

TITRE DU PROJET :

Prévention de l'entorse de cheville chez le sportif : étude des facteurs de risque spécifiques et bénéfice de l'imagerie mentale sur la stabilité de la cheville.

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse¹ (1 page maximum) :

Directeur de thèse HDR :

Nom : MICHEL

Prénom : Fabrice

Grade : PU-PH

HDR : Date de soutenance 2015. Discipline : Médecine Physique et de Réadaptation

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) : Service Médecine Physique et de Réadaptation
CHU Jean Minjoz, 25000 Besançon, fmichel@chu-besancon.fr, tél : 0617560684

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) : Laboratoire de Nanomédecine,
Imagerie, Thérapeutique. EA 4662 Université de Franche Comté (responsable Pr Frédéric
AUBER)

Co-directeur de thèse:

Nom : RAVIER

Prénom : Gilles

Grade : MCF STAPS

HDR : non ☒; oui ☐ Date de soutenance..... Discipline :

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) : Laboratoire C3S, EA 4660 31 chemin de
l'Epitaphe 25000 Besançon, gilles.ravier@univ-fcomte.fr, tel 0678142537

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) : Unité d'appartenance (intitulé, label, n°,
directeur) : Laboratoire C3S, EA 4660, Dirigé par le Pr Gilles FERREOL

2) Descriptif du projet de thèse

Nom et label de l'unité de recherche

Université de Bourgogne-Franche-Comté,

Laboratoire Culture Sport Santé Société (C3S - EA 4660), Département Sport-Performance

31 rue de l'Epitaphe, 25000 Besançon

Localisation

- Laboratoire C3S, 31 rue de l'Epitaphe, 25000 Besançon

¹ ATTENTION : depuis le texte de loi de mai 2016, le total d'encadrants ne peut pas dépasser 2, sauf si l'un des encadrants appartient au monde économique, qui peut venir en supplément, ou en cas de co-tutelle; Le décompte des co-encadrements se fera au prorata du nombre d'encadrants : 1 pour 1 encadrant, ½ pour deux encadrants.

- Laboratoire Athlète Matériel Environnement (Labcom ReApCy), 56 chemin des Montarmots, 25000 Besançon

Nom du directeur de thèse et du co-directeur

Fabrice MICHEL (Directeur)

Gilles RAVIER (Co-directeur)

Adresse courriel du contact scientifique

gilles.ravier@univ-fcomte.fr

Titre du projet

Prévention de l'entorse de cheville chez le sportif : étude des facteurs de risque spécifiques et bénéfice de l'imagerie mentale sur la stabilité de la cheville.

Description du projet (2 pages maximum)

L'entorse de cheville est la pathologie la plus fréquente en matière de traumatologie de l'appareil locomoteur. Chaque jour en France, environ 6000 personnes consultent pour une entorse de la cheville (1) qui est dans 90% des cas une entorse du ligament collatéral latéral sans fracture (2). Dans le champ sportif elle présente le plus haut degré d'incidence de blessures dans les sports collectifs, le badminton ou le trail. Ainsi, elle représente 14,7% des blessures en basketball (3) et 21% en football (4), devant l'atteinte du genou (19,4%). Ces données épidémiologiques soulignent l'intérêt majeur d'inclure dans la programmation des entraînements, un protocole de prévention de blessure comprenant un travail spécifique sur la stabilité de la cheville. En premier lieu, la compréhension des facteurs de risque est indispensable à la mise en place d'actions prophylactiques visant la prévention primaire comme la prévention secondaire. Par ailleurs, l'optimisation d'un protocole de prévention dans le domaine sportif implique d'identifier la relation entre les caractéristiques individuelles et les contraintes spécifiques de la situation sportive.

Les facteurs de risque intrinsèques représentent ceux liés aux caractéristiques individuelles, anatomiques, mécaniques, neuromusculaires, proprioceptives, sensibles et fonctionnelles. A titre d'exemple, une déficience de mobilité de cheville a été identifiée comme facteur prédictif d'entorse (épisode initial et récidivant) chez des jeunes adultes sportifs (5). Outre l'instabilité posturale associée aux caractéristiques anatomiques et mécaniques, une déficience de proprioception et un déficit fonctionnel musculaire sont des facteurs déterminants. Dans une démarche préventive, il apparaît important d'optimiser les mécanismes assurant la stabilité de la cheville: i) l'afférence sensorielle et la réponse musculaire réflexe, ii) le potentiel musculaire de production de force, iii) et les mécanismes d'anticipation de la contraction musculaire (programmation centrale). Concernant ce dernier point il a été montré que le feedback sensoriel plantaire était important dans le contrôle de l'équilibre statique alors que les mécanismes d'anticipation étaient davantage impliqués dans le contrôle de l'équilibre en situation de déplacement (6). Les mécanismes d'anticipation dans la programmation neuromotrice centrale permettent la contraction anticipée des muscles stabilisateurs de la cheville qui garantit l'équilibre fonctionnel. Ainsi, lors d'un saut ou d'une foulée, une activation anticipée (≈ 80 ms) des muscles éverseurs de la cheville est réalisée avant l'atterrissage. Ce mécanisme de pro-activation musculaire rend compte de la capacité de prédiction du système nerveux central à anticiper les conséquences sensorielles des actions à venir avant tout retour d'information sensorielle (7).

Les facteurs de risque extrinsèques sont liés à l'interaction motricité/environnement. Ainsi, i) les propriétés du sol et du matériel (stabilité, adhérence), ii) les caractéristiques de l'exercice physique (durée, intensité, fréquence), iii) et les conditions de mise en jeu de la

motricité (contraintes temporelles, efforts contrariés, gestion de l'incertitude, double tâche) interagissent et déterminent la réponse adaptative de l'athlète en situation de production de performance. La motricité sportive spécifique induit des contraintes mécaniques articulaires et musculaires (changement de direction, freinage, blocage, impulsions-réceptions). En ce sens, il est raisonnable de penser que chaque sport implique une sollicitation plus ou moins marquée des mécanismes stabilisateurs de la cheville que ce soit la proprioception, la composante musculaire (cinématique de force) ou le pattern de contractions intermusculaires (pro-activation, anticipation). Dans ce contexte, il apparaît déterminant d'analyser l'effet de la fatigue sur la perturbation des mécanismes responsables de la stabilité de la cheville. En condition de laboratoire, il a été montré que la stabilité de la cheville en réception de saut était impactée par une fatigue musculaire aigue: l'amplitude de flexion plantaire de la cheville était modifiée 250 ms avant et après la réception et au contact au sol en réponse à un exercice fatiguant réalisé sur les muscles périphériques de la hanche. Cette modification des paramètres cinématiques était associée à une contraction musculaire retardée du gastrocnémien et une activité augmentée du tibial antérieur (8). Par ailleurs, une éversion de l'arrière pied en situation de marche a été observée après la réalisation d'un exercice fatiguant de répétitions d'adductions concentriques et excentriques du pieds (9). Enfin, en réponse à une course progressive maximale sur tapis roulant une augmentation de la surface plantaire en équilibre statique, une diminution de la force des muscles inverseurs de la cheville et une augmentation de l'activité électromyographique des muscles stabilisateurs étaient observées (10).

La démarche de prévention de blessures chez le sportif, s'inspire très largement des protocoles appliqués lors d'épisodes d'entorse et d'instabilité chronique. La prise en charge (11, 12) vise le recouvrement des déficits de mobilité articulaire, de stabilité, de motricité fonctionnelle et de production de force (régime de contraction, délais de contraction et intensité). Les exercices déstabilisants sont réalisés sur des dispositifs instables de type Aero-step®, Bosu®, Airex® ou Myolux®. La prise en charge intègre des exercices neuromusculaires additionnels (d'agilité et de sauts). Leur effet bénéfique sur l'alignement biomécanique du membre inférieur en réception de saut, les impacts articulaires, le pattern de recrutement musculaire, la stabilité posturale statique, dynamique et en situation de production de force a pu être observé chez des sportifs présentant une instabilité fonctionnelle post-traumatique (13) comme en situation préventive (3). En condition de terrain (3), le suivi de la stabilité de cheville semble limité aux tests d'équilibre postural (Star excursion balance test, Y-balance test). L'étude du bénéfice d'un entraînement neuromusculaire préventif sur les mécanismes responsables de la stabilité de la cheville chez le sportif demeure très limitée. Néanmoins, notons que les programmes sportifs préventifs sont largement utilisés par les entraîneurs. Le plus répandu d'entre eux est le FIFA 11+ qui est basé sur la réalisation d'exercices fonctionnels lors de l'échauffement, permet d'observer une diminution de l'incidence des blessures de la cheville (de 0,29 à 0,18 pour 1000 heures de pratique) chez les joueurs de football (18). Enfin, le protocole de prise en charge de l'entorse de cheville comprend les exercices musculaires. Ils sont souvent analytiques et visent l'ensemble des fonctions articulaires de la cheville. Chez des sportifs présentant des symptômes résiduels d'instabilité mécanique un déficit controlatéral de force musculaire concentrique et excentrique était observé (14). Parmi les dispositifs existants, le Myolux® permet de réaliser un entraînement musculaire concentrique et excentrique spécifique autour de l'axe sous-talaire de Henke. Ce dispositif permet d'augmenter l'activité électromyographique des muscles court et long fibulaires (15) qui jouent un rôle majeur dans la stabilité fonctionnelle de la cheville (11). Il est intéressant de noter que des stratégies compensatoires dans le contrôle moteur ont été mises en évidence chez des sujets présentant un épisode récent d'entorse latérale (16). Ainsi, en situation de sauts, des adaptations cinématiques étaient observée au niveau de la cheville, du genou et de la

hanche pour pallier les déficiences neuromusculaires des muscles stabilisateurs la cheville. En l'absence d'une prise en charge précoce visant à lever les inhibitions centrales, de telles stratégies compensatoires peuvent retarder et limiter le recouvrement des déficits. Dans ce contexte, l'apport des neurosciences nous permet d'envisager une prise en charge novatrice et ciblée sur la reprogrammation neuromotrice. En effet, les activations corticales observées lors de la simulation du mouvement (imagerie motrice) et lors de sa réalisation sont similaires. Un entraînement d'une semaine de flexion plantaire imaginée augmentait la production de force maximale de flexion plantaire réellement testée (17). Les techniques d'imagerie mentale (visuelle et proprioceptive) peuvent être combinées aux exercices habituels. Associer la représentation de la sensation et le retour d'information sensorielle durant l'exécution du mouvement permettrait d'accélérer les délais de recouvrement et la pérennité de la proprioception et du potentiel fonctionnel de force.

Nous faisons l'hypothèse que les stratégies d'intervention préventives visant à réduire les déficits de proprioception et de force des éverseurs de la cheville doivent tenir compte des caractéristiques de mise en jeu de la motricité dans la spécialité sportive. Le but est clairement de proposer une intervention ciblée et adaptée à la l'activité sportive de l'athlète. Nous nous proposons donc d'étudier l'ensemble de ces interrelations grâce à des outils et méthodes déjà maîtrisées par les deux partenaires du projet. La recherche a pour objectif: i) d'identifier la réponse adaptative aigue des mécanismes responsables de la stabilité de cheville (principalement proprioception et force des muscles éverseurs) suite à une épreuve sportive spécifique (pour les sports présentant un niveau élevé d'incidence de blessures, *i.e.* trail, sports collectifs, badminton), ii) de comparer l'effet immédiat des différentes modalités d'exercices appliquées à la prévention de l'entorse de cheville. Le bénéfice sur la stabilité de la cheville des exercices de proprioception, de force et neuromusculaires combinés à l'imagerie mentale sera étudié, iii) d'analyser les réponses adaptatives consécutives à un programme de prévention combinant imagerie mentale et exercices de stabilité de cheville, iv) d'étudier l'impact d'une prise en charge combinant l'imagerie mentale et les exercices de stabilité de la cheville chez des patients présentant un épisode récent d'entorse externe. Les retombées pratiques de ce projet seront multiples à savoir optimiser les performances des athlètes tout en préservant leur état de santé, proposer un entraînement améliorant les mécanismes responsables de la stabilité de la cheville, lutter contre l'apparition d'épisodes d'entorse initial et récidivant.

Bibliographie:

- 1) Haute Autorité de Santé (2012). Dispositifs de compression/contention médicale à usage individuel Utilisation en orthopédie/rhumatologie, www.has-sante.fr
- 2) Haute Autorité de Santé (2004). Rééducation de l'entorse externe de la cheville, www.has-sante.fr
- 3) Benis et al. (2016). Elite female basketball players' body-weight neuromuscular training and performance on the Y-balance test. *Journal Athletic Training*, 51(9), 688-695.
- 4) López-Segovia et al. (2019). Preseason Injury Characteristics in Spanish Professional Futsal Players: The LNFS Project. *Journal Strength Conditioning Research*. Ahead of print, 2019
- 5) Kobayashi et al. (2013). Intrinsic predictive factors of noncontact lateral ankle sprain in collegiate athletes: a case-control study. *Orthopaedic Journal Sports Medicine* 1(7).
- 6) Zhang et al. (2013). The differential effects of foot sole sensory on plantar pressure distribution between balance and gait. *Gait&Posture* 37, 532-535.
- 7) Dyhre-Poulsen et al. (1991). Dynamic control of muscle stiffness and H reflex modulation during hopping and jumping in man. *Journal Physiology*, 437, 287-300.
- 8) Gafner et al. (2018). Hip-abductor fatigue influences sagittal plane ankle kinematics and shank muscle activity during a single-leg forward jump. *Journal Electromyography and kinesiology*. 43, 75-81.
- 9) Ferber R, Pohl MB. (2011). Changes in joint coupling and variability during walking following tibialis posterior muscle fatigue. *Journal of Foot and Ankle Research*, 4:6–13.
- 10) Vie et al. (2013). Decreased foot inversion force and increased plantar surface after maximal incremental running exercise. *Gait&Posture* 38, 299-300.

- 11) Donovan et al. (2016). Rehabilitation for chronic ankle instability with or without destabilization devices: a randomized controlled trial. *Journal Athletic Training*, 51(3), 233-251.
- 12) Kim et al. (2014). Which treatment is more effective for functional ankle instability: strengthening or combined muscle strengthening and proprioceptive exercises? *Journal Physical Therapy Science* 26, 385-388.
- 13) Guzman-Munoz et al. (2019). The effects of neuromuscular training on the postural control of university volleyball players with functional ankle instability: a pilot study. *Archivo Medicina Deporte*, 36(5), 283-287.
- 14) Wisthoff et al. (2019). Ankle Strength Deficits in a Cohort of Collegiate Athletes with Chronic Ankle Instability. *Journal Sport Rehabilitation*, 28(7), 752-757.
- 15) Fautrelle et al. (2017). Immediate effects of shoes inducing ankle-destabilization around Henke's axis during challenging walking gaits: gait kinematics and peroneal muscles activities. *Gait&Posture*, 54, 259-264.
- 16) Doherty et al. (2015). Single-leg drop landing motor control strategies following acute ankle sprain injury. *Scandinavian Journal Medicine Science Sports*, 25(4), 525-533.
- 17) Grospretre et al. (2018). Neural mechanisms of strength increase after one-week motor imagery training. *European Journal Sport Science*, 18(2), 209-218.
- 18) Rössler et al. (2018). A Multinational Cluster Randomised Controlled Trial to Assess the Efficacy of '11+ Kids': A Warm-Up Programme to Prevent Injuries in Children's Football. *Sports Medicine*, 48, 1493-1504.

Financement du projet – partie Recherche (montants acquis, type de contrat)

Dispositif d'évaluation	Source de financement
Acquisition du signal EMG de surface : - Filaire - Wireless	Acquis Laboratoire C3S Laboratoire Labcom
Evaluation cinématique de la cheville	Acquis Partenariat Société ICC Physio
Mesure de pression plantaire	Acquis Laboratoire Labcom
Dynamomètre	Acquis Laboratoire C3S

Connaissances et compétences requises

Le candidat pour cette thèse doit faire état de connaissances dans les domaines de la physiologie de l'exercice/sport. Il devra montrer un intérêt particulier pour l'étude (outils et de méthodes d'investigation) de la performance et de l'activité neuromusculaire (EMG de surface et force musculaire).

Des compétences dans le domaine de l'entraînement sportif collectif et/ou individuel sont recommandées. Les relations privilégiées qu'entretient le Laboratoire C3S avec le milieu sportif de haute performance local devraient faciliter le recrutement de sujets volontaires.

Ce projet s'appuyant sur une collaboration active entre des laboratoires et des structures sportives, le candidat devra montrer de grandes capacités d'organisation, des qualités pour la communication des informations et un intérêt particulier pour le travail en équipe.

Résumé en français et anglais (limité chacun à 1800 caractères)

Résumé

L'entorse externe de cheville est la traumatologie de l'appareil locomoteur la plus fréquente dans le champ sportif. Elle présente le plus haut degré d'incidence de blessures dans les sports collectifs, avec notamment 14,7% des blessures en basketball et 21% en football.

Notre projet a pour but de proposer un protocole de prévention de l'entorse de cheville intégré à la programmation des entraînements sportifs. Le premier objectif est d'identifier les contraintes spécifiques de la situation sportive sur les mécanismes assurant la stabilité

statique et fonctionnelle, particulièrement en sports-collectifs, trail et badminton. Nous faisons l'hypothèse que les stratégies préventives d'intervention visant à réduire les déficits de proprioception et de force des muscles éverseurs de la cheville doivent tenir compte du potentiel individuel mais également des caractéristiques de mise en jeu de la motricité dans la spécialité sportive. Par ailleurs, les études portant sur l'instabilité fonctionnelle de la cheville et l'épisode récent d'entorse ont mis en évidence de possibles stratégies de contrôle moteur pour compenser les déficits proprioceptif et fonctionnel musculaire. Le recouvrement ou l'optimisation des mécanismes responsables de la stabilité de la cheville (notamment pro-activation et anticipation de contraction musculaire) peut être retardé et limité par des inhibitions centrales. Dans ce contexte, le deuxième objectif de notre projet est d'identifier le bénéfice d'une prise en charge combinant l'imagerie motrice et les exercices de proprioception et de renforcement musculaire sur l'amélioration de la stabilité de la cheville chez le sportif.

A terme, ces travaux permettront de proposer des méthodes d'entraînement visant la prévention primaire comme la prévention secondaire, adaptées à la situation sportive spécifique et aux caractéristiques de chacun.

Abstract

In the field of sport, the external ankle sprain is the main injury involving the lower limbs. Specifically in team sport, ankle being the most injured site with 14.7% in basketball and 21% in soccer.

The present investigation aims to develop and implement an ankle sprain injury-prevention program in the weekly training schedule of athletes. Firstly, it seems important to identify sport specific demands (specifically in team-sport, trail running and badminton) on mechanisms involved in the ankle stability. It may be hypothesized that injury-prevention program should analyzed the interaction between individual factors (mainly neuromuscular imbalance and proprioception) and characteristics of motor skills implied during sport performance. Furthermore, studies analyzing the ankle functional instability following acute sprain revealed control motor strategies when muscular or proprioceptive deficits remained. Rehabilitation or optimization of mechanisms that controlling functional ankle stability (including pro-activation and muscular contraction anticipation) may be delayed and limited because of central inhibitions. In this context, the second aim of this project is to determine the benefit of an ankle sprain injury-prevention program based on both motor imagery and usual exercises on the improvement of ankle stability with athletes.

Ultimately, this work will propose adapted preventive training methods to specificity of sport constraints and potential of the person.