



**HAL**  
open science

## Variation du positionnement fibulaire craniao-caudal et lien avec les qualités proprioceptives de la cheville

Fiona Remy

► **To cite this version:**

Fiona Remy. Variation du positionnement fibulaire craniao-caudal et lien avec les qualités proprioceptives de la cheville. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-04228512

**HAL Id: dumas-04228512**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04228512>**

Submitted on 4 Oct 2023

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

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

Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie Niçois

Mémoire présenté et soutenu par **Fiona REMY**

Avril 2022

**Variation du positionnement fibulaire craniale-caudale et lien avec les qualités proprioceptives de la cheville**

Axe 2 : Les soins primaires – évaluation des pratiques professionnelles en MK

Jury :

CHOPLIN Arnaud, PhD – HDR en Sciences de l'Éducation - Directeur de l'IFMKN

NENERT Patrick, Master Ingénierie de la santé - Directeur de mémoire

LEFEVRE Marion, Masseur-Kinésithérapeute

**Liste des abréviations :**

**IFMKN :** Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie Niçois

**SEBT :** Star Excursion Balance Test

**MWM :** Mobilization With Movement

**PM :** Postéro-médiale

**PL :** Postéro-latérale

**( $\Delta F$ ) :** Différence de delta malléolaire entre les deux chevilles d'un même participant

## Table des matières

<b>1. Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 L'entorse externe .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1 Epidémiologie.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.2 Les mécanismes lésionnels .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.3 La classification des entorses .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.4 Les facteurs de risques .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 La cheville.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.1 Articulations de la cheville.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2 Biomécanique de la cheville .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.3 Eléments de stabilité.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Proprioception.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3.1 Généralités.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3.2 Les différents types de récepteurs.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4 Mobilisations tibio-fibulaire.....</b>	<b>11</b>
<b>1.5 Le positionnement fibulaire dans la littérature .....</b>	<b>12</b>
<b>1.5.1 Recherche bibliographique.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5.2 Outil de gestion des ressources .....</b>	<b>13</b>
<b>1.6 Discussion .....</b>	<b>13</b>
<b>1.6.1 Analyse du positionnement de la fibula.....</b>	<b>13</b>
<b>1.6.2 Répercussions des défauts de position .....</b>	<b>17</b>
<b>1.6.3 Hypothèse sur les défauts de position .....</b>	<b>17</b>
<b>1.7 Techniques en thérapie manuelle .....</b>	<b>18</b>
<b>1.8 Problématisation .....</b>	<b>19</b>
<b>2. Méthodologie.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 Mise en place de l'étude expérimentale .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.1 Présentation générale .....</b>	<b>22</b>

2.1.2	Objectifs de l'étude .....	22
2.2	Mesure du positionnement de la fibula.....	23
2.2.1	Instrument de mesure du positionnement de la fibula.....	23
2.3	Evaluation proprioceptive de la cheville.....	25
2.3.1	Recherche bibliographique.....	25
2.3.2	Discussion .....	25
2.3.3	Choix du test .....	27
2.4	Protocole de recherche .....	29
2.4.1	Population étudiée .....	29
2.4.2	Critères de participation .....	29
2.4.3	Nombre de sujet nécessaire.....	30
2.4.4	Conditions d'évaluations.....	30
2.4.5	Déroulé de l'évaluation .....	31
3.	Résultats .....	34
3.1	Résultats bruts.....	34
3.1.1	Informations relatives aux participants .....	34
3.1.2	Informations relatives à la mesure du positionnement de la fibula .....	34
3.1.3	Informations relatives à l'antécédent d'entorse .....	35
3.1.4	Informations relatives au test proprioceptif .....	35
3.2	Traitement des données.....	36
3.2.1	Positionnement fibulaire .....	36
3.2.2	Lien avec l'antécédent d'entorse .....	38
3.2.3	Lien avec la proprioception .....	47
4.	Discussion .....	50
4.1	Interprétation des résultats relatifs au positionnement .....	50
4.2	Interprétation des résultats relatifs à la proprioception .....	52
4.3	Limites de l'étude.....	54

4.3.1	Méthode de mesures .....	54
4.3.2	Caractéristiques de l'échantillon.....	55
4.4	Axes d'améliorations et de réflexions.....	56
4.4.1	Positionnement osseux.....	56
4.4.2	Répercussions.....	57
4.4.3	Techniques de repositionnement articulaire.....	58
	Bibliographie.....	
	Annexe 1 : Document d'information .....	
	Annexe 2 : Fiche de synthèse .....	
	Annexe 3 : Recueil de données : Antécédents et positionnement fibulaire .....	
	Annexe 4 : Recueil de données : test proprioceptif.....	
	Annexe 5 : Test Shapiro-Wilk ( $\Delta F$ groupe avec/sans antécédent) .....	
	Annexe 6 : Attribution des rangs pour le test Wilcoxon - Mann Whitney.....	
	Annexe 7 : Test de Shapiro-Wilk (delta malléolaire côté lésé/opposé) .....	
	Annexe 8 : Test de Shapiro-Wilk (delta malléolaire côté gauche/droit).....	

## **Résumé :**

**I :** Kinésithérapeutes et ostéopathes partagent des techniques de repositionnement manuel de la fibula sans qu'elles ne fassent preuve de leur nécessité. Après une entorse externe de cheville, l'articulation tibio fibulaire basse est classiquement mobilisée dans le sens cranio-caudal afin de rétablir une coaptation osseuse avec le talus.

La fréquence des récurrences de ces entorses est majoritairement attribuée aux troubles proprioceptifs qui découlent des lésions tissulaires, et que les kinésithérapeutes tentent de compenser par des exercices de reprogrammation neuro-motrice.

La littérature mentionne des anomalies de positionnement osseux de la cheville dans les suites d'une entorse externe et dans l'instabilité chronique de cheville. Cependant, les conclusions divergent sur le sens du déplacement ou de la limitation de mobilité, et sur les répercussions potentielles. L'objectif consiste à mesurer le positionnement de la malléole fibulaire chez des sujets sains, puis de le mettre en rapport avec d'éventuels antécédents lésionnels, ainsi qu'avec les capacités proprioceptives de leurs chevilles.

**M :** L'étude expérimentale est menée chez 102 étudiants de l'IFMKN, dont 45 sujets avec antécédents d'entorses externes et 57 sujets sans. Le positionnement de la malléole fibulaire est mesuré avec une équerre en T. Une évaluation proprioceptive est réalisée par l'intermédiaire d'une version adaptée du Star Excursion Balance Test (SEBT).

**R :** Les résultats montrent un lien significatif entre la présence d'un antécédent d'entorse de cheville et un positionnement ascensionné de la fibula homolatérale. Une faible corrélation positive significative a été relevée entre ce positionnement et l'altération des qualités proprioceptives de cette cheville.

**D :** Les rapports osseux de la cheville semblent être remaniés chez les sujets qui présentent des antécédents de lésions ligamentaires. La moindre stabilité proprioceptive retrouvée sur ces mêmes chevilles peut-elle être imputée à ces modifications ? Les techniques manuelles de repositionnement fibulaire devraient-elles systématiquement précéder la rééducation des systèmes proprioceptifs ?

**Mots clés :** Cheville, Entorse, Position, Fibula, Proprioception

**Abstract :**

**I :** Physiotherapists and osteopaths share manual's repositioning techniques of the fibula without demonstrating their necessity. After a lateral ankle sprain, the lower tibio fibular joint is typically mobilized in the cranio-caudal direction in order to restore bone coaptation with the talus.

The frequency of recurrences of these sprains is classically attributed to proprioceptive disorders resulting from tissue damage, and which physiotherapists try to compensate with neuro-motor reprogramming exercises.

The literature mentions anomalies of bone positioning of the ankle following a lateral sprain and in chronic ankle instability. However, conclusions differ on the direction of displacement or limitation of mobility, and on the potential repercussions. The objective is to measure the positioning of the fibular malleolus in healthy subjects, then to relate it to eventual history of injury, as well as to the proprioceptive capacities of their ankles.

**M :** The experimental study is conducted on 102 IFMKN's students, including 45 subjects with a history of external sprains and 57 subjects without. The positioning of the fibular malleolus is measured with a T-ruler. A proprioceptive evaluation is carried out using an adapted version of the Star Excursion Balance Test (SEBT).

**R :** The results show a significant link between the presence of a history of ankle sprain and ascended positioning of the ipsilateral fibula. A low significant positive correlation was obtained between this positioning and the alteration of the proprioceptive qualities of this ankle.

**D :** Configuration of ankle bony appears to be altered in subjects with a history of ligament injury. Can the lesser proprioceptive stability, found on these same ankles, be attributed to these modifications? Should manual fibular repositioning techniques systematically precede rehabilitation of the proprioceptive systems?

**Keywords :** Ankle, Sprain, Position, Fibula, Proprioception



## 1. Introduction

Les lésions ligamentaires du complexe de la cheville représentent une des atteintes les plus fréquentes en matière de traumatologie de l'appareil locomoteur [1,2]. En France, une moyenne de 6000 nouveaux cas par jour est recensée [3], et les dépenses économiques quotidiennes sont estimées à 1,2 million d'euros [4]. Les entorses du compartiment latéral représentent 80% de ces atteintes [2], et le traitement recommandé, en majeure partie conservateur [5], est confié aux masseurs-kinésithérapeutes.

Le taux de récurrence particulièrement élevé de l'entorse externe en fait une notion préoccupante [6]. De ce fait, l'identification des facteurs de risques de récurrences a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs [7–9].

La phase d'immobilisation relative préconisée [3] à la suite d'une entorse externe de cheville permet une cicatrisation des lésions ligamentaires, mais qu'en est-il de la récupération des qualités biomécaniques de la cheville ?

En présence d'une lésion, l'attention est portée principalement sur l'atteinte ligamentaire. Pourtant, des théories sur les défauts de positionnement osseux du complexe articulaire et leurs répercussions éventuelles dans les suites lésionnelles émergent dans la littérature. Ceux-ci seront détaillés dans le cœur même de ce travail de recherche.

Les techniques de thérapie manuelles, qui visent à corriger ces défauts de positionnement osseux, sont utilisées par les masseurs-kinésithérapeutes en guise de traitement.

Dans ce mémoire, nous nous proposons d'étudier la distribution du positionnement des malléoles fibulaires par rapport aux tibiales dans un plan vertical chez des sujets sains, étudiants de l'IFMKN. En présence de différences de positionnement objectivées, il s'agirait dans un second temps de le mettre en rapport avec d'éventuels antécédents d'entorse, et d'évaluer l'impact de ce positionnement sur les capacités proprioceptives de la cheville.

## **1.1 L'entorse externe**

### **1.1.1 Epidémiologie**

Les entorses du compartiment latéral représentent 80% des atteintes ligamentaires de la cheville [2]. Ces atteintes concernent la population générale, mais sont plus communément retrouvées au sein d'une population sportive, et plus particulièrement dans les sports nécessitant des changements de directions ainsi que des sauts [10,11].

Les entorses ligamentaires du compartiment latéral de la cheville présentent le taux de récurrence le plus élevé de toutes les blessures musculo-squelettiques des membres inférieurs [6], avec notamment un risque de récurrences multiplié par deux dans l'année qui suit le premier épisode d'entorse [8]. Les chiffres relevés dans la littérature sont variés, mais le taux de récurrence peut atteindre jusqu'à 73% dans certains sports comme le basketball [12].

Ces taux de récurrence considérables ne sont pas sans conséquences et peuvent fréquemment conduire au développement d'une instabilité chronique de cheville. En effet, jusqu'à 40% des personnes qui présentent un antécédent d'entorse de cheville développent une instabilité chronique [13]. Des symptômes résiduels persistants sont communément rapportés par les patients et, à terme, ces épisodes traumatiques sont également sources d'arthrose précoce [6].

La prévalence des entorses latérales de la cheville, associée à leurs taux de récurrences élevés et aux conséquences qu'elles peuvent engendrer en font une notion particulièrement préoccupante.

### **1.1.2 Les mécanismes lésionnels**

L'inversion, mécanisme lésionnel le plus fréquemment rencontré lors d'une entorse de cheville, associe classiquement une flexion plantaire, un varus de l'arrière pied, et une adduction de l'avant pied. Ce mouvement tridimensionnel provoque ainsi une mise en tension ligamentaire du compartiment latéral.

En fonction du positionnement et des contraintes exercées sur la cheville lors du traumatisme, ce même mécanisme peut associer en plus des atteintes du compartiment latéral, une atteinte ligamentaire de l'articulation subtalaire, ou bien de l'articulation tibio fibulaire inférieure.

Dans le cas d'une entorse externe, le ligament talo-fibulaire antérieur est le plus souvent atteint, suivi du ligament calcanéo-fibulaire et de façon plus occasionnelle, du ligament talo-fibulaire postérieur [14].

### **1.1.3 La classification des entorses**

Plusieurs classifications des lésions ligamentaires des entorses latérales de cheville sont décrites dans la littérature afin d'établir la gravité de l'entorse. Certaines s'attachent au recueil d'informations cliniques ou aux données d'imageries, d'autres combinent ces informations.

Nous présentons une classification des entorses du ligament collatéral latéral en 3 grades, fondée principalement sur les signes cliniques [2] :

Le Grade 1 correspond à une entorse bénigne. Dans cette situation, le ligament talo-fibulaire antérieur est étiré, sans rupture ni arrachement osseux. Les douleurs et les gonflements sont modérés. En revanche, la mobilité de la cheville est conservée, et la laxité inexistante. Le retentissement fonctionnel est modéré.

Le Grade 2 correspond à une entorse qualifiée de moyenne. Le ligament talo-fibulaire antérieur est déchiré et le ligament calcanéo-fibulaire est étiré ou bien rompu partiellement. La cheville est gonflée, douloureuse, et une ecchymose apparaît. L'appui sur le pied est douloureux, voire impossible. La mobilité est souvent réduite et une laxité peut être retrouvée.

Le Grade 3 fait référence à l'entorse grave, c'est-à-dire à la rupture totale de deux ou trois des faisceaux du ligament collatéral latéral. La cheville présente un œdème, une ecchymose, et est douloureuse à la palpation. Une laxité ainsi qu'une réduction importante de la mobilité de la cheville peuvent être mises en évidence.

#### 1.1.4 Les facteurs de risques

L'identification des facteurs de risques prédisposant à l'entorse externe et à sa récurrence ont suscité l'intérêt de nombreux chercheurs [7–9]. Ceux-ci sont classés en facteurs intrinsèques et en facteurs extrinsèques.

Les facteurs intrinsèques décrivent les caractéristiques propres à un sujet qui augmentent son risque d'avoir une entorse externe de la cheville. Parmi ceux-ci, nous retrouvons de façon non exhaustive les éléments détaillés ci après [7–9].

La présence d'antécédent(s) d'entorse(s) apparaît comme étant le facteur de risque principal de la récurrence. Comme évoqué précédemment, le risque de récurrence est multiplié par deux dans l'année qui suit le premier épisode d'entorse [8]. L'âge ainsi que le sexe féminin sont également des facteurs identifiés. Les caractéristiques physiques, tel que la taille, le poids et l'indice de masse corporelle restent des notions discutées dans la littérature, puisque les résultats sont partagés [7–9].

L'existence d'une faiblesse musculaire des muscles long et court fibulaire, notamment dans leurs composantes excentriques, un déséquilibre du ratio inverseurs/éverseurs, une diminution du temps de réaction des fibulaires, sont tout autant de facteurs de risques retrouvés dans la littérature. La diminution de l'amplitude de flexion dorsale ou encore l'objectivation d'une laxité ligamentaire de la cheville apparaissent comme des caractéristiques susceptibles de favoriser l'apparition d'une entorse talo-crurale.

La présence d'un déficit de contrôle postural ainsi que la présence d'un déficit proprioceptif de la cheville font partis des facteurs de risques majoritairement retrouvés dans la littérature [7–9]. En accord avec les recommandations actuelles définies par la Haute Autorité de Santé, les masseurs-kinésithérapeutes tentent de compenser ces perturbations proprioceptives par des exercices de reprogrammation neuromusculaire [3].

Certaines variations anatomiques et biomécaniques de l'articulation semblent pouvoir participer à l'instabilité de cheville, tel le varus de l'arrière pied [15]. Le positionnement de la fibula est une caractéristique également citée, mais les résultats semblent diverger et les auteurs précisent que de futures recherches sont nécessaires à ce sujet.

Parmi les facteurs extrinsèques, nous pouvons évoquer le type de sport pratiqué, le niveau de compétition, ou encore la surface de jeu [7].

Certains facteurs sont modifiables, et ce sont ces mêmes facteurs qui pourront être abordés de façon préventive par les masseurs-kinésithérapeutes afin de tenter de diminuer le risque de faire un premier épisode d'entorse, ou de récidiver. La diminution du risque de récurrence et de l'instabilité chronique de cheville est une priorité après la survenue d'une entorse externe aiguë de la cheville [16]. Pour y parvenir, l'identification des facteurs de risques qui sont en mesure d'y contribuer est une étape primordiale.

Nous nous intéressons plus particulièrement au déficit proprioceptif de la cheville et aux différents facteurs qui peuvent en être à l'origine.

Les altérations des fonctions proprioceptives et neuromusculaires de la cheville sont classiquement attribuées aux dommages tissulaires qui surviennent lors de la lésion, et qui perturbent ainsi le transfert d'informations afférentes au système nerveux central [17].

L'œdème post lésionnel à l'entorse de cheville peut altérer les signaux proprioceptifs en provenance des récepteurs [18].

La douleur peut être à l'origine d'une perturbation de l'information proprioceptive par un mécanisme d'inhibition de l'activité musculaire [19,20].

La fatigue musculaire est une autre source potentielle d'altération des informations proprioceptives. Elle entraîne une modification de la contraction musculaire et altère l'information afférente des fuseaux neuromusculaires [20,21].

Les déficits proprioceptifs identifiés peuvent être assignés à une atteinte de l'intégrité ligamentaire, des mécanorécepteurs, à l'œdème ou encore à la douleur perçue dans les suites lésionnelles. Pourtant, des perturbations sensori-motrices persistent après cicatrisation ligamentaire, disparition de l'œdème et absence de douleur [22].

Les causes du déficit proprioceptif sont multiples, et ne semblent pas toutes élucidées. D'autres facteurs, non décrits jusqu'à présent, pourraient être impliqués dans ce déficit multifactoriel, et plus largement dans la récurrence de l'entorse et dans l'instabilité chronique de cheville.

## **1.2 La cheville**

Il convient de détailler l'anatomie articulaire du complexe de la cheville avant d'aborder la biomécanique de l'articulation.

### **1.2.1 Articulations de la cheville**

Le complexe articulaire de la cheville associe les articulations talo-crurale et tibio-fibulaire. En effet, les articulations tibio-fibulaire supérieure et inférieure sont mécaniquement liées entre elles et à l'articulation talo-crurale.

L'articulation talo-crurale, généralement décrite avec un seul axe oblique, permet le mouvement de flexion plantaire et de flexion dorsale.

D'un point de vue anatomique, la trochlée du talus s'imbrique avec la face inférieure du tibia, et les malléoles tibiales et fibulaires entrent en contact avec les joues du talus pour former la pince bi-malléolaire.

Les articulations tibio-fibulaires réunissent le tibia et la fibula au niveau de leurs extrémités proximales et distales. L'articulation tibio-fibulaire inférieure est une syndesmose avec une facette tibiale concave et une facette fibulaire convexe. L'articulation tibio fibulaire supérieure présente des variations anatomiques. En effet, elle présente un interligne dont l'inclinaison est variable en fonction des individus, élément qui influence la mobilité de la fibula: 38 % possèdent un interligne plutôt horizontal, favorisant l'ascension de la fibula et 62 % possèdent un interligne plutôt vertical, limitant ainsi son ascension [23–25].

### **1.2.2 Biomécanique de la cheville**

La mobilité en flexion dorsale et plantaire de la talo-crurale entraîne la mise en jeu des articulations tibio-fibulaire supérieure et inférieure. L'axe de mobilité de cette articulation passe par les malléoles médiales et latérales.

La compréhension de la biomécanique de la cheville résulte des particularités ostéologiques du complexe, des surfaces articulaires ainsi que d'un système ligamentaire spécifique.

La flexion dorsale provoque une bascule postérieure du talus dans la pince bi malléolaire. La trochlée du talus, plus large dans sa partie antérieure que dans sa partie postérieure, entraîne un écartement de la malléole latérale par rapport à la malléole tibiale d'environ 1-2 millimètres lors de la dorsiflexion. La face latérale du corps du talus présente une forme triangulaire à sommet inférieur, déjeté en dehors. Elle est légèrement convexe d'avant en arrière et concave sur sa partie inférieure. Cette surface répond à la moitié inférieure de la face médiale de la malléole fibulaire. Lorsqu'elle s'élève, elle entraîne avec elle l'ascension de la fibula d'environ 2 millimètres. Ce mouvement est permis par l'orientation des ligaments tibio-fibulaire, qui se dirigent obliquement en bas et en dehors, du tibia vers la fibula. L'association des surfaces articulaires convexes d'avant en arrière de la partie médiale de la malléole latérale et de la partie latérale du talus est à l'origine du mouvement de rotation interne de la fibula, d'environ 3°, qui se produit lors de la flexion dorsale [26]. En flexion dorsale, la tension ligamentaire des ligaments tibio-fibulaire et de la membrane interosseuse augmente, stabilisant ainsi l'articulation.

Lors de la flexion plantaire, les mouvements s'inversent. La pince bi malléolaire se resserre par un mécanisme actif de contraction musculaire permettant le rapprochement des deux os. La mise en tension de la membrane interosseuse et la verticalisation des ligaments tibio-fibulaires participent également au serrage de la pince. La malléole externe se rapproche donc de la malléole interne, s'abaisse et réalise une rotation latérale [24,25].

L'articulation tibio fibulaire supérieure s'adapte en réponse aux mouvements de la malléole externe. En flexion dorsale, la fibula subit un glissement supérieur sur la surface articulaire du tibia. En raison de l'écartement des malléoles et de la rotation externe, l'interligne articulaire baille en bas et en arrière. Inversement lors de la flexion plantaire [25].

D'un point de vue biomécanique, la mobilité cranio-caudale, médio-latérale et rotatoire de la fibula est physiologiquement possible.

Cette description permet de mettre en évidence les particularités biomécaniques et l'ensemble des mobilités propres au complexe articulaire de la cheville.

### 1.2.3 Eléments de stabilité

La fonction principale de la cheville est principalement orientée vers la stabilité. Plusieurs éléments concourent à son obtention.

La description articulaire permet d'objectiver les éléments qui y contribuent. L'emboîtement du talus dans la pince bi malléolaire permet une part de cette stabilité, qui à elle seule n'est pas suffisante. En effet, en flexion plantaire, la partie postérieure et plus étroite du talus se présente dans la pince, limitant ainsi la stabilité structurelle dans cette même amplitude.

Le système capsulo-ligamentaire vient compléter cette stabilité osseuse. Les structures ligamentaires de l'appareil articulaire de la cheville sont nombreuses et possèdent un rôle fondamental dans la stabilité de la cheville.

Le ligament collatéral médial ou deltoïdien se compose d'un plan profond et d'un plan superficiel, avec pour origine la face médiale de l'apex de la malléole tibiale, et se termine au niveau du talus et du calcanéum. Sur le plan latéral, le ligament collatéral fibulaire se compose de trois faisceaux : le faisceau antérieur, moyen et postérieur.

La stabilité de la pince bi-malléolaire est assurée par la membrane interosseuse, faisceau de fibres obliques dirigées en bas et en dehors, tendue entre le tibia et la fibula. Cette membrane est renforcée par la présence des ligaments tibio fibulaire antéro-inférieur, postéro-inférieur et interosseux. Son intégrité est nécessaire au bon fonctionnement biomécanique de l'articulation. En effet, la membrane interosseuse et les ligaments précités guident les mouvements de la fibula.

L'orientation des fibres ligamentaires vient stabiliser la syndesmose. Elles empêchent l'excès de mobilité de la fibula dans la translation antéro-postérieure, la translation latérale, les rotations latérales et médiales et limitent également le déplacement inférieur de la fibula [24,27].

Cependant, le système passif ne suffit pas pour assurer une stabilité optimale de l'articulation.

La stabilité de la cheville dans les différents plans dépend principalement d'une co-contraction de l'ensemble des muscles péri-articulaires. La disposition musculaire permet un verrouillage actif du complexe articulaire.



La co-contraction de ces muscles doit être ajustée grâce aux informations proprioceptives fournies par les éléments passifs péri-articulaires et musculaires, jouant un rôle important pour permettre le maintien de l'articulation. Cet ajustement du tonus musculaire varie en fonction des contraintes et se doit d'être assuré par un système proprioceptif très développé.

## **1.3 Proprioception**

### **1.3.1 Généralités**

La proprioception est divisée en sensibilité proprioceptive consciente ou statesthésie, et en sensibilité proprioceptive inconsciente ou kinesthésie.

La statesthésie renseigne le système nerveux central sur le positionnement de l'articulation dans l'espace, tandis que la kinesthésie transmet des informations sur la vitesse et la direction d'un mouvement [20,28].

Les informations proprioceptives représentent l'ensemble de ces informations afférentes transmises au système nerveux central.

### **1.3.2 Les différents types de récepteurs**

Les récepteurs mécaniques impliqués dans la proprioception sont multiples et présentent leurs propres spécificités [20,28].

Les fuseaux neuromusculaires, considérés comme la source de proprioception la plus importante, sont des récepteurs proprioceptifs intramusculaires disposés parallèlement aux fibres musculaires. Ces récepteurs sont sensibles à l'étirement du muscle, et renseignent le système nerveux central sur la vitesse et la longueur d'allongement de ce dernier. Ils sont composés de fibres intrafusales à sac et à chaîne.

Les fuseaux neuromusculaires donnent naissance à une innervation sensitive par l'intermédiaire des fibres Ia et II, et régulent ainsi respectivement le sens de mouvement et le sens de position. Ils reçoivent également une innervation motrice par l'intermédiaire du

motoneurone gamma, et permettent ainsi l'adaptation de la longueur des fibres lors d'une contraction musculaire.

Les organes tendineux de Golgi, situés à la jonction myotendineuse, dans les aponévroses, ainsi que dans la capsule articulaire, sont des récepteurs sensibles à la traction exercée sur le tendon, que ce soit lors d'une contraction musculaire ou bien lors d'un étirement.

Les récepteurs de Pacini et Ruffini, sont des récepteurs articulaires retrouvés au niveau des ligaments et de la capsule articulaire. Les récepteurs de Pacini, sensibles au mouvement de l'articulation, transmettent des informations principalement dans les amplitudes proches de la limite physiologique. Les récepteurs de Ruffini, sensibles à la position, permettent de renseigner le système nerveux central sur une amplitude articulaire fixe. Ces mécanorécepteurs sont sensibles aux variations de pression exercées sur la capsule articulaire.

Les mécanorécepteurs cutanés sont sollicités en réponse à l'étirement de la peau et contribuent à l'information du système nerveux central sur les changements d'angles articulaires.

Par l'intermédiaire de la voie lemniscale, la sensibilité proprioceptive consciente est transmise aux aires corticales du cortex pariétal. Quant à elles, les voies spino-cérébelleuses transmettent les informations proprioceptives inconscientes jusqu'au cervelet.

Ces informations proprioceptives sont couplées à d'autres afférences sensorielles. Les récepteurs visuels ainsi que les récepteurs vestibulaires logés dans l'oreille interne participent également à la transmission d'informations afférentes au système nerveux central.

L'intégration du signal proprioceptif se fait à trois niveaux différents: au niveau médullaire, au niveau du tronc cérébral, et au niveau des centres supérieurs du cerveau.

Une fois les informations proprioceptives intégrées et traitées, le système nerveux central organise une réponse motrice adaptée par l'intermédiaire d'un influx efférent envoyé au système musculaire.

La stabilité du complexe articulaire de la cheville, principalement active, peut être remise en cause par une perturbation de la réponse proprioceptive. L'articulation de la cheville se doit de bénéficier d'un système proprioceptif développé afin d'assurer la stabilité nécessaire et remplir sa fonction principale.

La proprioception se nourrit donc de plusieurs informations sensorielles, transmises par des récepteurs musculaires, tendineux, articulaires, et cutanés. Un positionnement articulaire différent engendre, par l'intermédiaire des spécificités propres à chaque type de mécanorécepteurs, une nouvelle information proprioceptive. Celle-ci doit alors, en théorie, être réintégrée de façon à assurer la stabilité requise.

Ainsi, la congruence des surfaces articulaires apparaît donc comme un élément fondamental pour assurer la stabilité de l'articulation talo-crurale.

#### **1.4 Mobilisations tibio-fibulaire**

Les mobilisations articulaires font parties intégrantes de l'arsenal thérapeutique du masseur-kinésithérapeute ou encore des ostéopathes.

Les techniques de mobilisations de l'articulation tibio fibulaire supérieure et inférieure sont décrites dans les enseignements de thérapie manuelle, et sont utilisées dans la prise en charge des entorses de cheville. Au niveau de l'articulation tibio fibulaire supérieure, des glissements antéro-postérieurs de la tête de la fibula sont réalisés. En ce qui concerne l'articulation tibio fibulaire inférieure, des mobilisations antéro-postérieures et cranio-caudales de la malléole fibulaire sont décrites. Celles-ci ont pour objectif, d'après leurs dires, de corriger les dysfonctions articulaires, de récupérer l'amplitude des mouvements accessoires restreints, et de corriger le tonus musculaire [29–31].

Kinésithérapeutes et ostéopathes partagent donc différentes techniques de repositionnement manuel de la fibula, qui sont utilisées après un épisode d'entorse externe de cheville. En observant leurs pratiques, nous pouvons constater que l'articulation tibio fibulaire basse est classiquement mobilisée dans le sens cranio-caudal afin de rétablir une coaptation osseuse avec le talus.

Ces justifications nous tendent alors que le positionnement de la fibula est en mesure d'être perturbé dans les suites de l'entorse de cheville.

Les généralités sur la proprioception, couplées aux éléments anatomiques et biomécaniques propres à la cheville nous incitent à centrer notre intérêt sur les modifications du positionnement fibulaire.

## 1.5 Le positionnement fibulaire dans la littérature

Le positionnement de la fibula est une caractéristique anatomique qui mérite de faire l'objet de recherches plus approfondies. La revue de littérature constitue la première étape de la réalisation de cette étude.

### 1.5.1 Recherche bibliographique

Nous nous intéressons au positionnement de la fibula après une entorse de cheville. La recherche bibliographique a été réalisée par l'intermédiaire des moteurs de recherches suivant :

- *PubMed*
- *Google Scholar*

Ainsi que sur la base de données suivante :

- *PEDro*

Les mots clés utilisés pour cette recherche bibliographique sont : *fibula, position, positional fault, alignment, malalignment, sprain*.

Afin de limiter les bruits de la recherche, les mots clés précédemment cités ont été associés à l'aide d'opérateurs booléens. La fonction recherche avancée a également été utilisée.

L'opérateur booléen « *AND* » permet de rechercher un mot-clé et obligatoirement un autre mot-clé à la fois, son utilisation permet la précision de la recherche. L'opérateur « *OR* » permet d'obtenir un résultat contenant soit un mot-clé soit un autre. L'opérateur « *NOT* » permet d'exclure un terme de la recherche.

Sur le moteur de recherche *Pubmed*, notre équation de recherche était la suivante : *fibula AND position OR "positional fault" OR "alignment" OR "malalignment" AND sprain NOT fracture*.

Nous obtenons un total de 130 résultats.

Parmi ces résultats, nous réalisons une sélection en jugeant à partir du titre et de l'abstract, la pertinence de l'article pour notre sujet. Nous sélectionnons 13 articles en rapport avec nos interrogations, et donc pertinents pour notre recherche.

Sur *Google Scholar*, l'utilisation du signe « + » qui précède le mot-clé permet de spécifier au moteur de recherche que le terme doit absolument apparaître dans les résultats. L'utilisation du signe « - » permet d'exclure un terme de la recherche. Les guillemets permettent de rechercher un ensemble de caractère associé.

Sur ce moteur de recherche, par l'intermédiaire de la même équation, nous obtenons un total de 155 résultats.

Parmi ces résultats, nous procédons au tri des articles en jugeant à partir du titre et de l'abstract, la pertinence de l'article pour notre sujet. Nous sélectionnons 14 articles en rapport avec l'objet de notre recherche.

Sur *PEDro*, base de données spécifiques à la kinésithérapie, nous n'avons obtenu aucun résultat.

Après suppression des doublons, nous retenons un total de 19 articles.

## **1.5.2 Outil de gestion des ressources**

L'outil utilisé pour la gestion des ressources bibliographiques dans ce travail de recherche est le logiciel *Zotero*.

Nous relevons des notes dans une partie dédiée à cela pour chaque article retenu.

## **1.6 Discussion**

### **1.6.1 Analyse du positionnement de la fibula**

En situation physiologique, le positionnement de la fibula ne présente pas de valeur de référence, si ce n'est la symétrie avec le membre controlatéral.

En revanche, lors d'une atteinte ligamentaire externe de la cheville, les rapports des os du complexe articulaire semblent pouvoir être modifiés.

Ces modifications de rapports osseux sont décrites pour la première fois par Mulligan sous le terme de « défaut de position ». Il est le premier à émettre l'hypothèse selon laquelle des défauts de positions, correspondant à des pertes de congruences osseuses mineures, pourraient survenir après une entorse externe [32]. Pour Mulligan, dans le cas d'une entorse avec un mécanisme en inversion, il s'installerait alors une antériorisation de la malléole fibulaire.

En revanche, il a longtemps persisté un manque de preuve permettant d'appuyer cette théorie. Plus récemment, d'autres auteurs ont tenté d'identifier ces modifications positionnelles [33–47].

Le positionnement de la fibula a principalement été étudié dans le cas de l'entorse aiguë ainsi que dans l'instabilité chronique de cheville.

Les résultats des recherches effectuées sur l'existence d'une modification de la position fibulaire apparaissent comme étant contradictoires. En effet, certains auteurs soutiennent la présence d'une modification de la position fibulaire, d'autres ne retrouvent pas de tels résultats [44–47]. Par ailleurs, lorsqu'une modification du positionnement est mise en évidence, les résultats concernant le sens du déplacement divergent entre les auteurs.

Kobayashi et al. [48] consacrent une partie de leur revue systématique au positionnement fibulaire dans le cas de l'instabilité chronique de cheville. D'après cette publication récente, il n'existe actuellement aucun consensus sur les caractéristiques de ce positionnement.

Kavanagh J. et al. [33] retrouvent une amplitude de mouvement antéro-postérieure de la malléole fibulaire significativement plus importante chez une proportion de sujets présentant une entorse aiguë, en comparaison aux sujets sains. Ils déduisent de cette observation qu'un défaut de positionnement antérieur se produit au niveau de l'articulation tibio-fibulaire inférieure chez les sujets avec une entorse externe aiguë.

Fukuhara et al. [43] étudient le positionnement fibulaire par rapport au calcaneum et retrouvent une position fibulaire plus antérieure chez les sujets avec une entorse externe aiguë, en comparaison aux chevilles saines. Bien que l'effectif étudié soit faible, l'ensemble des participants inclus dans cette étude présentaient cette caractéristique anatomique.

Dans l'étude d'Hubbard et al. [36] la fibula était positionnée de façon plus antérieure par rapport au tibia chez les sujets présentant une instabilité chronique de cheville

comparativement à leur cheville saine, et au groupe témoin. Cependant, cette caractéristique n'était pas retrouvée chez la totalité des sujets présentant une instabilité chronique.

L'étude de Weerasekara et al. [40], nous fait part des mêmes observations. La fibula était positionnée de façon plus antérieure par rapport au tibia chez les personnes atteintes d'instabilité chronique, comparativement aux sujets sains.

Les auteurs ignorent si les épisodes répétitifs d'entorses sont à l'origine d'une modification plus antérieure de la fibula, ou bien si cette position est en réalité un facteur prédisposant à l'entorse.

D'un autre côté, nous retrouvons d'autres études qui ont identifié des défauts de positionnement postérieurs. Ainsi, pour Eren et al. [34], les patients avec des entorses aiguës étaient plus susceptibles d'avoir une fibula positionnée de façon plus postérieure par rapport au talus.

Dans l'étude de Berkowitz et al. [35], la même constatation a été objectivée, mais en prenant pour référence le tibia, chez des sujets avec des chevilles instables. Ces auteurs émettent l'hypothèse que cette caractéristique anatomique pourrait les prédisposer à l'entorse et à l'instabilité de cheville, sans pour autant en justifier les mécanismes sous-jacents.

D'autres auteurs [38,39], qui retrouvent ce positionnement plus postérieur, émettent cette même hypothèse en justifiant qu'une telle position pourrait rendre la cheville structurellement moins stable, et donc plus à risque de développer des entorses.

Dans ces dernières études, l'index malléolaire est utilisé pour évaluer la position de la fibula. Cependant, cet index est dépendant de la position du talus. Il augmente lorsque la rotation interne du talus augmente, et cela même en l'absence de modification du positionnement de la fibula. Lebrun et al. [45] et Li et al. [44] rapportent alors que les résultats de ces précédentes études sont en réalité probablement attribuables à un talus positionné en rotation interne chez les sujets avec instabilité chronique de cheville, plutôt qu'à un réel positionnement plus postérieur de la fibula.

La mesure de la position de la fibula, en se référant au talus, ne semble donc pas être une mesure adaptée à l'évaluation du positionnement fibulaire.

En revanche, comme la position de la malléole tibiale n'est pas modifiée dans les suites de l'entorse externe, les auteurs suggèrent de la prendre pour référence afin de déterminer le positionnement fibulaire. De la sorte, l'évaluation du positionnement fibulaire se fait

indépendamment de la rotation du talus. En utilisant cette méthode de référence, les auteurs ne rapportent pas de modification de positionnement de la fibula entre les sujets avec et sans instabilité [44].

Dans l'étude de Kobayashi et al. [37], les sujets avec une instabilité chronique de cheville présentaient une position fibulaire plus latérale comparativement aux chevilles saines controlatérales. Selon eux, cette observation pourrait résulter d'une instabilité tibio-fibulaire, entraînant une modification de la cinématique articulaire, et pourrait contribuer à la récurrence de l'entorse et à l'instabilité. En revanche, aucune différence n'a été mise en avant dans la direction antéro-postérieure.

D'après les données issues de la littérature, nous retrouvons donc des déplacements antérieurs [33,36,40–43], des déplacements postérieurs [34,35,38,39], ainsi que des déplacements latéraux [37] de la fibula, identifiés après entorse externe et dans l'instabilité chronique de cheville.

A ce jour, la littérature est assez contradictoire autour de notre objet de recherche qui consiste à identifier l'éventuelle présence de modifications des rapports osseux après atteintes ligamentaires de la cheville.

Ces divergences obtenues pourraient être liées aux différentes méthodes de mesure et méthodes d'imageries utilisées dans les études [40], ainsi qu'aux différentes méthodes de référencement utilisées lors de la prise de mesure [44,45].

Nous constatons que la présence ainsi que le sens de cette modification de positionnement fibulaire reste controversée dans les suites d'une entorse externe et chez les sujets avec instabilité chronique de cheville.

Les études comparent principalement les sujets présentant une instabilité de la cheville à des individus sains. Par conséquent, les auteurs ignorent si certaines des caractéristiques associées à l'instabilité de la cheville sont de véritables facteurs de risque lésionnels, ou bien si ce sont des modifications persistantes d'un antécédent d'entorse. Certaines de ces modifications de positionnement sont alors parfois perçues comme étant une conséquence de l'entorse, et d'autres fois comme étant un facteur prédisposant à celle-ci.

Les chercheurs s'interrogent sur les répercussions potentielles de ces modifications de rapports osseux et émettent différentes hypothèses.



### **1.6.2 Répercussions des défauts de position**

Certaines interrogations émergent sur les répercussions des défauts de positionnement précédemment décrits.

Ces derniers pourraient contribuer à une hypomobilité en limitant les mouvements accessoires de la cheville, ce qui aurait pour conséquence d'altérer l'arthrocinématique [49]. Ces positionnements modifiés pourraient influencer négativement la fonction sensori-motrice, et plus largement le contrôle postural [50,51], et pourraient également contribuer à la persistance de symptômes [40].

Pour Mulligan [32], si la fibula est antériorisée par rapport au tibia, des douleurs et des limitations de mouvements pourraient survenir. La littérature nous fait part des suppositions présentées ci-dessus, qui restent hypothétiques et donc non démontrées scientifiquement.

L'hypothèse selon laquelle la fonction sensori-motrice et le contrôle postural seraient altérés suite à ces défauts de positionnement n'est pas démontrée à ce jour.

Nous ne retrouvons aucun lien clairement établi entre ce positionnement modifié de la fibula, lorsqu'il est retrouvé, et les répercussions sur les capacités sensori-motrices de la cheville.

### **1.6.3 Hypothèse sur les défauts de position**

Pour tenter d'expliquer les causes impliquées dans la persistance de ce positionnement fibulaire, différentes hypothèses sont retrouvées dans la littérature.

La première hypothèse rapportée concerne l'œdème survenant après la lésion. Celui-ci pourrait contribuer au maintien du positionnement antérieur de la fibula [41,43]. Cependant, le mécanisme sous-jacent n'est pas décrit et les auteurs précisent que de plus amples recherches sont nécessaires afin d'évaluer cette potentielle relation.

Hubbard et al. [36] émettent une seconde hypothèse. Leur interrogation porte sur la cause du maintien de la position antérieure de la fibula. Celle-ci serait maintenue chez certains sujets par des modifications du tonus musculaire des fibulaires, régulé par l'activité des motoneurones gamma.

L'altération de l'apport afférent des structures musculaires, tendineuses et ligamentaires suite à la modification du positionnement de la fibula engendrerait une perturbation des informations efférentes, c'est-à-dire une perturbation de l'activité des motoneurones gamma vers les muscles long et court fibulaire. Ces éléments contribueraient ainsi à la persistance de ce positionnement [36]. Le tonus musculaire pourrait donc éventuellement jouer un rôle dans le maintien d'un positionnement modifié de la fibula.

Bien que cet élément ne soit qu'une hypothèse non étayée par la littérature scientifique, l'importance d'un positionnement correct entre les os semble nécessaire pour permettre une transmission d'informations afférentes correcte au système nerveux central, afin d'obtenir une réponse musculaire efférente optimale.

### **1.7 Techniques en thérapie manuelle**

Après avoir effectué une analyse de cette revue de littérature, nous remarquons que plusieurs auteurs font part de l'importance de l'évaluation du positionnement de la fibula, et de la mobilité de celle-ci dans l'examen clinique de l'entorse et de l'instabilité chronique de cheville. Ces mêmes auteurs proposent, en réponse à cela, de normaliser ces défauts de positionnement en utilisant des techniques de thérapie manuelle, telles que des mobilisations articulaires [36,40,43].

Mulligan décrit la *Mobilization With Movement* ou MWM, technique de thérapie manuelle, qu'il considère comme une approche de traitement des restrictions articulaires [32]. Comme expliqué précédemment, la théorie sous jacente à cette technique repose sur l'hypothèse que lors d'une lésion, des défauts de positionnement se produisent, et entraînent une restriction de mouvement au niveau de l'articulation concernée. Ces défauts de positionnement seraient à l'origine, entre autres, des symptômes douloureux ressentis par les patients [32].

Dans les suites d'une entorse externe avec un mécanisme en inversion, Mulligan émet l'hypothèse que la fibula se retrouve antériorisée par rapport au tibia. Sa technique consiste alors à effectuer une mobilisation postérieure de la malléole fibulaire, avec une inversion active du patient, de manière à corriger cette perturbation articulaire.

Par la suite, l'hypothèse selon laquelle ce type de mobilisation corrige les défauts de positionnement a été reprise par d'autres auteurs. Certains chercheurs imputent les effets cliniques observés sur la diminution de la douleur et l'amplitude de mouvement à la correction du positionnement articulaire par l'utilisation de cette mobilisation [52,53].

Cependant, le mécanisme par lequel la MWM agirait reste sans réponse [54]. A ce jour, il n'existe aucune donnée permettant d'affirmer que la MWM corrige un quelconque défaut de positionnement [55]. Weerasekara et al. [56] précisent par ailleurs que, même si une anomalie de positionnement fibulaire pouvait être corrigée après l'application de la MWM, la durée pendant laquelle cette correction pourrait être maintenue est inconnue.

De façon plus générale, plusieurs techniques de mobilisations de la fibula ont été développées et sont communément utilisées par les masseurs-kinésithérapeutes dans la rééducation après une entorse talo-crurale [57].

Au niveau de l'articulation tibio fibulaire supérieure, des glissements antéro-postérieurs de la tête de la fibula sont principalement réalisés. En ce qui concerne l'articulation tibio fibulaire inférieure, des mobilisations antéro-postérieures et cranio-caudales de la malléole fibulaire sont classiquement décrites [29–31,58,59].

En revanche, la pertinence de celles-ci sur la correction articulaire n'est pas étayée par des données scientifiquement prouvées. A notre connaissance, il n'existe aucune étude évaluant l'efficacité de ces techniques de mobilisations appliquées à la cheville sur le repositionnement articulaire.

## **1.8 Problématisation**

Des techniques de mobilisations de la fibula dans le plan vertical, principalement en abaissement de celle-ci, sont observées, décrites et utilisées par les masseurs-kinésithérapeutes ainsi que les ostéopathes [29–31,58,59]. Au travers de ces mobilisations, les thérapeutes tentent de corriger un positionnement osseux qui serait perturbé en ascension, après une entorse de cheville.

La biomécanique de l'articulation talo-crurale nous démontre que le mouvement d'ascension est un mouvement physiologique possible de la fibula, et qu'en revanche, le système ligamentaire limite son abaissement.

Dans nos précédentes recherches effectuées sur les modifications positionnelles de la fibula après lésion ligamentaire, nous remarquons que les auteurs s'attachent principalement à évaluer les variations de positionnement antéro-postérieures et médio-latérales de celle-ci. Ce même constat est objectivé dans la revue systématique récente de Kobayashi et al. [48]. Ainsi, les modifications positionnelles cranio-caudales de la fibula restent à étudier.

Le fonctionnement du système proprioceptif nous incite à penser qu'une malposition de la fibula en ascension pourrait entraîner une modification de contact entre les surfaces articulaires de la malléole fibulaire et celle du talus, modifiant ainsi le signal proprioceptif transmis au système nerveux central.

La phase d'immobilisation relative préconisée [3] à la suite d'une entorse externe de cheville permet une cicatrisation des lésions ligamentaires, mais nous nous interrogeons sur la récupération ad intégrum des qualités biomécaniques de la cheville. En effet, la biomécanique de l'articulation talo crurale est complexe et sa fonction toute orientée vers la stabilité, qui est principalement active.

De notre point de vue, une modification des rapports osseux pourraient perturber l'information proprioceptive, en sollicitant des mécanorécepteurs de façon non physiologique. Ainsi, nous émettons l'hypothèse que tout dysfonctionnement ou toute perturbation du rapport entre les trois os concernés est en mesure d'entraîner une perte de l'information proprioceptive fournie par les mécanorécepteurs, élément fondamental à la stabilité du complexe articulaire. L'information proprioceptive n'est correcte et ne peut induire la stabilité musculaire nécessaire, seulement dans un positionnement correct des trois os.

Peut-on pour autant faire l'hypothèse que l'incidence majeure des récurrences après entorse latérale de cheville pourrait être attribuée à un rapport perturbé entre les trois os ?

Afin d'éclairer cette réflexion, nous nous proposons d'étudier le sujet au travers des questionnements suivants : Le positionnement de la malléole fibulaire peut-il varier dans l'axe vertical ? Une perturbation du rapport osseux peut-elle persister chez un sujet asymptomatique ? Cette perturbation peut-elle être imputée à un antécédent d'entorse ? Peut-elle impacter le contrôle proprioceptif ?

Dans ce travail d'initiation à la recherche, nous tenterons d'apporter des éléments de réponses à ces différentes interrogations. Nous nous proposons d'étudier la distribution du positionnement cranio-caudale de la malléole fibulaire par rapport à la malléole tibiale chez des sujets sains, étudiants de l'IFMKN. En présence de variations de positionnement objectivées, il s'agirait par la suite de les mettre en rapport avec d'éventuels antécédents d'entorse, et d'évaluer les répercussions de ce positionnement sur les qualités proprioceptives de la cheville.

## **2. Méthodologie**

Cette deuxième partie décrit les démarches entreprises et la méthode utilisée pour pouvoir répondre à notre problématique.

### **2.1 Mise en place de l'étude expérimentale**

#### **2.1.1 Présentation générale**

Dans le cadre de cette recherche, nous recueillons des données qui correspondent à des valeurs physiologiques numériques et mesurables. La méthode de recherche mise en place est donc une méthode expérimentale quantitative avec des mesures effectuées à un instant  $t$ .

#### **2.1.2 Objectifs de l'étude**

L'objectif de cette étude consiste à étudier le positionnement cranio-caudal de la malléole fibulaire par rapport à la malléole tibiale, au niveau des deux membres inférieurs de chaque participant, chez des sujets sains au moment de l'évaluation.

En présence de différences de positionnements objectivées, il s'agit ensuite d'identifier s'il existe un lien entre un positionnement particulier de la fibula, et d'éventuels antécédents d'entorses externes.

Par la suite, l'objectif consiste à étudier la relation entre le positionnement fibulaire et ses répercussions sur les capacités proprioceptives de la cheville, facteur de risque important de récurrence.

La récurrence de l'entorse étant multifactorielle, il semble difficile d'identifier de manière isolée la contribution d'un seul facteur. Toutefois, cette étude expérimentale peut permettre d'apporter quelques éléments de réflexion sur la prise en charge des entorses de cheville.

Cette recherche s'intéresse aux pratiques professionnelles utilisées par les masseurs-kinésithérapeutes. En effet, dans les suites d'une entorse talo-crurale, les mobilisations de la fibula sont classiquement utilisées dans la rééducation. Cependant, l'identification des défauts de positionnement ainsi que la pertinence et l'efficacité des techniques de correction semblent controversées.

Dans un premier temps, nous cherchons donc à objectiver s'il existe une différence de hauteur de la malléole fibulaire par rapport à la malléole tibiale entre le côté gauche et droit de chaque participant. Les sujets qui présentent un antécédent d'entorse externe sont précisés, en y indiquant l'ancienneté de leur lésion. Ces informations sont utiles afin de tenter de mettre en évidence un potentiel positionnement préférentiel retrouvé chez les sujets avec antécédent(s) d'entorse(s) externe(s) de cheville.

Dans un second temps, l'objectif consiste à identifier si un positionnement particulier de la fibula peut être en mesure d'impacter les capacités proprioceptives de la cheville.

## **2.2 Mesure du positionnement de la fibula**

Comme évoqué précédemment, nous souhaitons mesurer la différence de hauteur de la malléole fibulaire par rapport à la malléole tibiale sur chaque membre inférieur des participants.

### **2.2.1 Instrument de mesure du positionnement de la fibula**

A notre connaissance, il n'existe aucun instrument de mesure standardisé permettant d'évaluer le positionnement relatif de la fibula par rapport au tibia dans le plan souhaité.

Pour procéder à nos mesures, nous utilisons donc une double équerre, instrument formé de deux règles associées en « T ».

Afin de tenir compte des différences morphologiques individuelles, la mesure de la position de la malléole fibulaire se réalise par rapport à la malléole tibiale de chaque membre mesuré.

L'axe vertical permet d'identifier l'axe des membres inférieurs, auto-référencé pour chaque participant.

L'alignement de l'axe horizontal de l'équerre en T se fait au niveau de la pointe des malléoles tibiales. La différence entre la pointe de la malléole tibiale et la pointe de la malléole fibulaire correspond ainsi au positionnement de la fibula dans le plan vertical, ou delta malléolaire (figure n°1).

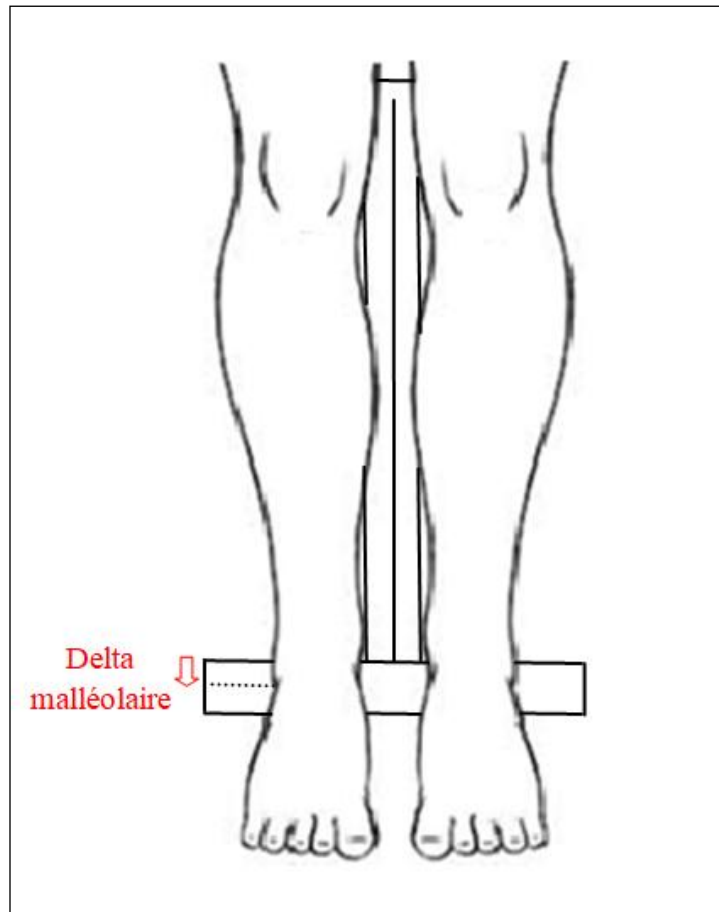


Figure n°1 : Représentation du placement de l'équerre et de la valeur mesurée

Dans notre étude, nous supposons la position du talus intacte et non affectée par l'entorse externe. Nous optons pour une mesure en flexion plantaire, qui correspond à la position de repos de l'articulation. Lorsque le sujet est installé en décubitus dorsal, la position relâchée de la cheville est d'environ 15° de flexion plantaire. Dans cette amplitude, la biomécanique articulaire nous démontre que le talus n'entraîne pas d'élévation de la fibula.

Nous rappelons qu'il n'existe pas de positionnement de référence dans le plan vertical, si ce n'est la symétrie avec le côté controlatéral au membre évalué.



## **2.3 Evaluation proprioceptive de la cheville**

Afin d'avoir un aperçu des différents moyens d'évaluations de la proprioception de la cheville, nous souhaitons procéder à une seconde revue de littérature.

### **2.3.1 Recherche bibliographique**

La recherche bibliographique a été réalisée par l'intermédiaire du moteur de recherche *Pubmed*.

Les mots clés utilisés pour cette recherche sont les suivants : *assessment, ankle, proprioception*.

Afin de limiter les bruits de la recherche, les mots clés ont été associés à l'aide d'opérateurs booléens.

Nous utilisons l'équation de recherche suivante : *assessment AND ankle AND proprioception*. Nous sélectionnons les méta-analyses, les revues systématiques, ainsi que les revues.

Nous obtenons un total de 87 résultats.

Parmi ces résultats, nous procédons au tri des articles en jugeant à partir du titre et de l'abstract, la pertinence de l'article. Par la suite, nous retenons 5 articles en adéquation avec notre objet de recherche.

### **2.3.2 Discussion**

Les données de la littérature nous font part de différents tests utilisés couramment pour évaluer les fonctions sensorimotrices de la cheville [60–62].

Ces tests sont communément décrits comme des tests d'évaluations proprioceptives.

Nous ne détaillerons pas de manière exhaustive l'ensemble des tests existants dans la littérature.

En réalité, une distinction est à effectuer entre les tests qui évaluent le contrôle moteur et ceux qui évaluent spécifiquement la proprioception.

Ainsi, les tests tel que le seuil de détection du mouvement passif, ou encore le test de reproduction de la position articulaire évaluent de façon plus spécifique la proprioception de la cheville. Cependant, ces évaluations ne sont pas fonctionnelles [63].

Les tests d'équilibre, plus fonctionnels, sont fréquemment utilisés pour fournir une estimation des potentiels troubles proprioceptifs. Cependant, ces tests ne sont pas spécifiques de la proprioception ou d'une articulation puisqu'ils impliquent d'autres fonctions (sensorielles et motrices) ainsi que plusieurs segments [20].

Le Star Excursion Balance Test (SEBT) et ses versions modifiées sont des tests de contrôle postural dynamique. Ainsi, ils évaluent donc plutôt le contrôle moteur, mais sont décrits comme des évaluations plus fonctionnelles [63].

Cependant, nous rappelons que le contrôle moteur et la proprioception sont deux entités intimement liées et complémentaires, puisque les informations proprioceptives sont fondamentales pour l'obtention d'un contrôle moteur adéquat. Le SEBT est donc une évaluation couramment utilisée en pratique clinique par les masseurs-kinésithérapeutes pour évaluer les capacités proprioceptives de la cheville.

Il nous semble pertinent de choisir une évaluation fonctionnelle, qui implique une mise en charge du membre étudié. Dans le cadre de ce mémoire, nous opterons donc pour un test moins spécifique des capacités proprioceptives de la cheville, mais qui revêt d'un caractère plus fonctionnel.

Cette évaluation fonctionnelle se nourrit d'un ensemble d'informations proprioceptives, mais nécessite également une sortie motrice. Puisque ces notions sont intriquées, ce test ainsi que ses versions modifiées permettent de recueillir des informations sur le contrôle moteur du participant, tout en donnant un aperçu de ses capacités proprioceptives.

### 2.3.3 Choix du test

Comme évoqué précédemment, le Star Excursion Balance Test (SEBT) permet d'évaluer le contrôle postural dynamique [64]. Cette évaluation requiert une mise en charge, et bénéficie ainsi d'un caractère fonctionnel.

L'entorse talo-crurale survient principalement lors d'une phase d'appui ou de réception au sol. Ainsi, la mise en charge du membre inférieur lors de la réalisation de ce test conforte notre choix d'évaluation.

Dans la version initiale de ce test, le sujet est placé en appui unipodal sur le membre testé au centre d'une étoile à huit directions avec 45° entre chacune d'elles. En raison de la redondance des résultats dans les huit directions précédemment décrites, le test a été réduit à trois directions principales, sans pour autant perdre en précision [64].

Les trois directions décrites sont les suivantes : la direction antérieure, la direction postéro-médiale et la direction postéro-latérale, nommées par rapport au membre inférieur en charge lors de l'évaluation.

Cette simplification rend le test plus accessible en pratique, et plus rapide pour la prise de mesures [64].

L'objectif consiste alors à atteindre la plus longue distance possible avec la pointe du pied en décharge par un toucher léger, avant de revenir en position initiale, et cela dans les trois directions.

La distance atteinte est influencée par la longueur des membres inférieurs du sujet. De ce fait, elle est prise en compte dans le calcul du score obtenu. En pratique, la longueur du membre inférieur correspond à la distance entre l'épine iliaque antéro-supérieure et la pointe de la malléole interne.

La valeur obtenue, rapportée à la longueur du membre inférieur, reflète donc la performance du contrôle postural dynamique du membre inférieur en appui.

Ce test est fiable et reproductible dès lors qu'il est réalisé suite à 4 essais d'échauffement dans chacune des trois directions [65,66].

D'après Gribble et al. [64], la performance se stabilise à partir de 4 essais dans chaque direction. Les auteurs proposent donc de faire réaliser au sujet 4 essais d'entraînements dans

les directions et de reproduire 3 essais dans lesquels les mesures seront prises en compte afin d'évaluer la performance.

Outre la longueur du membre inférieur, d'autres facteurs peuvent influencer les résultats de ce test. Les distances atteintes dans chaque direction semblent dépendre du sexe, de l'âge ainsi que du type et du niveau d'activité sportive [67].

Les hommes atteignent des distances significativement plus importantes que les femmes. En revanche, une fois la distance atteinte rapportée à la longueur du membre inférieur, cette différence s'atténue [68]. De ce fait, nous utiliserons ce score normalisé lors de notre recueil de données.

Cependant, nous ne pouvons pas contrôler tout les critères. Le niveau ainsi que le type d'activité sportive restent des facteurs qui peuvent influencer nos résultats.

D'après les données issues de la littérature [69], la performance ne semble pas diverger entre le membre dominant et non dominant. De ce fait, il ne nous paraît donc pas nécessaire de recueillir cette information.

D'autres critères, propres à la cheville, peuvent influencer les résultats de ce test. La performance sur la direction antérieure dépend principalement de l'intégrité mécanique de la cheville et plus particulièrement de l'amplitude de flexion dorsale du sujet [70].

En revanche, les directions postéro-latérales (PL) et postéro-médiale (PM) semblent dépendre principalement de paramètres fonctionnels sensori-moteurs [70].

D'après ces informations, nous proposons de réaliser le test en évaluant les sujets seulement dans les directions PL et PM du SEBT modifié. En effet, ce sont ces directions qui semblent dépendre principalement de paramètres sensori-moteurs, éléments qui se rapprochent au plus de notre objectif.

## **2.4 Protocole de recherche**

### **2.4.1 Population étudiée**

Nous nous intéressons à une population de sujets sains. L'échantillon sélectionné correspond aux étudiants de l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie Niçois.

### **2.4.2 Critères de participation**

Il convient de définir les critères de participation à l'étude.

Le critère d'inclusion défini est le suivant:

- Recueil du consentement présenté en annexe (Annexe 1)

Les critères d'exclusion de l'étude sont les suivants:

- Avoir un antécédent de fracture au niveau du membre inférieur
- Avoir eu recours à une intervention chirurgicale des structures musculo-squelettique au niveau du membre inférieur
- Avoir des antécédents de pathologies musculo-squelettiques non opérées au niveau des membres inférieurs (autre que l'entorse externe de cheville)
- Avoir eu des entorses bilatérales

Ces critères sont déterminés en accord avec les données issues de la littérature. Un antécédent de traumatisme [71], ou encore une intervention chirurgicale [17] sont des sources potentielles d'altération de l'information proprioceptive, qui pourraient biaiser nos résultats.

Le repérage osseux des pointes malléolaires constitue une étape clé nécessaire à l'évaluation du positionnement de la malléole fibulaire. En cas d'antécédents de fracture des extrémités inférieures du tibia ou de la fibula, ce positionnement pourrait, en conséquence, être perturbé.

### 2.4.3 Nombre de sujet nécessaire

Le calcul du nombre de sujet nécessaire permet d'estimer le plus petit effectif théorique à inclure dans notre étude afin d'être représentatif d'une population plus large.

En raison de l'absence de travaux préalablement réalisés sur ce même sujet, nous n'avons pas pu sélectionner les données quantitatives permettant le calcul habituel du nombre de sujets nécessaire.

En alternative à cette démarche, nous nous proposons de fixer l'amplitude de l'intervalle de confiance. Dans la présente étude, nous souhaitons analyser les résultats avec un niveau de confiance fixée à 95%, et une amplitude d'au plus 0,20.

$$IC = [f - \frac{1}{\sqrt{n}}; f + \frac{1}{\sqrt{n}}]$$

$$\text{Amplitude de l'IC} = \frac{2}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Amplitude de l'IC} \leq 0,20$$

$$\text{Soit } \frac{2}{\sqrt{n}} \leq 0,20 \text{ et } \sqrt{n} \geq \frac{2}{0,20}$$

$$\text{On en déduit donc } n \geq 100$$

Nous souhaitons donc inclure au moins 100 sujets dans notre étude.

### 2.4.4 Conditions d'évaluations

Les mesures sont réalisées dans les locaux de l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie Niçois. Le temps nécessaire à la réalisation de l'évaluation complète est estimé à environ 10 minutes.

En ce qui concerne le matériel, nous avons recours à un mètre ruban, une équerre en T, ainsi qu'à un crayon dermatographique.

#### 2.4.5 Déroulé de l'évaluation

Chaque participant reçoit un document d'information sur la présente recherche nous permettant de recueillir son consentement (Annexe 1).

Une fiche de synthèse est utilisée afin de recueillir les données (Annexe 2), qui sont ensuite retranscrites dans un tableur Excel®.

Chaque sujet possède un numéro qui lui est attribué afin d'anonymiser les mesures.

Dans un premier temps, nous procédons à la vérification de l'absence de critères d'exclusion.

Nous nous assurons de l'absence de douleur au niveau de la cheville. En effet, la présence d'une douleur pourrait altérer le signal proprioceptif par une inhibition de la réponse musculaire [19].

L'épanchement articulaire peut entraîner une inhibition musculaire et participe à l'altération de l'information proprioceptive. Nous nous assurons, par une simple observation visuelle, de l'absence d'œdème au niveau de la cheville [16,19].

L'intérêt du recueil de ces données supplémentaires est utile afin de limiter les facteurs pouvant interférer et entraîner un déficit proprioceptif non lié au critère étudié.

L'évaluation se poursuit par l'installation du sujet en décubitus dorsal, hanche en position neutre, genoux tendus, et chevilles en position de repos. A l'aide du goniomètre, nous nous assurons que les chevilles soient positionnées à 15° de flexion plantaire, et corrigeons si nécessaire.

Nous procédons au marquage des repères osseux de la pointe de la malléole fibulaire et de la pointe de la malléole tibiale.

Nous effectuons la prise de mesure du positionnement de la malléole fibulaire par rapport à la malléole tibiale avec l'équerre en T, du côté gauche ainsi que du côté droit de chaque sujet.

Nous interrogeons le participant sur d'éventuels antécédents d'entorses externe au travers des questions suivantes : « Avez-vous déjà eu une entorse externe ? Si oui, de quel côté ? Si oui, il y a combien de temps ? ».

Nous poursuivons par l'évaluation des capacités proprioceptives du sujet.

Nous procédons à la mesure de la distance épine iliaque antéro-supérieure jusqu'à la pointe de la malléole médiale pour chaque membre.

A l'aide d'un ruban adhésif au sol, nous plaçons deux bandes espacées d'un angle de 90°, graduées chaque centimètre (figure n°2).

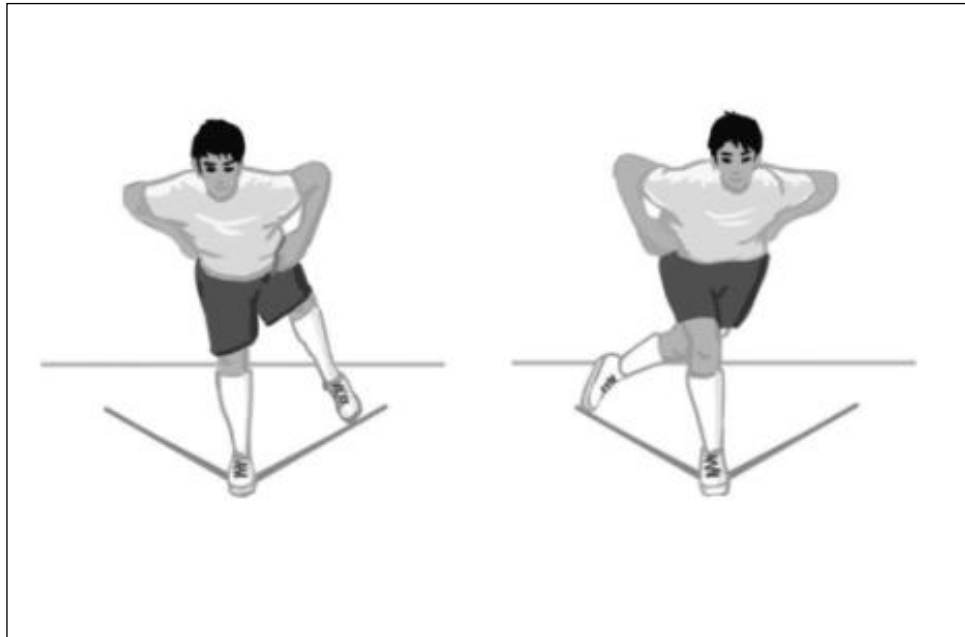


Figure n°2 : Représentation des directions utilisées lors du test proprioceptif

Le sujet est pieds nus, en appui unipodal sur le membre à tester à l'intersection des directions précédemment décrites. Il est recommandé de placer le talon du sujet à l'intersection de ces directions. L'objectif consiste à atteindre la plus grande distance possible dans les directions PM et PL en touchant légèrement la bande adhésive avec la pointe du pied, puis retourner à la position de départ.

Conformément aux données issues de la littérature, nous proposons 4 essais d'entraînement dans chaque direction, puis 3 essais qui sont retenus [64].

Le test est effectué de façon bilatérale. Entre chaque direction, nous alternons le membre testé afin de limiter l'apparition de la fatigue du sujet, source potentielle d'altération de la performance.



Gribble et al. (64) précisent les points importants à surveiller lors de la réalisation du test :

- Le pied en charge ne doit pas bouger pendant le test
- Le talon doit rester en contact avec le sol
- Les mains doivent rester en contact avec les hanches
- Le sujet ne doit pas transférer son poids du corps, ni poser le pied sur la bande adhésive
- Entre chaque essai le pied doit être reposé au sol

Afin de limiter les stratégies compensatrices d'adaptations, nous nous assurons de la stabilité du participant sur l'entièreté du mouvement.

L'évaluation se termine à la suite du recueil des données concernant la mesure du positionnement de la malléole fibulaire, la présence d'un éventuel antécédent d'entorse, et la réalisation du test proprioceptif proposé.

### **3. Résultats**

Dans cette partie, nous présenterons les résultats bruts de notre étude et le traitement de ces données.

#### **3.1 Résultats bruts**

##### **3.1.1 Informations relatives aux participants**

L'échantillon analysé comporte 102 étudiants de l'IFMKN respectant les critères d'éligibilité définis. Le consentement a été recueilli pour chacun des participants, préalablement au recueil de données.

Un total de 41 hommes et 61 femmes présentent les critères retenus. L'âge de cet échantillon varie de 20 ans à 28 ans, avec un âge moyen de 21,6 ans.

##### **3.1.2 Informations relatives à la mesure du positionnement de la fibula**

Notre recueil de données nous permet d'obtenir le positionnement cranio-caudal de la malléole fibulaire par rapport à la malléole tibiale à gauche et à droite. La différence entre ces deux mesures est précisée pour chaque participant.

La variable calculée représente donc la différence de positionnement de la fibula entre la gauche et la droite d'un sujet ( $\Delta F$ ). Afin de faciliter l'analyse de nos premiers résultats, nous utiliserons la valeur absolue de cette différence.

Nous renseignons les résultats obtenus dans un tableur Excel® pour chaque sujet identifié (Annexe n°3).

### **3.1.3 Informations relatives à l'antécédent d'entorse**

La population étudiée est constituée de 45 sujets avec antécédent(s) d'entorse(s) externe(s) de chevilles, parmi lesquels nous retrouvons 22 femmes ainsi que 23 hommes.

17 sujets présentent un antécédent d'entorse externe qui concerne le côté gauche et 28 sujets présentent un antécédent qui concerne le côté droit.

En raison des difficultés à obtenir des informations temporelles, nous nous sommes finalement contentés de recueillir l'ancienneté de la lésion la plus récente. Cette donnée est alors précisée pour les sujets avec antécédents d'entorses. L'antériorité de ces lésions varie de 12 ans à 1 mois.

L'échantillon comporte également 57 sujets sans antécédent d'entorse, parmi lesquels figurent 39 femmes, ainsi que 18 hommes.

Nous renseignons les informations obtenues dans un tableur Excel® pour chaque sujet identifié (Annexe n°3).

### **3.1.4 Informations relatives au test proprioceptif**

Nous rappelons que la distance atteinte dans chaque direction du SEBT est influencée par la longueur des membres inférieurs du participant.

Ainsi, nous nous devons de prendre en compte la longueur des membres inférieurs des sujets afin de normaliser les scores. La longueur du membre inférieur est estimée par la distance entre l'épine iliaque antéro-supérieure et la malléole médiale.

La normalisation des distances mesurées lors du test proposé est calculée de la façon suivante :

$$(Moyenne\ des\ 3\ essais / taille\ du\ membre\ inférieur) \times 100$$

Le résultat est exprimé en pourcentage de la longueur du membre inférieur, et précisé dans le tableur Excel® pour les directions postéro-médiales et postéro-latérales (Annexe n°3).

Le score global est égal à la moyenne des scores obtenu dans ces deux directions postérieures. Il est calculé pour chaque participant, sur chaque membre, de la façon suivante:

$$(PM \text{ en } \% + PL \text{ en } \%) / 2$$

Les résultats sont présentés dans un tableur Excel® pour chaque membre inférieur, le tableau complet est disponible dans les annexes (Annexe n°4).

Dans l'échantillon étudié, d'une moyenne d'âge de 21,6 ans, les scores globaux moyens normalisés à la longueur du membre inférieur sont les suivants :

Le score global à gauche présente une moyenne de 81,31% ± 8,78.

Le score global à droite présente une moyenne de 81,25% ± 8,63.

## **3.2 Traitement des données**

### **3.2.1 Positionnement fibulaire**

Nous procédons à l'analyse du positionnement de la malléole fibulaire par rapport à la malléole tibiale (ou delta malléolaire) dans notre échantillon de sujets sains en agglomérant les données des chevilles droites avec celles des chevilles gauches.

Le delta entre les malléoles tibiale et fibulaire est toujours positif puisque la malléole fibulaire est, physiologiquement, toujours située de façon plus basse que la tibiale.

Ainsi, pour illustrer nos propos, un delta malléolaire égal à 1 centimètre signifie que la malléole fibulaire est située 1 centimètre en dessous du niveau de la malléole tibiale.

Les valeurs retrouvées dans notre échantillon sont comprises entre 0,5 et 2,4 cm, avec une moyenne de 1,48 cm et un écart type de 0,42 cm.

Nous procédons à une représentation graphique des données recueillies sous forme d'un histogramme de fréquence (figure n°3).

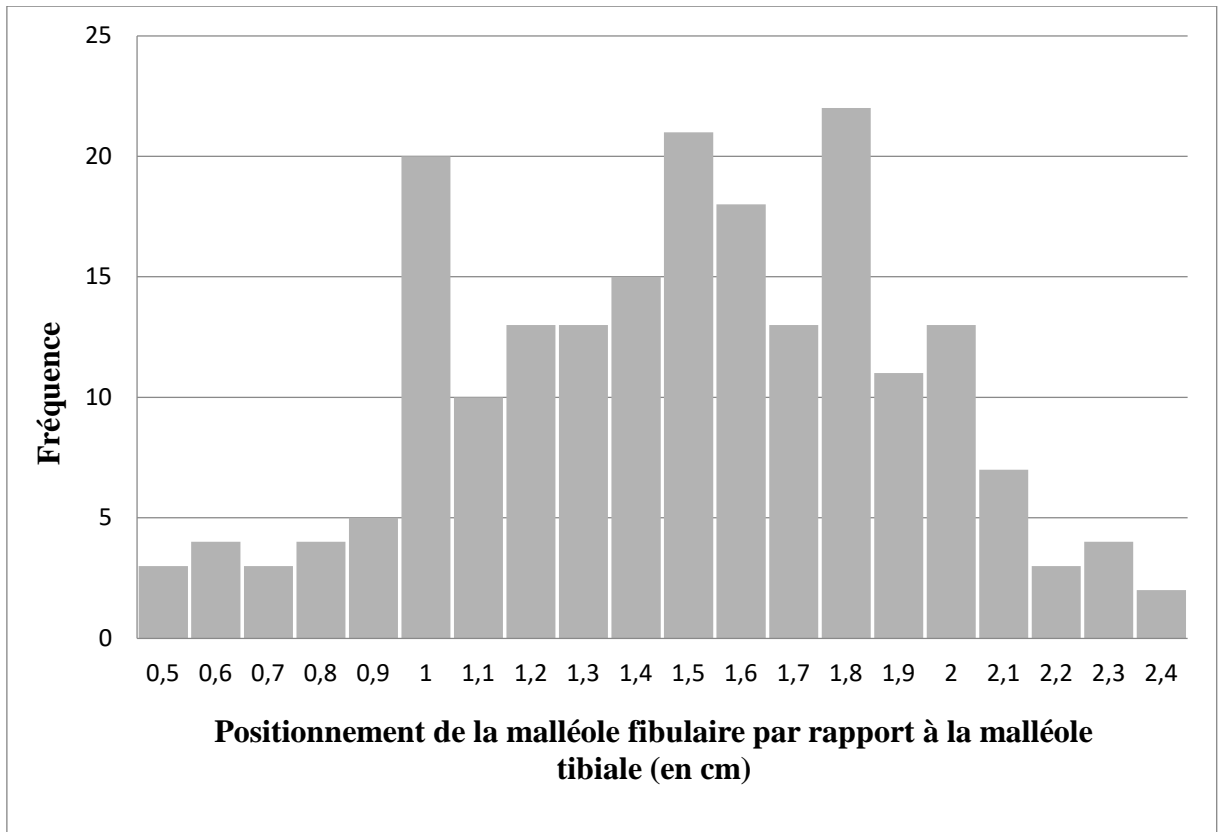


Figure n°3 : Histogramme de fréquence

Cette étendue de 1,9 centimètres peut sembler importante au regard d'une articulation qui devrait être sensiblement conformée de façon identique chez la totalité des sujets, mais elle est tout de même à mettre en rapport avec la taille différente des individus, et donc la taille de leurs segments.

Nous rappelons qu'il n'existe pas de valeur de référence positionnelle de la malléole fibulaire. Par conséquent, chaque mesure obtenue reste à comparer au côté controlatéral.

En regard de cette constatation, nous choisissons dans un premier temps d'explorer nos résultats à partir d'une donnée composite : la différence entre le delta des malléoles droites et le delta des malléoles gauches ( $\Delta F$ ), en valeur absolue.

Ainsi, pour éclaircir nos propos, une différence de delta malléolaire ou  $\Delta F$  égal à 0,5 cm signifie que, chez un même participant, la différence de positionnement fibulaire entre son côté gauche et son côté droit est de 0,5 cm.

Notre échantillon comporte des valeurs de  $\Delta F$  comprises entre 0 et 0,9 centimètres, avec une moyenne de 0,24 centimètres et un écart type de 0,23 cm.

Nous pouvons constater que l'étendue des  $\Delta F$  entre les sujets est assez importante puisque les valeurs retrouvées dans cet échantillon varient tout de même d'une plage de 0,9 centimètres.

La différence entre le delta des malléoles droites et des malléoles gauches ( $\Delta F$ ) retrouvée dans notre échantillon fluctue donc entre les sujets. La distribution du positionnement fibulaire entre la gauche et la droite d'un même participant semble alors pouvoir être asymétrique.

### **3.2.2 Lien avec l'antécédent d'entorse**

En raison de l'étendue particulièrement importante de la différence entre le delta des malléoles droites et des malléoles gauches ( $\Delta F$ ), nous tentons de distinguer les groupes de participants avec et sans antécédent d'entorse. Une asymétrie plus marquée peut-elle être retrouvée dans un groupe de participants ?

Dans le groupe des 45 sujets avec antécédents d'entorses externes de cheville, la moyenne des  $\Delta F$  est égale à 0,37 cm.

L'échantillon présente une variance de  $s^2 = 0,05$ .

L'écart type de cet échantillon est  $\sigma = 0,23$ .

Dans le groupe des 57 sujets sans antécédent d'entorse, la moyenne des  $\Delta F$  est de 0,14 cm.

L'échantillon présente une variance de  $s^2 = 0,03$ .

L'écart type de cet échantillon est  $\sigma = 0,18$ .

Les valeurs des  $\Delta F$  semblent être plus importantes dans le groupe des participants avec antécédents d'entorses, traduisant ainsi une asymétrie de positionnement malléolaire plus marquée chez les sujets sans antécédent lésionnel.

Suite à ces premières constatations, nous souhaitons déterminer si la différence observée entre ces deux groupes est due au hasard, ou bien si cette différence est statistiquement significative.

Pour cela, nous définissons l'hypothèse nulle  $H_0$  : Les valeurs des différences de deltas malléolaires ( $\Delta F$ ) sont équivalentes dans les groupes avec antécédents et sans antécédent d'entorse externe de cheville.

Ainsi que l'hypothèse alternative  $H_1$  : Les valeurs des différences de deltas malléolaires ( $\Delta F$ ) sont différentes dans les groupes avec antécédents et sans antécédent d'entorse externe de cheville.

Nous déterminons le caractère des données à étudier. Nous étudions une variable qualitative et une variable quantitative, qui sont respectivement :

- Avoir eu ou non un antécédent d'entorse externe de cheville
- La valeur absolue de la différence des deltas malléolaires ( $\Delta F$ ) en centimètres

D'après le test de Shapiro-Wilk, les données de l'échantillon de participants sans antécédent ne suivent pas une loi normale ( $p < 0,05$ ). Ce calcul étant complexe, nous avons eu recours à l'utilisation d'un logiciel statistique pour obtenir cette conclusion. Les principaux résultats sont présentés en annexe (Annexe n°5).

Ainsi, pour traiter ces données, nous utilisons le test non paramétrique de comparaison de médiane de Wilcoxon - Mann Whitney. Ce test consiste à attribuer des rangs aux valeurs dans chaque groupe d'effectif. Les sujets avec antécédents d'entorses correspondent au groupe A et les sujets sans antécédent au groupe B (Annexe n°6).

Nous définissons le risque  $\alpha$  ou risque de première espèce à priori. Par convention, ce risque est fixé à 5%.

Nous procédons au calcul de la somme des rangs de l'échantillon de plus petite taille ( $n_A=45$ ).

Ainsi, la somme des rangs  $S_A = 3032,5$ .

La valeur du U de Mann-Withney est égale à  $U_A = n_A \times n_B + \frac{n_A(n_A+1)}{2} - S_A = 567,5$

La moyenne des rangs est  $\mu = \frac{(n_A \times n_B)}{2} = 1282,5$

$$\text{L'écart-type est } \sigma = \sqrt{\frac{n_A \times n_B (n_A + n_B + 1)}{12}} = 145,4$$

Nous procédons au calcul du Z avec la formule suivante :

$$Z_{\text{calculé}} = \frac{|U - \mu|}{\sigma} = \frac{|567,5 - 1285,5|}{145,4} = 4,93$$

D'après la table statistique correspondante, pour un risque alpha  $\alpha$  de 5%,  $Z_{\text{théorique}} = 1,96$ .

Ainsi, le  $Z_{\text{calculé}}$  est supérieur au  $Z_{\text{théorique}}$ .

De ce fait, nous pouvons accepter H1. Il existe une différence significative de  $\Delta F$  entre les groupes avec et sans antécédents d'entorses, avec un risque 5% de se tromper.

A posteriori, nous obtenons la même conclusion avec un risque  $\alpha$  de 1%. En effet, au seuil de 1%,  $Z_{\text{théorique}} = 2,57$ , donc  $Z_{\text{calculé}} > Z_{\text{théorique}}$ .

Nous objectivons ainsi des différences de delta malléolaires ( $\Delta F$ ) plus importantes dans le groupe de participants qui présente des antécédents lésionnels.

Pour cette raison, nous nous interrogeons sur un positionnement particulier de la malléole fibulaire (ou delta malléolaire) retrouvé chez les sujets avec antécédents d'entorses, en comparaison à leur côté sain.

Afin de poursuivre ce raisonnement, nous nous centrons de nouveau sur la valeur mesurée du positionnement fibulaire dans notre groupe de sujets avec antécédents d'entorses.

Ainsi, nous décidons de comparer le positionnement fibulaire du côté anciennement lésé au côté opposé.



Nous représentons ci-dessous la répartition des données sous forme de nuage de points (figure n°4).

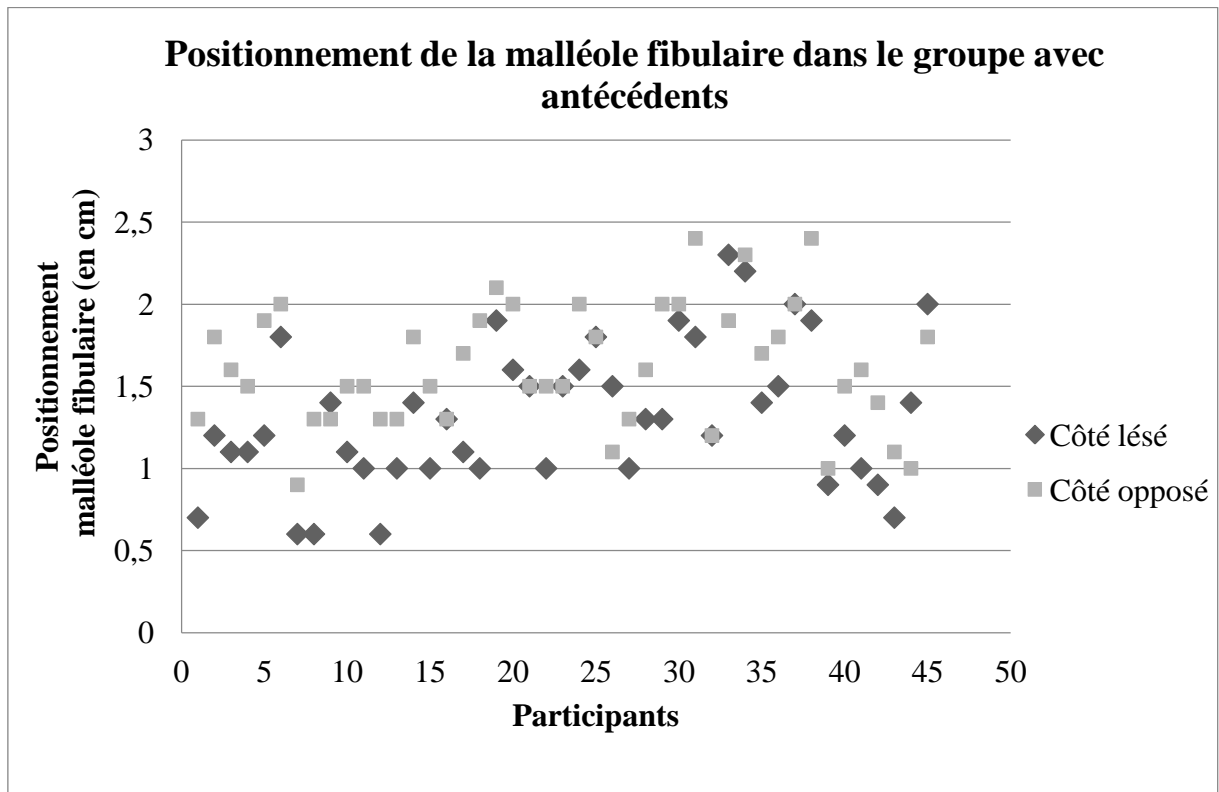


Figure n°4 : Positionnement de la malléole fibulaire du côté anciennement lésé et du côté sain dans le groupe de sujets avec antécédents.

Dans le groupe des 45 participants qui présentent des antécédents d'entorses, le positionnement de la malléole fibulaire du côté anciennement lésé est, en moyenne situé à 1,32 cm par rapport à la malléole tibiale.

La variance de cet échantillon est  $s^2 = 0,19$ .

L'écart type de cet échantillon est  $\sigma = 0,43$ .

Dans ce même groupe, le positionnement de la malléole fibulaire du côté opposé au côté lésé est, en moyenne situé à 1,62 cm par rapport à la tibiale.

La variance de cet échantillon est de  $s^2 = 0,14$ .

L'écart type est de  $\sigma = 0,37$ .

La malléole fibulaire semble être positionnée de façon plus haute par rapport à la malléole tibiale du côté anciennement lésé, en comparaison au côté opposé.

L'objectif consiste à déterminer si la différence observée entre les moyennes de ces deux sous groupes est due au hasard ou bien si la différence observée est significative. Pour cela, il convient de procéder à une analyse statistique.

Nous définissons l'hypothèse nulle  $H_0$  : Les moyennes des positions de la malléole fibulaire sont équivalentes du côté anciennement lésé et du côté opposé dans le groupe de sujets avec antécédents.

Ainsi que l'hypothèse alternative  $H_1$  : Les moyennes des positions de la malléole fibulaire sont différentes du côté anciennement lésé et du côté opposé dans le groupe de sujets avec antécédents.

Nous rappelons que le positionnement de la malléole fibulaire est toujours référencé par rapport à la malléole tibiale.

Dans le groupe des participants présentant des antécédents lésionnels, nous souhaitons mettre en rapport une variable qualitative et une variable quantitative, qui sont respectivement :

- Avoir une cheville qui présente un antécédent d'entorse externe ou pas
- La valeur du positionnement de la fibula par rapport au tibia, qui correspond au delta malléolaire en centimètres.

En fonction du caractère des variables étudiées et du nombre de participants ( $n > 30$ ), le test qui s'applique à nos données est le test de comparaison de moyennes pour échantillons appariés. L'utilisation de ce test nécessite cependant de valider quelques pré requis.

Dans un premier temps, les mesures doivent suivre une loi normale.

Le théorème central limite nous indique que la distribution de l'échantillonnage tend à suivre la loi normale lorsque la taille est suffisamment grande ( $n > 30$ ).

Par précautions, le test de Shapiro-Wilk est réalisé afin de vérifier si notre série de données suit une loi normale. Les deux échantillons suivent bien une loi normale ( $p > 0,05$ ). Les principaux résultats de ce test sont présentés en annexe (Annexe n°7).

Outre la normalité des données, les variances des deux séries de mesures comparées ne doivent pas varier excessivement les unes des autres. Il est admis, qu'en pratique, les variances des échantillons ne doivent pas différer de plus d'un facteur 3 [62].

Nous définissons le risque  $\alpha$  ou risque de première espèce à priori. Par convention, ce risque est fixé à 5%.

Nous calculons le paramètre  $\varepsilon_{observé}$  :

$$\varepsilon_{obs} = \frac{m_d}{\sqrt{\frac{s_d^2}{n}}}$$

Avec  $d$  = différence des résultats pour un même sujet

$m_d$  = moyenne des  $d$  = -0,2977

$s_d^2$  = variance des différences = 0,0979

$n$  = nombre de couples = 45

Ainsi :

$$\varepsilon_{observé} = \frac{-0,2977}{\sqrt{\frac{0,0979}{45}}} = - 6,382$$

Le  $\varepsilon_{observé}$  est comparé à la valeur obtenue dans la table de référence pour un risque de première espèce  $\alpha = 5\%$ . Dans la table de l'écart réduit  $\varepsilon = 1,96$  avec  $\alpha = 5\%$ .

Le  $\varepsilon_{observé}$  est supérieur au  $\varepsilon_{théorique}$ .

Ainsi, nous acceptons H1 : Les moyennes des positions de la malléole fibulaire sont significativement différentes du côté anciennement lésé et du côté opposé chez les sujets avec antécédents, avec un risque 5% de se tromper.

Le degré de signification fixé a posteriori est  $<$  à 1%. En effet, pour un risque  $\alpha = 1\%$ ,  $\varepsilon_{théorique} = 2,57$ .

Nous relevons un lien significatif entre la présence d'un antécédent d'entorse de cheville et un positionnement ascensionné de la fibula homolatérale.

Afin de renforcer nos observations, nous souhaitons à présent comparer la moyenne de la hauteur de la fibula entre la gauche et la droite du groupe composé de sujets sans antécédent d'entorse.

En effet, les différences de delta malléolaires ( $\Delta F$ ) chez ces mêmes participants étaient en moyenne de 0,14 cm avec un écart type de 0,18 cm. En regard de ce constat, nous émettons l'hypothèse qu'il n'existe pas de différence statistiquement significative entre ces groupes.

Dans le groupe sans antécédent d'entorse, le positionnement de la malléole fibulaire du côté gauche est, en moyenne situé à 1,52 cm par rapport à la tibiale.

La variance de cet échantillon est  $s^2 = 0,17$ , et l'écart type est  $\sigma = 0,41$ .

Dans le groupe sans antécédent d'entorse, le positionnement de la malléole fibulaire du côté droit est situé, en moyenne, à 1,47 cm par rapport à la tibiale.

La variance de cet échantillon est  $s^2 = 0,19$ , et l'écart type est  $\sigma = 0,43$ .

Nous proposons une représentation graphique de la distribution des mesures (figure n°5).

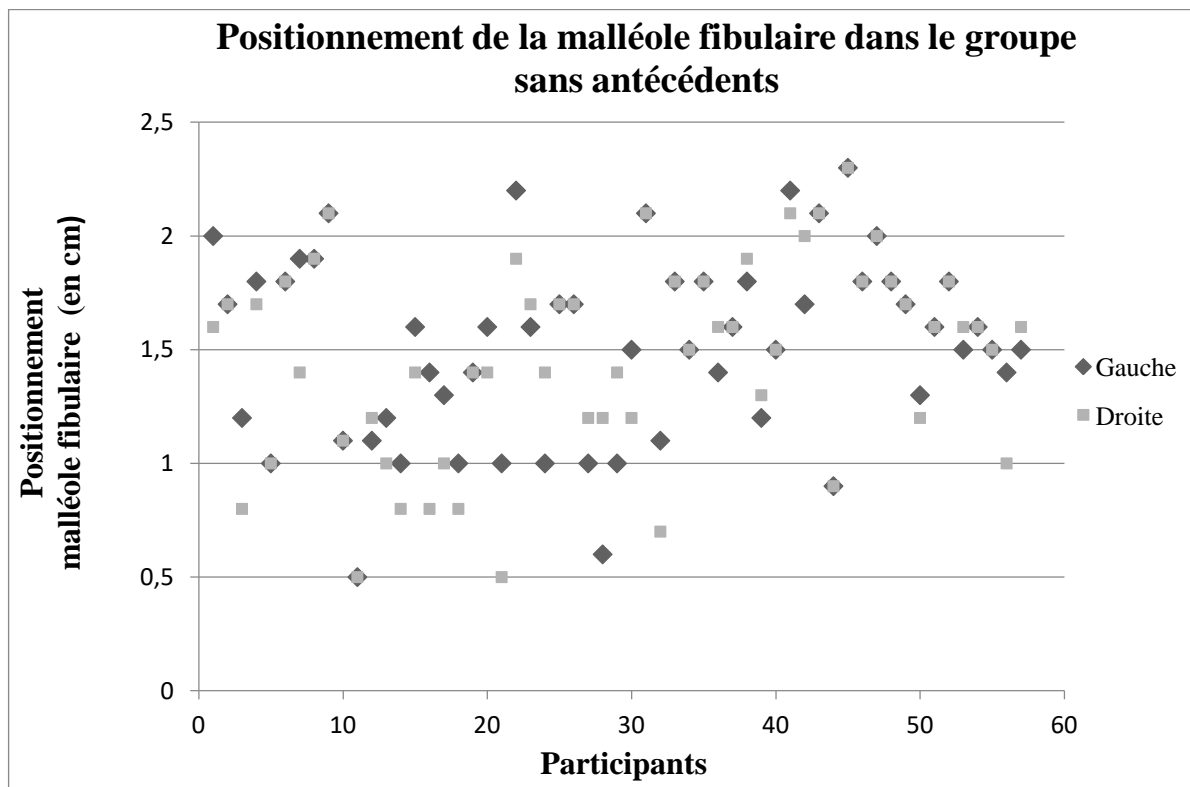


Figure n°5 : Positionnement de la malléole externe du côté gauche et droit dans le groupe de sujets sans antécédent.

Nous remarquons que de nombreux points se superposent, signifiant la symétrie positionnelle entre la malléole fibulaire gauche et droite d'un même participant. Aucune tendance positionnelle particulière ne semble se dégager dans ce groupe de participant.

Nous définissons l'hypothèse nulle  $H_0$  : Les moyennes des positions de la malléole fibulaire sont équivalentes entre le côté gauche et droit des sujets du groupe sans antécédent d'entorse.

Ainsi que l'hypothèse alternative  $H_1$  : Les moyennes des positions de la malléole fibulaire sont différentes entre le côté gauche et droit des sujets du groupe sans antécédent d'entorse.

En fonction du caractère des variables étudiées et du nombre de participants ( $n > 30$ ), le test qui s'applique à nos données est de nouveau le test de comparaison de moyennes pour échantillon appariés. L'utilisation de ce test nécessite de valider les prérequis énoncés précédemment.

L'utilisation du test de Shapiro-Wilk nous permet d'affirmer que nos séries de données suivent bien une loi normale ( $p > 0,05$ ). Les principaux résultats sont présentés en annexe (Annexe n°8).

Nous calculons le paramètre  $\epsilon_{observé}$  :

$$\epsilon_{observé} = \frac{m_d}{\sqrt{\frac{s_d^2}{n}}}$$

Avec  $d$  = différence des résultats pour un même sujet

$m_d$  = moyenne des  $d$  = 0,0473684

$n$  = nombre de couples = 57

$s_d^2$  = variance des différences = 0,0496804

Ainsi :

$$\epsilon_{observé} = \frac{0,0473684}{\sqrt{\frac{0,0496804}{57}}} = 1,60447$$

Le  $\varepsilon_{observé}$  est comparé à la valeur obtenue dans la table de référence pour un risque de première espèce  $\alpha = 5\%$ .

Dans la table de l'écart réduit,  $\varepsilon = 1,96$  avec  $\alpha = 5 \%$ .

Le  $\varepsilon_{observé}$  est inférieur au  $\varepsilon_{théorique}$ .

Ainsi, nous pouvons accepter  $H_0$  : Les moyennes sont identiques entre le côté gauche et le côté droit des sujets du groupe sans antécédent d'entorse, avec un risque 5% de se tromper.

Nous proposons un tableau récapitulatif permettant de synthétiser l'ensemble des données mesurées (tableau n°1).

Groupes	Chevilles	Moyenne $\pm$ écart-type	Etendue (min-max)
Avec antécédents	Côté lésé	1,32 $\pm$ 0,43	0,6 - 2,3
	Côté opposé	1,62 $\pm$ 0,37	0,9 - 2,4
Sans antécédent	Gauche	1,52 $\pm$ 0,41	0,5 - 2,3
	Droite	1,47 $\pm$ 0,43	0,5 - 2,3

Tableau n°1 : synthèse du positionnement de la malléole externe dans le groupe avec antécédents (n=45) et sans antécédent (n=57) d'entorse externe.

### 3.2.3 Lien avec la proprioception

Nous souhaitons désormais établir si les différences de positionnement fibulaires objectivées peuvent être en lien avec un déficit de stabilité, évalué par la performance sur la version remaniée du SEBT proposé.

Pour se faire, nous souhaitons déterminer s'il existe une relation entre :

- Le positionnement cranio-caudal de la malléole fibulaire par rapport à la malléole tibiale (en centimètres)
- Le score global obtenu au test (en %)

Nous nous proposons d'étudier le lien entre deux variables quantitatives continues.

La représentation graphique nous permet d'estimer l'existence ou non d'une relation entre ces deux variables.

Pour étudier cette relation, nous procédons donc à une représentation graphique des données en nuage de points, ou diagramme de dispersion (figure n°6).

L'axe des  $X$  correspond au positionnement fibulaire (ou delta malléolaire).

L'axe des  $Y$  correspond au score global obtenu lors du test SEBT proposé.

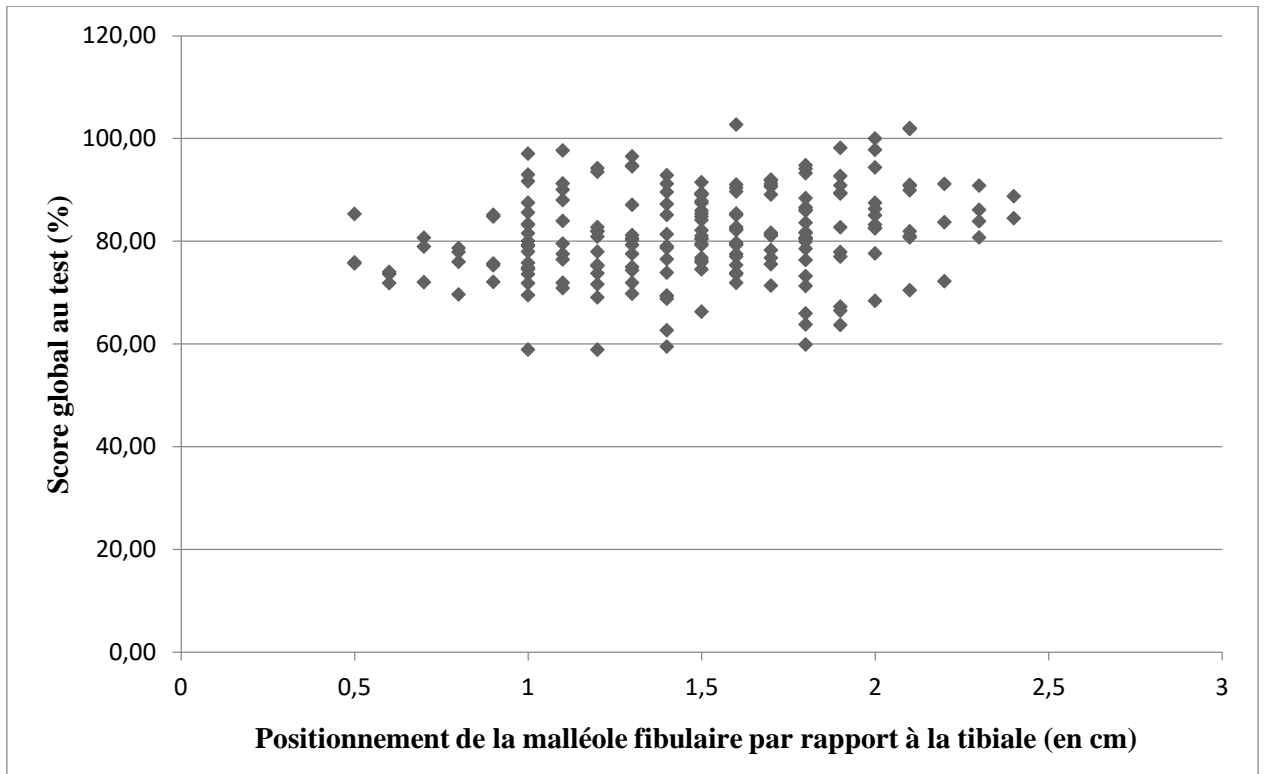


Figure n°6 : Analyse de corrélation entre le positionnement de la malléole fibulaire par rapport à la tibiale et le score proprioceptif obtenu lors du test SEBT adapté

L'allure du nuage de points révèle des données assez dispersées.

Nous poursuivons notre analyse en procédant au calcul du coefficient de corrélation de Pearson, qui s'applique aux variables quantitatives continues.

La formule est la suivante :

$$r = \frac{cov(x,y)}{\sqrt{var(x)var(y)}}$$

Avec  $cov(x, y) = 0,906$

$var(x) = 0,179$

$var(y) = 75,422$

$$\text{Ainsi, } r = \frac{0,788}{\sqrt{0,176 \times 75,422}} \approx +0,25$$



La valeur calculée du coefficient de corrélation indique une faible relation entre nos deux variables. En effet, si la valeur de  $r$  se rapproche de 0, il n'existe pas de relation linéaire entre les variables X et Y.

Nous sommes en présence d'une corrélation positive, qui semble indiquer qu'il existe une faible relation linéaire reliant le positionnement ascensionné de la fibula et la diminution de la performance obtenue lors du test proposé.

Toutefois, le coefficient de corrélation ne nous indique pas si la relation observée est significative.

Pour déterminer si cette relation est significative, il nous faut procéder à un test d'hypothèse.

Nous définissons l'hypothèse nulle  $H_0$  : Le score obtenu au test est indépendant de la valeur du positionnement fibulaire (delta malléolaire).

Ainsi que l'hypothèse alternative  $H_1$  : Le score obtenu au test est dépendant de la valeur du positionnement fibulaire (delta malléolaire).

En raison du caractère quantitatif continu des données recueillies, nous appliquons le test du coefficient de corrélation de Pearson.

Nous avons préalablement calculé la valeur de ce coefficient :  $r_{calculé} \approx +0,25$ .

D'après la table du coefficient de Pearson, pour un degré de liberté  $ddl = n - 2 = 202$  et pour un risque de première espèce  $\alpha = 5\%$ , nous obtenons un  $r_{théorique} = 0,137518$

Le  $r_{calculé}$  est donc supérieur au  $r_{théorique}$ .

Ainsi, nous acceptons  $H_1$  : Le score obtenu au test est dépendant de la valeur du positionnement fibulaire (delta malléolaire). Il existe une relation significative entre les deux variables étudiées.

A posteriori, nous obtenons cette même conclusion pour un risque  $\alpha = 1\%$ .

Finalement, l'analyse de la corrélation entre nos deux variables ( $r_{calculé} \approx +0,25$ ) établie sur un échantillon de 204 chevilles est significative au seuil de 1%.

La taille de l'échantillon fait que, bien que faible, cette relation a peu de chances d'être due au hasard.

## **4. Discussion**

### **4.1 Interprétation des résultats relatifs au positionnement**

Au travers de ce travail de recherche, l'objectif était d'identifier les caractéristiques du positionnement cranio-caudal de la malléole fibulaire, référencé par rapport à la malléole tibiale. Pour ce faire, nous avons analysé les chevilles d'un échantillon de 102 étudiants de l'IFMKN.

La littérature s'intéresse au positionnement des os du complexe articulaire de la cheville et s'interroge sur leur potentielle implication en tant que facteur de risque de récurrence. Les auteurs s'attachent principalement à l'évaluation des variations antéro-postérieures et médio-latérales de la fibula [33–47].

Pourtant, les masseurs-kinésithérapeutes et autres thérapeutes manuels partagent des techniques de repositionnement manuel de la fibula en abaissement dans la rééducation de l'entorse externe de cheville.

L'anatomie et la biomécanique nous démontrent à juste titre que les mobilités de la fibula dans le plan vertical sont physiologiquement possibles. Ainsi, nous avons souhaité étudier les variations du positionnement fibulaire cranio-caudale au travers d'une étude expérimentale.

Il ressort de cette étude que, dans un échantillon de sujets sains et asymptomatiques au moment de l'évaluation, des différences de positionnement fibulaire dans l'axe vertical peuvent être objectivées entre les sujets.

Les résultats obtenus mettent en évidence une différence statistiquement significative entre les différences de delta malléolaire ( $\Delta F$ ) des sujets avec et sans antécédent d'entorse. Nous rappelons que cette variable correspond à la différence de positionnement de la fibula (par rapport au tibia) entre le membre gauche et droit d'un même sujet.

Les sujets avec antécédents d'entorses présentaient des différences de delta malléolaire ( $\Delta F$ ) plus importantes, en comparaison aux sujets sans antécédent.

Pour cette raison, nous nous sommes interrogés sur un potentiel positionnement préférentiel des malléoles fibulaires dans ces deux groupes de participants.

Nous avons identifié une malléole fibulaire positionnée de façon plus haute par rapport à la malléole tibiale chez les sujets avec antécédents d'entorses de cheville, en comparaison aux sujets sans antécédent. Dans les conditions d'évaluations propres à notre protocole de recherche, il existe une différence statistiquement significative de positionnement entre ces deux groupes de participants.

Nous avons donc relevé un lien significatif entre la présence d'un antécédent d'entorse de cheville et un positionnement ascensionné de la fibula homolatérale.

Selon ces analyses statistiques, une atteinte ligamentaire est en mesure d'occasionner une altération du positionnement de la malléole fibulaire. Des perturbations des rapports osseux semblent donc persister chez des sujets qui sont pourtant sains et asymptomatiques, mais qui présentent des antécédents lésionnels.

Chez les participants qui ne présentent pas d'antécédent d'entorse, il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les chevilles gauches et droites de ces participants. Ces résultats viennent donc renforcer nos premières constatations.

D'après les résultats obtenus, les rapports osseux de la cheville semblent être remaniés dans le plan vertical chez les sujets qui présentent des antécédents de lésions ligamentaires du compartiment externe.

Cependant, il est important de préciser que les participants du groupe avec antécédents d'entorses ne présentaient pas tous une malléole fibulaire plus ascensionnée du côté lésé, en comparaison au côté sain.

Selon nos résultats, cette ascension de la malléole fibulaire peut être présente chez une proportion de sujets du côté de l'antécédent. Cependant, elle reste une caractéristique inconstamment retrouvée chez la totalité des sujets après une entorse.

Cette constatation est en accord avec les résultats obtenus dans l'étude d'Hubbard et al. [36] qui identifie des modifications positionnelles antérieures inconstantes dans l'instabilité chronique de cheville. En revanche, ces résultats divergent de l'étude de Fukuhara et al. [43], où les participants atteints d'entorses subaiguës présentaient tous une position plus antérieure de la fibula.

Nous tenons également à préciser que chez les sujets qui ne présentaient pas d'antécédent lésionnel, des différences de positionnement ont été mesurées. Certains sujets semblent pouvoir avoir un positionnement asymétrique de la fibula sans pour autant avoir d'antécédent lésionnel.

Les résultats actuels sont en conformité avec ceux des études antérieures qui retrouvent possiblement des divergences de positionnement de la malléole fibulaire [33–43], mais cette fois-ci identifiées dans un plan différent.

Les populations étudiées diffèrent sur les critères d'inclusions. Dans le cadre de cette recherche, nous analysons des sujets présentant des antécédents d'entorses externes, sans spécifier de critère de temps particulier. Dans les précédentes études, les critères d'inclusions étaient plus précis. L'analyse du positionnement fibulaire a été réalisée dans le cas de l'entorse externe subaiguë et dans l'instabilité chronique de cheville.

En regard de l'ensemble de ces résultats, la configuration osseuse de la cheville semble pouvoir être différente chez les sujets avec des antécédents de lésions ligamentaires.

#### **4.2 Interprétation des résultats relatifs à la proprioception**

L'identification des répercussions éventuelles consécutives à une modification de positionnement représente un point important à prendre en compte dans la prise en charge d'une entorse externe.

La littérature, de faible abondance sur le sujet, suggère quelques hypothèses sur ces répercussions. Une influence négative sur la fonction sensori-motrice en lien avec cette modification positionnelle est envisagée, sans pour autant que cette supposition soit démontrée scientifiquement [50,51].

La compréhension des bases physiologiques concernant le fonctionnement des systèmes proprioceptifs nous a incités à nous interroger sur les répercussions sensori-motrices d'un positionnement osseux perturbé. Nous avons ainsi supposé que les informations proprioceptives pourraient être altérées en présence d'une modification des rapports osseux.

Nous avons donc pour objectif d'étudier les répercussions proprioceptives des modifications de positionnement de la fibula. Pour ce faire, nous avons utilisées les directions postéro

médiale et postéro latérale du SEBT modifié. Ce test clinique, valide et fiable, nous renseigne sur le contrôle moteur, tout en nous permettant d'apprécier les capacités proprioceptives du participant. En effet, ces notions sont intimement liées et dépendantes.

Nos résultats suggèrent qu'il existe une faible relation positive significative entre le positionnement de la fibula et la performance obtenue sur le test proposé. Ainsi, plus la malléole fibulaire est ascensionnée par rapport à la malléole tibiale, plus le score reflétant les capacités proprioceptives de la cheville diminue.

Bien qu'ils soient faibles, ces résultats semblent corrélés avec les hypothèses issues de la littérature [50,51]. Une modification des rapports osseux pourrait alors être en mesure de modifier l'information sensori-motrice.

L'ascension pourrait donc entraîner une modification de contact non négligeable entre les surfaces articulaires de la malléole fibulaire et celle du talus, correspondant à une perte d'informations proprioceptives pour les mécanorécepteurs.

Cependant, nous restons prudents dans l'interprétation de ces résultats. En effet, cette relation est relativement faible et nous rappelons que corrélation n'est pas causalité. Il est donc impossible de conclure que des modifications dans une variable soient en mesure de provoquer des modifications dans une autre à partir d'une corrélation seule, mais cette relation nous amène tout de même à réfléchir.

En raison des potentielles erreurs de mesures, l'étude de cette relation apparaît comme une étape préliminaire à la compréhension des répercussions d'un tel positionnement.

Cette faible relation laisse cependant plusieurs interrogations émerger et nous limite dans nos conclusions. L'utilisation d'un test évaluant plus spécifiquement les capacités proprioceptives propres à la cheville aurait-il modifié la corrélation entre les variables étudiées ? Les modifications de positionnement sont-elles trop faibles pour avoir un réel retentissement sur la proprioception de la cheville ? Les modifications proprioceptives qui pourraient exister sont-elles en réalité compensées par d'autres composantes du système sensori-moteur ? Le cas échéant, au bout de combien de temps ce déficit est-il compensé ?

La relation relativement faible entre nos deux variables nous apporte quelques éléments de réflexions et nous incite à envisager de futurs travaux sur le sujet.

### **4.3 Limites de l'étude**

Dans cette partie, nous énoncerons les biais de notre étude. La prise en compte de ceux-ci permet de nuancer les résultats obtenus.

#### **4.3.1 Méthode de mesures**

L'outil de mesure proposé pour évaluer le positionnement de la fibula est un outil non retrouvé dans la littérature scientifique, et source d'éventuelles imprécisions.

L'évaluation de la reproductibilité intra-individuelle et inter-individuelle de la mesure réalisée dans cette étude pourrait constituer une première étape de validation de cet outil, qui présente l'avantage d'être simple d'utilisation.

Nous sommes conscients que les mesures effectuées dépendent de l'identification des repères anatomiques osseux réalisée par l'opérateur. Ce paramètre peut constituer une source d'imprécisions.

Afin d'obtenir des résultats plus précis, le protocole de recherche établi pourrait être mené en utilisant un instrument similaire, mais en le perfectionnant. L'utilisation d'outils de mesures différents et plus performants s'envisage, mais ceux-ci présentent l'inconvénient d'être plus coûteux et moins accessibles en pratique courante.

Nous souhaitons également revenir sur la version adaptée du SEBT utilisé dans cette recherche. Le test proposé pour évaluer les capacités proprioceptives de la cheville s'avère être non spécifique de cette articulation, mais évalue de façon plus générale le contrôle postural dynamique. Cette notion, bien plus large, fait intervenir plusieurs composantes dont les informations proprioceptives ne constituent qu'une partie. Le système vestibulaire et le système visuel interviennent dans la réalisation de ce test, et pourraient compenser un déficit proprioceptif éventuel propre à l'articulation concernée. Notons également l'implication des articulations sus jacentes, qui pourraient soit masquer, soit compenser une modification des capacités proprioceptives spécifiques à la cheville.

Nous avons tout de même tenté de limiter la contribution de l'amplitude de flexion dorsale dans la performance au test en éliminant la direction antérieure décrite dans la version

originale. Nous nous sommes contentés de l'utilisation des directions postéro-médiales et postéro-latérales, qui semblaient dépendre principalement de paramètres sensori-moteurs.

Il nous semble également intéressant d'envisager d'explorer le lien entre le positionnement de la fibula et les capacités proprioceptives de la cheville au travers d'un test plus spécifique, bien que ce type d'évaluation soit finalement beaucoup moins fonctionnel.

#### **4.3.2 Taille de l'échantillon**

L'échantillon étudié est constitué de 102 participants. Comparativement à certaines études effectuées sur l'analyse du positionnement fibulaire, cet échantillon est assez conséquent. Nous pouvons tout de même nous interroger sur les résultats que nous pourrions obtenir avec un nombre de sujets plus importants.

Bien entendu, nous ne pouvons nous permettre de généraliser les résultats obtenus à l'ensemble de la population.

#### **4.3.2 Caractéristiques de l'échantillon**

En raison des contraintes temporelles imposées par le rendu du mémoire, nous nous sommes contentés d'effectuer nos mesures sur une population d'étudiants volontaires sains. Nous sommes donc passés outre les démarches administratives nécessaires à l'obtention d'un accord du Comité de Protection des Personnes.

Nous avons été confrontés à quelques difficultés lors du recueil d'informations sur la présence ou non d'un antécédent d'entorse externe, et, le cas échéant, sur sa latéralité et son ancienneté. En effet, les participants étaient parfois hésitants dans leurs réponses. En raison des difficultés du recueil de ce type d'informations, le grade lésionnel et le nombre d'entorses n'ont pas été précisés. Nous nous sommes ainsi contentés de recueillir l'ancienneté de la lésion la plus récente.

Cependant, nous pouvons imaginer qu'une atteinte ligamentaire pourrait être source de modifications biomécaniques plus ou moins importante selon le grade de l'entorse, ou encore selon le nombre de récurrence.

Des travaux supplémentaires pourraient être menés afin de comprendre si la gravité de la lésion, ou bien si le nombre d'entorses, pourraient être corrélés à une différence de positionnement fibulaire plus ou moins importante.

Nous pourrions donc envisager un recueil d'informations plus précis, incluant d'autres facteurs à étudier.

En ce qui concerne l'évaluation proprioceptive, les variations inter individuelles auxquels nous avons été confrontées restent non négligeables. Comme énoncé dans la partie concernée, les scores obtenus dans ce test sont dépendants du niveau ainsi que du type d'activité physique. A l'avenir, l'évaluation d'une population plus homogène sur ces critères nous semble être plus appropriée.

#### **4.4 Axes d'améliorations et de réflexions**

Au-delà des résultats obtenus, plusieurs axes d'amélioration et de réflexions se dégagent de ce travail de recherche.

##### **4.4.1 Positionnement osseux**

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous sommes principalement axés sur le positionnement de la malléole fibulaire. Ainsi, nous avons supposé la position du talus intacte et non affectée par l'entorse externe. Un positionnement altéré du talus pourrait-il être en mesure d'influencer le positionnement de la malléole externe dans le plan précédemment étudié ?

L'évaluation du positionnement de la fibula est analysée dans un seul plan. Il conviendrait de procéder à une analyse tridimensionnelle de la fibula, couplée à une analyse du positionnement du talus afin d'être plus complet sur l'analyse des données.

Au même titre que les précédentes études sur le sujet, nous ne sommes pas en mesure de définir si ce positionnement osseux est un facteur qui a prédisposé le sujet à l'entorse, ou bien si c'est une conséquence même de celle-ci [40]. Pour cela, il est nécessaire de suivre les sujets dans le temps. Les études longitudinales se prêtent à cet objectif.



La littérature présente de nombreux facteurs de risque qui sont en mesure de contribuer simultanément aux entorses de la cheville [7–9]. Ainsi, la pertinence clinique d'une position plus haute de la malléole fibulaire par rapport à d'autres facteurs qui contribuent à la récurrence est incertaine et reste à étudier.

A ce jour, l'hypothèse pathomécanique qui entraîne cette modification positionnelle n'est pas décrite. Par ailleurs, les interrogations perdurent quant aux mécanismes d'actions qui sous-tendent le maintien positionnel.

D'après les données issues de la littérature, l'œdème semblait jouer un rôle dans le maintien d'une position fibulaire antérieure [41,43]. Dans notre protocole de recherche, nous avons préalablement vérifié l'absence d'œdème de chaque participant afin de ne pas biaiser les performances au test proprioceptif. Nous avons tout de même identifié des différences de positionnement dans le plan vertical, en l'absence d'œdème.

Dans la littérature, nous avons également retrouvé une suggestion émise sur l'influence du tonus musculaire dans le rôle du maintien positionnel antérieur [36]. Les mécanismes qui participent au maintien durable de l'ascension fibulaire restent donc à déterminer.

Nous avons recueilli des informations précisant l'ancienneté de la lésion la plus récente pour chaque participant. Les données, peu précises et très dispersées dans le temps, n'ont pas été mises en lien avec le positionnement de la malléole fibulaire. De futures recherches pourraient étudier l'influence de l'ancienneté de la lésion sur le positionnement fibulaire.

#### **4.4.2 Répercussions**

Après avoir mis en évidence ces variations positionnelles, nous avons tenté d'identifier les répercussions proprioceptives qu'elles pouvaient engendrer.

Outre les répercussions sur les capacités proprioceptives, il pourrait être intéressant d'évaluer l'impact de ce positionnement sur d'autres variables.

Les hypothèses perdurent quant aux conséquences arthrocinématiques d'un tel positionnement. Nous pouvons envisager d'évaluer la répercussion sur l'amplitude de flexion dorsale de cheville, identifiée comme facteur de risque de récurrence de l'entorse.

Après avoir identifié un positionnement de la malléole fibulaire plus ascensionné du côté lésé, nous pouvons imaginer que d'un point de vue structurel, la stabilité du talus pourrait être compromise et participer à un risque de récurrence plus important. En effet, la congruence articulaire compte pour une part de la stabilité de la cheville [24].

#### **4.4.3 Techniques de repositionnement articulaire**

Cette étude nous a permis de mener une réflexion autour des stratégies thérapeutiques utilisées par les masseur-kinésithérapeutes dans la prise en charge des entorses de cheville.

Nous pouvons noter la popularité croissante des mobilisations articulaires en tant qu'intervention thérapeutique dans ce type de rééducation. La correction d'un manque de congruence articulaire est une hypothèse soutenue lors de leurs utilisations.

A notre connaissance, les mobilisations sont réalisées dans un plan vertical, alors que les modifications positionnelles sont principalement décrites dans le plan antéro-postérieur et médio-latéral.

En s'appuyant sur les résultats de cette étude, qui identifient une position ascensionnée de la fibula du côté anciennement lésé, les techniques de mobilisations en abaissement de cette dernière dans les suites lésionnelles prennent donc du sens.

La réflexion qui précède l'usage des mobilisations à visée de correction articulaire acquiert une logique au travers de l'identification de ces modifications positionnelles.

D'autres perspectives se dégagent alors de ce travail. Comme énoncé précédemment, la restauration d'une congruence articulaire par l'intermédiaire d'une intervention manuelle est une justification mise en avant par les thérapeutes manuels.

De ce fait, il pourrait être intéressant d'utiliser cette mesure non plus seulement dans un objectif d'évaluation du positionnement de la malléole fibulaire, mais aussi pour évaluer un éventuel effet sur la restauration de cette congruence au niveau de la cheville.

Les stratégies thérapeutiques utilisées dans la profession des masseurs-kinésithérapeutes ne peuvent plus reposer uniquement sur des croyances empiriques. La transmission des pratiques, initialement fondées sur des expériences, se doit d'évoluer et se doit d'être explorée au travers d'une approche plus scientifique.

La synthèse de l'ensemble de nos résultats nous apporte des éléments de réflexions. Les rapports osseux de la cheville semblent être remaniés chez les sujets qui présentent des antécédents de lésions ligamentaires externes. Par ailleurs, une faible corrélation positive significative a été relevée entre ce positionnement et l'altération des qualités proprioceptives de cette cheville. La moindre stabilité proprioceptive qui est retrouvée sur ces mêmes chevilles peut-elle être imputée à ces modifications ? La restauration des rapports osseux comblerait-elle un déficit de stabilité ?

Les recommandations actuelles [3] centrent leur intérêt sur la reprogrammation neuro-motrice après l'entorse externe de cheville. Néanmoins, doit-on toujours proposer une rééducation majoritairement tournée sur les qualités proprioceptives si les informations articulaires sont dégradées par un défaut des rapports osseux ? Les techniques manuelles de repositionnement fibulaire ne devraient-elles pas systématiquement précéder la rééducation des systèmes proprioceptifs ?

Ce travail nous permet donc d'entrevoir plusieurs perspectives et axes d'améliorations pour de futures recherches.

## Bibliographie

1. 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.* janv 2014;44(1):123-40.
2. Bauer T, Hardy P. Entorses de la cheville. *EMC - Appareil locomoteur.* janv 2011;6(4):1-10.
3. Haute Autorité de Santé. Rééducation de l'entorse externe de la cheville. Saint-Denis La Plaine:HAS; 2000.
4. Guillodo Y, Simon T, Le Goff A, Saraux A. Interest of rehabilitation in healing and preventing recurrence of ankle sprains. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine.* oct 2013;56(7-8):503-14.
5. Van Rijn RM, van Os AG, Bernsen RMD, Luijsterburg PA, Koes BW, Bierma-Zeinstra SMA. What is the clinical course of acute ankle sprains? A systematic literature review. *Am J Med.* avr 2008;121(4):324-31.
6. Gribble PA, Bleakley CM, Caulfield BM, Docherty CL, Fourchet F, Fong DT-P, et al. Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. *Br J Sports Med.* déc 2016;50(24):1496-505.
7. Delahunt E, Remus A. Risk Factors for Lateral Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability. *Journal of Athletic Training.* juin 2019;54(6):611-6.
8. 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):956-956.
9. Kobayashi T, Tanaka M, Shida M. Intrinsic Risk Factors of Lateral Ankle Sprain: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health.* mars 2016;8(2):190-3.

10. Fong DT-P, Hong Y, Chan L-K, Yung PS-H, Chan K-M. A Systematic Review on Ankle Injury and Ankle Sprain in Sports: Sports Medicine. 2007;37(1):73-94.
11. 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.
12. Yeung MS, Chan KM, So CH, Yuan WY. An epidemiological survey on ankle sprain. Br J Sports Med. juin 1994;28(2):112-6.
13. Hershkovich O, Tenenbaum S, Gordon B, Bruck N, Thein R, Derazne E, et al. A Large-Scale Study on Epidemiology and Risk Factors for Chronic Ankle Instability in Young Adults. The Journal of Foot and Ankle Surgery. mars 2015;54(2):183-7.
14. D'Hooghe P, Cruz F, Alkhelaifi K. Return to Play After a Lateral Ligament Ankle Sprain. Curr Rev Musculoskelet Med. juin 2020;13(3):281-8.
15. Bozkurt M, Doral MN. Anatomic Factors and Biomechanics in Ankle Instability. Foot and Ankle Clinics. sept 2006;11(3):451-63.
16. Delahunt E, Bleakley CM, Bossard DS, Caulfield BM, Docherty CL, Doherty C, et al. Clinical assessment of acute lateral ankle sprain injuries (ROAST): 2019 consensus statement and recommendations of the International Ankle Consortium. Br J Sports Med. oct 2018;52(20):1304-10.
17. Zech A, Hübscher M, Vogt L, Banzer W, Hänsel F, Pfeifer K. Neuromuscular Training for Rehabilitation of Sports Injuries: A Systematic Review. Medicine & Science in Sports & Exercise. oct 2009;41(10):1831-41.
18. Myers JB, Riemann BL, Hwang J-H, Fu FH, Lephart SM. Effect of Peripheral Afferent Alteration of the Lateral Ankle Ligaments on Dynamic Stability. Am J Sports Med. juill 2003;31(4):498-506.
19. Picot B. Reprise sportive et prévention de la récurrence d'entorse de cheville : quels tests pour le praticien ? Kinésithér Scient. 10 juin 2017;588:35-8.
20. Røijezon U, Clark NC, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. Man Ther. juin 2015;20(3):368-77.

21. Forestier N, Teasdale N, Nougier V. Alteration of the position sense at the ankle induced by muscular fatigue in humans: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. janv 2002;34(1):117-22.
22. Hertel J. Sensorimotor Deficits with Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability. *Clinics in Sports Medicine*. juill 2008;27(3):353-70.
23. Baqué P. Manuel pratique d'anatomie: descriptive, topographique, fonctionnelle, clinique et embryologique. 1e ed. Paris: Ellipses; 2008.
24. Dufour M, Pillu M. Biomécanique fonctionnelle: rappels anatomiques, stabilités, mobilités, contraintes : membres, tête, tronc. 1ed éd. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson; 2015.
25. Kapandji AI. Anatomie fonctionnelle, vol. 2: Membre inférieur. 7<sup>e</sup> éd. Paris: Maloine; 2018.
26. Tourné Y, Molinier F, Andrieu M, Porta J, Barbier G. Diagnosis and treatment of tibiofibular syndesmosis lesions. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. déc 2019;105(8):S275-86.
27. Bonnel F, Mabit C. Bases anatomiques de la stabilité de cheville. In: Tourné Y, Mabit C, éditeurs. *La cheville instable*. Paris: Elsevier Masson; 2015. p. 1-44.
28. Proske U, Gandevia SC. The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. *Physiological Reviews*. oct 2012;92(4):1651-97.
29. Bonneau D. *Thérapeutique manuelle*. Paris: Dunod; 2017. 960 p.
30. Richard R. *Lésions ostéopathiques du membre inférieur: physiopathologie et techniques de normalisation*. 3<sup>e</sup> éd. Frison Roche; 2003. 328 p.
31. Soulier J-M. *Ostéopathie orthopédique - Les techniques non forcées - Amphothérapie*. Montpellier: Sauramps Médical; 2013. 188 p.
32. Mulligan BR. Mobilisations With Movement (MWM'S). *Journal of Manual & Manipulative Therapy*. janv 1993;1(4):154-6.

33. Kavanagh J. Is there a positional fault at the inferior tibiofibular joint in patients with acute or chronic ankle sprains compared to normals? *Man Ther.* févr 1999;4(1):19-24.
34. Eren OT, Kucukkaya M, Kabukcuoglu Y, Kuzgun U. The Role of a Posteriorly Positioned Fibula in Ankle Sprain. *Am J Sports Med.* nov 2003;31(6):995-8.
35. Berkowitz CMJ, Kim DH. Fibular Position in Relation to Lateral Ankle Instability. *Foot Ankle Int.* mai 2004;25(5):318-21.
36. Hubbard TJ, Hertel J, Sherbondy P. Fibular Position in Individuals with Self-Reported Chronic Ankle Instability. *J Orthop Sports Phys Ther.* janv 2006;36(1):3-9.
37. Kobayashi T, Suzuki E, Yamazaki N, Suzukawa M, Akaike A, Shimizu K, et al. Fibular malalignment in individuals with chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther.* nov 2014;44(11):872-8.
38. Scranton PE, McDermott JE, Rogers JV. The Relationship between Chronic Ankle Instability and Variations in Mortise Anatomy and Impingement Spurs. *Foot Ankle Int.* août 2000;21(8):657-64.
39. McDermott JE, Scranton PE, Rogers JV. Variations in Fibular Position, Talar Length, and Anterior Talofibular Ligament Length. *Foot Ankle Int.* sept 2004;25(9):625-9.
40. Weerasekara I, Osmotherly PG, Snodgrass S, Tessier J, Rivett DA. Is the fibula positioned anteriorly in weight-bearing in individuals with chronic ankle instability? A case control study. *Journal of Manual & Manipulative Therapy.* 13 nov 2020;1-8.
41. Hubbard TJ, Hertel J. Anterior positional fault of the fibula after sub-acute lateral ankle sprains. *Manual Therapy.* févr 2008;13(1):63-7.
42. Mavi A, Yildirim H, Gunes H, Pestamalci T, Gumusburun E. The fibular incisura of the tibia with recurrent sprained ankle on magnetic resonance imaging. *Saudi Med J.* juill 2002;23(7):845-9.
43. Fukuhara T, Sakamoto M, Nakazawa R, Kato K. Anterior Positional Fault of the Fibula after Sub-Acute Anterior Talofibular Ligament Injury. *J Phys Ther Sci.* févr 2012;24(1):115-7.

44. Li H-Y, Zhou R-S, Hua Y-H, Chen S-Y. MRI Identification of the Fibular and Talus Position in Patients with Mechanical Ankle Instability. *Int J Sports Med.* juill 2017;38(7):546-50.
45. LeBrun CT, Krause JO. Variations in mortise anatomy. *Am J Sports Med.* juin 2005;33(6):852-5.
46. Wikstrom EA, Tillman MD, Chmielewski TL, Cauraugh JH, Naugle KE, Borsa PA. Dynamic postural control but not mechanical stability differs among those with and without chronic ankle instability. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* févr 2010;20(1):e137-44.
47. Hubbard TJ, Kramer LC, Denegar CR, Hertel J. Contributing Factors to Chronic Ankle Instability. *Foot Ankle Int.* mars 2007;28(3):343-54.
48. Kobayashi T, Koshino Y, Miki T. Abnormalities of foot and ankle alignment in individuals with chronic ankle instability: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* déc 2021;22(1):683.
49. Denegar CR, Hertel J, Fonseca J. The Effect of Lateral Ankle Sprain on Dorsiflexion Range of Motion, Posterior Talar Glide, and Joint Laxity. *J Orthop Sports Phys Ther.* avr 2002;32(4):166-73.
50. Hadadi M, Haghghat F, Sobhani S. Can fibular reposition taping improve balance performance in individuals with chronic ankle instability? A randomized controlled trial. *Musculoskeletal Science and Practice.* avr 2020;46:102128.
51. Hubbard TJ, Hertel J. Mechanical Contributions to Chronic Lateral Ankle Instability: *Sports Medicine.* 2006;36(3):263-77.
52. Collins N, Teys P, Vicenzino B. The initial effects of a Mulligan's mobilization with movement technique on dorsiflexion and pain in subacute ankle sprains. *Manual Therapy.* mai 2004;9(2):77-82.
53. O'Brien T, Vicenzino B. A study of the effects of mulligan's mobilization with movement treatment of lateral ankle pain using a case study design. *Manual Therapy.* mai 1998;3(2):78-84.



54. Vicenzino B, Paungmali A, Teys P. Mulligan's mobilization-with-movement, positional faults and pain relief: Current concepts from a critical review of literature. *Manual Therapy*. mai 2007;12(2):98-108.
55. Weerasekara I, Deam H, Bamborough N, Brown S, Donnelly J, Thorp N, et al. Effect of Mobilisation with Movement (MWM) on clinical outcomes in lateral ankle sprains: A systematic review and meta-analysis. *The Foot*. juin 2020;43:101657.
56. Weerasekara I, Osmotherly PG, Snodgrass SJ, Tessier J, Rivett DA. Effects of mobilisation with movement (MWM) on anatomical and clinical characteristics of chronic ankle instability: a randomised controlled trial protocol. *BMC Musculoskeletal Disord*. déc 2019;20(1):75.
57. Callens C. Mobilisation passive de la cheville selon les techniques de Maitland. *Kinésithérapie, la Revue*. oct 2012;12(130):17-28.
58. Ghossoub P, Dufour X, Barette G, Montigny J-P. Mobilisations spécifiques de la cheville et du pied. *Kinésithérapie, la Revue*. août 2009;9(92):21-4.
59. Estrade JL. Thérapie manuelle et entorse de cheville. *Pratique basée sur les preuves. EM-Consulte*. déc 2013;13(144):12-5.
60. Nozu S, Takemura M, Sole G. Assessments of Sensorimotor Deficits Used in Randomized Clinical Trials With Individuals With Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability: A Scoping Review. *PM&R*. août 2021;13(8):901-14.
61. Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y. Assessing proprioception: A critical review of methods. *Journal of Sport and Health Science*. mars 2016;5(1):80-90.
62. Rosen AB, Needle AR, Ko J. Ability of Functional Performance Tests to Identify Individuals With Chronic Ankle Instability: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 22 déc 2017;
63. Bertrand-Charette M, Dambreville C, Bouyer LJ, Roy J-S. Systematic review of motor control and somatosensation assessment tests for the ankle. *BMJ Open Sport Exerc Med*. juill 2020;6(1):1-15.

64. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *Journal of Athletic Training*. mai 2012;47(3):339-57.
65. Powden CJ, Dodds TK, Gabriel EH. The reliability of the Star Excursion Balance Test and lower quarter Y-Balance Test in healthy adults: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther*. sept 2019;14(5):683-94.
66. Coughlan GF, Fullam K, Delahunt E, Gissane C, Caulfield BM, Sci M. A Comparison Between Performance on Selected Directions of the Star Excursion Balance Test and the Y Balance Test. *Journal of Athletic Training*. juill 2012;47(4):366-71.
67. Picot B, Terrier R, Forestier N. Le Star Excursion Balance Test : Mise à jour et recommandations sur son utilisation en pratique The Star Excursion Balance Test : Update, recommendations and practical guidelines. 3 déc 2018;1-16.
68. Gribble PA, Hertel J. Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. juin 2003;7(2):89-100.
69. Thorpe JL, Ebersole KT. Unilateral balance performance in female collegiate soccer athletes. *J Strength Cond Res*. sept 2008;22(5):1429-33.
70. Gabriner ML, Houston MN, Kirby JL, Hoch MC. Contributing factors to star excursion balance test performance in individuals with chronic ankle instability. *Gait Posture*. mai 2015;41(4):912-6.
71. Slosberg M. Effects of altered afferent articular input on sensation, proprioception, muscle tone and sympathetic reflex responses. *J Manipulative Physiol Ther*. oct 1988;11(5):400-8.

## **Annexe 1 : Document d'information**

### **Document d'information destiné aux participants**

Participation à la recherche biomédicale : Variation du positionnement fibulaire cranio-caudal et lien avec les qualités proprioceptives de la cheville

Nous sollicitons votre participation au projet de recherche suivant : Mesure du positionnement fibulaire cranio-caudal et sa mise en rapport avec d'éventuels antécédents d'entorse externe, ainsi qu'avec les capacités proprioceptives de la cheville.

Nous vous proposons une lettre d'information détaillant cette étude. Vous avez la possibilité de poser toutes les questions que vous souhaitez.

Objectif de l'étude :

L'objectif consiste à mesurer le positionnement de la malléole fibulaire par rapport à la malléole tibiale et de le mettre en lien avec d'éventuels antécédents d'entorse, et les capacités proprioceptives de la cheville.

Risques et bénéfices :

Le projet de recherche n'entraîne pas de risque prévisible pour le participant.

Déroulement de l'étude :

Pour participer à cette étude, vous devez être disponible pour une durée d'environ 10 minutes.

Confidentialité :

Toute information vous concernant recueillie pendant cette recherche sera traitée de façon confidentielle et ce conformément à la loi du 6 janvier 1978 modifiée, relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés. La durée de conservation est de 2 ans.

Participation :

Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer à cette étude. Vous pouvez également vous retirer de l'étude à n'importe quel moment.

Consentement :

Je soussigné(e) ..... accepte de participer à l'étude présentée ci-dessus.

J'ai lu et compris les informations qui m'ont été délivrées.

J'ai bien compris que ma participation à l'étude est volontaire et que je suis donc libre d'accepter ou de refuser de participer, et d'arrêter à tout moment ma participation en cours d'étude.

Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de cette étude de leurs responsabilités.

Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Après avoir obtenu la réponse à toutes mes questions, j'accepte librement et volontairement de participer à la recherche qui m'est proposée.

Fait à ....., le .....

Signature de l'investigateur

Signature du participant

## Annexe 2 : Fiche de synthèse

### Fiche de synthèse

#### Interrogatoire

Sexe ?             Homme             Femme

Age : .....

Avez-vous déjà eu une entorse externe ?  Oui             Non

Si oui, il y a combien de temps ? .....

Si oui, de quel côté avez-vous eu l'entorse ?  Gauche             Droite

#### Mesure positionnement fibula

Gauche :

Droite :

#### Test proprioceptif

Distance EIAS - malléole médiale :

Gauche : .....

Droite : .....

	Direction postéro médiale	Direction postéro latérale
Gauche		
Droit		

### Annexe 3 : Recueil de données : Antécédents et positionnement fibulaire

SUJETS	SEXE	AGE	ATCDS ENTORSES		POSITION FIBULA		
			GAUCHE	DROITE	GAUCHE	DROITE	$\Delta F$
1	F	20	0	0	2	1,6	0,4
2	F	21	0	0	1,7	1,7	0
3	F	22	0	0	1,2	0,8	0,4
4	H	21	5 ans	0	0,7	1,3	0,6
5	H	20	0	0	1,8	1,7	0,1
6	F	20	0	5 ans	1,8	1,2	0,6
7	F	21	0	0	1	1	0
8	F	21	0	1 an	1,6	1,1	0,5
9	F	22	0	8 ans	1,5	1,1	0,4
10	H	20	0	4 ans	1,9	1,2	0,7
11	H	23	0	0	1,8	1,8	0
12	H	21	0	12 ans	2	1,8	0,2
13	H	21	0	0	1,9	1,4	0,5
14	F	21	0	0	1,9	1,9	0
15	F	20	6 mois	0	0,6	0,9	0,3
16	H	21	0	6 mois	1,3	0,6	0,7
17	H	20	0	0	2,1	2,1	0
18	F	21	0	0	1,1	1,1	0
19	F	33	0	0	0,5	0,5	0
20	F	21	0	12 ans	1,3	1,4	0,1
21	F	21	0	0	1,1	1,2	0,1
22	F	20	0	0	1,2	1	0,2
23	F	21	0	0	1	0,8	0,2
24	F	20	0	0	1,6	1,4	0,2
25	F	20	3 ans	0	1,1	1,5	0,4
26	F	20	0	0	1,4	0,8	0,6
27	H	20	3 ans		1	1,5	0,5
28	F	21	0	0	1,3	1	0,3
29	F	22	0	0	1	0,8	0,2
30	H	19	0	0	1,4	1,4	0
31	H	21	0	0	1,6	1,4	0,2
32	H	21	0	4 ans	1,3	0,6	0,7
33	F	20	0	0	1	0,5	0,5
34	F	21	0	0	2,2	1,9	0,3
35	H	20	0	0	1,6	1,7	0,1
36	H	20	5 ans	0	1	1,3	0,3
37	H	21	0	0	1	1,4	0,4

38	H	21	0	0	1,7	1,7	0
39	F	21	0	0	1,7	1,7	0
40	H	20	0	2 mois	1,8	1,4	0,4
41	F	24	0	7 ans	1,5	1	0,5
42	F	21	0	0	1	1,2	0,2
43	F	23	0	0	0,6	1,2	0,6
44	F	21	4 ans	0	1,3	1,3	0
45	F	20	0	0	1	1,4	0,4
46	H	21	0	8 ans	1,7	1,1	0,6
47	F	27	0	0	1,5	1,2	0,3
48	F	20	0	4 ans	1,9	1	0,9
49	H	22	0	0	2,1	2,1	0
50	F	22	0	0	1,1	0,7	0,4
51	F	22	0	0	1,8	1,8	0
52	F	21	8 ans	0	1,9	2,1	0,2
53	H	22	3 ans	0	1,6	2	0,4
54	H	21	3 mois	0	1,5	1,5	0
55	H	23	0	0	1,5	1,5	0
56	H	22	0	0	1,8	1,8	0
57	F	21	0	0	1,4	1,6	0,2
58	F	22	0	5 mois	1,5	1	0,5
59	F	21	0	6 ans	1,5	1,5	0
60	F	25	0	0	1,6	1,6	0
61	F	21	0	0	1,8	1,9	0,1
62	F	22	0	6 ans	2	1,6	0,4
63	F	20	4 ans	0	1,8	1,8	0
64	F	21	0	0	1,2	1,3	0,1
65	H	22	0	5 ans	1,1	1,5	0,4
66	H	21	0	0	1,5	1,5	0
67	H	22	0	0	2,2	2,1	0,1
68	F	22	0	0	1,7	2	0,3
69	F	28	0	3 ans	1,3	1	0,3
70	F	21	3 ans	0	1,3	1,6	0,3
71	F	22	0	0	2,1	2,1	0
72	F	21	0	0	0,9	0,9	0
73	F	22	0	0	2,3	2,3	0
74	H	22	0	0	1,8	1,8	0
75	H	21	0	2 ans	2	1,3	0,7
76	H	23	0	10 ans	2	1,9	0,1
77	F	22	0	0	2	2	0
78	F	22	0	0	1,8	1,8	0
79	H	23	5 mois	0	1,8	2,4	0,6
80	H	22	0	9 mois	1,2	1,2	0

81	H	21	0	6 ans	1,9	2,3	0,4
82	H	22	0	5 mois	2,3	2,2	0,1
83	F	22	2 mois	0	1,4	1,7	0,3
84	F	22	0	0	1,7	1,7	0
85	H	20	0	0	1,3	1,2	0,1
86	F	23	2 ans	0	1,5	1,8	0,3
87	F	22	0	0	1,6	1,6	0
88	F	21	0	10 ans	2,1	2	0,1
89	F	22	0	0	1,8	1,8	0
90	F	22	0	0	1,5	1,6	0,1
91	H	22	0	2 mois	2,4	1,9	0,5
92	F	22	0	0	1,6	1,6	0
93	F	22	0	7 ans	1	0,9	0,1
94	F	22	0	4 ans	1,5	1,2	0,3
95	F	22	0	0	1,5	1,5	0
96	F	21	0	1 mois	1,6	1	0,6
97	H	23	4 mois	0	0,9	1,4	0,5
98	H	22	0	0	1,4	1	0,4
99	H	23	3 ans	0	0,7	1,1	0,4
100	H	23	5 ans	0	1,4	1	0,4
101	H	22	0	1 an	1,8	2	0,2
102	H	23	0	0	1,5	1,6	0,1



#### Annexe 4 : Recueil de données : test proprioceptif

SUJETS	EIAS-MM		TEST SEBT MODIFIEE									
			PM G	PM G %LMI	PL G	PL G %LMI	PM D	PM D %LMI	PL D	PL D %LMI	Global G	Global D
	G	D										
1	86	86	71,67	83,33	46,00	53,49	70,00	81,40	57,00	66,28	68,41	73,84
2	84	84	84,67	100,79	65,00	77,38	78,33	93,25	74,00	88,10	89,09	90,67
3	86	86	72,33	84,11	70,00	81,40	72,00	83,72	62,00	72,09	82,75	77,91
4	99	99	85,00	85,86	71,33	72,05	82,00	82,83	75,00	75,76	78,96	79,29
5	94	94	77,00	81,91	70,67	75,18	84,33	89,72	68,67	73,05	78,55	81,38
6	90	90	68,00	75,56	60,33	67,04	65,67	72,96	58,67	65,19	71,30	69,07
7	82,5	82,5	74,67	90,51	62,67	75,96	74,33	90,10	54,33	65,86	83,23	77,98
8	86	86	91,67	106,59	85,00	98,84	87,33	101,55	80,67	93,80	102,71	97,67
9	80	80	71,67	89,58	64,00	80,00	69,67	87,08	64,67	80,83	84,79	83,96
10	90	90	62,00	68,89	52,67	58,52	57,67	64,07	48,33	53,70	63,70	58,89
11	93	93	66,67	71,68	52,00	55,91	68,33	73,48	54,33	58,42	63,80	65,95
12	91	91	77,67	85,35	72,67	79,85	74,00	81,32	72,33	79,49	82,60	80,40
13	88	88	66,00	75,00	51,00	57,95	70,00	79,55	64,67	73,48	66,48	76,52
14	84	84	80,00	95,24	70,00	83,33	80,00	95,24	72,67	86,51	89,29	90,87
15	83	83	68,00	81,93	54,33	65,46	62,00	74,70	57,67	69,48	73,69	72,09
16	96	96	75,67	78,82	58,33	60,76	73,33	76,39	68,00	70,83	69,79	73,61
17	96	96	95,00	98,96	77,67	80,90	90,67	94,44	83,67	87,15	89,93	90,80
18	82	82	77,67	94,72	66,67	81,30	77,33	94,31	70,33	85,77	88,01	90,04
19	85	85	67,00	78,82	62,00	72,94	62,00	72,94	66,67	78,43	75,88	75,69
20	85	85	71,00	83,53	65,33	76,86	69,33	81,57	69,00	81,18	80,20	81,37
21	92	92	74,33	80,80	68,33	74,28	71,67	77,90	67,00	72,83	77,54	75,36
22	84	84	75,67	90,08	62,00	73,81	73,67	87,70	66,33	78,97	81,94	83,33
23	93	93	80,00	86,02	71,67	77,06	80,33	86,38	66,00	70,97	81,54	78,67
24	89	89	77,00	86,52	75,00	84,27	73,67	82,77	67,00	75,28	85,39	79,03
25	89	89	67,67	76,03	60,33	67,79	70,67	79,40	62,00	69,66	71,91	74,53
26	84	84	60,00	71,43	56,67	67,46	69,00	82,14	58,67	69,84	69,44	75,99
27	94	94	74,67	79,43	65,67	69,86	75,67	80,50	67,67	71,99	74,65	76,24
28	89	89	72,67	81,65	59,67	67,04	67,67	76,03	63,33	71,16	74,34	73,60
29	84	84	68,67	81,75	52,00	61,90	65,67	78,17	51,33	61,11	71,83	69,64
30	101	101	71,00	70,30	68,00	67,33	72,00	71,29	68,00	67,33	68,81	69,31
31	90	90	77,00	85,56	58,67	65,19	73,67	81,85	68,00	75,56	75,37	78,70
32	95	95	79,00	83,16	68,33	71,93	76,67	80,70	64,00	67,37	77,54	74,04
33	84	84	79,67	94,84	74,33	88,49	74,33	88,49	69,00	82,14	91,67	85,32
34	84	84	63,67	75,79	57,67	68,65	58,67	69,84	54,33	64,68	72,22	67,26
35	89	89	78,33	88,01	59,67	67,04	82,00	92,13	63,33	71,16	77,53	81,65
36	93	93	76,33	82,08	62,33	67,03	84,00	90,32	78,00	83,87	74,55	87,10
37	83	83	69,00	83,13	55,33	66,67	66,00	79,52	56,67	68,27	74,90	73,90

38	94	94	77,00	81,91	65,00	69,15	79,33	84,40	65,00	69,15	75,53	76,77
39	89	89	78,00	87,64	61,33	68,91	78,00	87,64	66,33	74,53	78,28	81,09
40	96	96	65,67	68,40	49,33	51,39	67,00	69,79	53,33	55,56	59,90	62,67
41	88	88	65,00	73,86	51,67	58,71	65,33	74,24	57,00	64,77	66,29	69,51
42	84	84	66,67	79,37	59,67	71,03	70,67	84,13	56,67	67,46	75,20	75,79
43	90	90	75,67	84,07	64,67	71,85	70,00	77,78	59,33	65,93	77,96	71,85
44	92	92	67,33	73,19	65,00	70,65	70,67	76,81	67,33	73,19	71,92	75,00
45	86	86	50,33	58,53	52,00	60,47	54,67	63,57	46,67	54,26	59,50	58,91
46	92	92	70,67	76,81	60,67	65,94	70,67	76,81	70,00	76,09	71,38	76,45
47	90	90	84,67	94,07	80,00	88,89	84,00	93,33	84,33	93,70	91,48	93,52
48	82	82	68,00	82,93	67,67	82,52	64,67	78,86	65,00	79,27	82,72	79,07
49	90	90	92,33	102,59	91,33	101,48	92,00	102,22	91,33	101,48	102,04	101,85
50	87	87	64,67	74,33	58,67	67,43	65,00	74,71	60,33	69,35	70,88	72,03
51	89,5	89,5	76,00	84,92	73,67	82,31	82,00	91,62	72,33	80,82	83,61	86,22
52	79	79	64,33	81,43	57,33	72,57	59,67	75,53	51,67	65,40	77,00	70,46
53	90,5	90,5	85,67	94,66	78,00	86,19	80,33	88,77	78,00	86,19	90,42	87,48
54	91	91	84,33	92,67	78,00	85,71	85,00	93,41	77,67	85,35	89,19	89,38
55	88	88	76,00	86,36	66,67	75,76	74,67	84,85	67,00	76,14	81,06	80,49
56	93	93	73,67	79,21	68,33	73,48	75,33	81,00	76,67	82,44	76,34	81,72
57	81	81	73,00	90,12	68,33	84,36	67,00	82,72	61,67	76,13	87,24	79,42
58	81	81	67,33	83,13	63,00	77,78	67,67	83,54	62,00	76,54	80,45	80,04
59	89	89	80,67	90,64	75,00	84,27	81,67	91,76	74,67	83,90	87,45	87,83
60	85	85	74,67	87,84	65,00	76,47	74,67	87,84	70,00	82,35	82,16	85,10
61	83	83	70,33	84,74	62,33	75,10	63,67	76,71	65,67	79,12	79,92	77,91
62	82	82	73,67	89,84	61,67	75,20	63,00	76,83	63,33	77,24	82,52	77,03
63	89	89	73,67	82,77	70,00	78,65	74,33	83,52	69,00	77,53	80,71	80,52
64	86	86	72,67	84,50	68,33	79,46	69,67	81,01	70,00	81,40	81,98	81,20
65	101	101	97,67	96,70	86,67	85,81	91,00	90,10	82,67	81,85	91,25	85,97
66	90	90	67,67	75,19	75,00	83,33	64,00	71,11	72,67	80,74	79,26	75,93
67	98	98	93,33	95,24	85,33	87,07	94,67	96,60	83,67	85,37	91,16	90,99
68	83	83	83,00	100,00	68,33	82,33	83,33	100,40	73,33	88,35	91,16	94,38
69	83	83	79,33	95,58	77,67	93,57	78,67	94,78	75,67	91,16	94,58	92,97
70	84	84	66,33	78,97	69,00	82,14	76,33	90,87	74,33	88,49	80,56	89,68
71	89,5	89,5	75,00	83,80	71,67	80,07	71,67	80,07	73,33	81,94	81,94	81,01
72	92,5	92,5	65,67	70,99	73,67	79,64	68,33	73,87	71,67	77,48	75,32	75,68
73	90	90	81,33	90,37	64,00	71,11	78,67	87,41	76,33	84,81	80,74	86,11
74	86,5	86,5	82,67	95,57	81,33	94,03	83,33	96,34	78,00	90,17	94,80	93,26
75	91	91	91,00	100,00	87,00	95,60	88,00	96,70	87,67	96,34	97,80	96,52
76	82,5	82,5	85,00	103,03	80,00	96,97	85,00	103,03	77,00	93,33	100,00	98,18
77	92,5	92,5	80,67	87,21	76,67	82,88	79,00	85,41	75,00	81,08	85,05	83,24
78	90,5	90,5	83,33	92,08	76,67	84,71	85,33	94,29	85,00	93,92	88,40	94,11
79	87	87	79,00	90,80	71,67	82,38	71,00	81,61	76,00	87,36	86,59	84,48
80	94	94	75,33	80,14	63,33	67,38	70,00	74,47	64,67	68,79	73,76	71,63

81	94,5	94,5	88,00	93,12	81,00	85,71	86,67	91,71	85,00	89,95	89,42	90,83
82	89	89	78,33	88,01	71,00	79,78	79,00	88,76	70,00	78,65	83,90	83,71
83	89	89	84,00	94,38	78,33	88,01	81,67	91,76	79,67	89,51	91,20	90,64
84	89,5	89,5	82,67	92,36	82,00	91,62	83,00	92,74	81,33	90,88	91,99	91,81
85	101	101	95,00	94,06	96,33	95,38	98,67	97,69	91,67	90,76	94,72	94,22
86	84	84	67,00	79,76	62,00	73,81	65,00	77,38	58,00	69,05	76,79	73,21
87	89	89	70,67	79,40	57,33	64,42	71,33	80,15	59,67	67,04	71,91	73,60
88	80,5	80,5	66,67	82,82	63,33	78,67	65,00	80,75	60,00	74,53	80,75	77,64
89	90	90	76,67	85,19	70,33	78,15	82,00	91,11	65,00	72,22	81,67	81,67
90	92	92	75,00	81,52	71,33	77,54	75,67	82,25	71,00	77,17	79,53	79,71
91	89	89	83,33	93,63	74,67	83,90	85,67	96,25	79,33	89,14	88,76	92,70
92	86	86	74,67	86,82	67,00	77,91	72,00	83,72	64,33	74,81	82,36	79,26
93	84,5	84,5	75,33	89,15	69,33	82,05	73,33	86,79	70,00	82,84	85,60	84,81
94	89	89	78,00	87,64	74,00	83,15	73,33	82,40	70,67	79,40	85,39	80,90
95	84	84	78,00	92,86	63,33	75,40	74,67	88,89	63,33	75,40	84,13	82,14
96	86	86	75,33	87,60	67,00	77,91	68,33	79,46	68,00	79,07	82,75	79,26
97	92	92	83,33	90,58	73,33	79,71	80,00	86,96	76,67	83,33	85,14	85,14
98	84	84	80,00	95,24	76,00	90,48	76,33	90,87	70,67	84,13	92,86	87,50
99	88	88	75,33	85,61	66,67	75,76	74,00	84,09	66,00	75,00	80,68	79,55
100	96	96	88,00	91,67	84,00	87,50	95,67	99,65	90,67	94,44	89,58	97,05
101	90	90	82,33	91,48	72,33	80,37	81,67	90,74	73,67	81,85	85,93	86,30
102	93	93	85,33	91,76	80,33	86,38	89,00	95,70	80,33	86,38	89,07	91,04

## Annexe 5 : Test Shapiro-Wilk ( $\Delta F$ groupe avec/sans antécédent)

Etude de la distribution des  $\Delta F$  dans les groupes avec et sans antécédent d'entorse.

Les hypothèses émises pour le test de Shapiro -Wilk sont les suivantes :

H0 = La distribution de l'échantillon suit une loi normale

H1 = La distribution de l'échantillon ne suit pas une loi normale

$\Delta F$ avec antécédents	
N	45
Shapiro – Wilk W	0,958
Valeur p	0,105

Ici, la valeur du p n'est pas significative ( $p > 0,05$ ).

L'échantillon suit donc une loi normale.

$\Delta F$ sans antécédent	
N	57
Shapiro – Wilk W	0,790
Valeur p	1,363 <sup>e</sup> -07

Ici, la valeur du p est significative ( $p < 0,05$ ).

L'échantillon ne suit donc pas une loi normale.



	0.1	39.5
	0.1	39.5
	0.1	39.5
	0.1	39.5
	0.1	39.5
	0.1	39.5
	0.1	39.5
0.2		51.5
0.2		51.5
0.2		51.5
	0.2	51.5
	0.2	51.5
	0.2	51.5
	0.2	51.5
	0.2	51.5
	0.2	51.5
	0.2	51.5
0.3		62
0.3		62
0.3		62
0.3		62
0.3		62
0.3		62
0.3		62
	0.3	62
	0.3	62
	0.3	62
	0.3	62
0.4		75
0.4		75
0.4		75
0.4		75
0.4		75
0.4		75
0.4		75
0.4		75
0.4		75
	0.4	75
	0.4	75
	0.4	75
	0.4	75
	0.4	75
	0.4	75
0.5		86.5
0.5		86.5
0.5		86.5

0.5		86.5
0.5		86.5
0.5		86.5
	0.5	86.5
	0.5	86.5
0.6		94
0.6		94
0.6		94
0.6		94
0.6		94
	0.6	94
	0.6	94
0.7		99.5
0.7		99.5
0.7		99.5
0.7		99.5
0.9		102

## Annexe 7 : Test de Shapiro-Wilk (delta malléolaire côté lésé/opposé)

Etude de la distribution des deltas malléolaires du côté lésé et du côté opposé des sujets avec antécédents d'entorses externes.

Les hypothèses émises pour le test de Shapiro Wilk sont les suivantes :

H0 = La distribution de l'échantillon suit une loi normale

H1 = La distribution de l'échantillon ne suit pas une loi normale

Delta malléolaire côté lésé	
N	45
Shapiro – Wilk W	0,966
Valeur p	0,203

Ici, la valeur du p n'est pas significative ( $p > 0,05$ ).

L'échantillon suit donc une loi normale.

Delta malléolaire côté opposé	
N	45
Shapiro – Wilk W	0,972
Valeur p	0,352

Ici, la valeur du p n'est pas significative ( $p > 0,05$ ).

L'échantillon suit donc une loi normale.



### Annexe 8 : Test de Shapiro-Wilk (delta malléolaire côté gauche/droit)

Etude de la distribution des deltas malléolaires du côté gauche et du côté droit des sujets sans antécédent d'entorse externe.

Les hypothèses émises pour le test de Shapiro Wilk sont les suivantes :

H0 = La distribution de l'échantillon suit une loi normale

H1 = La distribution de l'échantillon ne suit pas une loi normale

Delta malléolaire côté gauche	
N	57
Shapiro – Wilk W	0,974
Valeur p	0,259

Ici, la valeur du p n'est pas significative ( $p > 0,05$ ).  
L'échantillon suit donc une loi normale.

Delta malléolaire côté droit	
N	57
Shapiro – Wilk W	0,967
Valeur p	0,118

Ici, la valeur du p n'est pas significative ( $p > 0,05$ ).  
L'échantillon suit donc une loi normale.