, Owens BD. Surgical treatment of chronic exertional compartment syndrome of the leg: failure rates and postoperative disability in an active patient population. *J Bone Joint Surg Am.* 3 avr 2013;95(7):592-6.
90. 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.
91. Verleisdonk EJMM, Schmitz RF, van der Werken C. Long-term results of fasciotomy of the anterior compartment in patients with exercise-induced pain in the lower leg. *Int J Sports Med.* avr 2004;25(3):224-9.
92. Winkes MB, Hoogeveen AR, Scheltinga MR. Is surgery effective for deep posterior compartment syndrome of the leg? A systematic review. *Br J Sports Med.* déc 2014;48(22):1592-8.
93. Winkes MB, Luiten EJT, van Zoest WJF, Sala HA, Hoogeveen AR, Scheltinga MR. Long-term results of surgical decompression of chronic exertional compartment syndrome of the forearm in motocross racers. *Am J Sports Med.* févr 2012;40(2):452-8.
94. Irion V, Magnussen RA, Miller TL, Kaeding CC. Return to activity following fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome. *Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol.* oct 2014;24(7):1223-8.
95. Pasic N, Bryant D, Willits K, Whitehead D. Assessing outcomes in individuals undergoing fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome of the leg. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* avr 2015;31(4):707-713.e5.
96. Howard JL, Mohtadi NG, Wiley JP. Evaluation of outcomes in patients following surgical treatment of chronic exertional compartment syndrome in the leg. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* juill 2000;10(3):176-84.
97. Schepsis AA, Martini D, Corbett M. Surgical management of exertional compartment syndrome of the lower leg. Long-term followup. *Am J Sports Med.* déc 1993;21(6):811-7; discussion 817.
98. Winkes MB, Hoogeveen AR, Houterman S, Giesberts A, Wijn PF, Scheltinga MR. Compartment pressure curves predict surgical outcome in chronic deep posterior compartment syndrome. *Am J Sports Med.* août 2012;40(8):1899-905.
99. Winkes MB, Tseng CM, Pasmans HL, van der Crujisen-Raaijmakers M, Hoogeveen AR, Scheltinga MR. Accuracy of Palpation-Guided Catheter Placement for Muscle Pressure Measurements in Suspected Deep Posterior Chronic Exertional Compartment Syndrome of the

Lower Leg: A Magnetic Resonance Imaging Study. Am J Sports Med. oct 2016;44(10):2659-66.  
100. Slysz J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. J Sci Med Sport. Août 2016;19(8):669-75.

#### **4. LISTE DES ABREVIATIONS**

ACS: Acute Compartment Syndrome

BFR: Blood Flow Restriction

CECS: Chronic Exertional Compartment Syndrome

IMP: Intramuscular pressure

MIBI: methoxyisobutylisonitrile

NIRS: Near Infra-Red Spectometry

P-NMR: Phosphorus- 31 Nuclear Magnetic Resonance Imaging

PIC: Pression intra crânienne

PIM: Pression intramusculaire

Protocole RICE: Rest, Ice, Compression, Elevation

SPET: Single Photon Emission Tomography

## 5. ANNEXES

### Annexe 1 : Appareil de mesure CompuFlo® Dynamic Pressure Sensing technology de chez Milestone Medical



Régulation des débits et monitoring des pressions.

Applications actuelles : injection de toxine botulique à visée cosmétique, identification de l'espace épidural en anesthésie loco régionale, injections intra articulaires.

### Annexe 2 : Photographie de la Powerball utilisée pour déclencher les symptômes douloureux chez les patients suspects de CECS des avant-bras





### **Annexe 3 : Questionnaire de suivi patient par entretien téléphonique**

#### A) DIAGNOSTIC

6. Quelle a été la conclusion de votre visite au CHU pour suspicion de syndrome des loges ?
  - a. Diagnostic peu probable, pas de mesure directe de pression réalisée
  - b. Diagnostic probable mais pas de mesure directe de pression réalisée
  - c. Diagnostic probable avec mesure directe de pression réalisée mais négative
  - d. Diagnostic probable avec mesure directe de pression réalisée et positive

#### B) PRISE EN CHARGE THERAPEUTIQUE

6. Quelle a été la prise en charge thérapeutique prescrite ?
  - a. Kinésithérapie
  - b. Chirurgie
  - c. Autre : précisez

#### C) RESULTATS

6. Satisfaction : dans quelle mesure vous estimez-vous satisfaits de la prise en charge effectuée ?
  - a. Échelle de Likert en 5 points
    - i. Très satisfait
    - ii. Plutôt satisfait
    - iii. Pas d'avis
    - iv. Plutôt insatisfait
    - v. Complètement insatisfait
6. Pratique sportive :
  - a. Dans quelle mesure avez-vous pu reprendre votre activité sportive ?
    - i. Même activité au même niveau
    - ii. Même activité mais à un niveau plus bas
    - iii. Autre activité : laquelle ?
    - iv. Aucune activité sportive n'a pu être reprise
  - b. Si vous avez repris une activité sportive : à quel délai avez-vous repris :
    - i. Les premières sollicitations ?
    - ii. Votre niveau actuel ?

## 6. SERMENT

### SERMENT

- *En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.*
- *Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.*
- *Admis (e) dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.*
- *Respectueux (se) et reconnaissant (e) envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.*
- *Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert (e) d'opprobre et méprisé (e) de mes confrères si j'y manque.*

## **7. RESUME EN ANGLAIS**

**INTRODUCTION** – Medical interview and intramuscular pressure (IMP) measurement after exertion help us in the diagnosis of chronic exertional compartment syndrome (CECS). The Stryker® was a useful medical tool to measure the IMP but is not available in France anymore. We present a new medical device, the CompuFlo® from Milestone Medical Company, that could replace the Stryker®. The main objective was to describe data from our current practice in a retrospective study.

**METHODOLOGY** – Presentation of a bench test to compare pressure measurements between the CompuFlo® device and the PressureMAT® system that is considered the benchmark tool. Then, descriptive retrospective single-center study realized between January 2018 and March 2020. Data were analyzed from the Dxcare® software program. Direct IMP measurements were done with the CompuFlo® 1 min and 5 min after exertion under echographic control. All patients consulting for suspected CECS were included in the study.

**RESULTS** – The bench test shows measures variations of 1 to 2 mmHg between the two devices. The data collected from our descriptive study between January 2018 and March 2020, were analyzed in 51 patients with mean age 30. 41 patients had an IMP measurement with the CompuFlo®. The anterior leg IMP measurements were positive for the majority of the patients (mean IMP 1 min after exercise= 64,16 mmHg and 5 min after exercise= 53,75mmHg). The reproducibility of typical exercise-induced pain was more difficult concerning the forearms (mean IMP 1 min after exercise= 23,08 mmHg and 5 min after exercise= 20,72 mmHg). The posterior leg IMP values were inferior to those found in the anterior compartment of the leg, leading us to question ourselves concerning potential differential diagnosis (mean IMP 1 min after exercise= 21,50 mmHg and 5 min after exercise= 20,13 mmHg).

**CONCLUSION** – The CompuFlo® is a CE certified medical device, used in clinical practice in local anesthesia to measure intratissular pressure and is a secure and reliable tool in our current sports medicine practice to diagnose CECS.

**KEY WORDS:** Chronic Exertional Compartment Syndrome, Exercise-induced pain, intramuscular pressure measurement, CompuFlo®.

## **9. RESUME**

**INTRODUCTION** - L'interrogatoire médical et la mesure de pression directe intramusculaire post exercice permettent le diagnostic et la prise en charge du syndrome chronique des loges d'effort (CECS). Dans un contexte de pénurie des moyens de mesure de pression intramusculaire (PIM), après l'arrêt de la commercialisation du Stryker® en France, nous présentons un nouvel appareil de mesure de PIM, le CompuFlo® de chez Milestone Medical. Cet outil pourrait présenter une alternative aux anciennes méthodes de mesure pour permettre le diagnostic de CECS. L'objectif principal de cette étude était d'analyser les données rétrospectives des patients ayant consulté pour suspicion de syndrome chronique des loges d'effort avec réalisation de mesure des PIM via le CompuFlo®.

**METHODE** – Présentation d'un protocole « bench test » in vitro pour évaluer la fiabilité des valeurs du CompuFlo® comparé à un appareil de mesure de pression considéré comme référence, le PressureMAT®. Puis réalisation d'une étude descriptive rétrospective monocentrique avec analyse des données patients sur le logiciel Dxcare®. Mesure directe des PIM avec le CompuFlo® à 1 min et 5 min post exercice sous contrôle échographique. Inclusion de tous les patients ayant consultés spécifiquement pour suspicion de CECS à la consultation de médecine du sport du CHU de Montpellier.

**RESULTATS** – Le bench test montre une variation de valeur de pression entre 1 à 2 mmHg entre les 2 appareils de mesure. Les données de l'étude descriptive recueillies entre janvier 2018 et mars 2020, ont été analysées chez 51 patients, d'âge moyen de 30 ans, dont 41 ont bénéficié d'une mesure de PIM. Les mesures de PIM des loges antérieures de jambes étaient positives dans la majorité des cas (moyenne de PIM= 64,16 mmHg à 1 min et 53,75 mmHg à 5min), permettant de confirmer le diagnostic. La reproductibilité des douleurs typiques d'effort au niveau des avant-bras était plus difficile lors de la consultation et les mesures de PIM étaient dans les limites supérieures (moyenne pour la loge antérieure profonde= 23,08 mmHg à 1 min et 20,72 mmHg à 5 min). Les mesures de pression concernant les loges postérieures des jambes étaient nettement inférieures à celles retrouvées en antérieur soulevant des questions de stratégie diagnostique ou de diagnostic différentiel dans ces cas précis (moyenne de PIM pour la loge postérieure profonde = 21,5 mmHg à 1 min et 20,13 mmHg à 5min).

**CONCLUSION** - Le CompuFlo® est un appareil certifié CE, validé en pratique clinique en anesthésie loco régionale comme capteur de mesure de pression et utilisé de manière fiable et sécurisée en médecine du sport pour la mesure des pressions directes intramusculaires dans le diagnostic de CECS.

**MOTS CLES** : Syndrome chronique des loges d'effort, douleurs induites par l'exercice, mesure de pression directe intramusculaire, CompuFlo®.