



HAL
open science

Impact de la pliométrie sur les récidives d'entorse de cheville

Thibault Martin

► **To cite this version:**

Thibault Martin. Impact de la pliométrie sur les récidives d'entorse de cheville. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03357070

HAL Id: dumas-03357070

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03357070>

Submitted on 28 Sep 2021

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

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

**AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**

Impact de la pliométrie sur les récurrences d'entorse de cheville

Thibault MARTIN

Directrice de mémoire : Mme PORTEFAIX

À la mémoire d'Alain et de Noël

Remerciements :

En premier lieu, j'exprime toute ma gratitude à Mme Hélène Portefaix pour ses conseils avisés sur la rédaction de ce mémoire et ses compétences en matière d'entorse de cheville qu'elle a bien voulu partager avec moi.

Je tiens également à remercier les formateurs que j'ai pu rencontrer tout au long de ce cursus, à savoir mes différents professeurs mais aussi mes tuteurs de stage et plus généralement les divers intervenants de cette formation.

J'exprime ma reconnaissance à ma famille, en particulier à mes parents, pour son soutien lors de la rédaction de ce mémoire mais aussi pendant ces cinq années d'études supérieures.

Je remercie les différentes personnes que j'ai rencontrées durant cette formation, au sein comme à l'extérieur de ma promotion. Elles m'ont permis durant ces cinq années d'acquérir maturité, expérience, et de faire de moi le futur praticien que je suis devenu.

Enfin, je tiens à remercier tout futur lecteur de ce mémoire pour l'intérêt qu'il porte à ce travail.

À toutes ces personnes, je renouvelle mes profonds et sincères remerciements et exprime toute ma gratitude.

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Anatomie du pied	1
1.1.1	Anatomie du pied et biomécanique	1
1.1.2	Les pivots du pied lors du cycle de la marche	4
1.2	L'entorse	5
1.2.1	Épidémiologie et définition	5
1.2.2	Examen clinique et diagnostic	6
1.2.3	Histologie de l'entorse.....	6
1.2.4	Biomécanique de l'entorse.....	6
1.2.5	Facteurs de risque	9
1.2.6	Les conséquences de l'entorse de cheville.....	10
1.2.7	Traitement	11
1.3	Les effets d'un renforcement pliométrique	14
1.3.1	Définition	14
1.3.2	Effets de la pliométrie	15
1.4	Pertinence et objectif de cette revue de littérature	15
2	Méthodologie.....	16
2.1	Critères d'éligibilité des études pour cette revue	16
2.1.1	Types d'études.....	16
2.1.2	Population et pathologie	16
2.1.3	Intervention	16
2.1.4	Comparateur.....	16
2.1.5	Objectif et critères de jugements	16
2.2	Méthodologie de la recherche des études.....	17
2.2.1	Sources documentaires	17
2.2.2	Équations de recherche	17
2.3	Extraction et analyses des données	18
2.3.1	Méthode de sélection des études	18
2.3.2	Critères d'inclusion	18
2.3.3	Critères d'exclusion	18
2.3.4	Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées.....	19
2.3.5	Extraction des données	19

2.3.6	Méthode et synthèse des résultats	19
3	Résultats.....	21
3.1	Diagraphme de flux	21
3.2	Études exclues	22
3.3	Études incluses	22
3.4	Risques de biais des études incluses	29
3.5	Effets de l'intervention	30
3.5.1	Synthèse des résultats sous forme de tableaux.....	30
3.5.2	Impact de la pliométrie sur le schéma moteur	30
3.5.3	Impact de la pliométrie sur le GRF lors d'un single-leg drop landing	32
3.5.4	Impact de la pliométrie au travers de questionnaires	32
3.6	Évaluation de la pertinence clinique	32
4	Discussion.....	34
4.1	Analyse des principaux résultats	34
4.1.1	Analyse de la population	34
4.1.2	Analyse de l'intervention.....	36
4.1.3	Analyse des outils de mesures et critères de jugement.....	37
4.1.4	Analyse des résultats	38
4.2	Applicabilité des résultats en pratique clinique	41
4.3	Qualité des preuves et biais potentiels de la revue	42
4.3.1	Qualité des preuves.....	42
4.3.2	Potentiels biais de la revue.....	43
5	Conclusion.....	46
	Bibliographie	47
	Liste des abréviations, sigles et acronymes	53
	Tables des illustrations.....	54
	Annexes	56

1 Introduction

Cette revue de littérature a pour but d'étudier l'impact de la pliométrie sur les récives d'entorse de cheville. Pour ce faire, le sujet sera détaillé point par point. Dans un premier temps seront mentionnés des rappels anatomiques et biomécaniques du pied. Puis une présentation de l'entorse, comprenant sa biomécanique, ses conséquences potentielles ainsi que ses différents traitements actuels, sera faite. Enfin, la technique de la pliométrie sera exposée au préalable de la présentation et de l'analyse des articles.

1.1 Anatomie du pied

1.1.1 Anatomie du pied et biomécanique

Le pied est caractérisé par de multiples morphotypes (pied carré, égyptien, grec) et des variables anatomiques, comme le troisième fibulaire qui est inconstant. Il possède plusieurs rôles : tout d'abord, il doit supporter le poids du corps lors de la marche, de la course ou encore de différentes activités ; de plus, il doit aussi s'adapter aux différents terrains et donc jongler entre des phases de réception, où le pied forme un ensemble pour supporter le poids du corps, et de relâchement, pour avoir un bon appui plantigrade sur le sol.

Le pied est une zone très complexe du corps, qui contient pas moins de 38 articulations et 28 muscles en comptant les intrinsèques et les extrinsèques. Pour schématiser, il est découpé en arrière-pied, médio-pied et avant-pied [1].

1.1.1.1 Biomécanique du pied

L'arrière-pied est composé des articulations talo-crurale, qui est une ginglyme, et subtalaire, qui est une double trochoïde inversée. Ces deux articulations sont empilées l'une sur l'autre et, si bien alignées, réalisent un empilement stable et résistant pour supporter le poids du corps. Malgré le fait que la majorité du poids du corps est supportée par le talus, la ligne de gravité tombe sur l'articulation transverse du tarse. Pour alléger cette contrainte, nous nous « suspendons » sur nos triceps suraux [2].

L'articulation talo-crurale sera plutôt exploitée dans les mouvements de flexion plantaire et de flexion dorsale, à la différence de l'articulation subtalaire qui est responsable en partie du mouvement de valgus et de varus de l'arrière-pied. Cela est dû aux mouvements inverses du talus et du calcaneus. Lorsque le talon se varise, le calcaneus tourne en dedans et augmente sa hauteur, tandis que le talus va, lui, tourner en dehors et inversement. Dans un premier temps, tous ces mouvements vont être conditionnés par les muscles stabilisateurs de la cheville, à savoir les rênes du pied (court fibulaire et tibial postérieur) citées plus bas, mais aussi par le ligament en haie au niveau du sinus tarsi et les ligaments collatéraux de la cheville.

La biomécanique du médio-pied reste encore très peu connue. Le médio-pied est utile dans le transfert des mouvements d'arrière-pied à l'avant-pied grâce aux couples de torsion. En effet, ce médio-pied subit une pression constante pour que sa partie médiale reste en suspens par rapport au sol. En subissant les mouvements d'inversion ou d'éversion, celui-ci va s'adapter en faisant toucher cette partie médiale sur le sol ou, au contraire, en l'élevant.

L'avant-pied s'adaptera au valgus et varus de l'arrière-pied. En appui lors d'un valgus de l'arrière-pied, l'avant-pied se placera plus en supination pour avoir un appui le plus plantigrade

possible et éviter une entorse. Concernant l'avant-pied, il est important d'évoquer le premier rayon du pied responsable de la propulsion lors de la marche ou de la course. Il est composé de deux phalanges, d'un métatarsien et de deux os sésamoïdes sur la dernière phalange permettant d'éviter la compression du long fléchisseur de l'hallux. Ce muscle est le propulseur final et fait partie du dernier pivot de la marche.

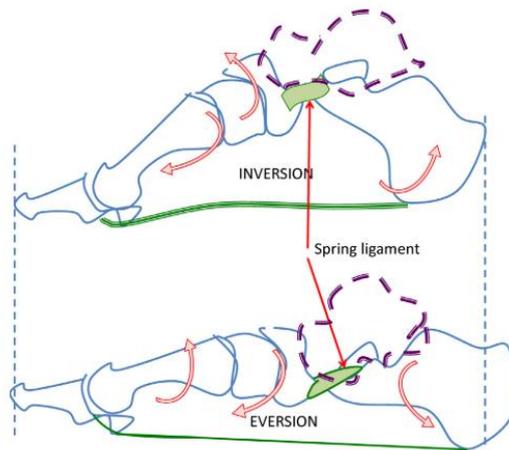


Figure 1 : Vue médiale de la biomécanique du pied pendant des mouvements de rotation médiale et de rotation latérale [1]

1.1.1.2 Les muscles du pied

La jambe, articulée au pied, contient des muscles extrinsèques se décomposant en deux loges : la loge superficielle, contenant le triceps sural, et la loge profonde, contenant long fléchisseur de l'hallux et des orteils, tibial antérieur et postérieur et fibulaires. Les muscles de la loge profonde sont les mobilisateurs globaux de la talo-crurale.

Certains muscles extrinsèques stabilisent l'articulation de la cheville. Ces muscles sont :

- le triceps sural qui, de par le système tricépito-achilléo-calcanéo plantaire, est à l'origine de fibres sur l'aponévrose plantaire et gère la tension de celle-ci durant le cycle de course en plus d'être le fléchisseur plantaire le plus puissant [3] ;
- les étriers du pied, soit le long fibulaire et le tibial postérieur, qui sont aussi des muscles extrinsèques soutenant l'arche du pied.

Le tibial postérieur fait aussi partie intégrante des rênes du pied, au même titre cette fois-ci que le long fibulaire. Le tibial postérieur freine la composante de valgus de l'arrière-pied, contrairement au long fibulaire qui freine la composante de varus. Ces deux muscles extrinsèques sont donc essentiels pour la stabilisation du pied.

Les muscles intrinsèques du pied sont majoritairement présents à la face plantaire plutôt qu'au dos du pied. Cela s'explique par le fait qu'ils soutiennent les arches du pied. Ils se décomposent en quatre couches [3] :

La première couche la plus superficielle est composée de l'abducteur de l'hallux, du court fléchisseur des orteils et de l'abducteur du cinquième orteil. La composition structurelle de

l'abducteur de l'hallux et du court fléchisseur des orteils fait d'eux des muscles parfaits pour stocker l'énergie et la restituer lors d'un étirement [4].

La deuxième couche est composée du carré plantaire et des lombricaux.

La troisième couche comporte le court fléchisseur du cinquième orteil, le court fléchisseur de l'hallux et l'adducteur de l'hallux.

Enfin, la couche la plus profonde est constituée des interosseux dorsaux et des interosseux plantaires.



Figure 2 : Schéma des différentes couches formées par les muscles intrinsèques du pied [3]

1.1.1.3 Le Foot Core System

Le principe du Foot Core a été décrit par McKeon en mars 2014 [3]. Celui-ci s'appuie sur le principe du Core Stability, qui a été de plus en plus utilisé dans la réathlétisation des patients ou encore dans la rééducation de lombalgies et autres problèmes dorsaux. Le Core Stability et par conséquent le Foot Core se basent sur trois principes interdépendants : le système passif, le système actif et le système neuronal. Grâce à ces trois principes, lors du mouvement, le corps va pouvoir décomposer ces efforts en deux stratégies : une stratégie de « contrôle » et une stratégie de « capacité ». La première vise à restaurer la coordination des muscles agissant sur le pied, tandis que la deuxième a pour but de fournir une force et une endurance suffisantes aux muscles du pied pour éviter que son demi-dôme s'effondre lors d'activités.

Le système actif est composé de deux types de muscles : les muscles intrinsèques et les muscles extrinsèques. Dans un premier temps, les muscles extrinsèques sont responsables des différents mouvements de la cheville. Les muscles intrinsèques, par leurs insertions uniques sur le pied, sont des muscles venant stabiliser le système passif et aider celui-ci à supporter le poids du corps durant une activité physique. Les muscles intrinsèques se décomposent en quatre couches pour supporter les arches, les deux couches les plus superficielles s'alignant sur les arches longitudinales médiale et latérale, contrairement aux deux couches profondes qui supportent les arches transversales.

Le système passif du Foot Core est composé des os du pied, des différents ligaments maintenant la stabilité de la cheville et du pied, des capsules articulaires des arches du pied, mais aussi de l'aponévrose plantaire. Cette configuration anatomique du pied forme quatre arches distinctes du pied, à savoir les arches longitudinales médiale et latérale et les arches transversales antérieure et postérieure. Tout ce système passif constitue, comme décrit par le modèle de McKenzie, un demi-dôme supportant les charges du pied [5].

Le système neuronal est basé sur les récepteurs sensori-moteurs des différents éléments actifs et passifs du pied. Comme dit précédemment, compte tenu de la configuration anatomique et biomécanique des muscles intrinsèques du pied, ces derniers n'ont pas l'avantage de pouvoir produire de grandes amplitudes articulaires. Néanmoins, ils sont très importants dans le système neuronal en raison de leurs positionnements : en effet, ces derniers permettent de renvoyer des stimuli neuronaux immédiats grâce à la notion de stretch reflex, ce qui favorise le contrôle de l'affaissement du dôme du pied durant l'activité.

Ces trois systèmes sont donc complémentaires. En effet, les muscles intrinsèques du pied ont un rôle primordial, par leurs soutiens et leurs feed-back, sur la position du pied en permettant une meilleure position de celui-ci et en évitant de léser les éléments passifs servant à le stabiliser [6]. Il est donc primordial de voir un pied dans son ensemble, notamment dans le sujet ici traité, à savoir la pliométrie. Les muscles intrinsèques renvoient des afférences importantes favorisant le stretch reflex notamment dans la composante de réception du saut.

1.1.2 Les pivots du pied lors du cycle de la marche

La marche est une succession de déséquilibres ayant pour but la locomotion en ramenant son centre de gravité en permanence vers l'avant et en projetant son membre inférieur en flexion pour éviter la chute.

Lors du cycle de la marche, le membre inférieur alterne des phases oscillatoires et des phases d'appui. Le mécanisme cheville-pied est un élément important de la déambulation. Cette étude s'intéresse préférentiellement à la phase d'appui de la marche, car c'est dans celle-ci que réside le risque d'entorse et qu'est démontrée l'importance de l'ensemble pied-cheville [7].

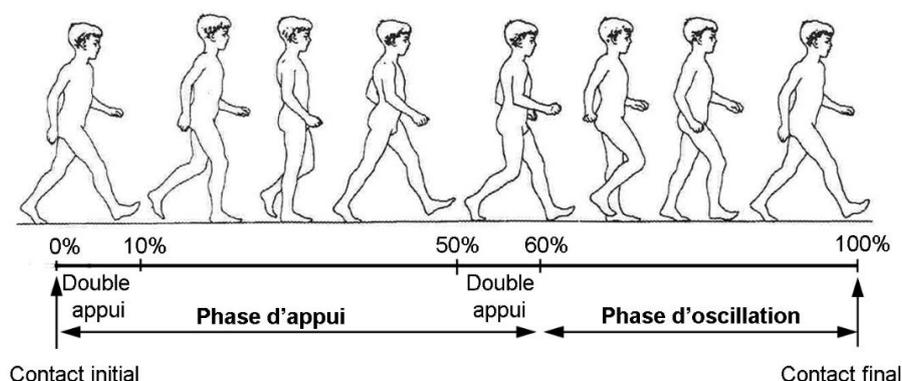


Figure 3 : Les différentes phases du cycle de la marche [8]

Ce cycle de la marche commence avec une phase de double appui. Durant celle-ci, l'arrière-pied est en contact avec le sol, c'est là qu'apparaît le premier pivot du pied, soit le pivot du talon. Au cours de celui-ci, le talon absorbe une partie du choc reçu, une rotation de la jambe est mise en place autour du pied. Le tibia antérieur se contracte de façon excentrique pour arriver petit à petit à une flexion plantaire. La contraction excentrique est une contraction efficace d'un point de vue de l'économie d'énergie. Ce passage de la flexion dorsale à une position de flexion plantaire permet un abaissement graduel de l'hémi-bassin.

S'ensuivent la phase d'appui unipodal et le deuxième pivot de la cheville. Lors de celui-ci, le triceps sural, en particulier le soléaire, se contracte en chaîne cinétique fermée. La cheville sert de point d'appui et, à l'aide d'une contraction excentrique, le soléaire empêche une avancée trop importante du tibia.

Le déroulement du pas continue au même titre que la flexion plantaire s'accroît. Le genou tend à se fléchir, tandis que le pied passe dans une position de supination, ce qui allonge la jambe. Cela évite un abaissement prématuré de l'hémi-bassin controlatéral lors de l'attaque talon. Enfin, intervient le troisième et dernier pivot, le pivot d'avant-pied. Une rotation du pied autour de la métatarso-phalangienne de l'hallux se met en place, ainsi qu'une contraction concentrique des fléchisseurs plantaires, notamment du long fléchisseur de l'hallux. Celui-ci permet la bonne propulsion de la jambe et ainsi le passage de cette dernière de la phase d'appui à la phase oscillante.

1.2 L'entorse

1.2.1 Épidémiologie et définition

Une entorse est une lésion traumatique de l'articulation avec élongation ou rupture ligamentaire. L'entorse est un problème de santé publique majeur chez les sportifs, car elle est, dans la majorité des sports, la blessure la plus recensée à la cheville [9]. De plus, dans toutes les entorses répertoriées, en moyenne, plus de 77 % surviennent sur les ligaments talo-fibulaires ; il s'agit d'entorses latérales de la cheville. Ce problème de santé publique est considérable car, en plus d'être une des pathologies les plus fréquentes, le taux de récurrence ou de symptômes résiduels parmi ces patients blessés atteint 70 % [10].

L'étude de Fong en 2007 [9] a montré que la cheville est la partie du corps la plus susceptible de se blesser dans quasiment tous les sports de pivot, principalement le badminton, le handball, le rugby et surtout le football, mais aussi dans les sports de réception tels que le basketball et le volleyball. De plus, le running, l'un des sports les plus pratiqués dans le monde grâce à son faible coût et sa facilité d'accès, génère un taux de blessures à la cheville de 20 %.

Il existe trois grades de l'entorse en fonction de sa gravité. Le premier grade est un léger étirement du ligament concerné, sans instabilités au niveau des articulations. Le deuxième grade est une rupture partielle du ligament, générant des dysfonctionnements et donc une légère instabilité des articulations périphériques. Enfin, le dernier grade est une rupture complète du ligament, avec de grandes instabilités des articulations du pied.

1.2.2 Examen clinique et diagnostic

La rupture du faisceau antérieur du ligament collatéral fibulaire peut être évaluée par le Drawer Test [11], qui est un test sensible et spécifique [12]. Le Talar Tilt Test est un test aussi pratiqué en cas de suspicion d'entorse, mais il reste moins sensible que le précédent [13]. Même si ces tests s'avèrent positifs, ils ne sont pas suffisants pour diagnostiquer une entorse. Une échographie est alors nécessaire pour la confirmer. Enfin, en cas de suspicion de grade III, une IRM est pratiquée pour préciser le diagnostic.

1.2.3 Histologie de l'entorse

L'entorse amène différents remaniements histologiques, ceux-ci sont déterminés par des phases importantes à connaître. Il en découle des traitements qui s'adaptent à celles-ci. Il en existe trois : la première est la phase inflammatoire ; suit la phase de prolifération ; enfin, la troisième phase est celle du remodelage tissulaire [11][14][15].

La phase inflammatoire dure en moyenne moins d'une semaine et se caractérise par un apport sanguin important en raison des cytokines libérées, l'espace entre les faisceaux de collagène est réduit et envahi par les cellules inflammatoires pour éliminer les débris du ligament lésé par phagocytose.

Durant la phase proliférative, les capillaires continuent à grossir (angiogenèse), une prolifération des fibroblastes va former du collagène de type III (qui est le plus faible) afin de constituer un début de trame cicatricielle. Cette phase peut durer de quelques semaines à quelques mois.

Enfin, la phase de remodelage se traduit par une baisse de la densité cellulaire ainsi qu'une diminution de la néovascularisation. Le collagène de type III est remplacé par un collagène de type I. Cette phase dure de 12 à 24 mois.

Il est important de préciser qu'un ligament lésé ne reprendra jamais complètement sa composition initiale [14].

1.2.4 Biomécanique de l'entorse

Établir le mécanisme de l'entorse paraît primordial pour pouvoir par la suite diagnostiquer la structure touchée et les déficits sous-jacents qui vont en découler. Dans le cas d'une entorse latérale, le plus commun va être la position de supination et d'adduction du pied avec une éventuelle composante de flexion plantaire [16]. Il existe donc deux situations d'entorse du ligament talo-fibulaire antérieur, une inversion très rapide (qui se déroule généralement dans les sports de pivot) et une inversion moins rapide mais associée à une flexion plantaire (qui arrive plus généralement dans les sports de réception). La flexion plantaire n'est pas toujours associée à l'entorse de cheville [17]. Cette composante est marquée après l'instant critique de ladite blessure [18].

Lors de l'entorse, deux phases dominantes conduisent à la blessure du sportif. Il s'agit de la phase de pré-injury et de la phase injury. La phase pré-injury arrive en moyenne 0,06 seconde après la réception du pied, temps à l'issue duquel la phase injury commence.

À la réception du pied, le centre de pression, qui est un point dynamique entre deux surfaces planes, se trouve au niveau du talon du pied. Il avance jusqu'au médio-pied à la 0,06e seconde en moyenne, la phase pré-injury commence alors. Le centre de pression continue à avancer vers l'avant-pied en temps normal dans un plan purement sagittal et à aller vers le compartiment antéro-médial pour que l'hallux puisse permettre la propulsion du pied. Dans le cas d'une entorse latérale, le centre de pression se déplace très rapidement vers le compartiment latéral, entraînant l'adduction et la rotation médiale du pied, puis revient vers le centre, avant de s'orienter vers l'avant-pied de façon anarchique en limitant la propulsion : c'est la phase injury [17].

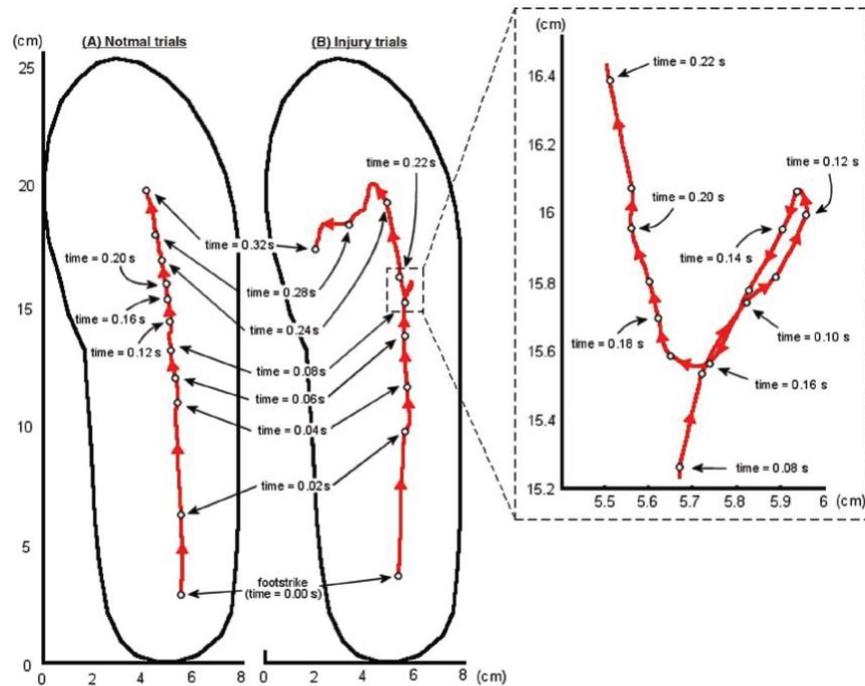


Figure 4 : Différence de déplacement du centre de pression entre une phase normale et une phase injury lors de la course [17]

Le déplacement latéral du centre de pression correspond à l'instant critique de la blessure, qui surgit entre 0,130 et 0,180 seconde après le contact du pied avec le sol [16]. Cette notion d'instant critique arrive aussi lors d'une mise en charge à 80 % du poids du corps [19]. Il y a un délai électro-mécanique de 0,3 seconde entre le début de la composante d'inversion anormale et la réponse des fibulaires à l'inversion liée à l'étirement. Leur réponse se fait aux alentours de 0,5 seconde [20]. Cette contraction est donc trop tardive. En effet, la croyance populaire selon laquelle les fibulaires empêchent l'entorse est en partie erronée. De plus, il a été démontré que le niveau d'activité du long fibulaire est réduit avant le contact du pied avec le sol [21][22]. Il est possible de formuler deux hypothèses :

Un des remparts réels à l'entorse pourrait être la stratégie de délestage de la cheville. Ainsi, en délestant l'articulation, la mise en charge à 80 % du poids du corps serait retardée. Par conséquent, l'instant critique et la blessure de l'entorse de cheville seraient retardés aussi, laissant le temps aux muscles fibulaires de s'activer et de protéger la cheville. Lors d'une

sensation d'entorse imminente, la personne concernée inhibe dans un premier temps la contraction des muscles stabilisateurs de la cheville et active préférentiellement des muscles proximaux comme le biceps fémoral tout en inhibant son vaste médial. Cette stratégie entraîne une triple flexion retardant le déport du poids du corps et diminuant la force verticale appliquée sur le pied [19].

Le deuxième rempart consisterait en une réduction de ce délai électromécanique par une rééducation neuromusculaire. Il a été démontré que, chez les personnes faisant des entorses répétées, le niveau d'activation musculaire en réaction mais aussi en préparation à l'effort chez des personnes atteintes d'instabilité chronique de cheville (Chronicle Ankle Instability, CAI) était altéré. Ce déficit de contrôle neuro-musculaire de la cheville est lié à un angle d'inversion sous-talien plus important et à une variabilité du plan frontal de la cheville pendant la phase préparatoire d'un single-leg drop landing. Cela prouve que les déficiences sensorimotrices associées au CAI modifient les stratégies de contrôle moteur à médiation centrale, entraînant des réductions du contrôle neuromusculaire de la cheville en préparation du contact avec le sol. Par conséquent, ces mécanismes d'atterrissage inadaptés coïncident probablement avec une stabilisation dynamique réduite de l'articulation de la cheville et un risque accru de positionnement aberrant de la cheville lorsque le contact initial avec le sol est inattendu pendant les mouvements dynamiques. [23]

Il sera vu plus loin que la pliométrie est la technique parfaite pour tester ces hypothèses en raison de son effet sur le couple muscle-tendon et les récepteurs de Golgi présents.

1.2.4.1 Biomécanique dans les sports à réception (volleyball, basketball)

Au cours la réception d'un saut, la biomécanique est différente que lors de la course. En effet, la réception se fait ici sur l'avant-pied, contrairement à la course qui peut avoir une réception médio-pied ou arrière-pied. Le déroulé du pas sera donc inversé comparativement à ce que l'on a vu précédemment. De plus, pendant la réception, une flexion de genou et de hanche est inconsciemment exécutée. Cela peut s'expliquer par le fait que, durant cette phase de réception, l'appareil extenseur de l'ensemble du membre inférieur absorbera le choc subi par le corps à l'aide d'une contraction excentrique [24].

La phase pré-injury commence à partir du contact initial entre le pied et le sol jusqu'à 0,19 milliseconde, temps au bout duquel débute la phase injury. Durant la phase pré-injury, il est possible de constater un mauvais schéma moteur du sportif : latéroflexion du tronc homolatérale à la lésion, abduction de hanche et valgus de genou majoré, contrairement à la flexion plantaire et à la flexion de hanche qui sont moins importantes que lors d'une réception sans entorse.

Cette mauvaise biomécanique entraîne un déplacement du centre de masse de 2 cm en hauteur et une translation du côté de l'entorse.

Lors de la phase injury, une composante d'inversion plantaire excessive est constatée en plus du placement articulaire déjà cité auparavant. De plus, les composantes de flexion plantaire,

de genou et de hanche censées être accentuées sont d'autant plus diminuées. Cela va revenir à placer le centre de masse 7 cm plus haut que lors d'un saut sans entorse.

L'augmentation de l'activité des adducteurs en préparation à la réception d'un saut en co-activation avec les abducteurs chez les athlètes représente un facteur augmentant le contrôle dynamique de l'extrémité du membre inférieur au contact du sol [25]. Ces données soutiennent fortement le rôle de la musculature de la hanche et des stratégies d'activation de celle-ci.

Tout cela montre la complexité avec laquelle il faut visualiser une entorse. Une entorse peut ne pas être seulement un déficit au niveau du pied, mais un problème qui peut aussi résulter d'un mauvais schéma moteur ou de déficits musculaires sur les articulations adjacentes, par exemple.

1.2.5 Facteurs de risque

L'entorse étant l'une des pathologies avec le taux de récurrence le plus élevé, il paraît primordial de comprendre ses facteurs de risque pour en éviter une trop grande récurrence. De plus, il semblerait que certains facteurs de risque restent assez flous. Il vaut donc mieux se baser sur plusieurs méta-analyses.

Le premier facteur de risque intrinsèque cité est l'indice de masse corporelle (IMC) d'une personne [26] [27]. En effet, en corollaire, plus une IMC est grande, plus le risque d'entorse est élevé. Cela peut s'expliquer par le fait que le poids reçu par la cheville est plus grand et que les muscles doivent être plus puissants pour garder un équilibre et donc éviter cette blessure.

La population la plus touchée serait constituée des enfants et des pré-adolescents [27]. Néanmoins, il est important de préciser que l'âge ne favorise pas forcément la récurrence d'entorse. Par ailleurs, il est à noter que les hommes sont autant touchés que les femmes par cette blessure. Néanmoins, des études ont montré des taux d'incidence plus élevés de l'entorse de la cheville chez les hommes de moins de 40 ans et les femmes de plus de 40 ans en comparaison avec leurs homologues du même âge. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour investiguer l'impact du sexe et de l'âge sur l'entorse de la cheville et d'autres affections musculo-squelettiques dans la population générale [28].

Delahunt E et al. [27] ont noté que les déséquilibres musculaires sont des facteurs à prendre en compte. Ainsi, pour la cheville, il existe un déséquilibre entre des fléchisseurs plantaires trop puissants en comparaison avec des fléchisseurs dorsaux plus faibles, déséquilibre qui entraînerait un risque accru d'entorse. De même qu'un déficit dans le travail excentrique des éverseurs de cheville [26] ou même dans un travail concentrique [29] pourrait être un facteur de risque. Pour conclure sur les déficits musculaires, il semblerait que les sportifs ayant des extenseurs de hanches plus forts aient moins de chances de se faire une entorse [27].

Au niveau fonctionnel, des personnes ayant des déficits d'équilibre en unipodal, que ce soit en statique ou en dynamique, auraient un risque accru d'entorse, de même que, pour cette pathologie, le risque de récurrence de blessure est grand [27]. Cela a été démontré grâce au

Single-Legged Test Balance de Trojan et McKeag ou encore au Star Excursion Balance Test (SEBT).

Quant aux facteurs de risque extrinsèques, et comme cité plus haut, certains sports favorisent le risque de se faire une entorse par les contraintes qu'ils exercent sur la cheville.

1.2.6 Les conséquences de l'entorse de cheville

1.2.6.1 Déficits causés par l'entorse de cheville

Les entorses génèrent différents déficits anatomiques au sein de la cheville.

Au niveau articulaire, il existe une perte de la dorsiflexion de la cheville à la fois en passif mais aussi en actif, comme dans les sports de course [30]. Le pied est plus en flexion plantaire pendant le cycle de course, ce qui gêne le coureur dans sa réception, par exemple. Ce déficit de flexion dorsale peut-être dû à une antériorisation du talus après l'entorse dans la majorité des cas. Dans des cas plus rares, le talus peut se postérioriser et induire un déficit de flexion plantaire.

L'articulation subtalaire pourra être testée par le test du glissement du talus [31]. De plus, Donovan et Hertel ont montré qu'un glissement antérieur de la tête de la fibula ou postérieur de la malléole latérale pouvait être associé à un déficit de flexion dorsale à la suite d'une entorse.

Après l'incident, il est possible d'avoir des déficits musculaires, notamment des muscles éverseurs comme les fibulaires [20]. Ces muscles sont testés en excentrique car leur rôle est de stabiliser la cheville par leurs composantes de rênes et d'étriers du pied. Lors d'une entorse (de grade II ou III), leur rôle respectif n'a pas été rempli, ce qui conduit à les léser et à les rendre déficitaires. De plus, le temps de réaction de ces fibulaires à la suite d'une entorse, lors d'une inversion rapide, est de 4 millisecondes de plus que les fibulaires d'un patient sain.

Les patients atteints d'instabilités chroniques de cheville possèdent un déficit de contrôle de la posture en dynamique [32]. En effet, ce contrôle est évalué par le Star Excursion Balance Test. C'est un test unipodal où la jambe en décharge doit toucher le plus loin possible dans les différentes positions articulaires (flexion, extension, etc.). Il s'avère que, lors de ce test, les patients atteints d'instabilités chroniques de cheville présentent des difficultés à aller en abduction, en flexion et en rotation latérale [33]. Cela se traduit par un score moins élevé sur le Star Excursion Balance Test dans les différentes directions précédemment citées.

Cela pourrait être lié à une faiblesse au niveau de la hanche et il faudrait donc s'intéresser à ces déficits-là. En effet, selon l'étude de Smith [34] menée en 2017, un renforcement des muscles de la hanche permettrait un meilleur équilibre postural dynamique et statique chez les personnes atteintes d'instabilités chroniques de cheville et donc un meilleur contrôle neuromusculaire.

Concernant la réaction sensorimotrice à l'étirement en inversion, certaines études ont identifié que la réaction des fibulaires pour lutter contre celle-ci pouvait être plus lente chez les sujets souffrant d'instabilités chroniques de cheville [35]. De plus, en comparaison avec la cheville saine, des sujets présentant une entorse de cheville de grade II ou de grade III ont un déficit de proprioception. Ces patients présentent des difficultés à reconnaître la position de

la cheville. Ce déficit de proprioception est en partie responsable de la récurrence des entorses [11].

1.2.6.2 L'instabilité chronique de cheville (CAI)

L'instabilité chronique de cheville est le terme utilisé pour résumer les symptômes résiduels d'une entorse de cheville sur un patient [10]. Dans un léger panel clinique de patients, il a été montré que 73 % d'entre eux souffrent encore de symptômes 18 mois après [29]. Ces symptômes peuvent aller de simples douleurs à des gênes, voire des récurrences d'entorse. Il est courant de voir des récurrences d'entorse chez les patients atteints d'une instabilité chronique de cheville puisqu'il y a un risque de l'ordre de 80 % chez les athlètes [36].

L'instabilité chronique de cheville peut aussi amener des gonflements, et une perte de force globale de la cheville entraînant une perte fonctionnelle dans la vie de tous les jours ou dans le sport pratiqué. Cela peut provoquer des restrictions de participations allant jusqu'à l'arrêt du sport [37]. Environ 72 % des personnes ayant des symptômes résiduels à la suite d'une rééducation ne peuvent pas retrouver leur niveau d'activité antérieur [37].

Il paraît donc essentiel de traiter au mieux les entorses de cheville et de comprendre au cas par cas les déficits des patients pour pouvoir mieux les accompagner dans la rééducation et éviter l'instabilité chronique de cheville.

1.2.6.3 Arthrose

Après des chocs répétés sur des surfaces ou des éléments, il n'est pas anodin de voir apparaître quelques années plus tard le phénomène d'arthrose, complication ultime de la récurrence d'entorse de cheville. Sur une étude de 406 chevilles arthrosiques, 14 % d'entre elles résultent d'entorses à répétition [38].

L'arthrose est une affection chronique douloureuse des articulations à la suite de lésions articulaires. Dans le cadre de lésions ligamentaires, celle-ci arrive en majorité chez les sportifs car ce sont les plus à même d'avoir des entorses répétées [38]. L'arthrose se définit en quatre stades :

- le premier stade correspond à une articulation normale et donc sans arthrose ;
- le deuxième stade présente des ostéophytes à la radiographie sans atteinte de l'espace articulaire ;
- le troisième stade s'accompagne d'un rétrécissement articulaire avec ou sans ostéophytes ;
- quant au dernier stade, il présente une disparition, voire une déformation, de l'espace articulaire.

1.2.7 Traitement

1.2.7.1 Traitement conservateur

Le traitement conservateur est un traitement kinésithérapique visant à restaurer la fonction de la cheville à son état antérieur à l'entorse [10]. Pendant la phase aiguë de l'entorse, le protocole RICE (Rest, Ice, Compression et Elevation) a été le plus souvent appliqué avant d'être invalidé. L'association de la compression et de la cryothérapie voulait avoir un impact sur la

diminution de la douleur présente, la réduction plus rapide de l'inflammation des tissus lésés et la prévention de l'apparition de contusions ou d'œdèmes [39]. L'immobilisation à l'aide de straps ou d'attelles permet de ne pas aggraver la blessure présente [11].

Puis est venu le protocole PRICE, en ajoutant (Protection). Se sont succédé le protocole POLICE et enfin le protocole PEACE & LOVE (Protection, Elevation, Avoid anti-inflammatoire, Compression, Education & Load, Optimism, Vascularisation and Exercise) [40].

Le protocole PEACE & LOVE se base sur la protection de l'articulation un à trois jours après pour éviter le saignement interne des tissus lésés. L'élévation du membre inférieur favorise le retour sanguin. Éviter les anti-inflammatoires ou la cryothérapie permettrait une cicatrisation plus rapide des tissus. La compression à l'aide de Kinesio-Tape ou d'une attelle éviterait les mouvements articulaires brusques potentiellement à l'origine de lésions des tissus. L'éducation du patient consiste une approche active mais douce pour qu'il retrouve rapidement son autonomie.

Après la phase inflammatoire, le patient se met en charge graduellement tout en évitant la douleur. Cela permettra au tissu de se reconstruire plus facilement, aux tendons de se réhabituer à être en charge et d'éviter toute perte musculaire. Le protocole a aussi une approche psychologique. En effet, des patients plus optimistes possèdent moins de séquelles ; le rôle du kinésithérapeute est donc d'encourager ses patients, notamment à mener des activités cardio-vasculaires quand leur état le permettra. Cela favorisera l'apport sanguin dans les structures lésées. [40]

Afin que le patient retrouve ses amplitudes articulaires, le kinésithérapeute peut, en complément, pratiquer des mobilisations ou encore de la thérapie manuelle [41]. La thérapie manuelle peut aussi être utile dans la réduction des douleurs résiduelles.

S'ensuit un travail avec des exercices plus ardues afin de redonner à la cheville ou aux articulations sous-jacentes la force nécessaire pour éviter le risque de récurrence. Les kinésithérapeutes s'emploieront à renforcer les fibulaires pour limiter la composante d'inversion de l'entorse et éviter les récurrences. Beaucoup de kinésithérapeutes les musclent à l'aide d'élastiques. Néanmoins, bien que le renforcement à l'élastique permette de gagner en force sur la composante d'éversion, des études, notamment celle de Smith et al., ont montré que cette augmentation de force ne s'accompagnait pas d'une augmentation de la sensation de force déployée par les éverseurs et donc de la proprioception [42]. Une lacune est donc encore perceptible dans la pratique de la majorité des kinés sur ce point.

La rééducation de la cheville doit se moderniser et se baser sur celle du genou. Pour la rééducation de cette dernière articulation, des exercices de contrôle neuromusculaire comme la pliométrie sont faits [25]. Un entraînement neuromusculaire se décompose en trois parties : des exercices proprioceptifs, un entraînement pliométrique et des exercices de renforcement intense. Tout cela aide à prévenir des blessures au genou [43]. De plus, il a été démontré qu'un travail de pliométrie prévient l'arrivée d'une blessure au ligament croisé antérieur [44].

Un programme de renforcement neuromusculaire à base de proprioception, travail en force et pliométrie aiderait à gagner davantage en force, en contrôle de la posture dynamique [45].

Cependant, aucune méta-analyse n'a encore montré l'impact d'un travail pliométrique sur les récurrences d'entorse de cheville.

1.2.7.2 Traitement chirurgical

Les techniques chirurgicales sont majoritairement utilisées dans les entorses de grade III, voire de grade II, en cas de symptômes résiduels [46]. Il existe trois techniques chirurgicales : la technique de reconstruction non anatomique, celle de réparation anatomique et celle de reconstruction anatomique [47].

La technique de reconstruction non anatomique est une technique visant à redonner la fonction de maintien du ligament sans reconstruction de celui-ci. Pour cela, le chirurgien pratique une ténodèse partielle d'un tendon local comme le tendon d'Achille ou celui des fibulaires. Cette chirurgie utilise la technique d'Evans modifiée, de Chrisman-Snook ou de Watson-Jones.

La technique de réparation anatomique est une procédure permettant de réparer le ligament lésé in situ afin de redonner aux articulations la biomécanique d'antan. Cette réparation peut comprendre un réattachement sur l'os, un raccourcissement du ligament lésé, et elle peut aussi utiliser des structures locales pour la réparation, comme dans la procédure de Brostrom-Gould basée sur le rétinaculum des extenseurs.

Enfin, la technique de reconstruction anatomique consiste en une greffe de tendon aux endroits où le ligament s'insère physiologiquement pour venir suppléer son rôle et garder la biomécanique de base de la cheville.

D'après certaines études, la reconstruction non anatomique a anormalement augmenté la rigidité d'inversion au niveau subtalaire par rapport à la réparation anatomique ; ce type d'intervention en choix chirurgical de première ligne doit être évité. Les procédures de réparation anatomique et la reconstruction anatomique pourraient donner de bons résultats cliniques. Elles constituent la solution de première ligne pour les patients souffrant d'une laxité chronique des ligaments latéraux de la cheville nécessitant un traitement chirurgical [47].

La rééducation d'une ligamentoplastie de cheville est épuisante, bien que nécessaire pour certaines personnes. Dans un premier temps, d'après le protocole de rééducation du docteur Frey-Ollivier, le patient peut poser le pied à moins de 40 % de son poids du corps et le kinésithérapeute doit lutter contre l'œdème à l'aide de techniques de drainage ou de cryothérapie. La cheville ne pourra pas être mobilisée pendant cette phase.

Vient ensuite une phase de récupération de la flexion dorsale et plantaire. Les mobilisations en adduction/abduction ne sont toujours pas permises, un réveil musculaire en statique est effectué. À partir de la sixième semaine, un travail actif de la cheville, sauf en inversion maximale, est effectué et les derniers degrés d'amplitudes en flexion dorsale et plantaire sont récupérés. La proprioception ne commencera qu'à partir du quatrième mois et la reprise de la compétition pour le sportif ne reprendra que le 6^e mois, sous le couvert de strapping pendant les deux premières semaines.

La rééducation d'une ligamentoplastie est longue et éprouvante pour le patient, il est donc préférable de prévenir ces récurrences d'entorse de cheville pour éviter une éventuelle intervention et une longue rééducation.

1.3 Les effets d'un renforcement pliométrique

1.3.1 Définition

La pliométrie consiste en un renforcement décrit en trois phases [48]:

La phase de pré-étirement/renforcement excentrique, qui a également été décrite comme la phase de préparation, de facilitation et de potentialisation. La phase de pré-étirement étire le fuseau musculaire de l'unité muscle-tendon et le tissu non contractile à l'intérieur du muscle (composants élastiques en série et composants élastiques parallèles). Plusieurs chercheurs ont démontré que ce pré-étirement excentrique améliorerait la contraction musculaire concentrique résultante [49]. La phase de pré-étirement est basée sur trois variables d'étirement : l'amplitude de l'étirement, sa vitesse et sa durée.

La phase d'amortissement décrit le temps s'écoulant entre la cessation du pré-étirement excentrique et le début de l'action musculaire concentrique. Cette phase est également fréquemment appelée phase de retard électromécanique de la pliométrie. La phase d'amortissement est le délai entre le dépassement du travail négatif du pré-étirement excentrique et la production de la force et de l'accélération de la contraction musculaire et du recul élastique dans la direction du schéma de mouvement pliométrique. Cette phase est la clé de la performance de la pliométrie, car plus la phase d'amortissement est courte, plus le mouvement pliométrique est efficace et puissant. En effet, l'énergie stockée durant la phase d'amortissement est recrutée plus efficacement si elle est utilisée rapidement. Si la phase d'amortissement est retardée, l'énergie stockée est « gaspillée » sous la forme de chaleur, le réflexe d'étirement n'est pas activé et le travail positif résultant de la contraction concentrique n'est pas aussi efficace. L'un des principaux objectifs de l'entraînement pliométrique est de diminuer le temps de la phase de rebond.

La phase concentrique est une phase de facilitation ou d'amélioration de la pliométrie. Cette phase finale du mouvement résulte de nombreuses interactions, notamment la réponse biomécanique qui utilise les propriétés élastiques des muscles pré-étirés.

Ce type de contraction est rencontré dans les gestes explosifs, par exemple le saut des volleyeurs ou le mouvement du lancer des handballeurs. Tout cela met en jeu un cycle d'étirement et de raccourcissement du couple muscle-tendon [50].

Selon le livre de Cometti sur les méthodes de musculation publié en 2004 [51], trois prérequis pour une bonne exécution de la pliométrie existent :

- les muscles doivent présenter une bonne pré-activation avant la phase excentrique ;
- la phase excentrique doit être courte et rapide (inférieure à 200 ms) ;
- la transition entre la phase de pré-étirement et la phase concentrique se doit d'être immédiate.

1.3.2 Effets de la pliométrie

Le renforcement pliométrique a longtemps été utilisé par les kinésithérapeutes uniquement chez les sportifs. Ce type d'entraînement a été initialement conçu pour gagner en explosivité lors des mouvements décisifs des sportifs. Mais il a été démontré que cette pratique était aussi un renforcement neuromusculaire. Ce type de renforcement a un effet positif pour limiter les blessures chez les footballeurs [52].

D'après Cometti et Bosco [53][54], un tel cycle pré-étirement-contraction permet d'améliorer la sensibilité des fuseaux neuromusculaires et d'améliorer le niveau d'excitabilité des récepteurs de Golgi présents dans les tendons. Ces effets permettraient de majorer la capacité à recruter un stretch reflex [48], ce qui paraît intéressant au vu de la biomécanique de l'entorse et du retard de l'activation des fibulaires évoqué plus tôt.

Outre ces bienfaits, un travail pliométrique augmenterait aussi la raideur musculaire, favorisant, comme dit précédemment, les performances explosives [55]. Il paraît judicieux de voir si ces raideurs musculaires sont délétères, apportent un bienfait ou n'ont pas d'impact sur la pathologie étudiée.

1.4 Pertinence et objectif de cette revue de littérature

Cette revue de littérature doit se baser sur l'Evidence-Based Practice (EBP), en français la pratique basée sur les preuves. Elle permet aux professionnels de santé d'améliorer leurs connaissances, de réactualiser leurs pratiques, d'optimiser leurs traitements mais aussi de réduire les risques d'incertitudes quant à leurs choix. Cette pratique basée sur les preuves complète un des piliers du métier de kinésithérapeute, qui est l'expérience de la pratique acquise au cours des années.

L'entorse de cheville est une pathologie couramment rencontrée par les masseurs-kinésithérapeutes. L'incidence y est élevée tant parmi les personnes sportives, comme évoqué précédemment, que les personnes « lambda ». Les différents traitements des déficits en résultant sont efficaces. Néanmoins, le taux de récurrences reste trop important. Des experts internationaux se réunissent chaque année pour évoquer ce problème et tenter de trouver une solution. De nouvelles pistes de traitements pour prévenir ces récurrences sont continuellement évoquées, parmi lesquelles la pliométrie.

Cette dernière trouve sa pertinence dans cette étude car il s'agit d'une technique relativement peu récente mais dont l'aspect neuro-musculaire a été développé il y a peu. Il est donc intéressant de faire une mise au point sur son utilisation et son utilité.

Cette revue de littérature a pour but d'analyser l'impact de la pliométrie sur les récurrences d'entorse de cheville. Ainsi, il s'agit d'un mémoire de type thérapeutique.

Problématique :

Le renforcement pliométrique est peu utilisé, il semble être la clé pour prévenir les récurrences.

2 Méthodologie

2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue

2.1.1 Types d'études

L'objectif de cette revue est d'identifier l'efficacité de la pliométrie en la comparant à un autre entraînement neuromusculaire comme la proprioception ou à un groupe contrôle chez les adultes. Cette revue sera donc de type thérapeutique.

Dans ce type d'étude, seront donc idéalement favorisés les articles de type thérapeutique, comme les études de cas randomisées ou non randomisées. Ces études sont considérées comme les meilleures pour analyser l'efficacité d'un traitement sur un patient ou pour répondre à une causalité quand la variable est manipulable. Le seul défaut de ce type d'étude réside dans le fait qu'il ne peut pas être appliqué sur toutes les variables.

Dans ce type d'étude, une population cible est sélectionnée et attribuée dans deux groupes différents de façon aléatoire ou non. Les populations doivent être homogènes dans la plupart des facteurs. S'ensuit l'administration du traitement sur le groupe cible et l'administration du placebo ou du comparateur sur le groupe témoin. Enfin, les résultats sont analysés puis interprétés pour vérifier qu'ils ne sont pas seulement dus au hasard mais bien à l'efficacité du traitement.

2.1.2 Population et pathologie

La population ciblée est composée d'adultes sportifs, hommes ou femmes, auxquels on a diagnostiqué une entorse. Il peut s'agir d'une entorse simple talo-fibulaire ou d'une instabilité chronique de cheville à la suite d'entorses latérales.

Les personnes sédentaires, les enfants ou les personnes ayant d'autres pathologies musculosquelettiques, parce qu'ils pourraient fausser l'interprétation des résultats, seront exclus.

2.1.3 Intervention

Le paramètre d'intervention correspond ici au traitement appliqué aux patients : ce dernier consiste, d'une part, en un renforcement des muscles par une contraction concentrique suivie d'une contraction excentrique. Celui-ci peut être réalisé à l'aide d'un saut.

2.1.4 Comparateur.

Le comparateur doit être idéalement la proprioception. Néanmoins, compte tenu du faible nombre d'articles dû à une pratique avançant plus vite que la clinique et du contexte sanitaire actuel, ayant retardé moult études, cette revue de littérature inclura aussi les groupes contrôle et placebo.

2.1.5 Objectif et critères de jugements

L'objectif de cette revue est de démontrer l'intérêt de la pliométrie appliquée à une pathologie avec une forte récurrence comme l'entorse. À la suite de cela, il sera possible de se positionner sur son application dans un protocole de rééducation.

2.1.5.1 Critères de jugement primaire

La pliométrie est une forme de renforcement neuromusculaire. L'hypothèse de cette méta-analyse est qu'un tel renfort permettrait une meilleure stabilité de la cheville par une stratégie de délestage. Des analyses cinétiques de la hanche, du genou ou de la cheville seraient intéressantes à interpréter, ainsi que des EMG des muscles associés pour s'assurer du niveau d'activation et de pré-activation des muscles de la cheville, entre autres, mais aussi des muscles responsables de la stratégie de délestage.

2.1.5.2 Critères de jugement secondaire

Il peut aussi être intéressant de choisir des techniques permettant de quantifier la stabilité de la cheville avec, par exemple, des questionnaires subjectifs comme le Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) ou le Foot and Ankle Ability Measure (FAAM). Il semble pertinent d'ajouter l'analyse du Ground Reaction Force (GRF), complémentaire des analyses cinématiques et cinétiques du critère de jugement principal. La douleur étant un des symptômes résiduels les plus forts dans l'instabilité chronique de cheville, ce paramètre sera traité en priorité dans des questionnaires, par exemple le Foot and Ankle Outcome Score (FAOS).

2.2 Méthodologie de la recherche des études

2.2.1 Sources documentaires

Cette revue de littérature s'appuie sur l'approche EBP, c'est-à-dire l'évolution des pratiques par les preuves. Elle se base donc sur des bibliothèques électroniques scientifiques et, potentiellement, sur des articles issus de la littérature grise :

- PubMed. Il s'agit ici de la principale source de données dont nous disposons. 17 études ;
- Cochrane Library. 52 études ;
- PEDro. 17 études ;
- Google Scholar. 208 résultats.

2.2.2 Équations de recherche

Pour trouver efficacement des articles qui traitent du sujet voulu, une équation de recherche claire doit être établie. À ce titre, il s'agit d'utiliser les éléments tirés de notre PICO (Population, Intervention, Comparateur et Objectif) puis d'appliquer les termes MeSH (Medical Subject Headings) afin de trouver le plus de synonymes et d'articles intéressants possible.

Voici donc les équations utilisées en fonction des différentes banques de données :

PubMed
$((CAIT[Title/Abstract]) OR (Ankle\ instability[Title/Abstract])) AND ((drill,plyometric(MeSH\ Terms) OR Hop[Title/Abstract])) AND (clinicaltrial[Filter])$

Cochrane
$Ankle\ instability\ AND\ Hop$

PEDro
<i>Hop (En sélectionnant en Body part : Ankle/foot)</i>

Google Scholar
<i>Plyometric AND (FAI or Instability)</i>

En outre, des filtres peuvent être appliqués à ces équations. On pense notamment au filtre Randomized Controlled Trial sur PubMed, permettant de sélectionner directement les essais cliniques randomisés, ce qui octroie un gain de temps considérable sur la sélection des articles.

2.3 Extraction et analyses des données

2.3.1 Méthode de sélection des études

Dans un premier temps, la bonne équation trouvée dans une des banques de données est appliquée et un nombre important d'articles en découle alors. Tous ces articles sont extraits et placés sur Mendeley.

Un premier tri dans cette recherche est effectué en lisant le titre et le résumé (abstract en anglais) des articles pour ne retenir que ceux qui correspondent réellement aux critères établis. Enfin, un second tri est réalisé avec la lecture des articles, en ayant préalablement déterminé les critères d'inclusion et d'exclusion desdits articles.

2.3.2 Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion doivent être assez larges pour acquérir un maximum d'articles. Mais ils doivent en même temps cibler le sujet précisément pour pouvoir en tirer une conclusion fiable. Sont donc inclus dans cette étude :

- les essais cliniques randomisés ;
- les études incluant des adultes sportifs/actifs ;
- les études ayant comme groupe test des personnes s'étant fait une entorse.

2.3.3 Critères d'exclusion

Sont exclues les études comportant :

- une population sédentaire ;
- des enfants ;
- des patients souffrant de plusieurs pathologies musculosquelettiques du membre inférieur ou avec des antécédents traumatiques ;
- les études ne traitant ni de l'instabilité/entorse de cheville ni d'un travail pliométrique ;
- les études ne présentant ni le critère 10 et ni le critère 11 de l'échelle PEDro ;

Par ailleurs, les études antérieures à 2010 ne sont pas retenues

2.3.4 Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

L'évaluation des essais cliniques collectés est effectuée à l'aide de l'échelle PEDro. Elle est basée sur la liste Delphi, élaborée par Vergarhen et ses collaborateurs. Cette échelle, composée de 11 items, a pour but d'évaluer la pertinence clinique de l'essai. Elle n'a pas pour vocation de valider l'utilité clinique du traitement, mais d'évaluer le sérieux de l'étude et le respect des différents biais. Parmi les 11 items, citons :

- les critères de 2 à 9, qui sont basés sur la validité interne de l'étude, soit l'évaluation de la crédibilité de sa conclusion interne ;
- les critères 10 et 11, qui évaluent le fait que l'étude comporte suffisamment d'informations statistiques pour être interprétée ;
- enfin, le critère 1, qui est un critère additionnel, repose sur la validité externe. Ce critère additionnel n'est pas comptabilisé dans la note finale, ce qui ramène l'échelle PEDro à un score sur 10.

2.3.5 Extraction des données

Pour l'ensemble des essais cliniques collectés, différents critères sont retenus et décrits afin d'avoir une bonne vision globale de l'article :

Tableau 1 : Les différents critères analysés dans les études

Les critères	Type d'étude : essai clinique randomisé
La méthode	Randomisation de l'essai clinique, respect des différents biais, étude en aveugle ou non
La population	Respect des critères d'inclusion et d'exclusion, sex-ratio, moyenne d'âge de la population
Intervention	Taille de l'échantillon, protocole appliqué sur l'ensemble du groupe, nombre de perdus de vue
Comparaison	Le groupe comparateur est-il similaire au groupe testé sur le protocole appliqué
Critères de jugements	Critères de jugement pertinents par rapport à la présente étude.
Résultats et Discussions	Fiabilité des résultats, calcul d'un intervalle de confiance pour mesurer la reproductibilité de la technique, calcul d'un écart type, taille de l'effet et des traitements, recul sur l'étude et la technique utilisée.

Tous ces critères sont rassemblés pour chaque article collecté et analysés afin d'avoir la meilleure interprétation possible de la fiabilité de l'article.

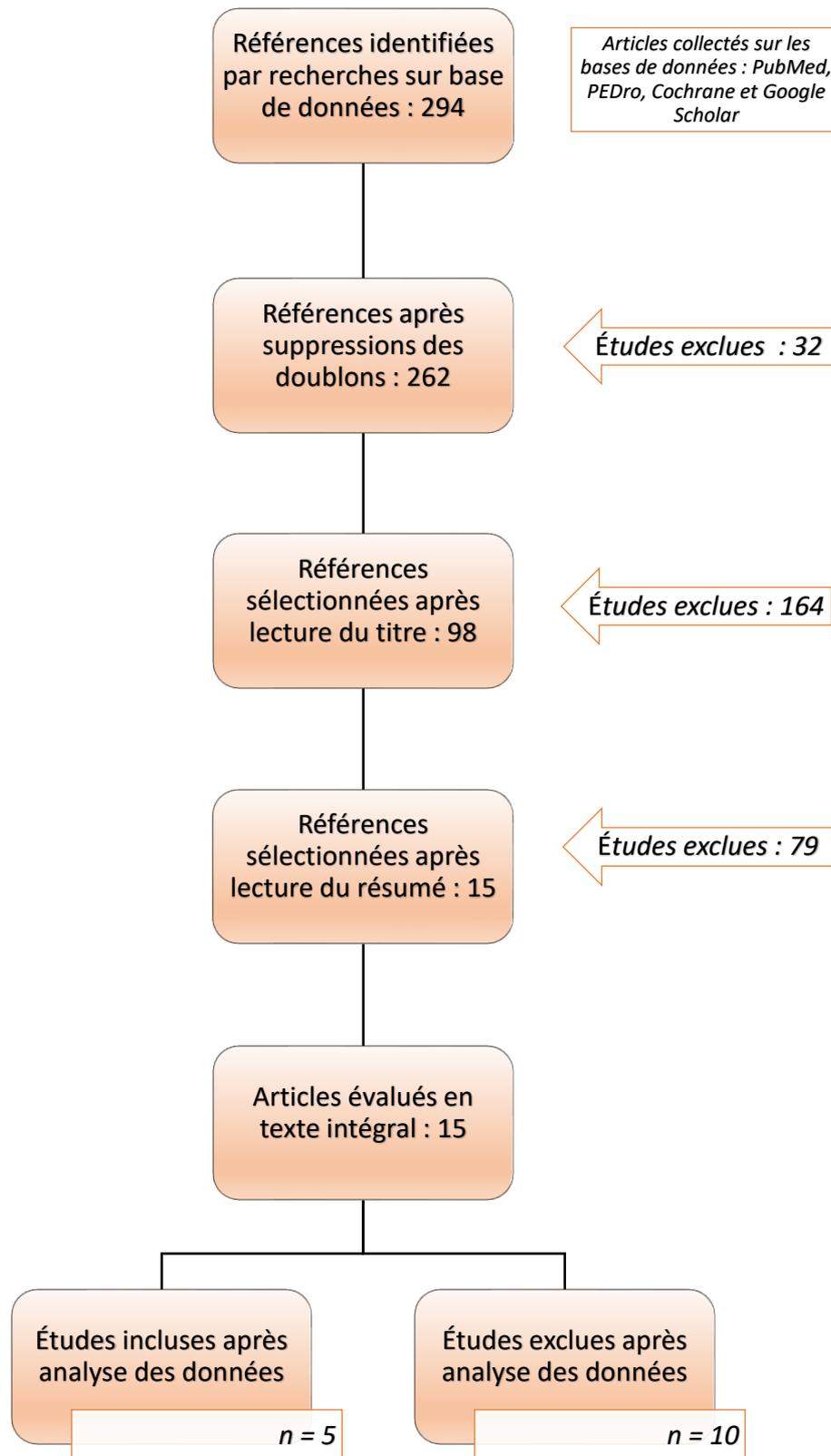
2.3.6 Méthode et synthèse des résultats

Compte tenu du fait que l'approche du sujet est récente et que cette revue doit se baser sur le principe de l'EBP, le type de synthèse des résultats s'oriente d'une manière plus quantitative que qualitative.

De ce fait, les études sont décrites singulièrement et détaillées, en évoquant les particularités de chacune. L'étude des biais est prise en compte à l'aide de l'échelle PEDro, puis l'efficacité de l'intervention est analysée le plus objectivement possible. Enfin, tout cela est mis en commun pour une analyse plus globale du traitement et de la qualité des revues.

3 Résultats

3.1 Diagraphme de flux



3.2 Études exclues

Tableau 2 : Présentation des études exclues et des raisons associées

Études exclues	Raison de l'exclusion
Surakhamhaeng et al. [56] 2020	Population ne contenant pas de sportifs
Huang et al. [57] 2010	Score PEDro trop faible ne présentant ni le critère 10 ni le critère 11
K.Krishnakumar [58] 2017	Comparateur peu pertinent (cryothérapie)
Kim et al. [59] 2016	Étude de cas
Shin et al. [60] 2019	Étude de cas, sujets avec une instabilité de cheville sans entorse avant
Caldemeyer et al. [61] 2020	Méta-analyse
Ismail et al. [62] 2010	Sujets présentant une entorse de cheville en phase aiguë
Hadi et al. [63] 2019	Barrière de la langue
Kim et al. [64] 2017	Ce n'est pas un essai clinique randomisé
Myer et al. [65] 2006	Pas de récurrences d'entorse
Petushek et al. [66] 2010	Sujets sains

3.3 Études incluses

Tableau 3 : Étude d'Anguish et al. 2018 [67] « Two 4-week balance-training programs for chronic ankle instability »

Méthode	Essai clinique randomisé en simple aveugle
Participants	<p>n = 18 divisés en deux groupes. Un groupe pliométrie avec le programme Progressive Hop to Stabilization (PHSB) (n = 9), un groupe proprioception (Single Leg Balance, SLB) (n = 9) <u>Localisation de l'étude</u> : <i>University of Nevada, Reno ; West Virginia University, Morgantown</i> <u>Critère d'inclusion</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - athlètes ou sportif en faculté ; - <i>un antécédent d'entorse avec des symptômes résiduels déclarés sur l'échelle Ankle Instability Instrument (All) ;</i> - <i>2 épisodes de déroboement au moins de la cheville pendant les 6 derniers mois.</i> <p><u>Critères d'exclusion</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>une entorse de cheville ou un traumatisme du membre inférieur durant les 6 dernières semaines ;</i> - <i>un antécédent de chirurgie du membre inférieur ;</i>

	<ul style="list-style-type: none"> - un sujet avec des troubles neurologiques ou des troubles d'équilibre dus à une pathologie quelconque. <p>Moyenne d'âge : groupe PSHB : 18,33 / SLB : 18,44 IMC : groupe PHSB : 25,8 / groupe SLB : 23,5 Sex-ratio : groupe PHSB : 89 % d'hommes / groupe SLB : 89 % d'hommes Nombres d'entorses : groupe PHSB : 2 / groupe SLB : 2 Nombre « oui » sur All : Groupe PHSB : 7 / groupe SLB : 7 FAAM score : groupe PHSB : 70,88 / groupe SLB : 70,33 FAAM score : groupe PHSB : 24,22 / groupe SLB : 21,00</p>
Intervention	<p>Groupe PHSB, une session de renforcement dynamique de l'équilibre créée par McKeon avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Unanticipated hop to stabilization</i> - <i>Hop to stabilization and reach</i> - <i>Single limb hop to stabilization</i> - <i>Single limb-stance</i> <p>Groupe SLB : un programme de rééducation créé par Hale avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>étirement ;</i> - <i>renforcement ;</i> - <i>renforcement fonctionnel à la maison ;</i> - <i>exercices neuromusculaires de contrôle.</i> <p>Tous ces exercices sont réalisés pendant 4 semaines</p>
Critères de jugement	<p>Résultats inclus dans l'étude :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) sports ;</i> - <i>FAAM daily living ;</i> - <i>Sensation de position de l'articulation ;</i> - <i>Star Excursion Balance Test (SEBT).</i>

Tableau 4 : Étude de Lee et al. 2020 [67] « Effect of plyometric versus ankle stability exercises on lower limb biomechanics in taekwondo demonstration athletes with functional ankle instability »

Méthode	Essai clinique randomisé en simple aveugle
Participants	<p>n = 14 divisés en deux groupes Un groupe pliométrie (n = 7), un groupe exercice de stabilité de la cheville (ASE) (n = 7)</p> <p>Localisation de l'étude : <i>Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Dankook University, 119, Dandae-ro</i></p> <p>Critère d'inclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>des personnes pratiquant le taekwondo ;</i> - <i>un score supérieur à 5 sur l'échelle d'Ankle Instability Instrument.</i> <p>Critères d'exclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>pas de déformation congénitale au niveau des membres inférieurs ;</i> - <i>un antécédent de chirurgie du membre inférieur durant les 6 derniers mois ;</i> - <i>pas d'atteinte vestibulaire ou de troubles de l'équilibre associés.</i> <p>Moyenne d'âge : groupe pliométrie : 22 / ASE : 23,57 IMC : groupe pliométrie : 23,4 / groupe ASE : 22,2 Taille des jambes : groupe pliométrie : 90,56 / groupe ASE : 91,02 Sex-ratio : pas précisé</p>

	<p>Taille de jambe moyenne : groupe pliométrie : 90,56 / groupe ASE : 91,02 All score : groupe pliométrie : 7,14 / groupe ASE : 8</p>
Intervention	<p>Groupe pliométrie, une session de renforcement pliométrique de saut avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> - saut vers l'avant ; - saut en zigzag ; - step up to reverse lunge ; - step up jump sur une dropbox ; - skater hops ; - lateral shuffle. <p>Groupe ASE : un programme de rééducation créé par Hale avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> - star excursion balance train exercice ; - elastic band exercise ; - lower limb squat ; - calf raise ; - short foot exercise ; - balance pad leg standing ; - balancepad ; - one leg standing ; - balance pad lunging. <p>Ces exercices sont pratiqués 2 fois par semaine pendant 4 semaines et une autre batterie d'exercices sur la même thématique est donnée 2 fois par semaine pendant 4 semaines.</p>
Critères de jugement	<p>Résultats inclus dans l'étude :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Y balance test ; - Motion analyse system and force plate pendant le single-leg drop landing.

Tableau 5 : Étude de Minoonejad et al. 2019 [69] « Hop Stabilization Training Improves Neuromuscular Control in College Basketball Players With Chronic Ankle Instability : A Randomized Controlled Trial »

Méthode	Essai clinique randomisé en simple aveugle
Participants	<p>n = 28 basketteurs en faculté divisés en deux groupes. Un groupe pliométrie (n = 14), un groupe contrôle sans intervention (n = 10) Localisation de l'étude : Department of Health and Sport Medicine, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran Critère d'inclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un âge entre 18 et 30 ans ; - jouer au basketball avec la faculté de manière active, soit 2 heures par session minimum 3 fois par semaine ; - avoir une entorse aiguë en inversion laissant des séquelles comme la douleur, une sensation d'instabilité ou des dysfonctionnements 1 an avant l'essai clinique ; - 2 épisodes de dérobement de la cheville dans les 6 derniers mois ; - un score d'au moins 4/5 sur l'Ankle Instability instrument ; - un score de handicap inférieur ou égal à 90 % sur l'échelle FAAM ; - un score de handicap inférieur ou égal à 80 % sur l'échelle FAAM sports ; - un score de 24 ou moins sur l'échelle CAIT - un score de moins de 75 % sur 3 catégories sur l'échelle du Foot and Ankle Outcome Score (FAOS) ;

	<ul style="list-style-type: none"> - les instabilités bilatérales étaient tolérées, mais seule la cheville avec les scores les moins élevés était traitée. <p><u>Critères d'exclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - des antécédents de chirurgie sur le membre inférieur ; - des atteintes musculosquelettiques chroniques ; - des blessures au membre inférieur aiguës ; - un traumatisme crânien. <p><u>Moyenne d'âge :</u> groupe pliométrie : 22,78 / groupe contrôle : 22,57 <u>IMC :</u> groupe pliométrie : 23,6 / groupe proprioception : 22,9 <u>Sex-ratio :</u> 100 % d'hommes <u>CAIT score :</u> groupe pliométrie : 19,78 / groupe proprioception : 19,35 <u>FAAM % :</u> groupe pliométrie : 84,52 / groupe proprioception : 81,71 <u>FAAM-S % :</u> groupe pliométrie : 73,66 / groupe proprioception : 67,63 <u>FAOS symptom :</u> groupe pliométrie : 67,85 / groupe proprioception : 68,11 <u>FAOS pain :</u> groupe pliométrie : 73,61 / groupe proprioception : 78,36 <u>FAOS AVQ :</u> groupe pliométrie : 80,145 / groupe proprioception : 79,30 <u>FAOS sport :</u> groupe pliométrie : 70,71 / groupe proprioception : 71,89 <u>FAOS qualité de vie :</u> groupe pliométrie : 71,42 / groupe proprioception : 70,71</p>
Intervention	<p><u>Groupe pliométrie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Side to side hops - Forwards and backwards hops - Forwards hops - Figure 8 hops <p>Chaque semaine, des exercices étaient rajoutés ou modifiés de façon à augmenter la difficulté. La première semaine, une base de 80 sauts a été effectuée, puis 20 sauts ont été rajoutés chaque semaine jusqu'à arriver, à la semaine 5, à 160. À partir de là, une réduction de 10 sauts a été effectuée pour la semaine 6. Trois sessions d'entraînement étaient effectuées chaque semaine.</p> <p><u>Groupe contrôle :</u> pas d'intervention</p>
Critères de jugement	<p><u>Résultats inclus dans l'étude :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - niveau d'activation musculaire en préparation à l'effort ; - niveau d'activation musculaire en réaction à l'effort ; - temps d'apparition de la contraction du muscle.

Tableau 6 : Étude d'Ardakani et al. 2019 [68] « Hop Stabilization Training and landing biomechanics in athletes with chronic ankle instability: A randomized controlled trial »

Méthode	Essai clinique randomisé en simple aveugle
Participants	<p>n = 28 basketteurs en faculté divisés en deux groupes. Un groupe pliométrie (n = 14), un groupe contrôle sans intervention (n = 10) <u>Localisation de l'étude :</u> Department of Health and Sport Medicine, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran <u>Critère d'inclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - un âge entre 18 et 30 ans ; - jouer au basketball avec la faculté de manière active, soit 2 heures par session minimum 3 fois par semaine ;

	<ul style="list-style-type: none"> - avoir une entorse aiguë en inversion laissant des séquelles comme la douleur, une sensation d'instabilité ou des dysfonctionnements 1 an avant l'essai clinique ; - 2 épisodes de déroboement de la cheville dans les 6 derniers mois ; - un score d'au moins 4/5 sur l'Ankle Instability instrument ; - un score de handicap inférieur ou égal à 90 % sur l'échelle FAAM ; - un score de handicap inférieur ou égal à 80 % sur l'échelle FAAM sports ; - un score de 24 ou moins sur l'échelle CAIT - un score de moins de 75 % sur 3 catégories sur l'échelle du Foot and Ankle Outcome Score (FAOS) ; - les instabilités bilatérales étaient tolérées, mais seule la cheville avec les scores les moins élevés était traitée. <p><u>Critères d'exclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - des antécédents de chirurgie sur le membre inférieur ; - des atteintes musculosquelettiques chroniques ; - des blessures au membre inférieur aiguës ; - un traumatisme crânien. <p><u>Moyenne d'âge :</u> groupe pliométrie : 22,78 / groupe contrôle : 22,57 <u>IMC :</u> groupe pliométrie : 23,6 / groupe proprioception : 22,9 <u>Sex-ratio :</u> 100 % d'hommes <u>CAIT score :</u> groupe pliométrie : 19,78 / groupe proprioception : 19,35 <u>FAAM % :</u> groupe pliométrie : 84,52 / groupe proprioception : 81,71 <u>FAAM-S % :</u> groupe pliométrie : 73,66 / groupe proprioception : 67,63 <u>FAOS symptom :</u> groupe pliométrie : 67,85 / groupe proprioception : 68,11 <u>FAOS pain :</u> groupe pliométrie : 73,61 / groupe proprioception : 78,36 <u>FAOS AVQ :</u> groupe pliométrie : 80,145 / groupe proprioception : 79,30 <u>FAOS sport :</u> groupe pliométrie : 70,71 / groupe proprioception : 71,89 <u>FAOS qualité de vie :</u> groupe pliométrie : 71,42 / groupe proprioception : 70,71</p>
Intervention	<p><u>Groupe pliométrie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Side to side hops - Forwards and backwards hops - Forwards hops - Figure 8 hops <p>Chaque semaine, des exercices étaient rajoutés ou modifiés de façon à augmenter la difficulté. La première semaine, une base de 80 sauts a été effectuée, puis 20 sauts ont été rajoutés chaque semaine jusqu'à arriver, à la semaine 5, à 160. À partir de là, une réduction de 10 sauts a été effectuée pour la semaine 6. Trois sessions d'entraînement étaient effectuées chaque semaine.</p> <p><u>Groupe contrôle :</u> pas d'intervention</p>
Critères de jugement	<p><u>Résultats inclus dans l'étude :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - niveau d'activation musculaire en préparation à l'effort ; - niveau d'activation musculaire en réaction à l'effort ; - temps d'apparition de la contraction du muscle.
Résultats	

Tableau 7 : Étude de Huang et al. 2014 [71] Lower Extremity Biomechanics in Athletes With Ankle Instability After a 6-Week Integrated Training Program

Méthode	Essai clinique randomisé en simple aveugle
Participants	<p>n = 30 athlètes divisés en trois groupes. Un groupe pliométrie (n = 10), un groupe contrôle (n = 10), un groupe pliométrie + balance training (n = 10)</p> <p>Localisation de l'étude : <i>National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan ; †National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan</i></p> <p><u>Critère d'inclusion</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>membre d'une équipe de sport collectif en faculté (rugby, basketball, football, volleyball) ;</i> - <i>avoir une entorse aiguë laissant des séquelles comme la douleur, une sensation d'instabilité ou des dysfonctionnements ;</i> - <i>des épisodes de dérobement de la cheville récurrents dans l'année ;</i> - <i>un score de moins de 24 sur l'échelle CAIT ;</i> - <i>un Drawer Test et un Talar Tilt Test négatifs ;</i> - <i>les instabilités bilatérales étaient tolérées, mais seule la cheville avec les scores les moins élevés sur le score CAIT était traitée.</i> <p><u>Critères d'exclusion</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>des atteintes neurologiques ou des atteintes vestibulaires ou du membre inférieur contraignant l'équilibre ;</i> - <i>une entorse dans le dernier mois.</i> <p>Moyenne d'âge : groupe pliométrie : 23,20 / groupe pliométrie + balance : 23,80 / groupe contrôle : 23,50 IMC : groupe pliométrie : 24,14 / groupe pliométrie + balance : 22,90 / groupe contrôle : 24,15 Sex-ratio : groupe pliométrie : 80 % d'homme / groupe pliométrie + balance : 80 % d'homme / groupe contrôle : 70 % d'homme Nombre d'entorses 6 mois avant l'étude : groupe pliométrie : 1,60 / groupe pliométrie + balance : 1,50 / groupe contrôle : 1,70 Nombre d'entorses 2 ans avant l'étude : groupe pliométrie : 4 / groupe pliométrie + balance : 3,50 / groupe contrôle : 4,50 CAIT score : groupe pliométrie : 19,05 / groupe pliométrie + balance : 17,56 / groupe contrôle : 19,90</p>
Intervention	<p><u>Groupe pliométrie</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>squat jumps ;</i> - <i>ankle jumps ;</i> - <i>forward zigzag jump ;</i> - <i>Lateral sawtooth jump ;</i> - <i>jump up on step ;</i> - <i>jump for distance.</i> <p><i>Toutes les deux semaines, l'entraînement pliométrique est intensifié en ajoutant à la fois un exercice de plus à la batterie d'exercices donnée (7 exercices pour la 3e et 4e semaine et 8 exercices pour la 5e et la 6e semaine). De plus, les programmes sont intensifiés.</i></p> <p><u>Groupe pliométrie + balance</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>forward zigzag jump ;</i> - <i>Lateral sawtooth jump ;</i>

	<ul style="list-style-type: none"> - <i>jump up on step ;</i> - <i>squat jumps</i> - <i>balanced squats</i> - <i>balanced dribble</i> <p><i>Toutes les deux semaines, l'entraînement pliométrique est intensifié en ajoutant à la fois un exercice de plus à la batterie d'exercices donnée (7 exercices pour la 3^e et 4^e semaine et 8 exercices pour la 5^e et la 6^e semaine). De plus, les programmes sont intensifiés.</i></p> <p><u>Groupe contrôle : pas d'intervention</u></p> <p>Tous les programmes étaient pratiqués 3 fois par semaine à raison de 6 semaines.</p>
<p>Critères de jugement</p>	<p><u>Résultats inclus dans l'étude :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>static postural sway ;</i> - <i>time to stabilize (TTS) ;</i> - <i>analyse du centre de pression et de masse après un single-leg drop landing et single-leg standing balance ;</i> - <i>cinétique des articulations du membre inférieur après un single-leg drop landing.</i>

3.4 Risques de biais des études incluses

Tableau 8 : Échelle PEDro des études incluses dans la revue de littérature

Études	Items											Score total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Minoonejad et al., 2019 [69]		X	X	X			X	X	X	X	X	8/10
Lee et al., 2020 [67]	X	X		X						X	X	4/10
Ardakani et al., 2019 [68]		X	X	X			X	X	X	X	X	8/10
Anguish et al., 2018 [70]		X		X				X	X	X	X	6/10
Huang et al., 2014 [71]	X	X		X				X		X	X	5/10

Pour rappel, l'échelle PEDro permet de valider la qualité de l'étude et de juger les différents biais que certaines études peuvent présenter. Elle n'est notée que sur 10 car le premier critère évalue la validité externe de l'étude, soit l'applicabilité des résultats obtenus sur une plus grande population. Peu d'études ont validé ce critère car elles n'ont pas décrit la source de recrutement de leur population.

Toutes les études présentes remplissent les critères 10 et 11, ce qui est important pour pouvoir les évaluer et en interpréter les résultats.

Enfin, les critères 2 à 9 vérifient une absence de biais et certifient une fiabilité méthodologique a minima. Parmi les biais devant retenir toute notre attention se trouvent [72] :

- le **biais de sélection**, lié à des caractéristiques différentes entre l'échantillon de l'étude et la population cible ;
 - o *Item 2* : Les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes.
 - o *Item 3* : La répartition a respecté une assignation secrète.
 - o *Item 4* : Les groupes contrôle et expérimental étaient comparables au début de l'étude.
- le **biais de performance**, dû à une application différente entre les groupes par les thérapeutes. C'est la conséquence du non-aveuglement des thérapeutes ou des patients.
 - o *Item 5* : Mise en aveugle de tous les sujets.
 - o *Item 6* : Mise en aveugle des thérapeutes ayant administré le traitement.
- le **biais d'évaluation**, dû au non-aveuglement, cette fois, des évaluateurs et donc à une mesure erronée des critères de jugement ;
 - o *Item 7* : Mise en aveugle des évaluateurs pour au moins un critère de jugement évalué.
- le **biais d'attrition**, dû à des sujets perdus de vue. Une fois randomisés dans l'étude, ces sujets doivent être considérés comme entrants et donc comme en intention de

traiter ; dans le cas contraire, on pourrait en effet penser que les auteurs ont décidé d'exclure les personnes de cette étude pour manipuler les résultats ;

- *Item 8* : Les mesures ont été récoltées pour plus de 85 % des patients dans chaque groupe.
 - *Item 9* : Tous les patients pour lesquels des résultats ont pu être obtenus ont été mis en intention de traiter.
- le **biais de participation**. Il peut y avoir des caractéristiques différentes entre les sujets volontaires pour participer à une étude et ceux qui ne le sont pas ;
 - le **biais de sélectivité**. Il correspond, lors du rapport de résultats, à un choix des auteurs entre ce qui a été mesuré au cours de l'étude et ce qui a été finalement rapporté dans l'étude finale.

3.5 Effets de l'intervention

3.5.1 Synthèse des résultats sous forme de tableaux

Cette partie est destinée aux calculs des intervalles de confiance intergroupes pour les études confrontant la pliométrie à un simple groupe contrôle et intergroupes ainsi qu'intragroupes pour la pliométrie en comparaison avec un groupe de proprioception.

L'intervalle de confiance (IC) permet de chiffrer une zone d'incertitude dans les résultats que les études ont obtenus, donc de savoir si ces résultats sont interprétables. Tous les intervalles présentés ont été ici calculés. Pour une meilleure lisibilité, les intervalles de confiance présentant des résultats significatifs seront en **gras**. Pour une meilleure lisibilité de cette revue, tous les tableaux sont présentés en annexe.

3.5.2 Impact de la pliométrie sur le schéma moteur

3.5.2.1 Impact de la pliométrie sur le positionnement articulaire lors d'un single-leg drop landing

Ardakani et al., 2019 :

Dans cette étude, il existe une différence significative ($p < 0,5$), constatée dans le tableau 18 présent en annexe, dans le positionnement articulaire des patients après un entraînement pliométrique de 6 semaines en comparaison avec le groupe témoin en flexion plantaire au contact initial ($-8,32$ IC95% $[-3,02 ; -13,62]$) ainsi qu'une cheville en position d'inversion ($-0,87$ IC95% $[-1,59 ; -0,15]$) au pic du VGRF. Une flexion de genou ($+7,45$ IC95% $[5,18 ; 9,72]$ / $+7,37$ IC95% $[3,37 ; 11,37]$) et de hanche majorée ($+8,0$ IC95% $[3,94 ; 12,06]$ / $+8,53$ IC95% $[2,81 ; 14,25]$) autant au contact initial qu'au pic du VGRF. Enfin, une rotation externe de genou augmentée ($-3,1$ IC95% $[-5,22 ; -1]$) est constatée. Les autres résultats sont aussi significatifs, mais les intervalles de confiance sont trop grands et trop proches de 0 pour s'y intéresser.

Lee et al., 2020 :

D'après le tableau 21, les résultats sont significatifs concernant la diminution de la flexion plantaire au contact initial ($-11,87$ IC95% $[-19,18 ; -4,56]$) ainsi que l'augmentation de la flexion de genou dans toutes les périodes ($+9,49$ IC95% $[2,45 ; 16,53]$ / $+14,75$ IC95% $[1,90 ; 27,60]$)

pour le groupe pliométrie en comparaison avec le groupe proprioception. Les autres résultats ne sont malheureusement pas significatifs ($p < 0,5$).

Huang et al., 2014 :

Au cours de cet essai, seule la flexion de hanche a montré une augmentation significative lors d'un single-leg drop landing latéral ($p < 0,5$) (+9,34 IC95% [1,58 ; 17,10]) et lors d'un single-leg drop landing médial (+8,78 IC95% [0,60 ; 16,96]) pour le groupe pliométrique. Tous les autres résultats, n'étant pas significatifs ($p > 0,5$), peuvent être dus au hasard. Ces résultats ont été mis en évidence à partir des tableaux 22 et 23 figurant en annexe.

Il a donc été démontré une flexion de hanche accrue dans deux études, une flexion de genou majorée dans deux études et une flexion plantaire diminuée dans une seule étude correspondant à la stratégie de délestage.

3.5.2.2 Impact de la pliométrie sur les muscles lors d'un single-leg drop landing

Minoonejad et al., 2019 :

Dans cette étude, il est possible de voir une augmentation significative ($p < 0,5$) du niveau d'activation du tibial antérieur (+11,98 IC 95 % [1,27 ; 22,69]), du soléaire (+7,12 IC 95 % [0,20 ; 14,04]), du long fibulaire (+ 5,66 IC 95 % [0,58 ; 10,74]) et du gastrocnémien latéral (+6,39 IC 95 % [1,12 ; 11,66]) en réaction à l'effort. Néanmoins, il est important de préciser que les intervalles de confiance sont grands et proches de 0 pour certains. Les intervalles de confiance et résultats précédemment évoqués sont visibles dans le tableau 14 en annexe.

En préparation à l'effort, il est possible de constater une augmentation significative ($p < 0,5$) du niveau d'activation du tibial antérieur (+4,03 IC98% [2,34 ; 5,72]), du soléaire (+5,34 IC95% [0,07 ; 10,61]), du long fibulaire (+73,02 IC95% [43,55 ; 102,49]), du gastrocnémien latéral (+53,69 IC95% [36,59 ; 70,79]), du biceps fémoral (+4,95 IC95% [3,46 ; 6,44]) et du moyen fessier (+1,76 IC95% [0,08 ; 3,44]), ainsi qu'une diminution significative ($p < 0,5$) du vaste médial (-1,72 IC95% [-2,83 ; -0,61]). Ces résultats sont présentés dans le tableau 15 de l'annexe.

Enfin, comme pour le niveau d'activation en préparation à l'effort, le temps d'activation des muscles amène subitement une augmentation d'après le tableau 16 ($p < 0,5$) pour le tibial antérieur (+33,58 IC95% [20,18 ; 46,98]), le soléaire (+59,57 IC95% [38,43 ; 80,71]), le long fibulaire (+73,02 IC95% [43,55 ; 102,49]), le gastrocnémien latéral (+53,69 IC95% [36,59 ; 70,79]), le biceps fémoral (+18,63 IC95% [2,99 ; 34,27]), le moyen fessier (+30,39 IC95% [16,16 ; 44,62]) et une diminution ($p < 0,5$) pour le vaste médial.

En accord avec la stratégie de délestage, il est possible de constater un niveau d'activation en préparation et en réaction à l'effort accru du tibial antérieur (principal fléchisseur dorsal), des fléchisseurs de genou tels que le gastrocnémien latéral et le biceps fémoral et une diminution du vaste médial, extenseur de genou. Néanmoins, les muscles ayant un niveau d'activation plus élevé auront un temps d'activation plus important et interviendront plus tard, contrairement au vaste médial.

3.5.3 Impact de la pliométrie sur le GRF lors d'un single-leg drop landing

Ardakani et al., 2019 :

Il existe un retard significatif ($p < 0,5$) après un entraînement pliométrique du temps d'apparition du GRF [Time To Peak (TTP)] en latéral (+5,16 IC95% [2,06 ; 8,26]), médial (+4,07 IC 95 % [2,58 ; 5,56]) et en vertical (+4,97 IC95% [2,33 ; 7,61]). Il existe aussi un retard significatif en antérieur et en postérieur, mais les intervalles de confiance sont proches de 0, rendant leur interprétation plus complexe.

Il existe aussi une diminution significative ($p < 0,5$) du pic du GRF dans toutes les composantes, à savoir médiale (-0,03 IC95% [-0,06 ; -0,01]), latérale (-0,06 IC95% [-0,11 ; -0,01]), antérieure (-0,07 IC95% [-0,13 ; -0,01]), postérieure (-0,08 IC95% [-0,15 ; -0,01]) et verticale (-0,52 IC95% [-1,03 ; -0,01]). Néanmoins, ces intervalles de confiance restent très proches de 0.

L'ensemble des résultats précédemment évoqués a été calculé et présenté dans le tableau 19 présent en annexe.

Lee et al., 2020 :

Dans l'étude de Lee et al., néanmoins, il n'existe pas de différence significative, que ce soit dans l'intensité du pic de GRF ou dans le temps d'apparition du pic du VGRF.

Une seule étude a donc montré un potentiel impact sur la force appliquée sur le pied.

3.5.4 Impact de la pliométrie au travers de questionnaires

Ardakani et al., 2019 :

D'après le tableau 17, une amélioration significative ($p < 0,5$) est remarquée dans le questionnaire FAAM (+10,8 IC95% [4,23 ; 17,37]), FAAM sports (+18,5 IC95% [7,89 ; 29,11]), mais aussi dans le FAOS dans les catégories symptômes (+14,5 IC95% [3,35 ; 25,65]), amélioration des AVQ (+5,2 IC95% [1,54 ; 8,84]), sport (+23,4 IC95% [19,22 ; 27,58]) et qualité de vie (+18,5 IC95% [6,18 ; 30,82]).

Anquish et al., 2018 :

On pourrait croire à une augmentation exponentielle ($p < 0,5$) pour le groupe proprioception contrastant avec le groupe pliométrique pour les résultats du questionnaire FAAM sports (-11 IC95% [-16,88 ; -5,12]). Néanmoins, les groupes n'étant initialement pas homologues, ces scores ne sont pas valables. Les intervalles de confiance entre les résultats pré et post-traitement sont similaires entre ces deux groupes. Tout cela est constatable dans le tableau 20.

Les questionnaires ne montrent un changement significatif que sur une seule étude

3.6 Évaluation de la pertinence clinique

Dans cette partie, un tableau est proposé afin de juger les différents biais auxquels les études sont exposées. Cela permettra d'évaluer la pertinence clinique de ces études et ainsi de comprendre pourquoi certains de leurs résultats sont ici non exploitables.

Tableau 9 : Évaluation des biais des études analysées

Études	Biais
<i>Minoonejad et al., 2019</i>	Biais de performance : Les sujets comme les thérapeutes n'étaient pas en aveugle. Cela peut conduire à une sur ou à une sous-estimation non intentionnelle de l'évolution des critères de jugement avec la pathologie.
<i>Ardakani et al., 2019</i>	Biais de performance : Les sujets comme les thérapeutes n'étaient pas en aveugle. Cela peut conduire à une sur ou à une sous-estimation non intentionnelle de l'évolution des critères de jugement avec la pathologie.
<i>Lee et al., 2020</i>	<p>Biais d'évaluation : Les évaluateurs ne sont pas en aveugle, rendant la prise de résultats biaisée avec une sur ou une sous-évaluation des critères de jugement.</p> <p>Biais d'attrition : Aucune information n'a été donnée sur le nombre de perdus de vue ou s'ils sont considérés comme en intention de traiter.</p> <p>Biais de performance : Les sujets comme les thérapeutes n'étaient pas en aveugle. Cela peut conduire à une sur ou à une sous-estimation non intentionnelle de l'évolution des critères de jugement avec la pathologie.</p> <p>Biais de sélection : Aucun outil n'a été utilisé pour calculer la taille de l'échantillon idéal, rendant la taille de l'échantillon trop faible. Aucune information n'a été donnée sur l'assignation secrète des patients.</p> <p>Enfin, il y a eu très peu de critères d'inclusion et d'exclusion, générant une inclusion un peu « laxiste » des patients.</p>
<i>Anguish et al., 2018</i>	<p>Biais d'évaluation : Les évaluateurs ne sont pas en aveugle, rendant la prise des résultats biaisée avec une sur ou une sous-évaluation des critères de jugement.</p> <p>Biais de performance : Les sujets comme les thérapeutes n'étaient pas en aveugle. Cela peut conduire à une sur ou à une sous-estimation non intentionnelle de l'évolution des critères de jugement avec la pathologie.</p> <p>Biais de sélection : L'assignation des patients n'a pas été secrète.</p>
<i>Huang et al., 2014</i>	<p>Biais d'évaluation : Les évaluateurs n'étant pas en aveugle, il peut y avoir une sur ou sous-évaluation des critères de jugement.</p> <p>Biais d'attrition : Il n'est pas précisé si les patients perdus de vue ont été enregistrés en intention de traiter.</p> <p>Biais de performance : Les sujets comme les thérapeutes n'étaient pas en aveugle. Cela peut conduire à une sur ou à une sous-estimation non intentionnelle de l'évolution des critères de jugement avec la pathologie.</p> <p>Biais de sélection : Il n'y a pas eu d'assignation secrète auprès des patients lors de la randomisation.</p>

4 Discussion

L'objectif de ce mémoire était de démontrer l'impact que la pliométrie peut avoir sur les récurrences d'entorse de cheville en travaillant sur le schéma moteur et la stratégie de délestage du patient. Compte tenu de nombreux biais présents dans les études retenues dans cette revue de littérature, leurs résultats doivent être analysés avec rigueur.

4.1 Analyse des principaux résultats

4.1.1 Analyse de la population

Les populations dans les études analysées semblent homogènes entre elles. Il est possible d'observer une moyenne d'âge de 21 ans avec un minimum de 18 ans et un maximum de 24 ans, soit moins de 6 ans d'écart. Les classes d'âge sont donc homogènes et il n'existe pas de différence d'âge dans ces populations.

Les IMC de ces échantillons semblent similaires dans l'ensemble, entre 22,6 et 23,9, sauf pour l'étude d'Anguish et al. [70] où le groupe expérimental possède un IMC de 25,8. Pour rappel, un IMC au-dessus de 25 correspond à un surpoids, ce qui est un facteur de risque d'entorse [26][27].

Il existe une prédominance des hommes dans les études ici retenues. En retirant l'étude de Lee et al. [67] où le sex-ratio n'est pas indiqué, il n'y a que 17 % de femmes dans les études observées. Cela s'explique par le fait que deux des études regroupant le plus grand échantillon ont recruté leurs sujets dans des clubs de sport masculins de leurs facultés.

Les échantillons de populations prélevés dans les études sont faibles. Il y a en moyenne 23 personnes dans chaque étude avec un maximum de 30 et un minimum de 14. L'échantillon minimal est obtenu dans l'étude de Lee et al. [67]. Dans cette dernière étude [67], ce nombre descend jusqu'à 7 personnes par groupe, ce qui est trop peu pour estimer une validité significative sur un critère de jugement. Pour aider les auteurs, G*Power Software permet de calculer le nombre de personnes nécessaire dans l'échantillon pour que p soit significative ($p < 0,5$). Seules deux études sur cinq ont calculé ce nombre hypothétique à l'aide de l'outil précédemment évoqué. Il s'agit des études d'Ardakani et al. et de Minoonejad et al. [68,69]

Le nombre d'entorses répertoriées avant l'étude est seulement mentionné dans deux des études sur cinq ; il est en moyenne de 2,5 entorses par cheville.

Dans la majorité des cas, les études ont décidé de vérifier l'instabilité chronique de cheville à la suite d'entorses des échantillons à l'aide du Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT). Le CAIT est un questionnaire fiable permettant de déterminer si le patient présente une instabilité chronique de cheville ou non [73][74]. En cas d'instabilité, le patient a un score de moins de 24 sur cette échelle. Trois de nos études utilisant cette échelle présentent des scores allant de 17 à 20. Une des deux autres études, celle d'Anguish et al. [70], a préféré utiliser le questionnaire FAAM score pour mesurer l'instabilité chronique de cheville au départ. Quant à la seconde, celle de Lee et al. [67], elle a utilisé l'Ankle Instability Instrument score pour juger de l'instabilité chronique de son échantillon ; les patients devaient avoir un score au-dessus de 5.

Le CAIT a été développé pour identifier et quantifier le degré d'instabilité et évaluer chaque cheville indépendamment. Il présente de bonnes valeurs de validité et de fiabilité. La sensibilité et la spécificité du CAIT montrent une bonne utilité clinique, mais les rapports de vraisemblance ne sont que modérés [74]. Le Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) et sa sous-échelle Sports (FAAM-S) sont des améliorations de l'Index d'invalidité du pied et de la cheville (Foot and Ankle Disability Index, FADI) et de sa sous-échelle Sports (FADI-S). Le FAAM se concentre sur les AVQ et les sports, et comporte cinq questions de moins que le FADI et le FADI-S. Les points sont notés numériquement, mais sont convertis en pourcentages [75]. Sa validité et sa fiabilité sont bien établies, mais son utilité clinique n'est que modérée. Le Foot and Ankle Outcome Score (FAOS) est un questionnaire plus long, comportant cinq domaines : la douleur, les autres symptômes, les AVQ, la fonction sportive/récréative et la qualité de vie du pied/de la cheville. Les scores sont transformés en pourcentages. Il présente une bonne fiabilité et une bonne cohérence interne, ainsi qu'une utilité clinique modérée, et est approuvé par l'International Ankle Consortium avec des valeurs seuils [76]. Aucune des échelles ne semble être meilleure qu'une autre pour mesurer une instabilité chronique de cheville.

Selon une revue de littérature récente [77], une étude sur l'entorse ou l'instabilité chronique de cheville devrait stipuler :

- l'âge du patient ;
- l'indice de masse corporelle ;
- les stratégies d'adaptation à la douleur ;
- le rapport d'instabilité ;
- les antécédents d'entorse ;
- la capacité à porter du poids ;
- la douleur lors de la mise en charge ;
- l'amplitude de dorsiflexion de la cheville ;
- la sensibilité de la ligne articulaire médiane ;
- l'équilibre ;
- la capacité à sauter et à atterrir.

Aucune des études présentes dans cette revue ne présente tous ces critères.

Enfin, les sports regroupés dans les études sont :

- le basketball pour deux d'entre elles [69] [68] ;
- le taekwondo [67] ;
- des sports collectifs comme le football, le basketball, le rugby et le volleyball [71] ;
- des sports non recensés [70].

Il est à noter qu'il y a différents types de sportifs dans les études. Comme précédemment précisé, il existe plusieurs types d'entorses en fonction du sport pratiqué. Une entorse sur un sport de réception n'a pas la même étiologie qu'une entorse sur un sport à pivot, par exemple. Ces études se basent majoritairement sur des sports à réception, avec le basketball, le volleyball et le taekwondo, même s'il y a quelques sports à pivot comme le football et le rugby.

Le rugby peut être considéré comme un sport mixte car le saut en touche en fait aussi un sport de réception.

4.1.2 Analyse de l'intervention

L'intervention est la pliométrie. Ce terme est vague et regroupe une grande batterie d'exercices que le praticien peut effectuer. Tous les tableaux des programmes des études sont situés en annexe.

Il est déjà important de préciser que, sur les cinq études, quatre proposent un programme entier de pliométrie. En effet, l'étude de Anguish et al. [70], comprend trois exercices de pliométrie à base de saut puis de stabilisation et un exercice de proprioception. Ces quatre exercices sont basés sur le programme de rééducation neuromusculaire Progressive Hop to Stabilization Balance (PHSB) développé par McKeon pour les instabilités chroniques de cheville. Ce programme contient sept niveaux de difficulté. Avant de passer au niveau de difficulté suivant, il fallait démontrer que la tâche avait été accomplie sans erreur dans chacune des composantes des exercices. Tous les niveaux de difficulté ont été complétés pour trois des exercices (single-limb hops to stabilization, hop to stabilization and reach, single-limb activities), seul l'exercice unanticipated hop to stabilization s'est arrêté au niveau de difficulté 5. Les autres études n'utilisent pas de protocoles de pliométrie standardisés. Et pour cause, dans les revues actuelles, il n'en existe pas sur les entorses de cheville.

La durée de l'application de l'intervention varie de 4 à 8 semaines avec trois études appliquant l'intervention pendant 6 semaines. Cela peut se justifier par le fait que l'étude de 8 semaines, à savoir l'étude de Lee et al. [71], ne pratiquait son intervention que deux fois par semaine. Les auteurs ont dû juger qu'une intervention de moins de 8 semaines aurait peu d'effets sur une récurrence de deux séances par semaine. Les autres études pratiquaient leurs interventions à raison de trois fois par semaine.

L'échauffement n'a été proposé que dans cinq études sur six. L'échauffement dans l'étude Huang et al. [71] présentait 3 minutes d'étirements (statiques ou dynamiques) et 7 minutes d'exercices aérobies. Les échauffements dans les études Minoonejad et al. [69] et Ardakani et al. [68] présentaient 5 minutes de course et 5 minutes d'étirements dynamiques. L'échauffement de l'étude de Lee et al. [67] n'a pas été décrit. Une revue de littérature datant de 2018 [78] a montré qu'un échauffement comprenant des exercices de renforcement de potentialisation de post-activation musculaire ou d'étirements dynamiques renforçait les performances des footballeurs. Les exercices d'étirements statiques, à l'inverse, les diminuaient.

Toutes les études présentes ont effectué des niveaux de difficulté croissants. Les études augmentent leurs niveaux d'intensité progressivement chaque semaine dans les études de Minoonejad et al. [69] et Ardakani et al. [68]. Une autre étude élève le niveau de difficulté toutes les deux semaines : il s'agit de l'étude de Huang et al. [71]. L'étude de Lee et al. [67], quant à elle, ne propose que deux niveaux de difficulté en augmentant celui-ci toutes les quatre semaines. Enfin, l'étude de Anguish et al. [70], comme dit précédemment, fonctionne par paliers de niveau. Quand les sujets ont réussi un niveau sans faire d'erreurs dans toutes les composantes, ils peuvent passer au niveau de difficulté suivant. Il est à noter que seule

l'étude de Lee et al. [67] a utilisé une échelle de difficulté (échelle de Borg). L'échelle de Borg a noté des exercices d'intensité moyenne pour la première difficulté et des exercices d'intensité difficile pour la deuxième. Selon le livre de Commeti sur la pliométrie sorti en 2007 [53], un entraînement de pliométrie doit durer entre 5 et 6 semaines et contenir trois exercices différents au moins avec des niveaux de difficulté croissants. On peut donc dire que l'intervention pendant 4 semaines dans l'étude d'Anguish et al. [70] est peut-être trop courte et que celle de Lee et al. [67] aurait dû varier les intensités en prévoyant un palier intermédiaire entre ces deux niveaux.

Comme dit précédemment, les exercices de pliométrie doivent se faire sur une durée courte pour restituer le maximum d'énergie sur un saut, par exemple. Seulement deux études (Minoonejad et al. [69] et Ardakani et al. [68]) se sont assurées durant les 3 dernières semaines d'avoir une vitesse rapide de 2 Hz (soit 500 ms) pendant leurs exercices. Cette vitesse est légèrement trop faible par rapport aux valeurs données par Cometti et citées plus haut.

4.1.3 Analyse des outils de mesures et critères de jugement

L'analyse du single-leg drop landing a été réalisée dans toutes les études le pratiquant à l'aide d'une plaque de force. Cette plaque permet de mesurer la force émise par la plaque sur le patient. Cette plaque présente un intérêt particulier pour la mesure de tests dynamiques comme le single-leg drop landing chez les patients atteints d'instabilités chroniques de cheville, notamment par le calcul du TTS [79].

Pour obtenir des analyses cinétiques et cinématiques des patients lors du test, des capteurs réfléchissants devaient être positionnés sur le patient pour que les caméras infrarouges puissent collecter ces variables. Le protocole de Helen Hayes pour positionner les électrodes a été utilisé dans toutes les études. Certaines d'entre elles l'ont modifié afin de placer plus d'électrodes. Ce positionnement d'électrodes modélise sept segments reliés en chaîne par des ball joints (trois degrés de liberté en rotation) dans la séquence pied gauche, tibia gauche, fémur gauche, bassin, fémur droit, tibia droit, pied droit. Un système de coordonnées orthogonales est associé à chaque segment [80]. Cette technique présente néanmoins des faiblesses : des imprécisions ont en effet été montrées sur le positionnement des marqueurs sur le tibia et le fémur. Cette imprécision nécessite un dispositif d'alignement du genou supplémentaire pour indiquer son orientation et son axe de flexion [80].

Il n'existe pas de protocole standardisé pour le test du single-leg drop landing. Bien que les études puissent quand même être comparées, il sera impossible de les confronter à un protocole précis. Sur les cinq études, aucune hauteur utilisée pour le test n'est similaire, cette variable étant comprise entre 16 et 45 centimètres. Aucune n'étude n'a évalué pour les instabilités chroniques de cheville la hauteur à utiliser pour ce test. Néanmoins, sur le contrôle du valgus du genou dynamique, Stensrud et al. [81] suggère qu'un single-leg drop landing à partir d'une hauteur de 10 centimètres est insuffisant car les patients atterrissent genoux tendus et n'utilisent pas de flexion de genou pour absorber le choc ; une hauteur d'au moins 20 centimètres paraît donc nécessaire. D'autres études évoquent des résultats sur le genou à une hauteur de 30 cm [81]. Il est raisonnable d'affirmer que les études dont la hauteur du test est en dessous de 20 centimètres n'auront peut-être pas les résultats escomptés, mais il est

impossible de dire à l'heure actuelle la hauteur maximale ou la hauteur optimale pour un single-leg drop landing.

Enfin, pour limiter les mouvements parasites, seulement trois études sur cinq ont demandé à leurs patients de croiser leurs mains en les positionnant sur les épaules controlatérales pour éviter les mouvements parasites des bras et/ou du tronc.

4.1.4 Analyse des résultats

Le but de cette revue systématique est d'évaluer l'impact d'un travail pliométrique sur les récurrences d'entorse de cheville et son incidence sur la stratégie de délestage. Pour évaluer un quelconque impact, il faut commencer par synthétiser les biais précédemment évoqués.

Les études incluses présentent un score moyen de 6,2/10 sur l'échelle PEDro avec une note maximale de 8 et une note minimale de 4. D'après cette échelle, deux des études sont jugées de haute qualité, deux des études sont de qualité moyenne et une étude est de basse qualité.

Nous pouvons déjà remarquer que la totalité des études présente un biais de performance. Cela est dû à la non-mise en aveugle des thérapeutes et des patients, entraînant une potentielle différence dans le traitement des groupes expérimental et témoin.

Trois études possèdent un biais d'évaluation dû à la non-mise en aveugle de l'évaluateur, ce qui peut générer une surévaluation, par exemple, d'un critère de jugement pour un des deux groupes.

Trois études possèdent aussi un biais de sélection. La répartition aléatoire n'a pas été secrète, créant une potentielle différence entre les groupes.

Deux études possèdent un biais d'attrition dû à une imprécision des essais cliniques randomisés sur l'analyse en intention de traiter des patients, entraînant des résultats qui peuvent être faussés.

4.1.4.1 Analyse du critère de jugement principal : le single-leg drop landing

Le critère de jugement principal est l'analyse d'un single-leg drop landing. Dans un premier temps, l'analyse biomécanique des études procure des résultats similaires et significatifs entre l'étude de Lee et al. [67] et d'Ardakani et al. [68]. Ces deux études montrent, au contact initial, une diminution de la flexion plantaire de la cheville et une augmentation de la flexion du genou lors du test. Le contact initial correspond au point du VGRF excédant respectivement 5 et 10 newtons, ce qui peut créer un biais dans la synthèse des résultats car l'instant « contact initial » n'est pas exactement le même pour les deux études.

Ces deux études présentent aussi une augmentation de flexion de genou au moment où le Vertical Ground Reaction Force est le plus fort pour l'étude d'Ardakani et al. [68] et une augmentation de la flexion maximale du genou après le contact initial pour l'étude de Lee et al. [67]. Ces deux valeurs ne sont pas comparables car il est impossible d'affirmer que le moment où le VGRF est le plus important correspond à une flexion de genou maximale. Cependant, il est quand même possible de constater une augmentation de la flexion de genou globale dans ces études lors d'un single-leg drop-landing.

À cela s'ajoute le fait que l'étude d'Ardakani et al. [68] présente des similitudes avec celle de Huang et al. [71] sur l'augmentation de la flexion de hanche. Néanmoins, il convient de rappeler que l'étude de Huang effectue son test en médial et en latéral dans un premier temps mais aussi sur une box de 16 centimètres. Comme dit précédemment, il n'est pas certain que les résultats soient exploitables avec une hauteur en dessous de 20 centimètres. De plus, les intervalles de confiance pour ces valeurs restent très grands, les résultats prélevés sont donc à pondérer.

Tout cela ramène à une stratégie de délestage. Lors d'une sensation d'entorse imminente, soit lorsque le pied est en position d'inversion, le corps présente une stratégie de triple flexion de hanche, genou et cheville (flexion dorsale) afin d'abaisser son centre de masse et de réduire les composantes de la force verticale exercée sur le pied [82].

Cette analyse peut être complétée par l'étude de Minoonejad et al. [69] : toutes deux présentent des résultats significatifs sur l'inhibition du niveau d'activation en préparation à l'effort du quadriceps et l'augmentation du niveau d'activation en préparation à l'effort de muscles tels que le biceps fémoral et le tibial antérieur, induisant ce schéma de triple flexion. Le long fibulaire possède aussi un niveau d'activation augmenté en préparation à l'effort venant contrer la composante d'inversion. Les muscles soléaire et moyen fessier possèdent une augmentation significative, mais avec un intervalle de confiance dispersé et proche de 0. Ces résultats ne sont donc pas pris en compte. La moyenne des temps significatifs d'apparition des muscles est inversement proportionnelle au niveau d'activation des muscles en préparation à l'effort. Par exemple, le vaste médial s'active plus rapidement, mais de façon moins importante. Le long fibulaire possède donc un temps d'activation plus long après l'intervention venant contredire notre première hypothèse.

En réaction à l'effort, les résultats significatifs ne sont présents que pour les muscles long fibulaire, soléaire, tibial antérieur et gastrocnémien latéral. Ceux-ci, comme en préparation à l'effort, présentent un niveau d'activation augmenté, ce qui conforte l'hypothèse de la stratégie de délestage après un entraînement pliométrique.

Pour conclure sur ce critère de jugement, il est pertinent de dire que la pliométrie a un potentiel impact sur le schéma moteur lors d'un single-leg drop landing par une stratégie de délestage. Néanmoins, au vu de la dispersion des intervalles de confiance et du nombre restreint d'études avec des résultats significatifs, il est impossible de le confirmer à 100 % avec ces seuls résultats, et d'autres études devraient être ultérieurement menées.

4.1.4.2 Analyse des critères de jugements secondaires

Analyse du GRF :

Une étude récente a montré que la diminution du GRF réduirait la récurrence d'entorses chez les footballeurs [83]. De plus, d'autres études ont montré que, pour contrecarrer le mouvement d'inversion lors d'un single-leg drop landing en anticipation, les patients présentaient un retard du pic du GRF en médial, postérieur et vertical en comparaison avec

une situation non anticipée. Notre hypothèse s'appuie donc sur une diminution du pic du GRF ainsi que sur un retard de son pic, ce qui conforterait la stratégie de délestage.

Il existe des résultats significatifs dans le changement sur le GRF après un entraînement pliométrique dans l'étude d'Ardakani et al. [68]. En effet, leurs temps d'apparition, que ce soit en latéral, en médial ou en vertical, sont grandement retardés et l'intensité de la force en vertical, en latéral, en antérieur et en postérieur est diminuée bien que l'intervalle de confiance soit très proche de 0. Néanmoins, il s'agit de la seule étude présentant des résultats significatifs sur ce critère de jugement, l'étude de Lee et al. [67] ne proposant aucun résultat exploitable dans ce domaine.

On peut continuer à se questionner sur l'impact de la pliométrie sur le GRF car seulement une de nos études présente des résultats significatifs sur ce critère de jugement. Les résultats doivent donc être pondérés en conséquence.

Questionnaires FAAM, CAIT et FAOS :

Il existe pour ces questionnaires des outils permettant de connaître les plus petites valeurs indiquant un changement significatif après traitement. Elles sont appelées Minimal Clinically Important Differences, ou MCID. Elles seront répertoriées dans un tableau pour chaque questionnaire afin d'avoir plus de lisibilité.

Tableau 10 : Comparatif entre le MCID des questionnaires et les résultats des questionnaires des études

Différents questionnaires		MCID	Ardakani et al. [68]	Anguish et al. [70]
FAAM %		≥ 8% [84]	+10,8 ($p < 0,05$)	+1,8 ($p > 0,05$)
FAAM sports %		≥ 9% [85]	+18,5 ($p < 0,05$)	-11 ($p > 0,05$)
CAIT score		≥ 3 [86]	+4 ($p < 0,05$)	
Foot and Ankle Outcome Score %	Symptômes	≥ 7,1% [84]	+14,5 ($p < 0,05$)	
	Douleur	≥ 15,3% [84]	+10,7 ($p > 0,05$)	
	AVQ	≥ 17,6% [84]	+5,2 ($p < 0,05$)	
	Sport	≥ 22,5% [84]	+23,4 ($p < 0,05$)	
	Qualité de vie	≥ 21,9% [84]	+18,5 ($p < 0,05$)	

En gras sont représentés les scores avec un $p < 0,05$

D'après ce tableau, il est possible de constater qu'en plus d'obtenir des améliorations significatives dans tous les questionnaires sauf la partie douleur du questionnaire FAOS, l'étude d'Ardakani et al. [68] obtient des résultats supérieurs au MCID dans les questionnaires FAAM, FAAM sports, CAIT score, et dans la partie du sport et des symptômes dans le FAOS. Il convient aussi de constater que, dans la partie sur la qualité de vie du questionnaire FAOS, les résultats ne se trouvent pas très éloignés du MCID. L'étude d'Anguish et al. [70] ne présentant pas des résultats significatifs, il n'est pas étonnant d'observer que ces valeurs ne dépassent pas les MCID. De plus, les groupes témoin (proprioception) et expérimental (pliométrie) dans cette étude ne sont pas homologues pour le FAAM sports au début, ce qui justifie la diminution importante.

L'un des principaux biais rendant incomparables ces résultats vient du fait que l'une des deux études utilise un groupe contrôle quand l'autre s'appuie sur un groupe proprioception en

guise de groupe témoin. De plus, l'étude d'Anguish et al. [70] possède un échantillon pauvre avec une puissance faible, rendant ces résultats non significatifs.

Grâce à l'étude d'Ardakani et al. [68], il est possible de constater une amélioration au sein du ressenti subjectif des patients sur leurs instabilités chroniques de cheville, donc une potentielle réduction des récurrences d'entorse de cheville grâce à la pliométrie. Néanmoins, une seule étude ne suffit pas à établir des résultats exploitables à 100 %, d'autres études devront donc être menées ultérieurement.

En conclusion générale sur tous les critères de jugement, compte tenu des résultats obtenus dans les questionnaires, la pliométrie semble être une piste pour prévenir les récurrences d'entorse chez le sportif par la stratégie de délestage résultat d'un schéma de triple flexion et d'une réduction du GRF. Néanmoins, cette revue ne comprend que cinq études traitant du sujet, dont certaines ne présentent pas de résultats significatifs. Ces échantillons sont donc trop peu nombreux pour représenter la véritable population. De plus, la présence de biais dus à des protocoles non standardisés pour le single-leg drop landing rend la fusion des résultats des différentes études difficile.

4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique

Malheureusement, dans notre revue de littérature, la majorité des études ne présente pas de résultats significatifs en raison d'un échantillon trop mince, ne représentant pas la population ciblée. Bien qu'il manque encore beaucoup d'éléments pour prouver que la proprioception est un facteur protecteur du risque de récurrence d'entorse de la cheville, les études présentant des résultats significatifs arrivent à la conclusion que la pliométrie aiderait à diminuer le risque de récurrence d'entorse en diminuant le VGRF par la stratégie de délestage. Il peut donc être intéressant de la mettre en pratique pour changer le schéma moteur de certains patients dans les réceptions de sauts, par exemple.

Pour la mettre en pratique, il semblerait qu'un entraînement de six semaines minimum à raison de trois séances par semaine soit nécessaire pour obtenir des résultats significatifs sur la stratégie de délestage, comme pour les études d'Ardakani et al. [68] ou de Minoonejad et al. [69]. Or la Haute Autorité de santé (HAS) évoque la rééducation entre J1 et J56 [87]. En comptant la phase du traitement conservateur associé pour diminuer l'œdème, éviter le saignement interne des tissus lésés et la remise en charge graduelle du patient, il n'y a plus assez de temps pour mettre en pratique le protocole utilisé par ces études. De plus, la Nomenclature générale des actes professionnels (NGAP) préconise au maximum dix séances de rééducation pour une entorse.

Il existe donc une réelle contrainte de temps pour l'application d'un protocole de proprioception afin de prévenir une récurrence d'entorse de cheville. Il a été vu que ce traitement n'est pas sans risque car pouvant présenter des récurrences d'entorse, ainsi dans l'étude de Huang et al. [71] avec deux perdus de vue. Pendant ces six semaines, il est donc important d'être progressif et de s'adapter au patient, soit de ne pas diminuer ce délai en essayant d'intensifier les séances ou de raccourcir le délai entre elles.

Sans compter l'échauffement, une séance de pliométrie ne dépasserait pas 30 minutes accordées aux patients en libéral, elle est donc envisageable dans la vie de tous les jours. Au

vu du grand nombre de patients présentant cette pathologie, il est nécessaire de prendre en compte le nombre de praticiens à former pour utiliser cette technique. Bien qu'aucune formation de type post-grade soit nécessaire pour pratiquer la pliométrie, il est important pour les thérapeutes de s'informer sur la bonne pratique de cet ensemble de techniques dites pliométriques. De plus, très peu de matériel est nécessaire pour le kinésithérapeute, ce qui diminue les coûts pour le praticien.

Ce dernier doit être a minima actif, voire sportif, car la pliométrie est une forme très intense de renforcement. Il est d'ailleurs à noter que tous les patients n'y adhéreront pas forcément.

Pour conclure, on peut dire que la pliométrie, dans le futur et avec davantage de données probantes, pourrait être envisageable sur des patients pratiquant un sport de façon intensive. Pour cela, une mise à jour de la NGAP serait nécessaire : vu le nombre de récurrences d'entorse et le coût pour la sécurité sociale précédemment évoqué, sans parler de la proprioception, il paraît évident que dix séances sont insuffisantes pour pouvoir traiter une entorse dans son intégralité et donc éviter les récurrences.

4.3 Qualité des preuves et biais potentiels de la revue

4.3.1 Qualité des preuves

Pour la HAS, le niveau de preuve d'une étude représente la capacité de cette dernière à répondre à la problématique initiale. Pour cela, il convient d'évaluer quatre critères [88]:

- la cohérence du protocole pour répondre à la problématique ;
- la présence ou non de biais ;
- l'adaptabilité de l'étude pour analyser ses critères de jugement en regard de ses objectifs ;
- la puissance d'une étude, en particulier la taille de son échantillon.

Selon la HAS, ces quatre critères permettent de répartir les études en trois catégories de niveau de preuve.

Tableau 11 : Échelle de niveaux de preuve des études

Fort	<ul style="list-style-type: none"> - le protocole est adapté pour répondre au mieux à la question posée ; - la réalisation est effectuée sans biais majeur ; - l'analyse statistique est adaptée aux objectifs ; - la puissance est suffisante.
Intermédiaire	<ul style="list-style-type: none"> - le protocole est adapté pour répondre au mieux à la question posée ; - la puissance est nettement insuffisante ; - présence d'anomalies mineures.
Faible	<ul style="list-style-type: none"> - autres types d'études.

La puissance de l'étude sera jugée insuffisante si elle ne permet pas d'obtenir de résultats significatifs malgré des résultats en post-traitements différents entre le groupe expérimental

et le groupe contrôle. C'est le cas des études d'Anguish et al. [70], de Huang et al. [71] et de Lee et al. [67]. De plus, ces trois études présentent un score PEDro avec une qualité méthodologique moyenne, donc une présence de biais non négligeable. Ces deux études seront considérées comme apportant un niveau de preuve intermédiaire.

Les études de Minoonejad et al. [69] et d'Ardakani et al. [68] seront considérées comme apportant un fort niveau de preuve car elles ne présentent pas de biais majeur au regard de l'échelle PEDro et possèdent une puissance suffisante pour pouvoir apporter des résultats significatifs.

La HAS propose une échelle de gradation des études afin de standardiser le niveau de preuve scientifique et de s'adresser aux professionnels de santé en question.

Tableau 12 : Grade des recommandations fournies par la HAS

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A Preuve scientifique établie	<u>Niveau 1</u> <ul style="list-style-type: none"> - <i>essais comparatifs randomisés de forte puissance ;</i> - <i>méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ;</i> - <i>analyse de décision fondée sur des études bien menées.</i>
B Présomption scientifique	<u>Niveau 2</u> <ul style="list-style-type: none"> - <i>essais comparatifs randomisés de faible puissance ;</i> - <i>études comparatives non randomisées bien menées ;</i> - <i>études de cohortes.</i>
C Faible niveau de preuve scientifique	<u>Niveau 3</u> <ul style="list-style-type: none"> - <i>études cas témoins.</i>
	<u>Niveau 4</u> <ul style="list-style-type: none"> - <i>études comparatives comportant des biais importants ;</i> - <i>études rétrospectives ;</i> - <i>séries de cas ;</i> - <i>études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).</i>

En considérant les niveaux de preuve ultérieurement établis, nous pouvons conclure que les études d'Anguish et al. [70], de Huang et al. [71] et de Lee et al. [67] ont un grade de recommandation B (présomption scientifique). Quant aux études de Minoonejad et al. [69] et d'Ardakani et al. [68], elles ont obtenu un grade de recommandation A (preuve scientifique établie).

4.3.2 Potentiels biais de la revue

Comme toute revue de littérature, ce mémoire peut comporter des biais, bien qu'ayant été fait de la manière la plus rigoureuse possible. Il est nécessaire de prendre du recul et de juger de manière objective la qualité apportée dans cette revue. Celle-ci peut potentiellement contenir :

- un biais de performance : Cette revue de littérature ne contient pas d'essais en simple aveugle. Dans chaque étude, les sujets comme les thérapeutes connaissent très bien les traitements qu'ils reçoivent ou appliquent. Il s'agit donc du principal biais de notre étude.
- un biais de sélection : Tant dans l'extraction des données que dans la sélection des études, l'auteur était seul pour pratiquer cette tâche. De plus, toutes les études sélectionnées n'avaient pas nécessairement le même comparateur (groupe contrôle ou groupe proprioception) et, malgré le fait que les critères de jugement se voulaient être similaires (à savoir l'analyse cinétique du single-leg drop landing), l'interprétation par les auteurs de celle-ci était différente.
- un biais d'évaluation : Il n'existe pas de protocoles standardisés pour la pliométrie ni d'analyse du critère de jugement étudié. Cela conduit à des résultats non homogènes et à une impossibilité de faire une méta-analyse de cette revue.

Cette revue de littérature étant un mémoire de fin d'études, aucun financement n'a été touché pour mener ce travail.

Une alternative pour évaluer les biais que présente l'étude est d'utiliser l'échelle AMSTAR-2, permettant de juger de la qualité d'une revue. Dans cette partie, l'échelle utilisée a été traduite par Pallot et Rostagno [89].

Tableau 13 : Échelle AMSTAR-2 permettant d'évaluer la qualité de cette revue de littérature

Critères AMSTAR-2	Oui	Non
Est-ce que les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue ont inclus les critères PICO ?	X	
Est-ce que le rapport de la revue contenait une déclaration explicite indiquant que la méthode de la revue a été établie avant de conduire la revue ? Est-ce que le rapport justifiait toute déviation significative par rapport au protocole ?		X
Les auteurs ont-ils expliqué leur choix de schémas d'étude à inclure dans la revue ?	X	
Les auteurs ont-ils utilisé une stratégie de recherche documentaire exhaustive ?	X	
Les auteurs ont-ils effectué en double la sélection des études ?		X
Les auteurs ont-ils effectué en double l'extraction des données ?		X
Les auteurs ont-ils fourni une liste des études exclues et justifié les exclusions ?	X	
Les auteurs ont-ils décrit les études incluses de manière suffisamment détaillée ?	X	
Les auteurs ont-ils utilisé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?	X	
Les auteurs ont-ils indiqué les sources de financement des études incluses dans la revue ?		X
Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour la combinaison statistique des résultats ?		X

Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils évalué l'impact potentiel des risques de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ou d'une autre synthèse des preuves ?		X
Les auteurs ont-ils pris en compte le risque de biais des études individuelles lors de l'interprétation/de la discussion des résultats de la revue ?	X	
Les auteurs ont-ils fourni une explication satisfaisante pour toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue, et une discussion sur celle-ci ?	X	
S'ils ont réalisé une synthèse quantitative, les auteurs ont-ils mené une évaluation adéquate des biais de publication (biais de petite étude) et ont discuté de son impact probable sur les résultats de la revue ?		X
Les auteurs ont-ils rapporté toute source potentielle de conflit d'intérêts, y compris tout financement reçu pour réaliser la revue ?	X	

5 Conclusion

Le but de ce travail de recherche était d'étudier l'impact de la pliométrie sur le risque de récurrence d'entorse en utilisant la stratégie de délestage ou la réduction du temps d'activation des muscles fibulaires contrecarrant l'apparition de la composante d'inversion.

Cette revue se basant sur la littérature actuelle ne permet pas d'affirmer que la pliométrie peut prévenir les récurrences d'entorse chez les sportifs. D'une part, cela est dû à des échantillons de populations trop faibles dans les études, ne permettant pas d'avoir de conclusions valides. Des études menées avec des échantillons plus représentatifs des populations ciblées permettraient d'avoir des résultats plus significatifs, plus probants. D'autre part, il n'existe pas de protocole universel de pliométrie car sa composante à dominante neuromusculaire n'a été cliniquement exploitée en kinésithérapie que récemment. Cet aspect est problématique car peu d'études se basent sur le fait, par exemple, qu'un protocole de pliométrie doit comporter des exercices avec un temps de recrutement musculaire inférieur à 200 ms. Dans quelques années, il est possible, et souhaitable, que cette technique de développement du sportif soit davantage étudiée pour d'autres pathologies d'instabilités.

Néanmoins, de ce travail découlent des pistes positives à explorer en raison des résultats obtenus dans quelques études. La stratégie de délestage, Unloading Reaction en anglais, semble être la piste la plus prometteuse, en association avec la pliométrie. Il convient aussi de rappeler que la pliométrie, bien qu'étant une technique complète et vaste, peut être mise en relation avec d'autres techniques de rééducation neuromusculaire, comme la proprioception. En prenant l'exemple de la rééducation du ligament croisé antérieur, un entraînement neuromusculaire permet ainsi de prévenir le risque de lésion sur celui-ci [90,91].

De plus et comme dit précédemment, cette revue de littérature se base sur des études avec une population sportive. Dans un premier temps, il faut souligner que les résultats sont obtenus pour des sports dits à réception. Aucun élément ne permet donc à l'heure actuelle d'affirmer que ces résultats sont reproductibles pour des sports dits à pivot, par exemple, et donc conclure à une possible extrapolation à ces derniers. Dans un second temps, il convient de préciser qu'une généralisation d'un protocole de pliométrie à des populations non sportives est difficilement concevable. En effet, la pliométrie est une technique nécessitant une bonne condition physique et n'est donc pas à la portée de n'importe quel patient. Ainsi, il est probable que certaines personnes ne pratiquant pas de sport n'y adhèrent pas. Comme pour les sports à pivot, il est donc impossible de généraliser ces résultats à des populations non sportives, ce qui oppose une certaine limite à cette revue.

Pour vérifier l'intérêt du réentraînement neuromusculaire sur la cheville, il faudrait tout d'abord, comme il l'a été fait pour le genou, standardiser un protocole de tests. Pour le contrôle du valgus du genou, un test a été développé sous le nom de Single-Leg-Landing Error Scoring System [92]. Dans le futur, un test analogue pour les instabilités chroniques de cheville existera peut-être, réduisant ainsi le risque de biais survenant en comparant des études sans protocole commun, ce qui a été fait dans ce travail.

Pour conclure, cette étude offre de nouvelles pistes cliniques intéressantes pour le traitement des récurrences d'entorse de cheville. Cependant, sur le plan pratique, ces pistes se heurtent aux recommandations de la NGAP et de la HAS. En effet, avec un maximum de 10 séances, il semble impossible de proposer un seul entraînement pliométrique à même de permettre aux sportifs de retrouver leur activité sans crainte d'une potentielle récurrence de blessure. Deux solutions pourraient pallier ce dernier point : la première serait une actualisation des recommandations de la HAS et de la NGAP ; la deuxième serait de mener différentes études non pas basées sur la seule pliométrie, mais sur la pliométrie associée à des techniques à dominante neuromusculaire, permettant d'analyser si une dizaine de séances suffit pour prévenir les récurrences d'entorse.

Bibliographie

- [1] Maestro M, Ferre B. Anatomie fonctionnelle du pied et de la cheville de l'adulte. *Rev Du Rhum Monogr* 2014;81:61–70. <https://doi.org/10.1016/j.monrhu.2014.03.001>.
- [2] Anatomie de l'appareil locomoteur-Tome 1 M inférieur, Dufour M. *RIGHT*. Elsevier Masson 2015;3:552.
- [3] McKeon PO, Hertel J, Bramble D, Davis I. The foot core system: A new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Med* 2015;49:290. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092690>.
- [4] Wilson A, Lichtwark G. The anatomical arrangement of muscle and tendon enhances limb versatility and locomotor performance. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 2011;366:1540–53. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0361>.
- [5] Stamm TT. Foot as Half-dome. *Br Med J* 1955;1:1279. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.4924.1279-c>.
- [6] Fourchet F, James D, McKeon PO. To What Extent does Intrinsic Foot Muscle Strengthening Enhance Rehabilitation Outcomes for Ankle Sprains. *Quick Quest Ankle Sprains Expert Advice Sport Med* 2015:139–42. <https://doi.org/10.5040/9781526500885.chapter-027>.
- [7] Dubin A. Gait. The role of the ankle and foot in walking. *Med Clin North Am* 2014;98:205–11. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2013.10.002>.
- [8] Université D, Curie M, Vi P, Calas MG, Monteil MA, Smektala MF, et al. Thèse de doctorat Thèse de doctorat. *Res Gate [En Ligne]* 2006.
- [9] Fong DTP, Hong Y, Chan LK, Yung PSH, Chan KM. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sport Med* 2007;37:73–94. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737010-00006>.
- [10] Doherty C, Bleakley C, Delahunt E, Holden S. Treatment and prevention of acute and recurrent ankle sprain: An overview of systematic reviews with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2017;51:113–25. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096178>.
- [11] van den Bekerom MPJ, Kerkhoffs GMMJ, McCollum GA, Calder JDF, van Dijk CN. Management of acute lateral ankle ligament injury in the athlete. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 2013;21:1390–5. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2252-7>.
- [12] 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* 2018;52:956. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098106>.
- [13] Kaminski TW, Hertel J, Amendola N, Docherty CL, Dolan MG, Hopkins JT, et al. National athletic trainers' association position statement: Conservative management and prevention of ankle sprains in athletes. *J Athl Train* 2013;48:528–45. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.4.02>.
- [14] Benani A, Pottie P, Fauchet M, Gossard C, Netter P k., Gillet P, et al. How a daily and moderate exercise improves ligament healing. *Irbm* 2008;29:267–71. <https://doi.org/10.1016/j.rbmret.2008.03.001>.
- [15] Kannus P. Immobilization or early mobilization after an acute soft-tissue injury? *Phys Sportsmed* 2000;28:55–63. <https://doi.org/10.3810/psm.2000.03.775>.
- [16] Fong DTP, Ha SCW, Mok KM, Chan CWL, Chan KM. Kinematics analysis of ankle inversion ligamentous sprain injuries in sports: Five cases from televised tennis competitions. *Am J Sports*

- Med 2012;40:2627–32. <https://doi.org/10.1177/0363546512458259>.
- [17] Fong DTP, Hong Y, Shima Y, Krosshaug T, Yung PSH, Chan KM. Biomechanics of supination ankle sprain: A case report of an accidental injury event in the laboratory. *Am J Sports Med* 2009;37:822–7. <https://doi.org/10.1177/0363546508328102>.
- [18] Kristianslund E, Bahr R, Krosshaug T. Kinematics and kinetics of an accidental lateral ankle sprain. *J Biomech* 2011;44:2576–8. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.07.014>.
- [19] Terrier R, Toschi P, Forestier N. Stratégies de protection de la cheville: des connaissances scientifiques à la prise en charge kinésithérapique. *Kinésithérapie Sci* 2011;527:5–10.
- [20] Konradsen L, Olesen S, Hansen HM. Ankle sensorimotor control and eversion strength after acute ankle inversion injuries. *Am J Sports Med* 1998;26:72–7. <https://doi.org/10.1177/03635465980260013001>.
- [21] Santilli V, Frascarelli MA, Paoloni M, Frascarelli F, Camerota F, De Natale L, et al. Peroneus longus muscle activation pattern during gait cycle in athletes affected by functional ankle instability: A surface electromyographic study. *Am J Sports Med* 2005;33:1183–7. <https://doi.org/10.1177/0363546504274147>.
- [22] Butler RJ, Marchesi S, Royer T, Davis IS. The Effect of a Subject-Specific Amount of Lateral Wedge on Knee. *J Orthop Res Sept* 2007;25:1121–7. <https://doi.org/10.1002/jor>.
- [23] Simpson JD, Stewart EM, Turner AJ, Macias DM, Wilson SJ, Chander H, et al. Neuromuscular control in individuals with chronic ankle instability: A comparison of unexpected and expected ankle inversion perturbations during a single leg drop-landing. *Hum Mov Sci* 2019;64:133–41. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.01.013>.
- [24] Terada M, Gribble PA. Jump landing biomechanics during a laboratory recorded recurrent ankle sprain. *Foot Ankle Int* 2015;36:842–8. <https://doi.org/10.1177/1071100715576517>.
- [25] Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB SSE of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *JAT* 2004;39(1):24–31. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *J Athl Train* 2004.
- [26] Kobayashi T, Tanaka M, Shida M. Intrinsic Risk Factors of Lateral Ankle Sprain: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health* 2016;8:190–3. <https://doi.org/10.1177/1941738115623775>.
- [27] Delahunt E, Remus A. Risk factors for lateral ankle sprains and chronic ankle instability. *J Athl Train* 2019;54:611–6. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44-18>.
- [28] Waterman BR, Owens BD, Davey S, Zacchilli MA, Belmont PJ. The epidemiology of ankle sprains in the United States. *J Bone Jt Surg - Ser A* 2010;92:2279–84. <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01537>.
- [29] Witchalls J, Blanch P, Waddington G, Adams R. Intrinsic functional deficits associated with increased risk of ankle injuries: A Systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2012;46:515–23. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090137>.
- [30] Drewes LK, McKeon PO, Casey Kerrigan D, Hertel J. Dorsiflexion deficit during jogging with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport* 2009;12:685–7. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.07.003>.
- [31] Donovan L, Hertel J. A new paradigm for rehabilitation of patients with chronic ankle instability. *Phys Sportsmed* 2013;40:41–51. <https://doi.org/10.3810/psm.2012.11.1987>.

- [32] Plante JE, Wikstrom EA. Physical Therapy in Sport Differences in clinician-oriented outcomes among controls , copers , and chronic ankle instability groups. *Phys Ther Sport* 2013;14:221–6. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2012.09.005>.
- [33] McCann RS, Crossett ID, Terada M, Kosik KB, Bolding BA, Gribble PA. Hip strength and star excursion balance test deficits of patients with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport* 2017;20:992–6. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.005>.
- [34] Strength H, Docherty CL, Curtis D. Effects of Hip Strengthening on Neuromuscular Control, Hip Strength, and Self- Reported Functional Deficits in Individuals With Chronic Ankle Instability. *J Sport Rehabil* 2017.
- [35] Hertel J. Sensorimotor Deficits with Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability. *Clin Sports Med* 2008;27:353–70. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2008.03.006>.
- [36] Denegar CR, Hertel J, Fonseca J. The effect of lateral ankle sprain on dorsiflexion range of motion, posterior talar glide, and joint laxity. *J Orthop Sports Phys Ther* 2002;32:166–73. <https://doi.org/10.2519/jospt.2002.32.4.166>.
- [37] Hiller CE, Kilbreath SL, Refshauge KM. Chronic ankle instability: Evolution of the model. *J Athl Train* 2011;46:133–41. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-46.2.133>.
- [38] Barg A, Pagenstert GI, Hügler T, Gloyer M, Wiewiorski M, Henninger HB, et al. Ankle osteoarthritis: Etiology, diagnostics, and classification. *Foot Ankle Clin* 2013;18:411–26. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2013.06.001>.
- [39] Bleakley C, McDonough S, MacAuley D. The Use of Ice in the Treatment of Acute Soft-Tissue Injury: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Am J Sports Med* 2004;32:251–61. <https://doi.org/10.1177/0363546503260757>.
- [40] Dubois B, Esculier JF. Soft-tissue injuries simply need PEACE and LOVE. *Br J Sports Med* 2020;54:72–3. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101253>.
- [41] Brantingham JW, Globe G, Pollard H, Hicks M, Korporaal C, Hoskins W. Manipulative Therapy for Lower Extremity Conditions: Expansion of Literature Review. *J Manipulative Physiol Ther* 2009;32:53–71. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2008.09.013>.
- [42] B.I. S, C.L. D, J. S, J. K, J. S. Ankle strength and force sense after a progressive, 6-week strength-training program in people with functional ankle instability. *J Athl Train* 2012;47:282–8.
- [43] Paterno M V., Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther* 2004;34:305–16. <https://doi.org/10.2519/jospt.2004.34.6.305>.
- [44] Enginsu M, Lokmaoğlu R, Korkmaz E, Arıbaş İ, Selimoğlu Ş. Effect of plyometric training on prevention of ACL injuries in females volleyball players. *Orthop J Sport Med* 2014;2:2016. <https://doi.org/10.1177/2325967114500220>.
- [45] Taegyu Kim, Choi and 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 2016;33:13100.
- [46] Pijnenburg ACM, Van Dijk CN, Bossuyt PMM, Marti RK. Treatment of ruptures of the lateral ankle ligaments: A meta-analysis. *J Bone Jt Surg - Ser A* 2000;82:761–73. <https://doi.org/10.2106/00004623-200006000-00002>.
- [47] Cao Y, Hong Y, Xu Y, Zhu Y, Xu X. Surgical management of chronic lateral ankle instability: A meta-analysis. *J Orthop Surg Res* 2018;13:1–15. <https://doi.org/10.1186/s13018-018-0870-6>.

- [48] Davies G, Riemann BL, Manske R. Current Concepts of Plyometric Exercise. *Int J Sports Phys Ther* 2015;10:760–86.
- [49] Asmussen E, Bonde-Petersen F. Storage of Elastic Energy in Skeletal Muscles in Man. *Acta Physiol Scand* 1974;91:385–92. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1974.tb05693.x>.
- [50] K. P. Stretch-shortening cycle. In: *Strength and Power in Sport*. Hoboken. Blackwell Sci 2003:184–202.
- [51] Cometti G. Les méthodes de musculation Broché. UFR STAPS Dijon 2004;6.
- [52] Bedoya AA, Miltenberger MR, Lopez RM. Plyometric Training Effects on Athletic Performance in Youth Soccer Athletes: A Systematic Review. vol. 29. 2015. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000877>.
- [53] Cometti G. La pliométrie - Méthodes, entraînements et exercices. *Chiron - Sport Prat* 2007:299.
- [54] Bosco C, Vittori C ME. L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva 1985;7:117. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.05.027>.
- [55] Kubo K, Morimoto M, Komuro T, Yata H, Tsunoda N, Kanehisa H, et al. Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39:1801–10. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31813e630a>.
- [56] Surakhamhaeng A, Bovonsunthonchai S, Vachalathiti R. Effects of balance and plyometric training on balance control among individuals with functional ankle instability. *Physiother Q* 2020;28:38–45. <https://doi.org/10.5114/PQ.2020.92474>.
- [57] Huang PY, Lin CF. Effects of balance training combined with plyometric exercise in postural control: Application in individuals with functional ankle instability. *IFMBE Proc* 2010;31 IFMBE:232–5. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14515-5_60.
- [58] Sports MPT, No BR. Effectiveness of Plyometric Training Program To 2017.
- [59] Kim K, Jeon K. Development of an efficient rehabilitation exercise program for functional recovery in chronic ankle instability. *J Phys Ther Sci* 2016;28:1443–7. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.1443>.
- [60] Shin Y, Yoon T. The Short Term Effects of Ankle Strengthening Emphasis with Jumping on Strength, Mechanical Properties, and Balance with and without Wearing High Heel in Ankle Instability. *J Korean Phys Ther* 2019;31:176–83. <https://doi.org/10.18857/jkpt.2019.31.4.176>.
- [61] Caldemeyer LE, Brown SM, Mulcahey MK. Neuromuscular training for the prevention of ankle sprains in female athletes: a systematic review. *Phys Sportsmed* 2020;48:363–9. <https://doi.org/10.1080/00913847.2020.1732246>.
- [62] Ismail MM, Ibrahim MM, Youssef EF, El Shorbagy KM. Plyometric training versus resistive exercises after acute lateral ankle sprain. *Foot Ankle Int* 2010;31:523–30. <https://doi.org/10.3113/FAI.2010.0523>.
- [63] Article O. Comparison of effect of hopping and combined balance - strength training on balance and lower extremity selected muscles strength of soccer men with chronic ankle instability. *J Gorgan Univ OfMedical Sci* 2019;21:69–78.
- [64] 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* 2017;26:269–80. <https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0031>.

- [65] Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Am J Sports Med* 2006;34:445–55. <https://doi.org/10.1177/0363546505281241>.
- [66] Petushek EJ, Garceau LR, VanderZanden T, Wurm BJ, Feldmann CR, Ebben WP. Dynamic Stabilization During the Landing Phase of Plyometric Exercises. *Int Symp Biomech Sport Conf Proc Arch* 2010;28:1–4.
- [67] Lee HM, Oh S, Kwon JW. Effect of plyometric versus ankle stability exercises on lower limb biomechanics in taekwondo demonstration athletes with functional ankle instability. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103665>.
- [68] Ardakani MK, Wikstrom EA, Minoonejad H, Rajabi R, Sharifnezhad A. Hop-stabilization training and landing biomechanics in athletes with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. *J Athl Train* 2019;54:1296–303. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-550-17>.
- [69] Minoonejad H, Karimizadeh Ardakani M, Rajabi R, Wikstrom EA, Sharifnezhad A. Hop Stabilization Training Improves Neuromuscular Control in College Basketball Players With Chronic Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial. *J Sport Rehabil* 2019;28:576–83. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0103>.
- [70] Anguish B, Sandrey MA. Two 4-week balance-training programs for chronic ankle instability. *J Athl Train* 2018;53:662–71. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-555-16>.
- [71] Huang PY, Chen WL, Lin CF, Lee HJ. Lower extremity biomechanics in athletes with ankle instability after a 6-week integrated training program. *J Athl Train* 2014;49:163–72. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.2.10>.
- [72] Pallot.A, Davergne.T, Gallois.M, Guémann.M, Martin.S, Morichon.A. Osinki.T R. Evidence Based Practice en rééducation : Démarche pour une pratique raisonnée. Elsevier Masson 2019:424.
- [73] Vuurberg G, Kluit L, van Dijk CN. The Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) in the Dutch population with and without complaints of ankle instability. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 2018;26:882–91. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4350-4>.
- [74] Hiller CE, Refshauge KM, Bundy AC, Herbert RD, Kilbreath SL. The Cumberland Ankle Instability Tool: A Report of Validity and Reliability Testing. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:1235–41. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.05.022>.
- [75] Matheny LM, Clanton TO. Rasch Analysis of Reliability and Validity of Scores From the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM). *Foot Ankle Int* 2020;41:229–36. <https://doi.org/10.1177/1071100719884554>.
- [76] Sierevelt IN, Zwiers R, Schats W, Haverkamp D, Terwee CB, Nolte PA, et al. Measurement properties of the most commonly used Foot- and Ankle-Specific Questionnaires: the FFI, FAOS and FAAM. A systematic review. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 2018;26:2059–73. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4748-7>.
- [77] Martin RL, Davenport TE, Paulseth S, Wukich DK, Godges JJ. Ankle stability and movement coordination impairments: Ankle ligament sprains. *J Orthop Sports Phys Ther* 2013;43. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.0305>.
- [78] Hammami A, Zois J, Slimani M, Russel M, Bouhlel E. The efficacy and characteristics of warm-up and re-warm-up practices in soccer players: A systematic review. *J Sports Med Phys Fitness* 2018;58:135–49. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06806-7>.
- [79] Fransz DP, Huurnink A, Kingma I, Verhagen EALM, Van Dieën JH. A systematic review and meta-

- analysis of dynamic tests and related force plate parameters used to evaluate neuromusculoskeletal function in foot and ankle pathology. *Clin Biomech* 2013;28:591–601. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.06.002>.
- [80] Baker R, Leboeuf F, Reay J, Sangeux M. The conventional gait model - success and limitations. *Handb Hum Motion* 2018;1–3:489–508. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14418-4_25.
- [81] Thérinca T. IMPACT D ' UN TRAVAIL MUSCULAIRE PLIOMÉTRIQUE SUR le VO2max 2014:2013–4.
- [82] Santos MJ, Liu W. Unloading reaction to electrical stimulation at neutral and supinated ankle positions. *Gait Posture* 2007;26:106–12. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.08.004>.
- [83] Fransz DP, Huurnink A, Kingma I, de Boode VA, Heyligers IC, van Dieën JH. Performance on a Single-Legged Drop-Jump Landing Test Is Related to Increased Risk of Lateral Ankle Sprains Among Male Elite Soccer Players: A 3-Year Prospective Cohort Study. *Am J Sports Med* 2018;46:3454–62. <https://doi.org/10.1177/0363546518808027>.
- [84] Çelik D, Çoban Ö, Kılıçoğlu Ö. Minimal clinically important difference of commonly used hip-, knee-, foot-, and ankle-specific questionnaires: a systematic review. *J Clin Epidemiol* 2019;113:44–57. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2019.04.017>.
- [85] Martin RL, Ph D, Irrgang JJ, Ph D, Burdett RG, Ph D, et al. Evidence of Validity for the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) 2005:16.
- [86] Wright CJ, Linens SW, Cain MS. Establishing the Minimal Clinical Important Difference and Minimal Detectable Change for the Cumberland Ankle Instability Tool. *Arch Phys Med Rehabil* 2017;98:1806–11. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.01.003>.
- [87] ANAES. Recommandations Pour Les Pratiques De Soins. Has 2000.
- [88] Haute Autorité de santé. Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique. *Etat Des Lieux* 2013:192.
- [89] Pallot A, Rostagno S. AMSTAR-2 : traduction française de l'échelle de qualité méthodologique pour les revues de littérature systématiques. *Kinesithérapie* 2020;20:1–2. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2019.12.050>.
- [90] Walden M, Atroshi I, Magnusson H. Neuromuscular Training to Prevent Knee Injuries in Adolescent Female Soccer Players Children ' s Physical Activity and Sedentary Time and Cardiometabolic Risk Factors. *Clin J Sport Med* 2013;23:407–8.
- [91] LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim K-Y, Christoffel KK. Effect of Neuromuscular Warm Up on Injuries in Female Soccer and Basketball Athletes in Urban Public High Schools.Pdf. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2015;165:1033–40.
- [92] Connor MLO. The Development of the Single-Leg Landing Error Scoring System (SL-LESS) for Lower Extremity Movement Screening. *Theses Diss* 2015;1:1–72.

Liste des abréviations, sigles et acronymes

All : Ankle Instability Instrument

AVQ : activité de la vie quotidienne

CAI : Chronicle Ankle Instability

CAIT : Cumberland Ankle Instability Tool

EBP : Evidence-Based Practice

EMG : électromyogramme

FAAM : Foot and Ankle Ability Measure

FADI : Foot and Ankle Disability Index

FAOS : Foot and Ankle Outcome Score

GRF : Ground Reaction Force

HAS : Haute Autorité de santé

IC : intervalle de confiance

IMC : indice de masse corporelle

MCID : Minimal Clinically Important Differences

NGAP : Nomenclature générale des actes professionnels

PHSB : Progressive Hop to Stabilization Balance

SEBT : Star Excursion Balance Test

SLB : Single Leg Balance

TTP : Time to Peak

TTS : Time to Stabilize

VGRF : Vertical Ground Reaction Force

Tables des illustrations

Les figures

Figure 1 : Vue médiale de la biomécanique du pied pendant des mouvements de rotation médiale et de rotation latérale [1]	2
Figure 2 : Schéma des différentes couches formées par les muscles intrinsèques du pied [3]	3
Figure 3 : Les différentes phases du cycle de la marche [8]	4
Figure 4 : Différence de déplacement du centre de pression entre une phase normale et une phase injury lors de la course [17]	7

Les tableaux

Tableau 1 : Les différents critères analysés dans les études	19
Tableau 2 : Présentation des études exclues et des raisons associées	22
Tableau 3 : Étude d'Anguish et al. 2018 [67] « Two 4-week balance-training programs for chronic ankle instability ».....	22
Tableau 4 : Étude de Lee et al. 2020 [67] « Effect of plyometric versus ankle stability exercises on lower limb biomechanics in taekwondo demonstration athletes with functional ankle instability»	23
Tableau 5 : Étude de Minoonejad et al. 2019 [69] « Hop Stabilization Training Improves Neuromuscular Control in College Basketball Players With Chronic Ankle Instability : A Randomized Controlled Trial ».....	24
Tableau 6 : Étude d'Ardakani et al. 2019 [68] « Hop Stabilization Training and landing biomechanics in athletes with chronic ankle instability: A randomized controlled trial ».....	25
Tableau 7 : Étude de Huang et al. 2014 [71] Lower Extremity Biomechanics in Athletes With Ankle Instability After a 6-Week Integrated Training Program	27
Tableau 8 : Échelle PEDro des études incluses dans la revue de littérature	29
Tableau 9 : Évaluation des biais des études analysées	33
Tableau 10 : Comparatif entre le MCID des questionnaires et les résultats des questionnaires des études	40
Tableau 11 : Échelle de niveaux de preuve des études	42
Tableau 12 : Grade des recommandations fournies par la HAS	43
Tableau 13 : Échelle AMSTAR-2 permettant d'évaluer la qualité de cette revue de littérature	44
Tableau 14 : Niveau d'activation des muscles en réaction à l'effort lors d'un single-leg drop landing après l'intervention pliométrique	56
Tableau 15 : Niveau d'activation des muscles en préparation à l'effort lors d'un single-leg drop landing après l'intervention pliométrique	56
Tableau 16 : Moyenne des temps d'apparition des muscles lors d'un single-leg drop landing après l'intervention pliométrique	56

Tableau 17 : Scores des résultats aux différents questionnaires après l'intervention pliométrique.....	57
Tableau 18 : Analyse cinétique des différentes articulations lors d'un single-leg drop landing après l'intervention pliométrique	57
Tableau 19 : Variations du VGRF après l'intervention pliométrique	58
Tableau 20 : Scores des résultats aux différents questionnaires après l'intervention pliométrique.....	58
Tableau 21 : Analyse cinétique des différentes articulations lors d'un single-leg drop landing après l'intervention pliométrique	59
Tableau 22 : Analyse cinétique des différentes articulations lors d'un single-leg drop landing en latéral après l'intervention pliométrique.....	59
Tableau 23 : Analyse cinétique des différentes articulations lors d'un single-leg drop landing en médial après l'intervention pliométrique	60
Tableau 24 : Programme pliométrique de l'étude d'Anguish et al. [67]	61
Tableau 25 : Programme pliométrique de l'étude de Huang et al. [71]	61
Tableau 26 : Entraînement pliométrique de l'étude de Minoonejad et al. ainsi que de l'étude d'Ardakani et al. [69,70]	62
Tableau 27 : Entraînement pliométrique de l'étude de Lee et al. [68].....	62

Annexes

Minoonejad et al., 2019 :

Tableau 14 : Niveau d'activation des muscles en réaction à l'effort lors d'un single-leg drop landing après l'intervention pliométrique

Niveau d'activation des muscles en réaction à l'effort	Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs groupe contrôle	Significativité statistique « p »
<i>Tibial antérieur *</i>	+11,98 IC 95% [1,27 ; 22,69]	$p < 0,05$
<i>Soléaire *</i>	+7,12 IC 95% [0,20 ; 14,04]	$p < 0,05$
<i>Long fibulaire *</i>	+ 5,66 IC 95% [0,58 ; 10,74]	$p < 0,05$
<i>Gastrocnémien latéral *</i>	+6,39 IC 95% [1,12 ; 11,66]	$p < 0,05$
<i>Vaste médial</i>	+0,01 IC95% [-2,72 ; 2,74]	$p > 0,05$
<i>Vaste latéral</i>	+0,07 IC95% [-1,37 ; 1,51]	$p > 0,05$
<i>Biceps fémoral</i>	+2,98 IC95% [-0,74 ; 6,70]	$p > 0,05$
<i>Moyen fessier</i>	+1,47 IC95% [-4,30 ; 7,24]	$p > 0,05$

Tableau 15 : Niveau d'activation des muscles en préparation à l'effort lors d'un single-leg drop landing après l'intervention pliométrique

Niveau d'activation des muscles en pré-activation à l'effort	Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs groupe contrôle	Significativité statistique « p »
<i>Tibial antérieur *</i>	+4,03 IC98% [2,34 ; 5,72]	$p < 0,05$
<i>Soléaire *</i>	+5,34 IC95% [0,07 ; 10,61]	$p < 0,05$
<i>Long fibulaire *</i>	+7,3 IC95% [1,56 ; 13,01]	$p < 0,05$
<i>Gastrocnémien latéral *</i>	+5,29 IC95% [1,67 ; 8,81]	$p < 0,05$
<i>Vaste médial *</i>	-1,72 IC95% [-2,83 ; -0,61]	$p < 0,05$
<i>Vaste latéral</i>	-0,13 IC95% [-1,30 ; 1,04]	$p > 0,05$
<i>Biceps fémoral *</i>	+4,95 IC95% [3,46 ; 6,44]	$p < 0,05$
<i>Moyen fessier *</i>	+1,76 IC95% [0,08 ; 3,44]	$p < 0,05$

Tableau 16 : Moyenne des temps d'apparition des muscles lors d'un single-leg drop landing après l'intervention pliométrique

Moyenne des temps d'apparition des muscles lors d'un single-leg drop landing	Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs groupe contrôle	Significativité statistique « p »
<i>Tibial antérieur *</i>	+33,58 IC95% [20,18 ; 46,98]	$p < 0,05$
<i>Soléaire *</i>	+59,57 IC95% [38,43 ; 80,71]	$p < 0,05$
<i>Long fibulaire *</i>	+73,02 IC95% [43,55 ; 102,49]	$p < 0,05$

Gastrocnémien latéral *	+53,69 IC95% [36,59 ; 70,79]	p < 0,05
Vaste médial *	-28,26 IC95% [-40,17 ; -16,35]	p < 0,05
Vaste latéral	-2,68 IC95% [-13,66 ; 8,30]	p > 0,05
Biceps fémoral *	+18,63 IC95% [2,99 ; 34,27]	p < 0,05
Moyen fessier *	+30,39 IC95% [16,16 ; 44,62]	p < 0,05

* : Indique une différence significative entre le groupe pliométrie et le groupe contrôle avec une significativité statistique p au moins inférieure à 0,05

Ardakani et al., 2019 :

Tableau 17 : Scores des résultats aux différents questionnaires après l'intervention pliométrique

		Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs groupe contrôle	Significativité statistique « p »
FAAM %		+10,8 IC95% [4,23 ; 17,37]	p < 0,05
FAAM sports %		+18,5 IC95% [7,89 ; 29,11]	p < 0,05
CAIT score		+4 IC95% [0,72 ; 7,28]	p < 0,05
Foot and Ankle Outcome Score %	Symptômes	+14,5 IC95% [3,35 ; 25,65]	p < 0,05
	Douleur	+10,7 IC95% [-1,58 ; 22,98]	p > 0,05
	AVQ	+5,2 IC95% [1,54 ; 8,84]	p < 0,05
	Sport	+23,4 IC95% [19,22 ; 27,58]	p < 0,05
	Qualité de vie	+18,5 IC95% [6,18 ; 30,82]	p < 0,05

AVQ : Activité de la vie quotidienne FAOS : Foot and Ankle Outcome Score

Tableau 18 : Analyse cinétique des différentes articulations lors d'un single-leg drop landing après l'intervention pliométrique

Articulation	Variable cinétique	Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs groupe contrôle	Significativité statistique « p »
Cheville	Dorsiflexion - Flexion plantaire		
	IC	+8,32 IC95% [3,02 ; 13,62]	p < 0,05
	Pic VGRF	+5,31 IC95% [0,34 ; 10,28]	p < 0,05
	Rotation interne – externe		
	IC	-0,8 IC95% [-1,55 ; -0,05]	p < 0,05
	Pic VGRF	-0,97 IC95% [-1,58 ; -0,36]	p < 0,05
Abduction-adduction			
Genou	IC	-0,52 IC95% [-1,27 ; 0,23]	p > 0,05
	Pic VGRF	-0,87 IC95% [-1,59 ; -0,15]	p < 0,05
	Flexion - extension		
	IC	+7,45 IC95% [5,18 ; 9,72]	p < 0,05
	Pic VGRF	+7,37 IC95% [3,37 ; 11,37]	p < 0,05
	Valgus - varus		
IC	+1,23 IC95% [0,08 ; 2,38]	p < 0,05	
Pic VGRF	+1,74 IC95% [0,05 ; 3,43]	p < 0,05	
Rotation interne - externe			

	<i>IC</i>	-1,89 IC95% [-3,05 ; -0,73]	<i>p</i> < 0,05
	<i>Pic VGRF</i>	-3,1 IC95% [-5,22 ; -1]	<i>p</i> < 0,05
Hanche	Flexion – extension		
	<i>IC</i>	+8,0 IC95% [3,94 ; 12,06]	<i>p</i> < 0,05
	<i>Pic VGRF</i>	+8,53 IC95% [2,81 ; 14,25]	<i>p</i> < 0,05
	Abduction - adduction		
	<i>IC</i>	+3,55 IC95% [0,35 ; 6,75]	<i>p</i> < 0,05
	<i>Pic VGRF</i>	+4,19 IC95% [0,87 ; 7,51]	<i>p</i> < 0,05
	Rotation interne – externe		
	<i>IC</i>	+1,42 IC95% [0,28 ; 2,56]	<i>p</i> < 0,05
	<i>Pic VGRF</i>	+1,35 IC95% [0,04 ; 2,66]	<i>p</i> < 0,05

IC : Initial contact / *Pic VGRF* : instant où le Vertical Ground Reaction Force est le plus fort

Tableau 19 : Variations du VGRF après l'intervention pliométrique

Variable cinétique du VGRF	Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs groupe contrôle	Significativité statistique « p »
Médial		
<i>Pic</i>	-0,03 IC95% [-0,06 ; -0,01]	<i>p</i> < 0,05
<i>TTP</i>	+4,07 IC 95% [2,58 ; 5,56]	<i>p</i> < 0,05
Latéral		
<i>Pic</i>	-0,06 IC95% [-0,11 ; -0,01]	<i>p</i> < 0,05
<i>TTP</i>	+5,16 IC95% [2,06 ; 8,26]	<i>p</i> < 0,05
Postérieur		
<i>Pic</i>	-0,08 IC95% [-0,15 ; -0,01]	<i>p</i> < 0,05
<i>TTP</i>	+4,33 IC95% [0,18 ; 8,48]	<i>p</i> < 0,05
Antérieur		
<i>Pic</i>	-0,07 IC95% [-0,13 ; -0,01]	<i>p</i> < 0,05
<i>TTP</i>	+3,04 IC94% [0,06 ; 6,02]	<i>p</i> < 0,05
Vertical		
<i>Pic</i>	-0,52 IC95% [-1,03 ; -0,01]	<i>p</i> < 0,05
<i>TTP</i>	+4,97 IC95% [2,33 ; 7,61]	<i>p</i> < 0,05
Vertical pic GRF	-0,01 IC95% [-0,02 ; 0]	<i>p</i> > 0,05

Pic : intensité du pic du Vertical Ground Reaction Force / *TTP* : Time to peak = l'instant où le pic du Vertical Ground Reaction Force est le plus fort.

Anquish et al., 2018 :

Tableau 20 : Scores des résultats aux différents questionnaires après l'intervention pliométrique

	Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs groupe ASE	Significativité statistique « p »
FAAM	+1,8 IC95% [-1,10 ; 4,70]	<i>p</i> > 0,05
FAAM sports	-11 IC95% [-16,88 ; -5,12] Groupe non homologue au départ	<i>p</i> > 0,05

FAAM : Foot and Ankle Ability Measures

Lee et al., 2020 :

Tableau 21 : Analyse cinétique des différentes articulations lors d'un single-leg drop landing après l'intervention pliométrique

	Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs proprioception	Significativité statistique « p »
IC flexion plantaire	-11,87 IC95% [-19,18 ; -4,56]	$p > 0,05$
MKF flexion dorsale	-2,41 IC95% [-9,02 ; 4,20]	$p > 0,05$
IC flexion de genou	+9,49 IC95% [2,45 ; 16,53]	$p < 0,05$
MKF flexion de genou	+14,75 IC95% [1,90 ; 27,60]	$p < 0,05$
IC flexion de hanche	-1,33 IC95% [-8,46 ; 5,80]	$p > 0,05$
MKF flexion de hanche	+3,03 IC95% [-7,17 ; 13,23]	$p > 0,05$
COP X	+0,3 IC95% [-0,63 ; 1,23]	$p > 0,05$
COP Y	+0,4 IC95% [-1,97 ; 2,77]	$p > 0,05$
IC VGRF	+44,75 IC95% [-89,31 ; 178,81]	$p > 0,05$
MKF VGRF	+35,79 IC95% [-75,10 ; 147,28]	$p > 0,05$

Huang et al., 2014 :

Tableau 22 : Analyse cinétique des différentes articulations lors d'un single-leg drop landing en latéral après l'intervention pliométrique

Angle maximal Lors du single-leg drop landing latéral	Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs groupe contrôle	Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs proprioception + pliométrie	Significativité statistique « p »
Cheville			
Flexion plantaire	+1,09 IC95% [-1,69 ; 3,87]	+2,71 IC95% [-1,07 ; 6,49]	$p > 0,05$
Flexion dorsale	+0,13 IC95% [-4,50 ; 4,76]	-1,48 IC95% [-6,04 ; 3,16]	$p > 0,05$
Adduction	-0,5 IC95% [-3,07 ; 2,07]	+0,33 IC95% [-1,91 ; 2,57]	$p > 0,05$
Abduction	-0,17 IC95% [-1,38 ; 1,04]	+0,02 IC95% [-1,22 ; 1,26]	$p > 0,05$
Rotation externe	-3,91 IC95% [-10,42 ; 2,60]	+3,22 IC95% [-3,89 ; 10,33]	$p > 0,05$
Rotation interne	-1,48 IC95% [-6,90 ; 3,94]	-0,38 IC95% [-5,12 ; 4,36]	$p > 0,05$
Hanche			
Flexion	+9,34 IC95% [1,58 ; 17,10]	+1,03 IC95% [-6,05 ; 8,11]	$p < 0,05$

Extension	-0,42 IC95% [-4,29 ; 3,45]	-0,95 IC95% [-5,84 ; 3,94]	$p > 0,05$
Rotation externe	-0,28 IC95% [-5,13 ; 4,57]	+0,47 IC95% [-4,58 ; 5,52]	$p > 0,05$
Rotation interne	+3,59 IC95% [-1,15 ; 8,83]	-0,51 IC95% [-5,21 ; 4,19]	$p > 0,05$
Genou			
Flexion	+4,1 IC95% [-2,50 ; 10,70]	+0,81 IC95% [-6,71 ; 8,33]	$p > 0,05$
Extension	-2,39 IC95% [-7,71 ; 2,93]	-0,27 IC95% [-5,16 ; 4,62]	$p > 0,05$

Tableau 23 : Analyse cinétique des différentes articulations lors d'un single-leg drop landing en médial après l'intervention pliométrique

Angle maximal Lors du single-leg drop landing médial	Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs groupe contrôle		Résultats et intervalles de confiance à 95 % Groupe pliométrie vs proprioception + pliométrie		Significativité statistique « p »
Cheville					
Flexion plantaire	-0,53 IC95% [-3,45 ; 2,39]		+4,21 IC95% [0,01 ; 8,41]		$p > 0,05$
Flexion dorsale	-0,63 IC95% [-4,99 ; 3,73]		+ 1,38 IC95% [-5,13 ; 7,89]		$p > 0,05$
Adduction	-1,78 IC95% [-5,98 ; 2,42]		+1,23 IC95% [-3,76 ; 6,22]		$p > 0,05$
Abduction	+1,14 IC95% [-0,65 ; 2,93]		-0,4 IC95% [-2,85 ; 1,25]		$p > 0,05$
Rotation externe	-2,78 IC95% [-9,65 ; 4,09]		-0,55 IC95% [-6,71 ; 5,61]		$p > 0,05$
Rotation interne	-1,68 IC95% [-5,82 ; 2,46]		-0,41 IC95% [-4,01 ; 3,19]		$p > 0,05$
Hanche					
Flexion	+8,78 IC95% [0,60 ; 16,96]		-0,01 IC95% [-8,67 ; 8,65]		$p < 0,05$
Extension	-0,41 IC95% [-5,12 ; 4,30]		-1,33 IC95% [-5,33 ; 3,29]		$p > 0,05$
Rotation externe	+0,15 IC95% [-4,43 ; 4,73]		+0,79 IC95% [-3,43 ; 5,01]		$p > 0,05$
Rotation interne	+0,25 IC95% [-4,10 ; 4,60]		+0,25 IC95% [-4,10 ; 4,60]		$p > 0,05$
Genou					
Flexion	+4,15 IC95% [-3,52 ; 11,82]		-1,97 IC95% [-11,18 ; 7,24]		$p > 0,05$

Extension	+2,15 IC95% [-2,92 ; 7,22]	+2,89 IC95% [-3,22 ; 8,94]	p > 0,05
------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------

Tableau 24 : Programme pliométrique de l'étude d'Anguish et al. [67]

Table 2. Progressive Hop-to-Stabilization Balance Program¹⁰

Exercise	Description	Start	Progression
Single-limb hop to stabilization	Start to target at 18 → 27 → 36 in (46 → 69 → 91 cm) Anterior/posterior Medial/lateral Anterolateral/posteromedial Anteromedial/posterolateral	10 hops/direction at 7 levels of difficulty with 2/distance	When able to perform 10 error-free reps at each level of difficulty
Hop to stabilization and reach	Similar to above except: hop → stabilize → reach back to start → hop back to start → reach to target	5 reps/direction at 7 levels of difficulty with 2/distance	When able to perform 5 error-free reps at each level of difficulty
Unanticipated hop to stabilization	Stand in middle of 9-marker grid Sequence of numbers displayed	Use any combination of hops to target position 7 levels of difficulty based on time (1–3) and compromised surface (4–7)	When error free at each level of difficulty
Single-limb stance	As sequence changes, hop to new target position Single-limb stance, eyes open Hard floor 60 s → foam pad 30 s → 60 s → 90 s Ball toss on foam 30 s → 60 s → 90 s with 20 throws/time Single-limb stance, eyes closed Arms out 30 s → arms across 30 s → 60 s Arms out foam pad 30 s → arms across foam pad 30 s → 60 s → 90 s	Eyes open/closed at 7 levels of difficulty	When able to perform 3 error-free reps at each level of difficulty

Abbreviation: reps, repetitions.

Tableau 25 : Programme pliométrique de l'étude de Huang et al. [71]

Table 2. Plyometric- and Integrated-Training Exercise Programs^{38–41,a}

Weeks	Plyometric Training	Repetitions	Session	Integrated: Plyometric-Plus-Balance Training	Repetitions or Time	Sets
1, 2	Squat jumps	10	2	Squat jumps	10	2
	Ankle jumps	10	2	Balanced squat	10	2
	Jump for distance	10	2	Balanced dribble	20	5
	Forward zigzag jumps	10	3	Forward zigzag jumps	10	3
	Lateral sawtooth jumps	10	3	Lateral sawtooth jumps	10	3
3, 4	Jump up on step	8	2	Jump up on step	8	2
	Split-squat jumps (right/left)	10	2	Split-squat jumps (right/left)	10	2
	Hop for distance (right/left)	10	2	Balance lunge (1 disc, right/left)	10	2
	Forward zigzag hops (right/left)	10	3	Forward zigzag hops (right/left)	10	3
	Lateral sawtooth hops (right/left)	10	3	Balanced single-leg standing (right/left)	10 s	5
	Tuck jump	10	2	Tuck jump	10	2
	Diagonal hop	8	2	Balanced catch ball	8	2
5, 6	Jump up on step	10	2	Jump up on step	10	2
	Cycled single-leg squat jumps	10	2	Cycled single-legged squat jumps	10	2
	Hop on target (right/left)	12	2	Balance lunge (2 discs, right/left)	12	2
	Jump for distance and height	10	2	Jump for distance and high	10	2
	Forward zigzag hops (right/left)	10	3	Forward zigzag hops (right/left)	10	3
	Lateral sawtooth hops (right/left)	10	3	Balanced, single-legged standing dribble (right/left)	20	5
	Tuck jump	10	2	Tuck jump	10	2
	Agility ladder	3	1	Agility ladder	3	1
	Jump up on step	10	2	Jump up on step	10	2

^a Each training section consisted of 3 minutes of general stretching exercise and 7 minutes of aerobic exercise (800-m run) as a warm-up. Between exercises in each training session, a 2-minute rest was allowed. For the cool-down phase, participants performed general stretching again for 5 minutes.

Tableau 26 : Entraînement pliométrique de l'étude de Minoonejad et al. ainsi que de l'étude d'Ardakani et al. [69,70]

Week	Volume (Foot Contacts per Session, No.)	Hopping Exercise	Session Information	Set × Repetitions
1	80	Hopping side to side on both legs	1: Hands free 2: Arms across the chest 3: Hands behind head	2 × 10
		Hopping forward and backward on both legs	1: Hands free 2: Arms across the chest 3: Hands behind head	2 × 10
		Hopping forward on both legs	1: Hands free 2: Arms across the chest 3: Hands behind head	2 × 10
		Hopping in a figure-8 shape on both legs	1: Hands free 2: Arms across the chest 3: Hands behind head	2 × 10
2	100	Hopping side to side on 1 leg	All: Hands free	2 × 10
		Hopping forward and backward on 1 leg	All: Hands free	2 × 10
		Hopping forward on 1 leg	All: Hands free	2 × 10
		Hopping in a figure-8 shape on 1 leg	All: Hands free	2 × 10
		Hopping in a zigzag shape on both legs	1: Hands free 2: Arms across the chest 3: Hands behind head	2 × 10
3	120	Hopping side to side with 1 leg	All: Arms across the chest	2 × 10
		Hopping forward and backward on 1 leg	All: Arms across the chest	2 × 10
		Hopping forward on 1 leg	All: Arms across the chest	2 × 10
		Hopping in figure-8 shape on 1 leg	All: Arms across the chest	2 × 10
		Hopping in zigzag shape on 1 leg	All: Hands free	2 × 10
		Hopping in 4-square shape on both legs	1: Hands free 2: Arms across the chest 3: Hands behind head	2 × 10
4	140	Hopping side to side on 1 leg	All: Hands behind head	3 × 10
		Hopping forward and backward on 1 leg	All: Hands behind head	3 × 10
		Hopping forward on 1 leg	All: Hands behind head	2 × 10
		Hopping in figure-8 shape on 1 leg	All: Hands behind head	2 × 10
		Hopping in zigzag shape on 1 leg	All: Arms across the chest	2 × 10
		Hopping in 4-square shape on 1 leg	All: Hands free	2 × 10
5	160	Hopping side to side on 1 leg	All: Hands behind head	3 × 10
		Hopping forward and backward on 1 leg	All: Hands behind head	3 × 10
		Hopping forward on 1 leg	All: Hands behind head	3 × 10
		Hopping in figure-8 shape on 1 leg	All: Hands behind head	3 × 10
		Hopping in zigzag shape on 1 leg	All: Hands behind head	2 × 10
		Hopping in 4-square shape on 1 leg	All: Arms across the chest	2 × 10
6	150	Hopping side to side on 1 leg	All: Hands behind head	3 × 10
		Hopping forward and backward on 1 leg	All: Hands behind head	3 × 10
		Hopping forward on 1 leg	All: Hands behind head	3 × 10
		Hopping in figure-8 shape on 1 leg	All: Hands behind head	2 × 10
		Hopping in zigzag shape on 1 leg	All: Hands behind head	2 × 10
		Hopping in 4-square shape on 1 leg	All: Hands behind head	2 × 10

Tableau 27 : Entraînement pliométrique de l'étude de Lee et al. [68]

Table 2. The 8 week exercise program for each group.

Exercise	1-4 Weeks		5-8 Weeks	
	Program A	Borg Scale	Program B	Borg Scale
Plyometric exercise	X hops (right/left)	5	Squat jumps	7
	Forward hops		Split squat jumps	
	Forward zigzag hops		X hops (right/left)	
	Skater hops		Ankle hops	
	Lateral shuffle		Side hop over box	
	Step up jump on box		Depth drop jump	
Ankle stability exercise	Step up to reverse lunge (right/left)	5	Standing long jump with box jump	7
	Star excursion exercise		Star excursion exercise ^a	
	Elastic band exercise		Elastic Band exercise ^b	
	Lower limbs squat		Lower limbs squat	
	Calf raise		Calf raise ^b	
	Short foot exercise		Short foot exercise	
	Balance Pad leg standing		Balance Pad leg standing ^a	
	Balance Pad		Balance Pad	
One leg standing	one leg standing ^a			
Balance Pad Lunge	Balance Pad lunge to kick ^a			
Balance Pad standing	Balance Pad standing ^c			

^a combined with eye closed, ^b combined with resistance, ^c combined with catch ring.

Résumé

Introduction : L'entorse de cheville est un problème de santé publique majeur dans le monde. En effet, en plus d'être une pathologie des plus fréquentes, elle présente un taux de récurrences de 70 %. Les exercices de pliométrie sont recommandés pour prévenir les blessures du membre inférieur chez les sportifs. Mais leurs effets sur les entorses de cheville sont encore insuffisamment précis.

Objectif : L'objectif de cette étude est de mettre en avant l'application d'une technique dédiée à l'optimisation de la puissance chez le sportif dans une pathologie commune et d'analyser ses effets sur les récurrences de ladite blessure.

Méthodologie : Les recherches ont été effectuées sur des bases de données telles que PubMed, PEDRo ou encore Cochrane. Les études sélectionnées devaient être des essais cliniques randomisés incluant des adultes sportifs s'étant fait des entorses dans les mois voire les années précédant ces études et ayant des symptômes résiduels. Étaient exclues les études ne comprenant pas ces facteurs-là, celles ayant un score PEDro trop faible ($< 5/10$) ou encore celles comprenant une date de parution relativement lointaine. En effet, la composante neuromusculaire de la technique étant récente, des études trop anciennes ne la prendraient pas en compte.

Résultats : Cinq essais cliniques randomisés ont pu être inclus dans cette méta-analyse. Les résultats des groupes expérimentaux entraînant une flexion de genou augmentée durant la réception du saut et favorisant la stratégie de délestage sont globalement significatifs. Cette stratégie permet de retarder l'instant critique de l'entorse et donc de laisser un temps supplémentaire aux muscles pour stabiliser la cheville.

Discussion : Bien que les études soient récentes et d'une qualité satisfaisante, il est nécessaire d'attendre d'autres analyses dans le futur pour pouvoir affirmer que la pliométrie peut constituer un entraînement pilier dans la prévention des entorses de cheville.

Mots clés : entorse de cheville, instabilité chronique de cheville, pliométrie, stratégie de délestage, sportifs, rééducation.

Abstract

Introduction : Ankle sprains are an important public health problem in the world. In addition to being one of the most frequent pathologies, there is a 70% recurrence rate. Plyometric exercises are recommended to prevent lower limb injuries in athletes. But their effects on ankle sprains are still unclear.

Objective : The aim of this study is to put forward the application of a technique dedicated to optimize sportsman's power in a common pathology and to see these effects on the recurrence of this pathology.

Methodology : Researches were performed on databases such as PubMed, Pedro, and Cochrane. The selected studies had to be randomized clinical trials including adult athletes with sprains in months or years preceding the studies and with residual symptoms. Studies that did not include these factors, studies with a low PEDro score (<5/10) or studies with a long publication date were excluded. Indeed, the neuromuscular component of the technique being recent, studies dating from a too long period would not take into account this aspect in the study.

Results : Five randomized clinical trials were included in this meta analysis. Results of the experimental groups are globally significant, leading to an increased knee flexion during the landing jump and favoring unloading reaction strategies. This strategy allows delaying the critical moment of the sprain and thus giving the muscles more time to stabilize the ankle.

Discussion : Although studies are recent and of rather good quality, it is necessary to develop other studies in the future to be able to affirm that plyometrics can be one of the pillar trainings for the prevention of ankle sprains in the future.

Key words : Ankle sprain, Chronicle ankle instability, plyometrie, unloading reaction, athletes, rehabilitation.