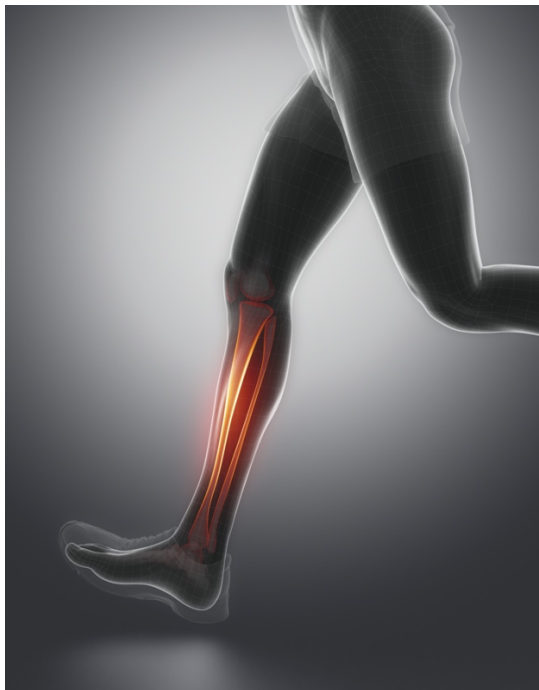




PRÉVENTION TERTIAIRE DU SYNDROME DE STRESS TIBIAL MÉDIAL CHEZ LE COUREUR À PIED NOVICE





Entre physiopathologie controversée et prise en charge empirique, comment clarifier les facteurs de risque intrinsèques du syndrome de stress tibial médial afin que le masseur-kinésithérapeute puisse lutter efficacement contre la récurrence de celui-ci chez le coureur à pied novice ?

Revue de littérature

En vue de l'obtention du diplôme d'état de masseur-kinésithérapeute

Directeur de mémoire : Monsieur Cyprien Guillot, MKDE, enseignant, responsable pédagogique des Stages et référent pédagogique du Service Sanitaire à l'IFMK de Dijon.

Remerciements

Je tiens sincèrement à remercier :

- Monsieur Cyprien Guillot, pour sa présence dans l'encadrement, la construction et la réflexion de ce mémoire, ainsi que pour sa disponibilité.
- Monsieur Laurent Pardon, pour sa disponibilité et ses nombreux conseils.
- Monsieur Maxime Chevallier et Monsieur Sébastien Krumm, pour leur partage de connaissances et d'expérience.
- Ma famille et belle-famille, pour votre inconditionnelle présence, votre accompagnement et votre soutien constant, sans lesquels aucune de ces études, ni la personne que je suis aujourd'hui n'aurait pu être possible. Merci plus particulièrement à Maëlllys pour ses relectures.
- Margaux, pour toutes ces années traversées ensemble, ton soutien, tes relectures, pour tout.
- Mes amis et futurs confrères, pour toutes ces années passées ensemble et celles à venir.

Glossaire

Sigle	Terme
AHI	Arch Height Index
ATCD	Antécédent(s)
BSI	Bone Stress Injuries
CoPexc	Excursion totale du centre de gravité
EMG	Électromyographie
EVA	Échelle Visuelle Analogique
FDR	Facteur(s) de risque
FFA	Fédération Française d'Athlétisme
FPI	Foot Posture Index
IFMKD	Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Dijon
IMC	Indice de Masse Corporelle
IMReD	Introduction, Méthodes, Résultats et Discussion
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
JDK	Journée Dijonnaise de la Kinésithérapie
LEFS	Lower Extremity Functional Scale
LFH	Long Fléchisseur de l'Hallux
LFO	Long Fléchisseur des Orteils
MI	Membre(s) Inférieur(s)
MK	Masseur-Kinésithérapeute
MLA	Arche Médiale Longitudinale
MOOC	Massive Open Online Course
MTTP	Meta-Tarso-Phalangienne
ND	Chute du naviculaire
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PEACE & LOVE	Protection, Élévation, Anti-inflammatoires à éviter, Compression, Éducation & Load, Optimisme, Vascularisation, Exercices
QST	Quiet Sitting Test
SARS	Sports Activity Rating Scale
SOT	Shin Oedema Test
SPT	Shin Palpation Test
SSTM	Syndrome de Stress Tibial Médial
StaRRT	Strategic assessment of risk & Risk Tolerance
TA	Tibial Antérieur
TP	Tibial Postérieur
VALR	Taux moyen de chargement vertical
VGRF	Forces de Réaction Verticales au Sol
VIMP	Pic d'impact des forces de réaction au sol

Tables des matières

I	INTRODUCTION.....	1
II	CADRE THEORIQUE.....	3
2.1	COURSE A PIED.....	3
2.1.1	<i>Biomécanique</i>	3
2.1.1.1	Le cycle de course.....	3
2.1.1.2	Modélisation.....	4
2.1.1.3	Cinématique.....	4
2.1.1.4	Cinétique.....	5
2.1.2	<i>Blessures liées à la course à pied</i>	5
2.1.2.1	Définition.....	5
2.1.2.2	Les blessures de surutilisation.....	5
2.1.2.3	Incidence et taux.....	6
2.1.2.4	Les coureurs novices.....	6
2.1.2.5	Les facteurs de risque.....	6
2.1.2.6	Localisation prédominante aux membres inférieurs.....	7
2.2	LE SYNDROME DE STRESS TIBIAL MEDIAL.....	7
2.2.1	<i>Définition</i>	7
2.2.2	<i>La dualité de la physiopathologie</i>	8
2.2.2.1	Théorie de traction.....	8
2.2.2.2	Microtraumatismes osseux.....	8
2.2.3	<i>Diagnostic et classification</i>	9
2.2.3.1	Diagnostic.....	9
2.2.3.2	Les types de SSTM.....	9
2.2.3.3	Imagerie.....	10
2.2.4	<i>Les facteurs de risque</i>	10
2.2.4.1	Des facteurs de risques extrinsèques bien identifiés.....	10
2.2.4.2	Des facteurs de risques intrinsèques nombreux et à la compréhension limitée.....	11
2.2.5	<i>Prise en charge : une approche essentiellement symptomatique et empirique</i>	12
2.3	RECIDIVES ET PREVENTION TERTIAIRE.....	13
III	SYNTHESE DU CADRE THEORIQUE ET PROBLEMATIQUE.....	15
IV	METHODOLOGIE.....	17
4.1	MOTS CLES.....	17
4.2	BASES DE DONNEES.....	17
4.3	ÉQUATION DE RECHERCHE.....	18
4.4	CRITERES DE SELECTION.....	20
4.5	CRITERES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION.....	20
4.6	TABLEAU DE SYNTHESE DES REFERENCES.....	21
4.7	AUTRES ELEMENTS.....	21
V	RESULTATS.....	22
5.1	FACTEURS DE RISQUE NON MODIFIABLES.....	22
5.1.1	<i>Antécédents</i>	22
5.1.2	<i>Sexe</i>	22
5.1.3	<i>Âge</i>	23
5.1.4	<i>Expérience</i>	23

5.1.5	<i>Masse</i>	23
5.2	FACTEURS DE RISQUE CINEMATQUES	24
5.2.1	<i>Pied et cheville</i>	24
5.2.1.1	Le versant articulaire.....	24
5.2.1.2	Le versant neuromusculaire	29
5.2.2	<i>Genou</i>	31
5.2.3	<i>Hanche</i>	32
5.2.4	<i>Bassin</i>	34
5.2.5	<i>Tronc</i>	35
5.3	FACTEURS DE RISQUE CINETIQUES.....	36
5.4	FACTEURS INFLUENÇANT LES VARIABLES CINEMATIQUES ET CINETIQUES.....	36
5.4.1	<i>Fatigue</i>	36
5.4.1.1	Cinématique	36
5.4.1.2	Cinétique	38
5.4.2	<i>Coordination</i>	39
5.4.3	<i>Paramètres de foulées</i>	41
5.4.4	<i>Les facteurs extrinsèques</i>	42
5.4.1	<i>Croyances et éducation</i>	43
VI	DISCUSSION	44
6.1	FACTEURS DE RISQUE NON MODIFIABLES	44
6.2	FACTEURS DE RISQUE CINEMATIQUES	45
6.2.1	<i>Pied et cheville</i>	45
6.2.1.1	Le versant articulaire.....	45
6.2.1.2	Le versant neuromusculaire	49
6.2.2	<i>Genou</i>	50
6.2.3	<i>Hanche</i>	51
6.2.4	<i>Bassin</i>	53
6.2.5	<i>Tronc</i>	53
6.3	FACTEURS DE RISQUE CINETIQUES.....	54
6.4	FACTEURS INFLUENÇANT LES VARIABLES CINEMATIQUES ET CINETIQUES.....	54
6.4.1	<i>Fatigue</i>	54
6.4.2	<i>Coordination</i>	55
6.4.3	<i>Paramètres de foulées</i>	55
6.4.4	<i>Les facteurs extrinsèques</i>	56
6.4.5	<i>Croyances et éducation</i>	57
6.4.6	<i>En plus</i>	58
6.5	QUALITE METHODOLOGIQUE DES ETUDES	59
6.5.1	<i>Pathologie</i>	59
6.5.2	<i>Population</i>	59
6.5.3	<i>Méthodologie et intervention</i>	60
6.5.4	<i>Résultats significatifs</i>	60
6.5.5	<i>L'œuf ou la poule ?</i>	61
6.6	QUALITE METHODOLOGIQUE DU MEMOIRE	61
VII	CONCLUSION	63
	BIBLIOGRAPHIE	
	ANNEXES	

I Introduction

L'activité physique s'impose de plus en plus comme un vecteur de la promotion de la santé. Ses bienfaits ne sont plus à démontrer, et ce, sur de nombreuses pathologies métaboliques, cardiovasculaires, ostéo-articulaires, neurologiques ou encore sur la santé mentale [1]. Les recommandations actuelles de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) préconisent de réaliser 150 minutes d'activités d'endurance d'intensité modérée, par semaine [2].

L'activité physique correspond, selon Caspersen *et al.* en 1985, à « tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques qui entraîne une dépense d'énergie », cette définition est aujourd'hui la plus acceptée. Piggin, en 2020, estime que cette définition, s'inscrivant dans un contexte épidémiologique et biomédical, est simpliste et réductrice. Il a alors proposé une nouvelle définition, ainsi « L'activité physique implique que les individus se déplacent, jouent et performant au sein d'espaces et de contextes culturels spécifiques. Ils sont influencés par un panel unique d'intérêts, d'émotions, d'idées, de directives et de relations » (traduit de l'anglais). Cette nouvelle définition s'inscrit dans un modèle bio-psycho-social. Elle permet, dans un premier temps, d'axer l'activité physique sur l'individu en mouvement, et non sur les muscles squelettiques. La complexité de l'environnement, des aspects cognitifs, affectifs et du contexte social ou culturel est prise en considération. L'individu est influencé par des facteurs intrinsèques et extrinsèques, et leur perception découle de son expérience individuelle. Le concept d'effort est également mis au second plan, et est élargi via les notions de jeu et de performances permettant d'intégrer le potentiel créatif et productif de l'activité physique. Finalement, cette nouvelle définition permet de s'éloigner de l'aspect purement médical en dissociant la santé et l'activité physique. Piggin estime que la santé ne se limite pas à l'activité physique, et de la même manière, l'activité physique ne se limite pas à la santé [3].

Cette définition holistique permet alors d'intégrer de nombreux facteurs, notamment environnementaux et contextuels. La pratique de l'activité physique a été grandement bouleversée lors de l'épidémie de la Covid-19. Malgré l'impact très négatif que cette crise sanitaire a eu sur l'activité physique et la sédentarité, un point positif est à mettre en lumière : « 72% des adultes et 61% des seniors inactifs ont augmenté leur niveau d'activité physique pendant le confinement » [4].

En ce qui concerne la course à pied, la publication du ministère des sports parue sur SportEco en 2019 évoque son émergence dans les années 1960, puis sa démocratisation dans les années 1980. Cette massification de la course à pied aurait grandement participé au développement du running. Malheureusement, les fédérations nationales d'athlétisme n'ont tenu compte de cette activité que très tardivement, celle-ci s'est alors développée en parallèle des mouvements sportifs. Ce manque de considération est à l'origine d'une nette distinction entre l'athlétisme (comprenant les courses, les sauts ou les lancers) et les « épreuves hors stade » qui s'inscrivent tout aussi bien dans un cadre sportif que dans un cadre de loisir. Il aura fallu attendre 2015 pour que le trail-running devienne une discipline officielle de l'athlétisme. Cependant, ces courses hors stades (CHS) portées par le mouvement du running ne font que croître et prendre de l'ampleur comme en témoigne le nombre de courses organisées par la Fédération Française d'Athlétisme (FFA) qui s'élève à 6 748 pour

l'année 2018. Le running se compose de courses de fond et d'ultra-fond sur route (allant de 5 à 100 kilomètres) et de courses se déroulant en nature (trails, courses d'orientation). En parallèle, l'évolution du nombre de licences délivrées par les fédérations est en augmentation depuis les années 2010. Des données issues du SportLab de la FFA estiment que 16,5 millions de Français pratiquaient le running en 2016, ce qui correspondrait à 25% de la population. Cependant, au 31 août 2019, le nombre de licenciés à la FFA s'élevait seulement à 316 751, cela ne représente donc qu'une infime partie des pratiquants du running. Le constat est qu'actuellement, les fédérations sportives ont un rôle d'organisation et de régulation de courses. De nombreux dispositifs sont mis en place sur internet afin d'orienter les coureurs dans leur entraînement, mais un manque d'accompagnement sur le plan médical reste persistant [6].

Un groupe de coureurs possédant une expérience minimale s'est formé au sein de la promotion. Alliant bonne entente et défis sportifs, cette cohésion a poussé chaque individu à donner le meilleur de soi-même sans se soucier de l'organisation des séances. Au fil du temps, l'apparition de nombreuses blessures au sein de ce groupe a éveillé la curiosité. Le constat est limpide, les novices sont touchés par les blessures.

La littérature estime que le syndrome de stress tibial médial (SSTM) est la blessure liée à la course à pied présentant l'incidence la plus élevée [7]. Par ailleurs, à la suite d'une discussion avec Émilie Jambon (athlète à l'Entente Chalonnaise d'Athlétisme), celle-ci m'a révélée que les novices de son club d'athlétisme sont fréquemment atteints de périostites. Cette pathologie peu abordée lors de mon cursus scolaire a suscité mon attention. Suite à des lectures dans la littérature, la physiopathologie de ce syndrome s'avère sujette à débat. Par ailleurs, les récurrences des blessures de surutilisation semblent très fréquentes chez les coureurs, notamment en ce qui concerne le SSTM. En sus, il est important de noter que la présence d'une blessure est le principal facteur d'arrêt de la course chez les coureurs novices. Diminuer leur apparition est donc crucial afin de préserver les capacités et l'activité physique d'un patient. Cette démarche s'inscrit dans un processus de prévention tertiaire.

Ce syndrome découle d'une origine multifactorielle, et il est impossible d'incriminer une unique cause responsable de son apparition. De nombreux articles évoquent les facteurs de risque (FDR) du syndrome de stress tibial médial. Cependant, face à cette multitude de facteurs plausibles et des articles se contredisant, il m'était difficile d'avoir une vision claire des réels mécanismes sous-jacents à sa survenue.

De ce fait, il m'a paru primordial d'avoir une compréhension optimale des causes et des facteurs de risques sous-jacents à ce syndrome afin d'en limiter les conséquences, et ainsi pouvoir prévenir les récurrences. Cibler une population de coureurs novices, afin d'ajuster au mieux les possibles actions à mener par le masseur-kinésithérapeute, s'avère également judicieux.

Ainsi, la biomécanique de la course à pied, le syndrome de stress tibial médial ainsi que la prévention des blessures vont constituer les trois piliers du cadre théorique.

II Cadre théorique

2.1 Course à pied

2.1.1 Biomécanique

2.1.1.1 Le cycle de course

La course à pied est une succession de déséquilibres permanents compensés par la succession de foulées bondissantes, c'est-à-dire d'appuis pédestres unipodaux alternatifs [8]. Elle se distingue de la marche par l'existence de phases flottantes pendant lesquelles aucun contact avec le sol n'est effectué et par l'absence de phase de double appui [9, 10]. Le cycle est la période qui sépare deux contacts identiques d'un seul et même pied avec le sol. Celui-ci se compose de deux foulées (droite et gauche) qui représentent la période entre deux appuis pédestres. Ce cycle peut également être divisé en une phase d'appui et une phase oscillante (Fig. 1) [9].

La phase oscillante

La phase oscillante compose 60% du cycle de course. La phase oscillante initiale succède au pas, c'est-à-dire, après le décollement des orteils du sol. Le membre inférieur flottant se positionne en triple flexion et en rotation externe dans le but de se placer en avant du corps et ainsi de réaliser le futur cycle. La phase oscillante terminale précède le contact du pied au sol. Le membre inférieur flottant va donc se préparer à l'impact, notamment via la co-contraction entre le tibial antérieur (TA) et le triceps sural permettant de recréer un pied stable. Le cycle peut se répéter .

La phase d'appui (Fig. 4)

La phase d'appui compose 40% du cycle de course. Celle-ci est initiée par le contact du pied au sol. Dans la littérature, trois types d'appuis sont évoqués : [11]

- « Rearfoot strike » : le contact initial avec le sol est effectué par le bord postéro-latéral du pied. Ce type de contact serait effectué par 80% des coureurs et est plus particulièrement observé chez les coureurs de fond.
- « Midfoot strike » : le contact initial avec le sol est effectué par le bord latéral du médio-pied.
- « Forefoot strike » : le contact initial avec le sol est effectué par les orteils. Ce type de contact est plus particulièrement observé chez les sprinteurs.

Cette phase d'appui peut se décomposer, elle-même, en sous phases. Il existe une phase d'absorption, qui se produit à partir du contact initial du pied au sol jusqu'au milieu du pas, et une phase de propulsion qui se réalise jusqu'à la perte de contact entre les orteils et le sol [11].

Lors de la phase d'absorption, le triceps sural ainsi que le tibial postérieur (TP) se contractent de manière excentrique pour contrôler la progression du tibia vers l'avant et assurer la stabilité de la cheville. La pronation réalisée par la cheville lors de la course implique principalement des contractions excentriques afin d'assurer le contrôle articulaire et l'absorption des chocs. Les facteurs qui permettent d'absorber correctement l'impact sont les mouvements des articulations, la contraction excentrique des muscles, notamment situés sur d'autres articulations tels que la hanche et le genou, ainsi que la compression du cartilage articulaire [9].

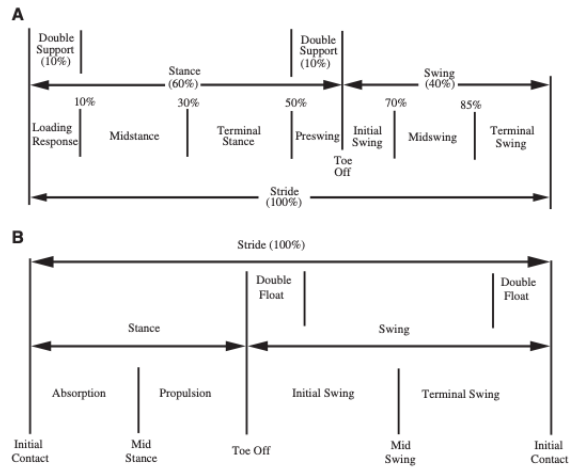


Fig. 1 : « Cycle de marche. (A) Marche. (B) Course » [9]

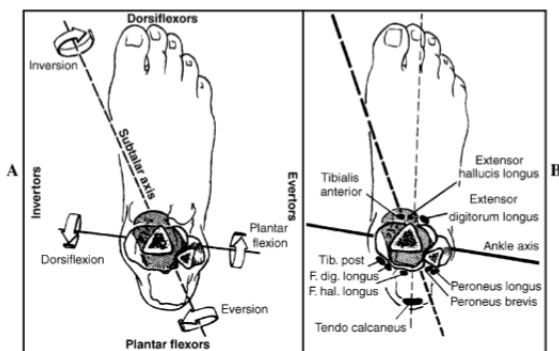


Fig. 2 : « Biomécanique du pied. (A) Rotation de la cheville et de l'articulation subtalaire. (B) Position des unités musculo-tendineuses » [9]

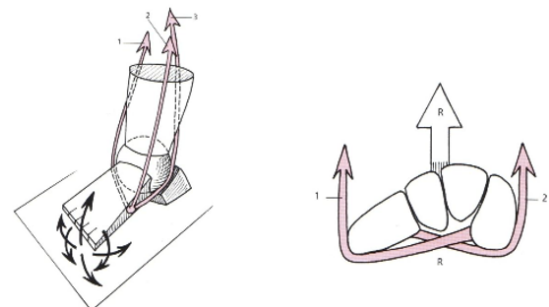


Fig. 3 : « Insertions des muscles long fibulaire (1), tibial antérieur (2) et tibial postérieur (3) permettant l'élévation de l'arche interne et le creusement de la voûte plantaire » [10]

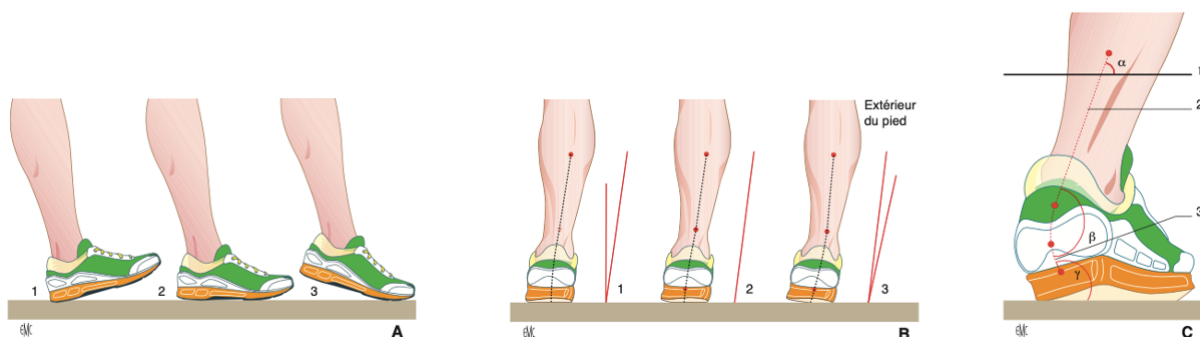


Fig. 4 : « Pose du pied » [8]

- A. 1. Attaque arrière-pied ; 2. Attaque médio-pied ; 3. Attaque avant-pied.
- B. 1. Pronation ; 2. Neutre ; 3. Supination.
- C. 1. Horizontale ; 2. Axe du tibia ; 3. Axe du calcaneus.

Le point de pronation maximal réalise la jonction entre la phase d'absorption et la phase de propulsion. Il se produit lorsque le centre de gravité du corps passe légèrement en avant de la base de sustentation. Cette pronation est accompagnée d'une rotation interne du tibia, d'une éversion de l'arrière-pied ainsi que d'une abduction de l'avant-pied. Un parallélisme entre les axes des articulations transverses du tarse est également observé. Toutes ces adaptations ont pour but une augmentation de la mobilité au niveau des articulations distales et permettent ainsi une adaptation du pied à la surface du sol tout en maximisant la dissipation des forces d'impact [11].

La phase de propulsion est initiée par la contraction concentrique du triceps sural. La rotation externe du tibia et du calcaneus permet la supination de la cheville. Elle est accompagnée par une inversion de l'arrière-pied, une convergence des axes des articulations transverses du tarse, et une mise en tension du fascia plantaire par le mécanisme de Windlass. Ces mécanismes, accompagnés par la contraction des muscles intrinsèques, vont être à l'origine d'une rigidification du pied permettant d'accroître sa stabilité afin d'obtenir une accélération et une propulsion optimale. C'est lors de cette poussée, que les forces de réaction au sol sont les plus importantes [9, 11].

2.1.1.2 Modélisation

L'un des modèles les plus rudimentaires pour modéliser la biomécanique lors de la course à pied est le « spring-mass model ». Le membre inférieur est comparé à un ressort linéaire tandis que le haut du corps est comparé à un poids. Lors de la phase d'absorption, le ressort se comprime et stocke l'énergie alors que celui-ci libère l'énergie nécessaire à l'accélération dans la phase de propulsion. La propriété élastique du ressort est caractérisée par la rigidité de la jambe et notamment des tissus mous. Ce modèle repose donc sur les propriétés des tissus élastiques tels que les muscles, les tendons et les ligaments [11].

2.1.1.3 Cinématique

La cinématique est définie comme la description du mouvement des articulations ou des segments du corps indépendamment des forces qui produisent le mouvement [11]. Dans la littérature, deux types de patterns de course sont également observés : [13]

- Le pattern de course aérien est associé à un temps de contact au sol réduit, un temps de suspension prolongé et à une raideur élevée des muscles du membre inférieur. Par conséquent, sa dépense énergétique serait minimisée sur le concept, vu précédemment, d'accumulation et de restitution d'énergie élastique par les tissus mous du membre inférieur.
- Le pattern de course terrien, quant à lui, est associé à un temps de contact au sol prolongé, un temps de suspension réduit et une faible raideur des muscles du membre inférieur. Le coureur terrien minimise sa dépense énergétique par une diminution des oscillations verticales du centre de masse.

2.1.1.4 Cinétique

La cinétique est définie comme l'étude des forces à la fois internes (les forces musculaires) et externes (les forces de réaction au sol), qui provoquent le mouvement [11].

Les forces de réaction du sol sont les forces exercées par le sol sur le pied lors de la phase d'appui. Trois composantes sont retrouvées :

- La composante antéro-postérieure qui correspond aux forces s'exerçant lors des phases d'absorption et de propulsion.
- La composante médio-latérale : composée de forces minimales mais non négligeables.
- La composante verticale. Ces forces verticales de réaction au sol (VGRF) approcheraient de 2 à 4 fois le poids du corps lors de la course.

Les forces verticales de réaction au sol sont caractérisées par trois paramètres (Annexe 1) [14] :

- Un taux de chargement ou « Loading Rate » correspondant à la vitesse d'impact des forces.
- Un pic passif (Fz1) correspondant à l'impact initial du pied sur le sol.
- Un pic actif (Fz2) correspondant aux forces musculaires nécessaires à la propulsion.

Les forces d'impacts seraient des signaux d'entrée (input) qui produisent des réglages musculaires. Ainsi, les activités musculaires, prédéterminées par les contacts précédents, auraient pour but de préparer l'appareil locomoteur à l'atterrissage et au contact au sol dans le but de minimiser la vibration des tissus mous [15].

2.1.2 Blessures liées à la course à pied

2.1.2.1 Définition

Les critères permettant de définir une blessure liée à la course à pied sont nombreux et leurs modalités ne sont elles-mêmes pas consensuelles dans la littérature. Face à ce manque de clarté, Yamato TP *et al.* ont donc décidé de proposer une définition standardisée de la blessure liée à la course à pied chez le coureur récréatif : « une douleur musculo-squelettique liée à la course à pied (entraînement ou compétition) dans les membres inférieurs qui engendre une restriction ou un arrêt de la course (distance, vitesse, durée ou entraînement) pendant au moins sept jours ou trois séances d'entraînement consécutives programmées, ou qui oblige le coureur à consulter un médecin ou un autre professionnel de la santé » [16].

2.1.2.2 Les blessures de surutilisation

D'après Van Mechelen *et al.* 50 à 75% des blessures semblent être liées à un mécanisme de surutilisation, ou de surmenage. Celles-ci sont alors qualifiées de « overuse injuries ». Ce mécanisme est d'apparition progressive et découle d'une répétition constante d'un même mouvement qui est à l'origine de microtraumatismes. Ces blessures sont donc caractérisées par une incapacité des tissus à endurer des charges et se manifestent quand une rupture apparaît dans la balance entre les charges qui s'exercent sur un tissu et la capacité de celui-ci à les endurer [17, 18]. La capacité d'un tissu a été définie par JL Cook [19]. Selon lui, « un tissu est en pleine capacité lorsque l'individu est capable d'effectuer des mouvements fonctionnels au volume et à la fréquence requis sans exacerber les symptômes, ni causer de lésions tissulaires ». Cette capacité

varie en fonction des individus, des charges exercées ou encore de l'âge. L'origine d'une blessure est multifactorielle c'est pourquoi, il est impossible d'identifier une unique cause responsable. Ce mécanisme s'oppose ainsi aux blessures liées à un contact [20, 21]. Hreljac *et al.* suggèrent que ces blessures peuvent être évitées, non pas en diminuant le stress appliqué sur une structure biologique mais, en optimisant la quantité et la fréquence de la charge [22].

Ce mécanisme de surmenage est donc prédominant dans les blessures associées à la course à pied. De plus, il est nécessaire d'approfondir son origine multifactorielle afin d'obtenir la meilleure compréhension possible sur celle-ci et ainsi pouvoir proposer une prise en charge optimale des patients.

2.1.2.3 Incidence et taux

Les blessures touchent de nombreux coureurs et le taux annuel de blessure a été estimé par de nombreuses études. Malheureusement, les résultats sont très divergents. L'incidence des blessures varie entre 2,5 blessures pour 1000 heures de course à pied chez les athlètes contre 33 blessures pour 1000 heures de course à pied chez les novices [23]. Cette importante différence souligne le fait que les coureurs novices sont confrontés à une incidence moyenne de blessure plus élevée que les coureurs récréatifs et les ultra-marathoniens. Respectivement, 17,8 blessures, 7,7 et 7,2 blessures pour 1000 heures de course à pied. De plus, la blessure est le principal facteur d'arrêt de la course chez les coureurs novices [17]. Suite à ce constat, les coureurs novices représentent une population à risque.

2.1.2.4 Les coureurs novices

Comme nous l'avons vu précédemment, le nombre de Français pratiquant le « running » en 2016 est estimé à 16,5 millions. Parmi eux, 12 millions sont qualifiés comme réguliers selon la FFA, c'est-à-dire, qu'ils réalisent au moins un entraînement par semaine. Les définitions permettant de catégoriser les coureurs sont très hétérogènes. Mais, certains critères de classifications semblent ressortir [23, 24]. En effet, un coureur novice peut être défini comme une personne n'ayant peu ou pas d'expérience et n'ayant pas pratiqué la course à pied de manière régulière sur les 12 derniers mois contrairement à un coureur récréatif qui, lui, peut être défini comme une personne pratiquant la course à pied de manière régulière sur les 12 derniers mois. Une pratique régulière est associée à un entraînement et à minima de 10 kilomètres de course par semaine. Il est également important de mentionner que les coureurs hors stade sont catégorisés comme coureurs de longues distances lorsqu'ils participent à des courses de plus de 10 km. En ce qui concerne les coureurs sur piste, une longue distance est associée au minimum de 3000m [24].

2.1.2.5 Les facteurs de risque

Les facteurs de risques peuvent être divisés en deux grandes catégories. La première catégorie correspond à des FDR intrinsèques, c'est-à-dire, à des facteurs personnels tels que le sexe, l'âge, la génétique, l'anthropométrie, la biomécanique, la forme physique ou encore l'aspect psychosocial. Un âge et un indice de masse corporel (IMC) élevés sont corrélés à une augmentation du risque de blessure dans une population de novice [25, 26].

La seconde catégorie correspond à des FDR extrinsèques, ceux-ci sont liés à l'environnement, l'expérience sportive, la surface d'entraînement, l'équipement (le chaussage et les orthèses) ou encore les modalités d'entraînement (distance, fréquence, intensité) [22, 27]. Dans une étude se basant sur des coureurs novices, l'intensité a été identifiée comme étant un FDR. La fréquence n'a pas été associée à un changement du risque de blessure. De plus, l'absence d'expérience antérieure en course à pied accroît le risque de blessure [28]. Une autre étude appuie ce résultat, en effet courir plus de 60 minutes lors de la première semaine d'entraînement constituerait un facteur protecteur [29]. Cependant, modifier son activité doit se faire de manière progressive. En effet, une augmentation de 30% du kilométrage hebdomadaire est associée à une augmentation du risque de blessure comparée à une augmentation de 10% [30].

En dehors des antécédents de blessure et de l'utilisation d'orthèses qui sont fortement associées à un risque accru de blessure, les autres facteurs ne sont appuyés que par des résultats controversés ou limités.

2.1.2.6 Localisation prédominante aux membres inférieurs

La proportion des blessures prédomine de loin chez les coureurs hors stade au genou et à la jambe. Les proportions de blessures s'élèvent respectivement à 30,6% chez le coureur novice, 26,3% chez le coureur récréatif et 26,6% chez le coureur de marathon au niveau du genou et à 34,7% chez le coureur novice, 22,4% chez le coureur récréatif et 29,9% chez le coureur de marathon au niveau de la jambe (Annexe 2) [24].

D'après la revue systématique de Lopes AD *et al.*, les principales blessures liées à la course à pied sont :

- Le **syndrome de stress tibial médial** avec une incidence allant de 13,6 à 20% et une prévalence de 9,5%.
- Les tendinopathies d'Achille avec une incidence allant de 9,1 à 10,9% et une prévalence allant de 6,2 à 9,5%.
- Et la fasciite plantaire avec une incidence allant de 4,5 à 10% et une prévalence allant de 5,2 à 17,5% [7].

Nous pouvons donc constater que les blessures à la jambe touchent un grand nombre de coureurs novices. De plus, la blessure la plus représentée à ce niveau anatomique est la périostite tibiale. Ainsi, il semble pertinent de se focaliser sur cette pathologie.

2.2 Le Syndrome de Stress Tibial Médial

2.2.1 Définition

Le SSTM a été décrit par Yates et White comme étant une « douleur le long du bord postéro-médial du tibia qui se produit lors d'exercices, en excluant les douleurs d'origine ischémique ou les signes d'une fracture de stress » [31]. C'est une pathologie de surutilisation qui survient chez ceux qui pratiquent des exercices à impacts réguliers tels que des athlètes ou des militaires. Elle est caractérisée par la présence de périostites diffuses sur la surface tibiale antéro-médiale ou

postéro-médiale au niveau de la jonction du tiers distal et moyen du tibia. Les mécanismes liés à sa physiopathologie sont encore controversés. Cependant, deux causes en seraient à l'origine [32].

Le terme « shin splints » englobe plus largement les douleurs localisées à la jambe, à l'exclusion des fractures de stress et du syndrome des loges. Cette notion est souvent utilisée de manière synonyme au terme SSTM [33].

2.2.2 La dualité de la physiopathologie

2.2.2.1 Théorie de traction

Évoquée la première fois par Devas *et al.*, l'hypothèse de la traction périostée suggère que les muscles de la loge postérieure seraient à l'origine de tension s'exerçant sur le tibia et son périoste. Des dissections anatomiques mettent en avant le rôle de différents muscles via leurs insertions au niveau de la zone douloureuse. Le soléaire pourrait être le principal responsable de ce syndrome via la traction du fascia de la loge profonde postérieure. Le long fléchisseur des orteils (LFO) serait également impliqué causant une douleur et une perte de force lors de la flexion des articulations métacarpo-phalangiennes. De plus, la présence de fibres musculaires du TP sur la partie distale de la face dorsale du tibia est un constat controversé. Le remodelage accru de l'os cortical serait provoqué par la perturbation des fibres de Sharpey, celles-ci assurant l'adhésion des tendons et des ligaments au périoste (Fig. 5) [31, 32].

2.2.2.2 Microtraumatismes osseux

Le SSTM a longtemps été décrit comme un syndrome associé aux tissus mous et aux périostites car aucune fracture ne pouvait être observée. Plus récemment, il a été évoqué qu'une surcharge osseuse serait à l'origine du SSTM. La course à pied est un sport d'impacts pourvoyeurs de contraintes qui entraînent des micro-dommages. Selon la loi de Wolff, « des charges répétées sur l'os sont à l'origine d'une cascade de signaux de transduction, détectés par les composants cellulaires de l'os et qui aboutirait à la réparation des micros-dommages » [31]. Un remodelage osseux est donc mis en place dans le but de réparer les lésions osseuses via l'action conjointe des ostéoclastes et des ostéoblastes. Cette réaction est asymptomatique et constitue un processus d'adaptation permettant à l'os de se renforcer et de tolérer au mieux les contraintes [34, 35]. Cependant, l'augmentation des contraintes résulte en une perturbation de l'homéostasie entre la création de micro-dommages osseux et leur réparation menant à un processus inflammatoire et à une fragilité locale de l'os. Il existe donc un seuil de charge à ne pas dépasser, variant en fonction du volume, de la fréquence et de l'intensité de la course. Nous pouvons donc affirmer que ce type de lésion résulte dans l'incapacité de l'os à résister à des charges mécaniques répétitives (Fig. 6) [34, 35]. Les micro-dommages, liés aux contraintes, pourraient être à l'origine d'une inflammation des tissus mous périostaux. A contrario, la périostite, liée aux tractions répétées des fibres musculaires, pourrait être à l'origine d'une fragilisation de l'os et donc à l'origine de micros-dommages. Aucun consensus n'a été établi quant au mécanisme initial et des preuves sont avancées en faveur des deux hypothèses. Il faut finalement retenir que la combinaison entre les tractions du périoste par les muscles de la loge postérieure et les charges répétitives de flambage du tibia sont à l'origine du SSTM. Ce manque de clarté sur la physiopathologie explique le fait que cette condition est décrite en termes de syndrome [32].

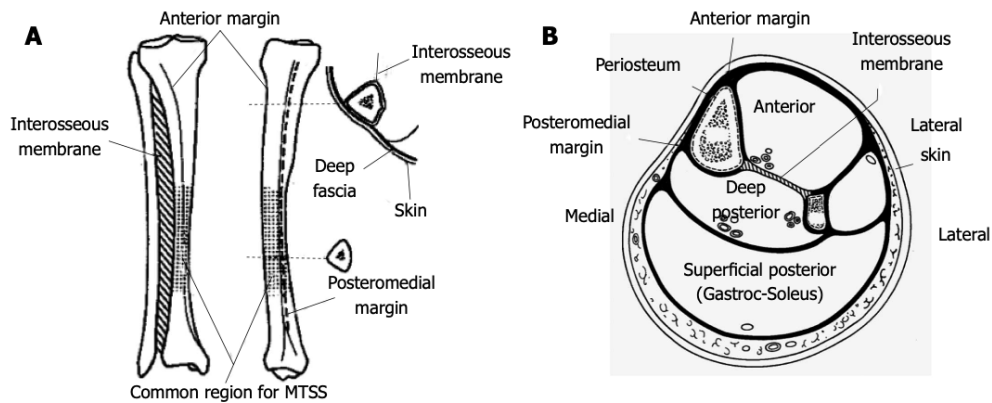


Fig. 5 : « Anatomie de la jambe. (A) Vue antérieure et médiale du tibia avec les insertions du fascia profond. (B) Coupe transversale du tibia illustrant les quatre compartiments de la jambe. » [32]

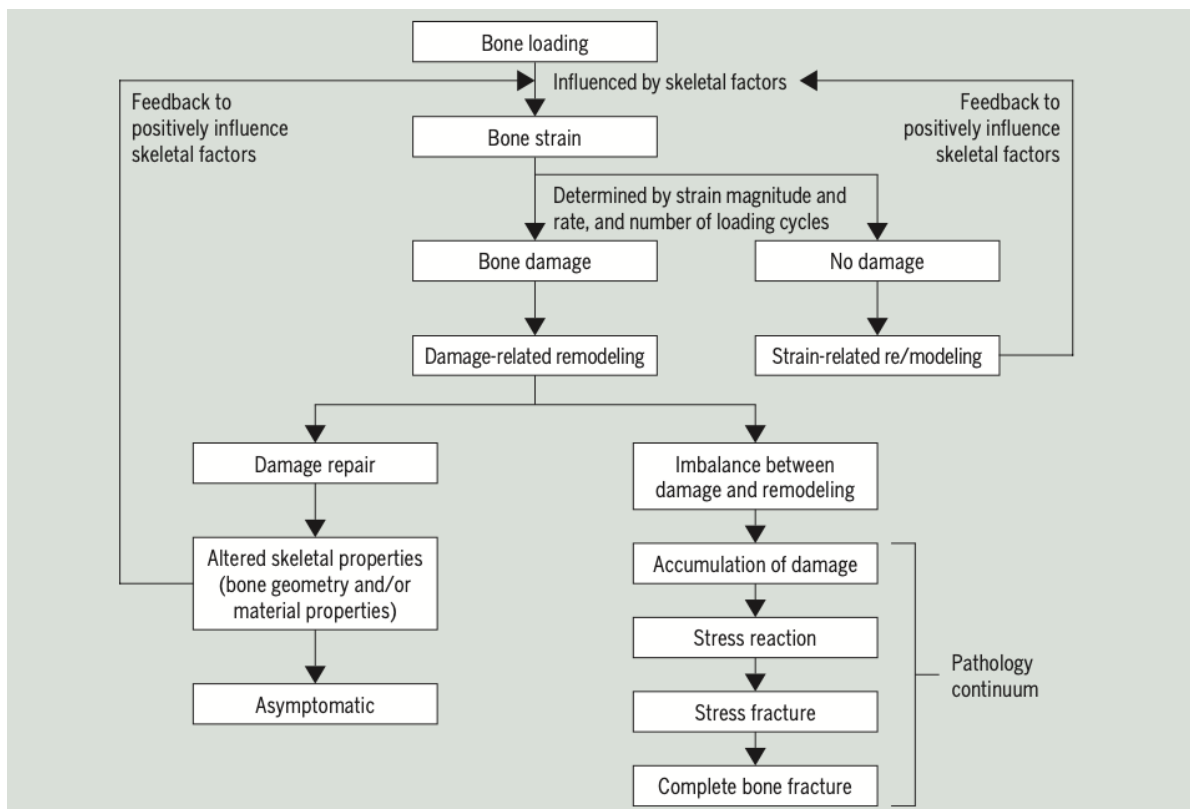


Fig. 6 : « Physiopathologie des blessures de stress osseuses » [34]

2.2.3 Diagnostic et classification

2.2.3.1 Diagnostic

L'examen est avant tout clinique. Il se base sur une anamnèse approfondie. Il est nécessaire de rechercher la présence de douleur à la jonction du tiers moyen et distal lors de la réalisation d'une activité physique ou d'exercices. L'apparition de la douleur varie en fonction de l'intensité de l'effort et peut persister après celui-ci mais, elle doit diminuer au repos. Par la suite, il est essentiel d'exclure toute autre douleur neurologique ou ischémique à type de crampe et de brûlure au niveau du mollet ou à type de picotement, fourmillement, engourdissement dans le pied lors d'un effort physique qui permettrait d'orienter le diagnostic vers un syndrome des loges. Par la suite, l'examen physique succède à l'anamnèse. Celui-ci doit mettre en évidence la reproductibilité de la douleur à la palpation du bord postéro-latéral du tibia, sur une longueur minimale de 5 cm consécutifs. La dernière étape du diagnostic consiste à vérifier l'absence d'autres symptômes ou signes à la palpation tels qu'un œdème ou un érythème qui pourraient évoquer d'autres pathologies (Annexe 3) [36].

Deux tests sont décrits afin de prédire l'apparition du SSTM : [37]

- Shin Palpation Test (SPT) : palpation des deux tiers distaux de la partie postéro-médiale de la jambe en incluant le bord postéro-médial du tibia et la musculature associée. La pression doit être équivalente à celle permettant d'essorer une éponge. Toute douleur entraîne un test positif. Un test positif signifie qu'un individu à 4,63 fois plus de risque de présenter un SSTM dans les 16 mois à venir.
- Shin Oedema Test (SOT) : palpation maintenue 5 secondes au niveau des deux tiers distaux de la surface médiale du tibia. La pression est similaire au SPT. Un test positif signifie qu'un individu à 76,1 fois plus de risque de présenter un SSTM dans les 16 mois suivants.

2.2.3.2 Les types de SSTM

Le syndrome de stress tibial médial est divisé en trois types : le premier type est caractérisé par une sensibilité distale du tibia qui peut entraîner une périostite et un œdème sur la surface antéro-médiale du tiers moyen-distal du tibia dû à un microtraumatisme causé par des micro-fractures entre les canaux de havers ou les ostéons dans le cortex superficiel. Le type 1 est associé au phénomène de flexion du tibia, provoqué par la traction du triceps sural lors la phase propulsive de la course à pied. Le deuxième type est caractérisé par une douleur et une sensibilité linéaire sur le bord postéro-médial, principalement liée à l'aponévrose de loge profonde postérieure qui s'insère à ce niveau. Le type 2 serait causé par la tension de l'attache tibiale du fascia profond en lien avec la contraction puissante du muscle triceps sural mais également du LFO. Le troisième et dernier type résulte de l'association entre les deux premiers types. Le type 3 est d'avantage observé chez les coureurs de fond ou de demi-fond ainsi que sur des os n'ayant pas terminé leur croissance et ayant ainsi une densité minérale osseuse faible [32].

Il existe également une classification des « bone stress injuries » (BSI) associant l'examen clinique et l'imagerie. Les grades un et deux correspondent à des lésions diffuses (SSTM) tandis que les niveaux trois et quatre correspondent à des lésions localisées (Fracture de stress tibiale) [32].

2.2.3.3 Imagerie

Bien que le diagnostic soit avant tout clinique, l'imagerie peut permettre l'exclusion de diagnostics différentiels, en particulier lors d'une suspicion de fracture de stress. La radiographie est le plus souvent sans particularité lors d'un SSTM et peut l'être également lors d'une fracture de stress précoce. Ainsi, elle ne constitue pas une modalité pertinente. L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est la modalité privilégiée en ce qui concerne les blessures osseuses. Elle permet d'évaluer à la fois l'œdème du périoste mais également l'œdème médullaire. De plus, elle possède une meilleure spécificité et sensibilité que la scintigraphie osseuse qui quant à elle révèle un motif de double-bande formé par les radionucléides absorbés dans l'os cortical [38]. Cependant, de nombreuses anomalies sont également présentes chez des sujets sains lors de la réalisation d'examen d'imagerie [39].

2.2.4 Les facteurs de risque

De nombreux FDR sont évoqués dans la littérature. Cependant la plupart ne le sont que par un seul auteur [40]. Quant à ceux évoqués de manière plus régulière, leur compréhension reste limitée et est évoquée comme une cause de l'échec de la prévention des SSTM.

2.2.4.1 Des facteurs de risques extrinsèques bien identifiés

Un constat qui revient fréquemment dans la littérature est le fait que 60 à 70% des blessures liées à la course à pied semblent être liées à une erreur d'entraînement [41].

En ce qui concerne les modalités d'entraînement, bien qu'une augmentation du volume semble être un FDR au niveau des blessures liées à la course à pied, aucune association n'a été retrouvée entre l'apparition des périostites et le volume. En effet, des individus s'entraînant plus de 40 miles ou moins de 40 miles par semaine avaient le même risque de développer une douleur aux jambes liée à l'exercice physique. Le volume couru dans les années passées ne semblait pas être protecteur des fractures de stress. De plus, aucune différence n'est retrouvée entre des sujets sains et des sujets atteints de périostites en ce qui concerne le kilométrage par semaine [41]. Une autre étude a, cependant, retrouvé une augmentation du risque de blessures liées à la distance (comprenant le syndrome de stress tibial médial) de 1,59 fois chez des novices présentant une progression de plus de 30% du volume de course par rapport à des novices respectant la règle des 10% [30].

La majorité des études s'accordent sur le fait qu'une augmentation de la fréquence d'entraînement est à l'origine d'une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied. Plusieurs études ont également trouvé ce résultat en ce qui concerne les périostites et le fait que les individus qui courent plus de cinq fois par semaine sont les plus à risque [41].

Une augmentation de l'intensité semble être associée à une augmentation du risque de blessures liées à la course à pied dans de nombreuses études. Néanmoins, un nombre important d'études ne retrouve aucun lien entre une intensité différente et le risque de blessure. Une étude met toutefois en avant le fait que l'entraînement par intervalle augmenterait le risque de périostite [41].

Les résultats sont, finalement, un peu plus disputés en ce qui concerne la durée d'entraînement. Les résultats tendent vers une augmentation ou une stagnation du risque de blessure lorsque la durée est accrue [41].

2.2.4.2 Des facteurs de risques intrinsèques nombreux et à la compréhension limitée

Un antécédent de SSTM est associé à un risque relatif de récurrence compris entre 1,5 et 5,3 [42, 43].

Sexe : les femmes sont plus à risque de développer un SSTM que les hommes. Ce constat serait appuyé par une densité minérale osseuse plus faible, le cycle menstruel pouvant impacter cette densité osseuse [42, 43].

Un nombre bas d'années d'expérience dans la course à pied est un facteur associé à une augmentation du développement du SSTM [43]. De plus, l'efficacité des programmes de pré-conditionnement dans le but de réduire les blessures n'est pas encore établie. Le volume, l'intensité, la fréquence des entraînements ainsi que la surface du sol doivent être pris en compte.

L'utilisation de semelles orthopédiques serait à l'origine d'un risque accru de blessure [43]. Le rôle de celles-ci, dans la prévention des blessures, semble controversé que ce soit sur l'atteinte du schéma moteur, la cinématique de course ou encore la réduction des forces d'impact.

L'indice de masse corporelle : la prise de poids est corrélée à une augmentation de risque de SSTM [40, 42, 43].

Un « Navicular Drop » (ND) c'est-à-dire une chute du naviculaire élevée serait un FDR primordial dans l'apparition de ce syndrome [40, 42, 43]. De plus, un ND supérieur à 10 mm multiplie le risque de SSTM par 1,99 [43]. Celui-ci permet l'évaluation de la hauteur de la voûte plantaire ainsi que de la pronation du pied. Lors de la marche, le ND permet de mesurer la pronation qui résulte de l'éversion de l'arrière-pied. Cependant, ce constat ne semble pas être valable lors de la course. En effet, la modification du ND et de la hauteur de la voûte plantaire lors de la course résulterait plutôt de la rotation interne du tibia et non de l'éversion de l'arrière-pied. Une voûte plantaire plus haute et donc un ND plus faible sont associés à une rotation tibiale interne majorée. Cette rotation tibiale interne constitue un élément protecteur via l'absorption des forces d'impact [43]. Une pronation excessive entraîne une augmentation des forces transmises aux fibres élastiques de la loge des fléchisseurs profonds (TP, LFO, LFH) [44].

L'amplitude en flexion plantaire des individus atteints de SSTM est plus importante que celle des individus sains. Une amplitude plantaire accrue serait associée à une plus grande probabilité d'attaque avant-pied, entraînant donc une augmentation des contraintes sur le bord postéro-médial du tibia, comparée à une attaque via le talon. De plus, un ND ainsi qu'une flexion plantaire majorés seraient liés. L'extensibilité accrue du TA serait à l'origine d'une majoration de la flexion plantaire [40].

L'amplitude en flexion dorsale ne semble pas être un FDR et ce, aussi bien en flexion ou en extension de genou. Selon Newman *et al.* une augmentation ou une diminution de la flexion dorsale ne doit pas être considérée comme un FDR du SSTM et ce, malgré le fait que la raideur des fléchisseurs plantaires soit souvent une des caractéristiques retrouvées chez les individus atteints de SSTM. Ils considèrent cette raideur comme secondaire à la blessure. Les auteurs ouvrent donc le débat sur l'utilité des étirements du triceps sural ainsi que sur l'absorption des charges et la prévention de ce syndrome. Certains auteurs estiment notamment que le triceps sural ne serait pas le seul muscle de la jambe à être raide [43].

Les amplitudes articulaires de hanche semblent jouer un rôle dans l'apparition de ce syndrome. L'amplitude majorée en rotation externe de hanche placée en flexion à 90° constitue un FDR du SSTM [40, 42, 43]. Cependant, les modalités (mobilisation passive ou active) utilisées lors des études, le genre (féminin ou masculin) ainsi que les résultats (majoration ou diminution de l'amplitude) sont hétérogènes. Les différents auteurs semblent s'accorder sur le fait que les paramètres associés à la hanche influencent les charges s'exerçant sur le tibia, malgré cela les mécanismes mis en cause restent encore incompris.

2.2.5 Prise en charge : une approche essentiellement symptomatique et empirique

Pour la rééducation, nous pouvons nous baser sur le principe de « PEACE & LOVE » [45]. Celui-ci va donc se composer de deux phases.

La phase aiguë se concentre sur la gestion de la douleur notamment via le principe « PEACE ». Il est conseillé de réaliser une protection (repos relatif), une compression et une élévation de la zone douloureuse. Les anti-inflammatoires sont à éviter. L'éducation du patient et la modification des activités sont des points primordiaux à mettre en place et ce, d'autant plus que le SSTM résulte d'une inadéquation entre les charges et le processus de guérison [34, 36, 45, 46]. Certaines études suggèrent que la physiothérapie (massage, glace, ultrasons, thérapie par ondes de choc extracorporelle) serait efficace dans la diminution de la douleur [47].

La phase subaiguë se concentre sur la reprise des activités et notamment via le principe « LOVE ». Il est donc nécessaire de mettre en place une reprise et une remise en charge graduelle ainsi qu'une approche active comprenant des exercices et un entraînement cardio-vasculaire. L'aspect cognitif doit également être pris en charge dans la guérison [34, 45, 46]. Des exercices de renforcement et d'étirement du triceps sural sont recommandés afin d'éviter la fatigue et la surcharge osseuse. Il semble primordial de se concentrer également sur le chaussage ainsi que sur la mise en place de semelles ou d'orthèses afin de modifier la biomécanique de course et prévenir les récives. Les

ondes de chocs extracorporelles, la thérapie manuelle et l'entraînement proprioceptif peuvent être envisagés [48].

De nombreuses modalités sont proposées, cependant, le manque de consensus sur la physiopathologie et les facteurs étiologiques du SSTM font que le traitement est actuellement difficile à étudier et reste le plus souvent empirique [40]. En l'absence de preuve, Winters estime qu'il est nécessaire de se baser sur un raisonnement clinique. Celui-ci a également développé le SSTM score, permettant d'évaluer la gravité du syndrome et d'en suivre l'évolution [49]. Il est basé sur quatre questions qui évaluent la participation actuelle aux activités sportives et la douleur lors d'activités, de la marche et au repos. Ce score varie de 0 (aucune limitation) à 10 (limitation maximale).

La chirurgie est à envisager suite à l'échec du traitement conservateur. Elle consiste en une fasciotomie seule ou associée à un stripping du périoste tibial. Les résultats sont mitigés [36, 50].

En ce qui concerne le délai de retour au sport après une blessure de stress osseuse, celui-ci s'élève de 11,4 à 13,5 semaines pour les grades 1 et 2, c'est-à-dire pour le SSTM [39]. En se basant sur la douleur, le délai de récupération serait de 70 jours [51]. L'absence d'œdème du périoste et d'œdème médullaire à l'IRM est associée à un temps de guérison plus élevé. De plus, l'échelle « Sports Activity Rating Scale » (SARS) et l'échelle « Lower Extremity Functional Scale » (LEFS) sont significativement plus élevées lorsqu'un œdème médullaire est présent, ce qui permet ainsi d'évaluer le temps de guérison [39].

2.3 Récidives et prévention tertiaire

Le principal FDR intrinsèque est un antécédent de blessure dans les 12 derniers mois. Le taux de récurrence s'élève à 28% chez les coureurs récréatifs ayant déjà subi deux blessures liées à la course à pied dans l'année. L'association entre une blessure antérieure et le développement d'une nouvelle blessure ou d'une blessure similaire de plus grande amplitude a été démontrée comme un facteur de risque pour le sport en général. Deux causes sont évoquées dans les processus de récurrences. La première est que la nouvelle blessure serait une exacerbation de la précédente qui n'est pas totalement guérie [52]. La seconde serait qu'un coureur ayant subi une blessure, modifierait son pattern de course afin de protéger la région anatomique lésée, ce qui pourrait le prédisposer à une nouvelle blessure [53].

En ce qui concerne le SSTM, un coureur ayant eu un antécédent de douleurs aux jambes liées à un exercice physique lors du dernier mois ou de la dernière année accroît le risque de réapparition de ses douleurs. Par ailleurs, une ancienne blessure localisée au tibia constitue un FDR de nouvelles blessures sur cette même localisation [22].

La récurrence semble donc très fréquente chez les coureurs et il semble primordial d'en comprendre les mécanismes sous-jacents afin de pouvoir agir sur celle-ci. Cette démarche s'inscrit dans la prévention tertiaire.

D'après l'arrêté du 2 mai 2017 modifiant l'arrêté du 2 septembre 2015 relatif au diplôme d'état de masseur-kinésithérapeute (MK), il est indiqué dans la compétence n°3 que le MK est habilité à « concevoir et conduire une démarche de promotion de la santé, d'éducation thérapeutique, de prévention et de dépistage » [54].

Selon l'OMS en 1948, « La prévention est l'ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies des accidents et des handicaps ». La prévention tertiaire consiste à « diminuer la prévalence des incapacités chroniques ou des récides dans une population et de réduire les complications, invalidités ou rechutes consécutives à la maladie » [55].

De nombreux modèles de prévention des blessures sont présents dans la littérature. On peut noter que le modèle à quatre étapes de Van Mechelen *et al.* en est le précurseur (Annexe 4). La première étape consiste à déterminer l'ampleur du problème, c'est-à-dire, son incidence et sa sévérité. Il est ensuite nécessaire d'établir son mécanisme et l'étiologie de son apparition. Une fois que ces deux étapes sont réalisées, il est possible de mettre en place des mesures préventives ciblées. La dernière étape consiste ni plus, ni moins, en l'évaluation de l'efficacité de ces mesures en répétant la première étape [24]. Énormément de travaux se sont basés sur celui de Van Machelen *et al.* Un modèle dynamique et récursif de l'étiologie des blessures dans le sport a été développé par Meeuwisse en 2007 (Annexe 5). Ce modèle témoigne d'une variabilité de l'exposition à la blessure car les risques sont en perpétuel changement. De plus, une exposition aux risques ne menant pas à une blessure est à l'origine d'une adaptation du corps [56]. Les modèles multifactoriels de prévention témoignent donc de l'importance d'identifier et d'agir sur les différents FDR qui prédisposent un coureur aux blessures [22].

La clinique du coureur évoque la prévention du SSTM et se base sur trois points. Le premier consiste à quantifier le stress mécanique s'exerçant lors de la course à pied dans le but de pouvoir augmenter la tolérance mécanique des structures internes. Le deuxième consiste à réaliser des exercices de renforcement fonctionnel. Pour terminer, il est recommandé d'adopter une biomécanique de course plus protectrice et d'augmenter l'indice minimaliste de ses chaussures [45].

La prévention des récides doit se baser sur deux aspects : une optimisation de la récupération fonctionnelle pendant la période de rééducation et la mise en place de mesures préventives sur le long terme après le retour au sport [57].

III Synthèse du cadre théorique et problématique

La course à pied est une activité physique des plus rudimentaires, ne nécessitant que peu de matériel et pouvant être pratiquée de manière totalement autonome. Cette liberté en fait son avantage et sa popularité ne fait que croître depuis des années comme en constate le nombre croissant de courses organisées et son nombre de participants qui s'élevait à 16,5 millions en 2016. Cet engouement est porté par le concept du « running » qui s'inscrit dans une démarche de promotion de la santé, de bien-être et de dépassement de soi. Cependant, les blessures liées à la course à pied sont fréquentes [6].

Par ailleurs, la course est un sport répétitif et bien qu'il ne soit pas rare d'observer des lésions aiguës, la majorité des blessures découlent d'un mécanisme de surutilisation. Ces blessures d'apparitions progressives sont d'origine multifactorielle et découlent de l'incapacité de l'organisme et de ses tissus à endurer des charges répétées [17, 18]. Les principales pathologies retrouvées sont le syndrome de stress tibial médial, les tendinopathies d'Achilles et la fasciite plantaire [7].

Un constat marquant s'établit alors. Bien que les novices courent généralement moins de fois et moins de kilomètres par semaine que des coureurs plus expérimentés, ils représentent la population la plus à risque de se blesser. En effet, l'incidence des blessures liées à la course à pied des novices est plus élevée que celle de coureurs récréatifs ou d'athlètes professionnels. Par conséquent, il semble donc pertinent de se focaliser sur cette population [24].

Les blessures sont localisées préférentiellement au niveau du genou et au niveau de la jambe pour tous les types de coureurs hors stade. Cependant, les blessures à la jambe touchent un grand nombre de coureurs novices. Par ailleurs, la blessure la plus représentée à ce niveau anatomique est le syndrome de stress tibial médial [7].

La physiopathologie de ce syndrome est sujette à débat. En effet, il a longtemps été associé uniquement aux périostites tibiales. Celles-ci seraient causées par une traction excessive des muscles de la loge postérieure de la jambe et l'insertion du fascia profond sur le bord postéro-médial en serait la cause. Une deuxième explication plus récente évoque le fait que le SSTM serait lié à une surcharge osseuse. Lorsque les contraintes se répètent, il en résulte une perturbation de l'homéostasie entre la création de micro-dommages osseux et leur réparation. Ce type de lésion résulte donc de l'incapacité des os à résister à des charges mécaniques répétitives [34].

Aucun consensus n'est existant quant à la prise en charge de ce syndrome et le traitement repose avant tout sur des bases empiriques. Bien qu'aucune preuve de l'efficacité des traitements ne ressorte dans la littérature, une guérison complète est attendue en associant un repos adéquat et une modification des activités. Le programme de retour à la course s'inscrit dans un continuum parallèle à la rééducation et est basé sur la douleur du patient ainsi que sur le délai de retour au sport.

Lors de différents stages, la prise en charge des coureurs novices avec différentes pathologies visait le retour à l'état antérieur et à l'activité physique tout en gérant la douleur. Celle-ci était axée sur la symptomatologie et les déficiences du patient dans le but d'améliorer son état. Bien que cette démarche soit pertinente et cruciale pour le patient, elle semble toutefois incomplète afin de proposer une prise en charge optimale. En effet, aucune action n'était dédiée à limiter la récurrence et ne visait précisément la cause de l'apparition de ce syndrome.

Par ailleurs, les récurrences des blessures de surutilisation semblent très fréquentes chez les coureurs notamment celle qui concerne le SSTM. En effet, un antécédent de blessure dans les 12 derniers mois constitue un FDR majeur dans le développement d'une nouvelle blessure. Suite à ce constat, il est important de noter que la présence d'une blessure est le principal facteur d'arrêt de la course chez les coureurs novices. Diminuer leur apparition est donc crucial afin de préserver les capacités et l'activité physique d'un patient. Cette démarche s'inscrit dans un processus de prévention tertiaire.

Cependant, son origine étant multifactorielle, il est impossible d'incriminer un unique facteur dans son apparition. Trois revues systématiques évoquent les FDR associés à cette pathologie et, bien que ces revues soient récentes, elles se basent sur une majorité d'articles datant de plus de 10 ans. De plus, elles ciblent des populations hétérogènes comprenant des militaires, des patients sains ou atteints du SSTM ainsi que diverses populations sportives ou non. Le principal facteur s'avère être la chute majorée du naviculaire. Néanmoins, celui-ci semble contraster avec le mythe de l'alignement qu'évoque la clinique du coureur. Nous retrouvons également comme FDR une amplitude majorée au niveau de la flexion plantaire de cheville ainsi qu'au niveau de la rotation de la hanche, même si ces derniers semblent encore incompris [40, 42, 43].

Il paraît donc primordial d'avoir une compréhension optimale des causes et des facteurs de risque sous-jacents à ce mécanisme afin d'en limiter les conséquences et ainsi pouvoir prévenir les récurrences. Cibler une population de coureurs novices afin d'ajuster au mieux les possibles actions à mener par le masseur-kinésithérapeute s'avère également judicieux.

Au vu des différents éléments à ma disposition, je me suis donc demandé : **Entre physiopathologie controversée et prise en charge empirique, comment clarifier les facteurs de risque intrinsèques du syndrome de stress tibial médial afin que le masseur-kinésithérapeute puisse lutter efficacement contre la récurrence de celui-ci chez le coureur à pied novice ?**

IV Méthodologie

Ce travail a été initié par la découverte de différents mémoires réalisés par les étudiants de la promotion précédente de l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Dijon (IFMKD). Cette étape a permis de se familiariser au format d'une revue de littérature, afin d'appréhender au mieux sa réalisation.

Le livre « La clinique du coureur », écrit par un physiothérapeute, a été un des ouvrages phares permettant de visualiser le thème abordé de manière holistique. Celui-ci explore de multiples sujets tels que la course à pied, tout en mettant en parallèle des avis d'experts ou des articles scientifiques. De nombreux autres ouvrages ont été consultés, comme des livres d'anatomie, de biomécanique, des revues kinésithérapiques ou des articles. Différentes conférences et plus particulièrement : la Journée Dijonnaise de la Kinésithérapie (JDK), ont été à l'origine d'une expansion de connaissances sur le thème de la course à pied, celles-ci abordant les pathologies du coureur à pied, le chaussage, le retour à la course après blessure, la chirurgie concernant le syndrome des loges. Dans le cadre de l'UE31, en troisième année, il était nécessaire de réaliser un e-learning. Le « massive open online course » (MOOC) sélectionné, abordait l'entraînement sportif en trail et en ultra-trail. Ces différentes expériences ont été les fondations d'un socle de connaissances sur le sujet de la course à pied. Elles ont également été révélatrices d'un vaste champ de connaissances et de compétences encore inconnues.

En l'absence de consensus, la rédaction du cadre théorique a été basée sur différents livres ou articles issus de la littérature.

4.1 Mots clés

Une fois la problématique définie et les variables identifiées, la recherche d'articles permettant d'apporter une réponse a pu débuter. Dans un premier temps, des mots clés ont été définis en français et en anglais. Le site « HeTOP » (Health Terminology/Ontology Portal) a permis de définir des mots clés « MeSH » (Medical Subject Headings). De plus, certains mots clés retrouvés fréquemment dans la littérature mais, n'apparaissant pas dans les bases « MesH » ont été intégrés afin de cibler au mieux les différentes variables. Ceux-ci sont exposés dans un tableau (Tab. I).

4.2 Bases de données

Ce travail est basé sur des bases de données anglophones. Les équations ont été réalisées sur PubMed, qui est un moteur de recherche permettant d'accéder aux ressources scientifiques MEDLINE, Cochrane Library regroupant plusieurs bases de données spécialisées dans le domaine médical ainsi que PEDro qui est une base de données spécifique à la physiothérapie.

Les bases de données françaises LiSSa et Em-consulte ont été consultées. Ce sont des moteurs de recherche regroupant des articles scientifiques dans le domaine médical. Cependant, face à un phénomène de silence et de bruit élevé associé à des articles hors-sujets, ces bases de données ont été écartées.

Tab. I : « Tableau récapitulatif des mots-clés »

	Anglais	Français
MeSH :	« Medial tibial stress syndrome » « Recurrence » « Running » « Risk factors » « Hip » « Ankle » « Pronation » « Shoes » « Muscles »	« Syndrome de stress du tibial médial » « Récidive » « Course à pied » « Facteurs de risque » « Hanche » « Cheville » « Pronation » « Chaussures » « Muscles »
Synonyme MeSH	« Shin splints » « Prevention » « Biomechanics » « Range of motion » « Orthoses »	« Périostite tibiale » « Prévention » « Biomécanique » « Amplitude articulaire » « Orthèses »
Termes issus de la littérature	« Novice » « Runners » « Navicular drop » « Foot strike » « Training »	« Novice » « Coureurs » « Chute du naviculaire » « Attaque du pied » « Entraînement »

4.3 Équation de recherche

Le processus de recherche méthodologique a débuté en juin 2019. Les mots-clés ont été associés entre eux via les opérateurs booléens « AND » et « OR » afin de constituer des équations. Ainsi deux équations ont permis d'interroger le moteur de recherche PubMed et la base de données Cochrane Library afin de cibler le SSTM mais également une population novice. Dans le but d'intégrer différentes variables correspondant aux FDR potentiels, les équations réalisées ont assez complexes.

- (1) (“medial tibial stress syndrome” OR “shin splints”) AND (“running” OR “runners”) AND “novice” AND “recurrence” AND (“prevention” OR “risk factors”)

Lors des recherches un seul résultat ressortait en appliquant le mot-clé lié à la récurrence, celui-ci étant trop précis il a été écarté. Ne pas cibler la prévention tertiaire a également été un choix afin de ne pas restreindre les résultats. Le terme de prévention a donc été utilisé dans sa globalité.

- (2) (“medial tibial stress syndrome” OR “shin splints”) AND (“running” OR “runners”) AND “novice” AND (“prevention” OR “risk factors”)

Très peu d'articles associaient le syndrome de stress tibial médial et une population novice. Ces deux notions ont donc été étudiées séparément. Les points de convergence ou de divergence entre ces deux entités seront mis en lumière dans ce travail.

(3) ("medial tibial stress syndrome" OR "shin splints") AND ("running" OR "runners") AND ("prevention" OR "risk factors")

(4) "novice" AND ("running" OR "runners") AND ("prevention" OR "risk factors")

Enfin les équations ont été élargies avec des variables identifiées lors de diverses lectures.

(5) ("medial tibial stress syndrome" OR "shin splints") AND ("running" OR "runners") AND ("prevention" OR "risk factors" OR "hip" OR "navicular drop" OR "pronation" OR "ankle" OR "biomechanics" OR "range of motion" OR "training" OR "foot strike" OR "shoes" OR "orthoses" OR "muscles")

(6) ("novice") AND ("running" OR "runners") AND ("prevention" OR "risk factors" OR "hip" OR "navicular drop" OR "pronation" OR "ankle" OR "biomechanics" OR "range of motion" OR "training" OR "foot strike" OR "shoes" OR "orthoses" OR "muscles")

Les équations suivantes concernent celles du site PEDro et résultent d'une adaptation au bruit et au silence.

(7) "Medial tibial stress syndrome" / Subdiscipline "Sports".

(8) "Shin splints" / Subdiscipline "Sports".

(9) "running" "novice" / Subdiscipline "Sports".

Tab. II : « Tableau récapitulatif des recherches »

Base de données	Équation de recherche	Nombre d'occurrences
PubMed	(5)	82
	(6)	142
Cochrane Library	(5)	15
	(6)	50
PEDro	(7)	7
	(8)	4
	(9)	5

Ainsi, suite à ces recherches, 305 occurrences sont apparues.

4.4 Critères de sélection

Une fois les résultats obtenus, ceux-ci ont été regroupés dans le logiciel Zotero® afin de former une collection pour réaliser la méthodologie. Une suppression de l'intégralité des doublons a été effectuée, permettant de retenir 255 occurrences.

Comme évoqué précédemment, les trois revues systématiques, abordant les FDR du SSTM, étudient en majorité des articles datant d'avant 2010. Néanmoins, l'année de publication des articles n'a pas été choisie comme critère de sélection. En effet, analyser et étudier soi-même les articles traitant des FDR du SSTM dans une population de coureur me semblait plus pertinent. Tout ceci dans le but d'obtenir un point de vue éclairé et global, permettant ainsi une meilleure compréhension ainsi qu'une comparaison avec les articles plus récents.

La sélection des articles s'est déroulée de manière progressive. Dans un premier temps, une lecture des titres des articles a été effectuée. Cette première étape a permis d'éliminer les articles hors-sujet et donc de réunir tous les articles traitant du SSTM ou d'une population de coureurs novices. Ainsi, 140 articles ont été sélectionnés. Dans un second temps, une lecture des résumés a été effectuée, permettant d'initier le processus d'inclusion et d'exclusion.

4.5 Critères d'inclusion et d'exclusion

À la suite de cette sélection, des critères d'inclusion et d'exclusion ont été définis afin d'inclure les articles ciblant au mieux la problématique.

Les critères d'inclusion sont :

- Les articles portant sur une population de coureurs (novices ou expérimentés) atteints du SSTM.
- Les articles portant sur une population de coureurs sains uniquement novices.
- Les articles utilisant les FDR intrinsèques comme variables ou faisant le lien entre les FDR et leurs conséquences sur les propriétés intrinsèques.
- Les articles utilisant l'incidence comme variable.
- Les autres pathologies associées à la course à pied peuvent être mentionnées dans ce travail.

Les critères d'exclusion sont :

- Les articles non disponibles dans leur intégralité.
- Les articles portant sur une population de militaires.
- Les articles publiés dans une autre langue que le français ou l'anglais.
- Les articles ne reprenant pas un plan IMReD.
- Les articles portant sur une population pratiquant majoritairement un autre sport que la course à pied.
- Les articles portant sur les FDR extrinsèques sans faire de lien avec les propriétés intrinsèques.
- Les articles traitant de l'efficacité des techniques rééducatives ou préventives.
- Les articles déjà utilisés dans le cadre théorique.
- Les designs ou les protocoles d'études.

Ainsi, 44 articles ont été retenus à la suite de l'application des critères d'inclusion et d'exclusion.

4.6 Tableau de synthèse des références

Une lecture intégrale a ensuite été effectuée, permettant de retenir 37 articles. Ce processus méthodologique a été résumé via un diagramme de flux PRISMA présenté en (Annexe 6). Les résultats ont été synthétisés dans un tableau dont la forme est la suivante. Celui-ci est présenté en (Annexe 7).

Tab. III : « Tableau récapitulatif des articles »

Étude : Auteurs Titre Type Année N° bibliographie	Objectif(s)	Population	Protocole Et Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude

Lorsque les articles n'étaient pas disponibles en intégralité dans les bases de données, plusieurs étapes ont dû être mises en place. Tout d'abord, les articles ont été annexés dans le logiciel Zotero®, celui-ci réalisant une importation automatique des références et des textes associés. De ce fait, lorsque les textes étaient introuvables par le logiciel, une recherche sur le site Research Gate a été effectuée. Ce processus a été utile pour obtenir certains textes en format PDF disponibles en ligne ou de contacter les auteurs afin de leur demander l'accès intégral. De plus, l'aide de Madame Martineau, responsable de la bibliothèque de L'IFMKD, a plusieurs fois été sollicitée afin d'obtenir les articles, via des abonnements de l'institut.

Par ailleurs, une veille a finalement été mise en place.

4.7 Autres éléments

Différents points de vue et échanges ont permis d'orienter ce mémoire. Cyprien Guillot (enseignant et référent pédagogique à l'IFMK), Maxime Chevallier (MK libéral formé à la clinique du coureur), Sébastien Krumm (MK au CHU de Dijon) et Laurent Pardon (MK libéral et référent de promotion à l'IFMK) ont été des acteurs qui m'ont apporté une grande aide. Aussi, Émilie Jambon (athlète à l'Entente Chalonnaise d'Athlétisme), qui a constaté que les novices dans son club sont fréquemment atteints de périostites et que peu de conseils sont mis en place pour éviter leur apparition.

V Résultats

5.1 Facteurs de risque non modifiables

5.1.1 Antécédents

Malgré ces divergences, une grande majorité des auteurs s'accordent sur le fait que les antécédents jouent un rôle prépondérant dans l'apparition de nouvelles blessures. La présence d'une douleur médiane, liée à l'exercice physique dans le mois précédent l'étude de Bennett *et al.* augmente le risque de développer à nouveau cette douleur lors de la saison, chez des sujets pratiquant une activité de cross-country [58]. Dans de nombreuses études, les sujets atteints du SSTM sont plus susceptibles d'avoir développé des antécédents de SSTM. Ce risque est globalement de 2 à 4 fois plus élevé. Ce constat est également retrouvé sur d'autres pathologies. En effet, 46% des sujets ayant subi une fracture de stress ont un antécédent, contre seulement 17% dans le groupe de sujets sains [59]. De plus, avoir un antécédent de blessure au niveau du quadrant inférieur multiplie par plus de deux le risque d'apparition de blessures liées à la course à pied [62].

Une seule étude rétrospective diverge sur ce point. Les coureurs novices et récréatifs sains depuis les 12 derniers mois sont plus à risque (OR : 1,43) que les coureurs ayant eu une blessure. L'auteur estime que cette divergence justifie la recherche et la compréhension des FDR [63].

5.1.2 Sexe

Dans de nombreuses études prospectives entre des coureurs avec et sans SSTM, le taux de blessure est similaire. Les femmes ont un taux d'incidence allant de 22,0 à 25,0 % contre 12,9 à 17,65 % pour les hommes [58, 61, 64, 65]. Dans l'étude de Plisky *et al.* les femmes ont un pourcentage d'antécédents de SSTM plus élevé que les hommes, respectivement 47,8% contre 33,9%. En parallèle, les femmes seraient plus à risque de fractures de stress que les hommes avec des taux d'incidence s'élevant respectivement à 0,03 contre 0,08 fractures pour 1000 expositions athlétiques [66]. Cependant, le taux de blessures, à la fin de la période de suivi, n'est pas significativement différent entre les sexes bien que celui des femmes soit plus élevé. Respectivement 4,3 blessures ont été comptabilisées pour 1000 expositions à la course contre 1,7 blessures pour 1000 expositions chez les hommes [60]. Une autre étude a retrouvé un taux d'incidence similaire entre les sexes, allant de 0,29 blessures pour 1000 expositions pour les femmes contre 0,28 blessures pour 1000 expositions pour les hommes [66]. De plus, le délai moyen d'entraînement, avant l'apparition du syndrome, était similaire entre les sexes et s'élevait à 64 +/- 12 heures [64].

Dans une étude prospective, les hommes ont une incidence du SSTM significativement plus élevée que les femmes, respectivement de 42,9% contre 8,5% [67]. De plus, dans une étude rétrospective réalisée sur des coureurs novices et récréatifs, les hommes seraient plus à risque que les femmes de développer une blessure de surutilisation liée à la course à pied [63].

Tab. IV : « Tableau récapitulatif des effets des facteurs non modifiables sur le syndrome de stress tibial médial ».

Effet combiné significatif		Effet combiné non significatif	
Hétérogénéité Faible	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité Faible
↗ Antécédents (Risque x2 à x4) ↘ Expérience (Risque x1,53 à 1,98) ↗ IMC (Risque x1,85 à 5)	↗ Sexe féminin	×	→ Âge

5.1.3 Âge

Dans la majorité des études prospectives, l'âge est similaire entre les coureurs qui développent ou non un SSTM [58, 59, 61, 65, 68]. Néanmoins, l'âge chronologique semble concourir à une diminution de la vitesse de course et à la diminution de la flexion de genou lors de la phase de contact, ainsi qu'à une augmentation du temps de contact au sol. Cependant, il semble difficile de savoir si ces changements découlent du processus naturel de vieillissement ou s'ils sont caractéristiques des schémas de course permettant de pouvoir courir à un âge plus avancé [69].

5.1.4 Expérience

Certains auteurs ne retrouvent pas de différence de risque entre des coureurs avec et sans périostites en fonction de l'expérience [60, 68]. L'influence de l'expérience sur les caractéristiques biomécaniques de la course à pied est un point qui reste encore à élucider. Certaines études n'évoquent pas de modifications cinématiques par rapport à l'expérience, et ce pour tout le quadrant inférieur. La cinématique de course est similaire chez des coureurs possédant une expérience de course allant de 0 à 39 ans. De même, les forces cinétiques ainsi que les caractéristiques de la foulée sont également homogènes entre les coureurs [69, 70].

Cependant, la majorité des études s'accordent sur le fait que l'expérience, que ce soit dans la course à pied ou simplement via une activité physique antérieure, semble diminuer le risque relatif de blessure liée à la course à pied et plus particulièrement de périostite [59, 61]. Les coureurs avec une expérience inférieure à 6 mois ont respectivement 1,53 fois, 1,98 fois et 1,73 fois plus de risque de se blesser que les coureurs pratiquant la course à pied depuis 2 à 5 ans, 5 à 10 ans et plus de 10 ans [63]. Les taux d'incidences des périostites semblent également diminuer au fur et à mesure des années. Celui-ci est de 0,65 blessures pour 1000 expositions la première année, 0,19 blessures pour 1000 expositions la deuxième année et enfin de 0,03 blessures pour 1000 expositions la troisième année de pratique de course [66]. Certains auteurs retrouvent également des différences cinématiques au niveau du tronc, de l'abduction de hanche et de la pression médio-latérales plantaires, qui seraient en faveur du développement des blessures chez les coureurs novices [71, 72].

5.1.5 Masse

Certaines études prospectives ne démontrent aucune différence entre des coureurs qui développent ou non des périostites [58, 64, 65, 73]. Toutefois, la littérature semble s'accorder sur le fait que l'IMC est régulièrement plus élevé dans les populations atteintes du SSTM [63, 74]. Dans une étude prospective, l'augmentation de l'IMC favoriserait le risque de blessure de 85% [61]. Chez les novices, cet indice augmenterait le risque de blessure de 12 à 15,9% pour chaque kg/m^2 supplémentaire [62, 75]. Les sujets avec un IMC compris entre 20,2 et 21,6 kg/m^2 , sont 5 fois plus susceptibles de subir un SSTM que les sujets avec un IMC compris entre 18,8 et 20,1 kg/m^2 . Par ailleurs, il est également important de noter que les sujets avec un IMC inférieur à 18,8 kg/m^2 étaient 2,6 fois plus susceptibles de subir ce syndrome que les coureurs compris entre 18,8 et 20,1 kg/m^2 . L'IMC augmentait le risque de périostite, uniquement chez les femmes, dans une étude prospective [66].

5.2 Facteurs de risque cinématiques

Loudon *et al.* mettent en avant le concept de **chaîne cinématique**. Les articulations sont reliées les unes aux autres et les forces cinétiques peuvent se transmettre de proche en proche. En partant de ce constat, la modification biomécanique d'une seule articulation peut impacter tout le membre inférieur, et ce, dans le but de compenser le changement. Ce transfert de force pourrait être à l'origine d'une modification du risque de blessure. C'est ainsi que la biomécanique peut être à l'origine de blessures à distance [76].

5.2.1 Pied et cheville

5.2.1.1 Le versant articulaire

La pronation est caractérisée par une éversion de l'arrière-pied, une abduction et une dorsiflexion du pied ainsi qu'un mouvement de l'avant pied [74]. Cette pronation majorée semble être une caractéristique récurrente chez les individus atteints du SSTM et serait à l'origine d'une augmentation des tensions dans les muscles de la loge postérieure. Le muscle TA, TP et le muscle soléaire permettraient de contrôler cette dernière (Fig. 3) [77].

Une augmentation de **la période de pronation** a été mise en évidence chez des sujets atteints du SSTM par rapport aux sujets témoins. Celle-ci correspond au temps pendant lequel le pied est en pronation lors de la phase d'appui, c'est-à-dire, le temps entre le moment où l'arrière-pied franchit 0° d'éversion au début de la phase d'appui et le moment où le pied revient à 0° d'éversion à la fin de la phase d'appui. Cette période s'étale sur 85,35 +/- 15,50 % de la phase d'appui pour les sujets atteints de périostites contre 57,17 +/- 21,15 % de la phase d'appui pour les sujets sains [77].

Une augmentation de **l'éversion de l'arrière-pied** a été mise en évidence chez des sujets atteints du SSTM par rapport aux sujets témoins. L'éversion de l'arrière-pied, lors du décolllement du talon, est de -6,31 +/- 6,53 degrés pour les sujets atteints du SSTM contre 2,24 +/- 2,23 degrés pour les sujets sains. Pendant la course, les sujets atteints de périostites ont, au niveau de l'arrière-pied, une plus grande éversion de 0 à 15% et de 75 à 90% de la phase d'appui ainsi qu'une plus grande abduction de 0 à 20 et de 70 à 100% de la phase d'appui [74]. Cependant, d'autres études ne retrouvent aucune différence en ce qui concerne cette éversion de l'arrière-pied [59].

La **pronation maximale** est majorée chez les coureurs atteints de périostites (-8,68° à -8,16 +/- 2,90°) comparés aux coureurs sains (-6,13° à -5,08 +/- 1,97°) [65, 78]. De plus, l'excursion de la pronation est majorée de 2,15 +/- 1,00° au niveau du membre inférieur le plus atteint par rapport au membre inférieur opposé dans une population de coureurs présentant des douleurs à la jambe liées à l'exercice tandis que les coureurs sains ne montrent pas de différences entre leur membres inférieurs [79]. Une unique étude transversale s'oppose aux résultats mentionnés dans ce paragraphe. En effet, les coureurs sains avaient plus de risque d'avoir une pronation majorée uniquement lors de la phase de propulsion par rapport à ceux atteints de périostites [80].

Trois études ont analysé **l'angle du tendon d'Achilles** (Angle β) formé par la ligne médiane passant par l'arrière-pied et celle passant par le tiers distal de la jambe (Fig. 4-C). L'angle du tendon d'Achilles est majoré chez les coureurs atteints de périostites comparés aux coureurs sains, que ce soit en position bipodale neutre ($183,9 \pm 3,7^\circ$ vs $186,1 \pm 4,4^\circ$) ou pieds rapprochés ($182,4 \pm 4,0^\circ$ sains vs $185,1 \pm 4,5^\circ$). De plus, cet angle est majoré avant le contact initial, mais également à sa valeur maximale lors de la phase d'appui. Un angle du tendon d'Achilles majoré témoignerait d'une pronation accrue [81]. Cependant, trois études, dont deux prospectives, retrouvent un angle similaire entre les sujets pathologiques ou non (Angle Beta = $8,23$ à $8,77^\circ$ pour les sujets atteints du SSTM versus $8,96$ à $9,46^\circ$ pour les sujets sains dans une étude et angle Beta = $17,2 \pm 5,5^\circ$ pour les sujets atteints du SSTM vs $15,4 \pm 6,7^\circ$ pour les sujets sains dans la seconde) [64, 68, 74]. Le déplacement angulaire de l'angle Beta est plus important pour les coureurs sains, et ce, de la phase de pré-contact à la phase d'appui complet. Cependant, ce déplacement est plus faible pour les coureurs sains lors de la phase d'appui complet [81].

En ce qui concerne la **vélocité de l'éversion de l'arrière-pied**, les résultats semblent contradictoires. Une étude ne retrouve aucune différence entre des coureurs avec ou sans périostite [77]. En outre, une seconde étude retrouve une vélocité majorée chez les coureurs atteints de périostite ($-587,35^\circ/\text{s}$) comparé aux coureurs sains ($-424,30^\circ/\text{s}$) [78]. Aucune différence n'a été constatée en ce qui concerne **le temps pour atteindre l'éversion maximale de l'arrière-pied** [77, 78].

Dans une étude prospective, la **durée d'éversion** s'avère plus importante pour les sujets atteints du SSTM. Celle-ci s'étale sur $55,77 \pm 11,27\%$ de la phase d'appui pour le groupe contrôle et sur $79,58 \pm 9,08\%$ de la phase d'appui pour le groupe de coureurs atteints de périostites. Pour chaque augmentation de 1% de la durée d'éversion lors de la phase d'appui, le risque d'être blessé augmente de $1,08$ à $1,38$ [65, 77]. Une autre étude révèle que la durée pour aller du contact initial à l'amplitude de pronation maximale est plus élevée dans le groupe atteint de périostites que le groupe témoin pouvant ainsi attester d'une durée de pronation majorée [81].

Le « **Foot Posture Index** » (FPI) permet d'évaluer la posture de l'avant et de l'arrière-pied. Ce test est composé de six critères, chacun noté de -2 à $+2$, et se réalise en position bipodale relâchée. Trois critères concernent l'arrière-pied : la palpation de la tête du talus, l'évaluation de la position du calcaneus dans le plan frontal et l'observation de la malléole latérale, plus précisément des courbes infra et supra latérales à celle-ci. Les trois autres critères évaluant l'avant-pied sont : l'évaluation de la proéminence de la région de l'articulation talo-naviculaire, la congruence de l'arche longitudinale médiale ainsi que l'abduction et l'adduction de l'avant-pied sur l'arrière-pied. Suite à ce test, un score entre -12 et $+12$ est ainsi obtenu. Ce score permet de définir la statique d'un pied pour laquelle cinq catégories ressortent : forte supination (-12 à -5), supination (-4 à -1), neutre (0 à 5), pronation (6 à 9) et forte pronation (10 à 12) [75]. Dans l'étude de Pérez-Morcillo *et al.* une plus grande proportion de pieds en forte pronation ($86,6\%$), pronation ($60,8\%$), supination ($60,0\%$) et en forte supination ($96,3\%$) a été retrouvée dans le groupe de novices atteints de périostites comparé au groupe de coureurs novices sains. En ce qui concerne les pieds catégorisés comme « neutres », leur proportion était plus élevée dans le groupe témoin ($74,9\%$). Une analyse multivariée a mis en évidence une association entre le FPI et les blessures liées à la course à pied. Plus précisément, un pied en supination élevée est $76,8$ fois plus susceptible de subir

une blessure qu'un pied en position neutre et un pied en pronation élevée l'est 20 fois plus [75]. Cependant, plusieurs auteurs estiment qu'il n'existe pas de différence au FPI entre des coureurs atteints de périostites et de douleurs aux jambes liées à l'exercice physique comparés à des coureurs sains [75, 79]. Les coureurs sont classés, en moyenne dans la catégorie neutre, avec des scores respectifs de 3,5 à 4,88 +/- 4,41 pour les sujets pathologiques et 2,6 à 3,22 +/- 2,8 pour les sujets sains [75, 79]. Nielsen *et al.* via une étude prospective, ont évalué la distance parcourue jusqu'à la première blessure liée à la course à pied auprès d'une population de coureurs novices, et ce, en fonction des scores obtenus au FPI. Les taux d'incidence sont de 24,5% pour les pieds possédant une forte supination, 17,9% pour les pieds en supination, 17,4% pour les pieds neutres, 13,1% pour les pieds en pronation et 33,3% pour les pieds possédant une forte pronation. Aucune différence, en termes de risque de blessure, n'a été observée entre les différents types de pieds par rapport aux pieds neutres, que ce soit au bout de 50, 100, 250 et 500 kilomètres de course. Les résultats s'avèrent similaires, suite à un ajustement en fonction de l'IMC [82]. Les différences de risque par rapport aux pieds neutres, au bout de 250 kilomètres de course à pied et ajustées en fonction de l'IMC, s'élèvent à +11% pour les pieds possédant une forte supination, -1,4% pour les pieds en supination, -8,1% pour les pieds en pronation et +9,8% pour les pieds en forte pronation. Au bout de 500 kilomètres, ces différences de risque s'élèvent à +13,1% pour les pieds en forte supination, +8,9% en supination, -2,3% en pronation et indéterminé pour les pieds en forte pronation car aucun sujet de cette catégorie n'a parcouru plus de 300 km. Les pieds en pronation ont subi moins de blessures pour 1000 km de courses que les pieds neutres. Cependant, les pieds en forte pronation ont une différence de risque 2,25 fois plus élevée que les pieds neutres. Cette différence n'est pas significative, mais reste un point important à souligner [82]. Les taux d'incidences des blessures pour 1000 heures de course sont de 14,74 blessures pour les pieds en forte supination, 9,96 blessures pour les pieds en supination, 9,38 blessures pour les pieds neutres, 6,33 blessures pour les pieds en pronation et 28,85 blessures pour les pieds en forte pronation [82].

Plusieurs mesures permettent d'évaluer l'arche interne du pied. Tout d'abord, « **l'Arch Height Index** » (AHI) est le ratio entre la hauteur du pied mesuré à la moitié de la longueur totale du pied par rapport à la longueur du pied tronqué, c'est-à-dire la longueur du pied allant du bord postérieur du calcaneus à la première tête métatarsienne [74]. Les ratios des coureurs atteints de périostites et des coureurs sains s'élèvent respectivement de 0,251 à 0,32 et de 0,255 à 0,31. Ce ratio s'avère similaire pour les deux populations visées et également pour des coureurs atteints ou non de douleurs de la jambe liées à l'exercice [74, 77, 79].

Une étude prospective a évalué la dynamique du pied via le « **Dynamic Arch Index** » (DAI). Cet index est défini par le ratio entre la surface de contact du médio-pied et la surface totale du pied tronqué. Un ratio élevé (> 26%) témoigne d'une pronation importante et d'une arche basse. Un ratio bas (< 21%) témoigne d'une pronation faible et d'une arche haute [61]. Un DAI plus élevé a été mis en évidence chez des coureurs atteints de périostites (0,27 +/- 0,05) par rapport à des coureurs sains (0,24 +/- 0,04). Ainsi, les sujets pathologiques auraient une arche plus basse. Ce facteur contribuerait à une augmentation du risque de 15% [61].

De nombreuses études s'intéressent à la **chute du naviculaire** qui témoigne de la pronation du pied et de la position de l'articulation subtalaire. Cette chute du naviculaire est définie comme la différence de hauteur de la tubérosité naviculaire lorsque l'articulation subtalaire est en position neutre et la hauteur de la tubérosité naviculaire lorsque l'articulation subtalaire est en position dite « relâchée ». Les modalités de mesure de ce test ne sont pas toujours homogènes, en effet, la position articulaire subtalaire neutre est déterminée lorsque le talus est palpable sur la face antérieure du cou du pied, aussi bien médialement que latéralement [58].

Les coureurs ayant développé un SSTM ont été associés à un ND accru par rapport aux coureurs sains. Pour les coureurs sains, le ND du pied droit et du pied gauche s'élève respectivement à 5,14 +/- 1,2 mm et 5 +/- 1,5 mm alors qu'il s'élève à 6,08 +/- 1,553 mm et 6,46 +/- 2,1 mm pour les coureurs ayant développés ce syndrome [64]. Dans une autre étude, la moyenne du ND est de 6,8 +/- 3,7 mm auprès des coureurs atteints de périostites contre 3,6 +/- 3,3 mm auprès des coureurs sains. On note aussi que sur les 25 membres inférieurs atteints, sept avaient un ND supérieur à 10mm [68]. Une chute majorée du naviculaire serait également un facteur responsable de l'apparition des blessures liées à la course à pied, mais cette association a été mise en évidence uniquement chez les femmes [62]. De plus, un coureur détient quatre fois plus de chance de développer une douleur à la jambe liée à l'exercice si celui-ci obtient un score au « naviculaire drop test » supérieur à 10 mm par rapport à un coureur obtenant un score inférieur à ce seuil [58].

Cependant, de nombreuses études prospectives contredisent cette association. Le ND serait similaire chez des coureurs développant ou non un SSTM, ou entre des coureurs avec et sans antécédents. Cette chute varie en moyenne de 4,9 à 8,6 mm pour les coureurs avec une périostite et de 4,2 à 7,8 mm chez les coureurs sains [59, 66, 83]. Les coureurs possédant un ND supérieur à 10 mm possèdent un risque similaire de développer ce syndrome par rapport à des coureurs avec un ND inférieur à 10 mm. Il en est de même pour les coureurs avec une différence de plus de 3 mm entre les deux pieds par rapport aux coureurs avec une différence inférieure à 3 mm entre les deux pieds. Aucune différence n'a été constatée, et ce, même après avoir normalisé la hauteur de chute en fonction de la longueur du pied tronqué [60].

Face aux nombreux résultats contradictoires sur le ND, Hjerrild *et al.* se sont demandés comment les professionnels doivent interpréter ceux-ci et comment les intégrer dans la pratique clinique. Le ND n'a pas été considéré comme une mesure brute, en effet, le sexe ainsi que la longueur du pied ont été pris en compte afin de déterminer les différents groupes. Ces derniers ont été comparés par rapport à leur probabilité d'être blessés au bout de 50, 100, 250 et 500 kilomètres de course. Selon cette étude, les sujets possédant un faible ND ont moins de risque d'être blessé au bout de 50 et 100 km de course que les sujets possédant un ND dit de « référence ». Ces différences sont de 4,1% et 5,3%. De plus, les sujets possédant un grand ND ont subi moins de blessures au bout de 250 et 500 km de course que les sujets possédant un ND de « référence ». Ces différences sont de 7,6% et 9,8%. Ces résultats apportent un poids dans la balance du ND en faveur d'une chute du naviculaire non responsable des blessures liées à la course à pied [84].

Les amplitudes d'**inversion de la cheville** en mobilisation passive se révèlent majorées de plus de 4° en moyenne chez les sujets atteints de périostites comparés aux sujets sains [81]. En actif, les amplitudes en inversion de cheville s'élèvent à 31,9° chez les coureurs atteints de périostites contre 30,6° chez les coureurs sains [59]. Lors du contact initial, l'inversion de la cheville s'élève à 8,7 +/- 6,1° chez les coureurs atteints de périostites et à 6,2 +/- 4,5° chez les coureurs sains [85]. Cependant, une autre étude retrouve une inversion de l'arrière-pied similaire entre les coureurs sains et les coureurs atteints du SSTM ou de douleurs aux jambes liées à l'exercice [79].

Les coureurs atteints de périostites présentent une **dorsiflexion** passive réduite de la cheville (position du genou non précisée) par rapport à des coureurs sains. Ces valeurs s'élèvent respectivement à 3,75 +/- 5,42° et à 10,01 +/- 4,89°. L'amplitude de dorsiflexion de l'articulation talo-crurale, mesurée avec le genou étendu, représente un facteur prédictif du SSTM chez des coureurs. Cependant, cette amplitude ne constitue pas un risque lorsque la mesure est effectuée le genou en flexion [80]. On remarque donc que cette valeur ne semble pas prédire l'appartenance des sujets au groupe pathologique ou au groupe sain via la régression logistique, et ce, d'autant plus que l'odds ratio ne s'élève qu'à 1,371 [77, 80]. Cette diminution d'amplitude pourrait traduire une rigidité des gastrocnémiens. Ainsi, lors de la phase d'appui, la jambe ne peut avancer en avant du pied posé au sol de par la rigidité de ses muscles postérieurs. Afin de compenser cette déficience, plusieurs solutions sont envisageables telles qu'une pronation excessive de l'articulation subtalaire, une torsion abductrice ainsi qu'un décollement précoce du talon. Ces deux dernières alternatives ont été observées dans cette étude et viennent soutenir ce constat [80]. Lors du contact initial, les coureurs blessés montraient une dorsiflexion de cheville majorée par rapport aux coureurs sains malgré que celle-ci soit similaire lors de la phase d'appui [85].

Néanmoins, la majorité des études semblent s'accorder sur le fait que les amplitudes passives de dorsiflexion de la cheville sont similaires entre des coureurs atteints de périostites ou de douleurs aux jambes liées à l'exercice et des coureurs sains. Ce constat a été mis en avant aussi bien lors de tests réalisés de manière passive que de manière active [59, 62, 65, 78, 79]. Il a également été démontré une similitude des amplitudes de dorsiflexion de cheville que ce soit, lors de tests réalisés avec le genou en flexion ou avec le genou en extension, et ce, auprès de coureurs ayant développés ou non un SSTM [62, 66]. De plus, cette amplitude ne constitue pas un facteur de risque, que ce soit avec le genou en flexion ou en extension auprès de coureurs novices [62]. Lors de la course, aucune différence n'a été observée pour la dorsiflexion de l'avant-pied et de l'arrière-pied entre les groupes [74]. À contrario, une autre étude témoigne d'une dorsiflexion durant la course similaire entre les groupes. Bien que cette dernière ne soit pas significativement différente, l'amplitude articulaire tend à être moindre dans le groupe de coureurs atteints de périostites [74, 78].

Aucune différence pour l'amplitude passive en **flexion plantaire** n'a été observée entre des coureurs atteints du SSTM ou de douleurs aux jambes liées à l'exercice et des sujets sains lors de plusieurs études transversales [77–79]. Hubbard *et al.* dans une étude prospective, ont retrouvé une flexion plantaire active majorée en moyenne de 5,4° chez des sujets atteints du SSTM pratiquants différents sports par rapport à des sujets sains (46,0° versus 40,6°) [59].

L'avant-pied est un élément bien souvent oublié. Aucune différence, en ce qui concerne l'amplitude passive de la première articulation métatarso-phalangienne (MTTP), n'a été observée entre des coureurs atteints de périostites par rapport à des sujets sains [77, 80]. Bien que non significatifs, les écarts sont tout de même importants : $48,75 \pm 7,44^\circ$ vs $55,00 \pm 12,82^\circ$ [77]. Malgré cela, l'amplitude articulaire de la première articulation MTTP en flexion est majorée de $13,9 \pm 4,6^\circ$ chez les coureurs atteints de douleurs aux jambes liées à l'exercice par rapport aux coureurs sains [79]. L'extension n'est pas considérée comme significativement différente bien qu'elle soit grandement minorée chez les coureurs blessés [79]. En ce qui concerne l'avant-pied lors de la course, une plus grande abduction a été observée de 15 à 40% et de 70 à 85% de la phase d'appui. Aucune différence n'a été observée pour la dorsiflexion de l'avant-pied ainsi que son éversion [74].

5.2.1.2 Le versant neuromusculaire

Comme énoncé plus haut, les muscles des MI stockent de l'énergie via des déformations élastiques lors des contractions excentriques afin de la restituer lors de la propulsion. Ce phénomène permettrait également d'atténuer les forces d'impacts et diminuer les contraintes s'exerçant sur le tissu osseux. Ainsi, Bennett *et al.* ont décidé de mettre en évidence l'existence d'une possible relation entre l'incidence des douleurs aux jambes liées à l'exercice (ERLP), **l'endurance des fléchisseurs plantaires de cheville** et la pronation dans une population de coureurs de cross-country. Le « Standing heel-rise test » a été utilisé pour mesurer l'endurance des muscles fléchisseurs plantaires. Le sujet devait donc, en position unipodale, effectuer le maximum de répétition d'élévation du talon toutes les deux secondes. Ce test s'arrête lorsque le sujet plie le genou, fléchit les coudes ou les poignets à trois reprises (mains élevées à l'horizontale devant les épaules, bras tendus, doigts qui touchent le mur), n'atteint pas un repère visuel et sensitif lors de trois reprises consécutives ou est dans l'incapacité de continuer à cause de la fatigue [58].

Aucune différence n'est retrouvée en ce qui concerne l'incidence des douleurs aux jambes liées à l'exercice lors de la saison et le nombre moyen de répétitions réalisées entre les coureurs atteints ou non de douleurs. Ce dernier paramètre s'élève, en moyenne, à $26,6 \pm 14,4$ répétitions pour la jambe droite et $22,5 \pm 8,9$ répétitions pour la jambe gauche chez les coureurs atteints de douleurs médianes et de $26,7 \pm 10,9$ répétitions pour la jambe droite et $22,9 \pm 8,5$ répétitions pour la jambe gauche chez les coureurs sans douleur [58]. Les femmes sont trois fois plus susceptibles de réaliser moins de 25 répétitions que les hommes [58].

L'auteur cite Madeley *et al.* qui exposent des résultats contradictoires à cette étude chez des sujets pratiquants différents sports. En effet, les sujets atteints du SSTM effectuent moins de répétitions au « standing heel-rise test » que les sujets sains [58].

Une étude prospective, réalisée chez des sujets pratiquants différents sports, a montré que la **force musculaire** des fléchisseurs plantaires, des fléchisseurs dorsaux ainsi que des muscles inverseurs et éverseurs de cheville est similaire entre les coureurs atteints ou non d'un SSTM [59]. Une autre étude confirme ces résultats en mentionnant une force similaire en ce qui concerne la flexion dorsale de la cheville, la flexion plantaire de la cheville ainsi que l'inversion et l'éversion de celle-ci [83]. Cependant, des coureurs atteints de douleurs aux jambes liées à l'exercice auraient une

Tab. V : « Tableau récapitulatif des effets des facteurs cinématiques impliqués au niveau du pied et de la cheville sur le syndrome de stress tibial médial ».

Effet combiné significatif		Effet combiné non significatif	
Hétérogénéité Faible	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité Faible
↗ Période de pronation ↗ Durée d'éversion (Risque x1,08 à 1,38) ↗ Chute du naviculaire via le NDT (Risque x4 si >10 mm)	↗ Pronation maximale (controversée notamment via le FPI) ↘ Hauteur de la voute plantaire via le DAI (Risque x1,15) ↗ Course aprotulsive : torsion abductrice + décollement précoce du talon ↗ Raideur des muscles long fléchisseur des orteils et tibial postérieur	→ Angle du tendon d'Achilles → Vitesse de la pronation → Hauteur de la voute plantaire via l'AH → L'amplitude articulaire de flexion plantaire de cheville → Amplitude articulaire de l'avant-pied et de la première articulation MTTP → Endurance des muscles fléchisseurs plantaire → Force des muscles inverseurs de la cheville et des muscles fléchisseurs des articulations MTTP → Activation neuromusculaire du muscle soléaire (Risque x1,05)	→ L'amplitude articulaire d'inversion de cheville → L'amplitude articulaire de dorsiflexion de cheville genou en flexion ou en extension (Très majoritairement similaire malgré les modalités très hétérogènes) → Force des muscles de la cheville (Flexion plantaire, flexion dorsale, éversion) et des muscles extenseurs des articulations MTTP → Activation neuromusculaire du muscle tibial antérieur → Raideur des muscles triceps sural, long fléchisseur de l'hallux, court et long fibulaires

force d'inversion de cheville inférieure de $0,49 \pm 0,23$ N/kg comparée à celle des coureurs sains ainsi qu'une force d'éversion de la cheville inférieure de $0,57 \pm 0,27$ N/kg. La force est similaire en ce qui concerne la flexion plantaire et dorsale [79].

Le SSTM serait lié à une utilisation excessive des muscles de l'inversion de cheville. Concernant la contraction volontaire isométrique maximale en flexion plantaire de la première articulation métatarso-phalangienne testée via un appareil confectionné sur-mesure, une différence significative a été retrouvée entre les sujets avec et sans antécédents. En effet, le couple de force s'élève à $9,8 \pm 2,3$ N.m chez les sujets témoins contre $12,0 \pm 3,0$ N.m chez les sujets avec un antécédent de SSTM [83]. Cependant, la force de flexion de la première articulation MTTP est similaire entre des coureurs atteints ou non de douleurs aux jambes liées à l'exercice [79].

Les contractions volontaires isométriques maximales en flexion plantaire des 4 dernières articulations métatarso-phalangiennes sont similaires entre les groupes. En effet, le couple de force s'élève à $6,0 \pm 1,6$ N.m chez les sujets sains contre $6,1 \pm 2,1$ N.m chez les sujets avec un antécédent [83].

Les muscles de la loge postérieure sont souvent incriminés dans l'apparition du SSTM car ils exercent une tension accrue sur le périoste. L'une des causes de cette tension pourrait être une **raideur musculaire**. Ainsi, les modules élastiques de cisaillement de ces muscles ont été mesurés via élastographie. Ces modules élastiques s'avèrent significativement plus élevés chez les coureurs avec un antécédent de SSTM comparés aux coureurs sains. Les valeurs s'élèvent respectivement à $9,8 \pm 1,9$ kPa contre $7,5 \pm 1,4$ kPa pour le muscle LFO ainsi qu'à $12,7 \pm 4,3$ kPa contre $9,2 \pm 3,1$ kPa pour le muscle TP. Aucune différence n'a été observée en ce qui concerne les muscles gastrocnémiens, soléaire, court et longs fibulaires et le long fléchisseur de l'hallux (LFH) [86].

Lors de la phase d'absorption et de propulsion **l'activation neuromusculaire** du TA, que ce soit en termes d'activation maximale, de temps d'activation ou d'activation moyenne est similaire entre les coureurs atteints du SSTM et les coureurs sains [61]. De plus, lors des phases d'absorption et de propulsion, l'activation musculaire du soléaire en termes de temps d'activation ou de moyenne d'activation, est également similaire entre les groupes. Néanmoins, l'activation maximale de ce muscle s'avère plus élevée chez les coureurs pathologiques que chez les coureurs sains. L'auteur cite plusieurs études allant dans ce sens. Une pronation excessive, lors de la phase d'absorption, pourrait entraîner une suractivité du soléaire s'insérant sur le calcaneum et ainsi augmenter la tension sur le bord postéro-médial du tibia. On remarque pourtant que ce facteur semble minime, en effet, ce pic d'activation augmenterait le risque de blessure seulement de 5%. Il est précisé que ces activations musculaires ont été mesurées lors d'une contraction maximale volontaire isométrique [61].

Tab. VI : « Tableau récapitulatif des effets des facteurs cinématiques impliqués au niveau du genou sur le syndrome de stress tibial médial ».

Effet combiné significatif		Effet combiné non significatif	
Hétérogénéité Faible	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité Faible
↗ Extension du genou lors du contact initial (Risque x1,23 pour chaque degré) et lors de la phase d'appui	↘ Flexibilité de la bandelette ilio-tibiale ↗ Démarche apropulsive : propulsion au niveau d'une articulation inter-phalangienne	→ Flexibilité des muscles ischio-jambiers et quadriceps → Torsion tibiale	→ Angle du quadriceps → Distance inter-condylienne fémorale → Varus du tibia → Force isométrique des muscles quadriceps et ischio-jambiers

5.2.2 Genou

La **flexibilité** des muscles ischio-jambiers et quadriceps est similaire entre des coureurs atteints de périostites par rapport à des coureurs sains [77]. Cependant, une différence de $6,8^\circ$ en moyenne au test d'Ober a été observée entre ces populations, traduisant une potentielle raideur au niveau de la bandelette ilio-tibiale [65].

L'**angle du Quadriceps** et la **distance inter-condylienne fémorale** sont similaires entre des coureurs sains et des coureurs atteints de SSTM ou de douleurs aux jambes liées à l'exercice [66, 78, 79].

Un angle de **varus du tibia** accru a été observé entre des coureurs atteints ou non de périostites. Cet angle s'élève respectivement à $8,63 \pm 1,77^\circ$ contre $6,63 \pm 1,31^\circ$. Cependant, cette valeur ne semble pas prédire l'appartenance des sujets au groupe pathologique ou sain via une régression logistique [77]. De plus, cet angle s'avère similaire en comparant les mêmes populations dans deux études prospectives [59, 68]. La **torsion tibiale** est similaire entre des coureurs avec et sans douleurs aux jambes liées à l'exercice [79]. Ce constat semble s'opposer aux théories témoignant d'une charge accrue sur le tibia.

Lors du **contact initial**, les coureurs blessés montrent une **extension de genou** majorée par rapport aux coureurs sains. Un schéma d'attaque en extension est associé à une plus grande distance entre le centre de masse et l'impact, et à une diminution de la capacité d'atténuation des forces d'impacts [85]. Une augmentation de 1° de la flexion de genou, lors du contact initial, permettrait de diminuer le risque de blessures de surutilisation liées à la course à pied de 23% [85].

Lors de la **phase d'appui**, la cinématique de course au niveau du genou ne diffère pas entre les coureurs blessés ou atteints de périostites par rapport à des coureurs sains, et ce, dans les trois plans de l'espace [73, 79, 85]. Cependant, une diminution de la flexion du genou lors de la phase d'appui a été mise en évidence chez des sujets avec un antécédent de douleurs tibiales médiales par rapport à des sujets sains [76].

Une **démarche apopulsive**, qui se caractérise par une propulsion ne se réalisant non pas, au niveau de la première articulation métatarso-phalangienne mais plutôt au niveau d'une articulation inter-phalangienne en hyper-extension, serait également un signe de prémices de coureurs à risque de SSTM [80].

Aucune différence, en ce qui concerne l'incidence des périostites n'a été constatée entre les coureurs ayant une **force isométrique** élevée par rapport aux individus ayant une force isométrique faible des fléchisseurs et des extenseurs de genou [67]. La force de flexion et d'extension du genou s'avère également similaire entre des coureurs avec et sans douleur aux jambes liées à l'exercice physique [79]. Au niveau des genres, il a été constaté que les femmes possédant une force des extenseurs de genou minorée ont une incidence de blessures au tibia supérieure à celles possédant une force majorée. Néanmoins, cette particularité n'a pas été constatée chez les hommes, c'est pourquoi, cette divergence reste inexpliquée [67].

5.2.3 Hanche

Comme vu précédemment, la **flexibilité** des ischio-jambiers et du quadriceps est similaire entre des coureurs atteints de périostites par rapport à des coureurs sains [77]. Le test d'Ober diffère de 6,8° en moyenne traduisant d'une potentielle raideur au niveau de la bandelette ilio-tibiale [65]. De plus le test de Thomas s'avère similaire entre des coureurs atteints ou non de douleurs aux jambes liées à l'exercice témoignant d'une flexibilité similaire du muscle ilio-psoas [79]. Aucune différence n'a été observée lors du Straight Leg Raise test (SLR) entre des coureurs atteints du SSTM et des coureurs sains [66]. Les scores au « Sit and Reach Test » s'avèrent également similaires permettant d'évaluer la flexibilité des muscles ischio-jambiers et de la zone lombaire [78].

Les amplitudes passives en rotation interne et externe de hanche se révèlent similaires entre des coureurs atteints de périostites et des coureurs sains lors de l'examen clinique. Les coureurs atteints de périostites ont en moyenne 26,63 +/- 6,04° à 39,0 +/- 10,3 de rotation interne de hanche et 29,38 +/- 7,76° à 42,5 +/- 6,9° de rotation externe contre 32,01 +/- 11,68° à 35,1 +/- 10,7° de rotation interne et 30,50 +/- 7,80° à 43,8 +/- 11,1 ° de rotation externe pour les coureurs sains. Différentes méthodologies ont été appliquées telles que : en passif, en actif, assis, en position de décubitus ventral genoux à 90° [62, 65, 79]. Les amplitudes en rotation interne et externe de hanche sont également similaires entre les coureurs lors de la course à pied et plus particulièrement lors du contact initial, mais aussi, lors de leurs valeurs maximales à la phase d'appui [61, 69, 81, 85]. Cependant, d'autres études s'accordent sur le fait qu'une rotation interne passive de hanche limitée est associée à une augmentation du risque de périostite, mais ce, uniquement chez les femmes. En effet, les femmes sans pathologie ont une rotation interne de hanche de 25,5 +/- 9,5° comparées aux femmes atteintes de périostites qui ont une rotation interne de 31,1 +/- 9,9° [66]. Lors d'une analyse de course, les novices révèlent en moyenne une rotation interne de hanche de 15,0°. Celle-ci s'avère significativement plus élevée que celle des coureurs expérimentés qui s'élève à 11,2° en moyenne. Ce constat a été mis en évidence auprès d'une population exclusivement féminine. Les coureuses novices ont une rotation interne de hanche majorée, en moyenne de 3,7°, comparées aux coureuses expérimentées. Cependant, selon l'auteur, bien que suffisamment élevée pour qu'un clinicien puisse intervenir, cette différence ne se révèle pas significative. Un point intéressant à soulever est que cette amplitude majorée n'est pas corrélée à la force des rotateurs de hanche [70].

Des coureurs, avec des antécédents de périostites ou de fractures de stress tibiales ont montré un plus grand pic de flexion maximale de hanche au niveau des deux membres inférieurs par rapport aux coureurs sans antécédents. En effet, les coureurs blessés possèdent une **flexion de hanche** de 31,2° à gauche et 32,5° à droite tandis que les coureurs sains possèdent une flexion de hanche de 26,8° à gauche et 26,9° à droite. De plus, dans le groupe de coureurs blessés, il a été montré que les angles de flexion de hanche se produisent plus tardivement lors de la phase d'appui, et ce, de 16 à 18% lors de cette phase. Cette corrélation n'a pas été retrouvée dans le groupe de coureurs sains [73].

Tab. VII : « Tableau récapitulatif des effets des facteurs cinématiques impliqués au niveau de la hanche sur le syndrome de stress tibial médial ».

Effet combiné significatif		Effet combiné non significatif	
Hétérogénéité Faible	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité Faible
↗ L'amplitude articulaire de flexion de hanche	↗ L'amplitude articulaire en rotation interne de hanche surtout dans une population féminine	→ Flexibilité des muscles ilio-psoas, ischio-jambiers et de la région lombaire ↗ L'amplitude articulaire en rotation externe de hanche ↗ L'amplitude articulaire en adduction de hanche → Force isométrique et excentrique des muscles abducteurs de hanche (association au sexe et à l'âge)	→ Force isométrique des muscles extenseurs de hanche ainsi que des rotateurs internes ou externes

Lors de la phase d'appui, **l'adduction de hanche** quant à elle, est majorée chez les sujets blessés par rapport aux sujets sains. Elle s'élève respectivement à $9,7 \pm 3,5^\circ$ contre $13,0 \pm 3,9^\circ$ [85]. Cependant, de nombreuses études s'accordent sur le fait que l'adduction de hanche, pendant la phase d'appui, mesurée lors d'analyses de courses, est similaire entre des coureurs avec et sans antécédents ou atteints ou non de SSTM [65, 73]. De plus, cet angle est similaire entre des coureuses novices et expérimentées [70]. Pour conforter ces résultats, des mouvements anormaux de hanche, dans le plan frontal et transversal, ont déjà été observés chez des coureurs ayant eu une fracture de stress tibiale [69].

La **force musculaire** des abducteurs de hanche est souvent incriminée lorsqu'une adduction de hanche majorée est observée. Une faiblesse des muscles abducteurs de hanche a été retrouvée chez des coureurs atteints du SSTM comparés aux coureurs sains. Ces valeurs sont respectivement de $16,03 \pm 3,61$ N/kg et $23,04 \pm 5,46$ N/kg. Cependant, celles-ci ne permettent pas de prédire l'appartenance des sujets au groupe pathologique ou sain lors de la régression logistique [65]. À contrario, trois études ne retrouvent aucune différence en ce qui concerne l'incidence des périostites ou des douleurs aux jambes liées à l'exercice en fonction de la force isométrique des abducteurs de hanche chez des coureurs ayant développé ou non ces pathologies ou chez des coureurs novices par rapport à des coureurs expérimentés [66, 67, 70, 79]. Une étude, réalisée sur 832 coureurs novices, a montré que la force volontaire maximale excentrique des abducteurs de hanche, normalisée en fonction du bras de levier et en fonction du poids du sujet, s'élève en moyenne à $1,62 \pm 0,38$ Nm/kg pour les hommes et à $1,41 \pm 0,33$ Nm/kg pour les femmes. Cette différence entre les sexes s'avère significative. La force volontaire maximale excentrique oscille de 0,68 à 2,95 Nm/kg chez les hommes et de 0,75 à 2,74 Nm/kg chez les femmes. Par ailleurs, l'âge est associé à la force excentrique et une diminution de $0,0045 \pm 0,0013$ Nm/kg a été constatée pour chaque année supplémentaire. Pour finir, les sujets catégorisés comme « actifs », c'est-à-dire pratiquant une activité physique à hauteur de 1 à 4 heures par semaine, ont une valeur moyenne de $1,53 \pm 0,38$ Nm/kg tandis que les sujets « non actifs », pratiquant moins de 1 heure par semaine ont une valeur moyenne de $1,50 \pm 0,35$ Nm/kg. Ces valeurs ne s'avèrent pas statistiquement différentes [88]. Lors de la course, les abducteurs de hanche se contractent de manière excentrique et permettent ainsi le contrôle de certains mouvements tels que l'adduction de hanche et la rotation de hanche [88].

Aucune autre différence de force musculaire n'a été constatée en ce qui concerne la hanche, et ce, pour les muscles rotateurs internes, rotateurs externes ou extenseurs de hanche. C'est pourquoi, aucun déficit de force musculaire ne semble être à l'origine des différences articulaires observées [65, 79]. De plus, les coureurs novices et expérimentés possèdent une force des rotateurs externes de hanche similaires entre elles [70]. Malgré tout, des coureurs atteints de douleurs aux jambes liées à l'exercice présentent une force de flexion de hanche minorée de $0,99 \pm 0,39$ N/kg par rapport à des coureurs sains [79].

5.2.4 Bassin

Les résultats, en ce qui concerne l'angle d'adduction de la hanche, ne semblent pas totalement converger vers le même constat que la faiblesse des abducteurs de hanche. Ce point est à mettre en relation avec une autre mesure. En effet, l'angle maximal de la **chute pelvienne controlatérale** est accru lors de la phase d'appui chez les coureurs atteints du SSTM ($-6,43 \pm 1,39^\circ$) par rapport à des coureurs sains ($-4,64 \pm 1,41^\circ$) [65]. Les résultats de Bramah *et al.* ainsi que ceux de Loudoun *et al.* viennent également appuyer ce constat. Une majoration de la chute pelvienne controlatérale a été observée lors de la phase d'appui chez les coureurs blessés [76, 85]. Une augmentation de 1° de la chute pelvienne, augmenterait le risque de développer une blessure de surutilisation liée à la course à pied de 80% et constituerait ainsi le principal facteur de prédiction afin de discriminer un coureur sain d'un coureur pathologique [85]. Cette chute pelvienne pourrait être causée par une altération de la force des ou de la commande neuromusculaire des muscles de la hanche [85].

Lors du contact initial, **l'antéversion du bassin** s'avère similaire entre les sujets avec et sans SSTM. De plus, cette antéversion est également similaire entre les sujets lors de la phase d'appui [85].

Tab. VIII : « Tableau récapitulatif des effets des facteurs cinématiques impliqués au niveau du bassin sur le syndrome de stress tibial médial ».

Effet combiné significatif		Effet combiné non significatif	
Hétérogénéité Faible	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité Faible
 Chute pelvienne controlatérale lors de la phase d'appui (Risque x1,80 pour chaque degré)			 Antéversion du bassin

Tab. IX : « Tableau récapitulatif des effets des facteurs cinématiques impliqués au niveau du tronc sur le syndrome de stress tibial médial ».

Effet combiné significatif		Effet combiné non significatif	
Hétérogénéité Faible	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité Faible
↗ Flexion du tronc lors de la phase d'appui ↘ Rotation interne de hanche lors d'une augmentation de l'endurance du tronc	×	↻ Flexibilité des muscles de la région lombaire	↻ Cinématique du tronc dans le plan frontal
La fatigue entraine : ↘ Stabilité du tronc via une excursion du centre de pression accrue ↗ Fatigue des muscles du tronc (Obliques + grand droit + érecteurs) ↗ Flexion du genou ↘ Taux de charge moyen VALR			

Tab. X : « Tableau récapitulatif des effets des facteurs cinétiques sur le syndrome de stress tibial médial ».

Effet combiné significatif		Effet combiné non significatif	
Hétérogénéité Faible	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité Faible
↗ Longueur de pas corrélée à une augmentation des charges verticales ↗ Rapport de pression médio-latérale (Risque x1,10 à 1000km et x1,16 à 1500km)	×	↻ Forces verticales : pic d'impact + pic de propulsion ↻ Forces de freinage	×

5.2.5 Tronc

Lors du **contact initial**, la position du tronc s'avère similaire dans le plan frontal, ainsi que dans le plan sagittal, entre des coureurs avec et sans périostite [85]. Lors de la **phase d'appui**, les schémas de course ne diffèrent pas en ce qui concerne l'inclinaison du tronc dans le plan frontal. Cependant, la flexion du tronc, quant à elle, est majorée chez les coureurs blessés ($12,0 \pm 4,9^\circ$) par rapport aux coureurs sains ($9,5 \pm 2,9^\circ$) [85]. Un déficit de force musculaire au niveau des muscles glutéaux et paraspinaux pourrait expliquer cette différence de flexion du tronc menant à l'incapacité de maintenir une position érigée lors de la course [85].

La course se caractérise par un travail cyclique des membres inférieurs. Ceux-ci permettent la propulsion, le maintien de l'équilibre ainsi que l'absorption des chocs. Cependant, la course à pied ne se résume pas exclusivement en une succession de foulées. En effet, le corps entier est mis en jeu lors de cette pratique. La théorie de la « **core stability** » se concentre plus particulièrement sur la « la capacité du corps à contrôler le torse et à maintenir ou rectifier une position ou un état d'équilibre du tronc et du bassin à la suite de perturbations internes ou externes » [87]. Ainsi, le tronc constituerait une base stable permettant la réalisation optimale des mouvements des membres inférieurs. En outre, la diminution de cette stabilité centrale entraînerait une altération de la biomécanique de course causant ainsi, une augmentation du risque de blessures liées à la course à pied [87]. Face à ce constat, Chaudhari *et al.* ont voulu déterminer les éventuelles répercussions d'une diminution de la stabilité du tronc sur la biomécanique de course sur une population de 25 coureurs novices. Une analyse de course a été effectuée en amont et en aval d'un protocole de réduction de la stabilité centrale, celui-ci étant composé de quatre exercices dynamiques et quatre isométriques (Annexe 8). La stabilité du tronc a été objectivée via l'excursion totale du centre de pression (CoPexc) mesurée grâce au « Quiet Sitting Test » (QST). Les sujets devaient s'asseoir sur un BOSU®, placé lui-même sur des plateformes de force. Les participants devaient avoir les pieds dans le vide et rester aussi immobiles que possible pendant 60 secondes, tout en respectant les consignes suivantes : croiser les bras, fermer les yeux et compter à rebours de quatre en quatre afin de réaliser une double tâche [85]. Concernant la stabilité centrale, 20 sujets ont présenté un changement de la CoPexc de plus de 76 mm correspondant à une diminution de la stabilité. Une augmentation de la CoPexc de plus de 76 mm a été considérée comme une incapacité à contrôler le balancement du corps alors qu'une diminution de plus de 76 mm de cette excursion a été considérée comme un effort accru de gainage du tronc en raison d'une confiance réduite en ce qui concerne la capacité à gérer le balancement du tronc. De plus, l'intégralité des participants a subi une diminution de la fréquence moyenne, mesurée via l'électromyogramme, traduisant une fatigue musculaire des muscles du tronc (oblique externe, oblique interne, grand droit et extenseur du rachis) [87]. En ce qui concerne l'analyse de la **biomécanique de course**, le protocole de réduction de la stabilité du tronc a été associé à une augmentation de la flexion maximale du genou lors de la course, et à une diminution du taux de charge vertical moyen (VALR). Un VALR plus élevé est associé à un risque accru de fracture de stress tibial [87].

Dans une étude comparant la biomécanique des coureurs **novices** par rapport à des coureurs expérimentés, une relation a été trouvée entre **l'endurance du tronc** et la **rotation interne de hanche**. En effet, une diminution de la rotation interne de hanche est observée lorsque l'endurance du tronc augmente [70].

5.3 Facteurs de risque cinétiques

Aucune différence n'a été observée en ce qui concerne les pics de **force verticale, de force propulsive, ainsi que les forces de freinage** entre des coureurs symptomatiques et des coureurs sains [77, 79]. Les coureurs novices et expérimentés possèdent un pic d'impact, et un taux de charge similaire. Ce paramètre a été mesuré avant et après une course prolongée de 30 minutes, ainsi qu'avant et après un entraînement de trois semaines à volume croissant (19% en moyenne) chez une population de coureurs novices. En effet, le pic de choc tibial s'élevait à 3,4 +/- 1,5 g avant la course, à 3,5 +/- 1,2 g après la course et à 3,2 +/- 1,1 g après l'entraînement [89]. Cependant, l'augmentation des pics de choc tibiaux, des pics d'impacts et du taux de charge vertical ont été associées aux fractures de stress dans d'autres études [69, 70]. De plus, une longueur de pas plus grande est corrélée à une augmentation de ce taux de charge. Ainsi, diminuer celle-ci permettrait de réduire le risque de fracture [69, 73].

Le **rapport de pression médio-latérale** est plus élevé lors de la phase d'appui et plus précisément lors du contact initial (-7,61 +/- 8,21 vs 3,51 +/- 3,07), lorsque le pied est à plat (-8,24 +/- 4,88 vs 3,47 +/- 2,32) et lors du décollement du talon (12,77 +/- 4,42 vs 20,26 +/- 7,23) chez les coureurs ayant développés une périostite par rapport aux coureurs sains [65]. En ce qui concerne la distance parcourue jusqu'à la première blessure, après 100, 250 et 500 km de course, aucune différence n'est notable entre le groupe de coureurs récréatifs caractérisé par une pression médiale et celui, caractérisé par une pression latérale. En revanche, après 1000 km de course, les coureurs caractérisés une pression médiale plus importante, ont révélés 10% de blessures en plus par rapport aux coureurs caractérisés par une pression latérale plus importante. Ce nombre de blessures supplémentaires s'élève à 16% après 1500 km de course. Ainsi, les taux d'incidence se haussent à 0,28 blessures pour 1000 km de course dans le groupe « pression latérale » et 0,41 blessures dans le groupe « pression médiale ». De plus, un plus grand nombre de membres inférieurs classés dans le groupe « pression médiale » ont subi un antécédent de blessure par rapport aux membres inférieurs classés dans le groupe « pression latérale » (67 MI avec antécédents versus 29 MI) [72].

Ce rapport témoigne donc d'une augmentation des forces sur la partie médiale du pied et vient appuyer les résultats d'Anbarian *et al.* [90]. Il est également constaté que les forces propulsives seraient similaires, ce qui contraste avec les résultats exprimés par Anbarian *et al.* qui ont démontré que ces forces sont modifiées après un protocole induisant une fatigue neuromusculaire [90].

5.4 Facteurs influençant les variables cinématiques et cinétiques

5.4.1 Fatigue

5.4.1.1 Cinématique

Dans une population de coureurs novices, un protocole de fatigue a induit de nombreuses **variations cinématiques**. Une augmentation de la flexion du tronc passant de 9 à 13° et une diminution de l'extension du tronc passant de -0,8 à -3,8° ont été observées [91]. Les variations des amplitudes de flexion maximale du tronc s'avèrent significativement différentes entre un groupe de coureurs novices et un groupe de coureurs compétitifs. Le groupe de novices a vu sa flexion maximale de tronc augmenter de 3,0° +/- 4,2° avec la fatigue, ce qui était plus élevé que l'augmentation de la flexion du tronc de 0,2° +/- 1,9° dans le groupe de coureurs compétitifs. Par

ailleurs, l'augmentation de la flexion du tronc a été définie comme étant le résultat d'une fatigue locale de la musculature du tronc [71]. Cependant, la fatigue ne semble pas impacter l'inclinaison du tronc lors de la course [91]. En ce qui concerne la rotation, les coureurs novices ont subi une augmentation de la rotation du tronc dans la première étude, néanmoins, celle-ci n'a pas varié dans la seconde [71, 91].

Les coureurs novices et compétitifs ont respectivement subi une augmentation de $2,0^\circ \pm 2,1^\circ$ et $0,9^\circ \pm 0,6^\circ$ de l'amplitude maximale de l'antéversion pelvienne et de $2,4^\circ \pm 3,0^\circ$ et $2,3^\circ \pm 1,6^\circ$ de l'amplitude maximale de rotation pelvienne. Les coureurs compétitifs, eux, ont également subi une augmentation de l'obliquité pelvienne de $1,6^\circ \pm 1,5^\circ$ [71].

En ce qui concerne les articulations de la hanche et du genou, la cinématique a été étudiée uniquement dans le plan sagittal, et celle-ci n'a pas été significativement modifiée par la fatigue. Néanmoins, l'extension de hanche tendait à être augmentée de $1,8$ à $2,7^\circ$ en moyenne dans les deux membres inférieurs [91]. Pourtant, la seconde étude contredit ces résultats. En effet, les coureurs novices ont subi une augmentation de $0,9^\circ \pm 1,9^\circ$ de l'amplitude maximale de flexion de hanche et de $1,8^\circ \pm 3,1^\circ$ de l'extension de genou [71].

Enfin, concernant la cheville, aucune différence n'a été constatée pour la flexion plantaire, la flexion dorsale et la supination. Mais, une augmentation significative de $1,6^\circ$ de l'angle maximal de l'éversion de la cheville non dominante a été constatée. L'éversion de la cheville dominante ne s'avère pas significativement différente mais tend vers une augmentation de $1,0^\circ$ [91]. En ce qui concerne la pronation, aucun changement n'a été observé, aussi bien chez les coureurs novices que chez les coureurs compétitifs, que ce soit avant ou après le protocole de fatigue [71]. Les coureurs novices ont subi une diminution de l'amplitude maximale de l'abduction de cheville de $3,6^\circ \pm 8,6^\circ$ [71]. Quant aux coureurs compétitifs, ils ont subi une diminution de la flexion plantaire de la cheville de $3,1 \pm 6,7^\circ$ [71].

Les changements cinématiques semblent donc plus prononcés chez les coureurs novices que chez les coureurs compétitifs [71]. L'auteur estime qu'il est important de prendre en compte la fatigue lors du choix de ses chaussures et qu'un soutien supplémentaire de la pronation semble nécessaire [91].

Les coureurs novices subissent une diminution de la flexion de hanche lors de la phase d'appui ainsi qu'une augmentation de l'adduction de hanche juste avant et pendant le **contact initial**. Ce phénomène pourrait être à l'origine d'une fatigue des muscles du tronc, de la hanche et du genou [71].

La fatigue est associée à l'angle de la hanche dans le plan frontal lors du début de la phase oscillante. En effet, les novices ont subi une augmentation de l'abduction de hanche lors de cette phase. Celle-ci pourrait être la conséquence d'un membre inférieur controlatéral plus étendu lors de la phase oscillante. Ce point est appuyé par une diminution de la flexion du genou et une augmentation de la flexion plantaire lors de la phase oscillante dans cette population [71].

L'endurance des muscles du tronc des coureurs novices a été estimée par un test en pont latéral, un test d'endurance des fléchisseurs et un test des extenseurs du rachis. Un test de Trendelenburg modifié a également permis d'estimer l'endurance des muscles abducteurs de hanche. Une unique relation a été mise en évidence entre l'angle de flexion maximale du tronc et l'endurance des extenseurs du rachis. Le changement cinématique était majoré lorsque l'endurance des extenseurs était meilleure [91].

5.4.1.2 Cinétique

La fatigue a induit une diminution de **l'entropie médio-latérale** après 2 km de course dans le groupe avec des antécédents de SSTM, et ce, même avec l'inclusion de la vitesse de course. Aucune modification de l'entropie médio-latérale n'a été induite par la fatigue dans le groupe sans antécédents. Par ailleurs, cette différence s'avère significative entre les deux groupes. Ainsi, seuls les coureurs avec un antécédent de SSTM voient la complexité de leurs accélérations médio-latérales diminuer avec la fatigue. Cependant, d'autres études ont trouvé des résultats contradictoires. En effet, une étude a montré que la fatigue accroît la complexité des accélérations du tronc dans les trois plans de l'espace, affectant ainsi la stabilité posturale. Une autre étude de Schütte *et al.* a montré qu'après une course sur tapis roulant, la complexité des accélérations antéro-postérieures du tronc augmente à cause de la fatigue. L'auteur suggère qu'un protocole de fatigue pourrait permettre de détecter plus aisément les sujets à risque de SSTM, car il permet de faire ressortir des caractéristiques qui seraient passées inaperçues [92].

Dans une étude réalisée sur des coureurs novices, une fois le protocole de fatigue effectué, les individus possédant une « Arche Basse » via AHI, ont montré une augmentation de la pression maximale sous les trois premiers métatarsiens et une diminution sous les deux derniers. Une diminution des pics de forces sous le quatrième métatarsien ainsi que sous les 4 derniers orteils a été observée alors que cette pression maximale a augmenté sous les trois premiers métatarsiens. Les forces d'impulsion ont augmenté sous les trois premiers métatarsiens et ont diminué sous les quatre derniers orteils. Enfin, le rapport de force médio-latérale s'avère majoré dans les phases de pied à plat et de poussée. Le constat est donc, que les coureurs novices possédant une arche basse, voient leurs charges transférées vers l'intérieur du pied sous l'effet de la fatigue [90].

Concernant les novices possédant une « Arche Haute », une fois le protocole de fatigue effectué, une augmentation de la pression maximale sous le talon latéral ainsi que sous les deux derniers métatarsiens a pu être observée. Les pics de force ont augmenté sous le talon latéral, le médio-pied et les deux derniers métatarsiens. L'impulsion, elle, a augmenté sous le médio-pied et sous les quatre derniers orteils. En opposition avec le premier groupe, les individus possédant une arche haute voient leurs charges transférées vers l'extérieur du pied sous l'effet de la fatigue [90].

Ainsi, la fatigue est donc à l'origine d'une modification de la répartition des forces plantaires lors de la course. Celle-ci a des effets différents en fonction de la morphologie du pied. Mais, quelle que soit la forme du pied, si un déplacement excessif des charges est présent, celui-ci est accompagné d'une augmentation du risque de blessure [90]. L'augmentation des charges, au niveau de la partie médiale du pied, pourrait être associée à une éversion accrue de l'arrière-pied. La fracture de stress du métatarse a été associée à une augmentation de ces charges sur les trois premiers métatarsiens. Ainsi nous pouvons émettre l'hypothèse que ce phénomène serait similaire pour l'augmentation des charges sur la partie médiane du tibia et appuierait donc la théorie de la surcharge osseuse [90].

Concernant la **charge dynamique**, seule l'atténuation des chocs de magnitude 12-20 Hz de la phase d'impact a diminué, dans le dernier tour du protocole de fatigue. La charge dynamique ne semble donc pas varier entre les sujets avec et sans antécédents de SSTM [92]. De plus, aucun changement n'a été constaté chez des coureurs novices et compétitifs en ce qui concerne l'oscillation verticale [71].

5.4.2 Coordination

La coordination est définie comme « un mouvement orienté vers un but et fait référence à la manière individualisée dont un acteur est capable de répondre à des contraintes spécifiques lors de l'exécution d'une tâche ». Ainsi, une variabilité de coordination témoigne de la flexibilité du système, locomoteur dans le cas de l'être humain, à s'adapter aux contraintes en constante évolution liées à l'environnement ou à la physiologie. Les individus blessés auraient une variabilité de coordination inférieure à celle des coureurs sains. D'une part, cette variabilité de coordination pourrait être à l'origine d'une diminution du risque de blessure car celle-ci permet de répartir les charges appliquées sur les tissus. D'autre part, elle pourrait également être la cause d'une blessure lorsqu'elle est minorée entraînant aussi une réduction de la performance. L'impact de l'expérience sur la coordination des membres inférieurs ainsi que sur la variabilité de coordination reste à déterminer. En effet les études se concentrent sur la cinématique des segments ou des articulations de manière isolée. En parallèle de l'expérience, la fatigue influencerait la coordination. Toutefois, les études ne semblent pas s'accorder sur les résultats [93].

Mo *et al.* ont étudié la coordination des membres inférieurs, ainsi que sa variabilité lors d'une course à pied prolongée entre des coureurs novices et des coureurs expérimentés. Les données cinématiques comprenaient la collecte d'angles articulaires et d'angles d'orientation des segments. Le couplage consiste en l'évaluation d'un segment par rapport à un autre segment voisin. Le couplage des articulations peut être, soit en phase lorsqu'il s'agit d'une rotation dans la même direction, soit en opposition de phase quand la rotation est inverse, mais encore en phase de mouvement proximal quand la partie distale est fixe ou en phase de mouvement distal quand la partie proximale est fixe. La phase d'appui a également été divisée en phase de chargement, phase de mi-appui, appui terminal, ainsi qu'en phase de pré-oscillation. La vitesse de course a été prise en compte comme co-variable, car celle-ci s'avérerait différente entre les coureurs novices et les coureurs expérimentés [93].

En ce qui concerne la **cinématique**, hormis le temps pour atteindre l'angle maximal de hanche, qui a diminué pour les coureurs expérimentés et stagné pour les coureurs novices., aucune autre interaction de groupe-temps n'a été détectée. Selon l'auteur, ce phénomène traduit un meilleur ajustement du mouvement de la hanche des coureurs expérimentés afin d'atténuer les chocs [93].

Un effet de groupe a été observé pour la **variabilité cinématique** des articulations ou des segments. Les coureurs expérimentés présentent des variations plus faibles de l'amplitude maximale de la hanche, du genou et de la cuisse, ainsi que de l'angle de la cuisse lors du contact initial [93].

Les coureurs expérimentés, comparés aux coureurs novices, possèdent un pourcentage plus élevé de mouvements de genou dans le couple hanche-genou lors de la phase de mi-appui, ainsi que de mouvement en phase pour le couple genou-cheville lors de la phase de mi-appui, de mouvement du bassin dans le couple bassin-cuisse lors de la phase de chargement, d'appui et de mi-appui ainsi que de mouvement de la jambe dans le couple cuisse-jambe lors de la phase d'appui. Cependant, ce pourcentage s'avère plus faible pour le mouvement de la cheville dans le couple genou-cheville lors de la phase de mi-appui et pour le mouvement de la cuisse pour le couple bassin-cuisse lors de la phase d'appui et la phase de mi-appui. Afin d'interpréter ces résultats, l'auteur cite une étude qui explique que les mouvements en phase permettent une amélioration de l'absorption des chocs contrairement aux mouvements en anti-phase qui diminuent l'absorption des chocs [93].

Les coureurs expérimentés possèdent une variabilité de coordination plus élevée par rapport aux coureurs novices pour le couple hanche-genou lors de la phase d'appui terminal et pour le couple jambe-pied pendant la phase d'appui [93].

Aucune interaction groupe-temps ou en fonction du temps n'a été observée sur la **variabilité de coordination**. Cependant, c'est une interaction de l'effet de groupe qui a été observée. Les coureurs expérimentés avaient une variabilité de coordination plus importante que les coureurs novices pour le couple hanche-genou lors de la phase d'appui terminal et pour le couple jambe-pied pendant la phase d'appui [93].

Cette étude n'a révélé aucune différence entre les groupes concernant la cinématique des articulations et des segments. Néanmoins, les coureurs expérimentés, par rapport aux coureurs novices, présentent plus de mouvements en phase, mais moins de mouvements de la cheville pour le couple genou-cheville lors de la phase de mi-appui, et plus de mouvements de bassin et moins de mouvements de cuisse pour le couple bassin-cuisse [93]. De manière générale, les coureurs expérimentés révèlent plus de mouvements en phase et moins de variabilité cinématique articulaire et segmentaire [93].

Tab. XI : « Tableau récapitulatif des effets de différents facteurs sur le syndrome de stress tibial médial ou sur les coureurs novices ».

	Effet combiné significatif		Effet combiné non significatif	
	Hétérogénéité Faible	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité Faible
Fatigue	↗ Flexion du tronc ↗ Extension du tronc ↗ Antéversion + obliquité + rotation pelvienne ↗ Rapport de forces médio-latérales chez les sujets avec une arche basse ↘ Rapport de forces médio-latérales chez les sujets avec une arche haute	↗ Flexion de hanche et extension de genou ↗ Flexion du tronc corrélée à une meilleure endurance des extenseurs du rachis ↘ Phases de pose de pied ↘ Entropie des forces médio-latérales	↗ Éversion de cheville ↻ Flexion plantaire + flexion dorsale + inversion de cheville	↻ Atténuation des forces verticales
Coordination	↗ Variabilité cinématique proximale du membre inférieur chez les coureurs novices	↘ Mouvements en phase permettant l'absorption des chocs	×	×
Paramètres de foulée	×	↗ Temps de contact	×	↻ Angle d'attaque du pied ↻ Cadence ↻ Longueur des pas

5.4.3 Paramètres de foulées

Concernant l'observation des paramètres de foulées. Les **angles d'attaque de pied** s'avèrent similaires entre des coureurs atteints ou non de blessures liées à la course à pied, ainsi qu'entre des coureurs avec et sans antécédents de périostites ou de fracture de stress [73, 85]. Ce paramètre a été mesuré avant et après une course prolongée de 30 minutes ainsi qu'avant et après un entraînement de trois semaines, à volume croissant (19% en moyenne), dans une population de coureurs novices. En effet, l'angle d'attaque s'élevait à $13,4 \pm 6,7^\circ$ avant la course, à $14,6 \pm 7,2^\circ$ après la course et de $13,5 \pm 7,5^\circ$ après l'entraînement [89].

Aucune différence n'a été constatée concernant la **cadence** entre des coureurs avec et sans antécédents de périostites ou de fracture de stress [73]. Cette cadence s'avère également similaire avant et après la même course prolongée et le même entraînement que cité ci-dessus. Celle-ci était respectivement de 162 ± 13 avant la course, 163 ± 14 après la course et de 162 ± 13 après l'entraînement [89].

De même, aucune différence n'a été constatée concernant la **longueur des pas** entre des coureurs avec et sans antécédents de périostites ou de fracture de stress [73]. Toutefois, des coureurs atteints de douleurs aux jambes liées à l'exercice physique ont vu leur longueur de foulée être inférieure de $0,11 \pm 0,05$ m par rapport aux coureurs sains. De plus, ces mêmes coureurs possédaient un temps de contact augmenté de $18,0 \pm 8,27$ millisecondes, bien qu'aucune différence n'ait été démontrée pour les attaques de pied. Ce temps de contact est accru chez les coureurs utilisant une attaque arrière-pied [79]. Elle permettrait de diminuer les forces de réaction au sol et ainsi de diminuer la surcharge musculaire.

Une diminution de la durée des phases de contact initial et de contact de l'avant-pied a été observée ainsi qu'une augmentation de la durée de la phase de propulsion de l'avant-pied. Ces modifications cinématiques pourraient engendrer des pressions accrues au niveau de l'avant pied [90].

En ce qui concerne les variables spatio-temporelles, **la fatigue** a induit une diminution de la cadence de trois pas par minute et a augmenté le temps de contact de 6 ms. Cependant, ces effets sont indépendants des groupes et ne persistent plus avec l'inclusion de la vitesse de course [92].

5.4.4 Les facteurs extrinsèques

La **vitesse de course** est associée, de manière significative, à une modification de nombreuses variables telles que le taux de charge, la flexion du genou lors du contact, la rotation interne de la hanche lors de la phase de contact, le temps, la longueur et la cadence de foulée, ainsi que le temps de contact au sol. Selon l'auteur, l'impact de la vitesse de course sur les facteurs biomécaniques semble nettement supérieur à l'impact de l'expérience ou de l'âge [69]. Cependant, d'autres études affirment que l'allure d'entraînement est similaire entre les coureurs atteints de blessures liées à la course à pied et les coureurs sains ainsi qu'entre un groupe de coureurs novices atteints de périostites et un groupe de coureurs novices sains [75, 78].

Concernant **la distance**, le kilométrage hebdomadaire était similaire entre les coureurs atteints de blessures liées à la course à pied et les coureurs sains [59, 75, 78]. Le nombre de courses réalisées par an ou la distance parcourue lors des compétitions étaient des variables similaires entre un groupe de coureurs novices atteints de périostites et un groupe de coureurs novices sains [75]. Le volume d'entraînement ne semble correspondre qu'à une infime partie du changement de score du FMS (2,2%). Cependant, bien que non-significatif, ce volume total de course explique 31,9% de la variance des pics de choc tibiaux, après un entraînement de trois semaines à volume croissant de 19% chez des coureurs novices. Selon l'auteur augmenter le volume de course de 20% par semaine semble adapté afin de ne pas altérer les chocs tibiaux et la capacité fonctionnelle [89].

Aucune différence n'a été observée pour **la durée** moyenne d'une session d'entraînement, entre un groupe de coureurs novices atteints de périostites et un groupe de coureurs novices sains [75].

Le taux de blessures du SSTM est similaire en fonction de la **fréquence d'entraînement** (<9x/sm, 9-11x/sm, >11x/sm) [66].

La surface de course s'avère significativement associée aux blessures liées à la course à pied, notamment quand celle-ci se compose d'asphalte car ce matériau semble augmenter les pics de pression [63, 75]. Pourtant, aucune différence n'a été constatée, concernant ce paramètre entre des coureurs atteints ou non de périostites [59].

De la même façon, aucune différence n'a été constatée pour la **fréquence de remplacement des chaussures** entre des coureurs atteints ou non de périostites [59, 63]. Cependant, une différence a été constatée concernant le nombre de paires de chaussures utilisées entre un groupe de coureurs novices atteints de périostites et un groupe de coureurs novices sains [75].

Les sujets atteints du SSTM sont trois fois plus susceptibles de déclarer **le port d'orthèses** [59–61]. En effet, 53% des sujets atteints de ce syndrome portent des orthèses contre 21% dans le groupe des coureurs sains [59]. Le port d'orthèses semble également associé à un risque accru de développer une blessure auprès de coureurs novices et récréatifs [63].

Tab. XII : « Tableau récapitulatif des effets des facteurs extrinsèques sur le syndrome de stress tibial médial ».

	Effet combiné significatif		Effet combiné non significatif	
	Hétérogénéité Faible	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité moyenne à élevée	Hétérogénéité Faible
Facteurs extrinsèques	Vitesse de course corrélée à la cinématique ↗ Orthèses ↘ Activité physique antérieure ↘ ↘ Activité physique à charge axiale (Risque x2)	↗ Blessure ne fonction surface ↗ Niveau de compétition ↗ Programme personnel	Volume est associé aux impacts s'exerçant sur le tibia ↻ Fréquence remplacement des chaussures	↻ Blessures en fonction de la fréquence d'entraînement

Les tableaux ont été résumé afin d'obtenir la vision la plus globale et claire possible (Annexe 9 ; Annexe 10).

Un constat marquant a pu être fait. En effet, les coureurs novices de sexe masculin pratiquant des **activités sportives** sans charges axiales, telles que le cyclisme ou la natation, voient leur risque de blessure multiplié par 2,1 ; comparés à ceux pratiquant une activité sportive à charge axiale. De plus, d'après le « Godin Leisure Time Questionnaire », les coureurs atteints de douleur à la jambe liée à l'exercice semblent avoir une activité physique inférieure à celle des coureurs sains [79]. En somme, une exposition antérieure permettrait une meilleure adaptation des tissus musculo-squelettiques aux contraintes de la course à pied. Ce constat souligne, à nouveau, l'importance des facteurs externes et l'origine multifactorielle de l'apparition des blessures [62].

Toutefois il est nécessaire de préciser que le taux de blessures s'accroît avec l'augmentation du **niveau de compétition** (National, régional et débutant) [66].

Dans une population de coureurs novices et récréatifs, les coureurs suivant **un programme d'entraînement** personnel présentent un risque de blessure plus élevé, par rapport aux coureurs suivant un entraînement reconnu. La différence supposée entre ces programmes étant la progressivité permettant d'éviter le dépassement du seuil de tolérance des tissus [63].

5.4.1 Croyances et éducation

D'autres questionnaires ont également été mis en place lors des études tels que « L'Exercice-Induced Leg Pain », « L'échelle Visuelle Analogie », « L'Échelle Numérique », « L'échelle de Borg » et la « Lower Extremity Functional Scale ». Les coureurs blessés présentaient des scores inférieurs aux participants sains témoignant d'une douleur, d'une perception de l'effort, d'une fatigue, ainsi que d'une incapacité fonctionnelle plus élevée [79, 89]. Le « Functional Movement Screen » (FMS) a également été utilisé afin de détecter un risque majoré de blessure. Le FMS n'a pas été réalisé en entier, mais seulement certains critères jugés plus spécifiques ont été sélectionnés. Seul le squat complet (18 points), le SLR actif (6 points pour chaque MI), ainsi que l'asymétrie du SLR (4 points) entre les membres inférieurs ont été effectués. Le score FMS, avant et après une course prolongée de 30 minutes, à effort submaximal, ainsi qu'avant et après trois semaines d'entraînement à volume croissant (19% en moyenne) s'avère similaire chez une population de 10 coureurs novices. Ce score sur 30 s'élevait à 15,0 +/- 3,3 avant la course prolongée, à 14,2 +/- 3,2 après la course et à 15,2 +/- 3,2 après l'entraînement. Les résultats sont homogènes au sein de chaque critère sélectionné de manière individuelle [89].

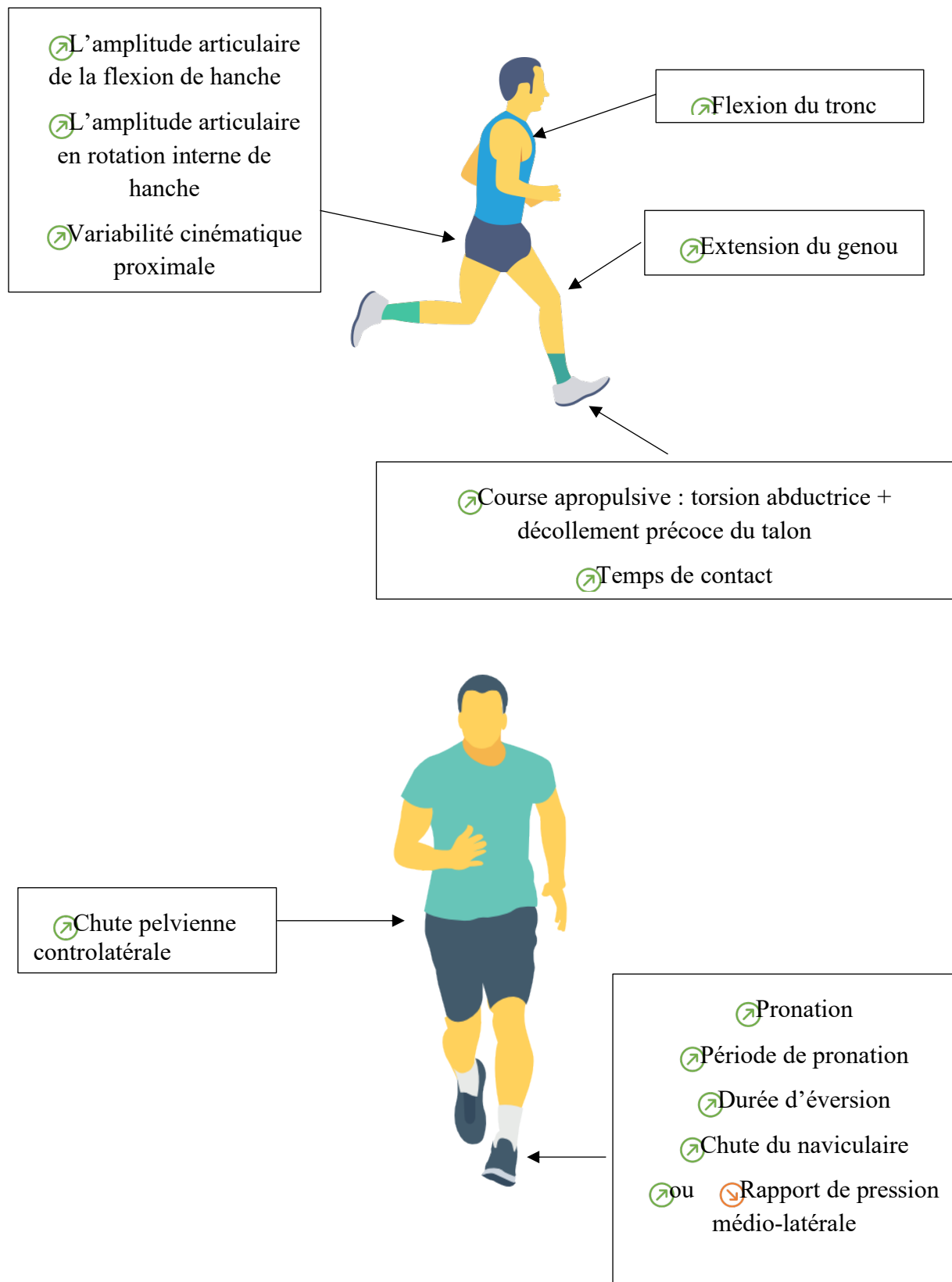


Fig. 7 : « Modification biomécaniques à l'origine d'une augmentation du risque de développer un syndrome de stress tibial médial ».

VI Discussion

6.1 Facteurs de risque non modifiables

Bien que le MK ne puisse pas agir sur les facteurs non modifiables, ceux-ci semblent présenter une utilité, notamment préventive. En effet, être conscient de ces facteurs et connaître la manière dont ils agissent sur les blessures permet à un professionnel de santé de repérer les individus et populations à risque afin de mettre en place des mesures préventives adaptées.

Le terme d'**antécédent** ou de blessure antérieure se réfère à de nombreuses données hétérogènes dans la littérature. Celui-ci n'est pas détaillé de manière précise. En effet, il correspond à des blessures musculo-squelettiques causées par la course à pied, et d'autres fois, à des blessures musculo-squelettiques non spécifiques à la pratique d'un sport [62].

La présence d'un antécédent de SSTM semble être le facteur principal, augmentant le risque de 2 à 4 fois [59–61]. De manière générale, un antécédent de blessure au dos ou aux membres inférieurs multiplie par plus de deux le risque d'apparition de blessures liées à la course à pied [62]. La question est donc de savoir pourquoi ce schéma pathologique se reproduit. Il semble compliqué de répondre à cette question et de nombreuses hypothèses peuvent être apportées. L'individu est-il prédisposé à cette blessure via des déficiences fonctionnelles, des schémas anatomiques prédisposant, des erreurs d'entraînement perpétuées ? La récurrence du SSTM, ainsi que des fractures de stress serait liée aux forces répétitives empêchant la guérison. Bien que le lien n'ait pas encore été clairement établi, une densité minérale osseuse diminuée a été observée chez des athlètes ayant subi un SSTM [59]. Face à cette hypothèse, il est crucial de respecter le temps de guérison du périoste et de diminuer la pratique sportive, mais ceci, de manière temporaire afin de redescendre sous le seuil de surutilisation des tissus lésés. Le retour au sport est également un versant à prendre en compte, de par l'impact que celui-ci peut avoir sur les récurrences. Celui-ci doit se baser sur la douleur, le délai de cicatrisation, ainsi que les tests fonctionnels permettant d'évaluer de manière très grossière le pronostic [39, 51].

En ce qui concerne le **sexe**, bien que les résultats divergent sur ce point, les femmes semblent plus à risque de SSTM que les hommes. Ce fait peut s'expliquer de manière indirecte. Les femmes possèdent un tilt pelvien significativement plus élevé que celui des hommes, et cela pourrait expliquer le risque accru de blessures [76]. Dans la littérature, le concept de la triade de l'athlète féminine est un point expliquant le risque élevé de blessures. Celle-ci se compose de troubles alimentaires, d'aménorrhées et d'ostéoporose. Plus récemment, ce concept a été renommé comme le « Relative Energy Deficiency in Sports » (RED-S) afin d'inclure les hommes, cependant, moins touchés, tout comme les populations actives. De plus, ce changement de terme permet d'élargir ce concept de carence énergétique au-delà de la triade en incluant par exemple des troubles immunologiques, psychologiques et endocriniens. Une carence énergétique est à l'origine d'une augmentation du risque de blessure, une diminution de la coordination, de la concentration, de la force musculaire, etc [94].

L'expérience serait un facteur protecteur, notamment via un accroissement du seuil de tolérance des tissus musculo-squelettiques aux contraintes spécifiques induites par la course à pied. D'autre part, les coureurs expérimentés auraient une meilleure tendance à évaluer leur seuil de blessure, ainsi qu'une meilleure adaptation de la charge en fonction de la douleur. Toutes ces caractéristiques permettraient de diminuer le risque de blessure, cependant, il faut noter que ce facteur n'est pas modifiable en cabinet [63]. Il est donc pertinent de se tourner vers d'autres facteurs tels que la tolérance des tissus aux charges répétitives, l'activation neuromusculaire ou encore les facteurs d'entraînement [69]. Un biais a quelques fois été mentionné dans les études : le biais du coureur en bonne santé qui suppose que les personnes sujettes aux blessures arrêtent de courir après en avoir subi une, ne laissant ainsi que les personnes en bonne santé et non sujettes aux blessures devenir des coureurs expérimentés [69].

Une majoration de **l'IMC** serait à l'origine d'une augmentation du flambage du tibia, de microfissures du cortex osseux et d'une modification des charges mécaniques appliquées sur le tibia lors d'une activité physique. Les micro-dommages répétés, notamment en inclinaison et en flexion tibiale, provoquent une réaction d'adaptation de l'os, mais lorsque ces charges deviennent trop importantes et dépassent le seuil de tolérance des tissus, elles sont alors pourvoyeuses de blessures. Il est clair que l'os est un tissu en perpétuelle adaptation et que cette dernière doit être stimulée par une augmentation lente, régulière et progressive des charges. Afin de prévenir cette pathologie, il est préconisé de réaliser des entraînements progressifs en termes de contraintes afin de permettre une adaptation optimale du remodelage des tissus mous. Un autre élément appuie ce constat, comme vu précédemment, une activité physique antérieure serait un facteur protecteur via l'adaptation des tissus aux contraintes de la loi de Wolf [61]. Il est crucial de signaler que l'IMC n'est pas un indicateur direct de masse grasseuse. En effet, l'augmentation de la masse est liée à la masse maigre et à la masse grasse. Toutefois, les données sur la taille et le poids étant auto-déclarées, des biais peuvent être présents [60]. Cependant, même si les différences sont significatives, les écarts sont parfois très minimes. À titre d'exemple, dans l'étude de Linton *et al.* le groupe blessé a un IMC moyen de 24,64 kg/m² et le groupe sain a un IMC moyen 24,15 kg/m², cette différence est tout de même considérée comme significative [63].

6.2 Facteurs de risque cinématiques

6.2.1 Pied et cheville

6.2.1.1 Le versant articulaire

Le pied et la cheville sont au cœur des débats quant à leurs rôles dans l'apparition des blessures liées à la course à pied. **La pronation** a longtemps suscité un grand intérêt, et actuellement, de nombreux outils permettent de l'évaluer ou de l'approcher. Une période de pronation accrue, ainsi qu'une pronation majorée, semblent être des caractéristiques récurrentes chez les individus atteints du SSTM, et seraient à l'origine d'une augmentation des tensions dans les muscles de la loge postérieure. Une augmentation de l'éversion de l'arrière-pied, de la vitesse et du temps d'éversion, ainsi que sa durée a été mise en évidence chez des coureurs atteints du SSTM par rapport à des coureurs sains. L'angle du tendon d'Achille, quant à lui, n'est pas retrouvé comme majoré [77].

Ces paramètres, concernant l'éversion de l'arrière-pied, peuvent être mis en relation avec les deux principales théories d'apparition du SSTM. L'éversion maximale majorée est à l'origine d'une augmentation des tensions des muscles LFO, TP et soléaire [65]. Ces muscles, accompagnés du TA, permettent de contrôler la pronation (Fig. 3) [77]. Le TP est le muscle le plus efficace permettant de décélérer la pronation qui s'effectue au niveau de l'articulation subtalaire lors de la marche et de la course. En chaîne cinétique fermée, il a un rôle dans la lutte contre la rotation interne tibiale via ses insertions anatomiques. La posture statique et dynamique du pied joue donc un rôle primordial dans l'apparition du SSTM chez les coureurs [80]. La durée d'éversion majorée et le fait que l'éversion ne soit pas achevée lors de la phase de propulsion pourrait également entraîner un retard dans la rigidification du pied. Ainsi, cette configuration non rigide serait défavorable et entraînerait une augmentation des forces musculaires produites par les muscles intrinsèques et extrinsèques du pied nécessaires à la locomotion. Les muscles doivent fournir plus d'effort et sont donc à l'origine d'une augmentation des tensions transmises au périoste. Ces forces entraînant un flambage du tibia [65, 77].

Cependant, la fiabilité de l'évaluation des déplacements de l'arrière-pied lors de la marche sur tapis roulant, avec un coefficient inter-examineur ne dépassant presque jamais les 0,40, est considérée comme médiocre. Malgré cela, les mesures des amplitudes relatives à la position du calcaneus sont fortement fiables en intra-examineur [95].

Le « **Foot Posture Index** » est un score clinique fiable, avec un coefficient de corrélation intra-classe (CCI) allant de 0,62 à 0,91, permettant d'évaluer la posture du pied. Cet outil valide, fournit une alternative clinique aux mesures statiques. Toutefois, ce dernier reste une évaluation statique et ne peut égaler les mesures dynamiques réalisées lors de la course [96].

L'étude de Pérez-Morcillo *et al.* a mis en évidence une association entre le FPI et les blessures liées à la course à pied. En effet, les pieds en supination et en pronation ont respectivement 4,23 et 4,80 fois plus de risque de subir une blessure par rapport à un pied catégorisé comme « neutre ». De plus, un pied en supination élevée est 76,8 fois plus susceptible de subir une blessure qu'un pied en position « neutre » et un pied en pronation élevée l'est 20,0 fois plus [75]. L'étude prospective de Nielsen *et al.* vient s'opposer à ces résultats. En effet, aucune différence en termes de risque de blessure n'a été observé entre les différents types de pieds par rapport aux pieds neutres, que ce soit au bout de 50, 100, 250 et 500 kilomètres de course. Les différences de risque par rapport aux pieds n'apparaissent qu'au bout de 250 kilomètres. Un constat marquant a été établi : les pieds en pronation subissent moins de blessures pour 250, 500 et 1000 kilomètres de courses que les pieds neutres. Cependant, il est important de souligner le fait que les pieds en forte pronation et en forte supination ont un risque, ainsi qu'une incidence des blessures, plus élevés que les pieds neutres [82].

Le rôle de la pronation a toujours été sujet à débat dans la profession. Il est pertinent d'évaluer la posture statique du pied lors d'un bilan clinique en cabinet afin de détecter un sujet caractérisé comme à risque de SSTM. En effet, la statique du pied semble associée aux blessures, cependant, elle devrait uniquement être prise en compte comme un FDR si elle est majorée de manière importante et si elle saute aux yeux. Il est également nécessaire de rappeler que cette évaluation n'est qu'une pièce du puzzle et doit faire partie d'une évaluation multifactorielle [75].

L' « **Arch Height Index** » s'avère similaire entre des coureurs atteints ou non de périostites [74, 77]. Le test possède une bonne fiabilité interne et les valeurs les plus élevées sont observées lorsque les mesures sont normalisées en fonction de la longueur du pied, que celui-ci soit tronqué ou non. Cependant, la fiabilité externe est plus faible, les valeurs concernant la hauteur du dos du pied divisé par la longueur du pied tronqué ou non restent tout de même élevées ($CCI = 0,811$ à $0,854$) [97]. Ainsi, il est pertinent d'évaluer la hauteur du pied ou de l'arche, mais une fois celle-ci normalisée en fonction de la longueur du pied.

La posture dynamique est donc un facteur prédictif de blessure plus adapté que la posture statique. Néanmoins, le « **Dynamic Arch Index** » nécessite des plateformes de force. Ce test n'est donc que très peu réalisable en pratique clinique pour évaluer la posture dynamique du pied. L'augmentation de la pronation résulte d'une fatigue des muscles de soutien de la voûte plantaire, et notamment des muscles intrinsèques du pied, ainsi que d'un fluage des tissus mous de soutien tels que l'aponévrose plantaire causé par les charges répétées. C'est pourquoi, des exercices du pied et de la voûte plantaire, à visée de contrôle de la pronation et de la rotation tibiale interne pourraient potentiellement permettre de prévenir le SSTM [61].

L'hypothèse principale concernant la **chute du naviculaire** accrue est que la faible hauteur de l'arche plantaire constituerait un FDR du SSTM via une diminution de la rotation interne tibiale, et donc une absorption des contraintes insuffisantes. La pronation de l'articulation subtalaire peut être associée à un varus du genou, de l'arrière-pied ou bien de l'avant-pied. Ce dernier point n'a pas été pris en compte dans cette étude, ce qui pourrait expliquer la divergence entre les résultats [64]. De plus, l'éversion de l'arrière pied lors de la course serait majorée chez les individus atteints du SSTM [43].

Le « Navicular Drop Test » peut permettre d'identifier un risque de blessure accru. Ainsi, des interventions préventives peuvent être mises en place, telles que des orthèses sur-mesure, des semelles absorbants les chocs, un chaussage adapté, l'étirement du tendon d'Achille, ainsi qu'un programme de course gradué [64]. Par ailleurs, le muscle TA s'insère sur le premier métatarsien ainsi que sur le cunéiforme médial. Une diminution de la traction en flexion dorsale des os adjacents au naviculaire, résultant de son hyper extensibilité, est ainsi à l'origine d'une augmentation du ND et de la pronation. Des exercices excentriques du muscle TA peuvent donc être inclus dans un programme de prévention afin de limiter la flexion plantaire et la chute du naviculaire, dans le but de diminuer le risque d'apparition du SSTM [40]. Bien qu'il soit impossible de différencier la part des muscles intrinsèques par rapport à celle des muscles extrinsèques, Saeki *et al.* estiment que l'activité des muscles intrinsèques n'est pas différente entre les coureurs blessés ou non [83]. De plus, une chute accrue du naviculaire est en corrélation avec une augmentation de la fatigue des muscles intrinsèques du pied. Une rigidification de la voûte plantaire via des exercices peut avoir une influence sur le ND et la rotation tibiale interne, constituant ainsi un exercice préventif dans la lutte contre le SSTM [43].

Malgré le fait que le ND est relié à la pronation du pied et influe sur le risque de blessure, aucune corrélation n'a été retrouvée entre une augmentation du risque de SSTM et un pied en pronation ou non via le Foot Posture Index dans cette même étude. Finalement, aucun consensus ne semble être établi quant à l'interprétation des résultats de la chute du naviculaire. Cependant, certains auteurs estiment que ces résultats seraient basés sur une association non-causale (Annexe 11).

Cette chute serait non pas la cause de la pathologie, mais une conséquence des déficiences des muscles permettant le soutien de la voûte plantaire [66, 84]. Il est donc pertinent de rappeler que le ND est un FDR isolé et noyé dans une multitude d'autres facteurs. L'origine multifactorielle de ces pathologies semble prédominante, et un unique facteur est incapable d'être la cause exclusive de l'apparition d'une pathologie à un moment donné. Il est donc nécessaire de se demander pourquoi ce sous-groupe subit plus de blessures que les autres. Selon Hjerrild *et al.* aucun lien direct de cause à effet n'existe entre la chute du naviculaire et les blessures en course à pied. En outre, entraîner une modification de la chute du naviculaire via un changement de la posture du pied ne serait pas nécessairement à l'origine d'une diminution du risque de blessure. La pertinence des interventions à but préventif est donc remise en question. Il en va de même pour toutes les associations non causales. Ce constat ne permet donc pas d'expliquer pourquoi les coureurs se blessent, ni de déterminer si ces pistes préventives sont appropriées, sans tenir compte de la charge d'entraînement [84].

Il n'existe pas réellement de critères pour définir ce qui est ou non une chute anormale du naviculaire [60]. Néanmoins, dans la majorité des études, une pronation supérieure à 10 mm correspondrait à une pronation « anormale ». Mais cette valeur brute semble dénuée de sens, c'est pourquoi il est nécessaire de la comparer à la longueur du pied afin d'estimer la pronation de celui-ci [68]. Les mesures de la hauteur de l'os naviculaire possèdent une fiabilité modérée à élevée en intra-examineur et également en inter-examineur, ce qui en fait un outil pertinent pour la réalisation du bilan du coureur ainsi que pour son suivi. En outre, il est important de préciser que les méthodes de mesure ne sont pas exactement similaires entre les études. Il est donc parfois impossible de comparer les valeurs [95].

L'inversion de la cheville est similaire lors du contact initial, tout comme lors de la phase d'appui. Cependant, une autre étude retrouve une inversion de l'arrière-pied similaire entre les coureurs sains et les coureurs atteints du SSTM ou de douleurs aux jambes liées à l'exercice [79].

La **dorsiflexion** passive de cheville ne permet pas de prédire l'appartenance des sujets au groupe pathologique ou au groupe sain [77, 80]. Deux éléments observés lors de la phase d'appui viennent soutenir la présence d'une rigidité des gastrocnémiens : une torsion abductrice, ainsi qu'un décollement précoce du talon [80]. Cependant, le lien entre la rigidité musculaire et ces compensations peut être remis en question, en effet, celui-ci n'est basé que sur des suppositions. Malgré cela, les coureurs blessés présentent une dorsiflexion de cheville majorée lors du contact initial par rapport aux coureurs sains, toutefois, celle-ci est similaire lors de la phase d'appui [85].

Malgré tout, la majorité des études semblent s'accorder sur le fait que les amplitudes passives de dorsiflexion de la cheville sont similaires entre des coureurs atteints de périostites ou de douleurs aux jambes liées à l'exercice et des coureurs sains [59, 63, 65, 78, 79]. De plus, les auteurs semblent se mettre d'accord sur le fait que la dorsiflexion est similaire entre des coureurs avec ou sans périostite lors de la course, ou bien auprès de coureurs novices [74, 78].

Les pratiques méthodologiques sont peu harmonisées entre les études, ce qui rend difficile toute comparaison. Une harmonisation des protocoles et une clarté des modalités de mesure semble nécessaire afin d'optimiser la puissance des résultats.

Contrairement aux résultats attendus, la **flexion plantaire** n'est pas majorée chez des coureurs atteints du SSTM, et ce, d'après plusieurs études prospectives [75–77]. L'étude de Hubbard *et al.* qui retrouve une flexion plantaire passive majorée, ne comprend pas uniquement des coureurs, mais intègre d'autres athlètes (volley-ball, tennis, cheerleading). Il est probable que ces sports puissent avoir un effet non négligeable sur cette mesure [59].

En ce qui concerne **l'avant-pied**, lors de la course, une plus grande abduction de 15 à 40% et de 70 à 85% de la phase d'appui a été observée. Aucune autre différence n'a été constatée au niveau articulaire, notamment en ce qui concerne la dorsiflexion et l'éversion de l'avant-pied, ainsi que la flexion et l'extension de la première articulation MTTP [74, 77, 79, 80]. Bien que l'avant-pied ne semble pas jouer un rôle considérable dans l'apparition du SSTM, il est nécessaire de ne pas le mettre de côté non plus. En effet, celui-ci joue un rôle primordial lors de la course à pied, il est un maillon essentiel dans la chaîne cinématique et comporte également des insertions de muscles impliqués dans le SSTM comme le muscle TA ou TP.

Pratiquement l'intégralité des mesures d'amplitudes est d'une fiabilité forte en intra-examineur, cependant, cette fiabilité s'avère médiocre à modérée lorsqu'elle est pratiquée en inter-examineur [95].

6.2.1.2 Le versant neuromusculaire

L'endurance est un facteur essentiel dans la course à pied. Aucune étude n'analyse celle-ci chez les coureurs à pieds novices alors qu'ils pourraient potentiellement être moins endurants que les coureurs expérimentés. L'étude de Bennett *et al.* possède un point faible, celui de se focaliser sur les douleurs de jambes. Bien que l'auteur isole les douleurs de jambes médianes, cette condition peut être causée non seulement par le SSTM, mais également par d'autres pathologies qu'il est impossible d'exclure dans ce cas [58]. Les résultats contradictoires retrouvés dans l'étude de Madeley *et al.* peuvent s'expliquer par le fait que 77% des sujets dans cette étude présentent un syndrome chronique avec des douleurs diminuant les activités de la vie quotidienne. De plus, il est impossible d'ignorer l'influence des différents sports. Ainsi, il devient difficile de savoir si cette diminution d'endurance est une cause ou une conséquence de ce syndrome [58]. Le « Standing heel-rise test » possède une fiabilité inter-examineur très élevée de 0,99, ce qui en fait un test très reproductible afin de suivre l'évolution de l'endurance de l'athlète [95]. Même si la douleur n'est que très peu mentionnée dans les études, il est pertinent de l'évaluer sur ce test afin de savoir quand est-ce que cette dernière apparaît.

En ce qui concerne la **force** des muscles de la jambe et du pied, l'étude de Koldenhoven *et al.* révèle une diminution de la force lors de l'inversion et de l'éversion de la cheville [79]. Les principaux muscles réalisant l'inversion sont le TA et le TP. Une surutilisation ou une sous-utilisation de ces derniers peut être à l'origine de dommages sur le périoste puisqu'ils se retrouvent dans l'incapacité d'absorber les forces. Cependant, il est impossible de savoir si cette diminution de force est à l'origine du syndrome, si elle résulte de celui-ci, ou d'une douleur.

Une différence significative a été retrouvée entre les sujets avec et sans antécédents de SSTM, en ce qui concerne la contraction volontaire isométrique maximale en flexion plantaire de la première articulation MTTP. Le muscle LFH permet de réaliser une inversion de cheville et une flexion plantaire de l'articulation MTTP de l'hallux. Bien que les résultats montrent une augmentation de la force de ce muscle chez les sujets pathologiques, l'auteur estime qu'il ne peut jouer un rôle dans l'apparition du SSTM car ce muscle n'est pas relié à l'aponévrose tibiale. Selon lui, l'activité accrue du LFH serait une conséquence du syndrome, et permettrait de compenser la contraction du LFO, et ainsi d'éviter l'apparition de la douleur [83]. Dans l'étude de Saeki *et al.* la force de flexion de la première articulation MTTP est similaire entre des coureurs atteints ou non de douleurs aux jambes liées à l'exercice [79].

Les résultats, en ce qui concerne les 4 dernières articulations MTTP, sont contradictoires à l'hypothèse de l'auteur, et ce dernier estime que cela peut s'expliquer par le fait que le LFH compense la contraction du LFO dans le groupe avec des antécédents [83].

La force des muscles intrinsèques n'a pas été évaluée dans les études. Un « test d'agrippement du papier » pourrait être mis en place afin d'évaluer s'il existe une différence de force des muscles intrinsèques entre des coureurs avec et sans antécédents de périostites. Ce test possède une bonne sensibilité (0,80), ainsi qu'une bonne spécificité (0,79). Ses ratios de vraisemblances (RV) s'élèvent à 3,8 pour le RV positif et 0,25 pour le RV négatif [95].

L'élastographie a mis en évidence une **raideur** majorée du muscle LFO et du muscle TP. Ainsi, leur rôle dans l'apparition du SSTM se confirme, et ce, notamment via la transmission de force au périoste par l'intermédiaire du fascia [86]. Par ailleurs, il a été observé une mise en tension du périoste via l'étirement du soléaire, du TP et du LFO. Cette tension dans le fascia et le périoste augmente de manière linéaire par rapport aux contraintes. Cet élément vient donc renforcer un constat déjà bien marqué [86]. Certaines études ont montré une diminution du module de cisaillement musculaire suite à des étirements, ainsi l'étirement du LFO et du TP pourrait constituer une technique préventive. Malgré tout, le rôle des étirements dans la prévention est remis en cause, en particulier dans les études concernant le SSTM [86].

Le muscle soléaire subit une **activation neuromusculaire** maximale majorée lors de la phase d'absorption et de propulsion chez les coureurs pathologiques par rapport aux coureurs sains. Une pronation excessive lors de la phase d'absorption pourrait entraîner une suractivation du soléaire s'insérant sur le calcaneum, et ainsi augmenter la tension sur le bord postéro-médial du tibia. Cependant, ce facteur serait minime, en effet, ce pic d'activation augmenterait le risque de blessure de seulement 5% [61].

6.2.2 Genou

Une différence au test d'Ober, de 6,8° en moyenne, a été observée entre ces populations traduisant d'une potentielle **raideur** au niveau du muscle tenseur du fascia lata et de la bandelette ilio-tibiale [65]. Ce test possède un coefficient de corrélation intra-classe élevé (0,90) [98].

Un angle de **varus du tibia** accru a été observé entre des coureurs atteints ou non de périostites.

Selon l'hypothèse, le varus du tibia serait une compensation de la pronation du pied permettant ainsi d'avoir le pied à plat, mais l'excursion de l'éversion n'étant pas différente entre les groupes, vient contredire cette hypothèse [77]. Bien que la posture statique doit être prise en compte, il est plus intéressant d'étudier les coureurs lors de la pratique du sport. Ainsi Bramah *et al.* retrouvent une adduction du genou similaire lors d'une analyse de course [85].

Lors du **contact initial**, les coureurs blessés montrent une **extension de genou** majorée par rapport aux coureurs sains. Un schéma d'attaque en extension est associé à une plus grande distance entre le centre de masse et l'impact, et à une diminution de la capacité d'atténuation des forces d'impacts [85]. La dorsiflexion majorée lors du contact initial vient appuyer ce constat. Ainsi, les coureurs atteints de périostites possèdent un schéma en triple extension par rapport aux coureurs sains, ce qui entraîne une augmentation des charges s'exerçant sur le tissu osseux. Une augmentation des charges au niveau du genou, lors de la frappe du pied, est associée à la flexion maximale du genou et à la fréquence de foulées [69]. De plus, une diminution de la flexion du genou, lors de la **phase d'appui**, a également été retrouvée chez des sujets avec un antécédent de douleurs tibiales médiales par rapport à des sujets sains. Une flexion moindre du genou entraîne une diminution de la dissipation des forces de réaction au sol qui seraient davantage transmises aux tibias et aux tissus mous [76]. Tous ces éléments viennent apporter du crédit à la théorie des microtraumatismes osseux, mais certains éléments sont également en faveur de la théorie de la traction musculaire.

La **démarche apropulsive** est à l'origine d'une position incorrecte du pied, celui-ci ne pouvant pas se replacer dans une position de supination nécessaire à la propulsion. Ainsi, une contraction excentrique majorée du muscle TP est induite sur le périoste [80].

La **force musculaire** des fléchisseurs et des extenseurs de genoux n'interagit pas sur l'incidence de ce syndrome [67, 79]. Ainsi, les différences cinématiques en termes d'amplitudes articulaires ne sont pas secondaires à une altération de la force des principaux muscles contrôlant le genou dans le plan frontal. Cependant, il est nécessaire de rappeler que les tests ont été réalisés de manière statique. Afin de se rapprocher du mouvement fonctionnel intégrant une vitesse angulaire similaire à la course, ainsi qu'un mode de contraction excentrique, une évaluation dynamique via un test isocinétique serait plus pertinent à mettre en place.

6.2.3 **Hanche**

La rotation interne de hanche représente un FDR du SSTM, mais son rôle reste inexploité dans la littérature. Plusieurs critiques peuvent être réalisées, notamment sur l'hétérogénéité des modalités de mesures. Les mesures sont réalisées lors d'un examen clinique, le plus souvent en décharge et dans une position non fonctionnelle par rapport au sport pratiqué, plutôt qu'en charge lors d'une analyse de course. La validité et la fiabilité de ces résultats peuvent être remises en cause. Malgré tout, la majorité des études s'accordent sur le fait qu'une majoration de la rotation interne de hanche est retrouvée chez des coureurs novices ou atteints du SSTM, et plus particulièrement chez les femmes. Selon Moen *et al.* une surcharge du tibia serait causée par une augmentation ou une diminution des amplitudes articulaires de la hanche. Hamstra-Wright *et al.* évoquent deux hypothèses à l'origine de la modification des charges s'appliquant sur le tibia. Premièrement, une antéversion ou une rétroversion du col fémoral pourrait influencer l'orientation

du fémur sur le tibia. Dans un second temps, la répartition entre la rotation interne et externe, ainsi que l'amplitude de rotation totale, pourraient avoir un rôle dans la répartition des charges distales [40].

Le schéma de course en **flexion de hanche** et de genou est similaire au schéma de course des coureurs avec une cadence plus faible. Cependant, aucune différence dans la longueur des pas ou dans la cadence n'a été observée. Au vu du format rétrospectif de cette étude, nous ne pouvons pas affirmer s'il s'agit d'une cause ou d'une conséquence de la blessure. Ainsi, il est impossible d'affirmer que la modification de la cinématique de la hanche dans le plan sagittal constitue un FDR à part entière. Le moment de flexion maximale de la hanche se situe plus ultérieurement dans la phase d'appui chez les coureurs blessés. L'auteur estime que ce décalage peut être expliqué par un retard d'activation du muscle grand fessier qui permet un contrôle excentrique de la flexion de hanche. Par ailleurs, une étude réalisée sur des coureurs sains a démontré qu'augmenter la cadence de course de 10% permettrait d'augmenter l'activation du muscle grand fessier lors de la phase oscillante terminale, correspondant donc à une meilleure pré-activation. L'augmentation de la cadence permettrait d'éviter ce phénomène d'« over-striding ». Cette cadence idéale se situe vers les 180 pas par minute se rapprochant ainsi de la cadence naturelle de course pieds nus. Malheureusement, cette activation n'a pas été directement testée, c'est pourquoi de plus amples études sont nécessaires [45, 73].

Bien que **l'angle d'adduction** soit « normal », la raideur de la bandelette ilio-tibiale pourrait entraîner une augmentation de la largeur des pas, et ainsi normaliser l'angle d'adduction de la hanche. Cependant, l'auteur cite une étude de Foch *et al.* qui reporte une absence de corrélation entre la raideur de la bandelette ilio-tibiale et l'angle d'adduction de hanche chez des coureuses souffrant du syndrome de la bandelette ilio-tibiale [65].

Aucun déficit de force au niveau des muscles de la hanche n'est retrouvé chez des coureurs atteints du SSTM. Afin de pouvoir correctement évaluer la **force musculaire** des abducteurs de hanche chez des coureurs novices, il est nécessaire de prendre en compte l'âge, ainsi que le sexe des patients. Toutefois, le niveau d'activité physique ne semble pas être associé à cette force. Ces valeurs sont applicables pour une population novice, mais également saine, et pourraient donc varier en fonction de l'état de santé ou de douleur du patient [88]. La majorité des tests sont réalisés de manière statique via un dynamomètre. Un seul test est de nature dynamique, et plus particulièrement dans un mode de contraction excentrique permettant une similitude avec le mouvement fonctionnel des abducteurs de hanche. Cependant, il est nécessaire de rappeler que cette mesure n'est pas tout à fait représentative de la force des abducteurs de hanche lors de la course car cette mesure a été réalisée en chaîne cinétique ouverte [88]. Des études supplémentaires comprenant des échantillons de plus grandes tailles sont nécessaires afin d'évaluer si les interventions visant à améliorer la force des muscles des hanches et des genoux permettraient de prévenir les blessures au tibia [67].

De nombreuses hypothèses sont avancées pour justifier une différence d'amplitude articulaire. La force et la raideur des muscles proximaux de la hanche sont similaires chez des coureurs atteints de périostites ou non. L'angle d'adduction de hanche n'est pas corrélé avec la force des abducteurs de hanche, et l'angle de rotation ne l'est pas non plus avec la force des rotateurs de hanche. Face à cette différence d'amplitude articulaire, mais aussi à une similitude de la force des muscles de la

hanche, l'auteur évoque un potentiel manque de contrôle neuromusculaire chez les coureuses novices. Ainsi, axer les exercices sur son contrôle neuromusculaire plutôt que sur la force de la hanche constitue une modalité préventive des blessures auprès d'une population de coureurs novices [70].

Le « pattern » d'activation des muscles de la hanche influence les charges d'impact distales [43]. En pratique, il est donc important d'étudier les différents paramètres de la hanche afin d'optimiser la prévention du SSTM.

6.2.4 Bassin

La chute pelvienne controlatérale serait à l'origine d'un déplacement médial des forces de réaction au sol entraînant un flambage accru du tibia, augmentant ainsi le risque de développer un SSTM [85]. Elle serait potentiellement associée à une rotation interne de hanche, un valgus de genou, et à une pronation sous-talaire majorée favorisant l'apparition de cette pathologie [76].

6.2.5 Tronc

Le « **Quiet Sitting Test** » a été développé par l'équipe de recherche et semble posséder une forte fiabilité (Coefficient de corrélation intra-examineur de 0,877 et inter-examineur de 0,813) [87].

Le protocole de fatigue a induit une augmentation de la flexion maximale du genou ainsi qu'une diminution du taux de charge moyen. Ces résultats sont en contradiction avec l'hypothèse de l'auteur et les phénomènes mis en avant dans le SSTM. L'auteur estime, cependant, que la diminution du taux de charge moyen ne doit pas être prise en compte. Elle a été observée uniquement chez les sujets qui n'ont pas subi de diminution de la stabilité du tronc, ce qui signifie que le changement du taux de charge moyen n'est pas significatif pour les coureurs ayant eu une diminution de la stabilité centrale [87].

Comme mentionné précédemment, le protocole de fatigue n'a pas diminué la stabilité centrale chez certains coureurs [87]. Il est nécessaire de rappeler que la réponse à la fatigue est très différente pour chaque individu, et que celle-ci est issue d'un mécanisme complexe découlant de multiples facteurs. La fatigue cognitive est également à prendre en compte et peut grandement influencer la perception de l'effort. Il paraît donc pertinent d'évaluer la fatigue, ainsi que la perception de l'effort via des paramètres précis, mais également les facteurs pouvant les influencer.

L'endurance du tronc en planche latérale est corrélée à la rotation interne de hanche. Le moyen fessier, de par sa rotation externe lorsque la hanche passe d'une position fléchie à neutre, pourrait expliquer cette corrélation. Ainsi, Chaudhari *et al.* recommandent l'intégration d'exercices d'endurance du tronc, mais également des exercices de contrôle neuromusculaire dans la prévention des blessures liées à la course à pied et plus précisément du muscle moyen fessier qui joue un rôle essentiel dans la biomécanique de course [70]. Néanmoins l'endurance du tronc n'était pas corrélée avec l'angle d'adduction de la hanche et aucune différence n'a été constatée pour l'amplitude maximale d'adduction de hanche [70, 87].

6.3 Facteurs de risque cinétiques

Les **forces verticales de réaction au sol ainsi que les forces de freinage et de propulsion** sont similaires entre des coureurs symptomatiques et sains. Ce constat va, cependant, à l'encontre du phénomène physiopathologique expliquant l'apparition du SSTM. En effet, la théorie des microtraumatismes osseux réside en partie sur une augmentation des charges verticales tandis que la théorie de la traction musculaire, elle, réside en partie sur des forces de freinage et de propulsion accrue à l'origine d'une tension du périoste.

Concernant la fatigue et les **pressions médio-latérales**, des charges situées sur la partie latérale du pied ont été associées à un risque accru de développer une tendinopathie d'Achille, une fracture de stress du cinquième métatarsien, ainsi que des douleurs dans la jambe [90].

Les résultats témoignent d'une augmentation des forces sur la partie médiale du pied. Brund *et al.* extrapolent sur le fait que déplacer les forces latéralement en modifiant sa biomécanique de course ou en changeant de chaussure, permettrait de réduire les tensions médiales à l'origine des blessures, et ainsi prévenir leurs apparitions [72]. Cependant, une modification de la biomécanique de course n'est pas un changement anodin. Ce changement bouleverse la transmission des forces et peut être à l'origine de l'apparition de blessures sur d'autres localisations.

6.4 Facteurs influençant les variables cinématiques et cinétiques

6.4.1 Fatigue

Maas *et al.* ont étudié la cinématique de course d'une population de 15 coureurs de fond novices et 15 autres compétitifs afin de déterminer les différences de changement s'exerçant entre ces deux populations, après une course induisant une fatigue. Cette analyse de course a été effectuée sur un tapis roulant à capteur de force, via un système de capture de mouvement. Cependant, le protocole a varié entre les groupes du fait que la vitesse moyenne des coureurs compétitifs est supérieure à la vitesse maximale du tapis roulant instrumenté, ce qui constitue donc un biais. L'analyse de mouvement, en ce qui concerne les coureurs compétitifs, a été effectuée à vitesse maximale du tapis roulant instrumenté (3,33m/s) avant et après la course induisant la fatigue. Ces coureurs ont dû changer de tapis roulant afin de courir à leur vitesse moyenne de 3,200m jusqu'à épuisement. Les coureurs novices, eux, n'ont pas eu à changer de tapis car leur vitesse moyenne était inférieure à la vitesse maximale du tapis roulant instrumenté. Une période de retour au calme a été mise en place et consistait en deux minutes de course et deux minutes de marche [71].

La fatigue met en jeu **l'endurance des muscles du tronc**. Une association a été retrouvée entre une augmentation de l'endurance des extenseurs du rachis et une augmentation de la flexion du tronc. Ces résultats vont à l'encontre de l'hypothèse de l'auteur qui s'attendait à observer des changements cinématiques accrus lorsque les sujets présentent une moins bonne endurance du tronc. Il estime que les relations complexes entre l'endurance et la modification de la cinématique ne sont pas encore bien comprises. La flexion du tronc pourrait être une stratégie compensatoire dans l'atténuation des chocs, mais leurs rôles ont uniquement été mis en évidence lors d'une étude analysant l'atténuation des chocs lors de sauts. Ces résultats inattendus peuvent également s'expliquer par une inadéquation entre les tests statiques et les changements cinématiques. Ainsi,

des tests dynamiques et la mesure de la force des muscles du tronc pourraient refléter de meilleurs résultats que la mesure de l'endurance via des tests statiques [91].

La fatigue, dans une étude, a induit une diminution de **l'entropie médio-latérale** auprès des coureurs avec des antécédents de SSTM. « L'hypothèse de la perte de complexité » est évoquée, ce qui suggère que cette entropie de mouvement dérivée de l'accélérométrie peut capter les baisses de signaux physiologiques qui sont liés à la pathologie. Ce mécanisme serait provoqué par une réduction des degrés de liberté en interaction. Cependant, d'autres études retrouvent des résultats contradictoires, et il est suggéré qu'un protocole de fatigue pourrait être un outil pertinent afin de faciliter la détection des sujets à risque de SSTM, celui-ci permettant de faire ressortir des caractéristiques qui seraient passées inaperçues [92]. Il semble approprié d'intégrer une séance sur tapis roulant au cabinet afin d'évaluer l'effet de la fatigue sur les changements biomécaniques. Cela semble réalisable en pratique, et ce, d'autant plus qu'il est seulement nécessaire de prendre en compte les changements majeurs. La fatigue permettrait de confirmer une évaluation morphostatique en majorant les déficits préexistants dans leur propre disposition comme observé dans l'étude d'Anbarian *et al.* avec des sujets possédant une arche haute ou basse [90]. Cependant, il est impossible de les incriminer comme étant à l'origine de la blessure et la question reste la même. Malgré tout, gérer la fatigue centrale ou périphérique à long terme semble primordial, d'autant plus que les périostites résultent le plus souvent d'un surentraînement.

La **charge dynamique** ne semble pas varier entre des sujets avec et sans antécédents de SSTM. Ces résultats contrastent avec le fait que les pics d'impacts de l'accélération axiale tibiale sont plus élevés lors de la course entre des sujets avec et sans antécédents de fracture de stress tibiale. L'auteur s'attendait donc à retrouver des résultats similaires pour le SSTM. Ce dernier serait sûrement associé aux fractures de stress via un continuum pathologique et résulte d'une surcharge osseuse liée à des contraintes osseuses répétitives pouvant émaner des forces cinétiques. L'auteur estime que de nombreux facteurs tels que l'angle d'attaque du pied, le chaussage ou la surface d'entraînement influencent la charge dynamique. Cependant, ceux-ci n'ont pas été contrôlés dans cette étude, c'est pourquoi ils devraient être pris en compte dans les prochaines études [92].

6.4.2 **Coordination**

De manière générale, les coureurs expérimentés révèlent plus de mouvements en phase et moins de variabilité cinématique articulaire et segmentaire. L'expérience permettrait donc de réduire la variabilité de coordination. La fatigue a également grandement affecté la coordination des membres inférieurs, notamment au niveau des articulations proximales, et plus précisément du bassin et de la hanche. De plus, les coureurs expérimentés s'adaptent à la fatigue en ajustant les mouvements des articulations proximales, contrairement aux coureurs novices qui modifient le mouvement des articulations distales [93].

6.4.3 **Paramètres de foulées**

Contrairement aux explications fréquemment avancées dans la littérature et aux hypothèses communes, **l'angle d'attaque du pied, la cadence, ainsi que la longueur des pas** sont des paramètres similaires entre des coureurs atteints ou avec des antécédents de périostites, ou de

blessures liées à la course à pied, et des coureurs sains. Ces paramètres sont également similaires avant et après une course prolongée.

Les résultats ne sont pas en accord en ce qui concerne le **temps de contact**. L'étude d'Anbarian *et al.* constate une diminution du temps de contact initial et du temps de contact de l'avant-pied, tandis que l'étude de Koldenhoven *et al.* témoigne d'une association entre un temps de contact augmenté et des coureurs atteints de douleurs aux jambes liées à l'exercice [79, 90]. Ces données sont fortement influencées par le mode de frappe des coureurs, et il est difficile de les analyser sans connaître cette information.

La fatigue est également à l'origine d'une majoration de la **phase propulsive** de l'avant-pied chez des coureurs novices [90]. Une phase propulsive majorée pourrait être à l'origine d'une augmentation de la durée des tensions des muscles de la loge postérieure sur le périoste. Ce point renforce le constat déjà effectué de la lutte contre la fatigue. De plus, cette phase propulsive est majorée lorsque le coureur est en contact avec le sol par son avant-pied. Ce qui pourrait également augmenter les tensions au niveau de l'avant-pied. Il sera donc nécessaire de travailler également celui-ci dans la prévention du SSTM.

6.4.4 Les facteurs extrinsèques

L'implication de la **vitesse de course** dans l'apparition du SSTM est compliquée à évaluer. En effet, cette variable interagit de manière indirecte sur ce syndrome via de nombreuses modifications biomécaniques [69]. Dans le contexte ambiguë d'une physiopathologie controversée, la vitesse est analysée sous différentes facettes. Celle-ci serait à l'origine d'une augmentation de l'effort des muscles de la loge postérieure nécessaire à la locomotion, ce qui implique des tensions plus élevées et plus brèves sur le périoste. Cependant, une vitesse accrue peut, en théorie, apporter des éléments bénéfiques tels qu'une diminution de la durée de course, une augmentation de la cadence, et une modification de l'attaque du pied. La variation de chaque paramètre en fonction de la vitesse, ainsi que leur rôle dans l'apparition du syndrome restent à déterminer.

Dans l'étude de Paquette *et al.* **le volume** total de course, bien que non significatif, explique 31,9% de la variance des pics de choc tibiaux après un entraînement de trois semaines à volume croissant (19% en moyenne) chez des coureurs novices. Selon l'auteur, augmenter le volume de course de 20% par semaine semble adapté afin de ne pas altérer les chocs tibiaux et la capacité fonctionnelle [89]. Cependant, plusieurs éléments permettent de remettre en cause ce constat. Dans un premier temps, lors de la troisième et dernière semaine, deux participants ont éprouvé une gêne lors des entraînements, et un participant a même subi un malaise. Toutefois, il est impossible d'associer l'augmentation de l'entraînement comme une cause des douleurs. Néanmoins, il reste judicieux de se demander quel rôle cette augmentation de volume a joué dans l'apparition des douleurs. Dans un second temps, la valeur du seuil d'augmentation du volume d'entraînement s'élevant à 19% pose question. En effet, cette augmentation est responsable d'une variation de 30% des chocs tibiaux. Cette valeur qui semble élevée, pourrait entraîner une sur-sollicitation du tibia provoquant à court terme un déséquilibre dans le processus de cicatrisation du périoste, et à long terme un SSTM. Cette étude menée sur trois semaines ne possède pas le recul suffisant pour évaluer si des

blessures sont apparues à posteriori. Cette valeur fixée par l'auteur est plus élevée que la valeur de 10% faisant un léger consensus dans les croyances et les esprits. Cependant, il est nécessaire d'individualiser l'entraînement en fonction du sujet, et notamment en fonction de ses antécédents, de l'activité physique pratiquée antérieurement, de son niveau actuel et de ses objectifs. De plus, les coureurs novices adhérant à un programme d'entraînement reconnu sont moins à risque de blessure que les novices adhérant à un programme personnel. Ce point peut s'expliquer par une différence de progressivité mise en place dans les programmes. Cette notion de progressivité semble primordiale car elle est au cœur de la physiopathologie du SSTM, et est une clé principale dans la prévention de ce syndrome. En effet, le corps humain est un système anti-fragile qui se renforce face aux contraintes. Mais, la sous ou la surutilisation lui est délétère. Cette vision est retrouvée dans les programmes de prévention tels que la « Quantification du Stress Mécanique » de « La Clinique Du Coureur », ainsi que dans le principe de « Training Load » notamment supporté par Tim Gabbett [45, 99].

Les sujets atteints du SSTM sont trois fois plus susceptibles de déclarer **le port d'orthèses** [59–61]. Ce constat étonne d'autant plus que les orthèses semblent efficaces lors de la rééducation afin de réduire la tension s'appliquant sur le tibia. De plus, le nombre d'antécédents est similaire entre les deux groupes, on peut supposer que les orthèses sont prescrites pour traiter une blessure ou une douleur antérieure et leur part dans l'apparition de la pathologie reste difficile à cerner [60]. Malheureusement, il n'a pas été expliqué pourquoi les sujets se sont vu prescrire des orthèses. Celles-ci sont souvent prescrites pour corriger un affaissement de l'arche longitudinale du pied, et ce facteur semble jouer un rôle dans l'apparition de cette pathologie. Leur efficacité sur les douleurs doit être étudiée plus en détails [59, 61]. D'après Linton *et al.* cette association est non causale et serait liée au fait que les blessures et la biomécanique du pied sont corrigées par les orthèses. Cependant, l'auteur estime que la gestion des blessures doit nécessiter une approche multifactorielle, et met en avant plusieurs études qui démontrent l'intérêt du renforcement des muscles de la hanche sur la modification de la mécanique de l'arrière-pied, ainsi que sur la charge s'appliquant aux segments distaux. Le réentraînement à la course serait également une mesure préventive adaptée aux coureurs novices. Finalement, il conclut sur le fait qu'en pratique clinique, l'éducation des coureurs en matière de prévention des blessures doit mettre en avant la façon dont les FDR interagissent. En outre, il semble nécessaire de prendre en compte le profil des coureurs plutôt que de se fier à des FDR spécifiques [63].

6.4.5 Croyances et éducation

L'étude de Buist *et al.* démontre que posséder un tempérament de Type A correspondant à un haut niveau de motivation, d'agressivité, d'impatience et de compétitivité augmente le risque de blessures liées à la course à pied [62]. Il existe des outils permettant d'évaluer l'état psychologique du sportif tels que l'« Injury Psychological Readiness to Return to Sport scale » [100]. L'éducation du coureur est une clé de voûte dans la prévention des blessures, et ce, d'autant plus chez les coureurs novices. La rééducation « Evidence Based Practice » (EBP) est de plus en plus évoquée et développée de nos jours et a tout à fait sa place dans la kinésithérapie sportive. Ainsi, les croyances, les facteurs cognitifs et environnementaux tels que la kinésiophobie, la motivation, le tempérament, la peur de la blessure, le choix des chaussures et bien d'autres ont un rôle plus que majeur dans la rééducation, le retour au sport et la prévention des blessures.

6.4.6 En plus

Les notions abordées par Gabbett et « La Clinique Du Coureur » permettent la prévention des récurrences, mais sont également applicables en fin de rééducation lors du processus final de réathlétisation et de retour à la participation au sport, puis à la performance. Ces notions sont extrêmement dynamiques et multifactorielles. L'individualisation est donc primordiale et doit se baser sur l'examen clinique, la douleur, des tests spécifiques, la quantification des charges que peut subir le sportif novice, ainsi que les objectifs du patient tout en restant dans une démarche holistique et bio-psycho-sociale. Le modèle « Strategic Assessment of Risk and Risk Tolerance » (StaRRT) permet d'orienter ce retour au sport (Annexe 12) [100]. Ce contexte comprenant des novices et une pratique sportive individuelle permet d'écarter une certaine pression quant au délai de retour au sport, qui pourrait être un objectif primordial chez des sportifs de plus haut niveau ou en sport collectif. Les performances sont également un objectif très important pour les athlètes et les coachs, mais peuvent être revues à la baisse lors d'une blessure, d'autant plus lors d'une récurrence. Cette transition entre rééducation et retour au sport est une étape décisive, et le risque de récurrence est augmenté à ce stade. Il est nécessaire d'augmenter progressivement les contraintes et de se rapprocher le plus possible des conditions spécifiques du sport pratiqué.

Gabbett évoque ce paradoxe et explique le fait que les charges d'entraînement élevées sont associées à une meilleure condition physique. Cependant, elles sont aussi à l'origine d'un risque accru de blessures des tissus mous. De plus, une faible charge d'entraînement est également associée à un risque important de blessures. Il est donc crucial pour un praticien de savoir exposer un sportif à des charges adaptées afin de prévenir les blessures liées à la course à pied [99]. Un des défauts de la « Quantification du Stress Mécanique » est qu'il n'existe aucun critère pour connaître la charge appliquée sur le sportif. Il est nécessaire de diminuer celle-ci, puis de l'augmenter de manière progressive (Annexe 13). La douleur et l'œdème seront les principaux critères pour témoigner du dépassement de la capacité maximale d'adaptation [45]. Un outil avec des paramètres internes et externes quantifiables existe, et il s'agit du « acute:chronic workload ratio » (ACWR), développé par Tim Gabbett qui évalue l'exposition du sportif à la charge sur la dernière session ou semaine, par rapport à l'exposition du sportif sur les trois à six dernières semaines (Annexe 14). Le ratio idéal devrait être compris entre 0,8 et 1,3. Si celui-ci est supérieur à 1,5, le risque de blessure serait 2 à 4 fois plus élevé dans les 7 jours suivants [99].

Cette démarche holistique à propos de la charge et du stress peut se résumer par la goutte d'eau qui fait déborder le vase. La goutte d'eau n'est pas l'unique facteur mis en cause, il est nécessaire d'avoir une vision globale du sportif (sommeil, nutrition, catastrophisme, etc). En ce qui concerne le dernier facteur incriminé représenté par cette goutte d'eau, la quantité apportée au vase est souvent analysée et pointée du doigt. Cependant, il est aussi nécessaire d'évaluer la force d'impact de cette goutte. Est-ce qu'un nouveau stress mécanique a le même impact en termes de charges et de contraintes sur l'organisme, et quel est son rôle dans l'apparition des blessures comparé à un stress mécanique connu et maîtrisé ? [101].

6.5 Qualité méthodologique des études

6.5.1 Pathologie

La majorité des études se concentrent sur le SSTM. Cependant, celui-ci n'est pas exclusif et peu d'études incluent plusieurs **pathologies liées à la course à pied**. Ce point est à l'origine d'une diminution de la spécificité des résultats quant à ce syndrome particulier et constitue un biais [62, 72, 75, 77, 78, 85].

Face à un syndrome d'origine controversée, il est nécessaire d'établir un consensus quant à sa **définition** afin d'écarter tout autre diagnostic différentiel, et de limiter différents biais relatifs aux termes employés tels que le recensement du nombre de sujets blessés. Yates et White ont réalisé une grande avancée sur ce point en établissant une définition consensuelle du SSTM caractérisé par une « douleur le long du bord postéro médial du tibia se produisant lors des activités physiques et non causée par des troubles ischémiques ou des fractures de stress » [31]. Les critères de l'examen clinique apportent des éléments complémentaires permettant de renforcer ce socle descriptif. Malheureusement, toutes les études ne sont pas en phase et quelques-unes plus anciennes utilisent même des termes distincts. En effet, ce syndrome est également décrit en termes de périostites, « shin splints », ou de manière plus générale comme des douleurs aux jambes liées à l'exercice. Ces différentes définitions intègrent de façon exceptionnelle certains autres diagnostics tels que le syndrome des loges ou des douleurs antérieures (Annexe 15) [58, 67, 73, 76, 79, 81].

Ce biais est d'autant plus majoré lorsque la définition des blessures liées à la course à pied est abordée. En effet, de nombreux éléments divergent tels que la temporalité des douleurs, les structures touchées, l'acteur diagnostiquant la blessure ainsi que les restrictions de participation en termes de volume, de délai d'indisponibilité ou de performance (Annexe 15). Malgré tout, depuis quelques années, la définition de Yamato TP *et al.* évoquée dans la revue de littérature semble ressortir du lot et faire consensus de par l'intégration de ces multiples facteurs [16].

6.5.2 Population

Dans la littérature, la définition de **novice** est hétérogène, ce qui implique une variabilité des résultats obtenus et une diminution de la spécificité des propos avancés car la population étudiée n'est pas similaire (Annexe 15). De manière générale, la régularité, ainsi que le délai des entraînements permettent de définir si un coureur est novice ou non. Il est important de connaître le niveau de condition physique d'un patient afin de fixer des objectifs et un plan de traitement individualisé et adapté à ses capacités et à ses objectifs, d'autant plus que le niveau de compétitivité augmente le risque de blessure [66].

Il est nécessaire d'être vigilant quant à la transposition des résultats à d'autres populations que celles étudiées. En effet, de nombreux biais sont présents quant à la **population ciblée** dans ce travail et les populations étudiées dans les études incluses. Par exemple, certaines études se concentrent uniquement sur des femmes, d'autres uniquement sur des adolescents et dans la majorité, les variables « novice » et « SSTM » sont rarement présentes auprès d'une même population. Les études se concentrent soit sur des coureurs de tout type avec un SSTM, soit sur

des coureurs novices avec des blessures liées à la course à pied, ou des coureurs sains. Ces biais sont à l'origine d'un manque de spécificité et il est nécessaire d'avoir ce constat en tête afin d'évaluer ce qui est transposable ou non. De plus, de nombreuses études se basent sur des coureurs de cross-country aux États-Unis, phénomène qui connaît un véritable engouement là-bas. Les nombreuses modalités telles que le niveau de compétitivité, la surface, les variables d'entraînement ne sont pas similaires à la population ciblée dans ce travail [58–60, 65, 67, 68, 73].

6.5.3 Méthodologie et intervention

La majorité des études analysent la biomécanique de course sur tapis roulant via un système de capture de mouvements composé de caméras ainsi que de multiples marqueurs rétro-réfléchissants [65, 69–74, 76, 78, 80, 81, 85, 89–91]. Plusieurs points peuvent être soulevés quant aux méthodologies d'analyse de course. Premièrement, il semble crucial de se demander si le schéma de course est similaire lorsque le coureur est sur tapis roulant ou sur sol. Deuxièmement, si les modifications observées sont représentatives de la dynamique de course du coureur ? Celui-ci, se sachant évalué, doit probablement essayer de déployer son potentiel neuro-dynamique à son maximum. Troisièmement, l'applicabilité sur le terrain semble utopique au vu de la complexité du matériel nécessaire. Cependant, elle reste tout à fait envisageable par simple observation ou via des outils vidéo plus communs, tels que des appareils photos ou des smartphones.

Lors des examens cliniques, certaines mesures telles que les amplitudes articulaires ou la force musculaire peuvent être optimisées. En effet, les amplitudes articulaires, en dehors des analyses via capteurs de mouvements, sont évaluées dans des positions non fonctionnelles (assis) ou de manière passive. La force musculaire est généralement évaluée lors d'une contraction isométrique en chaîne cinétique ouverte [59, 65–67, 83]. Une seule étude s'est focalisée sur la force musculaire lors d'une contraction excentrique [88].

6.5.4 Résultats significatifs

Un grand nombre d'études met en évidence des résultats significatifs à la suite de leurs analyses statistiques. Cependant, de nombreuses modifications de paramètres, qualifiées comme significatives, ne le sont que de manière minime, comme les valeurs de l'IMC dans l'étude de Linton *et al.* [63]. La question de ces observations et de ces changements en situation clinique est légitime. Premièrement, quant à leur détection (statique ou dynamique) sans matériel pointu d'analyse de course. Deuxièmement, sur l'importance de les cibler, ou non, au vu de leur faible risque supposé et de l'effet nocebo que ces modifications pourraient engendrer si elles sont mises en lumière. Dernièrement, sur l'efficacité des actions mises en place afin de réduire ces facteurs statistiquement significatifs, mais qui semblent minimes d'un point de vue clinique, et ce, d'autant plus en cabinet libéral comparé à un laboratoire de recherche. Par ailleurs, Winkelmann *et al.* estiment que les résultats de ces FDR significatifs sont difficiles à interpréter et à appliquer en pratique du fait que les valeurs se chevauchent entre les groupes sujets et les groupes témoins [102].

6.5.5 L'œuf ou la poule ?

Il est très difficile d'un point de vue méthodologique, pratique et financier de suivre des populations massives sur le long terme. De ce fait, de nombreuses études incluses dans ce travail ont été réalisées de manière rétrospective. Il est donc impossible de savoir si les facteurs mis en avant chez des sujets atteints du SSTM sont à incriminer comme étant la cause du syndrome ou si ces facteurs découlent d'une compensation mise en place une fois la pathologie apparue. Des études prospectives permettant de comparer les variables avant et après l'apparition de la pathologie sont donc nécessaires afin de clarifier les zones d'ombres restantes et ainsi de pouvoir affirmer si ces facteurs sont la cause ou la conséquence du SSTM.

6.6 Qualité méthodologique du mémoire

De nombreuses critiques peuvent être émises par rapport à la réalisation de ce travail. Tout d'abord, il est nécessaire de rappeler que celui-ci est basé sur la **vision** d'un étudiant en Masso-Kinésithérapie ne possédant qu'une très faible expérience dans la course à pied. Ce travail peut manquer de maturité et de recul par rapport à l'applicabilité clinique qui pourrait être faite sur le terrain.

Bien que le constat initial se concentrait sur la **prévention des récidives**, il a été difficile, en pratique, de trouver des articles explorant les facteurs de risque intrinsèques après une première blessure. Ce travail se base donc sur la prévention dans son ensemble en partant du principe que la prévention primaire et tertiaire sont similaires en pratique. Il est extrapolé, le fait, qu'aucune différence biomécanique ne différencie de manière significative un sujet analysé avant une première blessure et un autre analysé avant une récurrence.

Afin de ne pas exclure des pistes potentielles, le choix de ne pas imposer de **dates de publication** pour les articles a été effectué. Ce choix peut être remis en cause pour plusieurs raisons, mais celle qui semble le plus peser dans la balance est le fait que la vision du syndrome de stress tibial médial a beaucoup évolué ces dernières années. Le terme de « Shin Splints » était utilisé il y a quelques années, et dans certaines études, les diagnostics différentiels de douleurs à la jambe n'étaient pas forcément séparés ou bien compris.

De **nombreuses variables** ont été analysées, ce qui peut être un point à remettre en question. De par la quantité de ces variables, un manque d'analyse et de profondeur peuvent être présents. Cibler de manière plus précise l'une de ces variables aurait été un choix plus pertinent. De plus, il est difficile d'estimer quelle variable a le plus d'impact sur l'apparition du syndrome au vu des faibles niveaux de preuves d'études, des divergences entre les auteurs ou encore de certaines variables qui ne sont évoquées que de manière ponctuelle. Malgré cela, des tableaux récapitulatifs des résultats ont été présentés. Il est toutefois crucial de rappeler que ces tableaux ont été établis de manière subjective, en se basant sur une analyse personnelle des différentes études de la littérature. Ceux-ci sont donc sujets à de nombreux biais tels que des oublis, des croyances ou du « cherry picking ».

Une autre critique serait l'aspect **biomécanique** de ce travail. À l'heure actuelle, la littérature et les praticiens abordent de plus en plus une approche Bio-Psycho-Sociale. Les critères anatomiques et biomécaniques, bien qu'au cœur du métier de masseur-kinésithérapeute, ne sont pas les seuls à jouer un rôle dans l'apparition des blessures. Il est nécessaire d'avoir une vision holistique du patient afin de traiter et de prévenir au mieux les différentes pathologies tout en proposant une prise en charge optimale aux patients.

Le fait d'avoir écarté une **population** militaire peut être critiqué, et ce, pour plusieurs raisons. Les militaires peuvent être globalement comparés aux coureurs novices. En effet, les études sont souvent réalisées sur des recrues. Ces recrues subissent un entraînement militaire rude, du jour au lendemain, celui-ci comprenant beaucoup de course à pied. Ainsi, tout comme les novices, ils subissent un phénomène de surutilisation qui est probablement à l'origine du SSTM souvent rencontré chez les militaires. Ces derniers représentent également une population très intéressante pour les études scientifiques, et ce, d'autant plus face au constat des faibles niveaux de preuves. Ils permettent d'obtenir des échantillons de grandes tailles avec des taux d'observance très élevés, permettant ainsi de limiter certains biais. Les écarter possèdent néanmoins quelques avantages, car cibler une population de coureurs novices permet d'obtenir des résultats plus spécifiques, que ce soit par rapport à la population, au sport, et aux contraintes subies. Pour finir, écarter les militaires rend les résultats plus extrapolables à la population générale, mais surtout aux néo-sportifs blessés venant consulter en cabinet.

VII Conclusion

Le syndrome de stress tibial médial est une blessure de surutilisation couramment rencontrée dans la course à pied, et est identifié comme la principale cause de douleurs à la jambe. L'incidence de ce syndrome se situe entre 13,6 et 20% sachant que, les coureurs novices, généralement caractérisés comme des personnes ne pratiquant pas la course à pied de manière régulière sur les 12 derniers mois, sont plus à risque par rapport aux coureurs plus expérimentés [7, 23, 24].

Le syndrome de stress tibial médial est défini comme une « douleur du bord postéro-médial du tibia qui se produit lors d'exercices, en excluant les douleurs d'origine ischémique ou les signes d'une fracture de stress ». Celui-ci touche des sujets pratiquants des exercices à impacts réguliers tels que des athlètes ou des militaires. Ce syndrome découle d'une physiopathologie controversée entre une traction excessive du périoste tibial via les muscles de la loge postérieure de la jambe et des charges répétées entraînées par la course à pied. Ces deux phénomènes sont à l'origine d'une perturbation de l'homéostasie cellulaire responsable du remodelage osseux. Ainsi, les périostites résultent d'un phénomène de surutilisation et de l'incapacité de l'os à endurer des charges mécaniques répétitives entraînant ainsi une inflammation des tissus mous périostaux et des douleurs à la jonction du tiers moyen et distal du tibia [31, 32, 34, 35].

Le syndrome de stress tibial médial est diagnostiqué via un examen clinique et l'imagerie permet d'exclure les diagnostics différentiels. La prise en charge qui en découle est avant tout empirique et se base sur le principe « PEACE & LOVE ». La rééducation se base donc sur deux phases : la phase aigüe permettant de diminuer les contraintes et les douleurs via une modification des activités et la phase subaigüe se concentrant sur la reprise des activités et la mise en charge graduelle des structures lésées. Il est essentiel d'intégrer en fin de rééducation une phase de retour au sport basée sur le cadre StaRRT [36, 38, 45, 100].

La récurrence de ce syndrome est très courante chez les coureurs. Néanmoins face à une physiopathologie controversée, l'identification et la compréhension des facteurs de risque sont difficiles. Il est primordial de comprendre les mécanismes sous-jacents à ce syndrome afin de pouvoir limiter les récurrences et ce, d'autant plus face à des coureurs novices constituant une population à risque et s'entraînant le plus souvent en autonomie [6, 52, 53]. Ce cheminement a permis d'établir la problématique suivante : **Entre physiopathologie controversée et prise en charge empirique, comment clarifier les facteurs de risque intrinsèques du syndrome de stress tibial médial afin que le masseur-kinésithérapeute puisse lutter efficacement contre la récurrence de celui-ci chez le coureur à pied novice ?**

Afin de répondre à cette problématique, une recherche dans la littérature a été effectuée. Ce travail se veut spécifique, c'est pourquoi, seuls des coureurs atteints du syndrome ou des coureurs novices ont été sectionnés. Malgré les avantages que les militaires peuvent apporter dans les études, cette population a été écartée.

Le but de ce travail était d'identifier les facteurs de risques intrinsèques de ce syndrome chez des coureurs novices afin d'identifier les axes de prévention utiles pour le masseur-kinésithérapeute. Ces deux caractéristiques ont rarement été regroupées dans un seul et même article, c'est pourquoi

elles ont été analysées séparément. Tout au long de ce projet des pistes de traitements ont été identifiées, cependant, l'objectif de ce travail ne consistait pas en l'évaluation de leur efficacité. Ainsi, ces modalités préventives vont être présentées en fonction de leurs supposées actions. De plus, l'analyse de leur efficacité en fonction des facteurs de risque constituerait un travail pertinent.

Au final, de nombreux facteurs de risques ont été identifiés mais il est avant tout nécessaire de rappeler que ces résultats sont à pondérer. En effet ces facteurs ont parfois été identifiés sur des coureurs non pathologiques ou encore sur des coureurs présentant le syndrome lors de l'étude. Le postulat que les coureurs atteints du syndrome et les coureurs ayant eu le syndrome soient comparables est discutable et est à garder en tête lors de l'analyse des résultats. Par ailleurs, les facteurs de risques identifiés sont également influencés par d'autres variables qui ne sont pas négligeables. Savoir si ceux-ci sont la cause ou la conséquence du syndrome est parfois difficile à vérifier. Ainsi, de plus amples études prospectives sont nécessaires afin de savoir si ceux-ci sont la cause ou la conséquence du syndrome, ce qui est parfois difficile à vérifier.

Ainsi, les facteurs de risque de la récurrence du syndrome de stress tibial médial sont :

Les facteurs de risques non modifiables identifiés dans ce travail sont : un antécédent de SSTM, une faible expérience, un IMC en dehors des valeurs considérées comme « adaptées » et, enfin, être de sexe féminin. Au niveau du pied, les facteurs de risques identifiés sont une augmentation de la période de pronation, une augmentation de la pronation maximale mais uniquement si celle-ci est exagérée (via le FPI), une augmentation de la durée d'éversion, une augmentation de la chute du naviculaire mais seulement si celle-ci est supérieure à 10 mm, une augmentation de la torsion abductrice et du décollement précoce du talon, une augmentation de la raideur des muscles LFO et TP, une suractivation neuromusculaire du soléaire, une augmentation du temps de contact ainsi qu'une augmentation ou une diminution du rapport de force médio-latérale. Au niveau du genou, les facteurs de risques identifiés sont une augmentation de l'extension du genou lors de la phase de contact et de la phase d'appui, une diminution de la flexibilité de la bandelette ilio-tibiale et du tenseur du fascia-lata ainsi qu'une démarche apropulsive. Au niveau de la hanche, les facteurs de risques identifiés sont une augmentation de l'amplitude articulaire de flexion de hanche, une augmentation de l'amplitude en rotation interne de hanche et ce surtout chez une population féminine ainsi qu'une majoration de la variabilité cinématique proximale. Au niveau du bassin, l'unique facteur de risque identifié est une majoration de la chute pelvienne controlatérale lors de la phase d'appui. Au niveau du tronc, les facteurs de risque identifiés sont : une augmentation de la flexion du tronc lors de la phase d'appui ainsi qu'une corrélation entre l'endurance du tronc et la rotation interne de hanche. La fatigue au niveau du tronc entraîne une augmentation de l'excursion du centre de pression, une augmentation de la flexion du genou ainsi qu'une diminution du taux de charge des forces verticales de réaction au sol. En ce qui concerne les facteurs de risques cinétiques, les forces verticales de réaction au sol ainsi que les forces de freinage ne sont pas associées au syndrome de stress tibial médial. Malgré tout il est essentiel de prendre ces VGRF en compte et ce d'autant plus lors d'une récurrence. Par ailleurs, celles-ci sont corrélées à la longueur des pas et ont été associées à l'apparition de fractures de stress [56–60, 62–64, 68, 70–78, 80, 83–85].

Plusieurs variables influencent les facteurs de risques identifiés. Dans un premier temps, la fatigue entraîne une augmentation de la flexion du tronc, une augmentation de l'antéversion, de l'obliquité et de la rotation pelvienne, une augmentation de la flexion de hanche et de l'extension de genou, une augmentation de l'éversion de cheville ainsi qu'une majoration du rapport des forces de pression médio-latérales dans le schéma préférentiel. Dans un deuxième temps, en ce qui concerne la coordination, les coureurs novices, par rapport aux coureurs expérimentés présentent une augmentation de la variabilité cinématique proximale du membre inférieur et une diminution des mouvements en phase permettant l'absorption des chocs. Finalement, dans un troisième temps, les paramètres de foulées vont à l'encontre de ce qui est souvent énoncé dans la littérature. En effet, bien que le temps de contact ait augmenté, de nombreuses variables sont similaires entre des coureurs atteints du syndrome et des coureurs sains telles que l'angle d'attaque du pied, la cadence ou encore la longueur des pas [71, 73, 89–93].

Bien que n'étant pas l'objet de ce travail, certains facteurs de risques extrinsèques ont été identifiés ainsi, le port d'orthèse, une faible activité physique antérieure et notamment à charge axiale, la surface, le niveau de compétition, le volume de course et le suivi d'un programme représentent des facteurs influençant le risque de développer un syndrome de stress tibial médial [59, 62, 63, 66, 69, 75, 78, 79].

Malgré le fait qu'il soit très peu évoqué par les études identifiées, le domaine de l'éducation et des croyances du coureur est essentiel et se doit d'être évoqué. La prévention des récides du syndrome de stress tibial médial se doit d'être envisagée dans une approche holistique. Bien que les compétences du masseur-kinésithérapeute s'accorde à la prise en charge des facteurs biomécaniques et anatomiques, négliger l'éducation, les croyances et les comportements des coureurs mettrait de côté une force de prévention essentielle. Les erreurs d'entraînements, un comportement compétitif ainsi que les facteurs cognitifs et environnementaux sont des causes majeures de l'apparition des blessures de surutilisation. Elles constituent une clé de voûte de la prévention des blessures et ce d'autant plus chez les coureurs novices [62, 103].

Pour conclure sur ces facteurs de risque, il est nécessaire de privilégier une analyse de course ainsi que des tests dynamiques, en charge, fonctionnels et se rapprochant le plus de la spécificité du sport pratiqué tels que le « Navicular Drop Test » ou encore le « Standing heel-rise test ». Optimiser la phase et les critères de retour au sport via des hop tests ou la « Lower Extremity Functional Scale » lors de la première rééducation peut permettre de limiter le risque de récive [95].

Ainsi, les pistes de traitement préventif du syndrome de stress tibial médial sont :

Ce travail a permis de mettre en lumière les facteurs impliqués ou non dans l'apparition du syndrome de stress tibial médial. Tout au long de celui-ci, des pistes préventives réalisables par le masseur-kinésithérapeute ont été identifiées. Tout d'abord, une rééducation adaptée lors de la blessure initiale permettrait d'abaisser le risque de récive. Ainsi, il paraît crucial de respecter le temps de guérison du périoste et de diminuer la participation sportive afin de redescendre sous le seuil de surutilisation des tissus lésés. En effet, face au constat mis en avant par Linton et al. il a

été montré que 86% des coureurs continuent à s'entraîner malgré une blessure liée à la course à pied. La phase de retour au sport va être une étape charnière pour les récidives. Cette dernière peut être approximée via le LEFS et se doit d'être sécuritaire en se basant sur de multiples facteurs détaillés dans le cadre StaRRT ainsi que sur des tests fonctionnels tels que des hop tests ou des tests d'endurance des muscles de loge postérieure de la jambe ou du tronc [39, 51, 63, 95, 100].

La mise en place d'une routine d'exercices à proximité d'un entraînement s'impose comme logique dans une démarche préventive. Cette routine va permettre de cibler et de prévenir plusieurs facteurs de risques. Dans un premier temps, des exercices de renforcement musculaire des muscles intrinsèques du pied vont, via une rigidification de la voûte plantaire, diminuer la chute du naviculaire, la rotation interne tibiale ainsi que l'éversion de l'arrière-pied. Par ailleurs, le muscle tibial antérieur s'insère sur le premier métatarsien ainsi que sur le cunéiforme médial. Une diminution de la traction en flexion dorsale des os adjacents au naviculaire résultant de son hyper extensibilité est à l'origine d'une augmentation du ND et de la pronation. Des exercices excentriques du tibial antérieur sont donc à inclure afin de limiter la chute du naviculaire. Un renforcement des muscles tibial postérieur et soléaire vont également permettre de limiter la pronation, via leur rôle de soutien de l'arche médiale longitudinale, de par leurs insertions. Ce travail musculaire au niveau du pied va permettre d'éviter au sportif l'arrêt de son activité. Ces exercices de renforcement musculaire sont à réaliser en chaîne cinétique fermée, de manière excentrique [40, 43, 61, 74, 75, 77]. Dans un deuxième temps, cette routine devra comprendre des exercices d'étirements visant les muscles de la loge postérieure et plus particulièrement le muscle long fléchisseur des orteils ainsi que le tibial postérieur permettant de diminuer la raideur et la traction des muscles de loge postérieure sur le périoste [86]. De nombreuses hypothèses sont avancées pour justifier une différence d'amplitude articulaire de la hanche. La force et la raideur des muscles proximaux de la hanche sont similaires entre des coureurs atteints ou non de périostites. Par ailleurs, l'angle d'adduction de hanche n'est pas corrélé avec la force des abducteurs de hanche et l'angle de rotation ne l'est pas non plus avec la force des rotateurs de hanche. Face à ce constat, la littérature évoque un potentiel manque de contrôle neuromusculaire chez les coureurs novices. Intégrer, dans un troisième temps, des exercices non pas sur la force des muscles de la hanche mais sur le contrôle neuromusculaire de ceux-ci constitue une modalité préventive des blessures auprès d'une population de coureurs novices. Cibler de manière plus précise l'activation neuromusculaire du moyen fessier et des rotateurs externes de hanche permettrait de contrecarrer la chute pelvienne et la rotation interne de hanche majorée. L'activation neuromusculaire du grand fessier s'avère également nécessaire face à une flexion de hanche augmentée lors de la phase d'appui, après un protocole de fatigue. Le pattern d'activation des muscles proximaux n'est pas à ignorer car celui-ci influence les charges distales [43, 45, 70, 73, 104].

Les changements cinématiques induits par la fatigue sont plus prononcés chez les coureurs novices par rapport aux coureurs compétitifs et notamment en ce qui concerne l'antéversion, l'obliquité et la rotation pelvienne. Les muscles proximaux ne possèdent pas de déficit de force, cependant, une association a été retrouvée entre l'augmentation de l'endurance du tronc et la diminution de la rotation interne de hanche ainsi qu'entre l'endurance des extenseurs du rachis et l'angle de flexion maximale du tronc. Ainsi, dans un quatrième temps, il est nécessaire d'intégrer des exercices d'endurance du tronc et plus spécifiquement du moyen fessier et des muscles para-spinaux afin de développer cette « core stability ». Ces actions vont donc prévenir les effets de la fatigue et

l'apparition du syndrome de stress tibial médial. Il est nécessaire de rappeler que la réponse à la fatigue est très différente pour chaque individu et que celle-ci est issue d'un mécanisme complexe découlant de multiples facteurs. La fatigue centrale ou cognitive est également à prendre en compte et peut grandement influencer la perception de l'effort. Celle-ci englobe de nombreux facteurs environnementaux, psycho-sociaux, alimentaires et impacte, de manière indirecte, le risque de blessure et la santé d'un sujet. Un modèle permettant de bien représenter son mécanisme est « le modèle de la chasse d'eau » développé par Guillaume Millet. Il paraît donc pertinent d'évaluer la fatigue ainsi que la perception de l'effort via des paramètres précis mais également les facteurs pouvant les influencer [70, 71, 85, 87, 91, 105].

Ce travail s'est focalisé sur les facteurs de risque biomécaniques du coureur à pied novice, ainsi, peu d'études ont abordé le versant éducatif qu'une prise en charge masso-kinésithérapique peut apporter. Face à une pathologie de surutilisation causée selon certains auteurs à 70% par des erreurs d'entraînements, il sera crucial d'éduquer le patient lors de la rééducation de la primo-blessure sur les facteurs de risques et les erreurs à ne pas commettre. Les facteurs extrinsèques ne sont pas à négliger face à de nombreux facteurs biomécaniques plus difficilement modulables et qui ne modifient que faiblement le risque d'apparition du syndrome de stress tibial médial. Concernant le volume de course, bien que le kilométrage hebdomadaire soit similaire entre les coureurs atteints ou non de blessures liées à la course à pied et que les forces de réaction verticales au sol ne soient pas associées au syndrome de stress tibial médial, le volume total de course expliquait 31,9% de la variance des pics d'impacts tibiaux après 3 semaines d'entraînement à volume croissant de 19% chez des coureurs novices. Bien qu'il soit impossible d'associer l'augmentation du volume aux douleurs, il est tout de même pertinent de signaler que deux participants ont éprouvé une gêne à la jambe lors de la troisième et dernière semaine d'entraînement. L'augmentation de 19% du volume d'entraînement responsable d'une variation de 31,9% des pics d'impacts semble élevée et peut être à l'origine d'une sur-sollicitation du tibia provoquant un déséquilibre dans le processus de remodelage du périoste. Contrairement à l'avis de l'auteur, augmenter le volume de course de 20% par semaine ne semble pas adapté dans la prévention des périostites [59, 75, 78, 82, 89]. Par ailleurs, les coureurs novices adhérant à un programme d'entraînement reconnu étaient moins à risque de blessure que les novices adhérant à un programme personnel. La différence supposée entre ces programmes est la notion de progressivité. Celle-ci permet d'éviter que la tolérance des tissus ne soit dépassée. Cette notion de progressivité est primordiale car celle-ci est au cœur de la physiopathologie du syndrome de stress tibial médial. Ainsi, elle constitue une clé de voûte dans la prévention de ce syndrome. Le corps humain est un système anti-fragile qui se renforce face aux contraintes. Cependant, la sous ou surutilisation lui sont délétères. Cette vision est retrouvée dans les modèles de prévention tels que la « Quantification du Stress Mécanique » ainsi que dans le principe du « Acute:Chronic Workload Ratio ». Il est donc nécessaire d'individualiser l'entraînement du patient en fonction de ses antécédents, de l'activité physique pratiquée antérieurement, de son niveau actuel et de ses objectifs. Par ailleurs, il est essentiel d'autonomiser le patient afin que celui-ci soit dans la capacité de réaliser un autocontrôle des différents facteurs d'entraînement et facteurs de risque [45, 63, 66, 99, 104, 106].

Le réentraînement à la course ou « gait retraining » est souvent abordé dans la littérature et est intrinsèquement lié au choix du chaussage. Ce dernier permettrait de modifier un grand nombre de paramètres liés à la course et plus spécifiquement un grand nombre de facteurs de risque

impliqués dans l'apparition du syndrome de stress tibial médial. Cependant, l'efficacité de ces actions se doit d'être évaluée. Cette modalité est représentative de la biomécanique de course et est réalisable en pratique au cabinet via la mise en place de feedbacks visuels en temps réel grâce à une interface électronique ou un miroir. Les feedbacks sonores via l'utilisation d'un métronome peuvent également être utilisés lors des entraînements. Comme évoqué précédemment, il est aussi possible d'analyser le schéma de course d'un patient sur tapis roulant et de modifier la biomécanique de course via des retours oraux ou encore une vidéo prise avec un téléphone ou tout autre appareil. La diminution du pic d'impact vertical induit par une frappe avant-pied est protecteur contre les blessures du genou et de la jambe. Ainsi, il serait nécessaire d'essayer d'opter pour une frappe médio ou avant-pied, d'augmenter la cadence des pas et de diminuer le temps de contact au sol en essayant de décoller les pieds le plus haut et plus tôt possible du sol [69, 79, 85].

Accroître la cadence de course de 10% permettrait à la fois d'éviter le phénomène d'« overstriding », mais aussi d'augmenter l'activation des muscles grands fessier lors de la phase oscillante terminale. Ceci, correspond donc à une meilleure pré-activation de ces muscles pouvant lutter contre la flexion du tronc. La cadence idéale se situe vers les 180 pas par minute, ce qui se rapproche de la cadence naturelle lors de la course réalisée pieds nus. Afin d'aider le patient dans cette augmentation de cadence, certaines consignes peuvent lui être apportées telles que : courir de manière légère ou faire le moins de bruit possible lorsque les pieds heurtent le sol. Cependant, augmenter la cadence revient à privilégier une attaque avant pied et augmenter la tension sur les muscles de loge postérieure. Ainsi, ce réentraînement à la course serait donc à réaliser dans un temps ultérieur à celui du programme d'exercice. Il est également important de garder en tête le fait que ce réentraînement n'est pas anodin et peut engendrer l'apparition de blessures dans des zones adjacentes en voyant leurs contraintes augmentées [41, 68, 69, 100, 103, 104].

La littérature évoque le choix des chaussures. En effet, le débat entre le minimaliste et le maximaliste est présent depuis plusieurs années au sein des professions et celui-ci reste mitigé. Cette décision doit se baser sur des critères individuels et propres au patient. Face à un coureur novice et à risque de récurrence, il est pertinent d'axer son approche sur le concept d'adaptation. La course minimaliste s'inscrit dans cette démarche d'anti-fragilité et d'adaptabilité du corps humain. Elle apporte des solutions permettant de réduire ou limiter de nombreux facteurs de risque impliqués dans le syndrome de stress tibial médial tels que les forces verticales de réaction au sol, une meilleure absorption des forces au niveau de la cheville, une attaque avant-pied ainsi qu'une augmentation de la cadence et une diminution de la longueur des pas. Cependant, face à la dualité physiopathologique de l'apparition du syndrome de stress tibial médial, la transition vers un modèle minimaliste n'est pas si aisée. Bien qu'à l'origine d'une diminution des impacts de force sur le tibia, la course minimaliste entraîne une augmentation des forces sur les fléchisseurs plantaires lors des phases d'absorption et de propulsion conduisant ainsi à une augmentation de la tension sur le périoste. Tout comme le tendon et le muscle, le fascia et l'os ont un fort potentiel d'adaptation. Cependant, ce processus s'inscrit sur un temps beaucoup plus élevé. Ainsi, la progressivité et la prudence lors de cette phase de transition sont indispensables et se doivent d'être respectées. La douleur sera également un facteur à ne pas négliger et une apparition de celle-ci devra orienter vers une diminution des charges. Cette transition augmente le risque de blessure mais, l'incidence des blessures ne varie pas entre une chaussure maximaliste et une chaussure minimaliste une fois la transition effectuée. À l'heure actuelle, la posture du pied semble être l'un des facteurs primordiaux dans le choix d'une paire de chaussure, celle-ci devant correspondre à la

morphologie du pied. Certains auteurs estiment que le confort serait un critère plus adapté. La question de la légitimité des interventions visant à contrôler le mouvement du pied tels que les orthèses se pose [45, 48, 64, 82, 107–109]. Une contention souple de type « low-die tape » ne semble pas prévenir l'apparition du syndrome de stress tibial médial et est difficile à mettre en pratique [74, 104].

Les sujets atteints du SSTM étaient trois fois plus susceptibles de déclarer le port d'orthèses et celles-ci semblent également associées à un risque accru de développer une blessure auprès de coureurs novices et récréatifs. Ce constat est d'autant plus étonnant que les orthèses semblent efficaces lors de la rééducation afin de réduire la tension s'appliquant sur le tibia. Cette association présenterait un caractère non causal et serait liée au fait que les blessures et la biomécanique du pied sont corrigées par les orthèses. Celles-ci sont souvent prescrites pour corriger un affaissement de l'arche médiale longitudinale du pied et ce facteur semble jouer un rôle dans l'apparition de cette pathologie. Ainsi, la part des orthèses dans l'apparition de la pathologie est difficile à cerner [46, 57–59, 61, 102, 108].

En pratique, un masseur-kinésithérapeute ne reçoit jamais en séance un coureur venant dans un but préventif. En effet, les patients se présentent lorsque ceux-ci sont blessés. Plusieurs solutions peuvent être apportées à ce problème. Il va être nécessaire de rendre le patient acteur de sa prévention et ce, en l'éduquant dès sa rééducation de primo-blessure. Celui-ci doit connaître les différents facteurs de risque, comprendre les impacts de ces derniers sur l'apparition de sa pathologie et doit être en mesure d'élaborer en toute autonomie des actions afin de limiter ou lutter contre ces facteurs de risque. Certains outils, tels que des dépliants, des guides, des sites internet ou des infographies peuvent être utiles afin d'aider le patient. Il existe également deux autres piliers dans la prévention des blessures liées à la course à pied. Tout d'abord, bien que les coureurs et d'autant plus les novices pratiquent la course à pied pour sa facilité d'accès, de mise en place et l'autonomie qui en découle, il paraît crucial de conseiller à un coureur blessé de se diriger vers un club d'athlétisme. À l'heure actuelle, il existe autant de manières de courir que de clubs existants. Un coureur trouvera toujours un organisme ou un groupe adapté à sa pratique que celle-ci soit sur piste, hors stade, récréative ou compétitive. Cette continuité entre le milieu du soin et le milieu du sport est essentielle, le coureur sera toujours accompagné et conseillé dans sa pratique. D'autre part, bien que cela soit difficile à mettre en pratique, il pourrait être pertinent, à la suite d'une rééducation, de mettre en place une consultation préventive dans le but de vérifier la santé du patient et réaffirmer les acquis nécessaires quant à la prévention de sa blessure. Il est également possible d'informer de manière plus générale les coureurs lors de manifestations sportives.

Finalement, de nombreux facteurs de risque sont à l'origine du syndrome de stress tibial médial. Face à ce constat et à une physiopathologie controversée, la prévention de ce syndrome se doit d'être holistique. De nombreuses pistes de traitements préventifs ont été identifiées permettant de réaliser une approche multifactorielle. Il est nécessaire de rappeler que la prise en charge masso-kinésithérapique se doit avant tout d'être personnalisée, en prenant en compte le profil des coureurs et doit se fier aux facteurs de risque spécifiques à l'individu. Cependant, ces recommandations ne sont que théoriques et découlent des facteurs de risques identifiés à la suite d'une analyse personnelle n'imputant que ma personne. D'autres travaux se sont focalisés sur l'efficacité de ces traitements préventifs et permettent ainsi de compléter ma réflexion.

Recommandations personnelles :

Afin de lutter efficacement contre la récurrence du syndrome de stress tibial médial chez le coureur à pied novice hors stade, je préconise :

- ◇ D'être vigilant lors de la **phase de retour au sport** qui constitue une étape charnière pour les récurrences.
- ◇ **D'éduquer le patient et le rendre autonome** sur : la physiopathologie et les facteurs de risque de ce syndrome, les impacts de ces facteurs sur la réapparition de celui-ci, comment agir afin de limiter ces facteurs de risques ainsi que sur la progression des charges d'entraînements et de la quantité de stress que subit son organisme via l'éducation, des dépliants, des sites internet, des infographies etc.
- ◇ De **mettre en place une routine d'exercices** comprenant :
 - Des exercices de renforcement des muscles intrinsèques du pied, des muscles de la loge postérieure de la jambe et du tibia antérieur afin de lutter contre l'affaissement de l'arche médiale longitudinale.
 - Des étirements des muscles de la loge postérieure afin de lutter contre leur raideur et la tension que ceux-ci exercent sur le périoste.
 - Des exercices d'activation neuromusculaire des muscles moyen fessier, grand fessier et rotateurs externes de hanche ainsi que des exercices d'endurance des muscles du tronc notamment du moyen fessier et des para-spinaux afin de lutter contre les modifications biomécaniques proximales.
- ◇ De **limiter l'apparition de :**
 - La fatigue périphérique en respectant des temps de repos, une récupération et la progression des charges.
 - La fatigue centrale en prêtant attention à la perception de l'effort, l'hygiène de vie, l'environnement familial et professionnel et d'être optimiste : le corps est basé sur un modèle d'anti-fragilité.
- ◇ De réaliser un **réentraînement à la course** en adoptant une cadence proche des 180 pas par minute, une frappe avant ou médio-pied et en diminuant les forces d'impacts.
- ◇ De considérer **une modification du chaussage** après la routine d'exercices et le réentraînement à la course. Face à un novice blessé, il peut être pertinent de faire courir celui-ci en chaussures minimalistes. Il est néanmoins nécessaire de garder en tête que ce mode de course diminue les impacts sur le tibia mais augmente les tensions sur les muscles de la loge postérieure. La progression devra donc être d'autant plus importante. Il est impossible de recommander le **port d'orthèses**.
- ◇ Afin de **maintenir la continuité des soins** avec le milieu sportif, il est nécessaire d'orienter le coureur vers un club d'athlétisme. Avec le milieu médical, il est nécessaire de réaliser des consultations préventives visant à réaffirmer les acquis du patient et maintenir son autonomie.

Bibliographie

Images libres de droits :

Shutterstock Inc, shutterstock [en ligne]. New-York : Shutterstock Inc ; 2021 [consulté en janvier 2021]. Disponible : <https://www.shutterstock.com/fr/image-illustration/tibia-fibula-anatomy-277232024>.

Freepik Company. Flaticon [en ligne]. Málaga : Freepik Company ; 2020 [consulté en septembre 2020]. Disponible : <https://www.flaticon.com>.

Articles et documents :

[1] Warburton DER, Nicol CW, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ Can Med Assoc J J Assoc Medicale Can*. 2006; 174(6): 801–809.

[2] Organisation Mondiale de la Santé. Stratégie sur l'activité physique pour la Région européenne de l'OMS 2016-2025 [en ligne]. Vilnius : OMS ;2015 [18 décembre 2020]. Disponible :

https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/283807/65wd09f_PhysicalActivityStrategy_150474_withCover.pdf.https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/283807/65wd09f_PhysicalActivityStrategy_150474_withCover.pdf (2015, accessed 18 December 2020).

[3] Piggin J. What Is Physical Activity? A Holistic Definition for Teachers, Researchers and Policy Makers. *Front Sports Act Living* 2020; 2: 72.

[4] Observatoire National de l'Activité Physique et de la Sédentarité. Confinement national lié à la Covid-19 : recommandations de l'observatoire national de l'activité physique et de la sédentarité (ONAPS) [en ligne]. Clermont-Ferrand : ONAPS ;2020 [mis à jour le 06 novembre 2020]. Disponible :

http://www.onaps.fr/data/documents/Recommandations_Onaps_confinement_vf_ms.pdf.

http://www.onaps.fr/data/documents/Recommandations_Onaps_confinement_vf_ms.pdf (2020, accessed 18 December 2020).

[5] Massardier V, Vazquez H. SportEco [en ligne]. Paris : Ministère des Sports ; 2019. [14 mai 2019 ;07 mai 2020]. Les stratégies d'organisation des courses « hors stade » : un enjeu clé pour le développement du running [mis à jour le 14 mai 2019]. Disponible : https://www.sports.gouv.fr/IMG/pdf/sporteco_17_running_v2.pdf.

[6] Massardier V, Vazquez H. SportEco [en ligne]. Paris : Ministère des Sports ; 2019. [14 mai 2019 ;07 mai 2020]. Les stratégies d'organisation des courses « hors stade » : un enjeu clé pour le développement du running [mis à jour le 14 mai 2019]. Disponible : https://www.sports.gouv.fr/IMG/pdf/sporteco_17_running_v2.pdf.

[7] Lopes AD, Hespanhol Júnior LC, Yeung SS, et al. What are the main running-related musculoskeletal injuries? A Systematic Review. *Sports Med Auckl NZ* 2012; 42: 891–905.

[8] Lacouture P, Colloud F, Decatoire A, et al. Étude biomécanique de la course à pied. *EMC Podol*. 2013; 9 (2).

[9] Dugan SA, Bhat KP. Biomechanics and analysis of running gait. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2005; 16: 603–621.

[10] Dufour M, Pillu M. Biomécanique fonctionnelle - Membres - Tête - Tronc. 2eme ed. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson, 2017, 549 p.

- [11] Thordarson DB. Running biomechanics. *Clin Sports Med* 1997; 16: 239–247.
- [12] Arellano CJ, Kram R. Partitioning the metabolic cost of human running: a task-by-task approach. *Integr Comp Biol* 2014; 54: 1084–1098.
- [13] Lussiana T, Gindre C. Feel your stride and find your preferred running speed. *Biol Open* 2015; 5: 45–48.
- [14] van der Worp H, Vrielink JW, Bredeweg SW. Do runners who suffer injuries have higher vertical ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2016; 50: 450–457.
- [15] Nigg BM, Wakeling JM. Impact forces and muscle tuning: a new paradigm. *Exerc Sport Sci Rev* 2001; 29: 37–41.
- [16] Yamato TP, Saragiotto BT, Lopes AD. A consensus definition of running-related injury in recreational runners: a modified Delphi approach. *J Orthop Sports Phys Ther* 2015; 45: 375–380.
- [17] Ceyssens L, Vanelderden R, Barton C, et al. Biomechanical Risk Factors Associated with Running-Related Injuries: A Systematic Review. *Sports Med Auckl NZ* 2019; 49: 1095–1115.
- [18] Giandolini M, Horvais N, Rossi J, et al. Effects of the foot strike pattern on muscle activity and neuromuscular fatigue in downhill trail running. *Scand J Med Sci Sports* 2017; 27: 809–819.
- [19] Cook JL, Docking SI. ‘Rehabilitation will increase the “capacity” of your ...insert musculoskeletal tissue here....’ Defining “tissue capacity”: a core concept for clinicians. *Br J Sports Med* 2015; 49: 1484–1485.
- [20] Neil ER, Winkelmann ZK, Edler JR. Defining the Term ‘Overuse’: An Evidence-Based Review of Sports Epidemiology Literature. *J Athl Train* 2018; 53: 279–281.
- [21] Chéron C, Le Scanff C, Leboeuf-Yde C. Association between sports type and overuse injuries of extremities in adults: a systematic review. *Chiropr Man Ther* 2017; 25: 4.
- [22] van der Worp MP, ten Haaf DSM, van Cingel R, et al. Injuries in runners; a systematic review on risk factors and sex differences. *PloS One* 2015; 10: e0114937.
- [23] Videbæk S, Bueno AM, Nielsen RO, et al. Incidence of Running-Related Injuries Per 1000 h of running in Different Types of Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ* 2015; 45: 1017–1026.
- [24] Kluitenberg B, van Middelkoop M, Diercks R, et al. What are the Differences in Injury Proportions Between Different Populations of Runners? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ* 2015; 45: 1143–1161.
- [25] Kluitenberg B, van Middelkoop M, Smits DW, et al. The NLstart2run study: Incidence and risk factors of running-related injuries in novice runners. *Scand J Med Sci Sports* 2015; 25: e515–523.
- [26] Buist I, Bredeweg SW, Bessem B, et al. Incidence and risk factors of running-related injuries during preparation for a 4-mile recreational running event. *Br J Sports Med* 2010; 44: 598–604.
- [27] van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC. Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Med Auckl NZ* 1992; 14: 82–99.
- [28] Nielsen RO, Buist I, Parner ET, et al. Predictors of Running-Related Injuries Among 930 Novice Runners: A 1-Year Prospective Follow-up Study. *Orthop J Sports Med* 2013; 1: 1–7.
- [29] Kluitenberg B, van der Worp H, Huisstede BMA, et al. The NLstart2run study: Training-related factors associated with running-related injuries in novice runners. *J Sci Med Sport* 2016; 19: 642–646.
- [30] Nielsen RØ, Parner ET, Nohr EA, et al. Excessive progression in weekly running distance and risk of running-related injuries: an association which varies according to type of injury. *J*

Orthop Sports Phys Ther 2014; 44: 739–747.

- [31] Reshef N, Guelich DR. Medial tibial stress syndrome. *Clin Sports Med* 2012; 31: 273–290.
- [32] Franklyn M, Oakes B. Aetiology and mechanisms of injury in medial tibial stress syndrome: Current and future developments. *World J Orthop* 2015; 6: 577–589.
- [33] Batt ME. Shin splints--a review of terminology. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med* 1995; 5: 53–57.
- [34] Warden SJ, Davis IS, Fredericson M. Management and prevention of bone stress injuries in long-distance runners. *J Orthop Sports Phys Ther* 2014; 44: 749–765.
- [35] Bates P. Shin splints--a literature review. *Br J Sports Med* 1985; 19: 132–137.
- [36] Winters M. The diagnosis and management of medial tibial stress syndrome : An evidence update. *Unfallchirurg* 2020; 123: 15–19.
- [37] Newman P, Adams R, Waddington G. Two simple clinical tests for predicting onset of medial tibial stress syndrome: shin palpation test and shin oedema test. *Br J Sports Med* 2012; 46: 861–864.
- [38] McClure CJ, Oh R. Medial Tibial Stress Syndrome . In: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2019.
- [39] Moen MH, Schmikli SL, Weir A, et al. A prospective study on MRI findings and prognostic factors in athletes with MTSS: MRI findings and prognostic factors in athletes with MTSS. *Scand J Med Sci Sports* 2014; 24: 204–210.
- [40] Hamstra-Wright KL, Bliven KCH, Bay C. Risk factors for medial tibial stress syndrome in physically active individuals such as runners and military personnel: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015; 49: 362–369.
- [41] Nielsen RO, Buist I, Sørensen H, et al. Training errors and running related injuries: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther* 2012; 7: 58–75.
- [42] Reinking MF, Austin TM, Richter RR, et al. Medial Tibial Stress Syndrome in Active Individuals: A Systematic Review and Meta-analysis of Risk Factors. *Sports Health* 2017; 9: 252–261.
- [43] Newman P, Witchalls J, Waddington G, et al. Risk factors associated with medial tibial stress syndrome in runners: a systematic review and meta-analysis. *Open Access J Sports Med* 2013; 4: 229–241.
- [44] Gammelgaard Olesen C. Understanding the biomechanics of medial tibial stress syndrome – A simulation study using a musculoskeletal model. XXIIInd Congress of the International Society of Biomechanics. 2009 ; 1.
- [45] Dubois B, Berg F. La clinique du coureur. Angoulême : Mons Eds ; 2019, 507p.
- [46] Fullem BW. Overuse lower extremity injuries in sports. *Clin Podiatr Med Surg* 2015; 32: 239–251.
- [47] Winters M, Eskes M, Weir A, et al. Treatment of medial tibial stress syndrome: a systematic review. *Sports Med Auckl NZ* 2013; 43: 1315–1333.
- [48] Galbraith RM, Lavallee ME. Medial tibial stress syndrome: conservative treatment options. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2009; 2: 127–133.
- [49] Winters M, Moen MH, Zimmermann WO, et al. The medial tibial stress syndrome score: a new patient-reported outcome measure. *Br J Sports Med* 2016; 50: 1192–1199.
- [50] Gallo RA, Plakke M, Silvis ML. Common leg injuries of long-distance runners: anatomical and biomechanical approach. *Sports Health* 2012; 4: 485–495.
- [51] Mulvad B, Nielsen RO, Lind M, et al. Diagnoses and time to recovery among injured recreational runners in the RUN CLEVER trial. *PLOS ONE* 2018; 13: e0204742.

- [52] Saragiotto BT, Yamato TP, Hespanhol Junior LC, et al. What are the main risk factors for running-related injuries? *Sports Med Auckl NZ* 2014; 44: 1153–1163.
- [53] Hespanhol Junior LC, Pena Costa LO, Lopes AD. Previous injuries and some training characteristics predict running-related injuries in recreational runners: a prospective cohort study. *J Physiother* 2013; 59: 263–269.
- [54] Ministère des affaires sociales et de la santé. Arrêté du 2 mai 2017 modifiant l'arrêté du 2 septembre 2015 relatif au diplôme d'État de masseur-kinésithérapeute (JORF no 109 du 10 mai 2017). Disponible : https://solidarites-sante.gouv.fr/fichiers/bo/2017/17-04/ste_20170004_0000_0042.pdf.
- [55] Ministère de la santé, de la jeunesse, des sports et de la vie associative. Mission au profit du gouvernement relative aux disparités territoriales des politiques de prévention sanitaire. Annexe 1 : LA PREVENTION : définition, notions générales sur l'approche française, et comparaisons internationales. Disponible : <https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/annexes.pdf>.
- [56] Fourchet F. OpenGrey [en ligne]. Reims : Université de Reims Champagne-Ardenne ; 2012. Foot-ankle injury prevention in adolescent athletes - OpenGrey ; 2012 [consulté le 07 mai 2020]. Disponible : <http://www.opengrey.eu/item/display/10068/882528>.
- [57] Krutsch W, Mayr HO, Musahl V, et al. Injury and health risk management in sports : a guide to decision making. Berlin : Springer ; 2020, 747 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60752-7>.
- [58] Bennett JE, Reinking MF, Rauh MJ. The relationship between isotonic plantar flexor endurance, navicular drop, and exercise-related leg pain in a cohort of collegiate cross-country runners. *Int J Sports Phys Ther* 2012; 7: 267–278.
- [59] Hubbard TJ, Carpenter EM, Cordova ML. Contributing factors to medial tibial stress syndrome: a prospective investigation. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 490–496.
- [60] Plisky MS, Rauh MJ, Heiderscheit B, et al. Medial tibial stress syndrome in high school cross-country runners: incidence and risk factors. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007; 37: 40–47.
- [61] Naderi A, Moen MH, Degens H. Is high soleus muscle activity during the stance phase of the running cycle a potential risk factor for the development of medial tibial stress syndrome? A prospective study. *J Sports Sci* 2020; 1–9.
- [62] Buist I, Bredeweg SW, Lemmink KAPM, et al. Predictors of running-related injuries in novice runners enrolled in a systematic training program: a prospective cohort study. *Am J Sports Med* 2010; 38: 273–280.
- [63] Linton L, Valentin S. Running with injury: A study of UK novice and recreational runners and factors associated with running related injury. *J Sci Med Sport* 2018; 21: 1221–1225.
- [64] Raissi GRD, Cherati ADS, Mansoori KD, et al. The relationship between lower extremity alignment and Medial Tibial Stress Syndrome among non-professional athletes. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol SMARTT* 2009; 1: 11.
- [65] Becker J, Nakajima M, Wu WFW. Factors Contributing to Medial Tibial Stress Syndrome in Runners: A Prospective Study. *Med Sci Sports Exerc* 2018; 50: 2092–2100.
- [66] Yagi S, Muneta T, Sekiya I. Incidence and risk factors for medial tibial stress syndrome and tibial stress fracture in high school runners. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 2013; 21: 556–563.
- [67] Luedke LE, Heiderscheit BC, Williams DSB, et al. Association of isometric strength of hip and knee muscles with injury risk in high school cross country runners. *Int J Sports Phys Ther* 2015; 10: 868–876.

- [68] Bennett JE, Reinking MF, Pluemer B, et al. Factors contributing to the development of medial tibial stress syndrome in high school runners. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001; 31: 504–510.
- [69] Agresta CE, Peacock J, Housner J, et al. Experience does not influence injury-related joint kinematics and kinetics in distance runners. *Gait Posture* 2018; 61: 13–18.
- [70] Schmitz A, Russo K, Edwards L, et al. Do novice runners have weak hips and bad running form? *Gait Posture* 2014; 40: 82–86.
- [71] Maas E, De Bie J, Vanfleteren R, et al. Novice runners show greater changes in kinematics with fatigue compared with competitive runners. *Sports Biomech* 2018; 17: 350–360.
- [72] Brund RBK, Rasmussen S, Nielsen RO, et al. Medial shoe-ground pressure and specific running injuries: A 1-year prospective cohort study. *J Sci Med Sport* 2017; 20: 830–834.
- [73] Lachniet PB, Taylor-Haas JA, Paterno MV, et al. Altered sagittal plane hip biomechanics in adolescent male distance runners with a history of lower extremity injury. *Int J Sports Phys Ther* 2018; 13: 441–452.
- [74] Okunuki T, Koshino Y, Yamanaka M, et al. Forefoot and hindfoot kinematics in subjects with medial tibial stress syndrome during walking and running. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc* 2019; 37: 927–932.
- [75] Pérez-Morcillo A, Gómez-Bernal A, Gil-Guillen VF, et al. Association between the Foot Posture Index and running related injuries: A case-control study. *Clin Biomech Bristol Avon* 2019; 61: 217–221.
- [76] Loudon JK, Reiman MP. Lower extremity kinematics in running athletes with and without a history of medial shin pain. *Int J Sports Phys Ther* 2012; 7: 356–364.
- [77] Becker J, James S, Wayner R, et al. Biomechanical Factors Associated With Achilles Tendinopathy and Medial Tibial Stress Syndrome in Runners. *Am J Sports Med* 2017; 45: 2614–2621.
- [78] Messier SP, Pittala KA. Etiologic factors associated with selected running injuries. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20: 501–505.
- [79] Koldenhoven RM, Virostek A, DeJong AF, et al. Increased Contact Time and Strength Deficits in Runners with Exercise-Related Lower Leg Pain. *J Athl Train*. Epub ahead of print 16 October 2020. DOI: 10.4085/1062-6050-0514.19.
- [80] Tweed JL, Campbell JA, Avil SJ. Biomechanical risk factors in the development of medial tibial stress syndrome in distance runners. *J Am Podiatr Med Assoc* 2008; 98: 436–444.
- [81] Viitasalo JT, Kvist M. Some biomechanical aspects of the foot and ankle in athletes with and without shin splints. *Am J Sports Med* 1983; 11: 125–130.
- [82] Nielsen RO, Buist I, Parner ET, et al. Foot pronation is not associated with increased injury risk in novice runners wearing a neutral shoe: a 1-year prospective cohort study. *Br J Sports Med* 2014; 48: 440–447.
- [83] Saeki J, Nakamura M, Nakao S, et al. Ankle and toe muscle strength characteristics in runners with a history of medial tibial stress syndrome. *J Foot Ankle Res* 2017; 10: 16.
- [84] Hjerrild M, Videbaek S, Theisen D, et al. How (not) to interpret a non-causal association in sports injury science. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med* 2018; 32: 121–125.
- [85] Bramah C, Preece SJ, Gill N, et al. Is There a Pathological Gait Associated With Common Soft Tissue Running Injuries? *Am J Sports Med* 2018; 46: 3023–3031.
- [86] Saeki J, Nakamura M, Nakao S, et al. Muscle stiffness of posterior lower leg in runners with a history of medial tibial stress syndrome. *Scand J Med Sci Sports* 2018; 28: 246–251.

- [87] Chaudhari AMW, VAN Horn MR, Monfort SM, et al. Reducing Core Stability Influences Lower Extremity Biomechanics in Novice Runners. *Med Sci Sports Exerc* 2020; 52: 1347–1353.
- [88] Ramskov D, Pedersen MB, Kastrup K, et al. Normative values of eccentric hip abduction strength in novice runners: an equation adjusting for age and gender. *Int J Sports Phys Ther* 2014; 9: 68–75.
- [89] Paquette MR, Camelio K, Gruber AH, et al. Influence of Prolonged Running and Training on Tibial Acceleration and Movement Quality in Novice Runners. *J Athl Train*. Epub ahead of print 18 September 2020 ; 55(10): 8p.
- [90] Anbarian M, Esmaeili H. Effects of running-induced fatigue on plantar pressure distribution in novice runners with different foot types. *Gait Posture* 2016; 48: 52–56.
- [91] Koblbauer IF, van Schooten KS, Verhagen EA, et al. Kinematic changes during running-induced fatigue and relations with core endurance in novice runners. *J Sci Med Sport* 2014; 17: 419–424.
- [92] Schütte KH, Seerden S, Venter R, et al. Influence of outdoor running fatigue and medial tibial stress syndrome on accelerometer-based loading and stability. *Gait Posture* 2018; 59: 222–228.
- [93] Mo S, Chow DHK. Differences in lower-limb coordination and coordination variability between novice and experienced runners during a prolonged treadmill run at anaerobic threshold speed. *J Sports Sci* 2019; 37: 1021–1028.
- [94] Mountjoy M, Sundgot-Borgen JK, Burke LM, et al. IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *Br J Sports Med* 2018; 52: 687–697.
- [95] Cleland J, Koppenhaver S, Su J. Examen clinique de l'appareil locomoteur: tests, évaluations et niveaux de preuve. Cleland J, Koppenhaver S, Su J. Examen clinique de l'appareil locomoteur: tests, évaluations et niveaux de preuve. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2018, 654 p.
- [96] Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: the Foot Posture Index. *Clin Biomech Bristol Avon* 2006; 21: 89–98.
- [97] Williams DS, McClay IS. Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. *Phys Ther* 2000; 80: 864–871.
- [98] Reese NB, Bandy WD. Use of an inclinometer to measure flexibility of the iliotibial band using the Ober test and the modified Ober test: differences in magnitude and reliability of measurements. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003; 33: 326–330.
- [99] Gabbett TJ. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med* 2016; 50: 273–280.
- [100] Ardern CL, Glasgow P, Schneiders A, et al. 2016 Consensus statement on return to sport from the First World Congress in Sports Physical Therapy, Bern. *Br J Sports Med* 2016; 50: 853–864.
- [101] TRAICK KLYF. TRAICK - Organisme de formation en kinésithérapie Professionnelle. Organisme de formation en kinésithérapie Professionnelle - Activateur d'Expertise Thérapeutique [en ligne]. Lyon : KLYF ; 2019 [consulté le 11 août 2020]. Disponible : <http://www.traick.fr/>.
- [102] Winkelmann ZK, Anderson D, Games KE, et al. Risk Factors for Medial Tibial Stress Syndrome in Active Individuals: An Evidence-Based Review. *J Athl Train* 2016; 51: 1049–1052.
- [103] Paquette MR, Peel SA, Smith RE, et al. The Impact of Different Cross-Training Modalities on Performance and Injury-Related Variables in High School Cross Country Runners. *J Strength*

Cond Res 2018; 32: 1745–1753.

[104] Yeung SS, Yeung EW, Gillespie LD. Interventions for preventing lower limb soft-tissue running injuries. *Cochrane Database Syst Rev* 2011; CD001256.

[105] Millet GY. Can neuromuscular fatigue explain running strategies and performance in ultra-marathons?: the flush model. *Sports Med Auckl NZ* 2011; 41: 489–506.

[106] Kozinc Ž, Šarabon N. Effectiveness of Movement Therapy Interventions and Training Modifications for Preventing Running Injuries: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Sports Sci Med* 2017; 16: 421–428.

[107] Perkins KP, Hanney WJ, Rothschild CE. The risks and benefits of running barefoot or in minimalist shoes: a systematic review. *Sports Health* 2014; 6: 475–480.

[108] Warne JP, Gruber AH. Transitioning to Minimal Footwear: a Systematic Review of Methods and Future Clinical Recommendations. *Sports Med - Open* 2017; 3: 33.

[109] Zimmermann WO, Helmhout PH, Beutler A. Prevention and treatment of exercise related leg pain in young soldiers; a review of the literature and current practice in the Dutch Armed Forces. *J R Army Med Corps* 2017; 163: 94–103.

Références non citées :

[110] Theisen D, Malisoux L, Genin J, et al. Influence of midsole hardness of standard cushioned shoes on running-related injury risk. *Br J Sports Med* 2014; 48: 371–376.

[111] Menéndez C, Batalla L, Prieto A, et al. Medial Tibial Stress Syndrome in Novice and Recreational Runners: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*; 17. Epub ahead of print 13 October 2020. DOI: 10.3390/ijerph17207457.

[112] Stovitz SD, Verhagen E, Shrier I. Distinguishing between causal and non-causal associations: implications for sports medicine clinicians. *Br J Sports Med* 2019; 53: 398–399.

Annexes

Annexe 1 : « Représentation graphique des forces verticales de réaction au sol typiques et de ces principaux paramètres ».

Annexe 2 : « Proportion des blessures en fonction de leur localisation et de l'activité de l'athlète ».

Annexe 3 : « Outils de recueil de l'anamnèse et de l'examen physique à visée diagnostic dans le cadre des douleurs à la jambe dans la pratique clinique de la médecine du sport ».

Annexe 4 : « Modèle de Prévention des blessure sportives à quatre étapes ».

Annexe 5 : « Modèle dynamique et récursif de l'étiologie des blessures dans le sport ».

Annexe 6 : Schéma récapitulatif de la méthodologie de mémoire.

Annexe 7 : Tab. III : « Tableau récapitulatif des articles ».

Annexe 8 : « Protocole de réduction de la stabilité centrale ».

Annexe 9 : Tab. XIII : « Tableau récapitulatif des changements biomécaniques ».

Annexe 10 : Tab. XIV : « Tableau récapitulatif des changements induits par la fatigue ».

Annexe 11 : « Les quatre principales façons d'associer les variables A et B ».

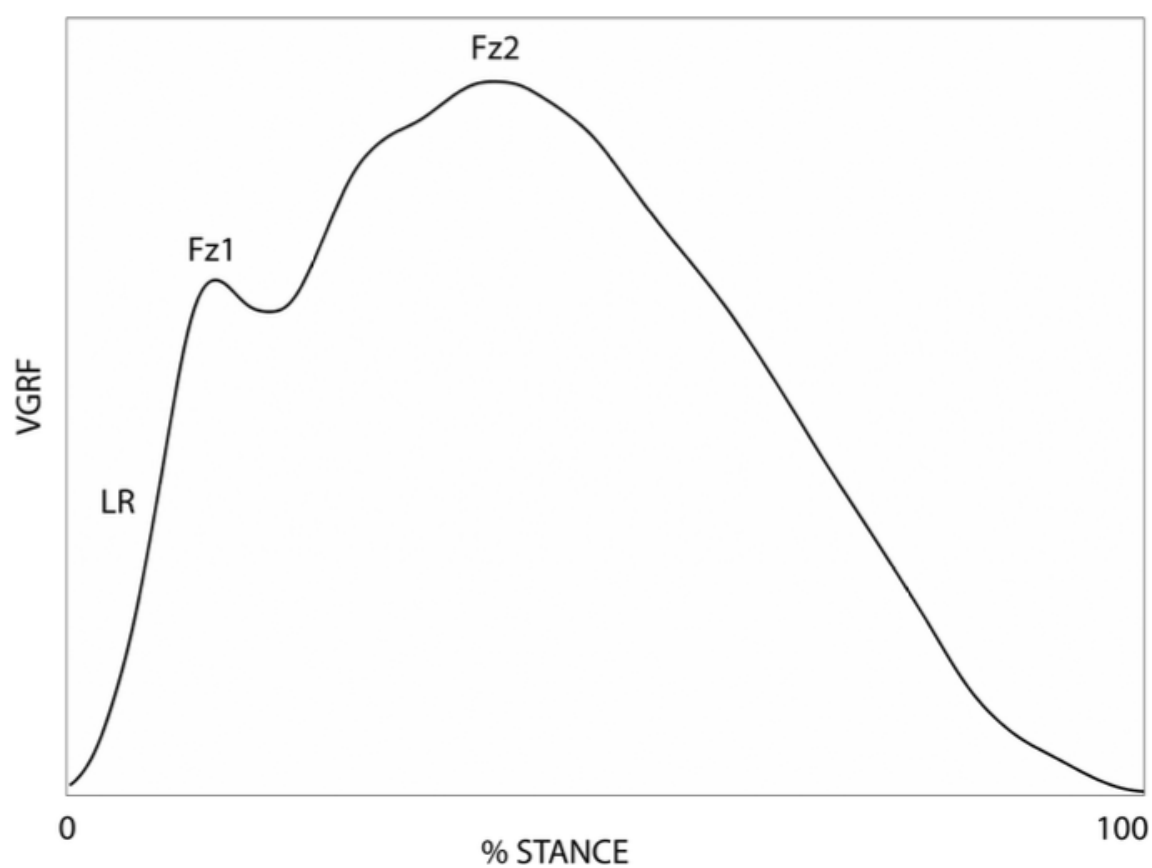
Annexe 12 : « Cadre d'évaluation stratégique des risques et de la tolérance aux risques pour les décisions de retour au jeu ».

Annexe 13 : « Quantification du Stress Mécanique ».

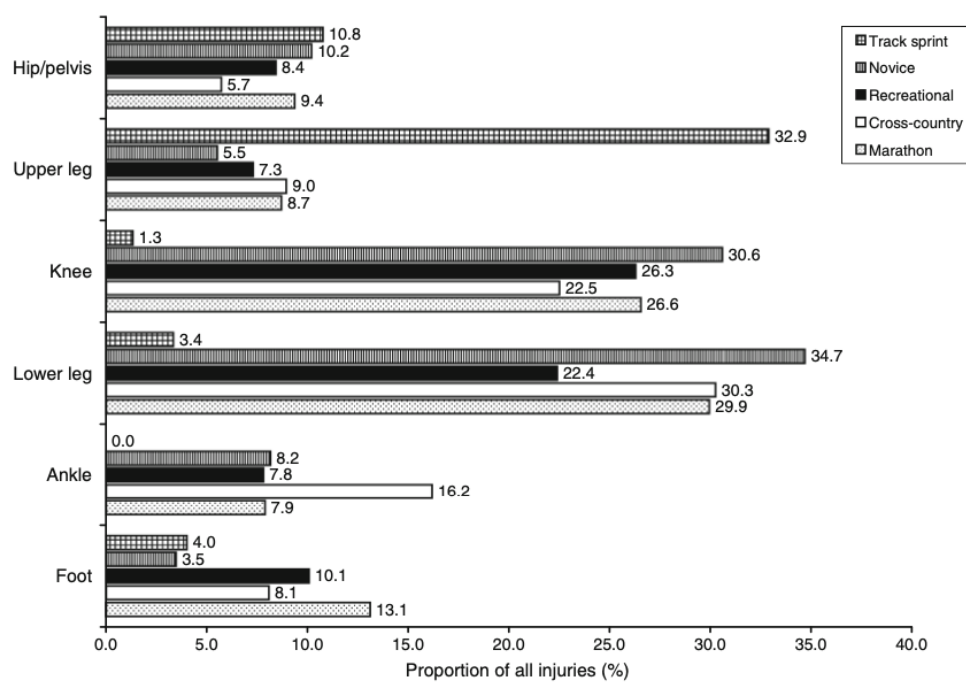
Annexe 14 : « Guide d'interprétation des données du Acute:Chronic Workload Ratio ».

Annexe 15 : Tab. XV : « Tableau récapitulatif des définitions ».

Annexe 1 : « Représentation graphique des forces verticales de réaction au sol typiques et de ces principaux paramètres ».

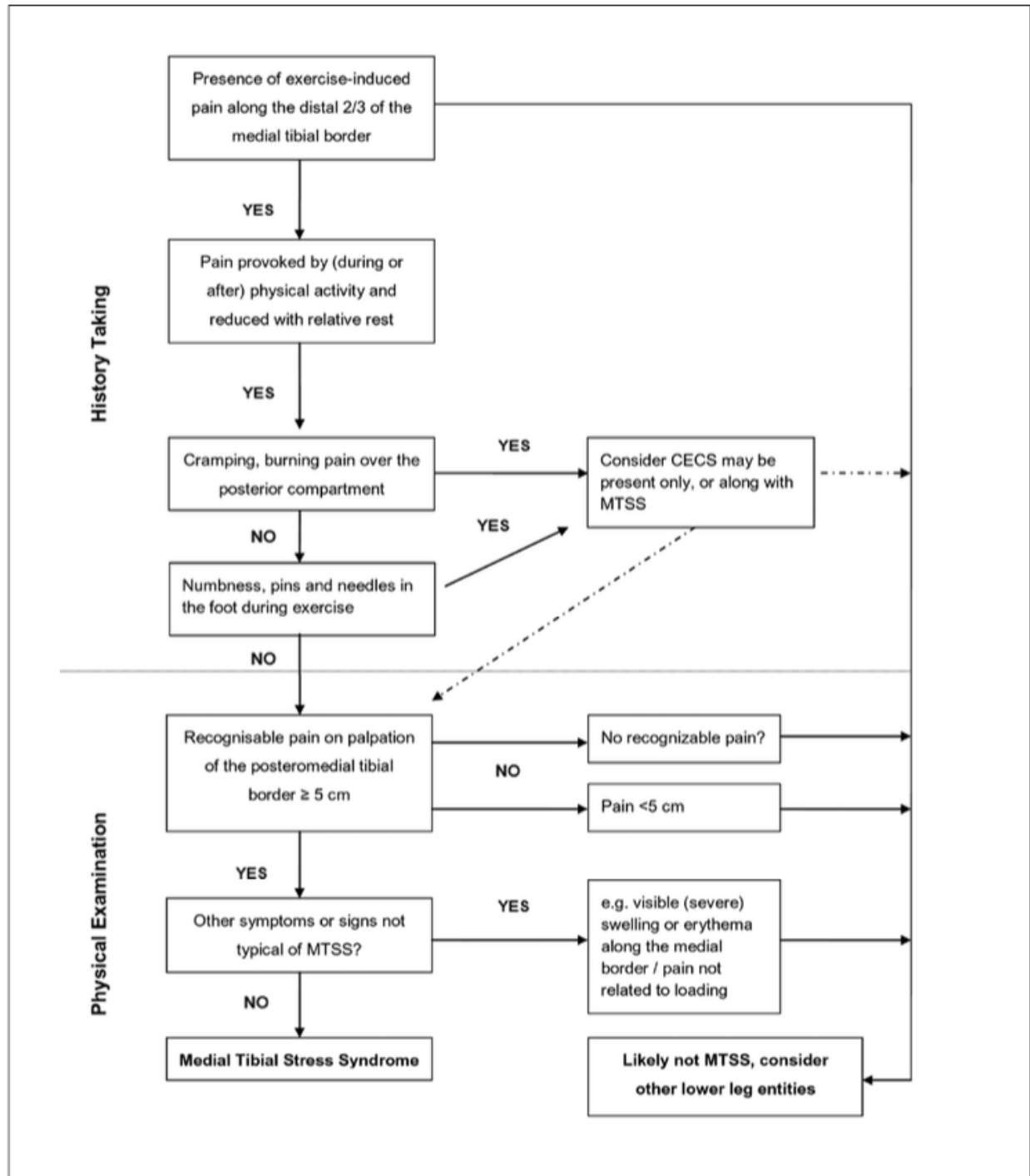


Annexe 2 : « Proportion des blessures en fonction de leur localisation et de l'activité de l'athlète ».

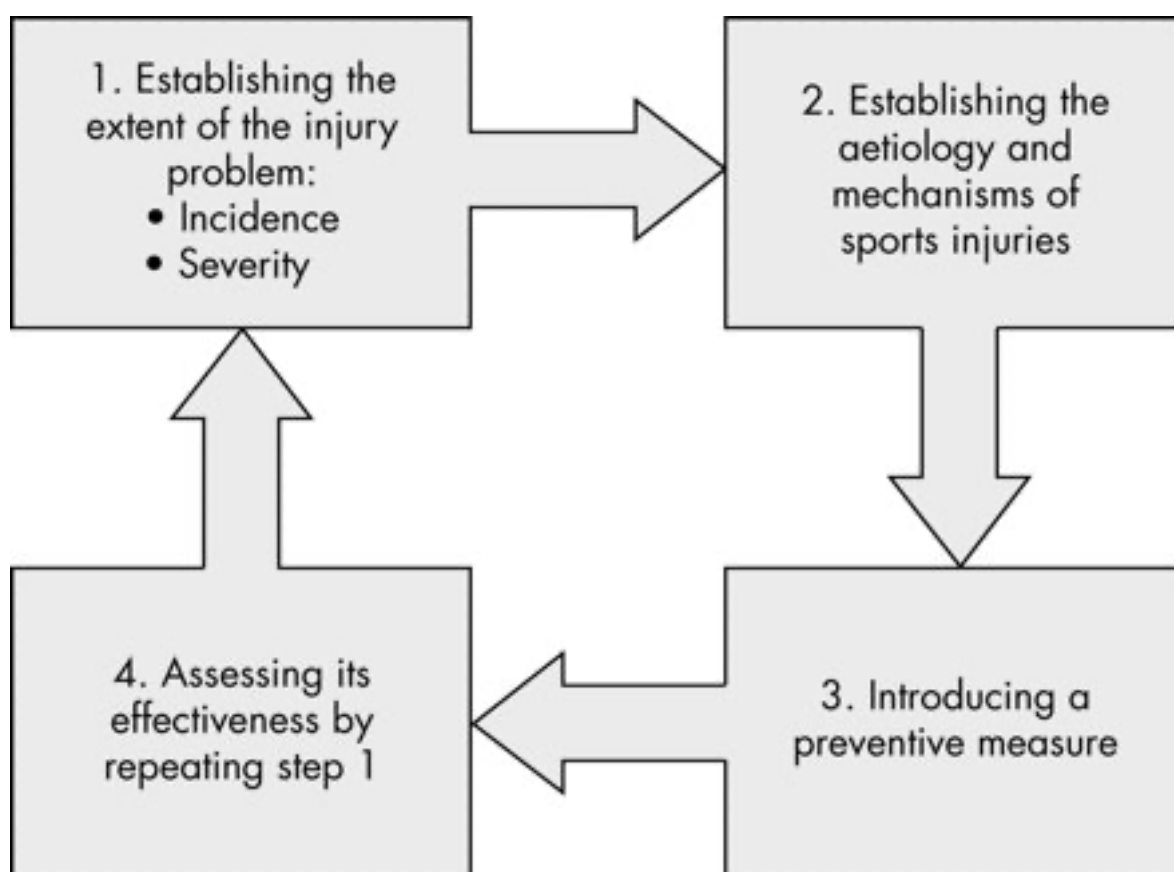


Référence : [24].

Annexe 3 : « Outils de recueil de l'anamnèse et de l'examen physique à visée diagnostic dans le cadre des douleurs à la jambe dans la pratique clinique de la médecine du sport ».

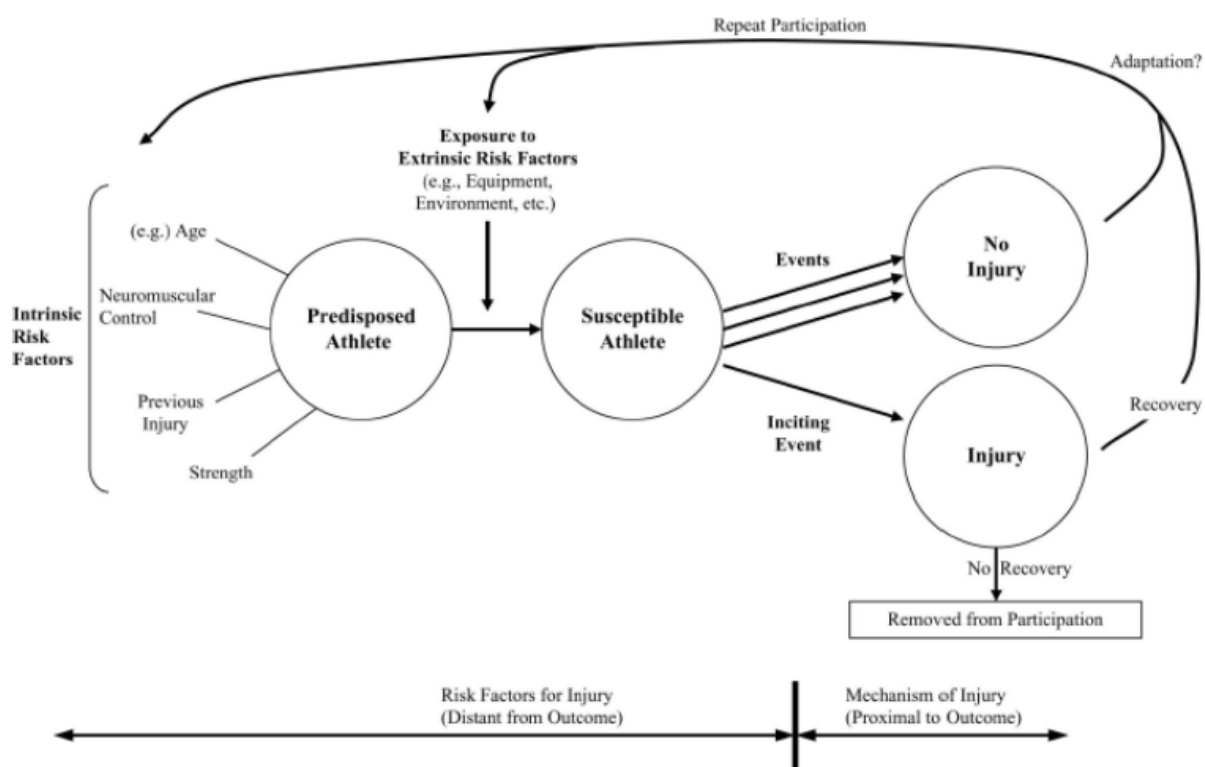


Annexe 4 : « Modèle de Prévention des blessure sportives à quatre étapes ».



Développé par Van Machelen *et al.*
Référence : [27].

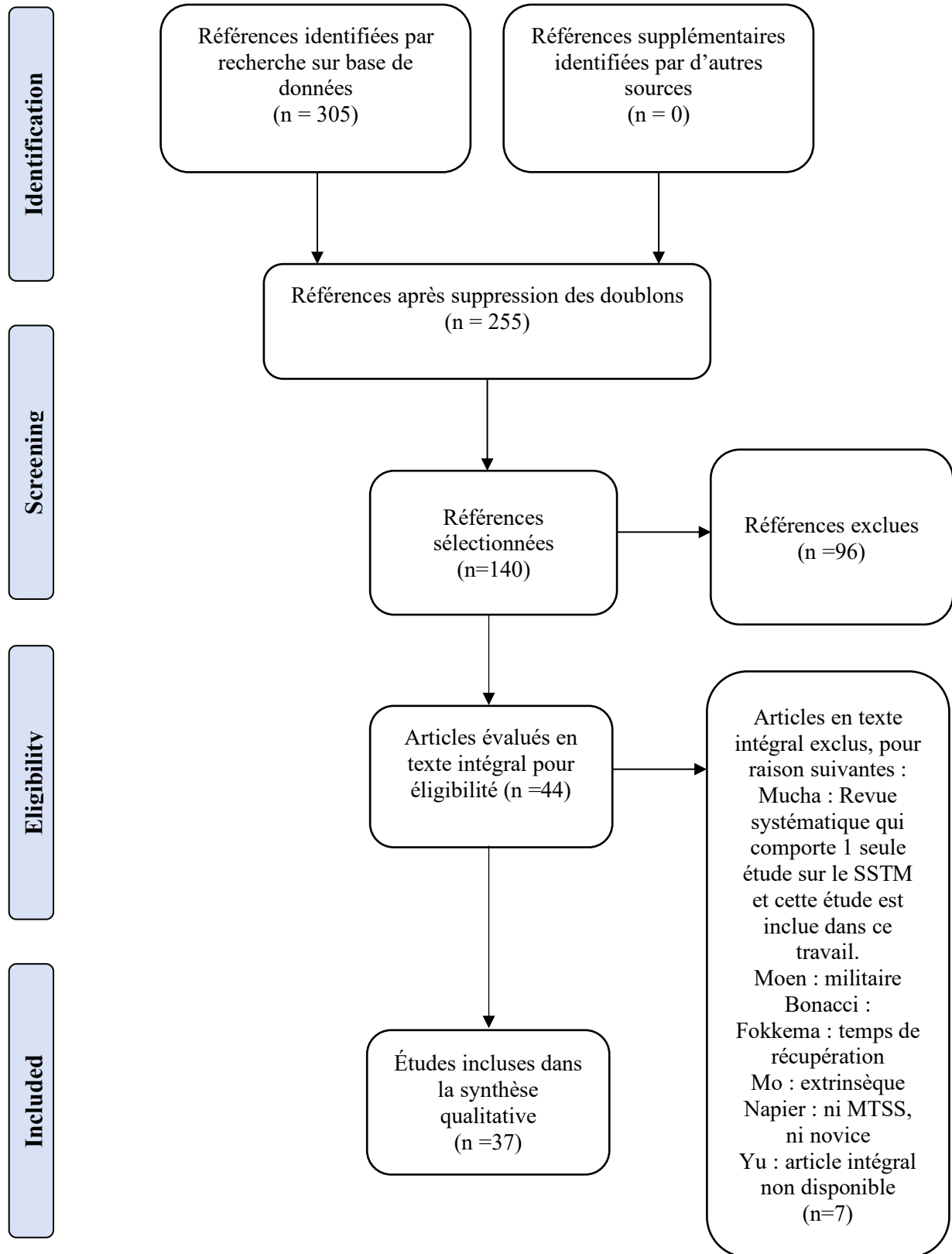
Annexe 5 : « Modèle dynamique et récursif de l'étiologie des blessures dans le sport ».



Développé par Meeuwisse *et al.* en 2007.

Référence : [56].

Annexe 6 : Schéma récapitulatif de la méthodologie de mémoire.



Annexe 7 : Tab. III : « Tableau récapitulatif des articles ».

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Agresta [69] Experience does not influence injury- related joint kinematics and kinetics in distance runners. Gait Posture 2018	Déterminer si la biomécanique lors de la course à pied est associée ou non aux années d'expérience	100 coureurs (distance) 50 Hommes (H) et 50 Femmes (F) 8,4 ans d'expérience +/- 7,7 0 – 40 ans. Sains depuis 12 mois 19km.sm minimum Moyenne de 45,9 km.sm Exclusion : chirurgie dans les 6 mois, orthèses.	Type : Transversale Intervention : Tapis roulant à vitesse choisie 5mn puis collecte lors des 2 dernières mn Comparaison : - Cinématique : mesures inertielles avec capteurs - pression plantaire pour calculer VGRF Variables : - Paramètres du cycle de foulée - Contact initial et décollement des orteils. - Cinématique - VGRF - Angle de frappe - contrôle âge et vitesse	Pas d'association significative entre l'expérience et les variables biomécaniques ou spatiotemporelles. L'âge chronologique influence la mécanique de course et la vitesse choisie. Avec l'âge le pic de flexion maximal de genou a diminué lors de la phase de contact et le temps de contact a augmenté Vitesse de course est associée au taux de charge du VGRF, au pic de flexion maximale de genou lors de la phase de contact, la rotation interne de hanche lors de la phase de contact, à la cadence, au temps et à la longueur des pas ainsi qu'au temps de contact. Pas de différence pour les 3 variables pour l'angle de pas, l'angle d'adduction lors de la phase de contact ou la flexion du tronc	Identification de facteurs interagissant sur les variables cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs novices pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM.	Transversale Faible niveau (4) Population : Aucune définition novices. KM++ Mesure du VGRF avec un tapis roulant à détection de pression Âge max = 55 ans ou moins Peut-être que l'expérience joue sur d'autres facteurs que biomécaniques. Comme schéma moteur ou encore adaptation des tissus aux contraintes, tolérance au stress (entraînement)

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Anbarian M [90] Effects of running- induced fatigue on plantar pressure distribution in novice runners with different foot types. Gait Posture. 2016	Comparer l'effet de la fatigue induite par la course à pied sur la distribution des pressions plantaires dans une population de coureurs novices ayant des arches médianes longitudinales (MLA) plantaires hautes et basses	42 coureurs novices MLA haute : 12H, 9F MLA basse : 13H, 8F Exclusion : pathologie cardio- vasculaire, trouble neurologique, blessure MI, opération du pied ou de la cheville, IMC>30 AHI : divisé la hauteur du pied par la longueur tronquée du pied	Type: Cross sectional study Intervention: - courir pied nu sur une piste de 14 mètres à une vitesse de 3,3m/s (+/- 5%) + plaque de pression (divise le pied en 10) - marche sur tapis roulant 6km/h. Borg 15 points (6 à 20) + Fréquence Cardiaque (FC). Puis vitesse augmente de 1km/h tous les 2mn jusqu'à atteindre 13 à l'échelle de Borg. Puis vitesse constante jusqu'à atteindre 17 sur Borg ou 80% FC max. Une fois ce point atteint le sujet court 2 mn puis ensuite cool-down à une vitesse choisie. - Chaussures neutres reçues Comparaison :	Fatigue a un effet sur la pression maximale, le pic de force et l'impulsion sous les différentes zones. Arche Basse : Pression maximale a augmenté (significatif) sous les 1^{er}-3^{eme} métatarsiens (M). Diminution pour M4-5. Pic de force est diminué sous M4 et orteils (O) 2-5. Augmentation de la force sous M1-3 Impulsion : augmenté sous M1-M3, Diminué sous O2-5. Arche Haute : Augmentation de la pression maximale sous le talon latéral et sous M4-5.	Identification de facteurs interagissant sur les variables cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs novices pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM.	Vitesse de course Observationnelle

		0,365 ou + = haute 0,275 ou - = basse	- Groupe MLA haute VS basse <u>Variables :</u> - Pression plantaire pendant la phase de contact avant et après la course induisant la fatigue - Pression maximale, forces maximales (%poids de corps) et impulsions pour les 10 zones du pied - Premier contact du pied (FFC), premier contact du métatarse (FMC), avant pied à plat (FFF), Décollement du talon (HO), Dernier contact du pied (LFC). - Contact Initial (FFC-FMC) / Contact de l'avant pied (FMC-FFF) / Pied plat (FFF-HO) / Phase de poussée (HO-LFC) - Calcul du rapport de force médio-latérale (-1 distribution latérale de la pression / +1 distribution médiale de la pression)	Pic de force a augmenté sous M4-5, milieu du pied et talon latéral. Impulsion : augmenté O2-5, M4 et le milieu du pied Aucun changement pour les autres zones <u>Phases :</u> Fatigue réduit le temps de la phase contact initial et la phase de pied avant à plat. Elle augmente le temps de la phase de poussée. <u>Rapport pression Médio-Latérale :</u> Rapport + élevé après la fatigue pour les phases de pied avant à plat et push off (Arche basse) Rapport + faible lors de la phase du contact initial (arche haute)		
--	--	---	--	--	--	--

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Becker J [77] Biomechanical Factors Associated with Achilles Tendinopathy and Medial Tibial Stress Syndrome in Runners. Am J Sports Med. 2017	Déterminer s'il existe des différences de cinématique du pied ou de l'alignement et la flexibilité des MI entre des coureurs atteints du SSTM ou de tendinopathie d'Achille (AT) et des sujets sains	21 blessés : diagnostiqué par 2 professionnels de santé. 13 AT 8 SSTM 21 témoins en fonction sexe, km.sm, attaque pied, âge. Minimum 20km.sm Exclusion : blessure dans les 6 derniers mois.	Type : rétrospective transversale Intervention : - mesure de 11 paramètres : Amplitudes articulaires (ROM) du MI, flexibilité Quadriceps et Ischio-Jambiers AHI - Analyse de course : circuit dans le laboratoire à vitesse choisie (facile). - 8 collectes sur une ligne droite 5m. - Chaussures personnelles Comparaison : SSTM/AT VS sains Variables : - 7 variables sur la cinématique de l'arrière-pied. - 3 variables cinétiques : pic de force de propulsion antéro-postérieure, impulsion de la propulsion, pic de force verticale. - vitesse co-variable.	Paramètres d'examination : - Angles de varus du tibia Blessés > sains - Amplitude articulaire dorsiflexion blessés < sains Cinématique et cinétique : - Durée éversion blessés > témoins - Éversion au décollement du talon blessés > témoins - Pas de différence pour les autres variables Régression : période de pronation, le varus du tibia et amplitude dorsiflexion Prédicteur de blessure = durée d'éversion mais pas les 2 autres (Risque x 1,08 pour chaque degrés)	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entrainer une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs atteinte de celui-ci.	Population non novice. Rétrospective Patients blessés. Pas de contrôle gravité ou durée. 2 blessures : hétérogène Chaussures personnelles : type peut influencer

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Becker J [65] Factors Contributing to Medial Tibial Stress Syndrome in Runners: A Prospective Study. Med Sci Sports Exerc. 2018	Comparer de manière prospective la cinématique, les amplitudes articulaires, la force musculaire et la pression plantaire entre des coureurs qui ont un SSTM et des coureurs sains.	24 coureurs d'une équipe Division Nationale 1 de cross-country Entraîneur sportif 7 SSTM Sains (6 athlètes sains + 5 athlètes avec une blessure aigüe car non liée à la biomécanique de course) Exclusion : autres blessures surutilisation	Type : Prospective 2 ans Intervention : - Amplitude : SLR, Test d'Ober, Test de Thomas modifié, Rotateurs de Hanche Fléchisseurs Plantaires (actif). - Force musculaire de la hanche via dynamomètre : Abducteurs (ABD), Extenseurs et Rotateurs - Analyse de course sur tapis roulant avec 12 caméras + marqueurs réfléchissants + plateforme de force - 5mn échauffement, 10mn vitesse choisie proche de l'entraînement facile, collecte pendant la dernière minute. Comparaison : SSTM vs témoins Variables : - Pression plantaire (12 zones) + rapport de force médio-latéral. - Cinématique lors de la course (angles des articulations) - Période d'éversion + vélocité du pic d'éversion	Pas de différence : âge, taille, poids, Km.sm, vitesse. Amplitude: Test d'Ober SSTM < sains. Autre RAS Force musculaire : ABD SSTM < ABD sains. Autre RAS Pression plantaire : Rapport SSTM > rapport des sains pour FFC, FFF, HO. Pas de différence pour FMC et LFC. Cinématique : Pic de chute pelvienne + pic d'éversion de l'arrière-pied SSTM > sains Durée éversion SSTM > sains. Autres RAS 4 variables prédictives. Seulement la durée de l'éversion prédictive.	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs atteinte de celui-ci.	-2 individus qui mesurent la pression plantaire lors de la marche - Population : petite taille, compétitifs - Pas de contrôle des variables extrinsèques (entraînement, chaussures) - sains blessures aigües

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Bennett JE [68] Factors contributing to the development of medial tibial stress syndrome in high school runners. J Orthop Sports Phys Ther. 2001	Déterminer l'incidence du SSTM et déterminer s'il existe un lien entre la statique des MI et l'incidence du SSTM	3 équipes lycéennes de cross-country 125 coureurs 57H et 68F 250 MI Diagnostic via chercheurs : symptômes compatibles, douleur à la palpation sur le bord médial du tibia Exclusion : port d'orthèses ou antécédent de blessure au MI	Type : Prospective Intervention : Sujets aléatoires, mesure en aveugle Comparaison : - 15 coureurs SSTM, 25 MI pathologiques - Témoins hasard : 25 MI de 21 sujets - différence entre sexe (15F blessées contre 2H) Variables : 3 mesures lors des 3 premières semaines de la saison : position calcanéenne au repos debout, varus tibio-fibulaire (unilatéral détendu) (repères : DV, point médio-supérieur et médio-inférieur du calcaneus et du tiers inférieur de la jambe), dorsiflexion active (intro : gastro mais en position assise) - ND (Debout, unilatéral position neutre sous talaire vs unilatéral position détendue)	Pas de différence SSTM vs témoins : âge, année de course, année de scolarité Différence ND. Coefficient de détermination de 17-18%. 6,8 mm contre 3,6 mm Pas de différence : <u>longueur des gastrocnémiens, varus tibio-fibulaire, angle arrière-pied, position calcanéenne au repos.</u> Association entre sexe et l'incidence des blessures. Coefficient de détermination de 24% si femme. Régression Logistique : sexe et ND. ND publication originale : pronation anormale si chute de 15 mm mais selon une autre étude considéré comme anormale à 10mm.	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entrainer une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs atteinte de celui-ci.	Population : petit échantillon, trop homogène Auto-évaluation avant de diagnostiquer (formulaire hebdomadaire serait plus approprié) Biais de mesure ND pas sur tous Mesure que statique

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Bennett JE [58] The relationship between isotonic plantar flexor endurance, navicular drop, and exercise-related leg pain in a cohort of collegiate cross-country runners. Int J Sports Phys Ther. 2012	Déterminer s'il existe une relation entre l'incidence des douleurs à la jambe liées à l'exercice (ERLP) et l'endurance des fléchisseurs plantaires ainsi que de la pronation	77 coureurs de cross-country 44H, 33F Inclusion : sains depuis le début de la saison Exclusion : chirurgie antérieure du MI, incapable de participer pleinement aux activités de course à pied à cause d'une blessure	Type : prospective Intervention : - Questionnaire anthropométrique : orthèses, antécédent - ND : position neutre subtalaire unilatérale - Endurance des fléchisseurs plantaires (PFE) : standing heel-rise test. Toucher une corde toutes les 2 secondes / fin si : flexion genou, flexion coude ou poignet 3x, absence de contact avec la corde 3x consécutives, impossible de continuer à cause de la fatigue : > 25 = normal, <25 subnormal Comparaison : ERLP vs Sains Variables : ND, PFE, IMC, âge, sexe, antécédent	59 coureurs (31H, 28F). Occurrence de 44,1% (13H, 13F) Pas de différence : sexe, âge, IMC entre ceux avec et sans antécédents d'ERLP PFE : 26,6 +/- 11,5 répétitions à droite et 22,9 +/- 8,5 à gauche. Pas de différence de l'incidence de L'ERLP entre les groupes > ou < à 25 répétitions, pour n'importe quelle localisation. Femme 3x de chance de faire -25 reps. ND : Pas différence entre incidence et ND et ND > 10mm. Pas de différence entre H et F pour ND > 10 mm. Les sujets qui ont reportés une ERLP sur la localisation <u>médiane</u> dans la saison ont un ND et un ND>10mm plus important que ceux qui n'ont pas reportés d'ERLP. Moyenne ND jambe gauche était plus importante chez ERLP <u>médiane</u> que ceux qui n'ont pas reportés. Pour la jambe droite, pas significatif mais tendance à être plus important. Variables prédictives : Sujets avec ND>10 : risque 4x. Sujets avec un antécédent le mois dernier à + de risque de développer un ERLP dans la saison	Identification de facteurs interagissant sur les variables cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs atteints de douleur médiane à la jambe lors d'exercices pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM.	Questionnaire fin saison : biais de mémoire - ERLP - H 2x susceptible abandon -Population : Petite taille de l'échantillon - Pas de prise en compte des facteurs extrinsèques -Dropout 18 abandons : sujets sans différences.

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Bramah C [85] Is There a Pathological Gait Associated with Common Soft Tissue Running Injuries? Am J Sports Med. 2018.	Déterminer s'il existe des facteurs cinématiques contribuant à l'apparition des blessures liées à la course à pied	108 coureurs 72 blessés (28H, 44F) 18 ITBS 18 PFP 18 SSTM 18 AT 36 sains (15H, 21F) 30 miles/sm depuis 18 mois. Inclusion Diagnostic par un physio. Courir 10mn sans douleurs. Douleur max 3/10 sur EN. Pas de traitement. Restriction depuis 3 mois. Exclusion : augmentation volume 30% avant la pathologie, si blessure, chirurgie.	Type : rétrospective Intervention : - tapis roulant 3,2m/s - chaussures personnelles - 5mn échauffement, 30s collecte - 12 caméras + marqueurs thorax, bassin, cuisses, jambes, cheville, pied, talon) Comparaison : Blessés VS sains Variables : - Contact initial (IC) : plan sagittal pour tronc, bassin, hanche, genou, cheville / plan frontal pour tronc et arrière-pied - Mi-appui : angles max pour plans sagittal et frontal pour : tronc, bassin, genou, cheville, arrière-pied / plan transversal pour : hanche et genou - attaque du pied	Blessés vs sains : - IC : Blessés extension genou et dorsiflexion > sains. - Mi-appui : blessés flexion du tronc, chute pelvienne controlatérale, adduction de hanche > sains. - Pas de différence pour l'arrière- pied, la hanche ou l'attaque de pied entre les groupes. Sous-groupe de blessés : - Pas de différence entre les groupes pour Dorsiflexion et flexion genou au contact initial, pour flexion du tronc et chute pelvienne phase portante. - Différence entre les groupes blessés : Les sous-groupes PFP et SSTM présentaient respectivement 3,1° et 3,2° d'adduction de hanche en plus que le groupe ITBS. Régression : Dorsiflexion cheville au IC + Flexion tronc RAS - prédicteurs = Flexion de genou (↑ 1°, ↓ risque de 23%) et Chute pelvienne (↑ 1°, ↑ risque de 80%)	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied dans une population de coureurs blessés.	Rétrospective Groupe sain kilométrage plus élevé Population Si le groupe témoin n'est pas représentatif, biais pour chaque pathologie

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Brund RBK [72] Medial shoe- ground pressure and specific running injuries: A 1-year prospective cohort study. J Sci Med Sport. 2017	Déterminer si la distance parcourue jusqu'à la première blessure : AT, Fasciite Plantaire (FP), SSTM dépend des forces de distribution du pied	207 Coureurs récréatifs Inclusion : H, 18-60 ans, 2x.sm, 2 ans d'expérience, pas de blessure 3 derniers mois, expérience course sur tapis roulant Exclusion : pas accès internet, autres sports +4h.sm, semelles, antécédents cardiaques, neuro, refus chaussures neutres ou montre GPS	Type : Prospective 1 an Intervention : - Chaussures Asics - Courir 2x.sm > 10km - Pas de restriction sur moment, lieux, rythme de course - foot balance sur tapis roulant à détection de pression à vitesse + rapide sur 5000m. - familiarisation 6mn puis collecte sur 15 cycles avec suppression des 2 extrêmes -> 11 cycles. Comparaison : - Entre les types de pieds - Foot balance = Pression Médiale /Pression Latérale (PM/PL) Variables : Km jusqu'à la première blessure, 1 questionnaire par semaine. Diagnostique par physio ou médecin du sport	79 inclus = 158 pieds PL = 59 pieds - PM = 99 pieds Entre groupes de pieds pas de différence : âge, IMC, km.sm, type de chaussures. Différence en qui concerne : antécédent et expérience de course. PL : moyenne 992km. PM : moyenne 997km Pendant tout le suivi : 25 blessures liées à la Course à pied, 68% aucune blessure sur tout le suivi. Évaluation à 1500km : 12% de blessure (AT, FP, SSTM) Pas de différence de blessures à 100, 200 et 500 km PM ont 10% et 16% de APM en plus à 1000 et 1500 km de course que les coureurs PL. Taux incidence de toutes les blessures liées à la CAP : 0,35/1000km pour 79 coureurs 0,28/1000km pour LP 0,41/1000Km pour MP	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entrainer une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied dans une population de coureurs en fonction de la morphologie du pied.	Chaussures asics Faible nombre de blessures MP : 2/3 antécédents LP : 1/2 antécédents Population pas novice, plusieurs pathologies

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Buist I [62] Predictors of running-related injuries in novice runners enrolled in a systematic training program: a prospective cohort study. Am J Sports Med. 2010	Identifier les FDR des blessures liées à la course à pied dans une population de coureurs novices	532 coureurs novices (306F) s'entraînant pendant 8 ou 13 semaines pour une course de 4 miles Inclusion : 18-65 ans, bonne santé, pas de blessures aux MI depuis 3 mois, pas de course de manière régulière depuis 12 mois Exclusion : contre-indication à la course à pied, refus de tenir un journal de course	Type : prospective Intervention : - Questionnaire démographique, antécédent, motivation, participation sportive, comportement A/B avec les JAS « Jenkins Activity Survey » - Examen clinique : amplitude rotation hanche (triple flexion en Décubitus Dorsal, dorsiflexion (genou tendu et fléchi), ND (assis position neutre sous-talaire et debout détendu) - suivi toutes les semaines : douleur, km, blessure, - 3 séances par semaine en endurance fondamentale. 8 ou 13 semaines mais pas de différence sur l'incidence donc considéré comme un seul groupe Comparaison : H et F Variables : FDR. Incidence. Temps jusqu'à première blessure	Âge et IMC des H > F Rotation int/ext de hanche F > H 100 blessures liée à la CAP Incidence de 33 pour 1000h d'exposition. 20,6 blessés pour 100 coureurs à risque. Exposition à la CAP : 385mn H, 381mn F. Tous les participants : Sexe (H), IMC, antécédent au MI, type d'activité sportive (sans charge axiale), rotation interne de hanche sont associés de manière significative aux blessures. Dorsiflexion ne semble pas être un FDR Chez les H : IMC, antécédent au MI, type d'activité sportive (sans charge axiale) et comportement de type A associés de manière significative aux blessures. Régression : IMC, antécédent, type d'activité sportive. ND associé. Chez les F : âge, rotation interne de hanche, et le ND associés de manière significative aux blessures.	Identification de FDR cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs novices pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied.	Pas de contrôle des facteurs extrinsèques Reporté par les participants Pas spécifique au SSTM Groupes de 8 et 13 semaines considérés comme un seul groupe

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Chaudhari AM [87] Reducing Core Stability Influences Lower Extremity Biomechanics in Novice Runners. Med Sci Sports Exerc. 2020	Déterminer les conséquences d'une diminution de la stabilité du tronc sur la mécanique de course dans une population novice	Coueurs novices 13F, 12H Novice = moins de 10 miles.sm, pas de sport de course plus d'une fois.sm Exclusion = IMC > 30, antécédent de lombalgie, blessure musculo- squelettique dans les 3 derniers mois	Type : Étude interventionnelle Intervention : - Protocole permettant de diminuer la stabilité du tronc : 4 exercices dynamiques et 4 isométriques afin de cibler la musculature superficielle et profonde du tronc en évitant l'activité des MI. - marqueurs + 9 caméras + 4 plateformes de force : - course sur boucle de 30m avec une ligne droite, 10 collectes. - Avant et après protocole - Vitesse de course confortable choisie par le participant et contrôlée à 10% - moment articulaires normalisés en fonction du poids et de la taille - EMG sur oblique externe et interne, côté dominant du grand droit et extenseur lombaire L5. Mesure de la fréquence moyenne qui traduit la fatigabilité musculaire - « Quiet Sitting Test » (QST) = patient assis sur un BOSU placé	Paramètres biomécaniques de la course : Protocole de fatigue a entraîné une augmentation faible à moyenne de la flexion maximale du genou / une diminution faible à moyenne du VALR Pas de différence sur les autres paramètres (VIMP, pKadd, Kadd impulse, pHadd, Hadd impulse) Fatigue musculaire et « core » stabilité : Variation de l'excursion totale du centre de pression : 20 participants ont présenté une diminution significative de la stabilité du tronc	Identification de facteurs interagissant sur les variables cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs novices pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM.	Protocole n'a pas diminué la stabilité du tronc de tous les participants : fatigue cognitive. Diminution de la stabilité liée à une réelle fatigue neuromusculaire ou perte de force ?

			sur une surface rigide sur 2 plateformes de force, les pieds dans le vide. Rester immobile, yeux fermés, bras croisés, 60 secondes avec double tâche : compter à rebours par 4. Permet de quantifier la stabilité du tronc via l'excursion totale du centre de pression. Si l'excursion totale augmente = perte de contrôle du balancement. Si l'excursion totale diminue = plus grand effort pour raidir le tronc en raison d'une confiance réduite dans la capacité de gérer le balancement. 1 QST d'essai, ainsi que 5 QST avant et 3 QST après le protocole. <u>Comparaison :</u> <u>Variables :</u> - Cinétique : VGRF, pic d'impact VIMP, VALR. - Cinématique: Peak Knee flexion, Peak Knee Adduction, impulsion pKadd, peak hip adduction, impulsion pHadd - EMG	après le protocole. Pas de diminution de la stabilité. Tous les participants ont eu une diminution significative de la fréquence moyenne des EMG après le protocole. Ce qui implique une fatigue du tronc <u>Sous-analyse du groupe à la stabilité du tronc réduite :</u> Seul le moment de flexion du genou présente une augmentation significative. Le VALR, et l'impulsion de l'adduction du genou tendent à diminuer.		
--	--	--	--	--	--	--

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Hjerrild M [84] How (not) to interpret a non-causal association in sports injury science. Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med. 2018.	Discuter de l'interprétabilité des associations non-causales liées aux blessures liées à la course à pied	926 Novice 466H, 460F Inclusion : 18-65 ans, en bonne santé, pas d'antécédents dans les 3 derniers mois, accès à internet, un mail, ne courant pas de manière régulière (<10 km, 12 derniers mois) Exclusion : autre sport +4h.sm, semelles, antécédent cardio-vasculaire, grossesse.	Type : Observationnelle prospective cohorte 1 an Intervention : - Paire de chaussure neutre (adidas) - Montre GPS (garmin) - pas de restriction sur distance, durée, intensité, nombre de séances. - Examen pour définir la blessure : liée à la course ou non, inclus blessure liée à la course de surutilisation et aigue - ND : en fonction de la longueur du pied, unipodal en position neutre sous-talaire et en position détendue. Comparaison : - Pied droit H, Pied gauche H - Pied droit F, Pied gauche F - 50, 100, 250 et 500 km Variables : - Blessure liée à la course à pied - exposition = ND	1852 pieds ND moyen = 5,2 mm (-9 à 23 mm) 272 pieds = petit ND (14,7%) 1302 pieds = référence ND (70,3%) 278 pieds = grand ND (15%) 326 blessures ont eu lieu. 38 = petit ND, 249 = référence, 39 = grand ND Analyse de l'association entre ND et le risque de blessure a montré une différence significative entre petit ND comparé au ND de référence à 50 et 100 km (moins de blessures pour petit) Moins de coureurs avec un grand ND ont eu une blessure que ceux avec un ND de référence à 250 et 500 km. Les ND de référence ont eu plus de de blessures en prenant en compte la longueur du pied	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entrainer une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied dans une population de coureurs blessés.	Adidas Garmin Blessures aigues

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Hubbard TJ [59] Contributing factors to medial tibial stress syndrome: a prospective investigation. Med Sci Sports Exerc. 2009	Déterminer les facteurs intrinsèques et extrinsèques qui peuvent conduire à un SSTM	146 athlètes en Division 1: 2 équipes de cross-country (74), tennis (14), football (16), volleyball (4), cheerleading (14), athlétisme (24) 65H, 81F Pas de blessure 6 semaines avant l'étude SSTM = critères de Yates et White [31].	Type : prospective Intervention : - questionnaire démographique pré saison - examen physique Comparaison : Blessés Vs sains Variables : - Amplitude active cheville : Dorsiflexion, flexion plantaire, inversion, éversion en position assises genou à 90° - Force dynamomètre portatif : dorsiflexion, flexion plantaire, inversion, éversion, - Varus du tibia : bipodal, tiers postérieur distal de la jambe a été sectionné au point le plus large des gastrocnémiens et entre les deux malléoles. Trace une ligne entre les points médians. Mesure de l'angle de section de la jambe et l'axe de la jambe - ND : assis sous talaire neutre puis debout bipodal relâché	29 sujets ont eu un SSTM (20H, 9F) 14 en cross-country, 9 en athlétisme, 4 en volleyball, 2 en football SSTM vs Sains: - Amplitude en flexion plantaire majorée chez SSTM - Expérience moindre chez SSTM - Différence antécédents du SSTM, fracture de stress et port d'orthèses Pas de différence pour les menstruations, utilisation de contraceptif, vitamines, km.sm, fréquence de changement de chaussures, force, ND, surface de course, type de chaussure Variables discriminantes : Orthèses, antécédent de fracture de stress, antécédent de SSTM, pratique antérieure de la course. Seules les 2 dernières sont significatives	Identification de FDR cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs novices pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM.	Sports multiples

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Koblbauer IF [91] Kinematic changes during running- induced fatigue and relations with core endurance in novice runners. J Sci Med Sport. 2014	Déterminer si la fatigue a un impact sur la cinématique du tronc et des MI dans une population de coureurs novices	17 novices non blessés (10F, 7H) 20-45 ans Exclusion : antécédent (ATCD) aux MI nécessitant une opération ou une rééducation, Douleurs dorsales sévères, risques cardio- vasculaire, expérience au niveau compétitif, IMC>30,	Type : mesures répétées, longitudinale Intervention : - endurance du tronc : test de la musculature latérale (pont latéral sur le coude), test d'endurance des fléchisseurs (maintenir une flexion du tronc de 55° les genoux fléchis et les pieds soutenus), test des extenseurs dorsaux (sorensen), endurance des abducteurs de hanche (test de Trendelenburg modifié : unipodal) - repos de 2 mn entre chaque test, échec lorsque les participants quittent la position déterminée comme « neutre ». Aléatoire, participants aveuglés. - caractéristiques anthropométriques - Protocole de fatigue induite par la course sur tapis roulant. Marche 6km/h, effort sur échelle de Borg à 15 points, fréquence cardiaque (FC). Vitesse augmente 1km/h toutes les 2mn jusqu'à Borg = 13 puis vitesse constante, 2 mn restantes à Borg = 17 ou 90% FCmax. - Chaussures neutres (nike) Comparaison : Avant fatigue VS après Variables : - cinématique tronc, hanche, genou et cheville : 3 caméras + marqueurs MI, bassin et tronc sur 20 foulées	Vitesse moyenne = 2,6m/s Temps moyen pour atteindre la fatigue = 19,7 minutes Cinématique : Changement significatif = flexion du tronc augmente de 4°, extension du tronc qui diminue de 3°, éversion de la cheville non dominante augmente de 1,6°. Pas significatif mais hausse : extension des 2 hanches, éversion cheville dominante Endurance : Pas de différence entre les changements post fatigue et tous les tests d'endurance du tronc. Cependant, association entre l'augmentation de l'angle de flexion du tronc et l'endurance des extenseurs	Identification de facteurs interagissant sur les variables cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs novices pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied.	Nike Tapis roulant altère course

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Koldenhoven RM [79] Increased Contact Time and Strength Deficits in Runners with Exercise- Related Lower Leg Pain. J Athl Train. 2020	Comparer la biomécanique, l'alignement des MI, les amplitudes articulaires ainsi que la force musculaire entre des coureurs avec et sans douleurs à la jambe liée à l'exercice physique. (ERLLP)	32 coureurs récréatifs (>16 km/sm depuis 3 mois minimum) 18-45 ans. 16 ERLLP : douleur lors de l'exercice, + 2 sm. Dont 13 ERLLP bilatérales 16 sains Exclusion : ATCD de chirurgie du MI dans les 12 derniers mois, douleur au tendon d'Achilles, ATCD de fracture, période d'inactivité prolongée, autre RRI, douleur à la course, condition neurologique, cardiaque etc	Type : Cas témoin Intervention : - Godin Leisure Time Questionnaire, EILP questionnaire, LEFS, EVA - Alignement : AHI, FPI, ND, torsion tibiale, angle Q, antéversion hanche - Amplitude des MI - Force - Course de 2,69 km pour calibrer le capteur RunScribe puis port de celui-ci pendant 3 entraînements - chaussures personnelles, pas de minimaliste pour analyse de course Comparaison : ERLLP vs sains Variables : - cinématique : excursion pronation, vitesse de pronation - cinétique : force d'impact et de freinage - spatiotemporel : longueur pas, longueur foulée, temps de contact, cadence, ratio de vol	ERLLP : - diminution de l'activité physique au Godin questionnaire, diminution des scores EILP questionnaire et LEFS, EVA plus élevé de 40,5 +/- 4,9 mm sur 100 - Augmentation de l'excursion de la pronation de 2.15 +/- 1.00° pour le MI le plus atteint - Vitesse plus lente de 0.39 +/- 0.15 m/s, temps de contact majoré de 18.00 +/- 8.25 millisecondes, diminution de la longueur de foulée de 0.11 +/- 0.04 m. - Augmentation amplitude articulaire flexion hallux, de l'éversion de cheville - Diminution de la force d'inversion de cheville, éversion de cheville et de la flexion de hanche	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs atteints d'ERLLP.	Évaluation clinique : pas en aveugle, non randomisée Pas de contrôle des variables extrinsèques, pas les mêmes entraînements Pas spécifique sur le SSTM

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Lachniet PB [73] Altered sagittal plane hip biomechanics in adolescent male distance runners with a history of lower extremity injury. Int J Sports Phys Ther. 2018	Comparer les différences cinématiques entre une population de jeunes coureurs masculins ayant des ATCD de BSI et une population saine	25 coureurs 11 lycéens 14 collégiens Inclusion = dans une équipe de cross-country du lycée ou collège, pas de douleurs lors des tests Exclusion : si sous surveillance médicale, contre- indication sportive	Type : rétrospective Intervention : - Questionnaire pré-saison : antécédents, km/sm - tapis roulant, vitesse choisie - marqueurs sur thorax, bassin, chaque segment des MI + 10 caméras - collecte sur 30 pas, analyse sur 20 premiers - chaussure neutre adidas Comparaison : 10 blessés (fracture de stress ou SSTM) vs sains Variables : - Cinématique : hanche, genou, attaque du pied. - taille et poids en co-variable	Vitesse 3,8 m/sec pour les 2 groupes Démographie : Pas de différence d'âge, km/sm. Taille et poids légèrement plus élevé pour les blessés. Pas de différence d'IMC. Hanche : Plan sagittal : Les coureurs blessés ont montré un plus grand pic de flexion des 2 hanches lors des phases d'appuis. - Sains : aucune association entre angle de flexion maximal de la hanche et le timing de la phase d'appui. - Blessés : Corrélation entre angle de flexion maximal de la hanche et timing de la phase d'appui. Les angles étaient plus élevés plus tard. - Pas de différence adduction et rotation interne. Genou : - Pas de différence pour flexion, abduction et rotation interne des 2 genoux entre les groupes. Caractéristique du pas : Pas de différence dans la longueur du pas, dans la cadence ou dans l'attaque du pied. (21 RFS, 2 MFS, 2 FFS)	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs atteints de celui-ci.	Rétrospective Adidas Tapis roulant Population : Que des hommes BSI

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Linton L [63] Running with injury: A study of UK novice and recreational runners and factors associated with running related injury. J Sci Med Sport. 2018	Déterminer la prévalence et le type de blessures liées à la course à pied dans une population de coureurs novices et récréatifs afin de déterminer les associations avec les FDR	1145 coureurs novices et récréatifs 641F, 504H Angleterre 18 ans Exclusion : pas de course à pied depuis 4 semaines	Type : Rétrospective - questionnaire : anthropométrie, expérience, antécédents, modalités d'entraînements - OSTRC : Oslo Sports Trauma Research Centre Questionnaire Intervention : Enquête en ligne Comparaison : Blessés vs sains Variables : - surface, fréquence course, fréquence sport, intensité, expérience, objectif, IMC, âge.	Age moyen = 47,38 ans 49,8% ont actuellement une blessure liée à la course à pied Blessés > sains : IMC, utilisation d'orthèses, but de 5km ou moins, plan réalisé tout seul. Différence pour sexe, fréquence de sport, expérience, antécédents, fréquence de course sur la route, pistes rocheuses/dures ou molles/boueuses. Pas de différence : âge, membre dominant, participation autres sports, fréquence/distance/temps par semaine, fréquence de chaussures, surface piste/herbe/multiple Régression logistique : Différence : sexe (H plus de risque), utilisation d'orthèses, antécédents 12 mois, expérience + de 2 ans Pas de différence : différentes distances, expérience – de 2 ans Expérience comparé – 6 mois	Identification de FDR cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs novices pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied.	Rétrospective Auto-déclaration

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Loudon JK [76] Lower extremity kinematics in running athletes with and without a history of medial shin pain. Int J Sports Phys Ther. 2012	Déterminer s'il existe des différences cinématiques lors de la course entre une population de coureurs sains et une population de coureurs avec un ATCD de Medial Shin Pain	14 coureurs avec un ATCD de medial shin pain unilatérale (8F et 6H) 14 témoins (8F et 6H) : Inclusion : 10 miles/sm 6 derniers mois, 18-40 ans, pas de douleurs supérieures à 1/10 lors de la course, ATCD dans les 2 ans avec symptômes > 4 sm mais <1 an Exclusion si ATCD : SF, CECS, douleur nerveuse, traumatisme ou chirurgie, paresthésie, ATCD de douleur hanche ou genou, lombalgie, antéversion ou rétroversion excessive de la hanche au Craig test. Trouble neuro.	Type : Rétrospective Intervention : - Screening par un physio ou entraîneur sportif. Palpation, test de sensation, percussion, analyse hanche, genou, cheville. - Craig test : DV, genou 90°, proéminence du grand trochanter (<8° = hanche rétroversée, >15° hanche antéversée) - marqueurs + 6 caméras sur tapis roulant. Tapis roulant au rythme habituel de 5km - Chaussures et orthèses personnelles Échauffement = marche 5mn à 4,83 km/h puis courir 3 à 5 mn Puis courir encore 5 mn à la vitesse choisie. À 2,5 minutes : collecte de 5 essais de 5 secondes. Comparaison : ATCD vs sains Variables : Pelvic tilt excursion (frontal), Peak hip RI, Peak knee flexion	Vitesse moyenne = 3,08 m/s Âge, taille, masse, km entraînement et vitesse sur tapis roulant similaire Pour chaque groupe, pas de différence entre les jambes pour les 3 variables ATCD MSP ont un Tilt pelvien majoré dans le plan frontal, pic de rotation interne de hanche plus élevés que ceux du groupe témoin Et une flexion de genou moins importante (37,11 +/- 5,4 vs 42,12 +/- 4,8) Comparaison entre sexe dans groupe MSP : Femmes ont un tilt pelvien plus important Groupe contrôle : pas de différence entre les sexes	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs avec et sans antécédents de celui-ci.	Rétrospective Population : pas des novices Tapis roulant Facteurs extrinsèques

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Luedke LE [67] Association of isometric strength of hip and knee muscles with injury risk in high school cross country runners. Int J Sports Phys Ther. 2015	Déterminer s'il existe une relation entre la force isométrique des abducteurs (ABD) de hanches, des extenseurs et fléchisseurs de genoux et l'incidence des douleurs antérieure au genou et des douleurs tibiales	68 Membres de l'équipe du lycée de cross-country (47F, 21H) Inclusion : pas de signes ou de symptômes d'une blessure, autorisé à participer	Type : prospective cohort design Intervention : - force isométrique : dynamomètre portatif pour ABD hanche (Latérocubitus, Membre supérieur parallèle à la table. Dynamomètre proximal à la malléole latérale), quadriceps (assis, genou 45° flexion, dynamomètre à 5 cm de l'articulation de la cheville), ischio-jambiers (DV, genou à 45° à 5 cm de l'articulation de la cheville. Sangles pour éviter les compensations). - 2 essais pour chaque muscle. 5 secondes entre les essais. 30 secondes entre les muscles. Consigne « prendre une à 2 secondes pour atteindre l'effort maximal puis le maintenir pendant 3 secondes » Normalisé avec bras de levier et le poids. - rapport de blessure tous les jours Comparaison : blessés ou non Variables : force et incidence des blessures	3 sujets avec douleurs au genou (4,4%) et 13 shin splints (19,1%) (Shin : H > F) Risque d'avoir une douleur au genou : 1/3 le plus faible pour les 3 groupes musculaires > 1/3 le + fort Pas de différence de risque de blessure en ce qui concerne le shin injury entre les groupes faibles et forts pour ABD hanche, Q et IJ. Chez les F : association significative entre force Q faible et shin injury mais pas chez les H. Aucune autre association entre IJ et ABD pour le sexe	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs atteints de celui-ci.	Petit échantillon Validité de la mesure de la force en chaîne cinétique ouverte et entre le rôle concentrique et excentrique. Ne reproduit pas la course à pied Population : coureur d'un lycée, pas novice, âge (adolescent)

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Maas E [71] Novice runners show greater changes in kinematics with fatigue compared with competitive runners. Sports Biomech. 2018	Déterminer les différences cinématiques après une course entre une population de coureurs de fond novices et compétitifs (COMP)	15 novices (6F, 9H) 15 compétitifs (5F, 10H) <u>Inclusion Novice</u> : distance < 10km/sm, suivent un programme, pas d'historique de compétition, capable de courir 3200m sans faire de pause ou marcher <u>COMP</u> : participé à des compétitions, 3 ans d'expérience, environ 70km/sm H et 50km/sm F. <u>Exclusion</u> : Maladies pneumo, neuro, cardio-vasculaire, IMC >	<u>Type</u> : étude comparative <u>Intervention</u> : - 3200m sur piste de 400m à effort maximal - Temps + borg score (réussi si 17/20 ou +) - 1 semaine après : 2eme session collecte de la cinématique sur tapis roulant avec 10 caméras et 42 marqueurs - chaussures neutres Asics et orthèses sur mesure du sujet si besoin. - marche et course à 1,94m/s pour se familiariser. - COMP : 2 essais à vitesse max du tapis (3,33 m/s) puis course 3200m sur un autre tapis roulant non instrumenté à vitesse moyenne de course jusqu'à épuisement puis course	Similaire taille, âge, poids. Vitesse moyenne 2,75+/-0,5 m/s Novice et 4,88+/-0,57 m/s COMP. Temps avant épuisement : 1693+/- 588 s pour les novices contre 947 +/- 284 s COMP. <u>Pic d'angle articulaire en phase d'appui</u> : - Novice : ↑ Flexion et Rotation du tronc, Tilt antérieur et Rotation Pelvienne, Flexion Hanche, Extension Genou et diminution ABD cheville. - COMP : ↑ tilt antérieur, obliquité et rotation pelvienne, ↓ ADD hanche, ↑ ABD du genou et ↓ flexion plantaire de la cheville - Un effet d'interaction a été trouvé pour la flexion du tronc. Novice augmenté de 3,0 +/- 4,2° contre 0,2 +/-1,9° COMP.	Identification de facteurs interagissant sur les variables cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs novices pouvant ainsi entrainer une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied.	Pas à la vitesse moyenne d'entraînement des COMP Vitesse inférieure COMP p/r novice : meilleur score au 3200 m

		30, appareils orthopédiques sauf orthèses sur mesure, blessure musculo-squelettique MI ou dos dans les 6 mois.	sur tapis instrumenté + détection de pression. - Novice : course vitesse moyenne jusqu'à épuisement. Collecte de 10s au bout de 2mn puis collecte à l'épuisement. <u>Comparaison</u> : Novice vs Comp <u>Variables</u> : Borg et FC, oscillation du centre de masse, cinématique, cinétique	<u>Analyse de l'ensemble du cycle</u> - Novice : ↓ tilt antérieur pendant petite partie de la phase de balancement, diminution de la flexion de hanche pendant phase d'appui, ↑ ADD hanche avant et pendant l'attaque du pied, ↓ flexion du genou + ↑ flexion plantaire pendant la phase de balancement. - COMP : ↓ tilt antérieur pendant phase oscillante, ↑ obliquité pendant la phase d'appui, ↑ flexion maximale hanche décollement orteils, ↑ ADD hanche sans changement genou ou cheville pendant phase d'appui, - interaction entre l'ADD/ABD de hanche au début de la phase de balancement. - Novices vers ABD et COMP vers ADD. Pas de changement des <u>variables spatio-temporelles et oscillations verticales.</u>		
--	--	---	---	--	--	--

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Menéndez C [111] Medial Tibial Stress Syndrome in Novice and Recreational Runners: A Systematic Review. Int J Environ Res Public Health. 2020	Évaluer et résumer la littérature actuelle traitant du SSTM dans une population de coureurs novices et récréatifs	Novice < 3 mois d'expérience > récréatif Exclusion : autres sport, sportif professionnel, militaire	Type : Revue systématique Intervention : - 1379 occurrences, 781 après doublons, 36 évaluations intégrales, 11 articles retenus - Pedro scale RCT - Newcastle- Ottawa scale non random Variables : - facteurs étiologiques - diagnostic - délais de guérison - divers critères	Facteurs étiologiques : que des articles déjà traités (Loudon, nielsen, raissi, tweed) 3 études sur facteurs intrinsèques, 1 sur les extrinsèques. La cinématique est fortement corrélée à l'apparition du SSTM et toutes les articulations du MI peuvent contribuer à l'émergence de cette pathologie. Hyperpronation est associée à : inclinaison pelvienne, valgus de genou, ND, rotation interne tibiale, course apropulsive avec décollement du talon et torsion abductrice. Diagnostic : pression + CT scan Traitement et délais de guérison : - 70 et 72 jours de guérison - orthèses plantaire + étirement pendant 3 semaines diminue durée des symptômes et la douleur - Orthèses de soutien de la voute plantaire permet de diminuer le temps de contact, diminue impulsion région du médio-pied et augmente impulsion et pic au niveau de M5, pression latéralisée lors phase de poussée, médialisée lors de la phase de contact de l'avant-pied. Centre de gravité + médiale pied à plat, latéral phase de poussée - onde de choc pendant 10 semaines pas de différence	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs novices et récréatifs atteints de celui-ci. Identification de pistes de traitement.	Peu de RCT, faible preuves

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Messier SP [78] Etiologic factors associated with selected running injuries. Med Sci Sports Exerc. 1988	Déterminer s'il existe une relation entre des coureurs atteints du syndrome de la bandelette ilio- tibiale, de fasciite plantaire et de shin splints et des variables biomécaniques, anthropométriques et d'entraînement.	Coueurs récréatifs et compétitifs 15 fasciites plantaires 13 Syndromes de la bandelette ilio-tibiale 17 shin splints 19 sujets contrôles, sans antécédents Minimum 10km/sm depuis 1 an. Diagnostic par chirurgical orthopédique et un entraîneur.	Type : rétrospective Intervention : - Anthropométrie : footprint test pour arche médiale longitudinale. Normalisé en divisant la largeur zone du médio pied par avant pied - Score 1 = pied plat Score 0 = pied creux, sit and reach test, amplitude en flexion plantaire et dorsiflexion, angle Q, longueur des jambes, flexibilité des MI - Biomécanique : mouvement de l'arrière-pied (pronation maximale, mouvement total de l'arrière-pied, temps de la pronation maximale, vitesse de pronation maximale). Camera et tapis roulant. 5mn à vitesse moyenne d'entraînement. Chaussures personnelles - Variables d'entraînement : questionnaire : terrain, chaussures, antécédent, expérience, orthèses. Comparaison : Blessés vs Sains Variables : voir dessus	Anthropométrie et variables d'entraînement : - Pas de différence sur rythme de course, kilométrage hebdomadaire et expérience. - RAS pour variables anthropométrie - une seule variable pour : fasciite plantaire a amplitude en flexion plantaire > groupe sain. - bien que non significative : Shin splints dorsiflexion < sains - Dans les 3 groupes blessés : 20% sujets courent régulièrement sur du dénivelé positif. Biomécanique : La vitesse de pronation maximale et la pronation maximale sont significativement différentes entre le groupe sains et Shin splints	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs atteints de celui-ci.	La méthodologie des mesures n'est pas détaillée. Pas des novices Rétrospectif

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Mo S [93] Differences in lower-limb coordination and coordination variability between novice and experienced runners during a prolonged treadmill run at anaerobic threshold speed. J Sports Sci. 2019	Examiner les caractéristiques de la coordination et de la variabilité de coordination dans le plan sagittal chez une population de coureurs novices et expérimentés	17 récréatifs (4 à 20 ans d'expérience, 30 à 80 km/sm) 17 novices (<6 mois) Tous ont une attaque de pied talon Aucune blessure au cours des 6 derniers mois	Type : étude comparative Intervention : - course 31 mn sur tapis roulant à vitesse seuil anaérobie. Échelle de Borg et lactatémètre avant et après la course. RPE toutes les 5 minutes. - Vitesse seuil anaérobie : course progressive. 8km/h augmente 1km/h toutes les 2 minutes jusqu'à 15km/h ou impossibilité de continuer. Rapport Ventilation O2/ Consommation O2. Seuil anaérobie ou le rapport augmente fortement. - Cinématique : capteurs sur MI et	Vitesse anaérobie plus élevée récréatifs que novices Lactate avant 13 mmol/L 2 groupes avant course et 8,0 mmol/L récréatifs et 7,4 pour novices après. RPE : 7,6 récréatifs et 7,2 novices avant / 17,5 récréatifs et 18,3 novices après. Pas de différence pour la cinématique sauf temps pour atteindre le pic de hanche qui étaient similaires entre les groupes avant la course et après a diminué chez récréatifs et constant chez novices. Effet de groupe pour la variabilité cinématique des segments ou des angles. Les coureurs récréatifs ont une plus petite variabilité de pic de hanche, pic de genou, angle de la cuisse, et angle de la cuise au contact initial. Interaction groupe par groupe pour le pattern de coordination (anti-phase pour la hanche-genou à midstance, en phase	Identification de facteurs interagissant sur les variables cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs novices pouvant ainsi entrainer une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied.	Vitesse seuil anaérobie Que plan sagittal

			bassin + système capture de mouvement. - Chaussures personnelles - analyse phase d'appui de 10 foulées - Coordination = évaluée via un l'angle de couplage par codage vectoriel. - angle de couplage = entre 0 et 360° (angle hanche-genou flexion/extension, genou-cheville flexion/extension, bassin-rotation sagittale cuisse, cuisse-jambe rotation sagittale, jambe-pied rotation sagittale) - Coordination en fonction de l'angle de couplage : rotation en phase 22,5-67,5° / rotation anti-phase 112,5-157,5° ou 292,5-	pour bassin-cuisse à stance phase et midstance. Hanche-genou : % anti-phase durant midstance était plus bas pour récréa que novices. Augmente avec le temps pour récréa et constant pour novices. Bassin- cuisse : % en phase durant stance phase et midstance, plus élevé pour récréa que novices. Diminuait milieu de la course et augmente à la fin pour récréa. Augmentait puis diminuait pour novices Bassin-cuisse : phase de mouvement du bassin augmente avec le temps Cuisse-jambe durant midstance : mouvement cuisse augmente avec le temps Jambe-Pied durant stance phase : Mouvement jambe augmente avec le temps <u>Récréatifs vs novices :</u> Hanche-genou pendant midstance : % mouvement genou plus élevé chez récréatifs.		
--	--	--	--	---	--	--

			337,5° / phase de mouvement proximal 0-22,5° ou 157,5-202,5° ou 337,5-360° / phase de mouvement distal 67,5-112,5° ou 247,5-292,5° <u>Comparaison :</u> Novices vs expérimentés <u>Variables :</u> - lactate, perception de l'effort (RPE), cinématique (angle articulaire, segment, - indépendantes : pic d'angle, angle au contact initial et décolllement des orteils, amplitude, temps nécessaire pour atteindre le pic d'angle	Genou-cheville pendant midstance : % en phase plus élevé chez récréa Bassin-cuisse stance phase : % mouvement bassin plus élevé chez récréa. Cuisse-jambe pendant stance phase : Récréatifs % plus élevé de phase de chargement, et midstance et mouvement jambe Genou-cheville durant midstance : % mouvement cheville plus bas. Pelvis-cuisse stance phase et midstance : % mouvement jambe Pas d'effets groupe par groupe pour variabilité de coordination. Récréatifs variabilité de coordination plus important pour couplage hanche-genou pendant phase terminale et couplage jambe-pied stance phase		
--	--	--	--	---	--	--

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Naderi A [61] Is high soleus muscle activity during the stance phase of the running cycle a potential risk factor for the development of medial tibial stress syndrome? A prospective study. J Sports Sci. 2020	Comparer l'activité musculaire du muscle tibial antérieur et du soléaire lors de la course à pied entre des sujets avec et sans SSTM.	123 étudiants en éducation physique actif dans sports de course 12h/sm (Couse, handball, basketball, football) 20-30 ans Exclusion : antécédents douleurs, sensibilité aux MI au cours des 6 derniers mois, chirurgie, déformation congénitale ou inégalité de longueur des MI.	Type : Prospective 17 sm Intervention : - Questionnaire + examen physique : expérience de course, orthèses ou tape, antécédents, niveau activité en met/h/sm et VO2max. - Posture dynamique et statique du pied : FPI et Dynamic Arch Index. - EMG tibial antérieur et soléaire : contraction maximale isométrique volontaire (MVIC) : 3 essais, 2 mn de repos. - course 6mph tour de 15m. - 3 essais de course, analyse de la 3eme ou 4eme foulée. Résistances sensibles à la force placées sous l'inter phalangienne de l'hallux et sous le calcaneus + plateforme Comparaison : SSTM vs sains	SSTM 23 sujets, sains 89 sujets. Incidence SSTM pas de différence entre H et F, IMC et poids SSTM > sains, VO2max et Act. Phy. SSTM < sains, DAI score SSTM > sains mais pas de différence avec le FPI. Groupe SSTM plus susceptible d'avoir antécédents et utilisation d'orthèses. Mais pas plus de risque de blessures aux MI. EMG Tibial Antérieur : pas de différence à l'EMG lors de la phase de propulsion et d'absorption (time of peak RMS, peak RMS et mean RMS) EMG Soléaire : peak RMS SSTM > sains lors de l'absorption et la propulsion. Time of peak RMS et RMS moyen pas de différence. Régression logistique : risque multiplié par 0,85 avec IMC, 0,15 avec DAI, 4,67 avec ATCD SSTM, 0,05 avec Peak RMS Soléaire. Expérience d'Act Phys. Vigoureuse diminue le risque de 25%.	Identification de facteurs interagissant sur les variables cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs atteints du SSTM pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer celui-ci.	11 exclus Population Ne peut pas exclure les différences d'entraînement Pas que des sujets pratiquants la course à pied

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Nielsen RO [82] Foot pronation is not associated with increased injury risk in novice runners wearing a neutral shoe: a 1-year prospective cohort study. Br J Sports Med. 2014	Déterminer si la distance parcourue jusqu'à la première blessure varie selon la position du pied chez des coureurs novices portant des chaussures neutres	927 coureurs 466H et 461F Inclusion : 18-65 ans, pas de blessures durant les 3 derniers mois, novice <10km depuis 12 dernier mois Exclusion : autre sport de plus de 4h/sm, orthèses, enceinte, ATCD AVC, cardiaque, refus chaussures ou GPS	Type : Prospective 1 an Intervention : - Questionnaire : démographique, expérience, antécédents - Chaussures neutres : adidas - GPS : Montre garmin - Course libre sans aucune restriction sur distance, durée et intensité Comparaison : Pied Variables : - Nombre de blessures - Foot Posture Index (>3, 3-2, 1-6, 7-9, +10) Aucun facteur de confusion identifié	Participants : Fortement supinateur = 53, supinateur = 369, neutre = 1292, pronateur = 122, fortement pronateur = 18 Séances avant la blessure : Supinateur 39, fortement supinateur 36, neutre 41, pronateur 43, pronation forte 35 252 blessures dont 63 bilatérales Après 500km : 70,6% des jambes sans blessures Proportion d'incidence des blessures : Neutre = 17,4%, 17,9% supination, 24,5% forte supination, 13,1% pronation, 33,3% forte pronation A 50, 100, 250, 500km aucune différence de blessures entre les groupes par rapport au pied neutre Taux incidence pour 1000h : Supination = 14,74, forte supination = 9,96, neutre = 9,38, pronateur = 6,33, fortement pronateur = 28,85 Nombre STTM : forte supination = 1, supination = 5, neutre = 54, pronation 3, forte pronation = 1	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied dans une population de coureurs novices en fonction de la morphologie du pied.	Pas de calcul de la taille de l'échantillon. Peu de sujets fortement supinateurs et fortement pronateurs Sujet toujours présent si blessure unilatérale Pied forte pronation pas plus de 300km

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Okunuki T [74] Forefoot and hindfoot kinematics in subjects with medial tibial stress syndrome during walking and running. J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc. 2019	Comparer les cinématiques de l'avant et de l'arrière- pied entre des sujets avec et sans SSTM lors de la marche et la course	Club athlétisme université 11 SSTM (1F, 10H) 11 sains (1F, 10H) 8 coureurs, 2 joueurs de tennis, 1 joueur de basketball Exclusion : fracture, chirurgie, autres blessures durant les 3 derniers mois	Type : cross- sectional transversale Intervention : - AHI (ratio hauteur dorsale à 50% longueur du pied et longueur du pied tronqué) - Angle jambe talon en position bipodale (ligne médiane du calcaneus et ligne médiane de la jambe) - Marche et course pied nu sur tapis roulant. Marche vitesse choisie 6mn puis course 12 km/h pendant 3mn - 6 caméras + marqueurs - Effort perçu : borg modifiée - Douleur : EN Comparaison : SSTM vs sains	Démographie : SSTM IMC plus important. Pas de différence pour le reste : âge, taille, poids, AHI, angle de la jambe, borg, douleur, vitesse de course SSTM : 7 FFS, 4 MFS, 0 RFS Sains (8 FFS, 3 MFS, 0 RFS) Marche : pour le groupe SSTM : - éversion arrière-pied plus importante lors du contact initial - Abduction + importante lors du contact initial et lors de la phase d'appui à 40 et 60% - Éversion de l'avant pied plus importante à 80% de la phase d'appui, plus grande abduction avant pied de 5 à 85% du la phase d'appui - Pas de différence de dorsiflexion entre les 2 groupes. Lors de la course : pour le groupe SSTM : - éversion arrière-pied + importante de 0-15% et 75-90% de la phase d'appui - ABD arrière-pied + importante 0-20 et 70- 100% phase d'appui - ABD avant-pied 15-40 et 70-85% de la phase d'appui - Pas de différence de dorsiflexion. Et d'éversion de l'avant pied.	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs atteints de celui-ci.	Pas de RFS Transversale Population Autres sports

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Paquette MR [89] Influence of Prolonged Running and Training on Tibial Acceleration and Movement Quality in Novice Runners. J Athl Train. 2020	Évaluer les effets de la course sur l'accélération tibiale maximale (PTA) et sur le test « Functional Movement Screen » (FMS)	10 coureurs novices (6F, 4H) Âge 27 +/- 7 ans 15 mois +/- 14 mois d'expérience, expérience inférieure à 2 ans 19,6 +/- 4,8 km/sm 7 :05 +/- 1 :30 mn/km Exclusion : blessure, chirurgie, contre- indication médicale	Type : série de cas Intervention : - Échauffement 2 mn à vitesse entre 11 et 13 sur Borg puis course 30 mn tapis roulant (collecte entre la minute 3 et 4 et dernière minute) - 3 semaines d'entraînement avec augmentation de 25% du volume (podomètre) - accéléromètre sur le bord antéro- médial du tibia + marqueurs + capteur de mouvement - Fatigue générale + MI via EVA - collecte à nouveau entre la minute 3 et 4 d'une course de 6 minutes à la fin des 3 semaines Comparaison : avant et après la course Variables : - Accélération tibiale maximale - FMS : Squat entier (18 points) et SLR actif (6 points par MI), asymétrie SLR actif (4 points) - fatigue EVA - score sur 30 - cadence, angle d'attaque du pied	Augmentation du volume de 34%, 9% et 15% pour la semaine 1 puis 2 puis 3. Augmentation moyenne de 19% +/- 40%. Effet du temps : - Pas de différence PTA, FMS, ASLR, Squat, cadence ou angle d'attaque du pied - fatigue du MI : 3 points en plus après la course. Fatigue globale : 2,2 points en plus après la course. Pas de différence fatigue MI ou globale après la course et après entraînement de 3 sm. Volume de course : Changements de l'accélération tibiale et du FMS ne sont pas corrélés au volume d'entraînement. Mais ce volume explique 32% de la variance des PTA et 2,2% de la variance du FMS	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs novices.	- Programme individualisé mais au final très hétérogène : pas de contrôle des variables extrinsèques - 1 seul participant correspond aux fourchettes hautes et basses - dernière semaine : 2 participants ont eu une gêne et 1 participant un malaise - Population faible

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Pérez-Morcillo A [75] Association between the Foot Posture Index and running related injuries: A case-control study. Clin Biomech Bristol Avon. 2019	Déterminer s'il existe une relation entre les blessures liées à la course à pied et la posture des pieds chez des coureurs novices	600 sujets. 300 cas 300 témoins 429H : 71,5% Inclusion : 30-50 ans, novice, IMC < 28, 2-3x/sm, chaussure neutre. Exclusion si athlète pro, chirurgie, antécédents de blessures avec séquelles, utilisation de semelles sur mesure	Type : Observationnelle cas-témoin Intervention : Age, sexe, taille, poids, surface, distance habituelle en compétition, expérience, temps sur chaque course, vitesse moyenne, nombre d'entraînements/sm, distance moyenne, nombre de course par an, nombre chaussures, coût moyen des chaussures. Comparaison : blessés vs sains Variables : FPI : 6 critères en position détendue bipodale (palpation de la tête du talus, observation des courbes au-dessus et en dessous de la malléole latérale, évaluation de l'étendue l'inversion / éversion du calcaneus, bombement de l'articulation talo-naviculaire, congruence de l'arche médiale longitudinale, étendue de l'abduction/adduction de l'avant-pied)	Différence significative univariable : IMC, surface de course, utilisation de plus d'une paire de chaussures, expérience (en mois) plus élevée chez témoins - Association significative entre la posture des pieds et l'incidence des blessures liées à la course à pied. - Plus grande proportion chez les cas que chez les témoins de : Supinateur (60%), forte supination (96,3%), pronation (60,8%), forte pronation (86,6%) - Plus grande proportion de pied neutre chez les témoins (74,9%) Multi-variables association entre l'incidence des blessure et FPI, surface de course et BMI. - Supination élevée : 76,8x plus de risque que neutre - Pronation élevée : 20x plus de risque que neutre - Pour chaque point d'IMC risque augmente de 15,9%	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied dans une population de coureurs en fonction de la morphologie du pied.	Peu de fortement supinateur Auto-déclaré

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Plisky MS [60] Medial tibial stress syndrome in high school cross-country runners: incidence and risk factors. J Orthop Sports Phys Ther. 2007	Déterminer s'il existe une association entre le ND et le SSTM	8 équipes lycéennes de cross-country 105 coureurs 46F et 59H 14-19 ans Exclusion : symptômes de SSTM ou de fracture de stress, pas d'autorisation médicale	Type : prospective 13 semaines Intervention : - Daily Injury Report (DIR) par les entraîneurs : participation - appareil de mesure du pied (comme en boutique) - questionnaire : anthropométrie, entraînement, orthèses ou tape. Comparaison : SSTM vs sains Variables : - ND : unipodal sous-talaire neutre vs détendu. Normalisée à la longueur du pied. - longueur du pied total et longueur tronquée - taux de blessure	Femmes : pourcentage plus élevé d'antécédents de blessures que les hommes. (47,8% vs 33,9%). 16 coureurs ont eu 17 blessures. Taux de blessure pas différent F et H : 4,3/1000 expositions vs 1,7/1000 expositions. Aucune variable n'a été associée au SSTM. Coureurs avec un ND > 10mm ou différence entre les 2 ND de + 3mm ont autant de risque de SSTM que les coureurs avec ND <10mm ou sans différence entre les 2 ND Différence significative du ND SSTM vs NON SSTM Orthèses : 3x plus de risque mais pas significatif. Antécédent : Risque x2.	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs atteints de celui-ci.	Questionnaire rempli à la fin de la saison Petit échantillon

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Raissi GRD [64] The relationship between lower extremity alignment and Medial Tibial Stress Syndrome among non-professional athletes. SMARTT 2009	Déterminer les FDR potentiels du SSTM	66 athlètes non professionnels (étudiant en éducation physique) 21F et 45F Cours d'athlétisme 14h/sm Exclusion : malformation congénitale, chirurgie, blessure traumatique durant les 6 derniers mois.	Type : Prospective 17 semaines Intervention : - collecte les 3 premières semaines - questionnaire : anthropométrie, ATCD, entraînement. - pas de semelles, chaussures du même type, surface similaire Comparaison : SSTM vs Sains Variables : - intervalle inter-condylien du fémur et distance inter-malléolaire : position debout, pieds serrés et parallèles - Angle Q (hanche et genou en extension, Q détendu) - Rotation de la hanche (position assise) - Angle tibio-fémoral et alignement tibial (debout) - Alignement arrière-pied et angle calcanéen (décubitus ventral, ligne du calcaneus et 1/3 inférieur de la jambe) - ND : bipodal sub-talaire neutre puis unipodal - longueur des MI : décubitus dorsal de l'épine iliaque antéro-supérieure à la malléole interne	- 68% F - Pas de différence dans le taux de blessure entre F (22% 10/45) et H (14,3% 3/21). - 13 coureurs (19,7%) ont eu un SSTM bilatéral. - Temps avant le syndrome : 64 +/- 12h - Coureurs avec atcd de douleur ou de blessure : risque SSTM x2 mais association non significative - ND plus élevé chez les sujets atteints de SSTM A droite : 6 vs 5,1mm A gauche : 6,5 vs 4,9mm Pas de différence entre : angle Q, angle du tibia, angle d'Achilles, distance inter condyloire, distance inter malléolaire, longueur des MI.	Identification des FDR cinématiques et cinétiques pouvant entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM dans une population de coureurs atteints de celui-ci.	Petit échantillon Mesure uni planaire pour mouvements tri planaires

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Ramkov D [88] Normative values of eccentric hip abduction strength in novice runners: an equation adjusting for age and gender. Int J Sports Phys Ther. 2014	Établir des valeurs normatives pour la force d'abduction excentrique de la hanche chez les coureurs novices	832 sujets 408F 423H 18-65 ans Exclusion : semelles, attelles genou ou cheville, diabète, fièvre au cours des 2 dernières semaines, pathologie cardiaque, douleur poitrine, AVC, essoufflement, F enceintes, blessure au cours des 3 derniers mois.	Type : transversale Intervention : - break test avec un dynamomètre à main à 5cm de la malléole latérale - force maximale excentrique (Décubitus latéral, MI 90°, membre supérieur tendu parallèle à la table - MVIC : contraction volontaire isométrique maximale - MVIC : ABD hanche normalisée en fonction longueur MI, poids et bras de levier Comparaison : Actif (activité en charge ou non) vs non actif / Entre H et F Variables : Force	Actif (1 à 4h/sm) : 213 Inactif : 618 Différence force ABD maximale excentrique entre H et F : 1,62 +/- 0,38 Nm/kg vs 1,41 +/- 0,33 Nm/kg Force maximale excentrique abduction hanche chez homme varie : 0,68 à 2,95 Nm/kg. Chez femmes : 0,75 à 2,74 Nm/kg Association négative entre âge et la force maximale ABD excentrique hanche. Pour chaque année diminution de 0,0045 +/- 0,0013 Nm/kg. Aucune différence de force entre force ABD entre sujets actifs et non actifs	Identification de FDR cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs novices pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer un SSTM.	Plusieurs testeurs Chaine ouverte

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Saeki J [86] Muscle stiffness of posterior lower leg in runners with a history of medial tibial stress syndrome. Scand J Med Sci Sports. 2018	Comparer la raideur des muscles de la loge postérieure chez des sujets avec ou sans ATCD de SSTM	24 H coureurs 14 antécédents SSTM 10 témoins Inclusion : SSTM bilatéral Exclusion : Antécédents de fracture des MI, douleur lors de l'intervention, antécédents unilatéraux de SSTM.	Type : cross sectional, transversale Intervention : - Ultra-sons près du centre musculaire qui nous donne le module élastique de cisaillement - En pronation : gastrocnémiens, soléaire, long et court fibulaires, LFO - En supination : LFO, TP. - Genou tendu, cheville maintenue avec le pied sur le dynamomètre. Dorsiflexion de la cheville de 20° et dorsiflexion des articulations métatarso-phalangiennes - 3 jours après un entraînement. Comparaison : - Jambe droite et gauche - SSTM vs sains Variables : - rigidité musculaire - Coefficient de variation	Module élastique de cisaillement est plus élevé pour le TP et le LFO chez les sujets avec SSTM que chez les sujets témoins (LFO : 9,8 +/- 1,9 kPa vs 7,5 +/- 1,4 kPa) (TP : 12,7 +/- 4,3 kPa vs 9,2 +/- 3,1 kPa) Pas de différences dans les autres muscles.	Identification de facteurs interagissant sur les variables cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs avec et sans antécédents de SSTM pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer celui-ci.	Étude transversale Population Raideur peut être induite par de la douleur

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Saeki J [83] Ankle and toe muscle strength characteristics in runners with a history of medial tibial stress syndrome. J Foot Ankle Res. 2017	Déterminer la force musculaire (notamment la force de flexion plantaire de la 1ere MTTP et de la 2-5eme MTTP) chez des coureurs avec et sans ATCD de SSTM.	27 coureurs Que des H Inclusion : ATCD bilatéral. Exclusion : ATCD unilatéral, fracture du MI, douleur à la course lors de l'intervention. 15 SSTM 12 témoins	Type : cross sectional transversale Intervention : - Alignement du pied : Mesure ND (assis, debout) et alignement entre talon et la jambe (tubérosité du calcaneus et alignement 1/3 distal de la jambe) - Force muscle cheville : MVIC de la dorsiflexion (à 25° de flexion plantaire), de la flexion plantaire (position neutre) et de l'inversion/éversion (position neutre) via dynamomètre (genou à 45°) - Force de la MTTP : MVIC 1^{er} et 2-5eme MTTP (cheville en position neutre et MTTP à 30°) via un appareil fabriqué Comparaison : SSTM vs Sains Variables : Force MVIC	Pas de différence entre ND et alignement jambe talon entre les 2 groupes MVIC Flexion plantaire 1^{er} MTTP : Témoins 9,8 +/- 2,3 N.m SSTM à 12,0 +/- 3,0 N.m Différence significative MVIC Flexion plantaire 2-5eme MTTP : Témoins 6,0 +/- 1,6 N.m SSTM 6,0 +/- 2,1 N.m Pas de différence significative MVIC cheville : Aucune différence pour Flexion plantaire, Dorsiflexion, inversion et éversion	Identification de facteurs interagissant sur les variables cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs avec et sans antécédents de SSTM pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer celui-ci.	Taille de l'échantillon Force statique reflète pas forcément l'activité musculaire lors de la course que ce soit la force ou l'endurance

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Schmitz A [70] Do novice runners have weak hips and bad running form? Gait Posture 2014	Déterminer s'il existe des différences de biomécaniques et de force entre des coureurs novices et des coureurs entraînés Puis évaluer la relation entre la force de la hanche et du tronc avec la cinématique non sagittale de la hanche	19 F expérimentées 12 miles/sm pendant 1 an 19 F novices actives physiquement mais pas de course depuis 5 ans Exclusion : blessure ou opération au cours des 6 derniers mois	Type : Essai Clinique Contrôlé Intervention : - Dynamomètre ABD de hanche (Décubitus latéral, dynamomètre vers l'articulation tibio-fémorale) et rotation externe de hanche. - 2 essais puis 3 tests. Valeurs normalisées par rapport au bras de levier et au poids du sujet. - Force du tronc : pont latéral sur le coude (max 2 mn). - Marqueurs + 15 caméras + plateforme de force - Chaussures New Balance - Échauffement marche 5mn vitesse choisie sur tapis roulant puis course à 3,35 m.s pendant 2 minutes Comparaison : novices vs expérimentés Variables : - pic d'impact, taux de charge, pic ADD/ABD hanche, pic de rotation interne/rotation externe de hanche.	Aucune différence entre les 2 groupes pour le pic d'impact, le taux de charge, la cinématique non sagittale de la hanche ou la force Novices tendent vers une rotation interne majorée La rotation interne de hanche et l'endurance du tronc sur le côté sont corrélées Pas de corrélation entre : - force ABD et angle d'ADD - force de rotation et l'angle de rotation - l'angle d'adduction et l'endurance latérale du tronc	Identification de FDR cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs novices pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer une blessure liée à la course à pied.	Pas de prise en compte du type d'activité Que les F

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Schütte KH [92] Influence of outdoor running fatigue and medial tibial stress syndrome on accelerometer-based loading and stability. Gait Posture. 2018	Déterminer l'influence de la fatigue sur la charge et la stabilité dynamique chez des coureurs avec et sans ATCD de SSTM	30 coureurs récréatifs de 19 à 22 ans 14 ATCD de SSTM 16 témoins sains Asymptomatique lors du test	Type : Cross sectional rétrospective Intervention : - 400 m d'échauffement puis 3200m de course a effort maximal (8 tours de piste) - échelle de Borg modifiée à chaque tour de piste - Chaussures personnelles de moins de 3 mois - 2 accéléromètres (face antéro-médiale du tibia droit et sur les épineuses L3-L5) Comparaison : SSTM vs témoins. Variables : - vitesse moyenne - RPE - stabilité dynamique - charge dynamique	Aucune différence pour <u>les caractéristiques descriptives</u> (Sexe, âge, IMC, expérience, km/sm, RPE, temps de course, nombre de pas, fatigue etc) Aucune différence pour toutes les mesures basées sur l'accélérométrie <u>entre les 2 groupes</u> que ce soit avant ou après le protocole de fatigue. Mesures spatio-temporelles : Effets de la fatigue indépendamment des groupes. Fréquence de pas qui diminue de 3 pas/minute, temps de contact augmenté de 6ms. Cependant, ces effets sont confondus avec la vitesse de course et ne persistent plus après l'intégration de celle-ci. Mesure de la stabilité dynamique :	Identification de facteurs interagissant sur les variables cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs atteints du SSTM pouvant ainsi entrainer une augmentation du risque de développer celui-ci.	Pas de prise en compte de facteurs intrinsèques et extrinsèques notamment la vitesse de course

				- entropie médio-latérale effet significatif de la fatigue entre les groupes qui persiste lors de l'ajustement avec la vitesse. Dans le groupe SSTM : entropie médio-latérale a diminuée à partir de 2km. Dans le groupe témoin : aucun changement de l'entropie - régularité verticale des pas et le rapport RMS médio-latéral sont modifiés lors de la fatigue mais indépendamment des groupes. Régularité des pas diminue avec la fatigue dans le plan vertical. Augmentation du rapport RMS médio-latéral avec la fatigue. 2 variables significatives même avec inclusion de la vitesse. <u>Mesure de la charge dynamique :</u> - L'atténuation des chocs de la phase d'impact diminue avec la fatigue - Inter-variabilité individuelle élevée		
--	--	--	--	--	--	--

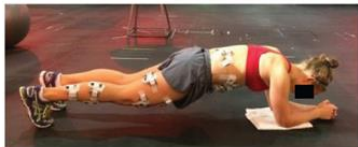
Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Tweed JL [80] Biomechanical risk factors in the development of medial tibial stress syndrome in distance runners. J Am Podiatr Med Assoc. 2008	Déterminer s'il existe une relation entre la posture statique et dynamique du pied et le SSTM	100 coureurs de longue distance inscrits dans des clubs de course 50H et 50F 18-56 ans, symptômes lors de l'étude Exclusion si moins de 20 miles/sm et autre pathologie du MI	Type : transversale Intervention : - FPI (8) : rajoute congruence du bord latéral du pied et le signe de Helbing (axe du calcaneum et axe de la jambe : l'axe de la jambe doit suivre celui du calcaneum) - Dorsiflexion passive : genou plié et tendu, amplitude 1ere MTTP - Position neutre calcaneenne et position relâchée - Tapis roulant, 10km/h, avec et sans chaussures, semelles - vidéo pendant 1 minute Comparaison : SSTM vs sains Variables : 12 variables - 4 statiques : amplitude talocrural genou tendu et avec genou fléchi, différence des positions du calcaneus, amplitude 1ere MTTP. - 8 dynamiques (oui ou non) via la vidéo : démarche apropulsive, soulèvement précoce du talon, torsion abductrice, pronation au début de la phase d'appui, au milieu, à la fin, lors de la propulsion.	43 MI SSTM (13 uni, 15 bilatérales, 12F, 16H) 12 sains (24 MI, 5 F, 7H) Régression logistique qui donne le meilleur modèle permettant de classer un participant dans la catégorie SSTM ou sain. - Le modèle final comporte 6 variables et prédit correctement 92,5% des sujets : différence entre position neutre et détendue du calcaneus, amplitude talocrurale genou étendu, pronation lors de la propulsion, soulèvement précoce du talon, torsion abductrice et une course apropulsive - Les 2 facteurs ayant une plus forte association avec le SSTM sont la course apropulsive qui voit son odds ratio s'élever à plus de 800 et la torsion abductrice qui voit son odds ratio s'élever à plus de 120 - La pronation lors de la propulsion est négativement associée au SSTM.	Identification de FDR cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs atteints du SSTM pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer celui-ci.	Course sur tapis roulant Évaluation dynamique réalisée de manière visuelle

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Viitasalo JT [81] Some biomechanical aspects of the foot and ankle in athletes with and without shin splints. Am J Sports Med. 1983	Comparer des athlètes avec et sans SSTM	3 groupes : - 13 CON (4 ans d'expérience minimum, 100 à 150km/sm, pas d'antécédents de douleur au MI, 6 à 10x/sm) - 13 « Shin splints chronique » (5x/sm, 62km/sm, 8 opérations, plus de douleurs lors de l'étude) - 22 « Shin splints aigue » entre 2 et 4 semaines (5x/sm, 61km/sm)	Type : Rétrospective Intervention : - Amplitude subtalaire passive. Décubitus ventral, articulation en position neutre, 2 marques pour le l'axe vertical du calcaneus et 2 marques pour l'axe vertical de la jambe. Mesure lors de l'amplitude en supination et pronation - Angle entre jambe et calcaneus détermine la position de l'articulation subtalaire : mesure lors position bipodale détendue, talon collés, talon à une certaine distance et pieds parallèles. - tapis roulant 14 km/h, vidéo pour déterminer la mobilité subtalaire - 3 angles : Horizontale-jambe, Horizontale-calcaneus, calcaneus- jambe - Angles : avant attaque du pied, milieu phase d'appui, après décollement du talon, après décollement du pied Comparaison : Chronique vs aigue vs sains	Amplitude passive de l'inversion et éversion de l'articulation subtalaire shin splints > témoins 3 angles dans 3 positions : - Angle du tendon d'Achilles, groupe combiné shin splints > témoins dans chaque position. - position bipodale relâchée angle du calcaneus était plus éversé shin splints > témoins Tapis roulant : Shin splints angle du tendon d'Achilles > témoins juste avant le contact initial et lors de sa valeur maximale	Identification de FDR cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs atteints du SSTM pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer celui-ci.	Mesures compliquées et inexacts Rétrospective Plusieurs sports

			<u>Variables :</u> - Amplitude subtalaire - alignement jambe et du talon - position et déplacement de la jambe et du talon lors de la course	pendant la phase d'appui <u>Déplacement</u> <u>angulaire :</u> Témoins > Shin Splints entre pré contact et phase d'appui mais témoins < Shin Splints pendant phase de soutien complet		
--	--	--	--	--	--	--

Étude :	Objectif(s)	Population	Protocole Méthodologie	Résultats	Pertinence pour le mémoire	Biais et limites de l'étude
Yagi S [66] Incidence and risk factors for medial tibial stress syndrome and tibial stress fracture in high school runners. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA. 2013	Déterminer les FDR du SSTM et des fractures de stress dans une population de coureurs	234 coureurs d'un club de course du lycée. (137H et 97F) Exclusion de 4 coureurs pour arrêt Toute distance. Tout niveau. Course 8x/sm Exclusion : douleur aux jambes, autres pathologies	Type : Propsective cohort study sur 3 ans Intervention : - examen clinique par un physio du sport lors des 4 premières semaines - déclaration des blessures si 7 jours d'absence Comparaison : SSTM vs SF vs Sains Variables : - Taille, poids, IMC - Amplitude cheville : passif, genou étendu et fléchi) - Amplitude hanche : assis en passif - Straight Leg Raise (SLR) - alignement des MI : debout, talons collés, pieds parallèles - angle Q : genou et hanche en extension, Q relâché - Navicular Drop Test - Force ABD hanche: dynamomètre, break test - Taux de blessure pour 1000 expositions	230 coureurs (134H et 96F) 123 coureurs avec signes et symptômes de douleurs dans la jambe 102 SSTM : 29 jambe droite, 23 jambe gauche, 50 bilatéral, 17 récurrences. 21 fractures de stress Chez SSTM , le taux de blessure : - ne variait pas en fonction du sexe. - ne variait pas en fonction de la fréquence d'entraînement (3 groupes : 12x ou +/-sm, 9 à 11x/sm, 8x ou -/sm) - Le taux de blessure a augmenté en fonction du niveau de compétition (National > régionale > entrée) - Plus élevé chez les individus avec moins d'expérience (1 an > 2 > 3) Fracture de stress : Incidence F> H Analyse multivariée : - Chez les Femmes : IMC, limitation de la rotation interne de hanche sont associés au SSTM. - Chez les Hommes : SLR augmente le risque de fracture de stress	Identification de FDR cinématiques et cinétiques dans une population de coureurs atteints du SSTM pouvant ainsi entraîner une augmentation du risque de développer celui -ci.	Population Plusieurs médecins

Annexe 8 : « Protocole de réduction de la stabilité centrale ».

Exercise	Notes
1-2. Side Bend Repetitions on BOSU® Ball (R & L) 	Performed on right side followed by the left side. Participants were instructed to keep hips stacked on top of each other and arms crossed. Participants were encouraged to move slowly and controlled through their full range of motion.
3. Back Extension Repetitions on BOSU® ball 	Participants had arms crossed over the chest and were instructed to relax their legs and gluteal muscles as much as possible. Participants were encouraged to move slowly and controlled through their full range of motion.
4. Swiss Ball Crunches 	Participants were instructed to cross arms over the chest and move through a full range of motion where the core muscles were continuously engaged. Participants were encouraged to move slowly and controlled.
5-6. Side Plank Hold (R & L) 	Performed on right side followed by the left side. Participants were instructed to keep hips stacked on top of each other as high off the ground as possible.
7. Back Extension Hold 	Participants could place arms off the ground wherever was most comfortable and were instructed to raise their chest off the ground as high as possible, while leaving legs on the ground. Participants were encouraged to fully relax their legs and gluteal muscles.
8. Traditional Plank Hold 	Participants were instructed to place forearms on the ground and raise their body up so their body was straight and hips were in line with the shoulders.

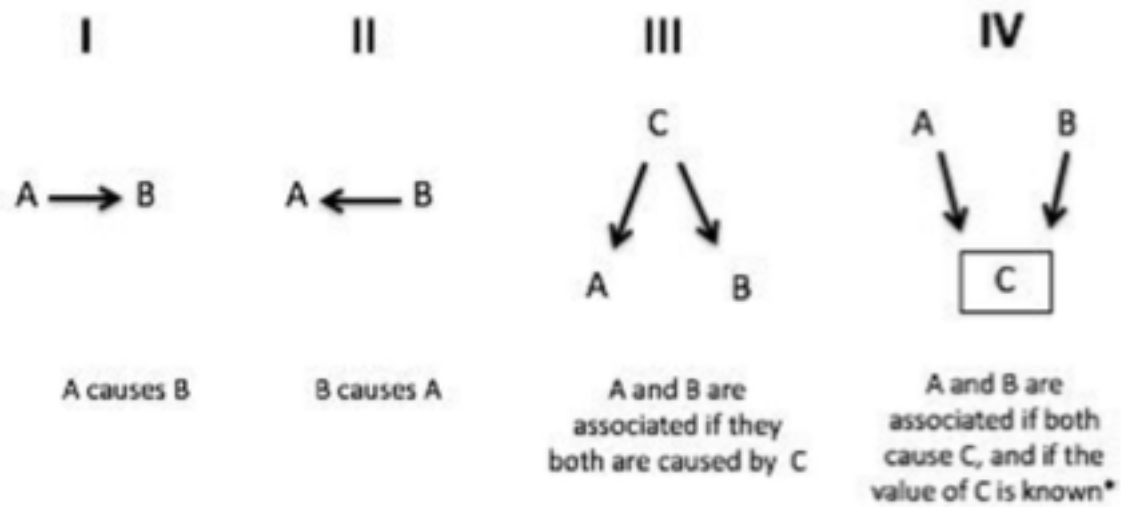
Annexe 9 : Tab. XIII : « Tableau récapitulatif des changements biomécaniques ».

Effet combiné significatif des changement biomécaniques	
Hétérogénéité Faible	Hétérogénéité moyenne à élevée
↗ Antécédents (Risque x2 à x4) ↘ Expérience (Risque x1,53 à 1,98) ↗ IMC (Risque x1,85 à 5) ↗ Période de pronation ↗ Durée d'éversion (Risque x1,08 à 1,38) ↗ Chute du naviculaire via le NDT (Risque x4 si >10 mm) ↗ Extension du genou lors du contact initial (Risque x1,23 pour chaque degré) et lors de la phase d'appui ↗ L'amplitude articulaire de la flexion de hanche ↗ Chute pelvienne controlatérale lors de la phase d'appui (Risque x1,80 pour chaque degré) ↗ Flexion du tronc lors de la phase d'appui ↘ Rotation interne de hanche lors d'une augmentation de l'endurance du tronc ↗ Longueur de pas corrélée à une augmentation des charges verticales ↗ ou ↘ Rapport de pression médio-latérale (Risque x1,10 à 1000km et x1,16 à 1500km) ↗ Variabilité cinématique proximale du membre inférieur chez les coureurs novices	↗ Sexe féminin ↗ Pronation (controversée notamment via le FPI) ↘ Hauteur de la voute plantaire via le DAI (Risque x1,15) ↗ Course apropulsive : torsion abductrice + décollement précoce du talon ↗ Raideur des muscles long fléchisseur des orteils et tibial postérieur ↘ Flexibilité de la bandelette ilio-tibiale ↗ Démarche apropulsive : propulsion au niveau d'une articulation inter-phalangienne ↗ L'amplitude articulaire en rotation interne de hanche surtout dans une population féminine ↘ Mouvements en phase permettant l'absorption des chocs ↗ Temps de contact

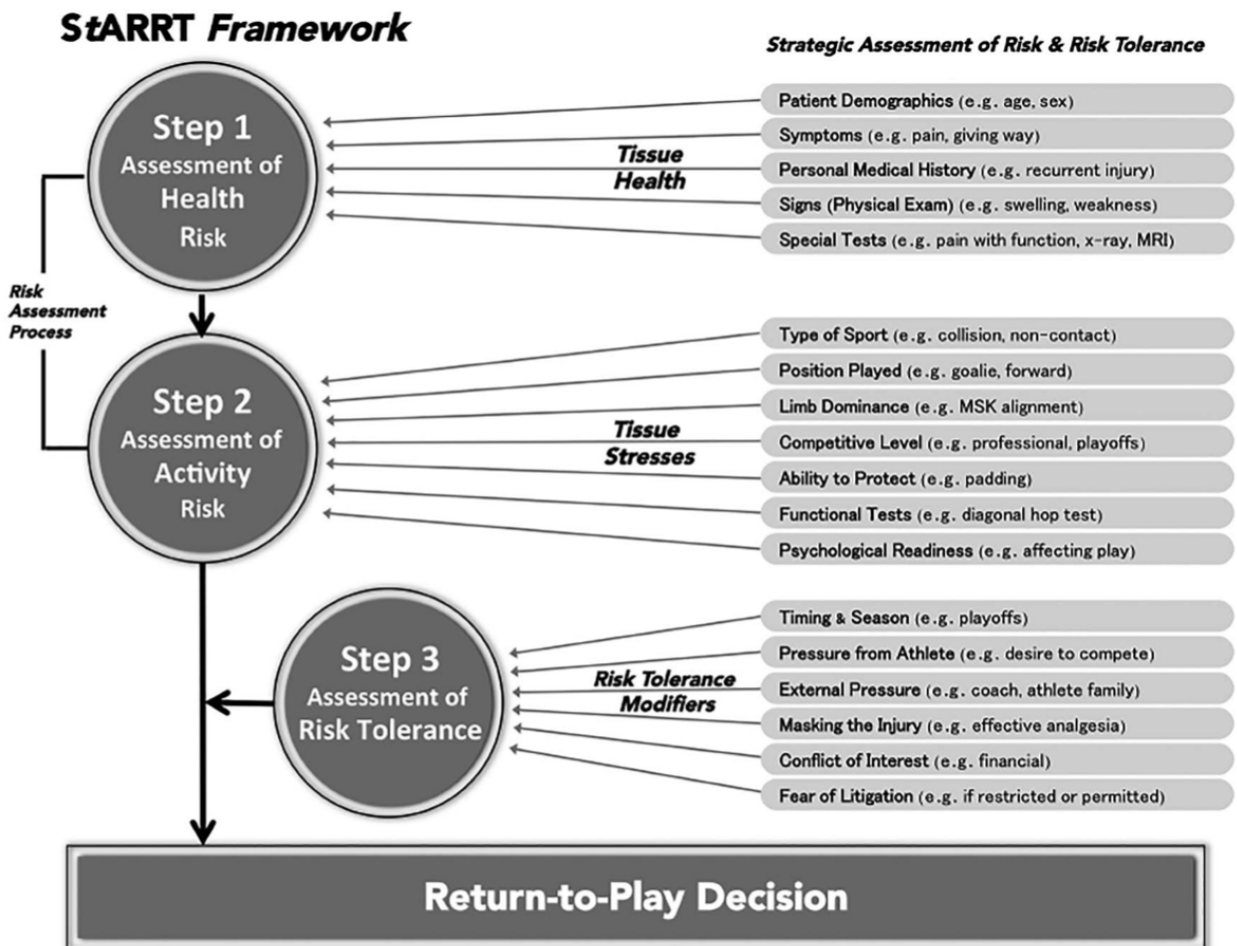
Annexe 10 : Tab. XIV : « Tableau récapitulatif des changements induits par la fatigue ».

Effet combiné significatif de la fatigue :	
Hétérogénéité Faible	Hétérogénéité moyenne à élevée
⬇ Stabilité du tronc via une excursion du centre de pression accrue ⬆ Fatigue des muscles du tronc (Obliques + grand droit + érecteurs) ⬆ Flexion du genou ⬇ Taux de charge moyen VALR ⬆ Flexion du tronc ⬆ Extension du tronc ⬆ Antéversion + obliquité + rotation pelvienne ⬆ Rapport de forces médio-latérales chez les sujets avec une arche basse ⬇ Rapport de forces médio-latérales chez les sujets avec une arche haute	⬆ Flexion de hanche et extension de genou ⬆ Flexion du tronc corrélée à une meilleure endurance des extenseurs du rachis ⬇ Phases de pose de pied ⬇ Entropie des forces médio-latérales

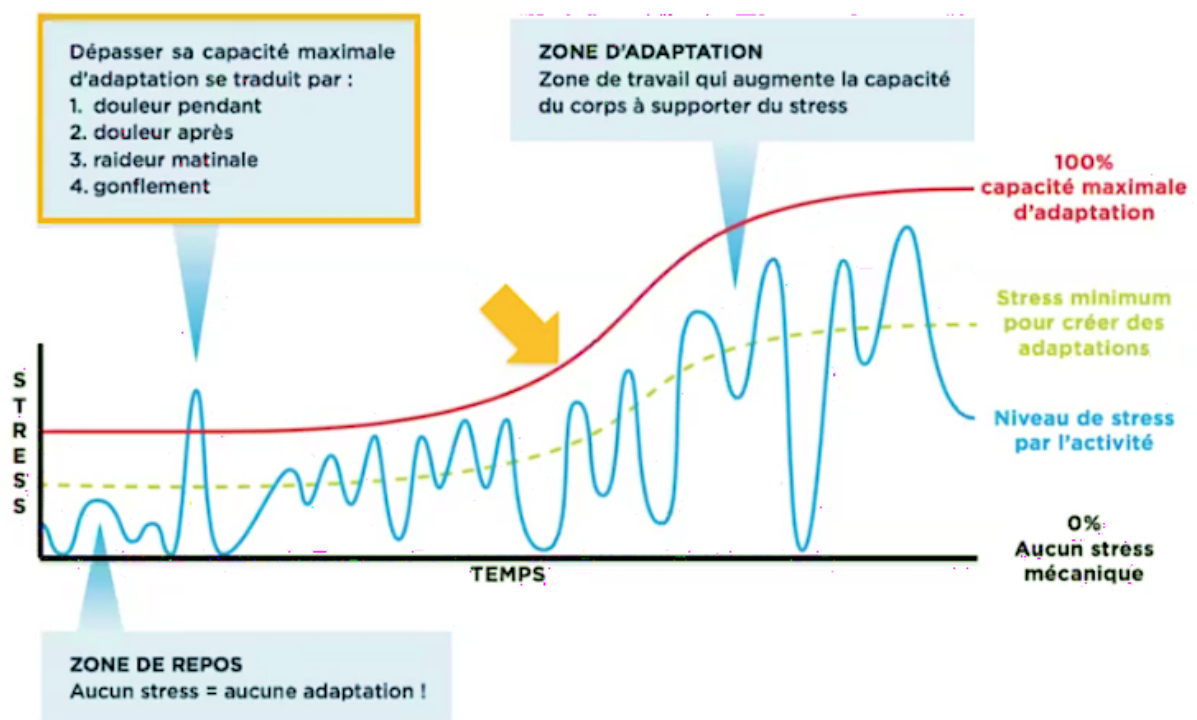
Annexe 11 : « Les quatre principales façons d'associer les variables A et B ».



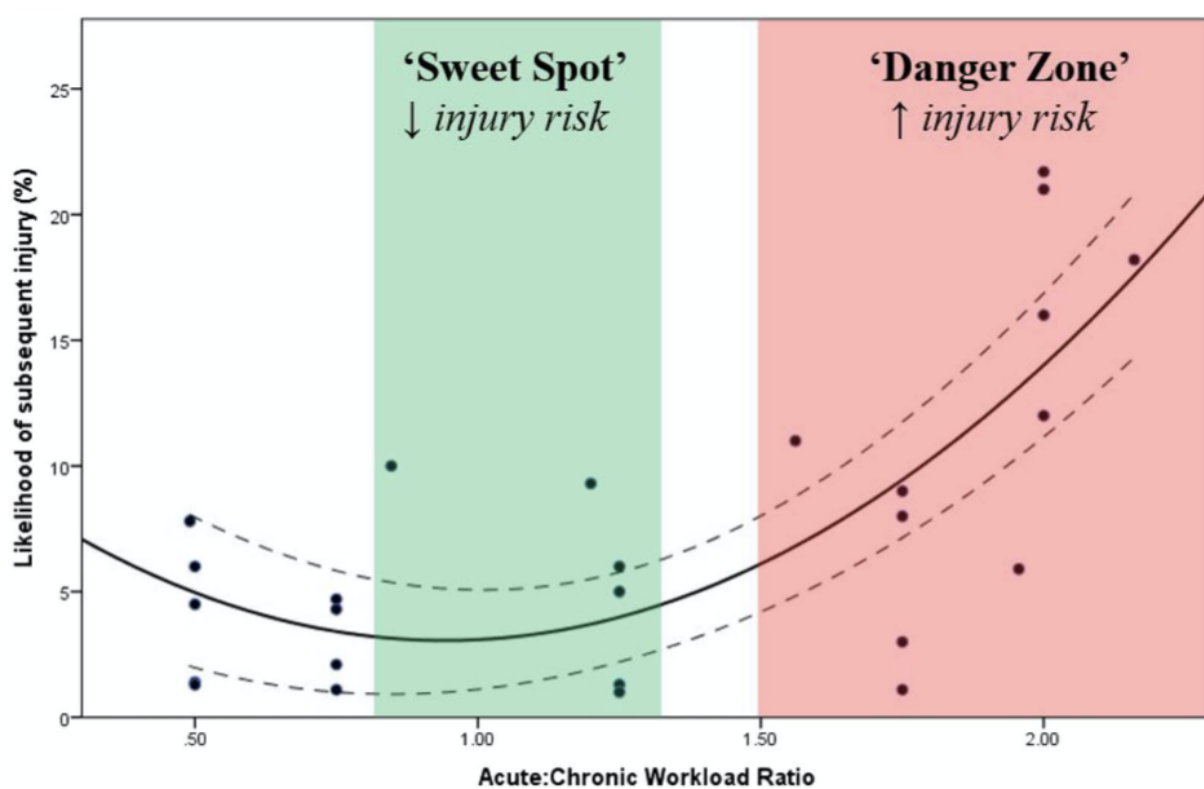
Annexe 12 : « Cadre d'évaluation stratégique des risques et de la tolérance aux risques pour les décisions de retour au jeu ».



Annexe 13 : « Quantification du Stress Mécanique ».



Annexe 14 : « Guide d'interprétation des données du Acute:Chronic Workload Ratio ».



Référence : [99].

Annexe 15 : Tab. XV : « Tableau récapitulatif des définitions ».

	Novice	Blessure	SSTM
Agresta [69]	X	X	X
Anbarian [90]	Personne qui court moins de 2 à 3 fois par semaine pendant moins de 45 minutes ou moins de 10km mais qui a la capacité de courir à une vitesse choisie par elle-même pendant environ 30 minutes en une fois	X	X
Becker [77]	X	X	Diagnostic par 2 cliniciens mais celui-ci n'est pas précisé
Becker [65]	X	X	Diagnostic par 2 cliniciens mais celui-ci n'est pas précisé
Bennett [68]	X	X	SSTM = périostite sur le bord postéro-médial du tibia, augmentation de la formation périostée, hypertrophie corticale, scintigraphie légèrement positive. Douleur à la palpation sourde et intense exacerbée lors des activités de port de poids répétitives. Diagnostic par chercheurs : symptômes compatibles, douleur à la palpation le long du bord médial du tibia

Bennett [58]	X	X	ERLP = douleur localisée sur la face antérieure, postérieure, médiale ou latérale de la jambe, non associée à un événement traumatique.
Bramah [85]	X	X	Diagnostic par un physiothérapeute
Brund [72]	X	Blessure = absence de course pendant au moins une semaine en raison de plaintes musculo-squelettiques au niveau des membres inférieurs ou du dos, causées par la course.	X
Buist [62]	Participants qui n'ont pas couru de manière régulière au cours des 12 derniers mois	Douleur musculo-squelettique localisée au dos ou aux membres inférieurs liée à la course à pied et entraînant une restriction de la course à pied pendant au moins une semaine, c'est-à-dire trois séances d'entraînements consécutives.	X
Chaudhari [87]	Novice = moins de 10 miles par semaine, ne pratiquant pas de sport de course (football etc) plus d'une fois par semaine	X	X
Hjerrild [84]	Novice = moins de 10 km au total dans chaque séance dans les 12 derniers mois	Plainte musculo-squelettique, localisée aux membres inférieurs ou au dos, causée par la course à pied et entraînant une restriction de participation pendant au moins une semaine	X

Hubbard [59]	X	X	SSTM = critères de Yates et White « douleur le long du bord postéro médial du tibia se produisant lors des activités physiques et non causée par des troubles ischémiques ou des fractures de stress. 1. La douleur doit être le résultat d'un exercice physique et se prolonge après celui-ci 2. aucun signe d'engourdissement ou de compression du membre inférieur 3. Douleur étendue sur un minimum de 5cm sur le bord postéro médial du tibia 4. gêne à la palpation du tiers distal du tibia 5. La surface du tibia peut être irrégulière à la palpation
Koblbauer [91]	Courir moins de 2 à 3 fois par semaine et moins de 10km ou moins de 45 minutes par entraînement. Avoir la capacité de courir à un rythme choisi pendant 30 minutes ou 5 km.	X	X
Koldenhoven [79]	X	X	ERLLP : douleur ou sensibilité entre le genou et la cheville sur plus de 5cm du tibia ou une crampe ou une brûlure dans la jambe pendant ou après l'exercice. Douleur depuis plus de 2 semaines.
Lachniet [73]	X	X	X

Linton [63]	Moins de 3 mois d'expérience	Yamato = Douleur musculo-squelettique liée à la course à pied localisée au dos ou aux membres inférieurs entraînant une restriction de la course à pied pendant au moins une semaine ou trois séances d'entraînements consécutives ou qui oblige le coureur à consulter un autre professionnel de santé.	X
Loudon [76]	X	X	Medial Shin Pain = Blessure de surutilisation produisant une douleur le long du bord postéro-médial des deux tiers distaux du tibia. Il est exclu les fractures de stress et le syndrome des loges
Luedke [67]	X	Problème médical résultant de la participation à un sport et qui requière le retrait de l'athlète d'un entraînement ou d'une compétition	Douleur continue ou intermittente au niveau du tibia exacerbée par une activité de mise en charge répétitive. La douleur est localisée le long du tibia lors de la palpation
Maas [71]	<10 kilomètres par semaine	X	X
Menéndez [111]	Novice < 3 mois d'expérience	X	Blessure à la jambe inférieure lors de la course causée par une surutilisation. Elle se caractérise par une douleur induite par l'exercice le long du bord postéro-médial des deux tiers distaux du tibia et est associée à l'activité.
Messier [78]	X	X	Shin splints = douleur le long du bord médial des deux tiers distaux du tibia qui est causée couramment par une tendinite et une irritation du périoste du muscle TP, les muscles fléchisseurs ainsi que les autres tissus mous attachés au bord postéro médial du tibia

Mo [93]	Courent régulièrement depuis moins de 6 mois	X	X
Naderi [61]	X	X	SSTM = douleur le long du bord postéro-médial du tibia lors de l'exercice et non causée par des troubles ischémiques ou des fractures de stress. Critères : douleur induite par exercice et se prolongeait pendant des heures ou des jours après / Douleur située dans la moitié distale du tibia sur le bord postéro-médial et couvrait une zone de plus de 5cm de long / Palpation induit une gêne diffuse mais se limitant à cette zone Exclusion : signes de crampes, brulures, paresthésie ou de compression (syndrome des loges)
Nielsen [82]	Participants qui n'ont pas couru de manière régulière au cours des 12 derniers mois (<10 km)	Plainte musculo-squelettique, des membres inférieurs ou du dos, causée par la course à pied entraînant une restriction de participation pendant au moins une semaine.	X
Okunuki [74]	X	X	SSTM = douleur sur le bord postéro-médial du tibia sur, sensibilité sur au moins 5 cm, aucun signe de fracture de stress du tibia sur les radiographies
Paquette [89]	Au moins 16 km/sm depuis 3 semaines. Moins de 2 ans d'expérience.	X	X

Pérez-Morcillo [75]	Participants qui n'ont pas couru de manière régulière au cours des 12 derniers mois	Yamato = Douleur musculo-squelettique liée à la course à pied localisée au dos ou aux membres inférieurs entraînant une restriction de la course à pied pendant au moins une semaine ou trois séances d'entraînements consécutives ou qui oblige le coureur à consulter un autre professionnel de santé.	X
Pilsky [60]	X	X	Douleur continue ou intermittente dans la région tibiale. Douleur localisée lors de la palpation le long du bord postéro-médial des deux tiers distaux du tibia. Douleur exacerbée par une activité de port de poids répétitive.
Raissi [64]	X	X	Douleur, située sur une surface d'au moins 5cm de long sur le bord postéro-médial du tibia, provoquée par l'exercice et perdure quelques heures à quelques jours après celui-ci. Aucun antécédent de paresthésie, symptômes neuro-vasculaires. Palpation du bord postéro-médial du tibia produit une douleur diffuse.
Ramskov [88]	Volume total de course au cours des 12 derniers mois ne doit pas avoir dépassé 10 kilomètres	X	X
Saeki [86]	X	X	SSTM : Douleur à l'effort sur le bord postéro-médial du tibia, douleur ou gêne à la palpation du bord, sur une zone de plus de 5cm de long.

Saeki [83]	X	X	SSTM : Douleur à l'effort sur le bord postéro-médial du tibia, douleur ou gêne à la palpation du bord, sur une zone de plus de 5cm de long.
Schmitz [70]	Novice : pas de course depuis 5 ans Expérimentés : + 12 miles/sm pendant 1 an.	X	X
Schütte [92]	X	X	SSTM : douleur induite par l'exercice dans la partie postéro-médiale du tibia. Douleur de plus de 5 cm de long à la palpation du bord du tibia. Exclusion si douleur d'origine ischémique ou de signes de fracture de stress.
Tweed [80]	X	X	SSTM : Douleur localisée sur le bord postéro-médial du tibia induit par l'exercice s'étendant sur plus de 4 cm de long et palpation douloureuse.
Viitasalo [81]	X	X	Shin splints = Douleurs régulières ou de longue durée, qui se produisent uniquement sur la surface médiale et aux deux-tiers distaux du tibia sans aucun signe ou symptômes de fracture de stress tels qu'une douleur et un gonflement du tibia
Yagi [66]	X	X	Douleur et sensibilité de plus de 5cm sur le tibia. Douleur et sensibilité au repos sur le bord postéro-médial.

Résumé

Titre : Prévention tertiaire et facteurs de risque intrinsèques du syndrome de stress tibial médial chez le coureur à pied novice.

Introduction : Les blessures de surutilisation sont prédominantes en course à pied et les novices représentent une population à risque. Le syndrome de stress tibial médial (SSTM) est issu d'une physiopathologie controversée et présente un taux de récurrence élevé.

Objectif : L'objectif primaire de cette recherche est de clarifier les facteurs de risque du SSTM chez le coureur novice afin d'en limiter la récurrence. L'objectif secondaire est d'identifier des pistes de traitement adaptées et personnalisées aux facteurs de risque identifiés.

Méthode : Une recherche a été effectuée sur PubMed, PEDro ainsi que Cochrane Library afin d'identifier les articles en anglais traitant des facteurs de risque du SSTM dans une population de coureurs atteints de celui-ci ou de coureurs novices.

Résultats : De multiples facteurs cinétiques et cinématiques ont été associés à l'apparition du SSTM. Le rôle de ces facteurs intrinsèques est présenté, mais ils ne sont pas pour autant les seuls à prendre en compte dans une démarche préventive holistique.

Conclusion : Il est nécessaire de rendre le coureur acteur de sa prévention en lui fournissant un programme d'éducation thérapeutique et des exercices de renforcement musculaire. Le respect de la progressivité des contraintes mécaniques et de la charge d'entraînement est primordial. En dernier lieu, il peut être envisagé une modification des chaussures et du schéma de course.

Mots-clés : Syndrome de stress tibial médial, périostites, course à pied, coureurs, prévention, novice, facteurs de risque.

Abstract

Title: Tertiary prevention and intrinsic risk factors of medial tibial stress syndrome in novice runners.

Background: Overuse injuries are predominant in running and novice runners represent a high-risk population. Medial tibial stress syndrome (MTSS) is the result of a controversial pathophysiology and is associated with a high recurrence rate.

Purpose: The primary objective of this research was to clarify the risk factors of MTSS in novice runners in order to limit recurrence. Then, the secondary objective was to identify treatment options adapted and personalised to the risk factors identified.

Methods: A research was conducted on PubMed, PEDro and Cochrane Library to identify articles in English dealing with risk factors of MTSS in runners suffering from this one or in novice runners.

Results: Numerous kinetic and kinematic factors were associated with the development of MTSS. The role of these intrinsic factors is described but they are not the only ones to be taken into consideration in a holistic preventive strategy.

Conclusion: It is essential to make runners actors of their prevention by providing them with a therapeutic education program and strengthening exercises. It is also necessary to respect a gradual progression of mechanical strains and training load. Finally, a modification of shoes and running pattern can be considered.

Keywords: Medial tibial stress syndrome, shin splints, running, runners, prevention, novice, risk factors.