



Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et Réadaptation

Pays de la Loire.

Institut Régional de  
Formation aux Métiers  
de Rééducation  
et de Réadaptation  
Pays de la Loire

MASSO-KINESITHÉRAPIE

54, rue de la Baugerie – 44230 SAINT- SÉBASTIEN SUR LOIRE

# **L'entorse latérale de cheville : amélioration de l'amplitude de flexion dorsale par utilisation de l'imagerie motrice**

## **Protocole de recherche**

Yoann LUCAS

Mémoire UE28

Semestre 10

Année scolaire : 2022-2023

RÉGION DES PAYS DE LA LOIRE



## Engagement de Non Plagiat

---

Je, soussigné LUCAS Yoann, déclare être pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Fait à Nantes

Le 24/04/2023

Signature :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Lucas', with a horizontal line drawn through it.

### **AVERTISSEMENT**

Les mémoires des étudiants de l'Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et de la Réadaptation sont réalisés au cours de la dernière année de formation MK.

Ils réclament une lecture critique. Les opinions exprimées n'engagent que les auteurs. Ces travaux ne peuvent faire l'objet d'une publication, en tout ou partie, sans l'accord des auteurs et de l'IFM3R.



## Remerciements

---

Je tiens à remercier quelques personnes qui, de près ou de loin, m'ont accompagné durant la réalisation de ce mémoire d'initiation à la recherche et mon parcours de formation.

Tout d'abord, ma famille, qui m'a soutenu, encouragé et accompagné tout au long de ma scolarité me permettant de m'épanouir et d'atteindre mes objectifs.

Mes amis pour tous les moments que nous avons pu partager et leur soutien notamment dans les moments difficiles.

Enfin, mon directeur de mémoire pour son aide, ses conseils et le partage de son expertise dans le domaine de la recherche scientifique qui ont permis d'aboutir à ce travail.



## Résumé

---

L'entorse de la cheville est la blessure la plus courante dans le champ musculo-squelettique. Elle correspond à une atteinte des ligaments de la cheville et se traduit par différents symptômes dont le déficit d'amplitude de flexion dorsale de la cheville. Les recommandations internationales actuelles préconisent une rééducation par l'exercice pour la prise en charge de l'entorse latérale de la cheville. Des techniques manuelles peuvent être associées aux exercices notamment la mobilisation articulaire.

L'imagerie motrice est une stratégie thérapeutique utilisée dans le champ sportif ou neurologique. Les recherches se développent à son sujet sur son utilisation dans le champ musculo-squelettique. Seul l'article de Christakou et al. a étudié l'effet de l'imagerie motrice dans le cadre de l'entorse de la cheville. L'imagerie motrice correspond à l'imagination d'un mouvement sans l'exécuter physiquement.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité de l'imagerie motrice sur la récupération de l'amplitude de flexion dorsale après une entorse latérale de la cheville. Il s'agit d'un protocole d'étude interventionnelle prospective contrôlée et randomisée. Elle regroupe 92 participants répartis en deux groupes (contrôle et expérimental). L'ensemble des participants effectue un programme de pratique physique. Le groupe expérimental réalise une séance d'imagerie motrice en plus alors que le groupe contrôle est soumis à une intervention placebo. L'étude a pour objectif d'évaluer l'amplitude de flexion dorsale de la cheville, la douleur, la force musculaire et la fonction auto-déclarée du membre inférieur.

En cas de validation des hypothèses et de résultats positifs, l'imagerie motrice serait considérée comme une technique thérapeutique alternative efficace dans la prise en charge de l'entorse de la cheville et du déficit d'amplitude de mouvement.

## Mots-clés

---

- Entorse de la cheville
- Imagerie motrice
- Amplitude de mouvement
- Weight Bearing Lunge Test

## **Abstract**

---

Ankle sprains are the most common injury in the musculoskeletal field. It is caused by damage to the ligaments of the ankle and results in a variety of symptoms, including a deficit of range of motion in ankle dorsiflexion. Current international guidelines recommend exercise rehabilitation for the management of lateral ankle sprains. Manual techniques can be combined with exercise, such as joint mobilisation.

Motor imagery is a therapeutic strategy used in sports or neurological field. Research is developing on its use in the musculoskeletal field. Only the article by Christakou et al. studied the effect of motor imagery in the context of ankle sprains. Motor imagery is the imagination of a movement without physically performing it.

The aim of this study is to evaluate the effectiveness of motor imagery on the recovery of range of motion in dorsiflexion after a lateral ankle sprain. This is a prospective randomised controlled interventional study protocol. It includes 92 participants divided into two groups (control and experimental). All the participants carry out a physical exercise programme. The experimental group had an additional motor imagery session, while the control group received a placebo intervention. This study assesses ankle dorsiflexion range of motion, pain, muscle strength and self-reported lower limb function.

If the hypotheses are validated and the results are positive, motor imagery would be considered an effective alternative therapeutic technique for the management of ankle sprains and range of motion deficits.

## **Keywords**

---

- Ankle sprain
- Motor imagery
- Range of motion
- Weight Bearing Lunge Test

## **Glossaire des abréviations**

---

ANOVA : Analysis Of Variance (Analyse de la variance)

ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé

CIF : Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé

CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

CPP : Comité de Protection des Personnes

HAS : Haute Autorité de Santé

LEFS : Lower Extremity Functional Scale

MCID : Minimal Clinical Important Difference (Différence Minimale Cliniquement Pertinente)

MIQ : Movement Imagery Questionnaire

NPRS : Numeric Pain Rating Scale

RIRCM : Recherches Interventionnelles à Risques et Contraintes Minimales

TDMI : Time Dependent Motor Imagery

VMIQ : Vividness of Motor Imagery Questionnaire

WBLT : Weight Bearing Lunge Test

## Sommaire

---

1	Introduction .....	1
2	Cadre conceptuel .....	2
2.1	L'entorse de la cheville .....	2
2.2	L'imagerie motrice.....	10
2.3	Justification de la mise en place du protocole et problématisation .....	17
3	Méthode.....	19
3.1	Conception du protocole.....	19
3.2	Cadre éthique et réglementaire .....	21
3.3	Objectifs de l'étude .....	22
3.4	Critères de jugement .....	23
3.5	Population cible .....	24
3.6	Planification de l'étude.....	26
3.7	Descriptions des interventions.....	27
3.8	Effets indésirables.....	36
3.9	Critères d'arrêt de participation au protocole .....	37
3.10	Evaluation de l'intervention .....	38
4	Résultats.....	38
4.1	Qualité métrologique des critères de jugement .....	38
4.2	Analyse des données .....	40
5	Discussion.....	41
5.1	Interprétation des résultats.....	41
5.2	Limites et biais de l'étude.....	42
5.3	Perspectives professionnelles et personnelles .....	43
6	Conclusion.....	45
	Références bibliographiques .....	
	Annexes 1 à 3 .....	I à VII

## 1 Introduction

L'entorse de la cheville est la blessure la plus courante dans le champ musculo-squelettique (1,2). Dans les pays occidentaux, chaque jour, une entorse de la cheville survient pour environ 10 000 personnes. Aux Etats-Unis, plus de 2 millions d'entorses de la cheville sont traitées aux urgences chaque année. La moitié des entorses de la cheville survient au cours d'une activité physique ou sportive (1,3).

L'entorse de la cheville représente donc un enjeu de santé publique majeur et de nombreux masseur-kinésithérapeutes diplômés d'Etat sont susceptibles de prendre en charge des patients présentant ce traumatisme.

L'intérêt pour cette thématique est lié à des expériences professionnelles rencontrées lors de stage clinique dans le cadre des études de masso-kinésithérapie ainsi qu'à des expériences personnelles. En effet, lors de différents stages, plusieurs patients présentant une entorse de la cheville ont été pris en soins. Après la réalisation du bilan diagnostic kinésithérapique selon la Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé (CIF)(4), les déficits des patients ont été mis en avant. Parmi ceux-ci, un déficit en particulier a attiré l'attention. Il s'agit du déficit d'amplitude de mouvement de la cheville et notamment le déficit de flexion dorsale (1). Lors des stages cliniques, différentes techniques ont pu être mises en œuvre pour permettre aux patients de récupérer leurs amplitudes de mouvement de la cheville. Cette situation a permis de se questionner sur l'utilisation d'autres techniques et stratégies thérapeutiques pour permettre une récupération d'amplitude de mouvement dans le cas où les stratégies déjà connues se retrouveraient inefficaces.

L'idée d'utiliser l'imagerie motrice dans le cadre d'un déficit d'amplitude de mouvement de la cheville après une entorse est apparue. En effet, un stage avait au préalable été effectué dans un service de neurologie. Au cours de ce stage, des séances d'imagerie motrice ont été proposées à des patients pris en charge après un Accident Vasculaire Cérébral. Ces séances ont attiré l'intérêt sur l'imagerie motrice et sur ses capacités de permettre la récupération des fonctions des patients. Cependant, le champ neurologique est différent du champ musculo-squelettique.

Si les recherches dans la littérature montrent que l'imagerie motrice est utilisée dans le champ neurologique, la question de son utilisation dans le champ musculo-squelettique s'est posée.

A la suite de différentes recherches sur plusieurs bases de données scientifiques, il s'est avéré que des articles traitant de l'imagerie motrice dans le champ musculo-squelettique ont été trouvés. Il existe des articles concernant le genou avec notamment la ligamentoplastie ou encore l'arthroplastie (5,6). Un seul article trouvé traite de l'entorse de cheville (7).

Après ces recherches, et compte tenu de l'enjeu de santé publique que suscite l'entorse de la cheville, la question de recherche suivante a été posée : l'utilisation d'un programme d'imagerie motrice associée à une rééducation physique peut-elle être efficace pour permettre aux patients de récupérer leur déficit d'amplitude de mouvement en flexion dorsale provoqué par la survenue d'une entorse latérale de la cheville ?

Pour répondre à cette question de recherche, la méthode la plus adéquate semble être la rédaction d'un protocole de recherche sans mise en œuvre de celui-ci. Dans un premier temps, les différents concepts de cette problématique vont être présentés. Ensuite, la méthode utilisée pour mettre en place ce protocole de recherche sera développée. Enfin, une discussion analysera les résultats et le protocole en évoquant ses limites, ses biais et ses perspectives.

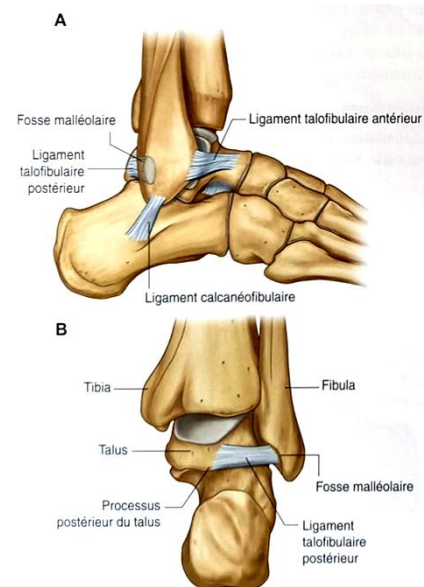
## **2 Cadre conceptuel**

### **2.1 L'entorse de la cheville**

#### **2.1.1 Rappels anatomiques**

L'articulation de la cheville correspond à la jonction entre le segment jambier et le pied. Elle est composée de trois articulations : l'articulation talo-crurale, l'articulation tibio-fibulaire distale et l'articulation sous-talienne. L'articulation talo-crurale est située entre le tibia et la fibula en proximal et le talus en distal. La face médiale de l'extrémité distale de la fibula et la face latérale de l'extrémité médiale du tibia constituent l'articulation tibio-fibulaire distale. La face inférieure du talus et la face supérieure du calcanéum forment l'articulation sous-talienne (3,8).

L'articulation de la cheville possède plusieurs ligaments. Ils jouent un rôle dans la stabilité articulaire, la proprioception et le mouvement dirigé de la cheville (3). Ils sont divisés en ligament collatéral médial et ligament collatéral latéral, eux-mêmes sous-divisés en plusieurs ligaments. Le ligament collatéral médial est plus connu sous le nom de ligament deltoïde. Il est constitué du ligament tibio-talaire antérieur et postérieur, du ligament tibio-calcanéen et du ligament tibio-naviculaire. Le ligament collatéral latéral est composé des ligaments talo-fibulaire antérieur, calcanéofibulaire et talo-fibulaire postérieur (8,9)(Figure 1).



**Figure 1 : Ligament collatéral latéral de la cheville en vue latérale (A) et postérieure (B) (10)**

Dans le champ musculo-squelettique, les blessures les plus courantes sont les blessures aiguës à la cheville. Parmi celles-ci, la blessure au membre inférieur la plus répandue est l'entorse de cheville notamment chez les personnes actives physiquement (1). L'entorse de la cheville se définit par la lésion d'un ou plusieurs ligaments de cette articulation précédemment cités (3).

Les entorses latérales de la cheville sont plus fréquentes que les entorses médiales de la cheville car les ligaments médiaux sont plus solides que les ligaments latéraux (3).

Les ligaments latéraux de la cheville sont touchés dans 85% des cas. Dans 65% des cas, le ligament talo-fibulaire antérieur est touché isolément et dans 20% il existe une lésion associée du ligament talo-fibulaire antérieur et du ligament calcanéofibulaire. Le ligament talo-fibulaire postérieur est rarement atteint (1). Les autres entorses aiguës de la cheville sont médiales ou hautes ce qui correspond à une atteinte de la syndesmose (2).

Le mécanisme lésionnel de l'entorse de la cheville s'effectue principalement en inversion ce qui explique l'atteinte des ligaments collatéraux latéraux et par conséquent la proportion plus élevée d'entorses latérales (3). Le mouvement d'inversion correspond à une flexion plantaire associée à de l'adduction et de la rotation interne (8).

Les blessures en inversion représentent 25% des blessures de l'appareil locomoteur et 50% des blessures liées au milieu sportif (3).

Il existe une classification pour les entorses latérales de la cheville à la suite de leur diagnostic. En fonction de la gravité de l'atteinte ligamentaire, elles sont classées en 3 grades (I, II et III) (1) :

- Le grade I correspond à une entorse légère. Les ligaments latéraux sont étirés mais non rompus. Il y a peu de gonflement et de sensibilité. Aucune perte de fonction, de mouvement et aucune instabilité mécanique sont retrouvées à l'examen.
- L'entorse de la cheville de grade II est considérée comme modérée. Les ligaments latéraux sont partiellement rompus. Un gonflement, une ecchymose et une sensibilité modérée sont présents. Il y a une perte de mouvement ainsi qu'une douleur modérée à l'appui et à la marche.
- Le grade III est une entorse grave. La rupture des ligaments latéraux est complète. La cheville fait état d'un gonflement, une ecchymose, une sensibilité et une douleur importante. Elle est instable mécaniquement, incapable de supporter la mise en charge. Elle présente une perte de fonction et de mouvement significative (3). Il y a une sous-classification au sein du grade III. Si le mouvement du tiroir antérieur est inférieur à 3mm alors l'entorse est de grade IIIA. S'il est supérieur à 3mm, elle est de grade IIIB (1).

L'entorse est dite « aigue » pendant les deux premières semaines après le traumatisme. Entre 2 semaines et 1 an après le traumatisme, l'entorse est qualifiée de « post-aigue ». Si des symptômes persistent après 1 an, le patient présente une instabilité chronique de cheville (10).

### **2.1.2 Epidémiologie**

Chaque année, l'incidence des entorses de la cheville est de 2,15 pour 1000 personnes. Chez les 15-19 ans, l'incidence maximale est de 7,2 pour 1000 personnes (3). L'incidence des entorses aiguës de la cheville est plus élevée chez les femmes que chez les hommes (13,6 contre 6,9/1000). Elle semble aussi diminuer avec l'âge. Les enfants ont une incidence estimée à 2,85/1000. Chez les adolescents, elle est estimée à 1,94/1000. Enfin, elle est de 0,72/1000 chez les adultes (2).

Une étude rapporte que l'âge médian de survenue d'une entorse de la cheville est de 27 ans. Chez les hommes, le taux le plus élevé d'entorses se situe entre 14 et 37ans (10,11).

Chez les moins de 25ans, la survenue de la blessure a principalement lieu sur les terrains de sport. Tandis que chez les plus de 50ans, les accidents domestiques sont responsables des entorses de la cheville tels qu'un trébuchement, une glissade au sol, une chute ou un saut en hauteur (12).

L'entorse de la cheville est la blessure musculosquelettique la plus courante, avec une incidence élevée chez les personnes actives physiquement. Le taux de récurrence est élevé à cause du développement d'instabilité chronique de cheville (2).

Parmi les personnes qui subissent une entorse aiguë de la cheville, 70% d'entre elles peuvent développer une incapacité physique résiduelle comprenant l'instabilité chronique de la cheville (2,3).

### **2.1.3 Facteurs de risques**

Des facteurs de risque potentiels d'entorse de la cheville peuvent être identifiés. Ceux-ci sont classés en facteurs de risque intrinsèques ou extrinsèques. Les facteurs de risque intrinsèques peuvent être modifiables et présentent un intérêt dans la prévention de cette blessure (1).

Les antécédents d'entorse de la cheville (2), le surpoids, la laxité articulaire de la cheville et les troubles de l'équilibre sont les principaux facteurs de risque intrinsèques reconnus par la majorité des études. Il a été démontré qu'un athlète en surpoids ayant eu un antécédent d'entorse de la cheville est 19 fois plus susceptible de subir une nouvelle entorse de la cheville sans contact qu'un joueur de poids normal et sans antécédent (1).

D'après Kobayashi et al. il existe une corrélation entre la survenue d'une entorse latérale de la cheville et les facteurs intrinsèques suivant : un indice de masse corporelle élevé, un déficit d'amplitude de mouvement en flexion dorsale de la cheville, une force d'inversion excentrique faible de la cheville, une faible force de flexion plantaire concentrique, la faiblesse de la stabilité posturale et de la proprioception de la cheville en inversion, la réaction lente de contraction du court fibulaire (13,14).

Les caractéristiques physiques peuvent augmenter le risque d'entorse de la cheville telles qu'une taille élevée, la configuration de l'articulation de la cheville, la posture du pied, les anomalies anatomiques de la cheville et l'alignement du genou (14). En effet, ils augmentent les contraintes auxquelles doivent résister les ligaments et les muscles de la cheville dans la position à risque de traumatisme (15).

Le sexe féminin constitue un facteur de risque intrinsèque (16). Selon l'étude prospective d'Osée et al. les athlètes féminines ont un risque augmenté de 25% de souffrir d'une entorse de la cheville de grade I par rapport aux athlètes masculins. Cependant, le risque relatif n'est pas significativement différent entre les sexes pour les entorses de la cheville de grade II et III, les fractures de la cheville et les entorses syndesmotiques (15).

L'utilisation d'une contention ou d'une attelle lors de l'activité chez les personnes ayant des antécédents d'entorses de la cheville diminue leurs incidences. Cela constitue un facteur de risque extrinsèque. Cependant, il n'y a pas de différence dans la gravité des entorses de la cheville s'il y a ou non port d'une attelle ou d'une contention (15).

Les facteurs de risque extrinsèques sont notamment le type de sport pratiqué, le positionnement (un défenseur a plus de risque de souffrir d'une entorse de la cheville qu'un autre joueur), le type de terrain ou encore le type de chaussure (14).

#### **2.1.4 Diagnostic**

En accord avec les recommandations de la Haute Autorité de Santé (HAS), il est nécessaire de réaliser un bilan précis pour effectuer le diagnostic (17). Ce bilan va permettre de déterminer le mécanisme lésionnel à l'aide d'une anamnèse mais également de catégoriser les informations obtenues sur les déficits et les fonctions du patient selon la CIF (4).

Au préalable, il est indispensable de vérifier s'il n'y a pas de signes de fracture ce qui entrainerait une réorientation immédiate du patient vers une radiographie. Pour cela, le masseur-kinésithérapeute recherche la présence des critères d'Ottawa (14).

Les critères d'Ottawa sont un outil de décision clinique développé par Stiell et al. dans le but d'exclure les fractures de la cheville (18). Cela exclue également la nécessité d'une imagerie radiologique chez les patients souffrant d'une blessure aiguë de la cheville (19).

Les patients doivent réaliser une radiographie s'ils possèdent au moins un des critères d'Ottawa suivant (1,18,19) :

- Age supérieur ou égal à 55 ans
- Incapacité à se mettre en charge immédiatement et marcher quatre pas
- Sensibilité à la palpation osseuse du bord postérieur ou de la pointe de l'une ou l'autre des malléoles
- Sensibilité à la palpation osseuse des os du tarse : os naviculaire, cuboïde et base du 5<sup>ème</sup> métatarse

Cet outil peut prédire la présence d'une fracture de la cheville lorsqu'elle existe avec une sensibilité élevée (0,91). Néanmoins, la spécificité de l'outil est plus faible (0,25) ce qui veut dire qu'un pourcentage de personnes sans fracture sera faussement prédit comme en ayant une (19).

En complément des critères d'Ottawa, les critères de Bernese ont été conçus (20). Ceux-ci ont une spécificité et une sensibilité élevées. Si les tests sont positifs, il y a donc de fortes probabilités qu'une fracture soit présente. Au contraire s'ils sont négatifs, le risque de fracture peut être exclu. Les tests à réaliser sont les suivants :

- Test de contrainte indirecte fibulaire à 10cm au-dessus des malléoles
- Palpation de la malléole médiale
- Compression de l'articulation du médio-pied et de l'arrière pied

Il est recommandé de réaliser ces tests en complément des critères d'Ottawa pour confirmer la suspicion de fracture, c'est-à-dire si au moins un des critères d'Ottawa est positif (20).

Le bilan initial débute par un interrogatoire auprès du patient permettant de recueillir plusieurs informations importantes comme l'âge du patient, son indice de masse corporelle, sa stratégie de coping, des antécédents d'entorses, sa douleur à la mise en charge, le mécanisme lésionnel et ses déficiences. Elles sont importantes à prendre en compte car elles vont influencer l'évolution clinique du patient au cours de la rééducation (10).

Ensuite, différents tests ligamentaires existent pour mettre en avant l'atteinte d'un ou plusieurs ligaments de la cheville comme par exemple (3) :

- Anterior Drawer Test : Le test du tiroir antérieur évalue la subluxation antérieure du talus par rapport au tibia. L'examineur stabilise la jambe et le pied en position neutre. Il saisit ensuite le talon et applique une force antérieure pour créer un mouvement vers l'avant du talus sous le tibia. Ce test permet de mettre en évidence une atteinte du ligament talo-fibulaire antérieur s'il est positif.
- Talar Tilt Test : La cheville du patient est en position neutre. L'examineur vient exercer une force au niveau du talon dans le sens du mouvement d'inversion tout en stabilisant la jambe. Si ce test est positif, il témoigne d'une atteinte du ligament calcanéofibulaire.
- Eversion Stress Test : Le patient a la jambe en dehors de la table d'examen. La jambe est stabilisée avec une main pendant que l'autre saisit le talon et applique une force dans le sens du mouvement d'éversion. C'est le ligament collatéral médial (deltoïde) qui est ainsi testé.
- External rotation test : Le genou du patient est fléchi à 90° et la cheville est en position neutre. La jambe est stabilisée d'une main tandis que l'autre main saisit la face plantaire du pied. Il effectue une rotation externe du pied. Si le patient décrit une douleur à la suite de ce mouvement, cela peut indiquer une atteinte de la syndesmose.
- Squeeze Test : Ce test consiste à comprimer les parties médiale et latérale (tibia et fibula). Le test est positif si une douleur apparaît. Il met en évidence une atteinte de la syndesmose.

Les tests sont toujours réalisés en comparant le côté atteint au côté dit « sain » (3).

La sensibilité et spécificité de l'anterior drawer test est optimale si l'examen clinique a lieu entre 4 et 5 jours après le traumatisme (14).

Après ces tests, un paramètre important à évaluer lors du bilan initial est l'amplitude de mouvement de la cheville et notamment l'amplitude de flexion dorsale. Pour cela, le test recommandé est le Weight Bearing Lunge Test (WBLT) (10).

Dans le but de réaliser un bilan complet et exhaustif, d'autres paramètres sont à évaluer tels que la douleur, l'état cutané trophique vasculaire, la force musculaire, les gestes fonctionnels et les activités de la vie quotidienne (17).

Pour évaluer les fonctions et déficiences du patient, il existe plusieurs questionnaires tels que le Foot and Ankle Ability Measure (FAAM), la Lower Extremity Functionnal Scale (LEFS), et le Patient-Reported Outcomes Measurement Information System physical function and pain interference scale (PROMIS). L'objectif est de réaliser ses questionnaires une première fois au cours du bilan initial et de les réaliser une nouvelle fois après la rééducation pour évaluer son efficacité ou non (10).

### **2.1.5 Traitement et Guidelines**

Selon Vuurberg et al. le coût de prise en soins d'une entorse varie de 360 à 1100 euros. Par conséquent, la prévention ainsi qu'un traitement optimisé va entraîner des effets cliniques bénéfiques pour le patient mais aussi des effets économiques bénéfiques (14). Pour cela, des recommandations internationales sont parues en 2021 concernant l'entorse latérale de cheville (10).

Les déficiences du patient identifiées initialement à l'aide d'un bilan précis et complet doivent être rééduquées par des stratégies thérapeutiques basées principalement sur l'équilibre et la proprioception.

La mise en charge progressive sur la cheville touchée doit être débutée dans la phase aigüe et continuer en phase post-aigüe. Le traitement précoce par des exercices neuromusculaires et de la proprioception optimise la récupération fonctionnelle contrairement à de l'immobilisation. Cependant, l'immobilisation peut être envisagée dans les cas d'entorses les plus graves. Il est suggéré que cette période d'immobilisation ne dépasse pas 10 jours. Dans ce cas, le clinicien peut prescrire une contention (10).

Le clinicien doit mettre en place son programme d'exercices en fonction de son évaluation initiale et des objectifs du patient. Le programme de rééducation peut comprendre de la mobilisation active protégée, des étirements et de l'exercice. La rééducation par l'exercice consiste à de l'entraînement neuromusculaire, de la rééducation posturale et du travail de l'équilibre. Elle augmente la stabilité talo-crurale subjective et objective et réduit le délai de retour aux activités, au travail du patient (10).

En complément de la rééducation par l'exercice et en fonction des déficiences initiales du patient, des techniques de thérapies manuelles comme le drainage lymphatique, la

mobilisation douce active et passive globale et analytique peuvent être utilisées. L'objectif étant de réduire l'œdème, la douleur, améliorer l'amplitude de mouvement et les paramètres de la marche grâce à cela (10). La thérapie manuelle combinée à de l'exercice à de meilleurs résultats que l'exercice seul (14).

La diathermie, l'électrothérapie et le laser n'ont pas montré de preuves solides quant à leur utilisation dans le cadre d'une entorse latérale de la cheville. Au contraire, il existe des preuves solides sur le fait que les ultrasons n'ont aucun effet et ne doivent pas être utilisés dans ce cas (10).

La cryothérapie a un meilleur effet sur la réduction de l'œdème en combinaison avec de l'exercice contrairement à l'utilisation du chaud. De plus, cette combinaison a un effet significatif sur l'amélioration de la fonction de la cheville à court terme permettant au patient d'augmenter la mise en charge sur sa cheville contrairement à un traitement standard (14).

Les anti-inflammatoires non stéroïdiens peuvent être utilisés pour réduire la douleur et l'œdème mais des précautions doivent être prises car ils peuvent entraîner des complications mais aussi supprimer ou retarder la réponse biologique naturelle (14).

Après le traumatisme et avant le début du traitement fonctionnel, les patients doivent mettre en œuvre le protocole « PEACE and LOVE ». Auparavant, il était nommé « RICE » ou encore « POLICE ». Le protocole « PEACE and LOVE » prend en compte l'ensemble des phases post-traumatiques contrairement aux précédents protocoles qui ne prenaient en compte que la phase aigue. L'acronyme signifie : Protection, Elevation, Avoid anti-inflammatories, Compression, Education et Load, Optimism, Vascularisation, Exercise (21).

Le traitement fonctionnel est préféré à la chirurgie car la chirurgie entraîne une exposition non nécessaire à un traitement invasif et à des risques de complications (14).

## **2.2 L'imagerie motrice**

### **2.2.1 Définitions et principes**

D'après Malouin et al. l'imagerie motrice consiste à imaginer un mouvement sans l'exécuter physiquement. C'est un processus actif. L'action est représentée dans la mémoire de travail mais il n'y a aucune sortie manifeste au niveau physique (22).

D'après la théorie de la simulation, l'action est composée de deux phases : une phase invisible appelée anticipation et une phase visible dite d'exécution. Le but de l'action, sa signification et ses conséquences sur l'organisme et le monde extérieur sont inclus dans la phase d'anticipation (23).

Cette théorie de la simulation postule que la phase invisible d'anticipation comporte l'ensemble des mécanismes d'une action faite, mais sans être réalisée (23).

La pratique mentale consiste à répéter l'imagination de mouvements moteurs dans le but d'améliorer leur exécution physique. Elle nécessite donc la capacité de former les représentations internes de ces mouvements moteurs (22).

Le principe de similarité structurelle et fonctionnelle entre la simulation et l'exécution d'action serait à l'origine de l'amélioration de la performance exécutée à la suite d'une pratique mentale (23).

La pratique mentale en imagerie serait responsable d'une activation des aires spécifiques du mouvement. Ainsi, cela permettrait de créer des associations entre les processus impliqués dans la motricité (23). Les techniques d'exploration cérébrale mettent en évidence l'activation de structures neuronales communes entre imagerie motrice et pratique physique (22,23). Les bénéfices de l'entraînement à la pratique mentale seraient donc liés à l'activation de ces réseaux neuronaux semblables à ceux activés lors de la réalisation physique du même mouvement (22). Néanmoins, la similarité structurelle entre IM et PP n'a été montrée que sur des articulations distales et des mouvements simples (23).

Des études sur la chronométrie mentale mettent également en avant ce principe de similarité fonctionnelle. Elles évaluent l'adéquation entre la durée des pratiques mentale et physique lors d'une action. On parle d'isochronie. Decety et Jeannerod ont montré que les performances sont conformes à la loi de Fitts en proposant une tâche de marche effectuée mentalement et physiquement sur différentes largeurs et distances. Les actions simulées répondent donc aux règles motrices centrales signifiant l'implication de représentation sensorimotrices commune à l'IM et à la PP (23). La loi de Fitts stipule que plus le mouvement est difficile, plus il nécessite de temps à sa réalisation. Cette loi s'applique à l'imagerie motrice également (22).

Une théorie explicative modélisant l'imagerie motrice a été décrite par Lebon et al. : C'est la théorie des modèles internes. Il existe deux types de modèles internes qui sont le modèle interne inverse et le modèle interne direct (24).

Le modèle interne inverse fournit une commande neuronale adaptée en fonction du mouvement désiré et du contexte. Il est dit « inverse » car la relation causale entre la commande motrice et le mouvement est inversée : ce modèle calcule les entrées à partir des sorties (Figure 2).

Le modèle interne direct établit une relation causale entre l'action et ses conséquences sensorielles et dynamiques. Il va prédire les répercussions sensori-dynamiques du mouvement à partir de la commande motrice et de l'état du système (Figure 3).

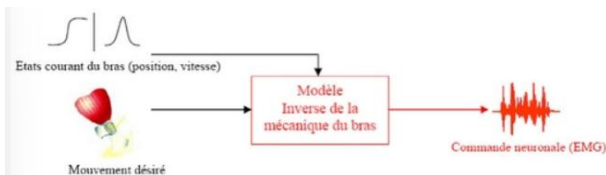


Figure 2: Modèle interne inverse

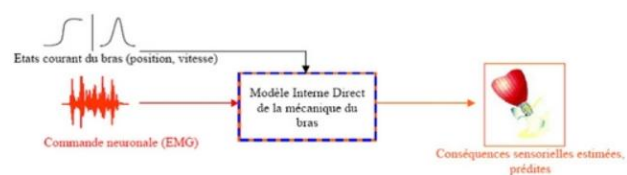


Figure 3: Modèle interne direct

L'imagerie motrice utiliserait les mêmes mécanismes de modèles internes inverse et direct (Figure 4). La copie d'efférence permet au modèle interne direct de prédire les conséquences de l'action lors de l'imagerie. La finalité de l'imagerie n'étant pas de réaliser le mouvement, il n'y a pas de feedback des conséquences sensorielles et dynamiques.

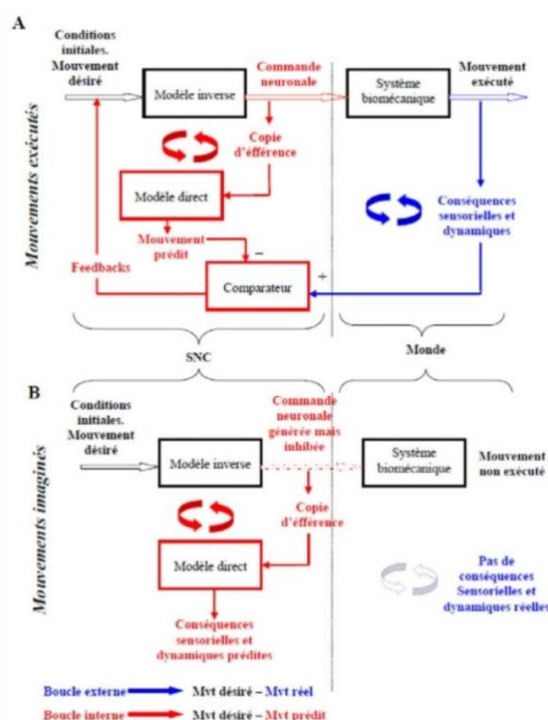


Figure 4: Modèle de fonctionnement des modèles interne lors de l'imagerie motrice

La pratique mentale par imagerie motrice améliore les performances en agissant sur la préparation et la planification motrices (22).

### **2.2.2 Type d'imagerie : explicite et implicite**

L'imagerie motrice explicite est consciente et implique l'imagination active volontaire d'un mouvement (25). Elle peut être abstraite, est basée sur des règles et peut être exprimée par la communication verbale. Elle est dépendante du contexte et un haut niveau de sophistication incluant le travail de différentes structures cérébrales est nécessaire. Par conséquent elle n'est pas adaptée à tout le monde et elle est très fatigante.

Elle est évaluée par l'analyse de la congruence temporelle, qui est la corrélation entre le nombre d'actions réelles et imaginaires, qui suit la loi de Fitts (26).

L'imagerie motrice implicite est inconsciente et indépendante du contexte. Quand les connaissances sont bien acquises, le contrôle peut être délégué au tronc cérébral. Elle est donc plus simple d'utilisation car il y a moins de structures cérébrales impliquées. Elle n'est pas verbalisable et ne peut pas représenter une connaissance comme une possibilité hypothétique. Elle est basée sur l'apprentissage d'habileté par l'expérience. Son coût cognitif est beaucoup plus faible que l'imagerie motrice explicite.

L'imagerie motrice implicite concerne la capacité à juger la latéralité d'un stimulus comme des images de mains par exemple. Elle est liée à la capacité de rotation mentale et peut-être évaluée par taux d'erreur et de temps de réaction (26).

Concrètement, l'imagerie motrice explicite va répondre à la question « prenez cette tasse sur la table avec votre main droite » alors que l'imagerie motrice implicite va répondre à la question « avec quel type de prise prendriez-vous la tasse sur la table ? » (25).

### **2.2.3 Modalités**

Différentes modalités existent quand il s'agit de faire de l'imagerie mentale. En effet, elle peut mettre en jeu chacun de nos sens : l'ouïe, l'odorat, le toucher, le goût et la vue. A ceux-là s'ajoute la proprioception. L'imagerie auditive consiste à se représenter mentalement un son, une musique. L'imagerie olfactive correspond à l'imagination d'une odeur. L'imagerie tactile représente mentalement une sensation de toucher, de contacts ou frottements.

L'imagerie gustative est l'imagination d'un goût, d'une texture. Enfin, l'imagerie visuelle est l'imagination de la représentation d'une image et l'imagerie motrice celle d'un mouvement.

L'imagerie visuelle consiste à se représenter des images, des scènes. Les images visuelles ainsi créées ont la propriété de préserver les caractéristiques spatiales et structurales de l'objet ou de la scène (27).

L'imagerie kinesthésique se construit sur la proprioception. Lorsque le patient réalise cette modalité d'imagerie, il va ressentir les sensations de l'action au niveau musculaire, vestibulaire ou encore articulaire (28).

Concernant l'imagerie motrice, elle peut être faite selon une modalité visuelle ou kinesthésique.

#### **2.2.4 Perspectives**

Parmi chaque modalité, il existe deux perspectives d'IM : la perspective interne (1<sup>ère</sup> personne) ou externe (3<sup>ème</sup> personne). La perspective interne correspond au patient s'imaginant réaliser lui-même le mouvement. Dans la perspective externe, le patient s' imagine en tant que spectateur d'une autre personne effectuant le mouvement (22,29). Chaque perspective a des propriétés différentes. En effet, la perspective interne va impliquer une représentation visuelle de l'action et/ou kinesthésique. Alors que la perspective externe implique principalement la représentation visuelle de la tâche motrice (22). Il est plus difficile de réaliser de l'imagerie kinesthésique en perspective externe qu'en perspective interne (29).

L'imagerie motrice en perspective interne se rapproche plus de l'exécution réelle du mouvement qu'en perspective externe. Des études neurophysiologiques et d'imagerie cérébrale ont analysé que la perspective interne partage plus de caractéristiques physiologiques avec celles observées lors du mouvement réel que la perspective externe (22,29). Le patient doit imaginer son mouvement en le visualisant mais également en se concentrant sur ses sensations kinesthésiques ressenties (22).

#### **2.2.5 Modes d'évaluation**

Il existe plusieurs modes d'évaluation des capacités des différents types d'imagerie motrice du patient.

Pour déterminer les capacités d'imagerie motrice du patient, Malouin et al. recommandent le Timed Dependent Motor Imagery (TDMI). Le TDMI est un test clinique rapide qui consiste à imaginer un mouvement de steppage pendant 15 secondes, puis 25 secondes et enfin 45 secondes. L'objectif de ce test est de vérifier la progression du nombre de mouvements produits dans chaque situation. Le patient est considéré comme capable de comprendre les instructions et de produire une image motrice s'il réussit ce test. Il peut donc participer à un programme d'imagerie motrice. Cependant ce test ne permet pas d'évaluer la qualité de l'image motrice que produit le patient (23).

Le Movement Imagery Questionnaire (MIQ) et sa version courte et révisée (MIQ-R) sont basés sur les évaluations de la facilité d'imagerie des mouvements prédéfinis des membres supérieurs ou inférieurs par les sujets sur une échelle de Likert à 7 points. Avant de noter chaque mouvement, les sujets sont invités à effectuer le mouvement. L'imagerie du mouvement est évaluée en deux temps : une première fois pour l'imagerie visuelle de l'exécution du mouvement et une deuxième fois pour l'imagerie kinesthésique. La fiabilité test-retest du MIQ et ses valeurs de cohérence interne (alpha de Cronbach) sont respectivement de 0,87 et 0,89. Les valeurs rapportées correspondantes pour le MIQ-R sont respectivement de 0,88 et 0,82. Il existe des preuves d'une relation directe entre les scores MIQ et le taux d'acquisition des habilités motrices (30).

Une seconde version du MIQ-R nommée MIQ-RS a été établie. Elle a été traduite en français ce qui permet de faciliter son utilisation en rééducation en France et dans les pays francophones (31).

Le Vividness of Motor Imagery Questionnaire (VMIQ) se concentre sur l'évaluation de la vivacité des tâches d'imagerie. Le questionnaire est une échelle de 48 items en 5 points. Comme le MIQ, les réponses à la moitié des questions sont basées sur l'imagerie visuelle et les réponses à l'autre moitié sont basées sur l'imagerie kinesthésique. La fiabilité test-retest rapportée du VMIQ est de 0,76. Les corrélations entre les sous-scores visuels et kinesthésiques du VMIQ et les sous-scores correspondants du MIQ sont de 0,65 et 0,49 respectivement (30).

### 2.2.6 Applications cliniques

D'une part, il est bien établi que les personnes très motivées qui utilisent l'imagerie motrice s'améliorent plus que celles moins motivées. De même, les personnes ayant de faibles scores d'anxiété cognitive pratiqueraient mieux mentalement que les personnes ayant des scores d'anxiété élevés. D'autre part, l'engagement dans la pratique mentale peut augmenter l'éveil et l'auto-efficacité, ayant ainsi un effet positif sur la motivation et la confiance en soi (30). L'heure de la journée influence la pratique de l'imagerie mentale et l'imagination de mouvements (22).

L'intérêt de l'imagerie motrice est de simuler un mouvement lorsque le patient n'est pas capable de le produire physiquement en qualité ou en quantité. Des études montrent que l'imagerie motrice est indiquée dans le cas d'immobilisation due au port d'attelle ou de plâtre. L'utilisation de l'imagerie motrice dans le domaine sportif est très courante. Elle semble donc applicable à différents champs de la rééducation. De plus, elle est peu coûteuse et ne nécessite pas de matériels de rééducation spécifique (23).

Il n'existe pas de contre-indication absolue à l'utilisation d'un programme en imagerie motrice. Cependant, des contre-indications relatives existent. L'imagerie motrice peut conduire le patient dans une hyper-confiance en soi. Vis-à-vis de ses capacités réelles, cela peut l'amener à prendre des risques et se mettre en danger. Il est intéressant de conclure la séance d'imagerie motrice par une pratique physique pour que le patient ait conscience de ses capacités réelles (23).

Pour optimiser l'utilisation de l'imagerie motrice en rééducation, l'approche du modèle « PETTLEP » permettait au praticien d'avoir des lignes directrices (32). « PETTLEP » est un acronyme qui regroupe sept paramètres à prendre en compte dans la conception d'un programme d'imagerie motrice. Ces sept paramètres traduits en français sont : Physique, Environnement, Tâche, Timing, Apprentissage, Emotions et Perspective (33).

En 2011, Schuster et al. ont réétudié ces paramètres (34). Ils ont conclu que l'imagerie motrice serait plus efficace si l'installation du sujet et son environnement durant la séance étaient spécifiques à la tâche demandée. Après avoir classé l'imagerie motrice en plusieurs objectifs (cognitif, moteur ou de force), l'objectif moteur serait le plus efficace. L'ordre de pratique entre la pratique physique et l'imagerie motrice aurait une importance. En effet, le

meilleur choix serait une pratique physique suivie de l'imagerie motrice car la pratique physique va apporter de l'information et réactiver la mémoire du mouvement. L'imagerie motrice est plus efficace ajoutée à de la pratique physique que seule. Schuster et al. préconisent d'utiliser :

- L'audition comme moyen de transmission de l'information
- La présence d'un superviseur
- Des instructions détaillées
- Des séances individuelles plutôt que collectives

L'imagerie motrice serait plus efficace les yeux fermées sauf chez les personnes âgées, en perspective interne et lorsqu'elle sollicite la modalité kinesthésique (34).

### **2.3 Justification de la mise en place du protocole et problématisation**

L'entorse de la cheville est une blessure très fréquente entraînant un coût de prise en soins élevé. Son incidence diminue avec l'âge ce qui signifie qu'elle est plus forte chez les jeunes. Le mécanisme lésionnel s'effectue majoritairement en inversion ce qui explique une proportion d'entorses latérales de cheville plus élevée que d'entorses médiales. Les principaux symptômes évalués lors du bilan initial sont la douleur, l'œdème, un déficit d'amplitude de mouvement notamment en flexion en dorsale et un manque de force musculaire. Ce bilan mène à une rééducation globale et précoce.

L'imagerie motrice est une stratégie thérapeutique qui consiste à imaginer un mouvement réel sans le réaliser physiquement en stimulant les aires corticales concernées par ce mouvement (22). Il s'agit d'une stratégie thérapeutique peu coûteuse, qui ne nécessite pas de matériels spécifiques et présente peu de contre-indications. Elle est principalement utilisée dans le champ de rééducation de la neurologie. En effet, de nombreux articles ont été rédigés dans le cadre d'accidents vasculaires cérébraux (35,36) mais aussi d'atteinte de la moelle épinière (37) ou encore de la maladie de Parkinson (38).

L'imagerie motrice a été envisagée dans le champ musculosquelettique avec notamment des recherches sur son utilisation en rééducation après ligamentoplastie (6) ou arthroplastie de genou (5). Un seul article évaluant l'efficacité de l'utilisation de l'imagerie motrice après une entorse de la cheville a été trouvé (7).

Dans cet article, Christakou a pour objectif d'évaluer les effets de l'imagerie motrice sur l'amplitude de mouvement, la douleur et l'œdème chez des athlètes ayant une entorse de la cheville de grade II. Après une analyse critique de celui-ci, plusieurs points peuvent être mis en évidence. Tout d'abord, l'article date de 2007, il n'est pas récent. Le nombre de participants à l'étude est faible limitant l'interprétation des résultats. De plus, la mesure de l'amplitude de mouvement de la cheville est réalisée au goniomètre ce qui peut entraîner des biais dans la précision des mesures. En effet, les recommandations internationales préconisent le Weight Bearing Lunge Test pour effectuer cette mesure (10). Le diagnostic clinique de l'entorse est effectué par ultrasons et non à l'aide de tests cliniques. Enfin, l'auteur écrit que de nouvelles recherches sont nécessaires sur ce sujet.

L'imagerie motrice utilisée dans le cas d'entorse de la cheville, notamment latérale, peut être pertinente à étudier. En effet, le principe de similarité structurale de l'imagerie motrice et de la pratique physique a été démontré pour des articulations distales et des mouvements simples. De plus, l'imagerie motrice permet de simuler un mouvement que le patient ne peut pas réaliser en qualité ou en quantité comme la flexion dorsale après une entorse de la cheville par exemple (23).

Cela pose la question suivante : En quoi l'utilisation de l'imagerie motrice peut-elle être efficace dans la récupération d'amplitude de mouvement de flexion dorsale de la cheville à la suite d'une entorse latérale?

Suite à ces recherches et ces analyses, la méthode la plus adéquate pour répondre à cette question est la mise en place d'un protocole de recherche. Le paramètre principalement évalué est l'amplitude de la cheville en flexion dorsale. Pour cela, deux groupes de patients vont être constitués : un groupe contrôle et un groupe expérimental. Le groupe contrôle n'utilisera pas l'imagerie motrice dans sa rééducation contrairement au groupe expérimental qui devra l'utiliser. L'objectif de cette étude est de déterminer si l'imagerie motrice peut entraîner une meilleure récupération en termes d'amplitude de mouvement. Pour cela, un score significativement plus élevé au Weight Bearing Lunge Test dans le groupe expérimental est espéré. La douleur, la force musculaire et la fonction auto-déclarée du membre inférieur sont également étudiés.

L'hypothèse d'une augmentation significative du score au Weight Bearing Lunge Test signifiant une amélioration de la flexion dorsale de la cheville est l'hypothèse principale. Les hypothèses secondaires sont une diminution de la douleur, une augmentation de la force musculaire et de la fonction auto-déclarée du membre inférieur.

### **3 Méthode**

#### **3.1 Conception du protocole**

Ce protocole de recherche est une étude interventionnelle prospective contrôlée. Les participants sont répartis en deux groupes (contrôle et expérimental) après avoir été inclus dans l'étude. L'assignation des participants à leur groupe se fait de manière aléatoire, il s'agit donc d'une étude interventionnelle prospective contrôlée et randomisée. La randomisation est effectuée par ordinateur et respecte l'anonymat des patients. C'est une assignation secrète et la randomisation est dite en aveugle.

Les deux groupes sont suivis en parallèle. Chaque groupe participe à la rééducation « pratique physique ». Le groupe expérimental participe en plus à une intervention sur l'imagerie motrice alors que le groupe contrôle participe à une séance placebo d'ultrasons. Les participants ne sont pas au courant de l'existence de ces deux groupes. Ils sont en aveugle tout comme les évaluateurs. Il est demandé aux participants de ne pas changer leurs habitudes de vie durant l'étude. Les deux groupes sont similaires au départ (âge, sexe, etc.)

Le critère d'évaluation principal de cette étude est l'amplitude de mouvement en flexion dorsale de la cheville. Il est évalué à l'aide du Weight Bearing Lunge Test. La douleur, la force et la fonction auto-déclarée du membre inférieur constituent les objectifs secondaires de cette étude. Ils sont respectivement évalués par la Numeric Pain Rating Scale (NPRS), le dynamomètre et la Lower Extremity Functional Scale (LEFS).

Les critères de jugement de ces objectifs sont évalués avant et après le programme dans le but de les comparer et étudier les effets de l'intervention. Le protocole est donc construit sur un mode test-retest. L'analyse des résultats étudie la différence intragroupe et intergroupe des effets.

Les patients recrutés sont soumis aux critères d'inclusion et de non-inclusion. Le test TDMI fait partie des critères d'inclusion. Il permet aux patients d'appréhender une première fois l'imagerie motrice. Pour ne pas biaiser l'étude sur la cheville, cette séance d'imagerie motrice s'intéresse au membre supérieur. Si les patients possèdent l'ensemble des critères d'inclusion, ils sont inclus dans l'étude. Au contraire, s'ils possèdent au moins un des critères de non-inclusion, ils sont exclus.

Les patients inclus sont reçus pour un premier entretien les jours précédant le début de l'étude et des interventions. Leur accord et leur consentement a déjà été obtenu et la randomisation a été effectuée. Cet entretien a pour but de rappeler aux patients le déroulement de l'étude, s'assurer qu'ils ont bien compris leur rôle et répondre à toutes leurs éventuelles questions. Les patients assignés au groupe expérimental vont effectuer le test MIQ-RS. Ce test a pour but d'étudier les modalités et perspectives préférentielles des patients pour la séance d'imagerie motrice.

L'étude se déroule à Nantes, une ville des Pays de la Loire en France, dans un laboratoire de recherche. Il est accessible par différents moyens de transport (à pied, vélo, voiture, transport en commun). Par conséquent, les sujets doivent s'y rendre par leur propre moyen. Ils devront assister à 2 séances (une le matin et une l'après-midi), 3 fois par semaine. Ils ont la possibilité de rester sur place entre les deux séances. La proximité géographique des sujets est un avantage pour éviter des problèmes comme des retards et perdre leurs adhésions à l'étude. L'équipe d'étude se charge de s'assurer que tout le matériel nécessaire est présent sur place ou de l'apporter.

Les directives PEDRO (Physiotherapy Evidence Database Scale) et SPIRIT (Standard Protocol Items : Recommendations for Interventional Trials) sont respectées. Aucun conflit d'intérêt n'est déclaré par l'équipe d'étude. De plus, les modèles de matériels utilisés dans le protocole servent seulement d'indication. Il n'y a aucune relation avec les marques correspondantes (financement ou publicité).

Un tableau récapitulatif des détails généraux de l'étude est disponible en annexe (*Annexe 1*).

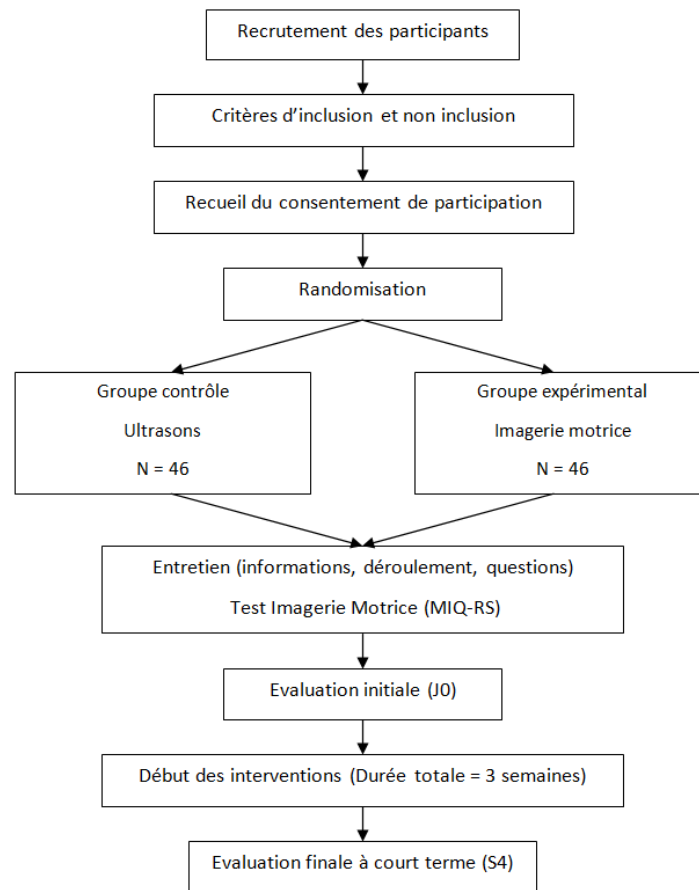


Figure 5: Diagramme du déroulement de l'étude

### 3.2 Cadre éthique et réglementaire

En France, la recherche clinique impliquant des êtres humains est régit par la loi n°2012-300 du 5 mars 2012 relative aux recherches impliquant la personne humaine ou la Loi Jardé (39,40).

D'après celles-ci, cette étude appartient à la catégorie 2 qui regroupe les recherches interventionnelles à risques et contraintes minimales (RIRCM) pour les participants. Elle doit être dirigée par un promoteur, qui est une personne physique ou morale, responsable de l'organisation, la mise en place, le suivi de l'étude et son financement. Les professionnels de santé qui dirigent et surveillent la réalisation de l'étude sont appelés investigateurs (41).

Pour que l'étude soit mise en place, des pré-requis doivent être pris en compte (40):

- Souscrire une assurance
- Obtenir l'avis favorable d'un Comité de Protection des Personnes (CPP)

- Adresser le résumé de la recherche et de l'avis du CPP à l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé (ANSM)
- Transmettre une information individuelle claire orale et écrite aux participants sur le déroulement et les détails de l'étude mais aussi sur la possibilité du refus de participer ou encore de retirer son consentement à tout moment
- Obtenir le consentement exprès écrit (formulaire) ou oral des participants
- Etablir une méthodologie de référence auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) pour recevoir son autorisation relative au traitement de données à caractère personnel des participants.

Dans cette étude, la transmission de l'information est orale par les professionnels de santé responsables du recrutement des participants et par les investigateurs. Elle est également écrite par l'intermédiaire d'un dépliant fourni avec le dossier d'inscription. Le consentement des participants est recueilli par écrit sur un formulaire signé par les participants avant le début de l'étude. Les participants ont la possibilité de refuser de continuer le protocole de l'étude et de retirer leurs consentements. Dans ce cas, ils doivent en informer les investigateurs. Si des données personnelles ont déjà été recueillies, elles peuvent être étudiées sauf refus de la part du participant.

Pour ce qui est de la confidentialité, toutes les données recueillies et exploitées sont anonymisées. Elles sont stockées dans un cahier d'observation électronique (electronic Case Report Form ou eCRF). Les investigateurs ont accès aux données nécessaires pour l'étude mais sont tenus au respect du secret professionnel.

### **3.3 Objectifs de l'étude**

#### **3.3.1 L'objectif principal**

Évaluer l'efficacité de l'utilisation de l'imagerie motrice en rééducation sur l'amplitude de mouvement en flexion dorsale chez des patients présentant une entorse latérale de la cheville.

### 3.3.2 Objectifs secondaires

Effet provoqué par l'utilisation de l'imagerie motrice en rééducation d'une entorse latérale de la cheville sur :

1. La douleur ressentie par le patient
2. La force musculaire notamment au niveau des muscles responsables de l'éversion
3. La fonction auto-déclarée au niveau du membre inférieur.

### 3.4 Critères de jugement

#### 3.4.1 Critère de jugement principal

##### Le Weight Bearing Lunge Test :

Le WBLT est un test qui permet de mesurer l'amplitude de flexion dorsale de la cheville. Pour cela, le patient doit se positionner face à un mur. Il est demandé au patient de fléchir le genou de la jambe testée dans le but qu'il vienne en contact avec le mur tout en gardant le talon du même côté au sol. Le talon ne doit absolument pas se décoller du sol. Le pied du patient est éloigné du mur jusqu'au point où le genou reste en contact avec le mur tout en ayant le talon au sol. Dans cette position, l'amplitude de flexion dorsale du patient est au maximum (42). Pour mesurer l'amplitude, plusieurs moyens peuvent être utilisés. L'examineur peut mesurer la distance entre le mur et la pointe de l'hallux. Il peut également utiliser un inclinomètre qu'il place au niveau du tibia (tubérosité tibiale ou 15cm sous celle-ci) et calculer ainsi l'angle de flexion dorsale en degrés (43). Pour les résultats de cette étude, les investigateurs vont mesurer la distance en centimètres entre le mur et la pointe de l'hallux du participant.

#### 3.4.2 Critères de jugement secondaires

##### 1. La Numeric Pain Rating Scale

Il s'agit d'une échelle numérique à 11 points (*Annexe 2*). Le patient doit évaluer sa douleur en la cotant sur l'échelle de 0 à 10, zéro indiquant l'absence de douleur et 10 reflétant la pire douleur possible. Elle est valide, fiable et simple d'utilisation (44).

Selon la HAS, un score de 0 signifie qu'il n'y a pas de douleur. De 1 à 3, la douleur est faible. De 4 à 5, elle est modérée. Entre 6 et 7, elle est forte. Et au-dessus de 8 sur 10, la douleur est considérée comme insupportable (45).

## 2. Le dynamomètre

Le dynamomètre est un outil permettant de mesurer la force d'un groupe musculaire. Il est placé dans la main de l'évaluateur ou stabilisé à l'aide de sangle (portatif ou fixe) (46). Le segment testé du patient doit être en position neutre et la pesanteur doit être éliminée. Ensuite, l'évaluateur demande au patient de réaliser le mouvement souhaité le plus fort possible contre le dynamomètre. Suite à cela, la force en Newton du groupe musculaire testé s'affiche sur le dynamomètre (47,48).

L'évaluation consiste à la réalisation d'une contraction de 3 secondes par essai. Le patient dispose de 3 essais avec une pause de 10 secondes entre chaque. Le meilleur résultat obtenu est retenu (49).

## 3. La Lower Extremity Functional Scale

C'est un questionnaire composé de 20 items (*Annexe 2*). Il évalue l'habileté du patient à réaliser ses tâches de la vie quotidienne après une atteinte d'au moins un des membres inférieurs. Les réponses aux items vont de 0 (difficulté extrême ou incapacité à réaliser la tâche) à 4 (pas de difficulté). Cela donne donc un score total sur 80. Plus le score est faible, plus l'incapacité est élevée (50,51).

### **3.5 Population cible**

#### **3.5.1 Nombre de sujets nécessaires**

L'échantillon de participants inclus dans l'étude doit être suffisamment important pour représenter la population générale et garantir la puissance statistique des résultats (52). Il s'agit d'une étude interventionnelle contrôlée randomisée visant à comparer deux moyennes. Le calcul du nombre de sujets nécessaires a été effectué à l'aide du logiciel BiostaTGV en s'appuyant sur différents paramètres.

Le paramètre primordial pour réaliser ce calcul est la différence minimale clinique pertinente (MCID) du Weight Bearing Lunge Test qui correspond au critère de jugement de l'objectif principal de l'étude. La MCID est de 1,9cm. De plus, la norme obtenue à ce test est de 12cm plus ou moins 2,8cm.

L'ensemble de ces données, ajoutées à un risque alpha de 0,05, une puissance 1-beta de 0,9 et une nature de test en bilatérale, permet de calculer la taille de l'échantillon. Le logiciel BiostaTGV indique que l'étude doit inclure 92 participants répartis en deux groupes de 46 participants chacun.

### **3.5.2 Critères d'inclusion et de non inclusion**

Le nombre de participants nécessaire à l'étude est de 92. Ils sont répartis aléatoirement en 2 groupes de 46 personnes. Ils ont entre 18 et 25ans. Les patients sont de sexe féminin ou masculin. En effet, il n'y a pas de différence entre les sexes quant à la capacité à réaliser de l'imagerie motrice (53). Les patients ont tous été diagnostiqués avec une entorse latérale de la cheville de grade II avec des critères d'Ottawa et de Bernese négatifs. Ils n'ont aucun antécédent de blessures aux membres inférieurs, ni de comorbidités. Il doit s'agir de leur premier épisode d'entorse de la cheville. Un déficit de flexion dorsale de la cheville doit être objectivé au Weight Bearing Lunge Test. Ils doivent être en mesure de réaliser de l'imagerie motrice, pour cela ils effectuent le test TDML. Enfin, il doit s'agir d'une entorse aigue c'est-à-dire que la date du traumatisme ne doit pas dépasser les 2 semaines (10).

En revanche, tout participant présentant au moins l'un des critères suivants n'a pas pu être inclus dans l'étude : refus de participation et de consentement, troubles cognitifs empêchant l'imagerie motrice, antécédents de blessures aux membres inférieurs, pathologies ou comorbidités, participation à d'autres études interventionnelles, entorse médiale, atteinte de la syndesmo, entorse de grade I ou III, critères d'Ottawa ou de Bernese positifs, entorse post-aigue (entre 2 semaines et 1an) ou instabilité chronique.

### **3.5.3 Recrutement des participants**

Le recrutement des participants se déroulent les semaines précédant le début de l'étude. Il s'effectue dans la ville de Nantes et ses alentours. Différents moyens sont utilisés. Tout d'abord, l'équipe d'étude va contacter les cabinets libéraux de médecins et de masseur-kinésithérapeutes pour leur expliquer le déroulement et l'objectif de l'étude. Ensuite s'ils sont d'accords, l'équipe d'étude leur fournira le dossier d'inscription ainsi qu'un dépliant avec les informations de l'étude pour les patients. De plus, l'équipe d'étude présentera la démarche de réalisation du bilan de l'entorse de cheville selon les recommandations internationales que les professionnels seront amenés à pratiquer. Le rôle des professionnels

libéraux est donc de repérer les patients potentiellement éligibles à l'étude, de leur expliquer son principe et de leur proposer le dossier d'inscription. Les patients peuvent téléphoner pour demander plus d'informations s'ils le souhaitent. Les patients intéressés remplissent le dossier et le ramènent en main propre au laboratoire de recherche. Les investigateurs examinent le dossier et proposent au patient de réaliser le TDMI pour finaliser l'inclusion à l'étude. Si le résultat est satisfaisant, un formulaire de consentement à remplir et signer est fourni au patient et marque l'inclusion dans l'étude.

### **3.6 Planification de l'étude**

Depuis 2021, des référentiels validés par la HAS déterminent le nombre de séances de masso-kinésithérapie remboursables sans accord préalable pour certaines situations dont l'entorse latérale de la cheville. Dans ce cas, 10 séances sont remboursées. L'accord préalable se demande à partir de la 11<sup>ème</sup> séance (54). Dans le but de rendre cette étude la plus valide dans le contexte français, le choix de réaliser un protocole sur 10 séances a été fait.

Les séances de rééducation vont être réalisées à une fréquence de 3 séances par semaine avec un jour de repos entre chaque, et deux jours le week-end. Cela permet aux sujets de récupérer entre chaque séance. Les interventions du protocole vont donc s'étendre sur 3 semaines environ. La durée totale de l'étude est de 4 semaines. Tout d'abord, le recrutement des participants se réalise en amont. La semaine avant le début de l'étude est destinée à réaliser les bilans, les évaluations préalables et définir les groupes de l'étude. Ensuite, le programme s'étend sur un peu plus de 3 semaines. Pour finir, les évaluations post-intervention sont réalisées la semaine suivant la dernière séance. L'analyse des données obtenues et la rédaction des résultats prendront un temps important après cela, qui n'est pas compris dans la durée totale de l'étude.

L'intervention en imagerie motrice du groupe expérimental va être basée sur l'intervention « pratique physique », c'est-à-dire à raison de 3 fois par semaine avec un jour de repos entre chaque. Wakefield et Smith recommande un minimum de 3 séances par semaine en imagerie motrice PETTLEP pour en optimiser les effets (33). D'après Gueugneau et al. la capacité d'imagerie motrice est meilleure en début d'après-midi (55). Par conséquent, la

séance de pratique physique se déroulera le matin et la séance d'imagerie motrice pour le groupe expérimental et d'ultrasons pour le groupe contrôle se dérouleront l'après-midi.

Les sujets participent donc à 3 séances de rééducation physique et 3 interventions spécifiques sur 3 jours par semaine avec un jour de repos entre chaque. Ils effectuent un total de 10 séances physiques et 10 séances spécifiques soit 20 séances confondues au total pendant environ 3 semaines. Les séances physiques et spécifiques durent 30 minutes. La durée des interventions pendant une semaine est donc de 3h et de 10h pour l'ensemble du protocole. Ajouté à cela, deux temps d'évaluation sont définis dès le début de l'étude et durent environ 30 minutes chacun.

### **3.7 Descriptions des interventions**

Les deux groupes participent à une intervention de pratique physique composée d'exercices de rééducation suivant les recommandations internationales et une intervention spécifique à chaque groupe (imagerie motrice ou ultrasons). L'ensemble des exercices et activités programmées sont toujours réalisés dans le même ordre.

Dans le but de standardiser les conditions de l'étude, l'environnement est à température ambiante (aux alentours de 19°C). Les participants sont autorisés à boire de l'eau lors du programme sur les temps de pause. Il n'y a pas de musique en fond sonore pour éviter d'influencer le rythme des exercices ou de perturber l'intervention spécifique.

#### **3.7.1 Intervention contrôle : pratique physique**

L'intervention de pratique physique est réalisée le matin à 10h, 3 fois par semaine. Les participants sont convoqués une demi-heure à l'avance soit 9h30. L'objectif est qu'ils soient prêts à démarrer la séance dès 10h. Les séances de pratique physique sont toujours réalisées à 10h car l'amélioration de la performance et de la force serait meilleure lorsque l'entraînement est programmé à la même heure. Cependant, il n'y a pas de différence entre le matin et l'après-midi (56,57).

Il est demandé aux participants de porter une tenue de sport et notamment un short. Cela permet au praticien d'observer la cheville pendant les différents exercices mais aussi de pouvoir apporter des corrections sur les positions segmentaires du participant lors d'un

mouvement. Les exercices sont réalisés sans chaussure ni chaussettes pour ne pas biaiser les informations sensorielles perçues (58).

La séance de pratique physique dure 30 minutes. Elle commence par un temps sur table avec de la mobilisation de la cheville. Puis elle se poursuit par des exercices de renforcement musculaire ainsi que des exercices fonctionnels en progression.

#### Temps de mobilisation :

Le 1<sup>er</sup> temps de la séance est consacré à de la mobilisation articulaire au niveau de la cheville pour travailler la récupération des amplitudes. La mobilisation est passive et manuelle c'est-à-dire que c'est le praticien qui réalise le mouvement. Il est demandé au patient de se relâcher au maximum pour que la mobilisation soit efficace.

Il existe deux types de mobilisation : globale et de gain d'amplitude.

La mobilisation passive globale est à visée d'entretien. Elle sert à évaluer ou entretenir les mouvements globaux existants. La mobilisation passive de gain d'amplitude associe le mouvement physiologique restreint à des mouvements élémentaires. Dans un premier temps, il faut rechercher ses mouvements élémentaires si l'articulation est enraidie. Puis les associer aux mouvements physiologiques dans un second temps pour récupérer l'amplitude du mouvement (59).

Le choix a été fait de réaliser de la mobilisation globale au départ pour mettre en confiance le patient et échauffer sa cheville. Ensuite, le praticien réalise de la mobilisation dite de gain d'amplitude seulement pour le mouvement de flexion dorsale. Selon plusieurs auteurs, la mobilisation articulaire a un effet positif sur l'amplitude de mouvement en flexion dorsale (60,61).

Le patient est installé en position assise avec le dossier relevé. Cela lui permet de voir les mobilisations réalisées par le praticien en même temps qu'il les ressent. Les amplitudes de mouvement du praticien sont définies par la douleur du patient. Sans douleur, la mobilisation est continuée jusqu'à la limite articulaire. S'il y a une douleur, l'amplitude du mouvement est limitée par l'apparition de cette dernière.

Le praticien commence par de la mobilisation articulaire globale en flexion dorsale. Pour cela, il utilise deux prises : une prise mobilisatrice et une contre-prise. Le rôle de la prise mobilisatrice est de réaliser le mouvement alors que la contre-prise sert de contre-appui, de stabilisation du reste du segment jambier. Le praticien est du côté de la cheville atteinte. Sa prise mobilisatrice empaume le calcaneum et se prolonge au niveau de la face plantaire du pied. La contre-prise stabilise la jambe et le genou en faisant attention à ne pas bloquer la pince tibio-fibulaire à l'aide de son autre main et de son buste. Le genou du patient est déverrouillé pour détendre le triceps sural. Ainsi, le praticien réalise 10 mouvements de flexion dorsale.

Après ce temps d'échauffement, le praticien réalise des mobilisations articulaires de gain d'amplitude. Premièrement, il va rechercher les mouvements élémentaires de l'articulation talo-crurale, tibio-fibulaire inférieure et tibio-fibulaire supérieure. Ces mouvements élémentaires sont des glissements antérieur et postérieur. Les principes de prise mobilisatrice et de contre-prise sont les mêmes que pour la mobilisation articulaire globale. Le praticien débute par l'articulation tibio-fibulaire inférieure. Il stabilise le tibia et mobilise la malléole fibulaire à l'aide d'une prise pouce-index dans le sens antérieur et postérieur. Il poursuit par l'articulation tibio-fibulaire supérieure. La manœuvre est la même en stabilisant le tibia à son extrémité proximale et mobilisant la tête de la fibula. Ensuite, pour l'articulation talo-crurale, il se positionne en bout de table. Le patient fléchit son genou et pose son pied à plat sur la table. A l'aide de sa première commissure, le praticien fixe le talus. Sa deuxième main saisit le tibia par l'arrière et le tracte vers l'avant entraînant un glissement postérieur du talus. Pour le glissement antérieur, le praticien se place sur le côté. Il stabilise le talus avec une prise englobant le calcaneum par l'arrière. La prise mobilisatrice est située à la face antérieure du tibia et il vient exercer une force vers l'arrière provoquant le glissement antérieur du talus par rapport au tibia. Le praticien réalise 10 mouvements dans chaque direction et chaque sens pour chaque articulation.

Enfin, le praticien réalise le mouvement de flexion dorsale associé à un glissement postérieur du talus. Pour cela, il empaume le calcaneum d'une main et la première commissure de son autre main se positionne sur le col du talus. Le mouvement réalisé combine une poussée avec la première commissure pour créer le glissement postérieur du talus avec un

mouvement de flexion dorsale provoqué par l'autre main. Cette mobilisation est réalisée 10 fois également.

### Temps de renforcement musculaire (Annexe 3):

Après le temps sur table de mobilisation, un temps d'exercices et notamment de renforcement musculaire est programmé. En effet, les recommandations internationales sont des exercices en association de la thérapie manuelle (10).

Dans le cadre d'une entorse latérale de la cheville, avec un mécanisme lésionnel en inversion, il est primordial de travailler sur le groupe musculaire des fibulaires. Ils sont responsables de l'éversion et ainsi peuvent à l'avenir prévenir le mécanisme lésionnel. Cependant, il est important de prendre en compte l'ensemble des groupes musculaires qui stabilisent la cheville, c'est-à-dire les muscles responsables de l'inversion, de la flexion plantaire et de la flexion dorsale. En effet, une cheville avec une stabilité musculaire active performante aura moins tendance à souffrir d'une entorse (62). Par conséquent, un programme de renforcement de l'ensemble de ces groupes musculaires est prévu pour l'étude.

Les exercices de renforcement vont suivre une progression pour respecter la blessure et les capacités du patient. Le programme va débuter par du travail en décharge puis passer en charge. Aucune résistance ne sera appliquée pour commencer, elle sera ajoutée progressivement. Le mode de contraction musculaire varie d'isométrique à concentrique puis excentrique (63).

Le programme dure 10 séances. Les exercices proposés sont identiques pendant minimum deux séances consécutives. S'il n'y a aucune douleur et que l'exercice paraît facile lors de sa réalisation après deux séances, une progression est mise en place.

Lors de la présentation des différents exercices, le praticien effectue une démonstration et laisse place au patient. Il s'assure que ce dernier a bien compris le mouvement et le réalise correctement. Si c'est le cas, le patient peut commencer le programme d'exercices. Sinon le praticien le corrige jusqu'à obtenir une réalisation correcte de l'exercice.

L'objectif du programme est de produire une croissance des tissus musculaires autrement appelé « hypertrophie ». Selon le « continuum de répétition » (ou « continuum force-

endurance »), un schéma de répétition modéré avec des charges modérés optimise le gain en hypertrophie (64). Ainsi, le nombre de répétitions et de série de mouvement est identique en charge et en décharge pour l'ensemble des groupes musculaires, soit 3 séries de 10 mouvements comme dans le programme établi par Cain et al. (65).

Les patients peuvent faire une pause entre chaque série pour un même groupe musculaire et à chaque changement d'exercice de groupe musculaire.

#### Renforcement des muscles de l'éversion :

Pour renforcer les muscles fibulaires responsables de l'éversion de la cheville, il est proposé aux patients de débiter par des exercices en décharge sur table. Le patient est assis en bord de table. Il réalise des mouvements d'éversion contre pesanteur sans résistance ajoutée dans un premier temps. La progression de cet exercice est d'ajouter un élastique pour augmenter la résistance.

Le patient peut ensuite passer en charge. Tout d'abord, le patient se positionne sur un step en laissant le bord latéral de son pied en dehors. La consigne de l'exercice est de maintenir le pied en rectitude en appui unipodal pendant 10 secondes. Le bord latéral ne doit pas « s'effondrer » dans le vide. Le mode contraction musculaire lors de cet exercice est isométrique.

L'exercice suivant consiste en une contraction concentrique. En appui unipodal sur la cheville atteinte, le patient réalise des mouvements d'abduction de hanche du côté sain. Cet exercice permet de travailler les muscles responsables de l'éversion en charge et en chaîne fermée. Progressivement, un élastique peut être ajouté pour augmenter la résistance. Le patient se positionne de profil devant l'espalière et l'élastique est attaché à la cheville saine qui réalise les mouvements.

#### Renforcement des muscles de l'inversion :

Les exercices proposés pour les muscles responsables de l'inversion sont les mêmes que pour ceux de l'éversion en inversant les mouvements. En décharge, la position de départ est différente. Le patient est assis en bord de table et positionne sa cheville atteinte sur son genou controlatéral en veillant à ce que le segment jambier soit à l'horizontale. La consigne est de réaliser des mouvements d'inversion dans cette position. En charge, sur le step, c'est

le bord médial qui est en dehors et doit être maintenu en rectitude. Pour le dernier exercice, le patient en appui unipodal sur la cheville atteinte, doit réaliser une adduction de hanche côté sain sans élastique puis avec élastique pour augmenter la résistance.

#### Renforcement des muscles fléchisseurs dorsaux :

Les muscles responsables de la flexion dorsale sont d'abord travaillés sur table en décharge mais contre pesanteur. Le patient doit réaliser des flexions dorsales. Ensuite, un élastique est ajouté pour augmenter la résistance.

En charge, le patient pose son talon sur un step en laissant le bout de son pied en dehors. Il doit maintenir le pied en rectitude ce qui entraîne une contraction isométrique des fléchisseurs dorsaux. Ensuite, sur un plan incliné vers le bas, le patient doit réaliser des flexions dorsales successives ce qui correspond à des contractions concentriques en charge. Une résistance peut être ajoutée sur le bout de son pied à l'aide de poids.

#### Renforcement des muscles fléchisseurs plantaires :

Les fléchisseurs plantaires sont composés du muscle soléaire et du triceps sural. Ce sont deux muscles forts. Par conséquent, une résistance est ajoutée dès le premier exercice. Le patient est assis sur la table avec le dossier relevé. A l'aide d'une sangle positionnée sous la pointe de son pied et qu'il tient dans ses mains, il doit réaliser des flexions plantaires contre la résistance de la sangle. Ensuite, le patient passe directement aux exercices en charge. Face à l'espalier pour lui permettre de garder son équilibre, il doit monter sur la pointe des deux pieds dans un premier temps puis maintenir 10 secondes sur la pointe de pied de sa cheville atteinte. L'espalier ne doit pas servir à monter sur la pointe des pieds à l'aide des bras pour soulager l'appui. L'exercice suivant est le même sauf qu'il doit reposer son pied au sol en descendant doucement au lieu de maintenir la position. Cela correspond à une contraction excentrique. Ensuite, le patient va devoir effectuer des flexions plantaires en montant sur la pointe des pieds de façon dynamique et en unipodal sur la cheville atteinte. La progression de cet exercice est de rajouter de la résistance avec du poids par l'intermédiaire d'un gilet lesté.

### Temps de rééducation fonctionnelle (proprioception et équilibre) :

Un déficit de proprioception à la suite d'une entorse de la cheville peut être la cause d'une instabilité chronique (66). Après les temps de mobilisation et de renforcement musculaire, un temps de travail de l'équilibre et de la proprioception est planifié dans le protocole de l'étude. Il est toujours réalisé à la fin de la séance car cela permet au patient de travailler sa lucidité. Une progression est proposée au cours du programme comme pour les exercices précédents.

Le premier exercice est de maintenir l'équilibre sur sol stable en appui bipodal en position « tandem ». Cette position consiste à mettre un pied l'un devant l'autre sur une même ligne. Le patient alterne la position de ses pieds entre chaque répétition. Il maintient la position pendant 15 secondes et réalise 4 répétitions (soit 2 répétitions avec la cheville saine en avant et 2 répétitions avec la cheville atteinte en avant). Quatre séries de quatre répétitions sont demandées au participant avec une pause de 30 secondes entre chaque série. Le nombre de séries, de répétitions et de temps de travail sont basés sur le programme de Lazarou et al. (67). La progression de cet exercice est de modifier la surface du sol en y ajoutant une mousse. L'objectif est de rendre le sol instable pour rendre l'équilibre plus difficile.

Ensuite, le patient réalise l'exercice en appui unipodal avec les mêmes nombres de séries et de répétitions sur le sol stable. Puis, il le réalise à nouveau sur un sol instable en appui unipodal.

Le dernier exercice du programme ajoute des déséquilibres intrinsèques. Le patient est en appui unipodal sur sol stable. La consigne qui lui est donnée est d'effectuer des mouvements de la tête vers le bas puis vers le haut tout en maintenant son équilibre.

#### **3.7.2 Intervention spécifique du groupe expérimental : imagerie motrice**

Concernant les interventions spécifiques, elles se déroulent l'après-midi à 14h. Les participants sont donc convoqués à 13h30 pour être prêts à démarrer l'intervention dès 14h.

L'intervention spécifique du groupe expérimental correspond à une séance d'imagerie motrice. Lors de cette séance, il est demandé aux participants d'imaginer mentalement la séance de pratique physique qu'ils ont réalisée le matin même en respectant les mêmes

conditions spatio-temporelles. Par conséquent, à chaque progression lors des exercices de pratique physique, les consignes données aux participants réalisant de l'imagerie motrice seront modifiées.

Les consignes sont préenregistrées par l'investigateur à la suite de la séance de pratique physique de la matinée dans une salle isolée. Il enregistre les mêmes consignes qu'il a données aux participants. Ainsi, à chaque progression et changement d'exercice lors de la séance de pratique physique, l'investigateur réalise un nouvel enregistrement des nouvelles consignes après la séance en vue de l'intervention en imagerie motrice de l'après-midi.

D'après Schuster et al, plusieurs paramètres permettent une optimisation de l'utilisation de l'imagerie motrice en rééducation (34). L'approche PETTLEP est aussi prise en compte du fait de sa facilité d'utilisation (33).

L'ordre de réalisation des interventions est une composante importante à prendre en compte. Les bénéfices de l'imagerie motrice seraient accrus si une séance de pratique physique a été réalisée au préalable. La pratique physique permet de fournir des informations proprioceptives stimulant les aires corticospinales favorisant la qualité de l'imagerie produite par la suite. La douleur est également une information pouvant être transmise lors de la pratique physique. Elle peut être nocive dans une séance d'imagerie motrice car il existe un risque de pérennisation de cette dernière (23). C'est pour cela que le choix de réaliser la séance d'imagerie quelques heures après la pratique physique a été fait. Cela permet aux participants de se reposer entre les séances. Néanmoins, la qualité de l'imagerie produite par les participants sera impactée. Ils n'auront plus les informations sensorielles directement après la pratique physique. Les séances sont toujours fixées à la même heure et au même endroit que la pratique physique. De plus, la capacité d'imagerie motrice est meilleure à ce moment de la journée (55).

Le praticien accueille le participant et lui explique le déroulement de la séance. Après l'installation, le praticien donne les informations orales standardisées et précises qu'il a enregistrées au préalable pour superviser et guider le participant dans la réalisation de son imagerie motrice. En suivant l'approche PETTLEP pour optimiser la séance, la simulation de la tâche doit être la plus similaire possible de sa réalisation pour en améliorer sa qualité. Par conséquent, la séance suit les paramètres suivants :

- Physique : Le participant s'installe dans la position initiale de chaque exercice avant de l'imaginer. Lors d'exercices avec du matériel comme des élastiques ou un step, le participant doit l'appliquer de la même manière que lors de la pratique physique.
- Environnement : La séance d'imagerie a lieu dans le même endroit que la pratique physique.
- Tâche : Les mouvements imaginés sont identiques aux mouvements réalisés lors de la pratique physique.
- Timing : Le principe d'isochronie est respecté. Les mouvements sont imaginés sans modification de la vitesse de réalisation.
- Apprentissage : Les instructions du praticien sont détaillées et précises pour guider le participant débutant dans cette pratique. La progression des exercices au cours du programme entraîne une modification des instructions le cas échéant.
- Emotions : Le participant doit inclure, dans sa pratique mentale, les émotions (motivation, confiance, peur, etc.) qu'il a ressenties lors de la pratique physique.
- Perspective : Le choix du type de modalités et de perspectives d'imagerie motrice est défini selon les préférences du participant évaluées au préalable par le MIQ-RS.

Comme la pratique physique, la séance d'imagerie motrice dure 30 minutes. La durée totale prend en compte l'installation, les explications et rappels des consignes et la pratique mentale. La pratique mentale dure environ 20 minutes ce qui semble être la durée optimale d'une séance d'imagerie motrice (68). Le participant doit imaginer le même nombre de répétitions et de séries que les mouvements réellement effectués le matin. Les pauses entre chaque série et chaque changement d'exercices sont également identiques à celles de la matinée. Lors des pauses, le participant peut ouvrir les yeux, boire un coup, marcher ou s'asseoir pour éviter l'installation d'une fatigue mentale.

### **3.7.3 Intervention spécifique du groupe contrôle : ultrasons**

En parallèle du groupe expérimental, le groupe contrôle suit un programme avec des ultrasons. Il est nécessaire d'intégrer aussi bien une intervention spécifique dans le groupe contrôle que dans le groupe expérimental pour éviter l'effet placebo (52). Cette intervention spécifique ne doit pas ou peu avoir d'effet, c'est pourquoi les ultrasons ont été choisis. En effet d'après les recommandations internationales, les ultrasons ne doivent pas être utilisés dans la rééducation de l'entorse latérale de la cheville car ils n'ont aucun effet (10).

La séance d'ultrasons se déroule l'après-midi en même temps que la séance d'imagerie motrice pour le groupe expérimental. Elle dure 30 minutes également comprenant le temps d'installation, d'explications, de préparation et le programme d'ultrasons. La durée d'application des ultrasons est de 20 minutes. Pour éviter le danger thermique, l'application des ultrasons doit être inférieure à 30 minutes. Elle ne doit pas dépasser la dizaine de séances non plus pour éviter tout effet négatif (69).

Les ultrasons sont utilisés dans le traitement des troubles musculo-squelettiques. L'équipement se compose d'un générateur et d'un transducteur. Le générateur produit l'énergie électromagnétique avec une fréquence de 0,5 à 3,5 MHz. Le transducteur a pour rôle de la transformer en énergie mécanique avec une fréquence similaire et une intensité allant jusqu'à 3 watts/cm<sup>2</sup> (70). Pour utiliser les ultrasons, il est nécessaire d'appliquer un gel ce qui constitue le milieu de couplage. Il permet aux ultrasons d'être transmis au milieu sous-jacent. Sans milieu de couplage, les ultrasons sont réfléchis et ne pénètrent pas les tissus (71).

Les participants sont allongés confortablement. Le praticien applique le gel sur le bord externe de la cheville correspondant à la localisation de l'atteinte. Il règle l'appareil à ultrasons sur une intensité prédéfinie pendant 20 minutes. Le praticien déplace la sonde sur la zone délimitée préalablement en étant vigilant à ne pas rester immobile sur le même point. Cela pourrait provoquer des sensations désagréables de brûlure pour le participant. Si le participant ressent cette sensation lors de la séance, l'intensité est baissée manuellement jusqu'à ce qu'elle disparaisse.

### **3.8 Effets indésirables**

Pendant les interventions, il est nécessaire de prendre en compte les effets indésirables pouvant être occasionnés. Une identification précoce de ces derniers lors de la mise en place de l'étude permet de les anticiper pour les éviter ou les gérer plus efficacement s'ils se produisent malgré tout.

L'effet indésirable le plus grave pouvant survenir lors de l'intervention « pratique physique » est une blessure lors du programme de rééducation. Cela reste relativement peu probable s'il est supervisé et que les exercices sont réalisés correctement mais elle entraînerait l'arrêt de l'étude pour le participant. Les exercices proposés peuvent entraîner une certaine fatigue

physique, une douleur ou des courbatures après leur réalisation. Les praticiens sont particulièrement attentifs à la douleur ressentie par le patient car elle conditionne la progression des exercices. En effet, si aucune douleur n'est ressentie lors de deux séances consécutives alors un niveau de progression est proposé. Au contraire, si le participant ressent une douleur, il effectue à nouveau le même contenu pendant la séance. La progression sera proposée uniquement lorsque cette douleur aura disparue.

Concernant l'intervention en imagerie motrice, la fatigue mentale est un effet secondaire qu'il faut surveiller. Le respect des temps de pause est donc très important. De plus si la pratique mentale génère une douleur, elle peut entraîner une persistance de cette dernière et l'exercice sera arrêté (23).

Une allergie au gel, des sensations désagréables et de chaleur sont des effets indésirables liés à l'usage d'ultrasons en rééducation (72). Pour éviter les sensations de chaleur, le praticien doit faire attention à ne pas maintenir la sonde au même endroit pendant un certain temps. L'intensité est diminuée manuellement si le participant se plaint de sensations désagréables. Pour tester l'allergie au gel, un essai est effectué au préalable en appliquant le gel sur la cheville saine des participants. Si une réaction (rougeur, irritations) est provoquée, un autre type de gel est testé jusqu'à ce qu'aucune réaction survienne. Si le participant ne supporte aucun type de gel, il se verra exclu de l'étude.

### **3.9 Critères d'arrêt de participation au protocole**

Plusieurs critères entraînant l'arrêt de la participation à l'étude sont fixés. Ces critères sont : le décès d'un participant, la survenue d'un effet indésirable grave, la perte de contact avec un participant pour différentes raisons (« perte de vue »), le changement d'avis du participant avec un retrait ou refus du consentement et une opposition à l'utilisation des données recueillies. L'absence à une seule séance que ce soit l'intervention « pratique physique » ou les interventions spécifiques (imagerie motrice et ultrasons) entraîne l'exclusion du sujet de l'étude. Le déclenchement d'une douleur lors de la séance de rééducation ou d'imagerie motrice empêchant le sujet de continuer l'exercice ou réaliser la séance suivante est aussi un critère d'arrêt du protocole. De même, un sujet qui se blesse lors de l'étude ou en dehors et qui est en incapacité de poursuivre le programme est exclu. Dans le groupe expérimental, la qualité de l'imagerie motrice est surveillée en demandant le

ressenti du patient. Une allergie au gel nécessaire à l'application des ultrasons peut aussi entraîner l'exclusion de l'étude.

### **3.10 Evaluation de l'intervention**

Les critères de jugement de l'étude qui sont le Weight Bearing Lunge Test, la Numeric Pain Rating Scale, le dynamomètre et la Lower Extremity Functional Scale sont évalués deux fois au cours de l'étude. La première évaluation a lieu la semaine précédant le début des interventions. Elle permet de recueillir les données et résultats initiaux des participants aux différents tests. L'étude s'étend sur 3 semaines complètes et la dernière séance a lieu au début de la 4<sup>ème</sup> semaine. La seconde évaluation est programmée à la fin du protocole expérimental donc au cours de la 4<sup>ème</sup> semaine après le début des interventions. Elle permet de recueillir les données et résultats après les interventions.

Les temps d'évaluation se déroulent sur le lieu de l'étude, au laboratoire de recherche. Pendant l'évaluation, les participants réalisent le test du Weight Bearing Lunge Test sous la supervision d'un investigateur. Ensuite, ils répondent aux questionnaires pour évaluer la douleur (NPRS) et la fonction auto-déclarée du membre inférieur (LEFS). Enfin, l'investigateur mesure la force musculaire des participants à l'aide du dynamomètre.

Les données recueillies lors des deux temps d'évaluation sont enregistrées. Elles sont ensuite analysées et exploitées après avoir été anonymisées pour étudier les effets des interventions à court terme.

## **4 Résultats**

### **4.1 Qualité métrologique des critères de jugement**

#### Le Weight Bearing Lunge Test:

Les résultats obtenus au Weight Bearing Lunge Test sont cohérents et reproductibles entre les évaluateurs (73). Les fiabilités inter-évaluateur et intra-évaluateur sont bonnes (74). Ce test a une bonne validité et la fiabilité test-retest est élevée avec un coefficient de corrélation intraclass (CCI) compris entre 0,93 et 0,99 (75).

La norme obtenue au Weight Bearing Lunge Test est de 12cm (+/- 2,8cm). La différence normale entre les deux membres est de 1,5cm (76).

La MCID permettant d'identifier un changement significativement important de l'amplitude de mouvement de flexion dorsale de la cheville des participants est de 1,9cm (ou 4,7°) (73).

#### La Numeric Pain Rating Scale :

Elle est valide, fiable et simple d'utilisation (44). La fiabilité inter-évaluateurs est excellente. La cohérence interne est excellente également avec un alpha de Cronbach égal à 0,88 (77).

La variation en pourcentage du score plutôt que sa variation brute fournit des informations significatives sur la réponse du patient sur sa douleur. Les différences minimales cliniquement pertinentes ont donc été déterminées en pourcentage de variation (77):

- 35% de réduction du score correspond à un « soulagement minimal »
- 67% de réduction est un « soulagement modéré »
- 70% correspond à « beaucoup de soulagement »
- La réduction de 94% ou plus est un « soulagement complet »

#### Le dynamomètre :

La validité du dynamomètre manuel est faible à moyenne par rapport au dynamomètre isocinétique. Cependant, les résultats obtenus peuvent être pertinent pour la mesure de la force d'inversion et d'éversion de la cheville à la suite d'une blessure (comme une entorse par exemple) (78).

La fiabilité intra-évaluateur et inter-évaluateur est bonne (79). La fiabilité test-retest est excellente (0,92) pour le dynamomètre fixe et elle est faible (0,49) pour le dynamomètre portatif (46).

La MCID est difficile à déterminer car elle dépend du type de dynamomètre utilisé, de sa position, de l'évaluateur, du patient et des muscles à tester. Ainsi, selon les articles et les protocoles, les valeurs en Newton sont différentes (78). Par exemple, la MCID pour la flexion plantaire de cheville est de 26,47N dans l'étude de Jackson et al. (80).

### La Lower Extremity Functional Scale :

La LEFS possède une bonne réactivité et validité. Sa fiabilité test-retest est excellente (0,94) tout comme la fiabilité inter et intra-évaluateur. La MCID pour l'évaluation de la fonction est de 9 points sur l'échelle (81).

#### **4.2 Analyse des données**

L'ensemble des données recueillies (données personnelles et évaluations) sont anonymes. Elles sont placées dans un eCRF. Le Data Manager, qui a effectué la randomisation, est responsable de la gestion de toutes ses informations. S'il y a un manque de données pour diverses raisons, une note de justification sera nécessaire. L'analyse statistique de toutes les données est réalisée à l'aide d'un logiciel biostatisticien.

Le test statistique utilisé est une analyse de variance (ANOVA). Elle permet une comparaison intra et intergroupe des moyennes en fonction du temps grâce aux données recueillies lors des temps d'évaluation. Une procédure de correction post-hoc est réalisée à la suite de ces tests multiples. L'analyse est effectuée en intention de traiter. Tous les résultats des sujets inclus seront analysés même ceux ayant arrêté l'étude avant la fin.

Les données seront présentées de la façon suivante : un texte descriptif et explicatif de l'étude, un tableau avec les valeurs obtenues et un graphique reprenant chaque critère de jugement séparément. Les graphiques permettent une meilleure visibilité des résultats. Les résultats seront traduits sous forme de nuages de données comparatifs (un pour les données initiales et un autre pour les données post-intervention) avec le temps en abscisse et les résultats aux différents tests (valeur, score ou pourcentage) en ordonnée.

L'analyse statistique des données prend en compte le calcul de la p-value, le seuil de significativité de 5% et l'intervalle de confiance. Concrètement, si une augmentation de la distance de 1,9cm ou plus au Weight Bearing Lunge Test avec un intervalle de confiance à 95% est obtenue dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle, l'intervention en imagerie motrice pourra être établie comme significativement efficace. Pour rappel, une augmentation de la distance au Weight Bearing Lunge Test correspond à une augmentation de la flexion dorsale de cheville.

## 5 Discussion

### 5.1 Interprétation des résultats

Cette étude interventionnelle a pour objectif d'étudier l'impact de l'utilisation de l'imagerie motrice en rééducation d'une entorse latérale de la cheville et notamment sur l'amplitude de mouvement en flexion dorsale. A la suite du protocole, une augmentation significative de cette amplitude est espérée. Elle se traduit par une distance plus élevée au Weight Bearing Lunge Test. Cela signifierait que l'imagerie motrice a un impact positif sur l'amplitude de mouvement en flexion dorsale de la cheville après une entorse latérale. Par conséquent, elle pourrait s'ajouter à l'ensemble des techniques et stratégies thérapeutiques déjà connu.

L'imagerie motrice en rééducation n'est pas une technique coûteuse, elle ne nécessite pas de matériels spécifiques et ne présente pas d'effet indésirable. La balance bénéfice-risque de cette technique thérapeutique n'est pas dangereuse ce qui est un avantage.

Les mobilisations utilisées dans cette étude sont les mobilisations apprises lors de la formation initiale en masso-kinésithérapie. Elles ont été prouvées comme efficaces pour récupérer un déficit d'amplitude de mouvement (60,61). Il existe d'autres types de mobilisation comme les mobilisations dites de Mulligan qui sont une alternative en thérapie manuelle et sont également prouvées comme efficaces (82).

De plus, cette étude observe également l'effet possible de l'imagerie motrice sur la douleur, la force et la fonction auto-déclarée du membre inférieur. Si les résultats obtenus aux différents tests témoignent d'un effet positif de l'imagerie motrice sur ces critères alors elle pourrait aussi être envisagée comme stratégie thérapeutique. Cependant, ce ne sont que des objectifs secondaires dans cette étude. Ainsi, d'autres études sur ces critères sont nécessaires pour approfondir leurs études.

Il est important de noter que l'intérêt du protocole présenté est sa reproductibilité par les masseur-kinésithérapeutes dans leur exercice. En effet, le matériel, le nombre de séances, la durée et son déroulement ont été planifiés dans le but que ce protocole soit réalisable dans un cabinet.

Toutefois, cette étude a été mise en place car seulement un article scientifique traitant de ce sujet a été trouvé dans la littérature. Il s'agit donc d'une étude qui, si elle est mise en place

par la suite, viendrait compléter ses recherches en nécessitant évidemment d'autres études complémentaires pour conclure sur ce sujet.

De plus, l'article scientifique de Christakou et al. conclue sur le fait que l'imagerie motrice ne démontre pas d'effet sur la douleur, l'œdème et l'amplitude de mouvement chez les athlètes souffrant d'une entorse de la cheville de grade II (7). Il est toutefois possible d'espérer que l'étude présentée dans ce travail ait des résultats positifs car : le nombre de participants est plus important (92 contre 52), la population est différente même si l'âge d'inclusion est presque semblable, le Weight Bearing Lunge Test est recommandé contrairement au goniomètre et les séances d'imagerie motrice suivent les principes de Schuster et l'approche PETTLEP.

Les objectifs choisis pour cette étude sont des objectifs classiques, modestes et simples. En effet, étant donné qu'il ne s'agit que de la deuxième étude sur ce sujet, le choix de débiter par des objectifs comme ceci est plus raisonnable. De plus, cela ouvre les possibilités d'étudier des objectifs plus complexes lors des recherches futures.

## **5.2 Limites et biais de l'étude**

Cette étude peut présenter certaines limites et certains biais. Tout d'abord, le nombre de sujets nécessaire pour l'étude est de 92 répartis en deux groupes de 46. En prenant en compte les critères d'inclusion, notamment l'âge (18-25ans) et le fait que ce doit être un premier épisode d'entorse latérale de cheville de grade II, cela peut paraître difficile de réussir à recruter 92 participants volontaires.

De surcroit, le calendrier oblige les participants à être disponible et à proximité du lieu de l'étude. En effet, deux séances par jour 3 fois par semaine sont prévues ce qui représente un temps considérable. Sachant que les participants sont des jeunes adultes, ils peuvent être en études ou travailler ce qui peut compromettre leur disponibilité.

Le lieu de l'étude est également une problématique à prendre en compte. Il doit être assez spacieux pour accueillir l'ensemble des participants en même temps durant les séances. L'accessibilité est aussi un point important pour permettre à tous les participants de venir aux séances. De plus, la réalisation simultanée des interventions en imagerie motrice devant

être supervisées, nécessite la présence de plusieurs investigateurs ce qui peut poser problème tout comme les séances d’ultrasons.

La Lower Extremity Functional Scale a été choisi au détriment du Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) ou de la Patient-Reported Outcomes Measurement Information System physical function and pain interference scale (PROMIS) alors qu’ils sont tous recommandés par le guidelines international (10). Cela peut constituer un biais et d’autres études utilisant ces autres questionnaires pourraient être mises en place.

### **5.3 Perspectives professionnelles et personnelles**

Dans le cas où cette étude apporterait des résultats positifs, elle participerait à compléter la littérature scientifique sur ce sujet. D’autres études complémentaires seront bien évidemment nécessaires pour confirmer les résultats en veillant à prendre en compte les limites et biais possibles comme cités ci-dessus.

Néanmoins, cette étude amène plusieurs perspectives de recherche. Les objectifs secondaires comme la douleur, la force ou encore la fonction auto-déclarée peuvent donner lieu à des études spécifiques à chaque objectif. D’autres objectifs peuvent également émerger dans le cadre d’une entorse de cheville comme par exemple étudier les facteurs de risques, l’instabilité chronique ou encore le retour au sport. Ensuite, d’autres paramètres tels que l’âge ou le type d’entorse par exemple peuvent être modifiés pour étudier l’utilisation de l’imagerie motrice dans tous les cas possibles d’entorse de la cheville.

L’étude vise à évaluer le traitement de l’entorse de la cheville et notamment le déficit de flexion dorsale. D’autres études peuvent étudier les autres amplitudes de mouvement (flexion plantaire, éversion, inversion, etc.). Une étude sur la prévention de cette blessure est une perspective intéressante car les masseur-kinésithérapeutes jouent également un rôle important en santé publique dans la prévention. De plus, le protocole de pratique physique présenté n’est pas une recommandation. Il peut être modifié lors des futures recherches en terme de choix d’exercices ou d’applications de ceux-ci (nombre de séries, de répétitions, etc.).

Les modalités et perspectives utilisées par les participants pour effectuer leurs séances d’imagerie ont été déterminées au préalable selon leurs préférences. Ainsi plusieurs

approches différentes sont possibles pour les recherches futures. Les chercheurs pourront différencier et comparer les modalités kinesthésiques et visuelles ou les perspectives interne et externe. Dans le cas d'une entorse latérale de la cheville, l'hypothèse que l'imagerie kinesthésique à la première personne soit plus adaptée est émise. Les prochaines études permettront de confirmer ou non cette hypothèse.

Lors de cette étude, deux temps d'évaluation sont prévus : un avant le début de l'étude (à J0) et l'autre à la fin des séances (Semaine 4). Ils permettent une évaluation à court terme des effets de l'imagerie motrice dans ce cas d'étude. Une évaluation de ses effets à long terme est une perspective intéressante à mener lors des prochaines études également.

D'un point de vue personnel, ce travail d'initiation à la recherche a permis de développer plusieurs compétences.

La recherche scientifique visant à regrouper les données pour rédiger le cadre conceptuel et le protocole de l'étude a enrichi les connaissances sur l'entorse de la cheville et l'imagerie motrice. Dans la future pratique, l'entorse de la cheville risque d'être un traumatisme fortement rencontré d'autant plus que l'accès direct aux masseur-kinésithérapeutes se développe de plus en plus (83). Toutes ces recherches seront donc utiles par la suite. La lecture et la recherche de différents articles scientifiques ont développé les capacités à les trouver et les analyser. L'analyse des articles s'est améliorée au cours du travail tout comme la recherche des informations pertinentes.

La méthode de rédaction d'un protocole a été appréhendée pour la première fois. Elle a rendu compte de la quantité et de la qualité de travail nécessaire pour réaliser ce genre de travail. Il est nécessaire d'être rigoureux, organisé, précis pour veiller à ne pas oublier le moindre détail et produire une étude la plus complète possible. Ici, le protocole n'est pas mis en place ce qui enlève une part importante de travail réel tel que l'administratif ou le financement par exemple. Cela permet de prendre conscience que la réalisation d'un protocole de recherche est longue et peut durer plusieurs années contrairement à ce travail d'initiation à la recherche.

L'ensemble de ce travail a donc permis une initiation à la démarche scientifique nécessaire à la réalisation d'une étude. L'utilisation des données scientifiques dans le cadre d'une

pratique clinique s'est développée ces dernières années en masso-kinésithérapie et constitue un aspect fondamental de notre profession à travers l'Evidence Based Practice (ou Pratique Basée sur les Preuves) (84).

## **6 Conclusion**

Ce protocole de recherche a pour objectif principal d'évaluer l'efficacité de l'utilisation de l'imagerie motrice sur la récupération d'amplitude de mouvement en flexion dorsale après une entorse latérale de la cheville. Les objectifs secondaires qui sont évalués dans cette étude sont la douleur, la force musculaire et la fonction auto-déclarée du membre inférieur.

Des résultats positifs sont espérés à la suite des interventions. Le protocole n'étant pas mis en place, seule sa réalisation permettra de conclure sur l'efficacité ou non de l'imagerie motrice dans cette situation. Si les hypothèses émises sont confirmées, l'imagerie motrice présenterait un intérêt clinique et s'ajouterait aux techniques thérapeutiques déjà existantes.

Ce travail d'initiation à la recherche a permis de découvrir et mettre en œuvre la méthodologie nécessaire à la réalisation d'une étude scientifique. Il a aussi permis de développer et améliorer les capacités de recherche et d'analyse d'articles scientifiques. Ainsi, de nombreuses compétences ont pu être enrichies et seront utiles dans la pratique professionnelle future.

## Références bibliographiques

---

1. Halabchi F, Hassabi M. Acute ankle sprain in athletes: Clinical aspects and algorithmic approach. *World J Orthop.* 18 déc 2020;11(12):534-58.
2. Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA. Epidemiology of Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* juin 2019;54(6):603-10.
3. Czajka CM, Tran E, Cai AN, DiPreta JA. Ankle sprains and instability. *Med Clin North Am.* mars 2014;98(2):313-29.
4. Chapireau F. La classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé. *Gérontologie Société.* 2001;24 / 99(4):37-56.
5. Ferrer-Peña R, Cuenca-Martínez F, Romero-Palau M, Flores-Román LM, Arce-Vázquez P, Varangot-Reille C, et al. Effects of motor imagery on strength, range of motion, physical function, and pain intensity in patients with total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. *Braz J Phys Ther.* déc 2021;25(6):698-708.
6. Lebon F, Guillot A, Collet C. Increased muscle activation following motor imagery during the rehabilitation of the anterior cruciate ligament. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* mars 2012;37(1):45-51.
7. Christakou A, Zervas Y. The effectiveness of imagery on pain, edema, and range of motion in athletes with a grade II ankle sprain. *Phys Ther Sport - PHYS THER SPORT.* 1 août 2007;8:130-40.
8. Das A. A Review on the Anatomy and Biomechanics of the Foot-Ankle Complex. *Asian J Convergent Technol AJCT* ISSN -2350-1146 [Internet]. 15 avr 2018 [cité 14 janv 2023]; Disponible sur: <https://asianssr.org/index.php/ajct/article/view/418>
9. Golanó P, Vega J, de Leeuw PAJ, Malagelada F, Manzanares MC, Götzens V, et al. Anatomy of the ankle ligaments: a pictorial essay. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(5):557-69.
10. Martin RL, Davenport TE, Fraser JJ, Sawdon-Bea J, Carcia CR, Carroll LA, et al. Ankle Stability and Movement Coordination Impairments: Lateral Ankle Ligament Sprains Revision. *J Orthop Sports Phys Ther.* avr 2021;51(4):CPG1-80.
11. Al Bimani SA, Gates LS, Warner M, Ewings S, Crouch R, Bowen C. Characteristics of patients with ankle sprain presenting to an emergency department in the south of England (UK): A seven-month review. *Int Emerg Nurs.* nov 2018;41:38-44.
12. Hølmer P, Søndergaard L, Konradsen L, Nielsen PT, Jørgensen LN. Epidemiology of sprains in the lateral ankle and foot. *Foot Ankle Int.* févr 1994;15(2):72-4.
13. Kobayashi T, Tanaka M, Shida M. Intrinsic Risk Factors of Lateral Ankle Sprain: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health.* avr 2016;8(2):190-3.

14. Vuurberg G, Hoorntje A, Wink LM, van der Doelen BFW, van den Bekerom MP, Dekker R, et al. Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: update of an evidence-based clinical guideline. *Br J Sports Med.* août 2018;52(15):956.
15. Beynnon BD, Murphy DF, Alosa DM. Predictive Factors for Lateral Ankle Sprains: A Literature Review. *J Athl Train.* déc 2002;37(4):376-80.
16. Doherty C, Delahunt E, Caulfield B, Hertel J, Ryan J, Bleakley C. The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. *Sports Med Auckl NZ.* janv 2014;44(1):123-40.
17. Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé. Recommandations pour les pratiques de soins - Rééducation de l'entorse externe de cheville. 2000.
18. Stiell IG, Greenberg GH, McKnight RD, Nair RC, McDowell I, Worthington JR. A study to develop clinical decision rules for the use of radiography in acute ankle injuries. *Ann Emerg Med.* avr 1992;21(4):384-90.
19. Gomes YE, Chau M, Banwell HA, Causby RS. Diagnostic accuracy of the Ottawa ankle rule to exclude fractures in acute ankle injuries in adults: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 23 sept 2022;23:885.
20. Egli S, Sclabas GM, Egli S, Zimmermann H, Exadaktylos AK. The Bernese ankle rules: a fast, reliable test after low-energy, supination-type malleolar and midfoot trauma. *J Trauma.* nov 2005;59(5):1268-71.
21. Dubois B, Esculier JF. Soft-tissue injuries simply need PEACE and LOVE. *Br J Sports Med.* 1 janv 2020;54(2):72-3.
22. Malouin F, Richards CL. Mental practice for relearning locomotor skills. *Phys Ther.* févr 2010;90(2):240-51.
23. Thomas Rulleau, Toussaint. L'imagerie motrice en rééducation. 14.
24. Lebon F, Gueugneau N, Papaxanthis C. Modèles internes et imagerie motrice. *Mov Sport Sci.* 2013;82(4):51-61.
25. de Vries S, Tepper M, Otten B, Mulder T. Recovery of motor imagery ability in stroke patients. *Rehabil Res Pract.* 2011;2011:283840.
26. Santoro S, Lo Buono V, Corallo F, Cartella E, Micchia K, Palmeri R, et al. Motor imagery in stroke patients: a descriptive review on a multidimensional ability. *Int J Neurosci.* août 2019;129(8):821-32.
27. Mellet E, Petit L, Mazoyer B, Denis M, Tzourio N. Imagerie cérébrale de l'imagerie mentale. *médecine/sciences.* 1 août 2012;15:475.
28. Lebon F, Rouffet D, Guillot A, Collet C. Imagerie motrice et activité électromyographique. *Sci Mot.* 1 janv 2008;64:11-34.

29. Callow N, Hardy L. The relationship between the use of kinaesthetic imagery and different visual imagery perspectives. *J Sports Sci.* févr 2004;22(2):167-77.
30. Dickstein R, Deutsch JE. Motor imagery in physical therapist practice. *Phys Ther.* juill 2007;87(7):942-53.
31. Loison B, Moussaddaq AS, Cormier J, Richard I, Ferrapie AL, Ramond A, et al. Translation and validation of the French Movement Imagery Questionnaire – Revised Second version (MIQ-RS). *Ann Phys Rehabil Med.* 1 avr 2013;56(3):157-73.
32. Holmes PS, Collins DJ. The PETTLEP Approach to Motor Imagery: A Functional Equivalence Model for Sport Psychologists. *J Appl Sport Psychol.* 1 janv 2001;13(1):60-83.
33. Wakefield C, Smith D. Perfecting practice: Applying the PETTLEP model of motor imagery. *J Sport Psychol Action.* 1 janv 2012;3.
34. Schuster C, Hilfiker R, Amft O, Scheidhauer A, Andrews B, Butler J, et al. Best practice for motor imagery: a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC Med.* 17 juin 2011;9(1):75.
35. Monteiro KB, Cardoso MDS, Cabral VR da C, Santos AOBD, Silva PS da, Castro JBP de, et al. Effects of Motor Imagery as a Complementary Resource on the Rehabilitation of Stroke Patients: A Meta-Analysis of Randomized Trials. *J Stroke Cerebrovasc Dis Off J Natl Stroke Assoc.* août 2021;30(8):105876.
36. Li RQ, Li ZM, Tan JY, Chen GL, Lin WY. Effects of motor imagery on walking function and balance in patients after stroke: A quantitative synthesis of randomized controlled trials. *Complement Ther Clin Pract.* août 2017;28:75-84.
37. Opsommer E, Chevalley O, Korogod N. Motor imagery for pain and motor function after spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord.* mars 2020;58(3):262-74.
38. Caligiore D, Mustile M, Spalletta G, Baldassarre G. Action observation and motor imagery for rehabilitation in Parkinson's disease: A systematic review and an integrative hypothesis. *Neurosci Biobehav Rev.* janv 2017;72:210-22.
39. LOI n° 2012-300 du 5 mars 2012 relative aux recherches impliquant la personne humaine (1). 2012-300 mars 5, 2012.
40. Fournier LS. La loi Jardé : une nouvelle loi régissant la recherche médicale. *Hegel.* 2012;3(3):47-50.
41. Les intervenants dans un essai clinique. Une multiplicité d'acteurs au service de la recherche [Internet]. *Santé.fr.* 2020. Disponible sur: <https://www.sante.fr/les-intervenants-dans-un-essai-clinique-une-multiplicite-dacteurs-au-service-de-la-recherche>
42. Knee to Wall Test [Internet]. *Physiopeida.* Disponible sur: [https://www.physiopeida.com/Knee\\_to\\_Wall\\_Test](https://www.physiopeida.com/Knee_to_Wall_Test)

43. Hall EA, Docherty CL. Validity of clinical outcome measures to evaluate ankle range of motion during the weight-bearing lunge test. *J Sci Med Sport*. juill 2017;20(7):618-21.
44. Karcioğlu O, Topacoglu H, Dikme O, Dikme O. A systematic review of the pain scales in adults: Which to use? *Am J Emerg Med*. 1 avr 2018;36(4):707-14.
45. liste\_echelles\_acceptees\_2022.pdf [Internet]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-01/liste\\_echelles\\_acceptees\\_2022.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-01/liste_echelles_acceptees_2022.pdf)
46. Strength Testing: Manual Muscle Testing and Dynamometry [Internet]. BTE. Disponible sur: <https://www.btetechnologies.com/therapyspark/strength-testing-manual-muscle-testing-and-dynamometry/>
47. Bohannon RW. Hand-held dynamometry: A practicable alternative for obtaining objective measures of muscle strength. *Isokinet Exerc Sci*. 12 nov 2012;20(4):301-15.
48. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM R*. mai 2011;3(5):472-9.
49. Hall EA, Docherty CL, Simon J, Kingma JJ, Klossner JC. Strength-Training Protocols to Improve Deficits in Participants With Chronic Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial. *J Athl Train*. janv 2015;50(1):36-44.
50. Jm B, Pw S, Sa L. Lower Extremity Functional Scale (LEFS).
51. René F, Casimiro L, Tremblay M, Brosseau L, Lefebvre A, Beaudouin M, et al. Une version canadienne française du Lower Extremity Functional Scale (LEFS) : L'Échelle fonctionnelle des membres inférieurs (ÉFMI), partie I. *Physiother Can*. Spring 2011;63(2):242.
52. Réussir la démarche de recherche universitaire en kinésithérapie et thérapie manuelle [Internet]. Unithèque. Disponible sur: <https://www.unitheque.com/reussir-demarche-recherche-universitaire-kinesitherapie-therapie-manuelle/elsevier-masson/Livre/146750>
53. Conson M, De Bellis F, Baiano C, Zappullo I, Raimo G, Finelli C, et al. Sex differences in implicit motor imagery: Evidence from the hand laterality task. *Acta Psychol (Amst)*. 1 févr 2020;203:103010.
54. Accord préalable et actes de masso-kinésithérapie [Internet]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/medecin/exercice-liberal/prescription-prise-charge/accord-prealable/accord-prealable-actes-masso-kinesitherapie>
55. Gueugneau N, Pozzo T, Darlot C, Papaxanthis C. Daily modulation of the speed–accuracy trade-off. *Neuroscience*. 25 juill 2017;356:142-50.
56. M KS, J L, Mk V, K N, K H, A H. Effects of morning vs. evening combined strength and endurance training on physical performance, sleep and well-being. *Chronobiol Int*. juin 2019 ;36(6).

57. H C, T D, S S, A G, A C, N S. The effect of strength training at the same time of the day on the diurnal fluctuations of muscular anaerobic performances. *J Strength Cond Res.* janv 2012 ;26(1).
58. Franklin S, Grey MJ, Heneghan N, Bowen L, Li FX. Barefoot vs common footwear: A systematic review of the kinematic, kinetic and muscle activity differences during walking. *Gait Posture.* 1 sept 2015;42(3):230-9.
59. Masso-kinésithérapie et thérapie manuelle pratiques - Tome 3 - Présentation - EM consulte
60. van der Wees PJ, Lenssen AF, Hendriks EJM, Stomp DJ, Dekker J, de Bie RA. Effectiveness of exercise therapy and manual mobilisation in ankle sprain and functional instability: a systematic review. *Aust J Physiother.* 2006;52(1):27-37.
61. Loudon JK, Reiman MP, Sylvain J. The efficacy of manual joint mobilisation/manipulation in treatment of lateral ankle sprains: a systematic review. *Br J Sports Med.* mars 2014;48(5):365-70.
62. van der Merwe C, Shultz SP, Colborne GR, Fink PW. Foot Muscle Strengthening and Lower Limb Injury Prevention. *Res Q Exerc Sport.* sept 2021;92(3):380-7.
63. Introduction to Therapeutic Exercise [Internet]. Physiopedia. Disponible sur: [https://www.physio-pedia.com/Introduction\\_to\\_Therapeutic\\_Exercise](https://www.physio-pedia.com/Introduction_to_Therapeutic_Exercise)
64. Schoenfeld BJ, Grgic J, Van Every DW, Plotkin DL. Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. *Sports.* 22 févr 2021;9(2):32.
65. Cain MS, Ban RJ, Chen YP, Geil MD, Goerger BM, Linens SW. Four-Week Ankle-Rehabilitation Programs in Adolescent Athletes With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* août 2020;55(8):801-10.
66. Xue X, Ma T, Li Q, Song Y, Hua Y. Chronic ankle instability is associated with proprioception deficits: A systematic review and meta-analysis. *J Sport Health Sci.* mars 2021;10(2):182-91.
67. Lazarou L, Kofotolis N, Pafis G, Kellis E. Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2018;31(3):437-46.
68. Rozand V, Lebon F, Papaxanthis C, Lepers R. Does a mental training session induce neuromuscular fatigue? *Med Sci Sports Exerc.* oct 2014;46(10):1981-9.
69. Traitement par ultrasons à Paris [Internet]. Institut de kinésithérapie. Disponible sur: <https://www.institut-kinesitherapie.paris/les-traitements/physiotherapie/traitement-ultrasons/>

70. van den Bekerom MP, van der Windt DA, ter Riet G, van der Heijden GJ, Bouter LM. Therapeutic ultrasound for acute ankle sprains. *Cochrane Database Syst Rev.* 15 juin 2011;2011(6):CD001250.
71. Watson T. Ultrasound in contemporary physiotherapy practice. *Ultrasonics.* 1 août 2008;48(4):321-9.
72. Verhagen EALM. What does therapeutic ultrasound add to recovery from acute ankle sprain? A review. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* janv 2013;23(1):84-5.
73. Powden CJ, Hoch JM, Hoch MC. Reliability and minimal detectable change of the weight-bearing lunge test: A systematic review. *Man Ther.* 1 août 2015;20(4):524-32.
74. Bennell K, Talbot R, Wajswelner H, Techovanich W, Kelly D, Hall A. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Aust J Physiother.* 1 janv 1998;44(3):175-80.
75. Chisholm MD, Birmingham TB, Brown J, MacDermid J, Chesworth BM. Reliability and Validity of a Weight-Bearing Measure of Ankle Dorsiflexion Range of Motion. *Physiother Can.* oct 2012;64(4):347-55.
76. Hoch MC, McKeon PO. Normative range of weight-bearing lunge test performance asymmetry in healthy adults. *Man Ther.* oct 2011;16(5):516-9.
77. Numeric Pain Rating Scale [Internet]. Shirley Ryan AbilityLab. 2013. Disponible sur: <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/numeric-pain-rating-scale>
78. Alfuth M, Hahm MM. RELIABILITY, COMPARABILITY, AND VALIDITY OF FOOT INVERSION AND EVERSION STRENGTH MEASUREMENTS USING A HAND-HELD DYNAMOMETER. *Int J Sports Phys Ther.* févr 2016;11(1):72-84.
79. Hand Held Myometry / Dynamometry [Internet]. Shirley Ryan AbilityLab. 2016 Disponible sur: <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/hand-held-myometry-dynamometry>
80. Jackson SM, Cheng MS, Smith AR, Kolber MJ. Intrarater reliability of hand held dynamometry in measuring lower extremity isometric strength using a portable stabilization device. *Musculoskelet Sci Pract.* 1 févr 2017;27:137-41.
81. Lower Extremity Functional Scale [Internet]. Shirley Ryan AbilityLab. 2013 Disponible sur: <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/lower-extremity-functional-scale>
82. Westad K, Tjoestolvsen F, Hebron C. The effectiveness of Mulligan's mobilisation with movement (MWM) on peripheral joints in musculoskeletal (MSK) conditions: A systematic review. *Musculoskelet Sci Pract.* févr 2019;39:157-63.
83. Avec les premiers protocoles de coopération, l'accès direct au kinésithérapeute bientôt possible [Internet]. Ordre des masseurs-kinésithérapeutes. 2020. Disponible sur: <https://www.ordremk.fr/actualites/kines/avec-les-premiers-protocoles-de-cooperation-laces-direct-au-kinesitherapeute-bientot-possible/>

84. Kinésithérapie, une evidence based practice ? [Internet]. Ordre des masseurs-kinésithérapeutes. 2019.











**Annexe 1 : Tableau récapitulatif du protocole**











<b>Titre de l'étude</b>	L'entorse latérale de cheville : amélioration de l'amplitude de flexion dorsale par utilisation de l'imagerie motrice
<b>Mots clés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Entorse de cheville</li> <li>➔ Imagerie motrice</li> <li>➔ Amplitude de mouvement</li> <li>➔ Weight Bearing Lunge Test</li> </ul>
<b>Type de l'étude</b>	Etude interventionnelle, prospective, contrôlée, randomisée pour répondre à une question de type évaluative
<b>Objectifs et hypothèses de l'étude</b>	<p><u>Objectif principal :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluer le bénéfice de l'imagerie motrice sur l'amplitude de flexion dorsale de la cheville après une entorse latérale</li> </ul> <p><u>Objectifs secondaires :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer l'impact de l'amélioration de la flexion dorsale par l'imagerie motrice sur la douleur, la force musculaire et la fonction auto-déclarée du membre inférieur</li> </ul> <p><u>Hypothèse principale :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Amélioration de la distance au Weight Bearing Lunge Test dans le groupe expérimental</li> </ul> <p><u>Hypothèses secondaires :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution du score à la NPRS, augmentation de la force musculaire au dynamomètre et augmentation du score à la LEFS dans le groupe expérimental</li> </ul>
<b>Critères de jugement</b>	<p><u>Critère de jugement principal :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b><u>Weight Bearing Lunge Test</u></b></li> </ul> <p><u>Critères de jugement secondaires :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Numeric Pain Rating Scale</li> <li>- Dynamomètre</li> <li>- Lower Extremity Functional Scale</li> </ul>
<b>Calendrier d'étude</b>	<p>Durée totale du protocole : 4 semaines</p> <p>Durée du protocole : 10 séances</p> <p>Durée des interventions : 30min</p> <p>Fréquence des interventions : 3 séances par semaine pour chaque type d'intervention</p> <p>Dates des évaluations : J0 – Semaine 4</p>











<b>Lieu d'étude</b>	Laboratoire de recherche à Nantes
<b>Population</b>	<p>Nombre de sujets nécessaires : 92</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Groupe contrôle : 46</li> <li>- Groupe expérimental : 46</li> </ul>
<b>Critères d'éligibilité</b>	<p><u>Critères d'inclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Volontaire et consentant, habiter proche pour assister aux interventions</li> <li>- Age : entre 18 et 25ans</li> <li>- Sexe féminin ou masculin</li> <li>- Diagnostic clinique d'entorse latérale de cheville avec Ottawa et Bernese négatifs</li> <li>- 1<sup>er</sup> épisode d'entorse</li> <li>- Type d'entorse : latérale de grade II</li> <li>- Entorse aigue (&lt;2semaines)</li> <li>- Déficit d'amplitude de cheville objectivé au WBLT</li> <li>- Etre capable de réaliser correctement de l'imagerie motrice : TDMI</li> <li>- Pas d'autres pathologies, pas de comorbidités</li> <li>- Pas d'antécédents de blessures autres (ex : LCA, etc.)</li> </ul> <p><u>Critères de non-inclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Refus</li> <li>- Troubles cognitifs empêchant l'imagerie motrice</li> <li>- Antécédent d'entorses ou d'autres blessures aux membres inférieurs</li> <li>- Autres pathologies sous jacentes</li> <li>- Participation à d'autres études interventionnelles</li> <li>- Ottawa et/ou Bernese positif</li> <li>- Entorse post-aigue et instabilité chronique (&gt;2semaines)</li> <li>- Entorse médiale, atteinte la syndesmose, entorse de grade I ou III</li> </ul>
<b>Synthèse des interventions</b>	<p><u>Rééducation « pratique physique » :</u> effectuée le matin</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mobilisation articulaire</li> <li>- Renforcement musculaire</li> <li>- Fonctionnel : proprioception et équilibre</li> </ul> <p><u>Interventions spécifiques:</u> effectuées l'après-midi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Groupe contrôle : Séance d'ultrasons</li> <li>- Groupe expérimental : Séance d'imagerie motrice</li> </ul>
<b>Critères d'arrêt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décès</li> <li>- Effet indésirable grave</li> <li>- Perte de vue, de contact, absence, déménagement</li> <li>- Changement d'avis des patients, refus de consentement</li> <li>- Douleurs présentes en pratique physique et/ou en imagerie motrice</li> <li>- Blessures pendant la durée du protocole (en dehors de l'étude ou pendant)</li> <li>- Dégradation de la capacité à faire de l'IM la rendant presque impossible</li> <li>- Allergie au gel pour les ultrasons dans le groupe contrôle</li> </ul>
<b>Analyse statistique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traitement statistique par un logiciel biostatisticien</li> <li>- Test statistique : ANOVA + post-hoc</li> <li>- Une augmentation de 1,9cm au WBLT dans le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle avec un intervalle de confiance à 95% est attendue pour conclure sur la significativité de l'intervention</li> </ul>



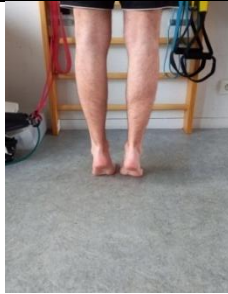

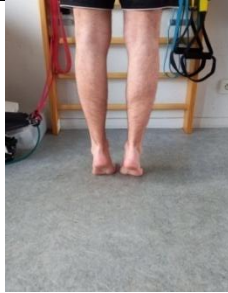







**Annexe 3 : Illustrations des exercices de renforcement musculaire proposés\***

	Les exercices et leur progression	Le mouvement demandé	
		Position de départ	Position de fin
<b>Muscles de l'éversion</b>	<p><b>1)</b> En décharge, assis bord de table.</p> <p>Réaliser des mouvements d'éversion contre pesanteur.</p>		
	<p><b>2)</b> En décharge, assis bord de table.</p> <p>Réaliser des mouvements d'éversion contre pesanteur en ajoutant une résistance élastique.</p>		
	<p><b>3)</b> En charge, sur un step.</p> <p>En appui unipodal du côté atteint.</p> <p>Maintenir le pied en rectitude.</p>		
	<p><b>4)</b> En charge.</p> <p>En appui unipodal du côté atteint.</p> <p>Réaliser des mouvements d'abduction de hanche du côté sain.</p>		
	<p><b>5)</b> En charge, en appui unipodal du côté atteint.</p> <p>Réaliser des mouvements d'abduction de hanche du côté sain en ajoutant une résistance élastique.</p>		

<b>Muscles de l'inversion</b>	<p><b>1) En décharge, assis bord de table.</b></p> <p>Réaliser des mouvements d'inversion contre pesanteur.</p>		
	<p><b>2) En décharge, assis bord de table.</b></p> <p>Réaliser des mouvements d'éversion contre pesanteur en ajoutant une résistance à l'aide d'un élastique.</p>		
	<p><b>3) En charge, sur un step.</b></p> <p>En appui unipodal du côté atteint.</p> <p>Maintenir le pied en rectitude</p>		
	<p><b>4) En charge.</b></p> <p>En appui unipodal du côté atteint.</p> <p>Réaliser des mouvements d'adduction de hanche du côté sain.</p>		
	<p><b>5) En charge, en appui unipodal du côté atteint.</b></p> <p>Réaliser des mouvements d'adduction de hanche du côté sain en ajoutant une résistance élastique.</p>		

<b>Muscles fléchisseurs dorsaux</b>	<p><b>1)</b> En décharge, allongé ou semi-assis, pied en bord de table. Réaliser des flexions dorsales contre pesanteur.</p>		
	<p><b>2)</b> En décharge, allongé ou semi-assis, pied en bord de table. Réaliser des mouvements flexion dorsale contre pesanteur en ajoutant une résistance à l'aide d'un élastique.</p>		
	<p><b>3)</b> En charge, sur un step. En appui unipodal du côté atteint. Maintenir le pied en rectitude.</p>		
	<p><b>4)</b> En charge, en appui bipodal sur un plan incliné vers le bas. Réaliser des mouvements de flexion dorsale contre pesanteur dans l'amplitude complète.</p>		
	<p><b>5)</b> En charge, en appui bipodal sur un plan incliné vers le bas. Réaliser des mouvements de flexion dorsale contre pesanteur dans l'amplitude complète en ajoutant une résistance par un poids.</p>		

<b>Muscles fléchisseurs plantaires</b>	<p><b>1) En décharge, semi-assis sur la table.</b></p> <p>Réaliser des mouvements de flexion plantaire contre la sangle tenue manuellement par le patient.</p>		
	<p><b>2) En charge.</b></p> <p>Monter sur la pointe des deux pieds puis maintenir l'équilibre unipodal du côté atteint.</p>		
	<p><b>3) En charge.</b></p> <p>Monter sur la pointe des deux pieds puis réaliser une contraction excentrique en reposant le pied au sol du côté atteint.</p>		
	<p><b>4) En charge, en unipodal.</b></p> <p>Réaliser des mouvements dynamiques de flexion plantaire (« pointe de pied ») du côté atteint.</p>		
	<p><b>5) En charge, en unipodal.</b></p> <p>Réaliser des mouvements dynamiques de flexion plantaire (« pointe de pied ») du côté atteint en ajoutant une résistance à l'aide d'un gilet lesté.</p>		

\*Photos de l'auteur