



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

Pays de la Loire

54, rue de la Baugerie – 442300 SAINT-SEBASTIEN SUR LOIRE

# **Influence d'un protocole de prévention neuromusculaire sur l'incidence de l'entorse latérale de cheville chez les volleyeurs : revue systématique.**

Emma GUIN

Mémoire UE28

Semestre 10

Année scolaire : 2021-2022

REGION PAYS DE LA LOIRE





### **AVERTISSEMENT**

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

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

## **Remerciements**

---

Je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma gratitude envers mon directeur de mémoire pour son accompagnement, son écoute, sa patience, ses conseils et sa disponibilité. Je souhaite tout particulièrement le remercier pour son soutien tout au long du parcours de production de ce mémoire.

Je remercie ma famille et mes proches pour leurs écoutes, leurs soutiens à chaque instant.

Je souhaite adresser mes remerciements à toutes les personnes ayant participées à la relecture et à la correction de cet écrit.



## Résumé

---

**Introduction :** L'entorse latérale de cheville est une blessure très fréquente dans la population générale et particulièrement dans le milieu sportif, notamment dans le volleyball. Source d'absentéisme, de coût économique, elle fait l'objet d'un pourcentage élevé de récurrence. Le masseur kinésithérapeute se retrouve alors en première ligne lors de la prise en charge, mais bien souvent trop tard, et lors d'évènement éloigné du traumatisme initial. L'objectif de cette revue est de faire un état des lieux de l'impact préventif de l'entraînement neuromusculaire sur l'incidence des entorses de cheville dans une population sportive particulière.

**Matériel et Méthode :** Une revue systématique de la littérature a été effectuée. Les données ont été récoltées jusqu'en mars 2022, en consultant 2 bases de données (PubMed et Science Direct). Les études incluses traitent de taux d'entorse de cheville à la suite d'une intervention d'entraînement neuromusculaire, et/ou de taux d'incidence dans une population de volleyeurs adultes et/ou adolescents, chez des amateurs ou des semi-professionnels.

**Résultats :** Quatre publications ont fait l'objet d'une analyse, ont démontré une diminution significative ( $p < 0,05$ ) l'entraînement neuromusculaire sur l'incidence des entorses de cheville dans une population sportive. L'entraînement neuromusculaire semble plus efficace s'il est utilisé en prévention secondaire, dans une population avec antécédents d'entorses de cheville.

**Conclusion :** Malgré l'insuffisance de littérature, la mise en place d'un programme d'entraînement neuromusculaire en prévention secondaire semblerait efficace dans la diminution de l'incidence de l'entorse de cheville chez les volleyeurs.

Des études complémentaires sont nécessaires pour obtenir des données probantes sur l'impact de l'entraînement neuromusculaire pour prévenir d'un premier traumatisme.

### Mots clés

Cheville ; Entorse ; Entraînement neuromusculaire ; Prévention ; Volleyball

## **Abstract**

---

**Introduction:** Ankle sprains are a common related injury, and sporting population are more likely to sustain this injury than general population, especially in the volleyball. Due to absenteeism, economic cost, ankle sprain become a public health problem. The physiotherapist is in the front line of the treatment, but often too late, and during an event far from the initial trauma. The objective of this systematic review was to examine the effectiveness of neuromuscular training programs in reducing the risk of ankle sprains in volleyball players.

**Material and methods:** A systematic review of the databases Pubmed and Science Direct was conducted until March 2022. Studies selected for inclusion used ankle injury rate outcome measures.

**Results:** The five studies revealed an evident trend toward the efficacy of ankle injury prevention with neuromuscular training programs.

**Conclusion:** Despite the lack of scientific publications in this population, the implementation of neuromuscular training programs as prevention appears decrease ankle sprains. Further investigations into primary prevention programs are warranted, to prevent the initial event.

### **Keywords**

Ankle; Neuromuscular training; Prevention; Sprain; Volleyball

# Sommaire

|            |                                                             |           |
|------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUCTION .....</b>                                   | <b>1</b>  |
| <b>2</b>   | <b>CADRE CONCEPTUEL .....</b>                               | <b>2</b>  |
| 2.1        | COMPLEXE ARTICULAIRE DE LA CHEVILLE .....                   | 2         |
| 2.2        | LA STABILITE DE L'ARTICULATION DE LA CHEVILLE .....         | 3         |
| 2.3        | L'ENTORSE LATERALE DE CHEVILLE .....                        | 6         |
| 2.4        | CHOIX DE LA POPULATION : JOUEURS DE VOLLEYBALL .....        | 7         |
| 2.5        | MECANISME LESIONNEL DE L'ENTORSE LATERALE DE CHEVILLE ..... | 8         |
| 2.6        | CLASSIFICATION DE L'ENTORSE LATERALE DE CHEVILLE .....      | 10        |
| 2.7        | CONSEQUENCES D'UNE ENTORSE DE CHEVILLE .....                | 10        |
| 2.8        | ROLE DU KINESITHERAPEUTE .....                              | 12        |
| <b>3</b>   | <b>PROBLEMATISATION ET QUESTION DE RECHERCHE .....</b>      | <b>16</b> |
| <b>4</b>   | <b>METHODE ET MATERIELS .....</b>                           | <b>17</b> |
| 4.1        | MOTS CLES ET EQUATIONS DE RECHERCHE .....                   | 17        |
| 4.2        | CRITERES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION.....                    | 18        |
| 4.3        | BASES DE DONNEES INTERROGEES .....                          | 18        |
| 4.4        | PROCESSUS DE SELECTION .....                                | 19        |
| 4.5        | RISQUES DE BIAIS DE L'EVALUATION.....                       | 20        |
| <b>5</b>   | <b>RESULTATS .....</b>                                      | <b>20</b> |
| 5.1        | ARTICLES INCLUS.....                                        | 21        |
| 5.2        | CARACTERISTIQUES DES ETUDES INCLUSES .....                  | 22        |
| <b>6</b>   | <b>DISCUSSION .....</b>                                     | <b>28</b> |
| 6.1        | ANALYSE DES RESULTATS .....                                 | 28        |
| 6.2        | SYNTHESE DES RESULTATS .....                                | 34        |
| <b>6.3</b> | <b>LIMITES .....</b>                                        | <b>35</b> |
| 6.4        | PERSPECTIVES DE RECHERCHE.....                              | 36        |
| 6.4.3      | PREVENTION PRIMAIRE.....                                    | 40        |
| <b>7</b>   | <b>CONCLUSION.....</b>                                      | <b>41</b> |
|            | <b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>                                  |           |

## Liste des abréviations

---

|      |                                    |
|------|------------------------------------|
| LTFA | Ligament talo-fibulaire antérieur  |
| LTFP | Ligament talo-fibulaire postérieur |
| LCF  | Ligament calcanéofibulaire         |
| IMC  | Indice de Masse Corporelle         |
| SEBT | Star Excursion Balance Test        |
| IC   | Intervalle de confiance            |
| RR   | Risque relatif                     |
| NNT  | Nombre à traiter                   |
| BESS | Balance Error Scoring System       |
| QS   | Qualité Scientifique               |
| I2   | Test d'incohérence                 |

## Liste des figures et tableaux

---

|                     |                                                                              |         |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Figure 1</b>     | Articulation de la cheville.                                                 | p.2     |
| <b>Figure 2</b>     | Ligament latéral de cheville.                                                | p.4     |
| <b>Figure 3</b>     | Les muscles fibulaires.                                                      | p.5     |
| <b>Figure 4</b>     | Classification des entorses latérales de cheville selon Mallioropoulos 2006. | p.10    |
| <b>Figure 5</b>     | Diagramme de flux du processus de sélection PRISMA.                          | p.21    |
| <b>Tableau I</b>    | Le ligament collatéral latéral fibulaire.                                    | p.4     |
| <b>Tableau II</b>   | Facteurs de risque de l'entorse latérale de cheville.                        | p.9     |
| <b>Tableau III</b>  | Critères PICO.                                                               | p.17    |
| <b>Tableau IV</b>   | Mots clés.                                                                   | p.17    |
| <b>Tableau V</b>    | Résultats de l'interrogation des bases de données.                           | p.19    |
| <b>Tableau VI</b>   | Évaluations de la qualité méthodologique des études sélectionnées.           | p.20    |
| <b>Tableau VII</b>  | Articles inclus dans la revue de littérature.                                | p.22    |
| <b>Tableau VIII</b> | Caractéristiques et résultats des études sélectionnées.                      | p.23-24 |

## 1 Introduction

En France, l'entorse de cheville est dénombrée à 6 000 cas par jour et constitue l'urgence traumatologique la plus fréquente (1,2). L'entorse externe de la cheville sans fracture représente 90% de ces traumatismes (2).

Dans la population active et sportive, l'entorse de cheville est récurrente, et se trouve être l'atteinte musculosquelettique la plus fréquente chez ces individus (3,4). En effet, le taux de récurrence de l'entorse de cheville s'élève à plus de 40% (5). Après un premier épisode peuvent survenir des symptômes à long terme en lien avec la blessure. Par exemple, des déficiences mécaniques et sensorimotrices. Il a été établi que les antécédents d'entorse latérale de la cheville viennent augmenter le risque de récurrence de la blessure (3). En outre, ce risque d'entorse se multiplie par deux dans l'année suivant le traumatisme (5). A ce tableau vient s'ajouter une banalisation de cette pathologie par une méconnaissance de cette dernière (6).

Lorsqu'un sportif de haut niveau se blesse, il peut en résulter un temps d'absentéisme à la pratique parfois non négligeable. De plus, des croyances portant sur cette lésion persistent chez ces athlètes. En effet, ils considèrent la majeure partie du temps ce traumatisme comme bénin et ne nécessitant pas de repos ou de rééducation ce qui les obligerait à être absents lors des sessions d'entraînement (7).

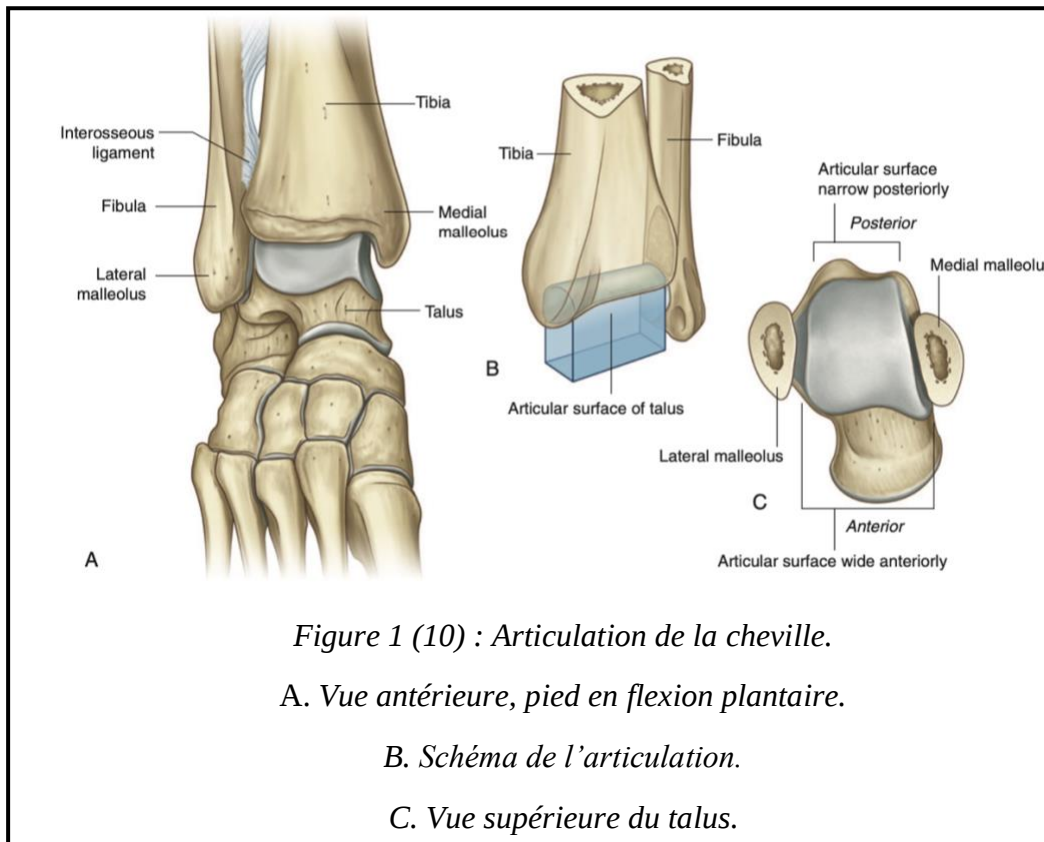
La prévention semblerait être un moyen pouvant prévenir l'absentéisme (8). La prévention se veut de plus en plus mise en avant dans le système de la santé actuel (4). Dans cette même optique, il semble important d'identifier les personnes à risque de blessure, et ainsi de leur proposer un plan d'action de prévention adéquat pour qu'elles puissent bénéficier d'un traitement adapté et individualisé (6,9). Ainsi le kinésithérapeute peut jouer un rôle non négligeable, puisque la prévention fait partie des missions des kinésithérapeute (10).

Par conséquent, l'utilisation d'un programme de prévention à la suite du premier épisode serait efficace pour réduire le nombre de récurrence d'entorse latérale de cheville. L'optimisation par le travail neuromusculaire, en favorisant le renforcement des muscles fibulaires ou en intégrant des composantes de reprogrammation et d'équilibre, semblerait réduire le nombre de récurrences (11).

## 2 Cadre conceptuel

### 2.1 Complexe articulaire de la cheville

La cheville est une articulation de type synovial unissant le talus, le tibia et la fibula. Elle représente le carrefour reliant la jambe au pied. La cheville permet principalement des mouvements de flexion dorsale et de flexion plantaire du pied sur la jambe. Le complexe articulaire comprend trois articulations (*Figure 1*) : l'articulation talo-crurale, l'articulation subtalaire et l'articulation tibio-fibulaire distale (12).



L'articulation talo-crurale se constitue du tibia et de la fibula, dans leur partie inférieure, venant s'articuler par une cavité avec la trochée talienne. Elle met en jeu le dôme du talus, la malléole médiale, la face inférieure du tibia, et la malléole latérale. Cette articulation est de type synovial et ginglyme. Elle permet les flexions plantaire et dorsale de la cheville dans le plan sagittal et possède un degré de liberté articulaire. Elle est vue communément comme une pince, entre la fibula et le tibia faisant charnière avec le talus. Ce dernier est plus large en avant qu'en arrière. De ce fait

l'articulation de la cheville est plus stable en position de dorsiflexion. Cette stabilité est renforcée par de solides ligaments médiaux et latéraux (12,13).

L'articulation tibio-fibulaire inférieure est formée de deux pièces osseuses, la fibula, et le tibia. La syndesmose tibiofibulaire et ses ligaments antérieur et postérieur viennent assurer un serrage élastique, permettant une meilleure congruence articulaire lors des mouvements. L'articulation tibio-fibulaire inférieure permet des mouvements d'ascension et d'écartement antéropostérieur et médio-latéral de la fibula par rapport au tibia de faible amplitude (14).

L'articulation subtalaire unit le talus au calcaneus. Cette articulation permet un mouvement de glissement et de rotation intervenant dans l'inversion (flexion plantaire, supination, adduction) et l'éversion (flexion dorsale, pronation, abduction) du pied (12).

## **2.2 La stabilité de l'articulation de la cheville**

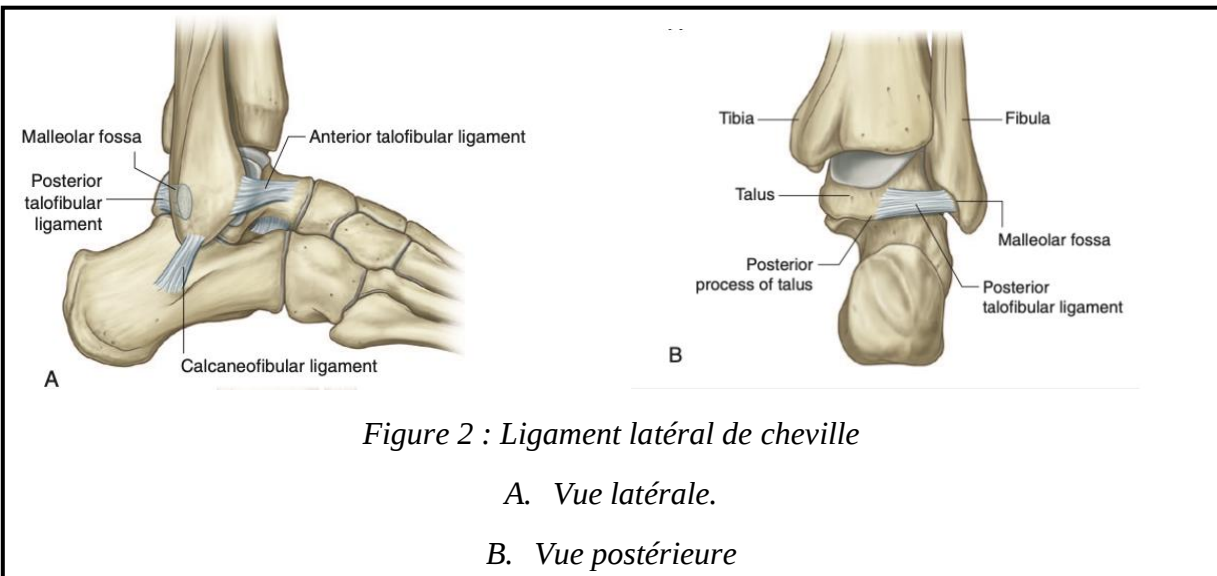
La stabilité de l'articulation de la cheville est assurée par trois acteurs principaux, la congruence osseuse, les éléments tendineux environnants et le système ligamentaire (15). Ces derniers sont au nombre de deux, un médial et un latéral qui assurent la stabilité passive.

### **2.2.1 La stabilité passive**

Le ligament collatéral latéral de la cheville est séparé en trois parties (*Figure 2*). Il s'agit du ligament talo-fibulaire antérieur, du ligament talo-fibulaire postérieur et du ligament calcanéo-fibulaire présentés dans le *tableau I* (16).

Tableau I : Le ligament collatéral latéral.

| <b><u>LE LIGAMENT COLLATÉRAL LATÉRAL FIBULAIRE</u></b> |                                                                                  |                                        |                                                                             |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                                                        | Origine :                                                                        | Trajet :                               | Terminaison :                                                               |
| <b>Ligament talo-fibulaire antérieur</b>               | Bord antérieur de la malléole latérale.                                          | Oblique en avant, en bas et en dedans. | Col du talus et bord latéral du talus.                                      |
| <b>Ligament calcanéo-fibulaire</b>                     | Bord antérieur de la malléole latérale (sous l'insertion du faisceau antérieur). | Oblique en bas et en arrière.          | Face latérale du calcaneus, en haut et en arrière de la trochlée fibulaire. |
| <b>Ligament talo-fibulaire postérieur</b>              | Face médiale de la malléole latérale, en arrière de la surface articulaire.      | Oblique en arrière et en dedans.       | Surface latérale du corps du talus.                                         |

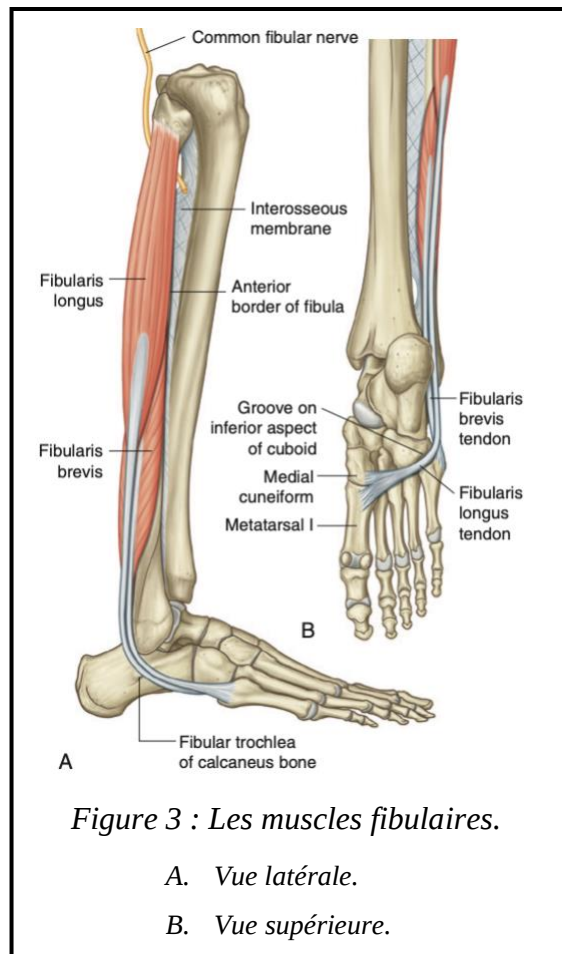


### 2.2.2 La stabilité active

La cheville est contrôlée par les muscles longs extrinsèques qui viennent prendre leur insertion sur le segment jambier et se terminent sur le tarse, ainsi aucun muscle n'a d'action directe sur la cheville. Indirectement, les muscles intrinsèques du pied viennent relâcher ou raidir les arches

médiale et latérale (14). La plupart des muscles sont poly-articulaires et agissent sur plusieurs articulations à la fois. Les actions musculaires sont sous le contrôle de mécanorécepteurs spécifiques, situés dans toutes les structures anatomiques. Ces récepteurs informent et commandent les structures anatomiques en temps réel en fonction de la qualité du sol et de son relief, de la vitesse et de multiples autres facteurs tout en étant eux-mêmes sous le contrôle cortical (14).

Les muscles fibulaires, au nombre de deux, un long et un court, assurent principalement les mouvements d'abduction et de pronation du pied. Ils interviennent également dans la stabilité active et latérale de cheville. Ce sont des muscles qui vont assurer une protection du ligament collatéral latéral en agissant contre le mécanisme de l'entorse. Ils sont innervés par le nerf fibulaire superficiel. Le long fibulaire est essentiel aux mouvements du pied, dans sa statique et dans la dynamique de la voûte plantaire par son insertion distale qui vient croiser la base plantaire du premier métatarsien et le premier cunéiforme. Le court fibulaire suit le même trajet que le long, mais vient se terminer sur la partie latérale de la base du cinquième métatarsien. Ces deux muscles peuvent être accompagnés du troisième fibulaire, muscle inconstant qui est un éverseur pur (12).



## **2.3 L'entorse latérale de cheville**

### **2.3.1 Épidémiologie**

Les entorses aiguës de la cheville sont l'une des blessures musculosquelettiques les plus courantes, avec une incidence élevée chez les personnes actives. La compréhension de l'épidémiologie est alors importante, ainsi que la répartition de ces blessures pour améliorer la santé dans ce champ de la kinésithérapie, dans le but de réduire ces affections qui représentent 50% des traumatismes des membres inférieurs (17,18). Cependant, il est estimé que seulement une personne sur deux victimes d'une entorse latérale de cheville consulte un médecin (19). De ce fait, les chiffres déclarés pour l'incidence et la prévalence peuvent se trouver en deçà de la réalité d'occurrence (20).

L'absence de rééducation ou la non prise en considération de cette blessure favorise la présence de symptômes persistants par la suite. Un retour précoce à la pratique sportive peut être également une source de diverses conséquences sur le court et le long terme. En effet le taux de récurrence des entorses latérales peut aller jusqu'à 73% (19). Le manque de soin et de gestion de cette atteinte peut contribuer au développement d'une instabilité chronique de cheville, qui touche 40% des patients (21,22). Cette dernière se caractérise par une sensation d'instabilité perçue comme un « effondrement » ponctuel de la cheville qui persiste plus de 12 mois après le traumatisme initial, et entraîne une limitation des activités et une restriction de la participation (20).

Les entorses de la cheville surviennent plus fréquemment chez les femmes que chez les hommes, ce qui représente un facteur de risque (20). De plus, la population présentant des antécédents d'entorse de cheville est plus à risque de récurrence (3). Dans une revue systématique, Fong et al. montrent que l'incidence d'entorse de la cheville est plus importante dans des sports d'intérieur. Dans 80% des cas l'entorse se produit au niveau de l'articulation sous-talienne et au niveau du complexe ligamentaire latéral (17,21,24).

L'entorse de cheville représente entre 11 et 20% de toutes les blessures dans la pratique sportive. En outre, son importante prévalence a aussi bien un impact sur l'athlète mais également sur l'équipe sportive et son organisation (17,25). Dans le cas d'une entorse plus grave, une modification de la forme physique allant parfois jusqu'à un arrêt de travail peut s'observer. L'entorse de cheville va entraîner des conséquences pour le sportif à savoir une perte de temps

sportif et de temps de jeu. Considérée comme la blessure la plus fréquente chez les sportifs, elle l'est particulièrement dans les sports avec des accélérations, des changements de direction et des sauts (20).

## **2.4 Choix de la population : joueurs de Volleyball**

### **2.4.1 Définition**

Le volleyball étant un sport à risque de blessure à la cheville, et sachant que les entorses de chevilles se produisent le plus fréquemment lors d'une pratique sportive en intérieur, cette revue portera sur la population des volleyeurs (4).

Le volleyball comparativement au handball et au basketball est un sport qui se définit sans contact. Chacune des équipes restent dans son terrain respectif, ce qui explique une incidence plus faible de blessure. Cependant, le volleyball est un sport où il y a de multiples mouvements rapides et énergiques dans les différents plans de l'espace qui vont alors être générateurs de plus de risque de blessures. Le membre inférieur est la partie la plus touchée selon plusieurs études (4,15,26).

### **2.4.2 La cheville la région anatomique la plus touchée au volleyball**

Des revues systématiques ont démontré une incidence de blessures musculosquelettiques allant de 1,7 à 10,7 blessures pour 1 000 heures de jeu. La région de la cheville est classée dans les pathologies aiguës, s'expliquant par la motivation des joueurs et leur volonté de gagner lors d'une compétition, source d'une plus grande intensité de jeu (15,27).

La partie du corps la plus atteinte au volleyball serait la cheville, avec un pourcentage pouvant s'élever à 55%. De plus, l'entorse de cheville a l'incidence la plus fréquente allant de 44% environ lors d'un match, à 29% environ à l'entraînement (28). Une étude menée par Solgard et al. a comparé l'incidence des blessures des joueurs danois, tout niveau confondu, entre les professionnels, les amateurs et les jeunes volleyeurs en compétition et en loisir. Ils ont constaté que la blessure la plus courante, est localisée à 44,5% au niveau de la cheville lors des matchs officiels (15).

## 2.5 Mécanisme lésionnel de l'entorse latérale de cheville

L'entorse latérale de cheville correspond à « une lésion traumatique aiguë du ligament latéral du complexe de la cheville » (29).

Le mécanisme lésionnel de l'entorse latérale implique le plus fréquemment la flexion plantaire de l'articulation talo-crurale, et une inversion de l'articulation sous-talienne. C'est dans cette position que la stabilité se retrouve la plus réduite, en effet, par la configuration osseuse du talus, lors des mouvements précédents, il va s'engager dans la mortaise de la cheville et rendre l'articulation moins stable. L'atteinte a lieu lors d'un mouvement de haute vélocité en inversion et en rotation interne du complexe de la cheville (3,20). L'entorse latérale de cheville résulte de l'apparition rapide et incontrôlée de vitesse et de moments d'inversion et/ou supination autour de la cheville (30).

Deux types d'entorses sont décrites, l'une est avec contact direct et l'autre sans contact. Les mécanismes sans contact seraient les plus fréquents dans la population générale (24). Cependant, le mécanisme lésionnel serait dépendant du type de pratique sportive. L'entorse de cheville des volleyeurs est dans 58% des cas le résultat d'un contact avec un autre joueur. L'entorse de cheville sans contact est le deuxième type le plus important de blessures de cheville dans cette discipline (27).

Le joueur de volleyball est particulièrement à risque d'entorse de cheville du fait de la spécificité des tâches, des gestes dans ce sport, notamment lors des blocages et des frappes. Elles sont également fréquentes lors d'un contact entre joueurs au filet, notamment lorsqu'un bloqueur atterrit sur le pied d'un coéquipier ou d'un attaquant adverse (28).

D'après Agel et al., les volleyeuses des trois premières divisions du *National Collegiate Athletic Association* se blessent davantage lors de la saison régulière, avec une incidence de 4,52 blessures pour 1000 heures contre 3,26 en présaison et 2,67 après la saison. A contrario, les blessures lors des entraînements sont plus fréquentes lors de la présaison (4,7–19,3 %) comparativement à la saison régulière où l'incidence des blessures est plus importante en match (79,8 à 91,3 %) (15).

L'intérêt pour cette population s'explique alors par la fréquence des entorses de cheville dans ce sport avec sauts, et donc avec des réceptions, mais également par le taux de récurrence qui s'élève à 26% au volleyball (31).

### 2.5.1 Facteurs de risque de l'entorse latérale de cheville

Les personnes subissant une entorse latérale de la cheville ont un risque deux fois plus élevé de se blesser à nouveau dans l'année qui suit la blessure initiale. Il a été établi que les antécédents d'entorse latérale de la cheville augmentent le risque de récurrence (3).

Selon la revue de Vuurberg et al., certains facteurs augmentent le risque de blessure de ce type (4). Les auteurs, citent des facteurs intrinsèques répertoriés dans le *Tableau II* ci-dessous :

*Tableau II : Facteurs de risque de l'entorse latérale de cheville*

| <b><u>FACTEURS INTRINSEQUES</u></b>                                         | <b><u>FACTEURS EXTRINSEQUES</u></b>                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Une amplitude articulaire en flexion dorsale limitée (4,5,20).              | Le type de sport : les déplacements, le type de terrain, l'environnement général (25) |
| Une proprioception réduite.                                                 | Après un saut.                                                                        |
| Une déficience du contrôle de l'articulation.                               |                                                                                       |
| Une déficience de l'équilibre postural mesurée en pré-saison sur une jambe. | Le niveau de pratique.                                                                |
| Un IMC haut (5).                                                            |                                                                                       |
| Une force réduite.                                                          | Le risque est plus élevé en compétition.                                              |
| Une coordination réduite.                                                   |                                                                                       |
| Un temps de réaction péronier réduit.                                       |                                                                                       |
| Un antécédent d'entorse de cheville (25).                                   |                                                                                       |

Dans certains sports, le risque de blessure évolue selon le poste occupé. Au volleyball, les bloqueurs sont les plus exposés (28).

Des données de plus en plus nombreuses viennent suggérer que la fatigue est un facteur de risque intrinsèque considérable. Les demandes mécaniques sembleraient plus importantes dans un état de fatigue, ce qui diminuerait la coordination et l'activation des muscles ainsi que la perception de la force et de la position de la cheville dans l'espace. Cet ensemble engendrerait une stabilité inadéquate de l'articulation. Cette information viendrait appuyer l'idée selon laquelle les blessures surviendraient plus en fin de match, ou en fin de première mi-temps (25).

## 2.6 Classification de l'entorse latérale de cheville

Selon les recommandations, de nombreux éléments doivent être pris en compte pour classer le patient souffrant d'une entorse aiguë de la cheville. Ce bilan devra être associé à la classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF) basée sur la déficience, la stabilité de la cheville ainsi que les déficiences de la coordination des mouvements (3,20).

Globalement, les entorses latérales de cheville sont classées en 3 grades de gravité, basés sur l'extension des lésions ligamentaires et le retentissement fonctionnel de la blessure (32,33) :

- Grade 1 : élongation isolée du ligament talo-fibulaire antérieur (LTFA) sans rupture complète.
- Grade 2 : rupture complète du ligament talo-fibulaire antérieur associée à une rupture partielle ou élongation du ligament calcanéo-fibulaire.
- Grade 3 : rupture du ligament talo-fibulaire antérieure, du ligament calcanéo-fibulaire et de la capsule avec rupture possible du ligament talo-fibulaire postérieur.

Ces données peuvent être résumées en une classification réalisée par Malliaropoulos en 2006 (Figure 4) (34) :

| Classification des entorses latérales de cheville (Malliaropoulos 2006) |      |                   |                     |                  |          |           |                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|------|-------------------|---------------------|------------------|----------|-----------|-------------------------|-----------|
|                                                                         |      | Perte de fonction | Test tiroir talaire | Test inclinaison | Hématome | Palpation | Amplitudes articulaires | Œdème     |
| Grade I                                                                 |      | 0                 | 0                   | 0                | ±        | 0         | <5°                     | <0,5cm    |
| Grade II                                                                |      | +                 | +                   | 0                | +        | Pt exquis | 5° à 10°                | 0,5 à 2cm |
| Grade III                                                               | IIIa | +                 | <3mm                | +                | +        | Pt exquis | >10°                    | 0,5 à 2cm |
|                                                                         | IIIb | +                 | >3mm                | +                | +        | Pt exquis | >10°                    | 0,5 à 2cm |

Figure 4 : Classification des entorses latérales de cheville selon Malliaropoulos 2006

## 2.7 Conséquences d'une entorse de cheville

### 2.7.1 Altérations neuromotrices et neurosensorielles

Selon des études cinématiques de la biomécanique de l'articulation, une réorganisation de la marche ou de la course se produit chez les patients ayant eu une entorse de cheville (35).

En outre, les patients peuvent développer une laxité pathologique, des restrictions articulaires, des dégénérescences précoces, ainsi que des déficiences au niveau de la proprioception, du contrôle neuromusculaire, de la force, du contrôle postural, de la démarche, et

lors du saut et de l'atterrissage (18,19,35). En effet, après un épisode d'entorse latéral de cheville il est probable que le patient développe des déficiences mécaniques et sensorimotrices associées à la blessure, si cette dernière est prise en charge de manière insuffisante (3,36,37).

L'instabilité chronique de cheville est une des conséquences les plus fréquentes. Celle-ci se manifeste par une sensation de dérobage de la cheville, définie par le terme de « giving away » dans la littérature internationale (21). Elle est définie comme une diminution de la fonction rapportée par le patient, par des sensations d'instabilité et/ou des épisodes récurrents où la cheville cède lors de l'activité de la marche (19). La chronicité d'une blessure est associée au paradigme créé par Hertel selon lequel les facteurs causaux de ces symptômes sont classés en insuffisances mécaniques et fonctionnelles. Ces facteurs peuvent être en relation et donner lieu à une instabilité chronique de cheville. Pour être classée comme telle, l'instabilité chronique de cheville répond à des symptômes résiduels qui doivent être présents au moins un an après l'entorse initiale (17,18).

L'instabilité chronique de cheville amène à des modifications lors de la marche. Par exemple, l'inversion et la flexion plantaire de cheville sont augmentées, ainsi que les forces verticales sur les parties latérales du pied. L'activation du long fibulaire se trouve également être plus longue. En effet, les muscles fibulaires chez les patients présentant une instabilité de la cheville ont une activation plus faible avant l'atterrissage. De plus, le patient va utiliser une stratégie de compensation via l'articulation de la hanche, en augmentant le moment d'extension, ainsi que le recrutement des muscles de la hanche en concentrique et en excentrique lors des sauts et des réceptions (38).

Effectivement, l'atterrissage est l'une des tâches dynamiques sportives associées aux mécanismes de blessure de la cheville ou d'un membre inférieur. L'instabilité chronique de cheville peut altérer le système de liaison de la chaîne cinétique, fournissant un transfert de force altéré du distal au proximal dans le membre inférieur. Les patients présentant une entorse de cheville, voire une instabilité de la cheville vont alors avoir tendance à utiliser une stratégie de compensation en privilégiant l'articulation de la hanche (36).

## **2.8 Rôle du kinésithérapeute**

### **2.8.1 Diagnostic kinésithérapique**

Aujourd'hui, la littérature préconise lors du bilan diagnostic kinésithérapique d'une entorse de cheville d'être attentif quant au mécanisme de l'entorse pour guider l'évaluation et l'analyse appropriée des tissus et des structures touchés. De plus, il est important de connaître l'histoire de la maladie, s'il s'agit d'une première entorse ou non étant donné qu'un facteur de risque primaire de blessure récurrente est l'antécédent d'entorse de cheville lui-même. Cette information peut indiquer qu'il existe des déficiences mécaniques et/ou sensorimotrices non résolues qui devront être prises en compte lors de la prise en charge (3).

### **2.8.2 Programmes de prévention**

La prévention est un champ de compétence du masseur-kinésithérapeute. En effet, il s'agit ici de la compétence 3 de la profession qui comprend la conception et la conduite d'une démarche de promotion de la santé, d'éducation thérapeutique, de prévention et de dépistage (39).

Selon l'OMS, la prévention est décrite comme étant « l'ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies, des accidents et des handicaps » en distinguant trois types de prévention (40) :

- La prévention primaire consiste à « diminuer l'incidence d'une maladie dans une population à risque ». Elle se réalise alors avant l'apparition et le début de la maladie.
- La prévention secondaire permet, elle, de « diminuer la prévalence d'une maladie dans une population ». Son application se fera au début de la maladie.
- La prévention tertiaire consiste à « diminuer la prévalence des incapacités chroniques ou des récurrences dans une population », ce, une fois la maladie installée.

Après un épisode d'entorse latérale de cheville il est probable que le patient développe des déficiences mécaniques et sensorimotrices (3). En effet, il a été démontré que le temps de réaction des fibulaires, long et court, est augmenté chez les sujets ayant eu une entorse de cheville (41). Les exercices de proprioception dans le but de prévenir les récurrences sont à prendre en compte chez ce type de patient. Le travail excentrique de ces mêmes muscles, en préalable à la proprioception, ont

aussi fait leur preuve (41). Un déficit de la sensibilité de la plante du pied en regard de la base du 5<sup>ème</sup> métatarsien, ainsi qu'un déficit de contrôle postural les yeux fermés peuvent être observés lors du bilan chez les patients avec antécédents d'entorses. Ces données renforcent l'idée précédente selon laquelle, un travail de proprioception doit être réalisé en plus de renforcement (42).

Cleland et al. démontrent à 1 mois et à 6 mois une tendance en faveur d'un traitement rééducatif comprenant une thérapie manuelle, des exercices avec un thérapeute ; comparé à des exercices à titre de rééducation réalisés à domicile. La tendance a été évaluée selon la douleur, des tests fonctionnels et le retour aux activités sportives (43). Certaines études montrent l'impact positif du port d'une orthèse semi-rigide, cependant il semblerait plus pertinent de l'associer à une rééducation proprioceptive pour prévenir les récurrences des entorses du ligament collatéral latéral de cheville (44).

En parallèle, un axe de prévention simple serait de palier au déficit de force isométrique des abducteurs de hanche qui est retrouvé comme facteur favorisant des entorses de la cheville sans contact (45). En effet, l'entorse de cheville a un impact sur le système moteur et sensorimoteur, qui peut entraîner une altération des capacités d'activation. Ces anomalies sont retrouvées en matière de force, de recrutement, et de temps de réaction, des muscles distaux comme vu précédemment, mais également des muscles proximaux du membre inférieur. Ces derniers sont impactés d'autant plus que le sujet présente une instabilité de cheville (46).

### **2.8.3 Renforcement des muscles fibulaires**

En raison de leur proximité anatomique avec les structures ligamentaires affectées lors du mécanisme d'entorse, les muscles fibulaires présentent un déficit de force. Ce déficit peut entraîner une diminution de la stabilité dynamique et par conséquent contribuer à l'instabilité fonctionnelle de cheville (47). Effectivement, une stabilisation dynamique satisfaisante de la cheville ne peut être obtenue que par un effort coordonné de tous les muscles environnants. Cette coordination implique une combinaison de mouvements concentriques, excentriques, isométriques ou cinétiques des unités musculo-tendineuses, entourant et permettant le mouvement du complexe articulaire de la cheville (47). En outre, ces deux muscles sont les principaux éverseurs du pied. De plus, durant les

activités fonctionnelles, la tension produite par la contraction excentrique des fibulaires est considérée comme une composante importante de la stabilité dynamique de la cheville (48).

Selon une étude, les personnes atteintes d'instabilité chronique de cheville ont un temps de réaction prolongé des muscles fibulaires, ainsi qu'une moins bonne performance lors des tests tel que le SEBT (Star Excursion Balance Test). En effet, il a été démontré que ce temps de réaction prolongé avait un effet sur les directions notamment postéro-interne et latérale du SEBT. L'équilibre dynamique est ainsi relié au temps de réaction des muscles fibulaires (49).

Cependant, il faut noter que la littérature est contradictoire. Certains chercheurs rapportent des déficits significatifs de force en particulier au mouvement d'inversion de la cheville, et d'autres ne rapportent aucun déficit significatif. Néanmoins, la rééducation se concentre sur la restauration et l'amélioration de la force des muscles fibulaires, de l'équilibre et des capacités neuromusculaires. Dans l'étude de Kim & al., la rééducation neuromusculaire a semblé avoir un effet immédiat sur l'acquisition de la force excentrique lors de l'inversion et sur l'amélioration du contrôle postural des chevilles (47). Ce type d'exercice semble pertinent lors de la prise en charge rééducative des entorses de cheville, mais pour que les résultats soient concluants, il faut une discipline régulière.

Les muscles éverseurs jouent un rôle de protection et de prévention. Lors des entorses en inversion de cheville, la force de ces muscles fournit un soutien aux ligaments latéraux de la cheville pour contrer ce mécanisme lésionnel d'inversion. L'altération des schémas de recrutement neuromusculaire du long et du court fibulaires a été établie chez les personnes souffrant d'instabilité chronique de cheville, notamment lors des activités comme la marche ou lors des exercices spécifiques de ces muscles. Cette altération semblerait provenir d'une inhibition musculaire arthrogène de l'articulation de la cheville, correspondant à une réponse réflexe continue après une lésion articulaire. Ce terme permet de décrire l'incapacité d'un muscle à se contracter totalement sans que celui-ci ou le nerf l'innervant ne subissent de dommages. L'altération du recrutement pourrait également provenir directement d'une lésion des tendons ou des muscles fibulaires durant le mécanisme lésionnel de l'entorse (50).

#### **2.8.4 Entraînement proprioceptif**

L'entorse latérale peut contribuer à une altération neuromotrice. En effet, le mécanisme lésionnel entraîne un étirement à la fois des ligaments, des éléments nerveux (nerf fibulaire commun et sural), ainsi que des tendons des muscles fibulaires (47). Ce mécanisme, et cette tension vont créer des dommages structurels, et des dommages au niveau des mécanorécepteurs articulaires à l'origine de perte d'apport proprioceptif. Cette perte d'apport va alors endommager l'afférence provenant de l'articulation pour informer de la position dans l'espace du complexe de la cheville au cerveau. Les recommandations cliniques publiées pour les entorses de cheville recommandent de faire intervenir des entraînements proprioceptifs consistant en des exercices d'équilibre, et des exercices favorisant les mouvements fonctionnels. Ce type d'entraînement permet de favoriser les afférences de la cheville vers le système central afin d'améliorer la fonction sensorimotrice et de maintenir l'orientation du complexe articulaire de la cheville lors des activités (51).

Une étude effectuée sur les effets d'un entraînement proprioceptif sur l'incidence de l'entorse de cheville chez des athlètes, démontre que le groupe intervention a atteint de plus grandes distances lors de la réalisation du SEBT (51). De plus, elle démontre l'efficacité de l'entraînement de l'équilibre afin de réduire l'incidence de l'entorse de cheville dans les activités sportives et ce, en particulier chez les athlètes ayant des antécédents de blessure à la cheville (4,52,53).

En raison de l'origine neuromusculaire de certains des facteurs pronostiques de l'entorse de cheville, la kinésithérapie semblerait être utile pour améliorer les déficiences physiques après ce type de blessure et prévenir la progression vers l'instabilité de cheville (4). Après un traumatisme initial de la cheville, différentes phases vont se succéder. La première peut durer entre 3 à 6 semaines, et correspond à une phase cruciale de réparation des différentes structures qui ont été endommagées. Ensuite s'en suit la phase de remodelage qui est la phase pouvant être la plus longue, en effet elle peut durer plus d'un an après la blessure (54). Il semble alors être nécessaire de s'interroger sur l'action préventive de ce type de pathologie dans le domaine de la kinésithérapie.

La pathologie ligamentaire traumatique de la cheville est très fréquente. Elle l'est non seulement d'un point de vue sportif, où il réside un enjeu de délais de reprise du sport, mais également d'un point de vue médico-économique. Le thérapeute se doit alors de réaliser un diagnostic précis afin de prodiguer la rééducation la plus adéquate possible. Cette précision se doit

d'être faite de façon à recenser le type de blessure et le mécanisme lésionnel selon la pratique sportive de manière à améliorer la prévention (3,4).

Ainsi, l'objectif principal de cet écrit est d'observer si la prévention secondaire comprenant un entraînement neuromusculaire a un impact sur l'incidence des entorses de cheville dans la population des volleyeurs.

### **3 Problématisation et question de recherche**

Dans le but de répondre à l'objectif principal, une problématique a été posée : en quoi un programme de prévention incluant l'entraînement neuromusculaire est pertinent pour diminuer l'incidence des entorses de cheville chez les volleyeurs ?

Les données évoquées dans le cadre conceptuel soulèvent des hypothèses et des questions.

- Les altérations sensorimotrices et neuromotrices semblent être des facteurs sur lesquels le kinésithérapeute peut apporter une action dans l'optique de réduire le risque de récurrence d'entorse latérale de cheville.
- Dans les programmes de rééducation après une lésion, le renforcement musculaire, l'entraînement proprioceptif, associés à d'autres techniques, permettraient de réduire l'incidence des entorses latérales de la cheville chez les volleyeurs.
- Quels seraient les effets d'un programme préventif incluant le renforcement musculaire des muscles fibulaires chez des volleyeurs sur le taux d'incidence d'entorse latérale de cheville ?
- L'entraînement neuromusculaire en prévention primaire et en prévention secondaire serait efficace pour la diminution de l'incidence de l'entorse de cheville chez les volleyeurs.

Tout ceci amène à une question de recherche formulée avec l'outil PICO. Il est constitué de critères permettant d'identifier les concepts-clés de la question de recherche et d'effectuer par la suite une recherche efficace au sein des bases de données bibliographiques en lien avec la thématique de cet écrit. Les critères sont regroupés dans *le Tableau III*.

## 4 Méthode et matériels

Afin de tenter de répondre à la problématique une revue de la littérature a été effectuée.

### 4.1 Mots clés et équations de recherche

Après la rédaction de la question de recherche avec les composantes de l'outil PICO, des mots clés ont été utilisés pour la recherche des articles, et afin de permettre leur sélection selon des critères spécifiques regroupés dans le *Tableau IV*. Les équations de recherche indispensables à la recherche d'articles ont été rédigées par le biais des mots clés en français et en anglais. Elles ont été réfléchies afin d'éviter le bruit et le silence documentaire.

La question de recherche est la suivante : le programme de prévention incluant l'entraînement neuromusculaire diminue-t-il l'incidence des entorses de cheville chez les volleyeurs par rapport à l'absence de prévention ?

*Tableau III : Critères PICO*

|                                   |                                                                                               |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Population</b>                 | Volleyeurs<br>Population de sportifs incluant des volleyeurs                                  |
| <b>Intervention</b>               | Intervention à visée proprioceptive ou renforcement musculaire ou neuromusculaire             |
| <b>Comparateur</b>                | Groupe témoin ou d'autres types d'exercice/outils<br>Ou lorsque l'intervention sert de témoin |
| <b>Outcome (évènement mesuré)</b> | Incidence de l'entorse de cheville<br>Taux d'entorse de cheville selon le temps de pratique   |

*Tableau IV : Mots clés*

| <b>Mots clés</b>                                                |                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cheville.<br>Entorse de cheville.<br>Volleyball.<br>Prévention. | Ankle joints<br>Ankle injury/Ankle sprain<br>Volleyball<br>Disease prevention/Primary/Prevention. |

## 4.2 Critères d'inclusion et d'exclusion

Le recueil des articles présents dans cette revue tient compte de différents critères. Les études sélectionnées doivent avoir comme population d'intérêt des joueurs de volleyball participant à des entraînement de volleyball et/ou à des compétitions d'amateurs ou semi-professionnels.

Les études se doivent de discuter de l'impact de l'entraînement neuromusculaire sur l'incidence des entorses de cheville, dans un contexte de prévention d'entorse de cheville avec une population ayant déjà des antécédents d'entorse de cheville. Ainsi les résultats des différentes études sélectionnées doivent mentionner un taux d'incidence ou une incidence de risque d'entorse ou un effet indiqué sur l'entorse de cheville.

Dans cette revue, seuls les articles et études à haut niveau de preuve ont été retenus, à savoir les revues systématiques.

La sélection des revues s'est basée sur leurs niveaux de preuve avec au moins un score de 4/11 aux grilles d'évaluation AMSTAR correspondant au type d'article retenu (55). Seuls les articles anglophones ont été inclus.

Enfin les articles devaient être publiés récemment, en considérant une tranche de 10 années, ainsi étaient éligibles les publications de 2012 à 2022, considérant que nos recherches ont été effectuées jusqu'au mois de mars 2022. Ce choix de traiter des articles récents a été réalisé afin de tenter d'apporter un éclairage sur les données les plus récentes sorties. De plus nous savons que ces 10 dernières années, la prévention a été un sujet qui a suscité son intérêt dans la littérature scientifique ainsi que dans le système de santé français.

## 4.3 Bases de données interrogées

Pour réaliser cette revue littéraire, les bases de données interrogées ont été PubMed et Science Direct. La première base de données interrogée est une base de données scientifiques anglo-saxonnes de littérature biomédicale proposée par le *National Center for Biotechnology Information* (NCBI). La deuxième est une base de données scientifiques regroupant plusieurs disciplines médicales de différentes langues proposées par l'éditeur Elsevier. Le *Tableau V*

regroupe l'ensemble des équations de recherche ainsi que les résultats trouvés sur les bases de données correspondantes.

*Tableau V : Résultats de l'interrogation des bases de données*

| Bases de données | Équations de recherche                  | Filtres                                                               | Nombre de résultats |
|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------|
| PubMed           | Ankle AND prevention AND volleyball     | Articles – de 10 ans                                                  | 5                   |
|                  | Ankle sprain AND neuromuscular training | <u>Type de publication :</u><br>Revue de la littérature               | 10                  |
| Science Direct   | Ankle AND prevention AND volleyball     | Articles – de 10 ans                                                  | 59                  |
|                  | Ankle sprain AND neuromuscular training | <u>Type de publication :</u> Article de recherche<br>Article de revue | 97                  |
| Total            | 171                                     |                                                                       |                     |

#### 4.4 Processus de sélection

La lecture d'article a permis de faire un premier tri. Les doublons ont également été rejetés. Dans un second temps, nous avons exclu certains articles après lecture du résumé. Enfin, les articles ont été lus dans leur intégralité pour sélectionner ceux correspondants aux critères d'inclusion.

Ni la stratégie de recherche, ni la stratégie de sélection, n'ont fait l'objet d'un examen par un pair.

Finalement, quatre études ont été intégrées et analysées dans cette revue de littérature. Le processus de sélection des articles comprend différentes étapes hiérarchisées selon le principe du diagramme de flux résumé dans la *Figure 5*.

#### 4.5 Risques de biais de l'évaluation

Les échelles d'évaluation correspondantes au type d'article sélectionné ont été utilisées dans le but d'estimer le risque de biais des études incluses et de donner un jugement global de ce risque. Pour cette évaluation la grille AMSTAR a été sélectionnée (55).

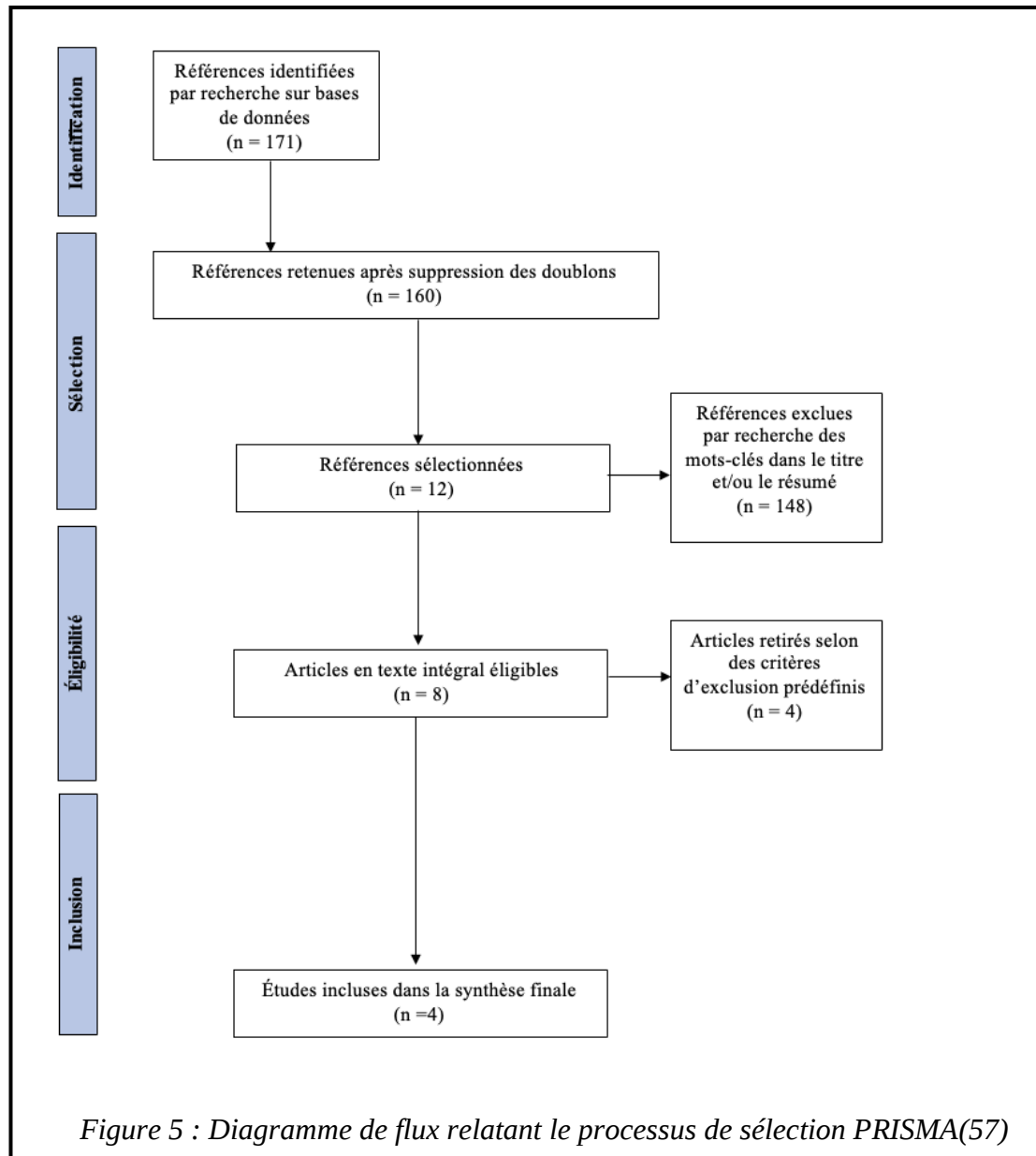
La grille AMSTAR, spécifique aux revues de la littérature, est constituée de 11 items où il faut répondre par oui ou par non selon la présence ou l'absence de critères définis. L'objectif de cette grille est de connaître la précision, l'intégrité des écrits, ainsi que de faire ressortir les potentiels biais (validité interne) et d'évaluer leurs limites (validité externe). Les évaluations de la qualité méthodologique des différents articles retenus sont regroupées dans le *Tableau VI*. Des couleurs ont été attribuées pour la validation des items. Le rouge signifie que l'item n'est pas rempli par la publication et le vert que l'item est validé.

*Tableau VI : Évaluations de la qualité méthodologique des études sélectionnées.*

|                                                           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | Total : AMSTAR |
|-----------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----------------|
| <b>Kilic, Maas et al.</b><br><b>(2017)</b>                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | <b>11/11</b>   |
| <b>Schiftan, Ross, John Hahne et al.</b><br><b>(2015)</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | <b>11/11</b>   |
| <b>Souza de Vasconcelos et al. (2018)</b>                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | <b>10/11</b>   |
| <b>Vriend, Gouttebauge et al.</b><br><b>(2016)</b>        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | <b>11/11</b>   |

## 5 Résultats

Une fois la recherche littéraire achevée, un total de 171 résultats a été trouvé. Le processus de sélection a permis d'aboutir à un total de quatre revues systématiques. Selon Merlin et al., les revues systématiques sont classées au niveau 1, correspondant au plus haut niveau de preuve (56).



## 5.1 Articles inclus

Les quatre revues incluses sont présentées dans le tableau ci-dessous (*Tableau VII*).

*Tableau VII : Articles inclus dans la revue de littérature*

| <b>Auteurs</b>             | <b>Titre</b>                                                                                                                                                          | <b>Type d'article</b>               | <b>Niveau de preuve</b> | <b>Année</b> | <b>Revue</b>                                          |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------------------------------|
| Kilic et al.<br>(27)       | <b>Incidence, aetiology and prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: a systematic review of the literature.</b>                                          | Revue systématique                  | I                       | 2017         | European Journal of Sport Science<br>Taylor & Francis |
| De Vasconcelos et al. (52) | <b>Effects of proprioceptive training on the incidence of ankle sprain in athletes: systematic review and meta-analysis.</b>                                          | Revue systématique et méta-analyse. | I                       | 2018         | Clinical Rehabilitation                               |
| Schiftan et al. (59)       | <b>The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: a systematic review and meta-analysis.</b>                       | Revue systématique et méta-analyse. | I                       | 2015         | Journal of Science and Medicine in Sport              |
| Vriend et al. (58)         | <b>Neuromuscular training is effective to prevent ankle sprains in a sporting population: a meta-analysis translating evidence into optimal prevention strategies</b> | Revue systématique et méta-analyse. | I                       | 2016         | Journal of ISAKOS<br>British Medical Journal          |

## 5.2 Caractéristiques des études incluses

Les caractéristiques des études retenues ainsi que les données et résultats importants sont présentés dans le *tableau VIII*

Tableau VIII : Caractéristiques et résultats des études sélectionnées.

|                                                                                                                                                                                    | Score AMSTAR (11) | Intervention/Objectif(s) de l'étude                                                                                                                                                                                                                    | Nombre d'études incluses                                     | Population cible                                                                                                       | Principaux résultats                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Effects of proprioceptive training on the incidence of ankle sprain in athletes: systematic review and meta-analysis.</b><br><br><b>De Vasconcelos et al. (52)</b>              | 10                | L'entraînement de l'équilibre comprenait des exercices de station debout sur une seule jambe au sol ou de frappes défiant l'équilibre, comme les disques et les trampolines, en plus d'exercices fonctionnels liés au sport pratiqué par les athlètes. | 12 pour la revue de la littérature<br>8 pour la méta-analyse | Sportifs âgés de plus de 18 ans, femmes et hommes avec ou sans entorses de cheville.                                   | Réduction de <b>38% de l'incidence des lésions</b> (0,62, IC 95% {0,44-0,90} avec un I2 : 47%).<br>Le résultat final démontre après élimination des incohérences, une <b>diminution</b> en faveur du groupe entraînement à l'équilibre concernant l'incidence de l'entorse de cheville (0,61 ; IC à 95 % : 0,49-0,77 ; I2 : 0).<br><br>( $P\text{-value} \leq 0.05$ )             |
| <b>The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: a systematic review and meta-analysis.</b><br><br><b>Schiftan et al. (58)</b> | 11                | Résumer systématiquement les preuves de l'efficacité de l'entraînement proprioceptif pour réduire l'incidence et les taux de récurrence des entorses de la cheville dans la population sportive.                                                       | 7                                                            | Population de 12 à 70 ans participant à un sport (football/volleyball/basketball/football américain/handball/netball). | <b>Réduction statistiquement significative</b> des entorses de la cheville en faveur du groupe entraînement proprioceptif (RR=0,65 ; 95% IC 0,55-0,77).<br>Cela représente un <b>nombre total nécessaire à traiter (NNT) de 17 athlètes</b> avec un entraînement neuromusculaire pour éviter une entorse de cheville (NNT=17 ; 95%IC 33-11).<br><br>( $P\text{-value} \leq 0.1$ ) |
| <b>Incidence, aetiology and prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: a systematic review of the literature.</b><br><br><b>Kliic et al. (27)</b>                       | 11                | Passer en revue de manière systématique les preuves scientifiques sur l'incidence, la prévalence, l'étiologie et les mesures préventives des blessures au volleyball.                                                                                  | 34 études incluses dont 4 sur le sujet de la prévention      | Adultes et jeunes joueurs de volleyball participant à un entraînement de volleyball et/ou à des compétitions.          | <b>Diminution significative du risque</b> de blessures à la cheville de RR 0,5<br><br>( $P\text{-value} < 0,05$ )                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                |    |                                                                                                                                               |    |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Neuromuscular training is effective to prevent ankle sprains in a sporting population: a meta-analysis translating evidence into optimal prevention strategies.</b></p> <p><b>Vriend et al. (59)</b></p> | 11 | Évaluer l'effet préventif de l'entraînement neuromusculaire pour les entorses de la cheville initiales et récurrentes dans différents sports. | 30 | Population générale sportive avec ou sans antécédent d'entorse de la cheville ou de fonction réduite de la cheville. | <p>Les données regroupées ont démontré une <b>réduction significative</b> de l'occurrence des entorses de la cheville, <b>favorisant l'entraînement neuromusculaire</b> dans les interventions comprenant une forme d'entraînement à l'équilibre (RR=0,6 ; 95% IC 0,51 à 0,71)</p> <p>(P-value = 0,02)</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 5.2.1 Présentation des résultats

Les quatre études retenues dans cette revue s'intéressent à l'impact de l'entraînement neuromusculaire sur l'incidence des entorses de cheville dans la population sportive.

Au niveau de la population étudiée, une revue traite des données sur des jeunes et des adultes volleyeurs participants ou non à des compétitions (27). Deux autres, s'intéressent à la population sportive âgée de plus de 18 ans avec ou sans antécédents d'entorses de cheville (52,59). La dernière s'est intéressée à une population sportive âgée de 12 à 70 ans composée entre autres de volleyeurs (58).

Les résultats sont présentés ci-dessous en fonction des mesures effectuées dans les différentes études.

### 5.2.2 Effets de l'entraînement neuromusculaire sur l'incidence des entorses de cheville

Les quatre revues analysent l'effet de l'entraînement neuromusculaire ou de l'entraînement à l'équilibre sur l'incidence de l'entorse de cheville chez une population sportive.

Dans les 30 études analysées par Vriend et al., l'ensemble des interventions étudiées comprenaient des exercices d'entraînement à l'équilibre (59). Des études évaluaient l'efficacité de l'entraînement à l'équilibre, quand d'autres évaluaient l'effet d'une intervention à composante multiple comprenant de l'entraînement à l'équilibre en association avec du renforcement musculaire, des exercices pliométriques et/ou de l'agilité. La méta-analyse, a montré une réduction significative de l'occurrence des entorses de la cheville **favorisant l'entraînement neuromusculaire** dans les interventions qui comprenaient une forme d'entraînement à l'équilibre. En effet, le risque relatif (RR) s'élève à 0,6 avec un intervalle de confiance (IC) à 95% compris entre 0,51 et 0,71 avec un dispositif d'équilibre tel qu'une planche ou un appareil d'équilibre. **Le risque est également diminué dans les interventions d'entraînement neuromusculaire** incluant un entraînement à l'équilibre sans planche d'équilibre (RR=0,60 ; 95% IC 0,44 à 0,83). Ces résultats sont statistiquement significatifs avec une p-value inférieure à 0,05 et une hétérogénéité des études composant la méta-analyse de 0% (I<sup>2</sup>=0%).

L'ensemble des données retenues par Vriend et al. démontre une **réduction significative** de l'occurrence de l'entorse de cheville, **par le biais de l'entraînement à l'équilibre à visée préventive** pour les entorses de cheville (RR=0,58 ; 95% IC 0,48-0,72) et ce, quel que soit le type d'exercice d'équilibre. Cependant, **aucun effet significatif** est notable concernant les interventions ciblant les entorses de cheville, avec des **composantes multiples** (RR=0,67 ; 95% IC 0,37-1,24) (59).

Dans la revue de Kilic, une étude a évalué une mesure préventive sur l'occurrence de l'entorse de cheville par le biais d'une intervention constituée de 14 exercices de proprioception avec et sans planche d'équilibre, utilisant ou non un ballon et du matériel sur une durée de 36 semaines (27). Cette intervention a proposé des variations de chaque exercice tout au long des semaines. L'objectif était axé sur la diminution des entorses de cheville chez les joueurs de volleyball adultes. Sur cette population de 1 127 joueurs masculins et féminins, quatre exercices de proprioception ont été proposés par semaines aux groupes bénéficiant de l'intervention, à mettre en place durant les échauffements. Une comparaison a été réalisée à la fin des 36 semaines entre le groupe intervention et le groupe contrôle. A la fin de l'intervention, il a été démontré **une diminution significative du risque de blessures de cheville** dans le groupe intervention comparé au groupe contrôle, avec une différence de risque de 0,4 pour 1 000 heures de jeu (95% IC 0,1-0,7) (60).

Une recherche littéraire a été menée par de Vasconcelos et al. afin d'étendre l'analyse sur l'effet de l'entraînement à l'équilibre et son efficacité sur l'amélioration du contrôle neuromusculaire dynamique (52). En outre, l'effet sur l'incidence de l'entorse de cheville par le biais de l'entraînement à l'équilibre a aussi été évalué chez des athlètes adultes de différents sports et de différentes modalités de pratique. Les auteurs ont considéré que la diminution de l'incidence et du risque d'entorse de cheville est un **paramètre valide et cliniquement révélateur** pour évaluer un effet d'intervention sur la santé. Ils ajoutent que ce risque de blessure dans le milieu sportif est également lié à des paramètres tels que le contrôle neuromusculaire, la proprioception, la force et l'équilibre.

L'extraction des données a été réalisée par deux examinateurs indépendants qui ont considéré les résultats comme significatifs pour l'incidence des entorses par le biais du risque relatif avec des valeurs de p-value inférieure ou égale à 0,05 et un intervalle de confiance de 95%. Ils ont

également été vigilants quant à l'hétérogénéité des résultats évalués avec le test d'incohérence I2 dans lequel les valeurs supérieures à 25% et 50% étaient considérées comme respectivement indicatives d'une hétérogénéité modérée et élevée. Ainsi, les six études incluses dans la revue systématique ont observé que l'entraînement à l'équilibre comparé au groupe contrôle favorisait **une réduction de 38%** de l'incidence des entorses de la cheville (RR=0,62 ; 95% IC 0,43-0,90 ; I2=47%). Parmi ces études, une incohérence a été notée dans les résultats en raison de la période d'entraînement, ainsi, seules trois études ont été conservées pour faire tomber l'incohérence à 0. Cependant le résultat n'a pas été modifié, l'entraînement à l'équilibre comparé au groupe contrôle favorise la **réduction de l'incidence** des lésions à la cheville chez une **population de sportif** (RR=0,61 ; 95%IC 0,49-0,77 ; I2=0%) (52).

Schiftan et al. ont retenus 7 essais jugés statistiquement homogènes (I2=0%), permettant de procéder à une méta-analyse et de pouvoir interpréter les résultats. En effet, ces dernières ont inclus en additionnant chaque population un total de 3 726 participants. Les résultats révèlent une **réduction statistiquement significative** des entorses de la cheville en faveur du groupe d'entraînement proprioceptif (RR = 0,65 IC 95% 0,55-0,77). Les auteurs apportent un élément pratique en indiquant qu'avec l'ensemble des données recueillies ils estiment que **17 sportifs devraient bénéficier d'un entraînement neuromusculaire** afin d'éviter une blessure à la cheville (NNT=17 IC95% 33-11) (58).

### 5.2.3 Effets de l'entraînement neuromusculaire selon l'histoire du patient

Les auteurs de la revue systématique de Schiftan ont subdivisé les résultats obtenus afin d'examiner les effets préventifs secondaires de l'entraînement proprioceptif ainsi que les effets préventifs primaires. Les données ont été séparées en deux, les personnes ayant exclusivement des antécédents d'entorse de la cheville, et les participants sportifs sans antécédents de blessure à la cheville. Ainsi après séparation des participants selon leur historique de blessure, les résultats de la méta-analyse démontre une **tendance en faveur** du groupe ayant bénéficié de l'intervention avec l'entraînement proprioceptif (RR = 0.64, 95% CI 0.51–0.81). Cependant, les effets de l'entraînement proprioceptif sous forme de **prévention primaire ne sont pas significatifs** (58).

L'analyse des études incluses par Vriend et al. montre une **réduction significative des entorses de la cheville** dans les interventions avec entraînement neuromusculaire incluant des participants **indépendamment de leurs antécédents de blessures** (RR=0,59 ; 95% IC 0,49-0,71), ainsi que sur des sportifs ayant des antécédents d'entorse de cheville (RR=0,69 ; 95% IC 0,49-0,98). Cependant, aucun effet significatif n'a été trouvé concernant la prévention des nouvelles entorses de la cheville (RR=0,55 ; 95% IC 0,28-1,08). L'effet de l'entraînement neuromusculaire a été évalué dans différents sports pouvant varier, de 33% pour le handball, 40% pour le football, 50% pour le basketball, à **100% pour le volleyball** (en considérant deux études : un essai contrôlé randomisé avec une qualité scientifique (QS) évaluée à 79% (RR=0,54 ; 95% IC 0,34-0,85) et une étude interventionnelle avec pré et post-test avec une qualité scientifique de 85% (RR=0,51 ; 95% IC 0,32-0,81)) (59).

Une analyse de sous-groupe a été menée également par Kilic et al. afin d'estimer l'impact de l'histoire des participants sur l'effet de l'intervention. Les **joueurs ayant des antécédents d'entorse de la cheville ont montré une différence significative** en termes d'incidence d'entorse de cheville dans le groupe de l'intervention comparé au groupe contrôle (RD=0,5 ; 95% IC 0,1-0,9), cependant aucune différence significative n'a été observée pour les joueurs sans antécédent d'entorse de cheville (RD=0,2 ; 95% IC 0,3-0,7) (27).

## 6 Discussion

### 6.1 Analyse des résultats

#### 6.1.1 Analyse méthodologique

Le niveau de preuve et la rigueur méthodologique des publications sélectionnées ont été évalués dans cette revue. L'évaluation permet alors de prendre conscience de la qualité scientifique et de la fiabilité des articles. Cette étape est indispensable et doit être prise en compte pour la suite dans l'analyse et l'interprétation des résultats.

Au regard de leur design, les quatre études incluses présentent un niveau de preuve élevé selon l'échelle établie par le *National Health and Medical Research Council* d'Australie. Ces études sont des revues systématiques de la littérature sont classées comme les publications avec un haut niveau de preuve scientifique (56).

Ces quatre dernières reçoivent une note supérieure ou égale à 10 sur 11, ce qui les classe dans la catégorie de publication à haute qualité méthodologique. L'ensemble des études reçoivent une note moyenne de 10,75/11. Cependant les articles restent à prendre en compte avec un esprit critique malgré leur forte fiabilité scientifique. La revue de Souza de Vasconcelos et al. possède un biais qui est non négligeable malgré la bonne structuration et la méthodologie de cette revue (52). En effet, les auteurs ne mentionnent pas de diagramme de dispersion des études, ni de test pour évaluer le biais de publication, ne permettant pas d'attribuer à cette étude l'item correspondant (55).

Parmi les quatre études incluses aucune ne fait intervenir de taille d'effet ce qui reste un biais pour la validation de la différence significative clinique dans chaque résultat énoncé malgré la signification statistique. (55).

### 6.1.2 Effets de l'entraînement neuromusculaire sur l'incidence des entorses de cheville

L'analyse de Virend et al. démontre un **effet protecteur de l'entraînement à l'équilibre** avec ou sans appareil d'équilibre. En effet le risque relatif s'élève à 0,60, signifiant que les participants n'ayant pas bénéficié d'une intervention ont **6 fois plus de risque** de subir une entorse de la cheville (59). Ce résultat peut être interprété avec une bonne fiabilité statistique puisque l'intervalle de confiance de ce risque relatif ne croise pas l'effet nul et donc ne croise pas 1 (RR=0,6 ; 95% IC 0,51 à 0,71). Les données regroupées ont permis de démontrer **une réduction significative de l'occurrence des entorses de la cheville**. Cependant les résultats sont à pondérer. En effet, la méta-analyse démontre que de manière statistique les articles recueillis ne sont pas homogènes ( $I^2=61\%$  ;  $p=0.008$ ). Cela revient donc à dire qu'un ou plusieurs des articles retenus ont un poids plus important dans l'estimation des résultats et viendrait alors biaiser les résultats énoncés.

Dans cette même publication, les auteurs soulèvent la question de l'utilisation seule de l'entraînement à l'équilibre ou en association avec d'autres types de prise en charge. Les résultats ne **montrent pas d'effet concluant sur les interventions avec des composantes multiples** (RR=0,67 ; IC 95% (0,37-1,24)). Néanmoins, les avis sont controversés dans la littérature sur l'utilisation d'une intervention de prévention à composante unique ou multiple des entorses de la

cheville. Dans une revue systématique, parmi les 7 études retenues, deux d'entre elles rapportent **une différence significative** entre le groupe d'intervention et le groupe de contrôle lors de la mise en œuvre d'une intervention de 20 minutes combinant l'entraînement à l'équilibre avec l'entraînement pliométrique, la force et l'agilité. Les participantes étaient des footballeuses et des joueuses de basket (61). L'une des études inclue rapporte une incidence de blessures de 0,277/1 000 heures de jeu pour le groupe intervention contre 1,10/1 000 heures pour le groupe contrôle ( $p=0,05$ ), avec un taux d'incidence de 0,28 (IC 95% 0,12-0,67). Ces différents résultats restaient significatifs même après l'ajustement des facteurs individuels, du niveau de pratique de l'équipe, de la ligue et de l'incidence de blessures antérieures (61). Malgré la différence de population, le basket peut se rapprocher du volleyball par sa pratique en salle, mais **les résultats ne peuvent pas être généralisés à la pratique du volleyball**. Ces résultats viennent nuancer l'idée selon laquelle une intervention multiple ne semble pas efficace pour réduire l'incidence des entorses de cheville.

De plus, Bleakley et al. démontrent que **l'entraînement à la coordination et à l'équilibre permet de prévenir les entorses récurrentes de la cheville (62)**. L'évaluation de l'effet **de la thérapie par l'exercice** comme dans l'entraînement neuromusculaire, principalement par le biais de la proprioception, a montré un **effet positif sur la prévention de l'entorse latérale de cheville et surtout de l'entorse récurrente**.

Une publication de Vuuberg montre l'effet protecteur en matière de prévention secondaire de la thérapie par l'exercice présente dans l'entraînement neuromusculaire, sur **l'entorse latérale récurrente** dans une population d'athlète (RR 0,62 IC 95% 0,51-0,76). L'exposition à **un entraînement proprioceptif** dans le but d'améliorer la perception de la position articulation de la cheville et de réduire le risque de récurrence, a démontré une **réduction de ce risque au même niveau que celui des témoins sains** (4). Une diminution de l'incidence de l'entorse de cheville de 39% est observable dans la publication de Souza de Vasconcelos et al. incluant 5 études dans leur revue systématique (RR=0,61 ; 95%IC 0,49-0,77 ;  $I^2=0\%$ ) (52). Ces résultats appuient les propos des différents auteurs en faveur d'un effet protecteur de l'entraînement à l'équilibre en association ou non à d'autre type d'entraînement ou d'exercice.

L'utilisation de l'entraînement neuromusculaire n'est pas la seule alternative selon la littérature. En effet, une revue de Burger et al. évalue et identifie **l'entraînement proprioceptif et**

**neuromusculaire** comme un moyen de **réduire le taux d'entorses de la cheville** chez les athlètes ayant des antécédents d'entorse de la cheville comparativement à l'utilisation d'une attelle (63). **L'effet combiné global**, de l'entraînement neuromusculaire et proprioceptif associé à l'utilisation d'une attelle, n'indique **aucune différence significative** ( $p=0,97$ ). L'entraînement vise à réduire progressivement la déficience neuromusculaire décelée au bilan, en améliorant les réflexes de protection de la cheville et en sollicitant les voies afférentes, les muscles et les ligaments. L'attelle quant à elle permet de soutenir l'articulation immédiatement, contrairement à l'entraînement neuromusculaire qui lui est progressif. Ainsi, il semble être de mise que ces deux types de traitement permettent aux patients de reprendre leurs activités le plus rapidement possible, en pouvant compter sur l'attelle dans un premier temps. Ce premier temps correspondant à une phase plus aiguë, plus algique et avec plus d'appréhension psychologique. En parallèle, le patient pourra alors consulter un thérapeute pour bénéficier d'intervention d'entraînement neuromusculaire pour se sevrer progressivement de l'attelle et retrouver la fonction physiologique de la cheville. **Le traitement de la cheville avec un travail neuromusculaire apparaît comme une plus-value pour l'ensemble du membre inférieur, permettant alors d'améliorer la statique.** La position et la stabilité du pied ainsi que de la cheville est un **réel levier** pour différentes pathologies du membre inférieur (63).

L'idée du port d'attelle telle que des supports fonctionnels sous forme de chevillière ou de bande est retenue chez ces auteurs, qui expliquent que ces dernières diffèrent d'une immobilisation complète et rigide. En effet, cela permet au patient de se mettre en charge plus vite sans endommager les tissus lésés lors du traumatisme de manière prolongée (63). Cependant, il est clair que l'utilisation excessive et prolongée de ces moyens de traitement n'est pas utile dans le traitement de ces lésions si la gravité de cette dernière ne nécessite pas de prolonger leur application. Leur utilisation est préférable à l'immobilisation prolongée, et montre des effets par rapport à d'autres types de soutien fonctionnel (4).

L'utilisation d'attelle n'a pas prouvé d'efficacité sur l'acuité proprioceptive chez les patients ayant subi des entorses récurrentes de la cheville ou ceux présentant une instabilité fonctionnelle. Ainsi, **l'utilisation seule d'une attelle ne semble pas suffire.** Il apparaît **qu'une association avec un travail de la statique posturale et de la dynamique posturale**, doit être envisagée (4).

### 6.1.3 Effets de l'entraînement neuromusculaire selon l'histoire du patient

Sachant que l'antécédent d'entorse de la cheville est un des facteurs principaux de blessure à la cheville, cet écrit a eu l'intention de renseigner sur la place de la prévention primaire dans le champ des lésions musculosquelettiques telle que l'entorse de la cheville.

Les antécédents d'entorses de la cheville sont connus pour **augmenter le risque d'entorses** (3). Généralement, ce risque est causé par une déficience neuromusculaire de l'articulation de la cheville due au traumatisme des mécanorécepteurs des ligaments et de la musculature de la cheville après l'incident. Les mesures prophylactiques telles que l'entraînement neuromusculaire et l'attelle comme énoncé plus haut sont aussi efficaces l'une que l'autre pour réduire ce risque accru de récurrence d'entorse de la cheville après un premier épisode (4). L'attelle a été conçue pour limiter les amplitudes anormales des mouvements de la cheville. Le **soutien** au système neuromusculaire est immédiat lorsque l'attelle est portée, et le risque de récurrence est instantanément réduit au niveau de « base ». Néanmoins, le terme « soutenir » prend tout son sens, l'attelle ne cible pas la fonction neuromusculaire qui est déficitaire. En cela, l'entraînement neuromusculaire doit être pratiqué après un premier traumatisme et d'autant plus que nous savons que **le risque de récurrence augmente durant une période de 1 à 2 ans après le traumatisme** (62,64). L'utilisation de l'attelle a donc une valeur préventive immédiate sur les conséquences du traumatisme tandis que l'entraînement neuromusculaire, a lui une **valeur préventive progressive** sur la cause, et donc sur la déficience en lien avec le traumatisme (62–64).

Virend et al. eux, démontrent qu'il n'y a pas d'effet significatif de l'entraînement neuromusculaire en guise de **prévention des nouvelles entorses de la cheville** (RR=0,55 ; 95% IC 0,28-1,08) (59). L'analyse de sous-groupe menée par Kilic et al. expose la même chose. Les joueurs ayant des antécédents d'entorses de la cheville ont montré une différence significative pour ce qui est de l'incidence d'entorse dans le groupe intervention comparativement au groupe contrôle (RD=0,5 ; 95% IC 0,1-0,9), mais aucune différence statistiquement significative n'a été prouvée pour les joueurs n'ayant jamais subi d'entorse de cheville (RD=0,2 ; 95% IC 0,3-0,7) (27). Cependant, l'étude de Schifano ne démontre **pas de résultats significatifs sur les participants sans antécédents d'entorse** de cheville, mais uniquement sur les patients avec un historique de blessure à la cheville (RR = 0.64, 95% CI 0.51–0.81) (58). De plus, les auteurs considèrent que 17

participants dans l'ensemble de la population de l'étude devraient bénéficier d'un entraînement proprioceptif pour réduire l'incidence d'entorse, et un total de 13 athlètes dans le groupe avec antécédents d'entorse de cheville. Aucun effet seuil n'a été introduit dans l'étude, cependant les auteurs estiment interpréter cliniquement ces informations et donnent un équivalent d'une entorse de cheville pouvant être évitée par équipe sportive grâce à ce type d'intervention (58).

Dans la littérature la prévention à l'aide de l'exercice tels que les entraînement à la coordination et à l'équilibre semblent principalement efficaces pour les entorses récurrentes de la cheville jusqu'à 12 mois après l'entorse initiale. Néanmoins **ce n'est pas le cas pour prévenir une première entorse de la cheville** (4). Il est donc conseillé de commencer une thérapie par l'exercice, en particulier chez les athlètes, **le plus tôt possible après l'entorse initiale** afin de prévenir les récurrences de l'entorse de cheville (62). Les exercices de rééducation semblent prévenir les récurrences d'entorses de la cheville. En outre, l'effet notoire le plus important apparaît après 7 à 12 mois de suivi (4,20).

Une étude a été menée par Owwoye et al. et a pour objectif principal d'examiner l'efficacité de l'entraînement neuromusculaire en programme d'échauffement sur la réduction des entorses de cheville chez les jeunes joueurs de football et de basketball (65). Les analyses univariées n'ont pas démontré de manière statistiquement significative un effet protecteur de l'entraînement neuromusculaire sur l'entorse de cheville quel que soit les antécédents d'entorse de cheville de la population (IRR 0,71 IC 95% 0,50-1,01). Néanmoins, des **facteurs de risques** ressortent dans cette étude. En effet, le fait d'avoir des antécédents d'entorse de cheville semblent être à risque d'entorse (IRR 2,38 IC 95% 1,66-3,42) (65). Pour remédier aux déséquilibres de base entre les groupes, une analyse de régression multivariée a été effectuée en tenant compte des covariables et du nombre d'heures de pratique des équipes. Cette remédiation aux biais potentiels a permis de montrer qu'un programme **d'échauffement** d'entraînement neuromusculaire a eu un **effet protecteur** en réduisant le risque d'entorse de cheville de 32% (IRR 0,68 IC 95% 0,46-0,99). Les auteurs tiennent à informer que la puissance de leur étude était insuffisante pour détecter tout effet d'interaction significatif au sein des sous-groupes de joueurs avec ou sans antécédents d'entorse de cheville. Pour autant, il semble que l'effet protecteur de l'entraînement neuromusculaire sur le risque d'entorse de cheville, se manifeste surtout chez les joueurs ayant des antécédents d'entorse de cheville (65). Ces données appuient les propos de Verhagen et al. En effet, selon eux, bien que les

effets préventifs puissent être rapportés dans une population sportive générale, les résultats suggèrent un plus fort effet chez les athlètes déjà blessés, et que l'effet est inexistant ou très faible chez les sportifs n'ayant jamais subi d'entorse de la cheville (64).

## 6.2 Synthèse des résultats

Ces données soulignent la complexité de la mise en place d'un protocole de prévention, et la **diversité des outils** à la disposition du kinésithérapeute. Cette pathologie est **évolutive** et touche une **part importante de la population sportive** mettant le kinésithérapeute au cœur de la prise en charge. La **population à risque des volleyeurs** semble être la plus à même d'adhérer à une prise en charge préventive compte tenu de leur compliance et de leur compréhension des situations blessantes et des conséquences de ce type de blessure (64,66,67).

L'entraînement neuromusculaire est à la disposition du thérapeute afin de lui permettre d'avoir une **action préventive** auprès des patients victimes d'entorse latérale de cheville via l'entraînement à l'équilibre, à la statique et à la dynamique posturale. Les résultats apportés par les quatre études semblent démontrer un **effet favorable** de l'inclusion de l'entraînement neuromusculaire dans les programmes de prévention **sur les récurrences** des entorses de cheville chez les volleyeurs. La **prévention primaire quant à elle, ne semble pas assez étudiée** pour conclure sur ses preuves sur les entorses de cheville après l'analyse de la littérature.

Le message principal qui peut être retenu de cet écrit, est que la prévention de la récurrence de l'entorse de cheville va de pair avec une **prise en charge précoce et adaptée à l'individu**. L'entorse de cheville n'est pas à banaliser car elle peut aboutir à de l'instabilité chronique de cheville qui **n'est pas une fatalité** mais bien un dommage collatéral de la banalisation de l'entorse de cheville et de bilans, diagnostics stéréotypés.

La prudence dans l'interprétation des résultats ainsi qu'un esprit critique semblent être important à avoir à l'égard de cette revue. En outre, certaines limites au sein de cet écrit et des études incluses dans ce dernier viennent nuancer les conclusions.

### 6.3 Limites

Cette revue s'inscrivant dans le cadre de l'initiation à la recherche, comporte des limites. En effet, la sélection des articles et l'extraction des données n'ont pas bénéficié d'une double lecture. Malgré la supervision, et la validation de ses choix, concernant l'analyse, le choix et l'interprétation des articles, l'auteur était le seul à réaliser ces actions. Ainsi, la prise de recul n'a pas pu être aussi optimale qu'avec une lecture double, qu'avec une discussion pour les choix plus approfondie qu'aurait pu l'être si les analyses avaient été faites avec plusieurs pairs (57).

De plus, les critères d'éligibilité peuvent être responsables du nombre relativement faible d'articles inclus. La population cible particulière a été un choix raisonné. En effet, des écrits synthétiques et des mémoires de fin d'études traitant de la prévention de l'entorse de cheville par le biais de traitement et d'intervention, sont récemment sortis. Cela a demandé une adaptation du travail à fournir afin d'apporter une vision nouvelle sur le sujet qu'est la prévention de l'entorse de la cheville.

Le but de cette revue est de démontrer l'influence de l'entraînement neuromusculaire sur l'incidence des entorses de cheville dans un contexte particulier de prévention et dans une population sportive spécifique, les volleyeurs. C'est en ce sens que les critères d'exclusion et d'inclusion des études sélectionnées ont été déterminés. Cependant en privilégiant une population, cela apporte un biais sur ces critères. La littérature sur les volleyeurs ne semble pas suffisamment explorée pour se permettre de rechercher des publications ciblant les volleyeurs pour population unique afin d'offrir matière pour l'analyse des résultats. Ainsi, un choix a été fait d'inclure des études s'intéressant à des populations de sportifs comprenant des volleyeurs, ce qui amène des limites aux résultats présentés. En effet, la restriction par la spécificité de la population a amené à un élargissement des critères d'inclusion. L'analyse des études entre elles a été effectuée tout en sachant que les sports pratiqués ne sont pas les mêmes pour chaque étude. Cette limite peut alors interférer les résultats.

Cette remarque fait apparaître une autre limite de l'écrit synthétique. Pour répondre à la question de recherche, un choix de restreindre aux 10 dernières années pour apporter un regard nouveau sur les données de la littérature a été réalisé. Cette restriction temporelle a limité notre

choix dans les études, et il est compréhensible qu'en l'espace de ces 10 années les chercheurs n'ont pas pu publier un nombre important d'articles scientifiques traitant de la population spécifique et apportant des réponses à notre question de recherche.

Une autre limite concerne les différentes méthodes utilisées dans les études. La difficulté s'est retrouvée lors de la recherche autour de l'entraînement neuromusculaire, puisque ce terme ne possède pas forcément de définition claire. L'entraînement neuromusculaire est un terme large, pouvant regrouper divers autres entraînements pouvant faire office de prévention et de traitement également. Même si dans la majorité des études incluses, les auteurs semblent s'accorder sur les termes, cela contribue en une limite à l'écrit. De plus, les définitions pouvant varier, il en est de même pour les professionnels chargés de mettre en place le protocole qui ne sont pas les mêmes pour chaque étude. Ces informations représentent alors des limites de ce mémoire.

#### **6.4 Perspectives de recherche**

Les programmes d'entraînement neuromusculaire sembleraient pouvoir être envisagés au-delà du renforcement de l'équilibre et des exercices passifs, dynamiques axés sur la cheville, mais également sur le renforcement du tronc des muscles fessiers, des hanches et des jambes. L'entraînement à l'équilibre est d'autant plus concluant que l'on utilise le déséquilibre du tronc et donc par extension cela passerait par le renforcement du tronc et des stabilisateurs de hanche (61,68).

De plus, des recherches prospectives montrent que les déficiences motrices dues à une entorse de la cheville peuvent altérer les articulations proximales du membre inférieur. En cela, un effet clinique complémentaire et supplémentaire pourrait être obtenu si lors des programmes de rééducation, et de prévention étaient inclus des exercices plus globaux pour l'ensemble du membre inférieur (62,69).

En dépit d'un traitement initial consistant en un bandage/tape et une rééducation physique jusqu'à 40% des personnes ayant subi une entorse latérale de cheville développe une instabilité chronique de cheville. Des facteurs ont été identifiés comme pourvoyeurs de développement d'instabilité chronique de cheville comme : l'incapacité à effectuer des sauts et des réceptions dans les 2 semaines suivant un premier épisode, les déficiences du contrôle postural dynamique,

l'altération de la cinématique de l'articulation de la hanche, le manque de stabilité mécanique/augmentation de la laxité ligamentaire 8 semaines après une entorse de la cheville et enfin les troubles aigus de l'équilibre postural qui persistent après une entorse de la cheville (4).

En raison de l'origine neuromusculaire de certains de ces facteurs pronostiques, la kinésithérapie peut être un moyen utile dans l'amélioration des déficiences physiques après une entorse de la cheville et prévenir la progression vers l'instabilité de cheville qui ne doit pas être perçue comme une fatalité (4).

Lors de futures recherches, ou de futures mises en place de protocole, il pourrait être intéressant de cibler une batterie de test pour réaliser un screening de pré-saison dans le monde sportif. Cela permettrait d'avoir un ensemble de données de référence et des tests pouvant s'avérer révélateurs par discipline. Ainsi cela permettrait aux thérapeutes de pouvoir directement faire repasser aux sportifs les tests réalisés en début de saison pour orienter plus facilement leur traitement sans stéréotyper les bilans. De ce fait, le retour au terrain pourrait être optimisé (70).

A travers ce mémoire, il est possible de voir la complexité de la mise en place d'un protocole et l'adhésion pouvant être difficile à avoir parfois. La population sportive semble être la plus encline à recevoir des programmes de prévention car cela leur permettrait à terme de diminuer leur absentéisme et dans l'idéal d'aider à l'amélioration de leurs performances et de leurs anticipations aux situations blessantes (8,63,71).

#### **6.4.1 Compliance et adhésion au programme**

L'adhésion du patient à un programme de rééducation est un facteur clé dans la prévention des blessures, ainsi que sur le retour au sport après la blessure. Une étude présente des niveaux de non-observance compris entre 10% et 40%, ce qui reflète la réalité (72). En effet, l'adhésion du patient dans chaque rééducation prime sur la technique utilisée. Le thérapeute peut faire bénéficier au patient du meilleur moyen qu'il soit, si le patient n'adhère pas, ni ne participe aux soins en tant qu'acteur et auteur de sa prise en charge, l'évolution sera moindre (73).

L'adhésion à la rééducation, à la prévention et aux programmes proposés par le kinésithérapeute est un sujet de préoccupation important. En adoptant uniquement une approche par la prévention des blessures, la participation des sportifs peut être freinée, ce qui réduirait

l'efficacité des programmes en tant que moyen de prévention des blessures. L'adhésion est augmentée lorsque les programmes inclus ciblent l'amélioration des performances. La supervision est un élément clef dans l'adhésion et la participation aux programmes. En effet, lorsqu'il s'agit de l'entraîneur qui supervise ou s'il s'agit du préparateur physique de l'équipe, le taux d'assiduité augmente. Ce dernier est également augmenté si le programme est réalisé dans le cadre de la pratique ou d'une session d'entraînement à l'équilibre (72). Il semble être important en tant que kinésithérapeute de communiquer avec les autres professionnels s'occupant du patient et de travailler dans l'interdisciplinarité au profit de l'athlète. La réalisation d'un programme d'entraînement de l'équilibre à domicile non supervisé ne fournit qu'une assiduité de 60.3%, de ce fait les cliniciens doivent envisager une supervision adéquate (72).

Un programme, nommé FIFA 11+ a été conçu comme un programme d'échauffement efficace, adéquat et complet pour minimiser les blessures sur le terrain de football. Il a été prouvé dans des études que plus le programme d'entraînement neuromusculaire est mis en œuvre, plus le taux de blessure rapporté diminue. Cependant, deux facteurs limitants sont pointés du doigt : l'observance du programme et le faible nombre de séance par semaine (67,71).

De plus, un cluster d'essais contrôlés randomisé mené par Emery et al. va dans le sens de l'inclusion d'un programme de prévention par l'entraînement neuromusculaire lors de l'échauffement (74). Afin d'évaluer l'efficacité d'un programme de prévention par le biais d'un entraînement neuromusculaire pour réduire les blessures musculosquelettiques chez les jeunes, Emery et al. ont réalisé une étude sur 3 ans au sein de 12 écoles du second degré. L'intervention a été effectuée chez des jeunes âgés entre 11 et 16 ans. Les participants du groupe intervention ont pu bénéficier, avant leur cours d'EPS, d'un **échauffement** de 10 à 15 minutes comprenant un entraînement neuromusculaire sur une période de 12 semaines. Douze écoles, avec classes mixtes, ont participé à cet essai contrôlé randomisé en grappe, sur les trois ans avec quatre écoles par an. Le programme d'intervention a eu un **effet protecteur** sur les blessures aux extrémités inférieures avec comme unique effet aléatoire, l'école (IRR=0,357 ; 95%IC 0,159-0,799) (74).

Les études précédentes démontrent que l'entraînement neuromusculaire en tant que prévention semble être plus efficace lorsqu'il fait partie intégrante des sessions d'entraînement et faisant office d'échauffement. Cela revient au discours affirmant que les athlètes sont plus

adhérents à un programme proposé au sein de leur séance avec un objectif d'amélioration des performances (66).

Ainsi, lors de futures recherches, il pourrait être intéressant de mettre en place un protocole d'entraînement neuromusculaire préventif et d'évaluer le taux d'adhésion des volleyeurs lors de cette intervention.

#### 6.4.2 Entraînement neuromusculaire et performances sportives

Kilic et al. analysent la prévention des lésions musculosquelettiques en plus de celle des entorses de cheville (27). Les résultats démontrent un **effet protecteur** de l'entraînement contre résistance sur les blessures musculosquelettiques. En effet, lors de la saison d'intervention aucune blessure n'a été rapportée dans le groupe intervention pour 1 000 heures de pratique et de matchs, contre 3,7 blessures dans le groupe témoin pour le même temps d'exposition. Le niveau de signification est défini au début de l'étude à 0,05. Dans cette intervention, seules 27 volleyeuses ont été enregistrées ce qui ne permet pas d'interpréter et d'élargir le résultat à un ensemble plus important. Cependant, les auteurs appuient sur le taux d'incidence de blessure dans le groupe expérimental ayant bénéficié de cet entraînement individualisé contre résistance, qui a permis aux volleyeuses d'améliorer leur performance (27,75). En cela, ils supposent que **l'entraînement est responsable de l'augmentation des performances**. Selon eux, cette augmentation aurait permis **une prévention des blessures** par l'amélioration de la technique par le biais d'une **meilleure performance neuromusculaire**.

Ainsi, les sportives du groupe intervention ont pu voir leur niveau de sensibilité à la prévention augmenter, les faisant adopter des changements d'attitudes face aux situations blessantes. Dans une étude Taylor et May ont appliqué la théorie de la motivation de protection (76). Ils ont conclu que les athlètes ayant une perception plus élevée des situations blessantes et de la susceptibilité à la blessure, étaient plus susceptibles d'adhérer à leur programme de rééducation. Par conséquent, afin d'optimiser les effets préventifs, **l'individualisation des séances et des conseils** apportés au patient doivent être de mise, tout en tenant compte des **caractéristiques prédictives de blessure liées à la personne** (76).

Cette théorie décrit deux processus cognitifs, celui de l'évaluation de la blessure et celui de l'évaluation de l'adaptation. Ces deux derniers sont impliqués dans la décision d'adopter des

comportements de santé protecteurs ou, au contraire, de produire des réponses inadaptées, ce qui permet à terme une meilleure adhésion et compréhension de la situation par le patient (76).

Le processus d'évaluation de la blessure nécessite une perception de la gravité de la situation qui peut être dangereuse. Ce processus implique alors l'efficacité de la réponse du sportif face à la situation blessante (76). De ce fait l'adaptation du comportement face à une situation blessante, en sensibilisant les sportifs, et en introduisant la prévention en tant que moyen d'amélioration de performance semble être des pistes de futures recherches.

### **6.4.3 Prévention primaire**

Le taux absentéisme sportif et de récurrence des entorses de cheville amène à l'intérêt de la prévention primaire sur l'entorse de la cheville chez les sportifs (7,74). En effet, ils sembleraient plus à même de pouvoir mettre en place un suivi et une supervision de qualité au sein de leur saison et de leur séance d'entraînement grâce aux structures dans lesquelles ils évoluent. La banalisation de cette blessure n'est pour autant pas uniquement « réservée » aux sportifs, elle est présente également dans la population générale. Cependant, la pertinence semble moindre en demandant aux patients n'ayant jamais été sujets aux entorses ou à une équipe médicale dédiée, de mettre en place un protocole de prévention, bien que cela serait intéressant en termes de Santé Publique. L'intérêt porté dans cette revue est en lien avec le monde sportif, et en l'occurrence avec une discipline où l'entorse de cheville est fréquente. Ainsi, la mise en place d'un protocole de prévention primaire au sein de la saison, avec une supervision par le préparateur physique ou l'entraîneur serait pertinente (71,76). Il apparaît approprié de mettre en place un programme préventif lors de l'échauffement ou sans que les athlètes s'en rendent compte lors de la séance en introduisant l'idée selon laquelle l'entraînement neuromusculaire permet d'améliorer les performances de l'athlète (61,76).

En effet lors des interventions préventives dans la pratique sportive, une question importante à aborder est celle de l'observance, donc de la correcte exécution par l'athlète du programme prescrit. Une meilleure observance se traduit par un risque relatif plus faible d'entorse récidivante de la cheville (67,72). Dans une étude de Janssen, il a été décrit l'association entre les variables prédictives potentielles liées à la personne et la conformité cumulative aux interventions de prévention des entorses de la cheville. Les résultats de l'étude montrent que le fait d'avoir eu

une blessure antérieure à la cheville était significativement associée à une plus grande conformité à toutes les mesures préventives testées : attelle, entraînement neuromusculaire et la combinaison des deux. La conformité avec l'attelle et l'intervention combinée était significativement plus faible que la conformité à l'entraînement neuromusculaire. L'analyse par groupe a révélé que la pratique d'un sport à haut risque, tel que le volleyball, était significativement associée à une meilleure observance de l'attelle et à une meilleure susceptibilité à se conformer de la part des sportifs (66).

Les professionnels de santé sont souvent en contact direct avec des populations cibles et ont pour mission de répondre aux besoins de santé publique, notamment au travers de la prévention. En réalisant des actions de prévention primaire, les professionnels ont la possibilité de structurer et d'anticiper leurs actions, de pouvoir construire un programme de prévention en association avec d'autres professionnels de santé et ainsi d'adopter un discours commun en faveur des besoins de santé publique. Ainsi les actions préventives semblent être un champ de compétence à mettre en avant en tant que kinésithérapeute dans de futurs projets (39).

## **7 Conclusion**

La problématique de cet écrit était de savoir si l'entraînement neuromusculaire utilisé en prévention secondaire dans une population de volleyeurs, avait un effet sur l'incidence des entorses de cheville de ces derniers. L'insertion d'un entraînement neuromusculaire semble être protecteur sur les récurrences des entorses de cheville.

La diminution du risque d'entorse de cheville par la thérapie rééducative apparaît comme établie. Cependant elle semble l'être que sous certaines conditions, telle que la présence d'antécédents d'entorse de cheville. En effet, la littérature reste encore faible concernant la prévention primaire malgré la volonté sur le terrain de limiter au maximum l'absentéisme des joueurs.

À la suite de cette remarque, nous avons tenté par l'intermédiaire d'une revue de la littérature de mettre en lumière l'impact de la rééducation via un programme de prévention et d'entraînement neuromusculaire permettant la réduction du risque de blessure d'entorse de cheville chez les athlètes présentant déjà des antécédents d'entorse.

Les détails de la mise en œuvre étant très variables, les cliniciens doivent tenir compte du temps quotidien qu'ils doivent consacrer au patient, de l'équipement à avoir et de la durée du

traitement. L'entraînement neuromusculaire semble être une intervention rentable d'un point de vue économique et temporel. En effet, il semble apparaître comme bénéfique pour les patients ayant déjà subi une entorse de la cheville au cours d'une activité physique et serait responsable par la suite d'une réduction du risque de complications supplémentaires.

La thérapie par l'exercice semblerait devoir être incluse dans les activités d'entraînement régulières autant que possible sous forme d'exercices à réaliser à domicile en plus des séances dont peuvent bénéficier les patients. L'effet préventif de cette thérapie pour l'entorse initiale de cheville apparaît manquer de preuve et pourrait être intéressante pour les prochaines études, afin de réduire, en particulier dans le monde sportif, l'absentéisme et le coût économique (8). La mise en place des thérapies en prévention primaire chez les sportifs semble intéressante, puisqu'ils apparaissent comme les plus à même d'inclure ce type de programme au sein de leur entraînement. En effet, les sportifs se doivent d'avoir leur corps entier soit en « bonne santé » pour pouvoir travailler et espérer augmenter leur performance (4).

Ce premier travail d'initiation à la recherche permet de voir l'importance d'une veille littéraire et son impact sur les connaissances pouvant être apportées à la pratique. De plus, cela permet de prendre du recul quant à l'interprétation des résultats énoncés dans la littérature et d'avoir un esprit critique pour transposer les données à une population plus importante.

## Bibliographie

1. Lajoix Thomas, Prise en charge de l'entorse de cheville en médecine générale, connaissance et application des critères d'Ottawa : enquête auprès de 130 médecins généralistes de la Haute-Vienne, thèse d'exercice, Limoges, Université de Limoges, 2011. Disponible sur <http://aurore.unilim.fr/ori-oai-search/notice/view/unilim-ori-38647>.
2. Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé. Rééducation de l'entorse externe [Internet]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/entorse\\_rap.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/entorse_rap.pdf)
3. 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.
4. 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.
5. Kobayashi T, Tanaka M, Shida M. Intrinsic Risk Factors of Lateral Ankle Sprain: A Systematic Review and Meta-analysis. Sports Health Multidiscip Approach. mars 2016;8(2):190-3.
6. Feger MA, Glaviano NR, Donovan L, Hart JM, Saliba SA, Park JS, et al. Current Trends in the Management of Lateral Ankle Sprain in the United States. Clin J Sport Med. mars 2017;27(2):145-52.
7. Pasanen K, Ekola T, Vasankari T, Kannus P, Heinonen A, Kujala UM, et al. High ankle injury rate in adolescent basketball: A 3-year prospective follow-up study. Scand J Med Sci Sports. juin 2017;27(6):643-9.
8. Kerkhoffs GM, van den Bekerom M, Elders LAM, van Beek PA, Hullegie WAM, Bloemers GMFM, et al. Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: an evidence-based clinical guideline. Br J Sports Med. sept 2012;46(12):854-60.
9. Emery CA, Pasanen K. Current trends in sport injury prevention. Best Pract Res Clin Rheumatol. févr 2019;33(1):3-15.
10. Panchout E, Doury-Panchout F, Launay F, Coulliandre A. Prévalence des pathologies rencontrées en kinésithérapie libérale : un outil pour repenser l'enseignement en kinésithérapie ? Kinésithérapie Rev. déc 2017;17(192):3-10.
11. Miklovic TM, Donovan L, Protzuk OA, Kang MS, Feger MA. Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction. Phys Sportsmed. 2 janv 2018;46(1):116-22.

12. Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM, Tibbitts R, Richardson PE, Horn A, et al. Gray's anatomie: le manuel pour les étudiants. 4e éd. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson; 2020.
13. Dufour M, Pillu M. Biomécanique fonctionnelle : rappels anatomiques, stabilités, mobilités, contraintes : membres, tête, tronc. Elsevier Masson; 2006. 594 p.
14. Tourné Y, Mabit C. La cheville instable: de l'entorse récente à l'instabilité chronique. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson; 2015.
15. Kaux JF, Roberjot M, Delvaux F, Lehance C, Croisier JL, Stevens L, et al. Traumatologie des sports olympiques de ballon en salle. Partie 3 : le volley-ball et comparaison des trois sports. J Traumatol Sport. déc 2017;34(4):217-22.
16. Anand Prakash A. Anatomy of Ankle Syndesmotoc Ligaments: A Systematic Review of Cadaveric Studies. Foot Ankle Spec. août 2020;13(4):341-50.
17. 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.
18. Hertel J. Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability. J Athl Train. déc 2002;37(4):364-75.
19. Dejong AF, Koldenhoven RM, Hertel J. Proximal Adaptations in Chronic Ankle Instability: Systematic Review and Meta-analysis. Med Sci Sports Exerc. juill 2020;52(7):1563-75.
20. Martin RL, Davenport TE, Fraser JJ, Sawdon-Bea J, Carcia CR, Carroll LA, et al. Ankle Stability and Movement Coordination Impairments: Lateral Ankle Ligament Sprains Revision 2021: Clinical Practice Guidelines Linked to the International Classification of Functioning, Disability and Health From the Academy of Orthopaedic Physical Therapy of the American Physical Therapy Association. J Orthop Sports Phys Ther. avr 2021;51(4):CPG1-80.
21. Hertel J, Corbett RO. An Updated Model of Chronic Ankle Instability. J Athl Train. 1 juin 2019;54(6):572-88.
22. Theisen A, Day J. Chronic Ankle Instability Leads to Lower Extremity Kinematic Changes During Landing Tasks: A Systematic Review. Int J Exerc Sci. 2019;12(1):24-33.
23. Fong DTP, Hong Y, Chan LK, Yung PSH, Chan KM. A Systematic Review on Ankle Injury and Ankle Sprain in Sports: Sports Med. 2007;37(1):73-94.
24. Gribble PA, Bleakley CM, Caulfield BM, Docherty CL, Fourchet F, Fong DTP, 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.
25. de Noronha M, Lay EK, Mcphee MR, Mnatzaganian G, Nunes GS. Ankle Sprain Has

Higher Occurrence During the Latter Parts of Matches: Systematic Review With Meta-Analysis. *J Sport Rehabil.* 1 mai 2019;28(4):373-80.

26. Fédération Française de Volley. FFvolley - Chiffres et Missions [Internet]. [cité 1 oct 2021]. Disponible sur: <http://www.ffvb.org/la-ffvb/presentation/-FFVolley>

27. Kilic O, Maas M, Verhagen E, Zwerver J, Gouttebarga V. Incidence, aetiology and prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: A systematic review of the literature. *Eur J Sport Sci.* 3 juill 2017;17(6):765-93.

28. Skazalski C, Kruczynski J, Bahr MA, Bere T, Whiteley R, Bahr R. Landing-related ankle injuries do not occur in plantarflexion as once thought: a systematic video analysis of ankle injuries in world-class volleyball. *Br J Sports Med.* janv 2018;52(2):74-82.

29. Delahunt E, Coughlan GF, Caulfield B, Nightingale EJ, Lin CWC, Hiller CE. Inclusion Criteria When Investigating Insufficiencies in Chronic Ankle Instability. *Med Sci Sports Exerc.* nov 2010;42(11):2106-21.

30. van der Merwe C, Shultz SP, Colborne GR, Hébert-Losier K, Fink PW. The coordination patterns of the foot segments in relation to lateral ankle sprain injury mechanism during unanticipated changes of direction. *The Foot.* déc 2020;45:101745.

31. Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA. Epidemiology of Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 1 juin 2019;54(6):603-10.

32. Biga N. Chirurgie des traumatismes du pied et de la cheville: lésions récentes et anciennes de l'adulte [Internet]. Issy-les-Moulineaux: Elsevier/ Masson; 2010 [cité 16 avr 2022]. Disponible sur: <http://site.ebrary.com/id/10537321>

33. Bauer T. Les entorses de la cheville et leurs séquelles. *Rev Rhum Monogr.* juin 2014;81(3):162-7.

34. Malliaropoulos N, Papacostas E, Papalada A, Maffulli N. Acute Lateral Ankle Sprains in Track and Field Athletes: An Expanded Classification. *Foot Ankle Clin.* sept 2006;11(3):497-507.

35. Yen SC, Chui KK, Corkery MB, Allen EA, Cloonan CM. Hip-ankle coordination during gait in individuals with chronic ankle instability. *Gait Posture.* mars 2017;53:193-200.

36. Jeon HG, Lee SY, Park SE, Ha S. Ankle Instability Patients Exhibit Altered Muscle Activation of Lower Extremity and Ground Reaction Force during Landing: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Sports Sci Med.* 15 avr 2021;373-90.

37. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E. Recovery From a First-Time Lateral Ankle Sprain and the Predictors of Chronic Ankle Instability: A Prospective Cohort Analysis. *Am J Sports Med.* avr 2016;44(4):995-1003.

38. Kim H, Son SJ, Seeley MK, Hopkins JT. Kinetic Compensations due to Chronic Ankle

Instability during Landing and Jumping. *Med Sci Sports Exerc.* févr 2018;50(2):308-17.

39. FNEK. Référentiel des compétences [Internet]. [cité 14 avr 2022]. Disponible sur: <http://www.fnek.fr/wp-content/uploads/2019/12/Référentiel-compétences.pdf>

40. Haute Autorité de Santé. Présentation Générale [Internet]. [cité 1 oct 2021]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-03/presentation\\_generale\\_rbpp\\_sante\\_mineurs\\_jeunes\\_majeurs.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-03/presentation_generale_rbpp_sante_mineurs_jeunes_majeurs.pdf)

41. Hoch MC, Mckeen PO. Peroneal Reaction Time after Ankle Sprain: A Systematic Review and Meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* mars 2014;46(3):546-56.

42. Powell MR, Powden CJ, Houston MN, Hoch MC. Plantar Cutaneous Sensitivity and Balance in Individuals With and Without Chronic Ankle Instability. *Clin J Sport Med.* nov 2014;24(6):490-6.

43. Cleland JA, Mintken P, McDevitt A, Bieniek M, Carpenter K, Kulp K, et al. Manual Physical Therapy and Exercise Versus Supervised Home Exercise in the Management of Patients With Inversion Ankle Sprain: A Multicenter Randomized Clinical Trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* juill 2013;43(7):443-55.

44. Janssen KW, van Mechelen W, Verhagen EA. Ankles back in randomized controlled trial (ABrCt): braces versus neuromuscular exercises for the secondary prevention of ankle sprains. Design of a randomised controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* déc 2011;12(1):210.

45. Powers CM, Ghoddosi N, Straub RK, Khayambashi K. Hip Strength as a Predictor of Ankle Sprains in Male Soccer Players: A Prospective Study. *J Athl Train.* 1 nov 2017;52(11):1048-55.

46. Kazemi K, Arab AM, Abdollahi I, López-López D, Calvo-Lobo C. Electromyography comparison of distal and proximal lower limb muscle activity patterns during external perturbation in subjects with and without functional ankle instability. *Hum Mov Sci.* oct 2017;55:211-20.

47. Kim T, Kim E, Choi H. Effects of a 6-Week Neuromuscular Rehabilitation Program on Ankle-Evertor Strength and Postural Stability in Elite Women Field Hockey Players With Chronic Ankle Instability. *J Sport Rehabil.* juill 2017;26(4):269-80.

48. Donnelly L, Donovan L, Hart JM, Hertel J. Eversion Strength and Surface Electromyography Measures With and Without Chronic Ankle Instability Measured in 2 Positions. *Foot Ankle Int.* juill 2017;38(7):769-78.

49. Sierra-Guzmán R, Jiménez F, Abián-Vicén J. Predictors of chronic ankle instability: Analysis of peroneal reaction time, dynamic balance and isokinetic strength. *Clin Biomech.* mai 2018;54:28-33.

50. Hopkins JT, Ingersoll CD. Arthrogenic Muscle inhibition: A Limiting Factor in Joint Rehabilitation. *J Sport Rehabil.* mai 2000;9(2):135-59.

51. Lazarou L, Kofotolis N, Pafis G, Kellis E. Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 22 juin 2018;31(3):437-46.
52. de Vasconcelos GS, Cini A, Sbruzzi G, Lima CS. Effects of proprioceptive training on the incidence of ankle sprain in athletes: systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* déc 2018;32(12):1581-90.
53. Taylor JB, Ford KR, Nguyen AD, Terry LN, Hegedus EJ. Prevention of Lower Extremity Injuries in Basketball: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Health Multidiscip Approach.* sept 2015;7(5):392-8.
54. Hung Y jou. Neuromuscular control and rehabilitation of the unstable ankle. *World J Orthop.* 2015;6(5):434.
55. Shea BJ, Grimshaw JM, Wells GA, Boers M, Andersson N, Hamel C, et al. Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Med Res Methodol.* déc 2007;7(1):10.
56. Merlin T, Weston A, Tooher R. Extending an evidence hierarchy to include topics other than treatment: revising the Australian « levels of evidence ». *BMC Med Res Methodol.* déc 2009;9(1):34.
57. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med.* 21 juill 2009;6(7):e1000097.
58. Schiftan GS, Ross LA, Hahne AJ. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: A systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport.* mai 2015;18(3):238-44.
59. Vriend I, Gouttebauge V, van Mechelen W, Verhagen EALM. Neuromuscular training is effective to prevent ankle sprains in a sporting population: a meta-analysis translating evidence into optimal prevention strategies. *J ISAKOS.* juill 2016;1(4):202-13.
60. Verhagen EALM. An economic evaluation of a proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains in volleyball. *Br J Sports Med.* 1 févr 2005;39(2):111-5.
61. Caldemeyer LE, Brown SM, Mulcahey MK. Neuromuscular training for the prevention of ankle sprains in female athletes: a systematic review. *Phys Sportsmed.* 1 oct 2020;48(4):363-9.
62. Bleakley CM, Taylor JB, Dischiavi SL, Doherty C, Delahunt E. Rehabilitation Exercises Reduce Reinjury Post Ankle Sprain, But the Content and Parameters of an Optimal Exercise Program Have Yet to Be Established: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* juill 2019;100(7):1367-75.

63. Burger M, Dreyer D, Fisher RL, Foot D, O'Connor DH, Galante M, et al. The effectiveness of proprioceptive and neuromuscular training compared to bracing in reducing the recurrence rate of ankle sprains in athletes: A systematic review and meta-analysis. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 21 mars 2018;31(2):221-9.
64. Verhagen EALM, Bay K. Optimising ankle sprain prevention: a critical review and practical appraisal of the literature. *Br J Sports Med.* 1 déc 2010;44(15):1082-8.
65. Owwoye OBA, Palacios-Derflingher LM, Emery CA. Prevention of Ankle Sprain Injuries in Youth Soccer and Basketball: Effectiveness of a Neuromuscular Training Program and Examining Risk Factors. *Clin J Sport Med.* juill 2018;28(4):325-31.
66. Janssen KW, van Mechelen W, Verhagen EALM. Bracing superior to neuromuscular training for the prevention of self-reported recurrent ankle sprains: a three-arm randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* août 2014;48(16):1235-9.
67. Al Attar WSA, Soomro N, Pappas E, Sinclair PJ, Sanders RH. Adding a post-training FIFA 11+ exercise program to the pre-training FIFA 11+ injury prevention program reduces injury rates among male amateur soccer players: a cluster-randomised trial. *J Physiother.* oct 2017;63(4):235-42.
68. López-Valenciano A, Ayala F, De Ste Croix M, Barbado D, Vera-Garcia FJ. Different neuromuscular parameters influence dynamic balance in male and female football players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* mars 2019;27(3):962-70.
69. Kiers H, Brumagne S, van Dieën J, van der Wees P, Vanhees L. Ankle proprioception is not targeted by exercises on an unstable surface. *Eur J Appl Physiol.* avr 2012;112(4):1577-85.
70. Smith MD, Vicenzino B, Bahr R, Bandholm T, Cooke R, Mendonça LDM, et al. Return to sport decisions after an acute lateral ankle sprain injury: introducing the PAASS framework—an international multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med.* nov 2021;55(22):1270-6.
71. van Reijen M, Vriend I, van Mechelen W, Finch CF, Verhagen EA. Compliance with Sport Injury Prevention Interventions in Randomised Controlled Trials: A Systematic Review. *Sports Med.* août 2016;46(8):1125-39.
72. McLeod TCV, Armstrong T, Miller M, Sauers JL. Balance Improvements in Female High School Basketball Players after a 6-Week Neuromuscular-Training Program. *J Sport Rehabil.* nov 2009;18(4):465-81.
73. Cottin Y, Lorgis L, Gudjoncik A, Buffet P, Brulliard C, Hachet O, et al. Observance aux traitements : concepts et déterminants. *Arch Cardiovasc Dis Suppl.* déc 2012;4(4):291-8.
74. Emery CA, van den Berg C, Richmond SA, Palacios-Derflingher L, McKay CD, Doyle-Baker PK, et al. Implementing a junior high school-based programme to reduce sports injuries through neuromuscular training (iSPRINT): a cluster randomised controlled trial (RCT). *Br J Sports Med.* août 2020;54(15):913-9.

75. Augustsson SR, Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J, Eriksson BI, Svantesson U. Performance Enhancement following a Strength and Injury Prevention Program: A 26-Week Individualized and Supervised Intervention in Adolescent Female Volleyball Players. *Int J Sports Sci Coach.* sept 2011;6(3):399-417.

76. Taylor AH, May S. Threat and coping appraisal as determinants of compliance with sports injury rehabilitation: An application of protection motivation theory. *J Sports Sci.* déc 1996;14(6):471-82.