



Avertissement

Ce document est le fruit d'un long travail et a été validé par l'auteur et son directeur de mémoire en vue de l'obtention de l'UE 28, Unité d'Enseignement intégrée à la formation initiale de masseur kinésithérapeute.

L'IFMK de Nancy n'est pas garant du contenu de ce mémoire mais le met à disposition de la communauté scientifique élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : secretariat@kine-nancy.eu

Liens utiles

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122. 4.

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 335.2- L 335.10.

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F23431>

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION GRAND EST
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE NANCY

**INFLUENCE D'UN PROTOCOLE D'ÉTIREMENTS ACTIVO-DYNAMIQUES SUR
L'ÉQUILIBRE ET LA PRÉVENTION DES BLESSURES CHEZ DES SUJETS SAINS**

**Sous la direction de
M. Joël DESJARDIN**

Mémoire présenté par **Vincent LORENZ**,
étudiant en 4^{ème} année de masso-kinésithérapie,
en vue de valider l'UE 28
dans le cadre de la formation initiale du
Diplôme d'État de Masseur-Kinésithérapeute
Promotion 2016-2020.



UE 28 - MÉMOIRE

DÉCLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Je soussigné, LORENZ Vincent

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant le conseil de discipline de l'ILFMK et les tribunaux de la République Française.

Fait à NANCY, le 21 avril 2020.

Signature

REMERCIEMENTS

Je suis très fier du parcours réalisé à ce jour, qui m'a mené à ce moment particulier, marquant la récompense de bien des investissements. Pour reprendre un fameux proverbe africain : « *Tout seul on va plus vite, ensemble on va plus loin* ». Je souhaite par ces quelques lignes exprimer ma gratitude envers toutes celles et ceux qui ont avancés avec moi et ont permis l'aboutissement de tous ces efforts.

Je tiens tout d'abord à remercier toutes les personnes qui se sont rendues disponibles et qui ont participées avec motivation et bonne humeur aux tests. Sans elles, ce travail n'aurait pas pu voir le jour.

Je remercie M. DESJARDIN, mon directeur de mémoire, ainsi que M. FERRING pour leur accompagnement tout au long de ce travail. Merci également à toutes celles qui se sont rendues disponibles et ont apporté leur point de vue et leur aide à ce mémoire ; Mme JAMBEAU pour la problématisation, Mme BUATOIS pour les statistiques, Mme ROYER pour ses conseils et les pistes de recherche bibliographique, Elodie, Enola et Lucie pour la relecture.

Merci à toute l'équipe pédagogique et administrative pour la qualité des enseignements et de l'encadrement durant les quatre années qui se sont écoulées.

Merci à Antoine, Simon et Lise pour leur convivialité et la qualité de formation pendant le stage clinicat.

Merci à toutes celles et ceux qui ont fait de ces quatre années des années inoubliables et qui sont devenus ma deuxième famille.

Enfin, je remercie de tout cœur ma mère, mon père, mon frère et toute ma famille pour leur amour et leur soutien infaillible durant toutes ces années d'études et dans les épreuves traversées. Merci également à Loulou pour sa présence et pour avoir veillé sur moi chaque jour depuis maintenant 18 ans.

Influence d'un protocole d'étirements activo-dynamiques sur l'équilibre et la prévention des blessures chez des sujets sains

Introduction : Avant un effort intense et afin d'assurer les performances et la prévention des blessures, les pratiquants d'activités sportives incorporent les étirements musculaires au sein de leur routine d'échauffement. Les effets négatifs des étirements statiques sur les performances musculaires voient les pratiques évoluer en faveur des méthodes dynamiques. Geoffroy décrit dans les années 2000 un protocole activo-dynamique qui aurait des propriétés d'échauffement et de stimulation musculaire. Les influx proprioceptifs sont essentiels à la pratique sportive. Une relation est aujourd'hui établie entre le contrôle postural, les performances sportives et le risque de blessures. Malgré cela, très peu d'études s'intéressent au lien entre étirements et performances posturales. L'objectif de notre étude est d'objectiver les effets d'un protocole d'étirements activo-dynamiques sur les performances posturales et de définir si l'utilisation d'un tel protocole peut prévenir le risque de blessures chez des pratiquants amateurs.

Matériel et Méthodes : Cette étude en simple aveugle porte sur 37 participants répartis aléatoirement en groupe Contrôle et Intervention. Le groupe Intervention bénéficie d'un protocole d'étirements activo-dynamiques. Les participants réalisent chacun le SEBTm deux fois. Les valeurs mesurées initiales et secondaires sont normalisées et comparées entre-elles au sein de chaque groupe puis entre les groupes. Le test de Wilcoxon est utilisé pour les analyses intra-groupe. Le test de Mann-Whitney sert aux comparaisons inter-groupes.

Résultats : Nous constatons une augmentation des scores au SEBTm pour les deux groupes. Aucune différence significative n'a été observée entre les échantillons. Le protocole d'étirements permet un gain significatif d'amplitude de flexion dorsale de cheville, ce gain n'est pas à l'origine d'une différence significative du score antérieur entre les groupes.

Discussion : À notre connaissance, aucune étude n'étudie les effets d'un protocole d'étirements activo-dynamiques sur l'équilibre dynamique. Les résultats observés ne permettent pas de mettre en avant un effet plus avantageux du protocole d'étirements par rapport à un protocole sans étirements, sur l'équilibre postural dynamique.

Mots clés : blessures, équilibre, étirements activo-dynamiques

Influence of an « activo-dynamique » stretching protocol on postural balance and injury prevention of healthy subjects

Introduction : Before performing high intensity activities and in order to enhance performances and to prevent injuries, athletes practice muscle-stretching exercises during their warm-up. Negative effects on muscular performances induced by static stretching lead to a use of dynamic-stretching methods. Geoffroy described in the early 2000's the « activo-dynamique » stretching protocol which may have a warm-up effect and prepare muscles for the task that follows. Proprioceptive stimuli are essential in sport practice. A link has been established between postural control, sport performances and injury risk. However, very few studies are dealing with the link between muscle stretching exercises and postural performances. The aim of this study is to objectify the effects of an « activo-dynamique » stretching protocol on the postural performances and to determine if this kind of protocol could prevent injury risk of non-professional athletes.

Materiel and Methods : This single-blinded randomised study involves a number of 37 subjects, split into an Intervention or a Control group. The Intervention group subjects practice the « activo-dynamique » protocol. Each of the 37 participants practices the SEBTm twice. The measured values for each test are normalized and compared in each group and between them. Wilcoxon test is used for the intra-group comparison. Mann-Whitney test is for the between-group comparison.

Results : We can see an increase in the SEBTm scores for each group. No significant difference can be observed between the two samples. The stretching protocol significantly increases the ankle dorsiflexion range of motion but it doesn't induce a statistically significant anterior score increase between the groups.

Discussion : To our knowledge, no study deals with the effects of an « activo-dynamique » stretching protocol on the subject's dynamic balance. The results cannot highlight an advantageous effect of the stretching protocol over a no-stretch one on dynamic postural balance.

Keywords : injuries, balance, « activo-dynamique » stretching

Sommaire

LISTE DES ABRÉVIATIONS COURAMMENT UTILISÉES

1.	INTRODUCTION	1
1.1.	Contexte	1
1.2.	Les étirements dans la littérature.....	2
1.3.	Problématique.....	3
1.4.	Définitions.....	4
1.4.1.	L'échauffement musculaire.....	4
1.4.2.	Le contrôle postural	5
1.4.3.	Les étirements musculaires	5
1.4.3.1.	Les méthodes passives.....	6
1.4.3.2.	Méthodes activo-passives ; la PNF.....	6
1.4.3.3.	Les méthodes actives.....	7
1.5.	Physiologie des étirements.....	8
1.5.1.	La composante contractile	10
1.5.2.	La composante élastique parallèle	11
1.5.3.	La composante élastique série.....	11
1.5.4.	Récepteurs musculaires sensibles à l'étirement.....	12
1.5.4.1.	Les fuseaux neuro-musculaires	12
1.5.4.2.	Les organes tendineux de Golgi	13
2.	MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	14
2.1.	Stratégie de recherche documentaire.....	14
2.2.	Population.....	15
2.3.	Critères d'inclusion	16
2.4.	Critères de non-inclusion	16
2.5.	Critères d'exclusion.....	16
2.6.	Matériel	17

2.6.1.	Petit matériel	17
2.6.2.	Support amovible Star Excursion Balance Test modifié (SEBTm)....	17
2.6.3.	Autre matériel	18
2.7.	Méthode.....	18
2.7.1.	Le Weight Bearing Lunge Test (WBLT).....	18
2.7.2.	Le Star Excursion Balance Test modifié.....	19
2.8.	Protocole expérimental.....	19
2.8.1.	Allocation de groupe	19
2.8.2.	Détermination du membre inférieur étudié	19
2.8.3.	Réalisation du SEBTm.....	20
2.8.4.	Réalisation du WBLT	21
2.8.5.	Protocole d'étirements activo-dynamiques.....	22
2.8.4.	Méthodes statistiques	25
3.	RÉSULTATS	26
3.1.	Description de la population	26
3.2.	Données de la normalisation	27
3.2.1.	Variations intra-échantillon.....	27
3.2.2.	Variations inter-échantillons	28
3.3.	Données du score composite	29
3.3.1.	Variations intra-échantillons	29
3.3.2.	Variations inter-échantillons	30
3.4.	Données du WBLT.....	31
4.	DISCUSSION.....	33
4.1.	Analyse des résultats	33
4.1.1.	Effets généraux de l'expérimentation sur l'équilibre dynamique	33
4.1.2.	Relation entre score antérieur et WBLT	34
4.1.3.	SEBT et risque de blessures dans le sport.....	35

4.2.	Biais et limites	37
4.2.1.	Biais liés au matériel	37
4.2.2.	Biais méthodologiques	37
4.2.3.	Biais de mesure	38
5.	CONCLUSION ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE	39
	BIBLIOGRAPHIE	
	ANNEXES	

LISTE DES ABRÉVIATIONS COURAMMENT UTILISÉES

Activités CRMA : Activités de Changements Rapides et Multidirectionnels d'Appuis

ANT : Antérieur

MeSH : Medical Subjects Headings

MI : Membre Inférieur

SCN : Score Composite Normalisé

SN : Score Normalisé

FNM : Fuseau Neuro-Musculaire

OTG : Organe Tendineux de Golgi

IMC : Indice de Masse Corporelle

PL : Postéro-Latéral

PM : Postéro-Médial

PNF : Facilitation Neuromusculaire Proprioceptive

SEBT : Star Excursion Balance Test

SEBTm : Star Excursion Balance Test modifié

WBLT : Weight Bearing Lunge test

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

Dans le monde professionnel comme amateur, le sport est synonyme de performances, ce qui pousse les pratiquants à rechercher des moyens d'améliorer leur niveau et de prévenir la survenue de blessures. Avant un effort, les deux stratégies les plus communes sont l'échauffement musculaire et les étirements.

L'échauffement musculaire est défini comme une augmentation active de la température musculaire afin de préparer l'athlète et le rendre moins sensible au risque de blessures (1). L'objectif de cette pratique est une préparation physique et mentale de l'athlète. Il est classiquement constitué d'une phase d'exercices aérobie sous-maximale, suivie d'étirements musculaires et d'une phase de travail spécifique à l'activité qui suit (2). Une augmentation de température musculaire de 1°C est déjà considérée comme suffisante pour améliorer les performances de 2 à 5% et permettre d'éviter les chutes et blessures (1,3).

Devenu populaire dans les années 1980, le *stretching*, traduit en français par « étirement », s'est vu attribuer de nombreuses vertus. Dans le monde du sport amateur et professionnel, il est utilisé dans un objectif de gain d'amplitude articulaire et d'assouplissement, de réduction du risque de blessure, d'amélioration des performances sportives et de relaxation. Lors de la préparation à une activité sportive, les étirements sont très souvent intégrés lors de l'échauffement musculaire.

La technique d'étirement qui reste la plus utilisée lors de l'échauffement, quel que soit le sport, est l'étirement statique du fait de sa simplicité d'apprentissage et de réalisation. Son objectif principal est le gain d'amplitude articulaire. Des études récentes montrent qu'un gain d'amplitude articulaire est immédiatement noté quelle que soit la technique d'étirement réalisée (4,5). L'intérêt de ces étirements est également discutable en préparation à une activité dont les amplitudes articulaires maximales ne sont pas sollicitées.

Cette dernière décennie, de nombreuses revues de la littérature (2,4–9) ont analysé les effets immédiats de différents types d'étirements sur les performances musculaires. Les étirements dynamiques sont à préférer à la méthode statique lors d'un échauffement avant un exercice physique nécessitant une force explosive ou de la rapidité (2,4,6,8,9).

La majorité des études existantes sur le thème des étirements en phase de préparation à l'effort s'intéressent à la force, la puissance maximale, la vitesse de sprint, la hauteur de saut vertical ou encore l'agilité. Peu d'auteurs s'intéressent aux effets que ceux-ci peuvent avoir sur le contrôle postural, pourtant cette notion semble être étroitement liée aux performances sportives (10–12) et à la survenue de blessures (6,13).

Les récepteurs musculaires de la proprioception sont impliqués lors de la pratique d'étirements. La littérature est encore très divergente sur les effets induits par chaque mode d'étirement sur le contrôle postural, or un lien est aujourd'hui établi entre le niveau de compétition et la capacité de contrôle postural (11–13).

Dans les années 2000, Geoffroy décrit la méthode d'étirements activo-dynamiques. Cette méthode combine un allongement statique, une contraction du groupe musculaire étiré et une phase d'exercice dynamique de ce même groupe musculaire. Selon cet auteur, l'association d'étirement-contraction et d'exercices dynamiques augmente la chaleur interne du muscle de 1 à 1,5 degrés (14). Elle a également une action importante sur le tissu contractile et la jonction myo-tendineuse, et donc sur les récepteurs musculaires de la proprioception.

1.2. Les étirements dans la littérature

Selon certains auteurs, les étirements dynamiques provoquent une augmentation de la température musculaire (15,16). Bishop attribue aux étirements dynamiques un effet identique à un échauffement actif (16).

Une diminution des performances due à une baisse de l'excitabilité des motoneurones (17) est observée quand l'activité sportive est réalisée directement après une phase d'étirements statiques (2,4,18) ou de Facilitation Neuromusculaire Proprioceptive (PNF) (4).

Les effets immédiats des étirements statiques sur l'équilibre sont hétérogènes. Ils ont un effet bénéfique si réalisés pour une durée inférieure à une minute (19–23). Des effets nuls (24), voire négatifs sont décrits (11,25–27) lorsqu'ils sont maintenus pendant plus d'une minute (11,26,28).

Quelques études portant sur la PNF et l'équilibre dynamique rapportent un effet bénéfique de cette technique sur les performances (29–31).

Concernant les protocoles d'étirements dynamiques, la littérature est plus pauvre et diverge également. Les effets immédiats pouvant être bénéfiques (30,32), nuls (22) ou délétères (24) selon les études.

Morrin *et al.* (2013) étudient la combinaison d'étirements statiques et dynamiques à visée d'échauffement et rapportent une amélioration significative de l'équilibre (33).

1.3. Problématique

Selon des études récentes, les influx visuels régulent l'équilibre postural principalement en condition statique. En condition dynamique, les mouvements de la tête perturbent l'intégration des afférences visuelles et vestibulaires. Les informations proprioceptives prennent alors plus d'importance (11,12).

La méthode d'étirements activo-dynamiques intègre un étirement statique de courte durée, une mise en tension active de la zone myo-tendineuse et une phase d'activation musculaire dynamique. Elle présente des propriétés semblables à l'échauffement du point de vue musculaire et agit sur les récepteurs musculo-tendineux de la proprioception.

En accord avec la littérature précédemment mentionnée, toutes ces caractéristiques semblent en faire une méthode appropriée de préparation physique. Cette technique est encore peu utilisée du fait de la pauvreté de la littérature sur ce sujet. Toutes les raisons énoncées précédemment nous poussent à nous y intéresser, ainsi qu'à ses effets sur les performances posturales dynamiques.

L'objectif de cette étude est de tenter de répondre à cette question : « **Un protocole d'étirements activo-dynamiques d'un membre inférieur (MI) a-t-il un effet immédiat sur l'équilibre dynamique et la prévention des blessures dans une population d'adultes sportifs sains et amateurs ?** ».

Nos hypothèses sont les suivantes :

- **un protocole d'étirements activo-dynamiques des MI provoque une amélioration immédiate de l'équilibre dynamique,**
- **un protocole d'étirements activo-dynamiques permet de diminuer le risque de blessures des MI.**

1.4. Définitions

1.4.1. L'échauffement musculaire

L'échauffement a pour effet une augmentation de la température interne et de l'afflux sanguin des muscles, une augmentation du métabolisme musculaire, une augmentation de la vitesse de conduction au sein des fibres musculaires et donc de la contractilité. La température corporelle se stabilise dans un pallier compris entre dix à vingt minutes d'effort d'intensité modérée (3,16).

Il existe deux types d'échauffement ; passif et actif. L'échauffement passif correspond à une élévation de la température musculaire par le biais de moyens externes (application de chaud, immersion en eau chaude, ...). Cette modalité est très peu utilisée en préparation à l'effort mais permettrait d'entretenir la température corporelle entre deux épreuves (par exemple à la mi-temps d'un match) (3).

L'échauffement actif est réalisé par les contractions répétées des principaux groupes musculaires sollicités (16). Il doit provoquer une légère sudation et ne pas fatiguer le sujet (1). Il doit idéalement durer quinze minutes (3). Bishop décrit cependant une augmentation des performances sportives pour des échauffements durant de trois à cinq minutes (16).

1.4.2. Le contrôle postural

Le contrôle postural est défini comme la capacité à conserver un état d'équilibre en maintenant le centre de gravité du corps au-dessus d'un polygone de sustentation. Cette capacité de contrôle postural est permise par les *feedback* rapides et continus d'origine visuelle, vestibulaire et proprioceptive (34). Cette définition intègre les concepts d'équilibre statique et dynamique.

La proprioception est la capacité de chacun d'intégrer les signaux sensoriels des différents mécanorécepteurs afin de déterminer la position du corps et des mouvements dans l'espace (11). Les influx sensoriels proprioceptifs proviennent des mécanorécepteurs cutanés, articulaires, des fuseaux neuro-musculaires (FNM), et des organes tendineux de Golgi (OTG) présents à la jonction musculo-tendineuse (10,35,36).

L'équilibre statique correspond à la capacité à maintenir en place un polygone de sustentation avec un minimum d'oscillations. L'équilibre dynamique est défini comme la capacité à réaliser une tâche en maintenant ou en regagnant une position stable ou encore à maintenir ou regagner la stabilité sur une surface instable (34).

1.4.3. Les étirements musculaires

L'étirement est une « *manœuvre de rééducation qui pousse l'effort musculaire et tendineux au maximum de son ampleur physiologique dans le sens de l'extension-allongement* » (37). Certains termes de cette définition peuvent paraître extrêmes. Il s'agit simplement d'écarter les points d'insertion d'un muscle, donc de réaliser un allongement de celui-ci.

Dans la littérature « grise », Bob Anderson, initiateur du *stretching* auprès du grand public, attribue aux étirements les effets physiques suivants (38) :

- relâchement des tensions musculaires,
- amélioration de la coordination et de l'amplitude des mouvements,
- prévention des blessures musculaires,

- préparation au sport,
- conservation de la souplesse et prévention des raideurs liées à l'âge.

Les effets psychologiques sont, selon lui, une meilleure compréhension du corps, une sensation de détente et un effet de bien-être immédiat (38).

1.4.3.1. Les méthodes passives

Les méthodes passives consistent à mettre en allongement maximal le ou les muscles ciblés et à maintenir cet allongement (9). Cette technique est la plus populaire parmi les adeptes des étirements, notamment du fait de sa facilité de réalisation. L'allongement du ou des muscles ciblés est réalisé par une force externe au sujet (39). Ils sont utilisés afin d'obtenir un gain ou une restauration d'amplitude. Leur principe est d'agir sur le tonus musculaire en l'inhibant (40).

Les étirements de courte durée (20 secondes) sont réalisés dans une amplitude moyenne et permettent de conserver la longueur de repos des fibres musculaires. Ils sont indiqués pour l'entretien des amplitudes articulaires et la récupération après l'effort. Les étirements de longue durée (1 à 5 minutes) aussi nommés « postures » sont indiqués dans un objectif d'amélioration de souplesse et donc de gain d'amplitude (14).

1.4.3.2. Méthodes activo-passives ; la PNF

Deux techniques sont classiquement décrites dans les techniques de PNF. La première est la technique de « mise en tension-relâchement » ou « contracté-relâché ». Cette technique consiste en un allongement passif du groupe musculaire ciblé jusqu'à la position de tension maximale supportable. Il s'en suit une contraction isométrique de ce même groupe d'une durée comprise entre 6 et 15 secondes. Cette contraction est suivie d'une courte période de relâchement sans mouvement. Enfin, l'allongement passif est de nouveau réalisé dans la nouvelle amplitude de mouvement disponible (39).

La seconde technique est celle de « mise en tension-relâchement-tension de l'agoniste ». Elle est identique à celle précédemment décrite, mais la phase d'allongement post-contraction

isométrique est réalisée activement par la contraction des muscles agonistes au mouvement (donc antagonistes du groupe musculaire étiré). Cette technique est basée sur le principe de l'inhibition réciproque, c'est-à-dire que la contraction du groupe musculaire agoniste provoque un relâchement du groupe antagoniste.

Ces techniques, également connues sous le terme de « lever de tension » ont tendance à être mises de côté dans le monde du sport car elles nécessitent la participation d'un tiers. Leur principal intérêt est la récupération d'amplitude articulaire dans le cas où celle-ci est limitée par un tonus musculaire trop important (40).

1.4.3.3. Les méthodes actives

Ce type de méthode vise à préparer les muscles aux contraintes auxquelles ils vont être soumis.

Les étirements par balancements

Les étirements balistiques impliquent des mouvements rapides et rythmiques de grande amplitude articulaire (par exemple : balancement de jambe, sauts) utilisant un effet rebond de fin d'amplitude pouvant dépasser les amplitudes physiologiques du sujet. Cette technique utilise l'énergie cinétique acquise par le mouvement pour réaliser un déplacement du segment et étirer les structures. Elle est très controversée car le risque de blessure est grand (39).

Les étirements dynamiques sont préférés aux étirements balistiques car à l'inverse de ceux-ci le mouvement est réalisé de manière contrôlée dans le respect de l'amplitude permise et n'utilise pas d'effet rebond (15).

Les étirements activo-dynamiques

Ces étirements ne recherchent pas l'amplitude articulaire maximale. Dans le domaine sportif ces amplitudes ne sont généralement pas utilisées sauf dans certaines pratiques comme

la gymnastique, la danse classique ou certains arts martiaux. Cette méthode combine une mise en tension active du muscle ciblé suivie d'une phase de sollicitation musculaire dynamique.

Cette technique a pour objectifs :

- la préparation à l'effort avec contractions soudaines, en échauffant le tissu contractile et en développant une tension intramusculaire maximale, par traction de la jonction myo-tendineuse (40,41),
- une stimulation des récepteurs musculaires et articulaires,
- une augmentation de chaleur interne,
- une accélération du flux vasculaire par phénomène « d'écrasement-appel » des réseaux artério-veineux superficiels et profonds,
- la mobilisation de l'attention du sujet et sa préparation psychologique (14,41).

La position à adopter pour les réaliser doit être la plus proche possible de celle adoptée lors de l'activité. La décomposition de ces étirements, se distribue en quatre phases, toujours organisées dans le même ordre :

- phase d'allongement,
- phase de contraction musculaire isométrique,
- phase de relâchement lent,
- phase dynamique permettant la sollicitation du muscle précédemment étiré « dans sa fonction » (14).

1.5. Physiologie des étirements

Le corps musculaire est constitué de plusieurs faisceaux de fibres musculaires, elles-mêmes composées d'un ensemble de myofibrilles (Fig. 1).

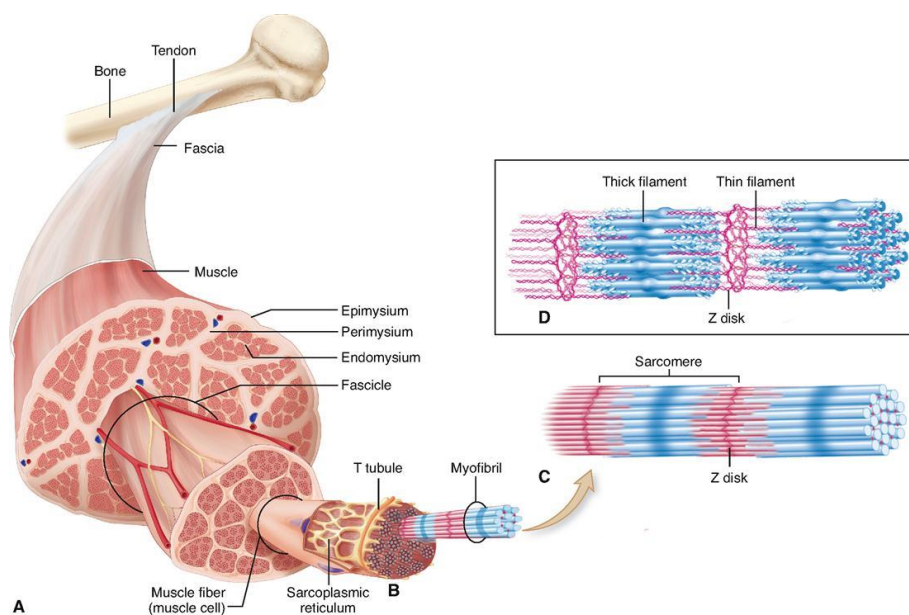


Figure 1 : Organisation musculaire interne (42)

Les étirements musculo-tendineux intéressent trois structures principales selon le modèle biomécanique décrit par Hill (Fig. 2) :

- la composante contractile (CC)
- la composante élastique série (CES)
- la composante élastique parallèle (CEP)

Chaque composante se retrouve sollicitée à différents degrés lors des étirements.

Les ponts d'actine-myosine ainsi que la titine, localisés dans le sarcomère seront les premières structures à s'allonger lors de l'étirement musculo-tendineux. Viennent ensuite le tissu conjonctif et le tendon sur de plus grandes amplitudes.

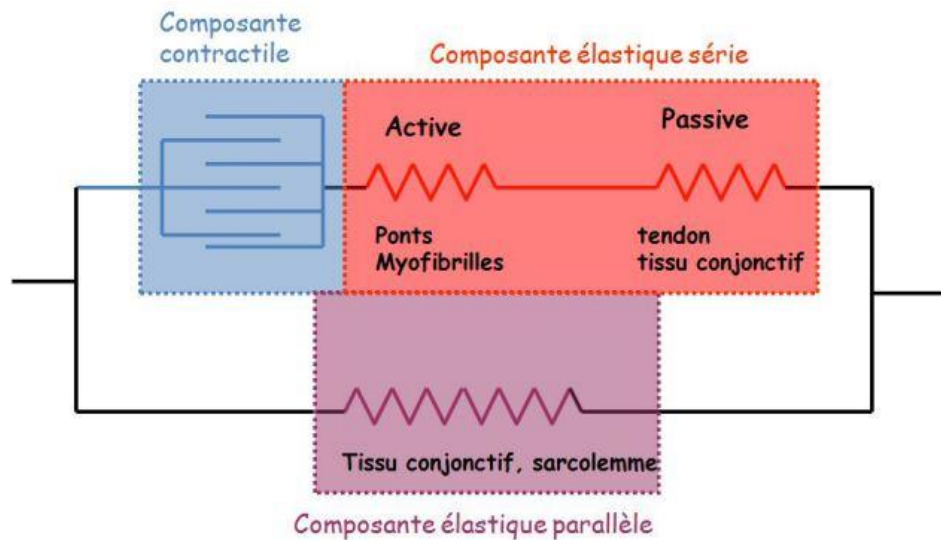


Figure 2 : Modèle biomécanique de Hill (43)

1.5.1. La composante contractile

L'unité contractile au sein de chaque myofibrille est le sarcomère. À l'intérieur de celui-ci se trouvent des myofilaments d'actine et myosine responsables de la contraction musculaire par un phénomène de coulisse entre eux.

La myosine est rattachée à un filament élastique fin ; la titine dont le rôle est de maintenir la myosine alignée à l'actine et de ramener le sarcomère à la position initiale à la suite d'un étirement (17).

Microscopiquement, le sarcomère est composé d'une bande A « sombre » et de deux bandes I « claires » de part et d'autre de la bande A (Fig. 3). La bande A correspond aux filaments épais de myosine. La bande I est constituée des filaments fins d'actine et de titine (Fig. 4). Le sarcomère est délimité et relié à ses homologues de part et d'autre par un élément conjonctif ; la ligne Z. Ils sont dits en série. Les filaments d'actine et de titine s'insèrent sur la ligne Z.

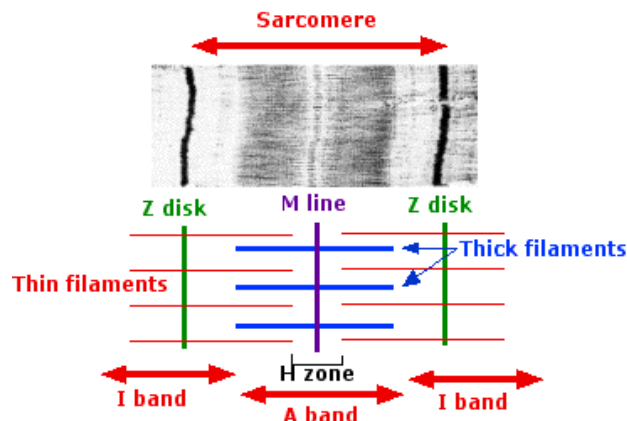


Figure 3 : Composition d'un sarcomère (44)

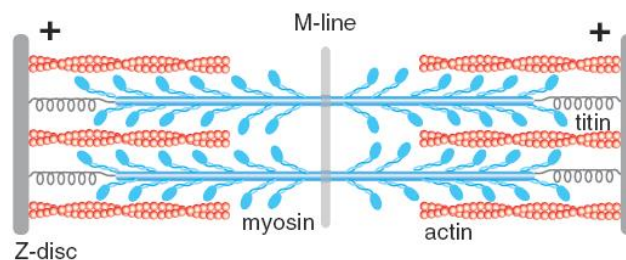


Figure 4 : Disposition des filaments au sein du sarcomère (45)

1.5.2. La composante élastique parallèle

Elle est représentée par les tissus conjonctifs qui entourent les structures musculaires. L'endomysium entoure chaque fibre musculaire (myofibrille), le pérимysium entoure chaque faisceau musculaire (ensemble de fibres musculaires). Enfin, l'épimysium entoure le muscle.

1.5.3. La composante élastique série

Située en continuité des structures contractiles, son rôle est de transmettre les forces générées par les muscles aux os auxquels elle est rattachée. Cette structure est constituée à 70 % de fibres de collagène et d'une faible quantité d'éléments extensibles (17).

La courbe tension-déformation (Fig. 5) indique qu'à partir d'un niveau de déformation de 3 % de la longueur totale du tendon, le collagène subit des altérations pouvant mener à la rupture partielle puis totale de celui-ci (46). Le tendon est donc très peu extensible.

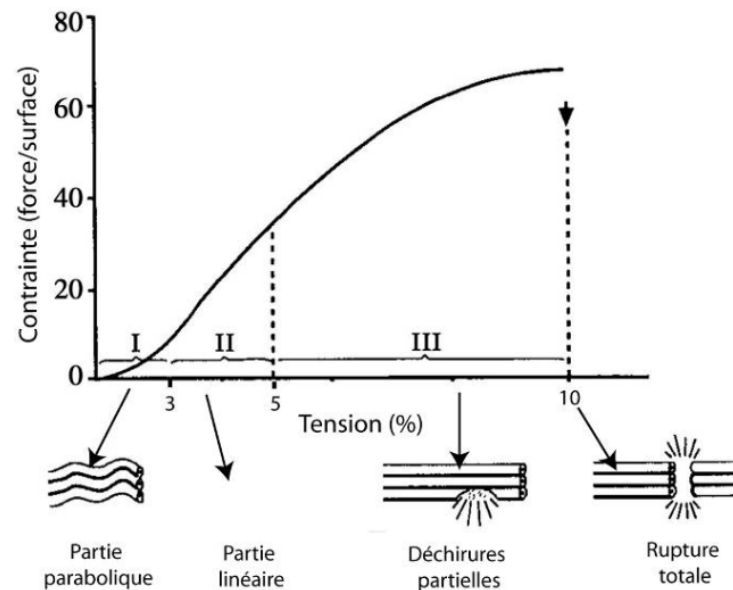


Figure 5 : Courbe tension-longueur du tendon (46)

1.5.4. Récepteurs musculaires sensibles à l'étirement

1.5.4.1. Les fuseaux neuro-musculaires

Mécanorécepteurs au sein du muscle squelettique, les FNM règlent le niveau de tonus de base de celui-ci. Ils renseignent le système nerveux central sur la longueur du muscle et sa vitesse d'allongement (14,47).

Leur niveau d'excitabilité augmente avec la longueur du muscle et diminue lorsque celui-ci se raccourcit. Les muscles engagés dans le contrôle postural ou la dextérité possèdent le plus grand nombre de FNM (36).

Au cours d'un étirement brusque du muscle, les FNM sont à l'origine du réflexe myotatique (Fig. 6), qui provoque une contraction musculaire soudaine (14). Ce réflexe permet la protection du muscle contre les lésions. La mise en tension brusque des FNM provoque un influx sensoriel vers la corne antérieure de la moelle épinière par un neurone sensitif. Au niveau de la moelle, l'influx afférent active le motoneurone efférent qui provoque la contraction réflexe du muscle.

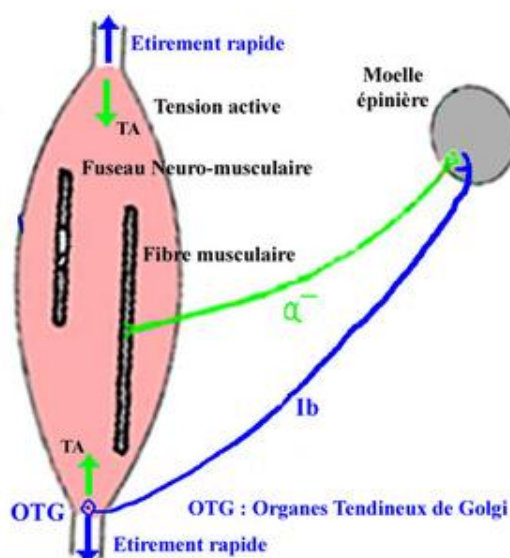


Figure 7 : Représentation du réflexe myotatique inverse (48)

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Stratégie de recherche documentaire

Les références bibliographiques présentes dans notre écrit sont tirées des bases de données bibliographiques Pubmed®, Kinedoc, Em Consulte, Science Direct et Physiotherapy Evidence Database (PEDro). Nos recherches principales s'appuient sur des articles parus ces dix dernières années. Cette période a été étendue dans certains cas pour aller rechercher les articles originaux et d'autres références bibliographiques présentes dans les articles que nous avons sélectionnés.

Pour la recherche d'articles pertinents en rapport avec notre problématique, nous avons utilisé au maximum les termes du Medical Subjects Headings (MeSH). Pour cela, nous avons eu recours au « Constructeur de Recherche Bibliographique Médicale » de la CISMef afin de trouver les termes anglais indexés MeSH qui nous intéressent. Nous avons privilégié l'utilisation des termes MeSH, ainsi que l'utilisation d'opérateurs booléens « AND », « OR » et « NOT » pour limiter le « bruit » et le « silence ». Nous avons utilisé certains termes particuliers pour compléter nos recherches afin de ne pas passer à côté d'articles qui pourraient

s'avérer pertinents. Nous avons utilisé la fonction « recherche avancée » des bases de données bibliographiques pour combiner les termes. Nous avons appliqué les filtres disponibles « 10 years », « Humans » et « Title/Abstract » lorsque cela était possible. Dans un premier temps, nous avons sélectionné les articles en lisant le titre et le résumé. La sélection finale a eu lieu en lisant chaque article dans sa totalité.

La littérature étant pauvre au sujet des étirements activo-dynamiques, nous n'avons pas trouvé de terme équivalent dans la littérature anglaise. Les recherches sur ce thème ont été réalisées sur les bases de données francophones. Les mots de recherche sont les suivants :

- étirements : muscle stretching exercises [MeSH], étirements musculo-tendineux,
- équilibre : postural balance [MeSH], proprioception [MeSH],
- échauffement : warm-up exercises [MeSH],
- blessures : athletic injuries [MeSH], injuries,
- étirements activo-dynamiques : étirements activo-dynamiques, étirements musculo-tendineux,
- Star Excursion Balance Test (SEBT) : star excursion balance test, Y balance test.

La combinaison des termes a donné les recherches suivantes : ((postural balance[MeSH]) AND (muscle stretching exercises[MeSH])) **n = 70** ; (muscle stretching exercises[MeSH] AND (performance) **n = 243** ; (proprioception[MeSH]) OR postural balance[MeSH])) AND (muscle stretching exercises [MeSH]) **n = 97** ; (athletic injuries[MeSH] AND postural balance [MeSH] NOT brain concussion [MeSH]) **n = 116** ; (((star excursion balance test) OR (y balance test)) AND (injuries)) NOT (chronic ankle instability) **n = 64** ; ((lower extremity[MeSH]) AND (postural balance[MeSH])) AND (athletic injuries[MeSH]) **n = 37** ; étirements activo-dynamiques **n = 22** ; étirements musculo-tendineux **n = 117**

2.2. Population

Les participants à notre étude sont des étudiants de l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Nancy, toutes promotions confondues. La population a été recrutée via des communications sur les réseaux sociaux.

Au total, 38 étudiants ont été volontaires pour participer. Après application des critères de sélection détaillés ci-dessous, 37 participants ont été retenus. Ceux-ci ont été informés des modalités de l'étude et ont pris connaissance du formulaire de consentement (ANNEXE I). Des rendez-vous individuels ont ensuite été programmés, selon des créneaux de 30 minutes chacun.

2.3. Critères d'inclusion

Pour être inclus dans l'étude, les participants doivent pratiquer au moins une activité sportive de manière régulière et de niveau amateur, avoir pris connaissance du formulaire de consentement et signé celui-ci.

2.4. Critères de non-inclusion

Les critères de non-inclusion sont :

- la survenue de traumatisme osseux ou ligamentaire du MI étudié au cours des douze derniers mois,
- les antécédents chirurgicaux au MI de moins d'un an,
- la présence de troubles vestibulaires,
- la présence de pathologie neurologique pouvant altérer l'équilibre,
- la survenue d'un traumatisme crânien au cours des trois mois précédant l'étude,
- la consommation de substance psychoactive ou myorelaxantes au cours des 48h précédant l'étude,
- une situation de grossesse au moment de l'étude.

2.5. Critères d'exclusion

Afin d'éviter toute interaction néfaste avec le déroulé de l'étude, nous avons établi les critères d'exclusions suivants :

- contractures musculaires des MI,
- courbatures aux MI.

Nous avons demandé aux participants de ne pas pratiquer d'activité physique intense ou inhabituelle dans les 48 heures précédant la prise de mesures.

2.6. Matériel

2.6.1. Petit matériel

- un sac opaque contenant des billes blanches et des billes noires pour respecter le principe du simple aveugle lors de la distribution des sujets dans les groupes,
- deux mètres rubans d'un mètre-cinquante de long,
- un métronome,
- un ballon de football,
- des lingettes désinfectantes, pour désinfecter le matériel utilisé entre chaque participant,
- des stylos de différentes couleurs pour la réalisation des marquages lors des tests,
- de l'adhésif.

2.6.2. Support amovible Star Excursion Balance Test modifié (SEBTm)

Pour des raisons organisationnelles, un support en bois amovible a été réalisé par nos soins. Sur celui-ci est tracé un « Y inversé » en adhésif blanc représentant les directions antérieure (ANT), postéro-latérale (PL) et postéro-médiale (PM) (Fig. 8). Les directions PM et PL sont définies par rapport au pied en charge pour chaque sujet au moment du test.

La branche antérieure est séparée de chaque branche postérieure par un angle de 135 degrés. Les deux directions postérieures sont, elles, séparées par un angle de 90 degrés (49,50). Les axes ne sont pas gradués afin que la présence de repères n'influence pas les sujets.

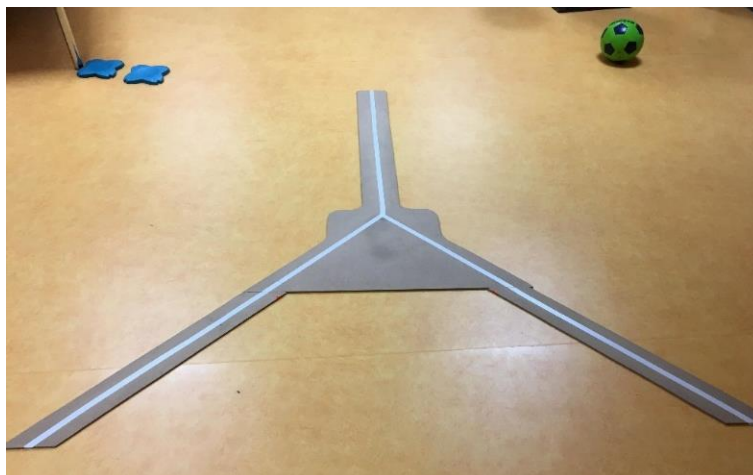


Figure 8 : Support SEBTm

2.6.3. Autre matériel

Une salle de l'IFMK a été spécialement mise à notre disposition pour la réalisation de nos travaux. Les sujets réalisent donc tous les expérimentations dans les mêmes conditions environnementales. Une table de massage, permettant la mesure de la longueur des MI, et servant de points d'appui pour certains exercices est également présente dans la salle.

2.7. Méthode

2.7.1. Le Weight Bearing Lunge Test (WBLT)

Le WBLT est un test fonctionnel visant à quantifier de manière centimétrique l'amplitude de flexion dorsale de cheville. C'est un test doté d'une bonne fiabilité inter-évaluateurs (IC : 0,80 – 0,99) ainsi qu'intra-évaluateur (IC : 0,69 – 0,80) quelle qu'en soit la méthodologie de réalisation (51).

Nous utilisons ce test afin de quantifier l'effet de l'étirement pratiqué sur l'amplitude de flexion dorsale de cheville. Selon certains auteurs, une relation existe entre l'amplitude de flexion dorsale de cheville, la direction ANT au SEBT et le risque d'entorse de cheville (52,53).

2.7.2. Le Star Excursion Balance Test modifié

Le SEBT_m est le critère de jugement principal utilisé pour cette étude. Il correspond à une simplification du SEBT décrit pour la première fois par Gray en 1995. Le SEBT_m se présente sous la forme d'une étoile à trois branches ; ANT, PL et PM au lieu des huit décrites dans le SEBT.

C'est un test permettant de mesurer les capacités d'équilibre postural dynamique du MI. Nous l'avons choisi car il permet de mettre en évidence les effets que peuvent induire des protocoles interventionnels sur le contrôle postural dynamique (54).

Le SEBT_m est largement utilisé dans la pratique en raison de sa facilité de réalisation et de son excellente fiabilité et reproductibilité intra (ICC : 0.85-0.91) et inter-évaluateur (ICC : 0,99-1.00) (50). En 2019, Powden *et al.* confirment ses excellentes fiabilités intra- et inter-individuelle en lui attribuant un niveau de preuve de grade A chez le sujet sain (55).

2.8. Protocole expérimental

2.8.1. Allocation de groupe

Afin d'assurer une répartition en aveugle des sujets dans chacun des groupes Contrôle et Intervention, ceux-ci sont invités à tirer une bille de couleur (blanche ou noire) dans un sac opaque. Trente-sept personnes étant retenues pour l'étude, 19 billes blanches et 19 billes noires ont été disposées dans le sac de manière à obtenir deux groupes de taille quasiment équivalente.

2.8.2. Détermination du membre inférieur étudié

Le MI sélectionné pour la réalisation du test unipodal est déterminé en demandant au sujet de shooter dans un ballon (49,56). Le ballon est positionné au milieu de la pièce. La consigne donnée est « Shoote dans ce ballon ». Le membre qui reste en appui lors de la frappe est défini comme « membre d'appui ».

2.8.3. Réalisation du SEBTm

Chaque participant assiste à une démonstration du test, qui illustre les consignes afin que celles-ci soient bien comprises. Les participants bénéficient dans un premier temps d'une phase d'entraînement afin de se familiariser avec le test. Pour chaque direction, les participants réalisent quatre essais dans les conditions réelles du test (50).

Toutes les consignes qui suivent doivent être respectées pour la validation de chaque essai. Les essais invalidés doivent être recommencés (50):

- la pointe de l'hallux du pied d'appui doit être au centre de l'étoile,
- le pied d'appui doit rester à plat sur le support,
- les mains doivent rester sur les crêtes iliaques,
- réaliser un toucher léger le plus loin possible sur la bande blanche avec la pointe du pied non portant,
- l'équilibre sur la jambe d'appui doit être conservé.

Le sujet enchaîne quatre essais dans une direction avant de passer à la suivante. Dix secondes de repos en appui bipodal sont observées entre chaque changement de direction (49). Pour chaque sujet l'ordre chronologique de réalisation des essais est toujours le même ; direction ANT, puis PM et enfin PL (Fig. 9).

La mesure du MI d'appui est prise à la suite de la phase d'entraînement. Le sujet est allongé sur le dos sur la table de massage. Les repères sont l'épine iliaque antéro-supérieure en proximal et la pointe de la malléole médiale en distal. Cette phase est considérée comme période de repos entre l'entraînement au SEBTm et le premier test, dit « initial », dont les distances sont comptabilisées.

Les tests avec prises de mesures sont réalisés dans les mêmes conditions que pour l'entraînement. Seuls trois essais pour chaque direction sont comptabilisés. Pour chaque essai, est tracé un trait au stylo à la pointe de l'hallux du membre non portant, sur la branche correspondante du « Y ».



Figure 9 : Réalisation des essais ANT, PM et PL (dans l'ordre mentionné)

2.8.4. Réalisation du WBLT

Un mètre ruban est fixé en rectitude au sol perpendiculairement à un mur. Le « 0 » du mètre est au niveau du mur. Le sujet a un pied positionné en avant et un en arrière. Les deux pieds sont séparés d'une longueur de pied. La cheville dont l'amplitude de flexion dorsale doit être mesurée est placée en avant (Fig. 10).

Les consignes sont les suivantes (51) :

- l'axe de chaque pied doit être perpendiculaire au plan du mur,
- le pied avant doit être reculé le plus loin possible du mur, tout en conservant le genou en contact avec celui-ci,
- le talon du pied avant doit rester à plat au sol,
- le placement du talon du pied arrière est libre,
- une fois en position, ne plus bouger le temps de la mesure.

La distance maximale « d » est mesurée entre la pointe de l'hallux et le mur (51). Chaque sujet réalise ce test à la suite du SEBTm. L'examineur réalise là encore une démonstration tout en expliquant les modalités de réalisation.



Figure 10 : Réalisation du WBLT

2.8.5. Protocole d'étirements activo-dynamiques

Le groupe Intervention réalise un protocole d'étirements activo-dynamiques du triceps sural, des ischio-jambiers et du quadriceps (ANNEXE III). Ce protocole est constitué pour chaque groupe musculaire de quatre phases ; une phase de mise en allongement passif statique, une phase d'étirement actif, une phase de relâchement et une phase dynamique.

Les étirements se succèdent d'un groupe musculaire à l'autre sans temps de repos selon l'ordre triceps sural ; ischio-jambiers ; quadriceps. Les étirements statiques sont réalisés au « point d'inconfort ». Ce point correspond à une sensation désagréable mais non douloureuse ressentie par le sujet. Un « enchaînement » correspond à l'étirement successif de ces trois groupes musculaires. Cet « enchaînement » est répété une deuxième fois aussitôt le premier terminé (40).

Triceps sural (Fig. 11) :

- **phase d'allongement passif** : le triceps sural est placé dans une position d'étirement statique, le sujet en position de fente avant, le MI à étirer étant postérieur en extension de genou et talon à plat au sol. Cet allongement est maintenu 8 secondes à la position perçue comme inconfortable mais non douloureuse,

- **phase active** : pendant 8 secondes, contraction statique du triceps sural dans la position précédemment décrite. La consigne est « d'enfoncer la pointe du pied arrière dans le sol en gardant le genou tendu et le talon à plat au sol »,
- **phase de relâchement** : sur 3 secondes, le sujet revient en position redressée,
- **phase dynamique** : pendant 8 secondes, le sujet réalise des petits sauts verticaux et bipodaux.



Figure 11 : Position d'étirement du triceps sural

Ischio-jambiers (Fig. 12) :

- **phase d'allongement passif** : le sujet a les mains posées sur ses crêtes iliaques. Le MI à étirer est placé en avant, genou tendu, talon au sol et pointe de pied vers le haut. Le sujet incline ensuite son buste vers sa pointe de pied en conservant la zone lombaire en rectitude. La mise en étirement est réalisée jusqu'au point d'inconfort et maintenue 8 secondes,
- **phase active** : tout en conservant la position d'allongement précédemment décrite, le sujet doit pendant 8 secondes « enfoncer son talon dans le sol en gardant le genou tendu et la pointe de pied relevée »,
- **phase de relâchement** : sur 3 secondes, le sujet revient à la position redressée,
- **phase dynamique** : pendant 8 secondes, le sujet réalise des répétitions de « talons-fesses ».



Figure 12 : Position d'étirement des ischio-jambiers

Quadriceps (Fig. 13) :

- **phase d'allongement passif** : le sujet se tient sur un seul pied (avec possibilité de se tenir si besoin), saisit la cheville du membre à étirer avec la main homolatérale et réalise une flexion du genou maximale. Le bassin est en rétroversion, et le genou orienté vers le sol. La position est tenue 8 secondes au point d'inconfort.
- **phase active** : contraction du quadriceps tout en conservant la position d'allongement précédemment décrite, le sujet doit « enfoncer son genou en direction du sol tout en poussant dans sa main comme pour étendre le genou ». Cette phase dure 8 secondes.
- **phase de relâchement** : sur 3 secondes, le sujet retourne à la position de départ,
- **phase dynamique** : pendant 8 secondes, le sujet est assis au bord de la table de massage et réalise des répétitions d'extension du genou à raison d'une extension par seconde.



Figure 13 : Position d'étirement du quadriceps

Au total, chaque groupe musculaire est sollicité 48 secondes lors de la réalisation du protocole. Le groupe Contrôle ne bénéficie que des phases dynamiques (sauts verticaux, talon-fesse et extension de jambe) répétées deux fois sur des durées de 8 secondes.

2.8.4. Méthodes statistiques

Nous avons recueilli pour chaque sujet des données anthropométriques telles la taille, le poids, le sexe et la longueur du MI étudié. L'âge, les types d'activités pratiquées et le temps de pratique (heure(s)/semaine) ont aussi été recueillis (ANNEXE II).

Chaque échantillon (Contrôle ou Intervention) réalise deux fois le SEBTm et le WBLT au cours du protocole. Nous désignons par le terme « mesure initiale » la première réalisation pour chacun de ces tests. Le terme « mesure secondaire » désigne pour chaque test la deuxième réalisation.

Pour chaque réalisation initiale et secondaire du SEBTm, nous calculons à partir des données recueillies (50) :

- la moyenne et l'écart-type des distances atteintes lors des trois essais pour chaque direction,

- le score normalisé (SN) dans chaque direction en pourcentage de la longueur du MI : (moyenne des 3 essais pour chaque direction * 100 / longueur du MI),
- le score composite normalisé (SCN) en pourcentage de la longueur du MI et qui correspond à la moyenne des scores normalisés. $SCN = (SN_{ANT} + SN_{PM} + SC_{PL}) / 3$.

Les analyses statistiques sont réalisées grâce au logiciel d'analyse en ligne BiostaTGV. Pour la réalisation des tests statistiques, nous émettons l'hypothèse que la population étudiée suit une loi non normale et que les deux échantillons ne sont pas appariés. Nous utilisons donc le test statistique de Mann-Whitney pour les analyses inter-échantillons. Pour analyser les résultats avant/après au sein de chaque groupe, nous utilisons le test des rangs signés de Wilcoxon (échantillons appariés). Une *p value* inférieure à 0,05 pour chaque test témoigne d'un résultat statistiquement significatif.

3. RÉSULTATS

3.1. Description de la population

La population est constituée de 37 participants, 21 femmes et 16 hommes. Dix-huit personnes composent le groupe Contrôle, dix-neuf participants composent le groupe Intervention.

Les âges sont compris entre 18 et 48 ans. Le poids varie de 44 à 109 kg. La taille varie de 1,57 m à 1,88 m. L'Indice de Masse Corporelle (IMC) est compris entre 17,63 et 32,91 kg/m². Les participants pratiquent en moyenne 3h30 de sport par semaine.

Parmi les activités pratiquées, nous distinguons deux catégories : celle des activités que nous qualifions comme « nécessitant des changement rapides et multidirectionnels d'appuis (CRMA) » et la catégorie « autre activité ». Les activités « CRMA » sont la course à pied, les sports collectifs et les sports de combat. Les « autres activités » correspondent à la natation, la musculation, le *fit training*, le tai-chi et l'équitation. Onze sujets du groupe contrôle pratiquent une activité « CRMA » contre seize du groupe intervention (Tab. I).

Tableau I : Caractéristiques de la population

Variables	Contrôle N = 18 ♀ = 12, ♂ = 6	Intervention N = 19 ♀ = 9, ♂ = 10	Total N = 37 ♀ = 21, ♂ = 16
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type
Age	21,56 ± 1,50	24,42 ± 7,59	23,03 ± 5,65
Poids (kg)	69,20 ± 15,45	68,66 ± 9,65	68,92 ± 12,62
Taille (m)	1,72 ± 0,09	1,73 ± 0,07	1,72 ± 0,08
IMC (kg/m²)	23,13 ± 3,70	23,09 ± 3,43	23,11 ± 3,51
MIa (cm)	91,93 ± 5,01	90,80 ± 5,01	91,35 ± 4,97
Prat (H/S)	3,72 ± 2,64	3,39 ± 2,07	3,55 ± 2,33
Activités « CRMA »	11	16	27
Autres activités	7	3	10

MIa : Membre Inférieur d'appui ; Prat : temps de pratique sportive par semaine

3.2. Données de la normalisation

3.2.1. Variations intra-échantillon

Afin d'observer l'effet de notre protocole au sein des deux groupes, nous nous intéressons aux valeurs initiales et secondaires pour chaque groupe pris isolément. Nous choisissons pour chaque échantillon de nous intéresser dans un premier temps aux évolutions pour chaque direction du test d'équilibre (Tab. II).

Le Tableau II présente les scores normalisés pour chaque direction du SEBTm initial et secondaire, ainsi que le calcul des différences. Le groupe contrôle voit augmenter de manière statistiquement significative les distances moyennes atteintes dans les directions ANT ($p = 0,001$), PM ($p = 0,004$) et PL ($p = 0,002$) entre la première et la seconde mesure.

Tableau II : Scores normalisés obtenus au SEBTm pour le groupe Contrôle avant et après échauffement

Variables (% MI)	SN Contrôle initial	SN Contrôle secondaire	SN Initial - Secondaire	Valeur p (test de Wilcoxon)
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Différence moyenne	
ANT	63,45 ± 4,48	65,46 ± 5,06	+2,01	0.001*
PM	95,54 ± 9,02	98,49 ± 8,43	+2,95	0.004*
PL	89,45 ± 11,46	92,51 ± 14,13	+3,06	0.002*

*Résultat significatif ($p < 0,05$) ;

Le groupe Intervention voit également augmenter les distances atteintes de manière statistiquement significative entre les mesures initiales et secondaires pour les directions PM ($p = 0,006$) et PL ($p = 0,002$) (Tab. III). La distance PL semble être la plus nettement augmentée par l'intervention (+ 5,27 %). La distance moyenne atteinte sur la direction ANT augmente également (+ 1,15 %) mais de manière non significative ($p > 0,05$).

Tableau III : Scores normalisés obtenus au SEBTm pour le groupe Intervention avant et après réalisation du protocole activo-dynamique

Variables (% MI)	SN Intervention initial	SN Intervention secondaire	SN Initial – Secondaire	Valeur p (test de Wilcoxon)
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Différence moyenne (%)	
ANT	64,71 ± 5,13	65,86 ± 4,97	+ 1,15	0.064
PM	93,18 ± 10,29	96,10 ± 9,72	+ 2,92	0.006*
PL	84,96 ± 12,01	90,23 ± 11,40	+ 5,27	0.002*

*Résultat significatif ($p < 0,05$) ;

3.2.2. Variations inter-échantillons

Nous avons quantifié les écarts entre les valeurs initiales et secondaires obtenues au sein de chaque échantillon. Nous confrontons à présent les écarts des deux groupes entre-eux pour pouvoir interpréter une éventuelle différence liée à notre protocole expérimental. Les Tableaux IV et V confrontent respectivement les valeurs initiales et secondaires entre les deux échantillons.

Quelle que soit la direction, les deux échantillons ne présentent pas de différence statistiquement significative ($p > 0,05$) concernant les mesures initiales obtenues lors de la réalisation du SEBTm (Tab. IV). Cette homogénéité des échantillons offre une base de comparaison fiable.

Tableau IV : Comparaison des scores normalisés obtenus lors de la mesure initiale au SEBTm entre les groupes Contrôle et Intervention

Variables (% MI)	SN Contrôle	SN Intervention	Valeur p (test de Mann-Whitney)
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	
ANT	63,45 ± 4,48	64,71 ± 5,13	0.425
PM	95,54 ± 9,02	93,18 ± 10,29	0.620
PL	89,45 ± 11,46	84,96 ± 12,01	0.358

Les deux échantillons ne présentent pas de différence statistiquement significative ($p > 0,05$) concernant les mesures secondaires obtenues lors de la réalisation du SEBTm pour chaque direction prise individuellement (Tab. V).

Tableau V : Scores normalisés obtenus lors de la seconde mesure au SEBTm pour les groupes Contrôle et Intervention

Variables (% MI)	SN Contrôle	SN Intervention	Valeur p (Test de Mann-Whitney)
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	
ANT	65,46 ± 5,06	65,86 ± 4,97	0.537
PM	98,49 ± 8,43	96,10 ± 9,72	0.425
PL	92,51 ± 14,13	90,23 ± 11,40	0.461

3.3. Données du score composite

3.3.1. Variations intra-échantillons

Après la description individuelle de chaque direction, il est pertinent d'observer de manière globale l'évolution des distances. Le SCN reflète donc de manière globale les effets du protocole testé. Afin de fournir des analyses propres à chaque groupe, nous quantifions pour

chaque échantillon l'évolution du score composite normalisé en pourcentage de la valeur initiale par la formule $((\text{SCN secondaire} - \text{SCN initial}) / \text{SCN initial}) * 100$.

Nous remarquons que les scores composites augmentent de manière statistiquement significative ($p = 0,0003$) entre le premier et le second test d'équilibre pour les deux échantillons. Le groupe Intervention voit la moyenne de ses performances augmenter de façon plus importante par rapport à celle du groupe contrôle (+ 3,99 % contre + 3,21 %) (Tab. VI).

Tableau VI : Évolution du score composite normalisé intra-échantillon

Variables Groupes	SCN Initial (% MI)	SCN Secondaire (% MI)	Evolution du SCN (% MI)	Evolution du SCN (% du SCN initial)	Valeur p (Test de Wilcoxon)
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	
SC Ctrl	82,81 ± 7,24	85,49 ± 7,83	2,67 ± 2,23	+ 3,21 ± 2,70	0.0003*
SC Int	80,95 ± 7,06	84,06 ± 6,46	3,11 ± 2,90	+ 3,99 ± 3,74	0.0003*

*Résultat significatif ($p < 0,05$) ; SCN : Score Composite Normalisé ; Int : groupe Intervention ; Ctrl : groupe Contrôle

3.3.2. Variations inter-échantillons

La comparaison des SCN initiaux des groupes Contrôle et Intervention ne présente pas de différence statistiquement significative ($p > 0,05$). La comparaison des SCN secondaires ne présente pas non plus de différence statistiquement significative ($p > 0,05$) (Tab. VII).

Tableau VII : Évolution du score composite normalisé inter-échantillon

Variables (% du MI)	SCN Ctrl	SCN Int	Valeur p (test de Mann-Whitney)
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	
SCN initial	82,81 ± 7,24	80,95 ± 7,06	0.438
SCN secondaire	85,49 ± 7,83	84,06 ± 6,46	0.390

*Résultat significatif ($p < 0,05$) ; SCN : Score Composite Normalisé ; Int : groupe Intervention ; Ctrl : groupe Contrôle

3.4. Données du WBLT

Les amplitudes moyennes de flexion dorsale de cheville augmentent pour le groupe Intervention après le protocole d'étirements activo-dynamiques (+ 0,71 cm) de façon statistiquement significative ($p = 0,009$). Les amplitudes moyennes de flexion dorsale de cheville augmentent également au sein de la population Contrôle (+ 0,41 cm) mais cette évolution n'est pas statistiquement significative ($p > 0,05$) (Tab. VIII).

Tableau VIII : Évolution de l'amplitude de flexion dorsale de cheville intra-groupe

Variables (cm)	WBLT initial	WBLT secondaire	Ecart intra groupe	Valeur p (test de Wilcoxon)
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	
Contrôle	11,48 ± 3,72	11,89 ± 3,63	0,41 ± 0,81	0.069
Intervention	13,34 ± 2,77	14,04 ± 2,44	0,71 ± 0,95	0.009*

*Résultat significatif ($p < 0,05$)

L'amplitude moyenne de flexion dorsale de cheville de l'échantillon Intervention est supérieure à celle de l'échantillon Contrôle dès la mesure initiale. Nous observons que les deux

échantillons présentent entre-eux un écart statistiquement significatif ($p = 0,04$) de l'amplitude de flexion dorsale de cheville après la seconde prise de mesure. Cet écart n'était pas significatif lors de la mesure initiale (Tab. IX).

Tableau IX : Comparaisons inter-groupe de l'amplitude de flexion dorsale de cheville

WBLT (cm)	Contrôle	Intervention	Ecart inter groupe (cm)	Valeur p (Test de Mann-Whitney)
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	Moyenne	
Mesure initiale	11,48 ± 3,72	13,34 ± 2,77	1,86	0.103
Mesure secondaire	11,89 ± 3,63	14,04 ± 2,44	2,15	0.044*

*Résultat significatif ($p < 0,05$)

Le Tableau X met en relation la nature de la pratique sportive avec l'amplitude de flexion dorsale de cheville et le score normalisé antérieur de chaque groupe.

Le groupe Intervention présente une amplitude moyenne de flexion dorsale de cheville initialement supérieure (+ 1,86 cm) à celle du groupe contrôle. Cette amplitude de flexion dorsale est corrélée à un SN ANT initial supérieur à celui de l'échantillon Contrôle. Entre les mesures initiales et secondaires, l'amplitude moyenne de flexion dorsale des deux groupes a augmenté, en parallèle du SN ANT.

Tableau X : Interactions entre pratique sportive, WBLT et direction antérieure du SEBTm

Variables	Contrôle Activité CRMA n = 11	Intervention Activité CRMA n = 16	Valeur p (Test de Mann-Whitney)
	Moyenne ± écart type	Moyenne ± écart type	
WBLT initial	11,48 ± 3,72	13,34 ± 2,77	0.103
Normalisation ANT initiale	63,45 ± 4,48	64,71 ± 5,13	0.425
WBLT secondaire	11,89 ± 3,63	14,04 ± 2,44	0.044*
Normalisation Ant secondaire	65,46 ± 5,06	65,86 ± 4,97	0.537

*Résultat significatif

4. DISCUSSION

À notre connaissance, aucune étude n'a aujourd'hui recherché les effets d'un protocole d'étirements activo-dynamiques sur la performance posturale dynamique. Il convient donc d'avoir un regard critique sur les résultats de cette étude.

4.1. Analyse des résultats

4.1.1. Effets généraux de l'expérimentation sur l'équilibre dynamique

Le SC reflète la performance globale des sujets. L'augmentation statistiquement significative ($p < 0,05$) du SC moyen des groupes Contrôle (+ 3,21 %) et Intervention (+ 3,99 %) entre les mesures initiales et secondaires traduit une amélioration globale de l'équilibre dynamique des sujets (Tab. VI).

Les deux échantillons ne présentent pas entre-eux de différence statistiquement significative au niveau de l'amélioration de leurs performances globales, même si l'amélioration notée dans le groupe Intervention est supérieure à celle du groupe Contrôle. Nous supposons que ce manque de significativité peut être corrélé au faible nombre de sujets présents

dans notre étude. La présence de données supplémentaires permettrait peut-être une distinction plus nette des résultats entre les groupes.

L'absence de différence significative entre les groupes soulève la question suivante : quels sont les facteurs à l'origine de l'amélioration des scores ? Nous pensons que les performances observées peuvent être attribuables à plusieurs facteurs :

- un stimulus visuel, qui constitue un des biais majeurs de notre étude et que nous discutons dans la sous-partie « Biais de méthode »,
- la phase d'exercice dynamique (groupe Contrôle),
- le protocole complet d'étirements activo-dynamiques (groupe Intervention).

Les articles qui décrivent le protocole du SEBTm mentionnent tous une phase d'entraînement afin de pallier « l'effet d'apprentissage » qui peut entrer en jeu à la découverte du test. Les sujets réalisent quatre essais dans chaque direction. Ce nombre d'essais est considéré suffisant pour stabiliser les distances atteintes dans un même ordre de grandeur (50,57,58). Nous supposons que l'amélioration des scores dans les deux groupes n'est pas due à un effet d'apprentissage.

Nous n'avons connaissance ni d'études de l'effet d'exercices dynamiques sur l'équilibre, ni de travaux étudiant l'effet d'un tel protocole d'étirement sur l'équilibre. Il n'est pas possible d'attribuer avec certitude l'évolution observée dans le groupe Intervention au protocole d'étirements. L'hypothèse 1, selon laquelle le protocole d'étirements activo-dynamiques est à l'origine de l'amélioration de l'équilibre postural dynamique, ne peut être validée.

4.1.2. Relation entre score antérieur et WBLT

Les observations concernant le lien entre la nature de la pratique sportive, l'amplitude de flexion dorsale de cheville et le score normalisé antérieur (Tab. X) vont dans le même sens que les études de Terada *et al.* (2014) et Kang *et al.* (2015) selon lesquelles la distance atteinte sur la branche antérieure du SEBT est fonction de l'amplitude de flexion dorsale de cheville (59,60).

Le groupe Intervention possède un plus grand nombre de sujets pratiquant au moins une activité « CRMA » par rapport au groupe Contrôle (16 contre 11). À première vue, nous pourrions supposer que de telles pratiques seraient à l'origine de la meilleure amplitude de flexion dorsale de cheville du groupe Intervention et expliqueraient les SN ANT observés.

En observant plus en détail les caractéristiques des participants, nous remarquons que les trois sujets qui ont obtenu les scores les plus faibles au WBLT se trouvent dans le groupe Contrôle (ANNEXE IV). Parmi ces trois sujets, un pratique uniquement de la natation. Les deux autres sont un footballeur et une footballeuse évoluant au poste de gardien de but. Ce sont les seuls footballeurs de l'étude. Cette observation semble aller à l'encontre de la supposition précédente selon laquelle la pratique d'une activité « CRMA », quelle qu'elle soit serait à l'origine d'une amplitude de flexion dorsale de cheville plus importante. La comparaison avec des joueurs de « champ » pourrait permettre d'explorer la piste d'une adaptation du corps aux besoins du poste occupé. Nous n'avons pas recherché le facteur limitant de cette amplitude mais il pourrait entre autres être une hypo-extensibilité du triceps sural.

L'amplitude moyenne de flexion dorsale de cheville du groupe Intervention devient significativement supérieure à celle du groupe Contrôle à la suite du protocole d'étirements. Nous en déduisons que le protocole d'étirements activo-dynamiques entraîne un gain immédiat de l'amplitude de flexion dorsale de cheville. Ce gain d'amplitude entraîne une augmentation non significative du SN ANT du SEBTm.

4.1.3. SEBT et risque de blessures dans le sport

Le risque de survenue d'une entorse de cheville est corrélé à sa flexion dorsale et au score antérieur obtenu au SEBT (52,53). Selon des études les sujets ayant subi une première entorse de cheville ou présentant une instabilité chronique de cheville ont un score antérieur plus faible que les sujets sains (61,62).

Selon Plisky *et al.* (2006), les joueuses qui présentent un score composite inférieur à 94 % de la longueur de leur MI voient le risque d'une blessure être multiplié par 6,5 (63). Selon Butler *et al.* (2013), un score composite normalisé inférieur à 89,6 % multiplie par 3,5 le risque

de blessures dans le football américain (64). En nous basant sur ces études, les performances d'équilibre dynamique obtenues au SEBTm peuvent être prédictives du risque de blessures dans une population sportive définie.

La moyenne des SCN initiaux est de 80,95 % pour le groupe Intervention et de 82,81 % pour le groupe Contrôle. Après le second SEBTm, la moyenne est passée à 84,06 % pour le groupe Intervention et à 85,49 % pour le groupe Contrôle. Ces valeurs sont bien inférieures à celles des études de Plisky et Butler. En appliquant les résultats de ces études à nos résultats, cela signifierait que 73 % (27/37) à 95 % (35/37) de notre population générale serait potentiellement à risque élevé de blessures aux MI lors de leur pratique. Nous pensons que ces valeurs très élevées ne reflètent pas la réalité de notre population.

Certaines études mettent en lumière un lien entre une asymétrie au score ANT entre les deux MI et le risque de blessure (63,65). Nous n'avons recueilli les données que d'un MI pour chaque sujet. Il aurait été intéressant de rechercher si le score au SEBTm mettait en évidence des asymétries entre les MI des participants, et si notre protocole pouvait permettre de diminuer ces asymétries.

Notre population est composée d'individus pratiquant des sports très différents. Les capacités de contrôle postural varient en fonction du type de sport et des adaptations que ceux-ci suscitent, avec par exemple le développement d'une jambe dominante (66,67). Le lien avec le risque potentiel de blessures doit être mis en relation avec le contexte du sport (68). Il aurait été plus judicieux de cibler une unique catégorie sportive.

Il est difficile de tirer des conclusions générales sur l'effet de notre protocole sur la prévention des blessures liées au sport. En regard des données dont nous disposons, l'hypothèse 2 ne peut être validée dans cette étude.

4.2. Biais et limites

4.2.1. Biais liés au matériel

Initialement, l'étoile du SEBTm est tracée à même le sol à l'aide d'adhésif. Nous avons fait le choix pour des soucis organisationnels de créer un support SEBTm dont les deux branches postérieures sont démontables. Ce support est fréquemment démonté en fin de journée afin de libérer l'espace dans la salle. Malgré nos efforts pour replacer les branches postérieures toujours dans la même position, il est possible que les angles varient très légèrement d'une journée de mesure à l'autre.

Un de nos confrères utilise dans son étude une bâche sur laquelle est imprimée une unique direction graduée. Ce matériel ne permet cependant pas la réalisation du test conformément aux protocoles décrits (69). C'est aussi pour cette raison que nous ne l'avons pas imité et que nous avons créé notre propre support. Pour éviter ce biais, il aurait fallu que le « Y inversé » soit réalisé sur un support préservant sa forme.

4.2.2. Biais méthodologiques

Pour ne pas jouer sur l'effet motivationnel du sujet, notre choix initial a été de ne pas graduer les axes de mesure. Afin de ne pas mobiliser les participants pendant une durée trop longue, toutes les mesures sont prises à la fin du rendez-vous. Les sujets réalisent donc leur second SEBTm en ayant les marques du premier toujours visibles. Wan *et al.* (2019) ont étudié l'effet d'un *feedback* visuel des MI via un écran sur les performances au SEBTm. Les participants ont fait preuve d'une plus grande concentration et d'une meilleure capacité d'adaptation posturale, en témoigne l'amélioration des distances moyennes par rapport au même test sans *feedback* visuel (70). Nous pensons que le *feedback* visuel induit par les marques du SEBTm initial a eu le même effet sur l'attention des sujets et donc sur l'amélioration des distances secondaires. Nous aurions dû noter toutes les distances recueillies au test initial sur notre fiche de recueil de données puis effacer du support les marques avant la réalisation du second SEBTm.

Notre population est très hétérogène sur le plan de l'activité pratiquée. La majorité des auteurs publiant sur le lien entre le SEBT, le sport et le risque de blessures sélectionnent des participants pratiquant une même activité. Il aurait fallu cibler ici aussi une catégorie d'activité plus homogène.

À *posteriori*, nous avons observé que notre groupe Contrôle n'en est en réalité pas vraiment un. Ce groupe réalise des exercices dynamiques. Étant donné les résultats observés, il est possible que la réalisation d'exercices dynamiques soit à l'origine de l'amélioration des performances au test. Il aurait été intéressant d'intégrer des participants supplémentaires dans notre étude afin de créer un troisième groupe. Ce groupe ne bénéficiant d'aucune intervention et ses résultats étant comparés avec le groupe « exercices dynamiques » et « étirements activo-dynamiques ».

Geoffroy (2018) préconise de réaliser les étirements activo-dynamiques à la suite d'un échauffement cardio-respiratoire de 5 à 6 minutes et d'exercices « classiques » sollicitant différents groupes musculaires (talon-fesse, montées de genoux, pas chassés, ...) (14). Dans notre protocole ce n'est pas le cas. Il est alors logique de considérer que les résultats obtenus ne sont pas applicables à des conditions réelles de préparation à l'effort. Ceci constitue une limite considérable à notre étude.

4.2.3. Biais de mesure

L'absence de graduation sur les axes du « Y inversé » nécessite que les mesures soient toutes réalisées avec un mètre ruban. Une unique personne est présente pour recueillir les distances. Pour faciliter le recueil de données, des repères sont tracés au centre de l'étoile et sur chaque axe à 50, 75 et 100 cm. En fonction de la localisation des tracés de chaque essai, l'origine du mètre ruban est placé plutôt sur le centre, ou sur chacun des repères cités. Ces différentes origines de prise de mesure sont une source d'erreurs. La participation d'un second investigateur aurait permis de faciliter et d'homogénéiser les mesures.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Aucune étude à notre connaissance n'étudie le lien entre un protocole d'étirements activo-dynamiques, de plus en plus utilisé en préparation physique, et l'équilibre dynamique. En étudiant les performances de contrôle postural, nous avons voulu nous intéresser à un paramètre différent de celui mis en évidence dans la majorité des études. L'intérêt repose sur le lien avec les performances (10–12) et le risque de blessures (6,13).

Malgré une amélioration significative des performances au SEBTm, les résultats de notre étude ne permettent pas de mettre en lumière un avantage du protocole d'étirements activo-dynamiques sur l'équilibre. La présence de nombreuses activités sportives différentes ne permet pas non plus de tirer de conclusion quant à la prévention des blessures. La présence de nombreux biais dans notre étude peut selon-nous être à l'origine de ces résultats non-concluants.

En 2018, la France enregistrait plus de 18 millions de licences et autres types de participations au sein de fédérations sportives agréées (71). À l'occasion de la campagne de sensibilisation au rôle du masseur-kinésithérapeute dans le sport (2016), le Conseil National de l'Ordre des Masseurs-Kinésithérapeutes rappelle que « [...] Leur (les masseurs-kinésithérapeutes) compétence en matière d'activité sportive s'adresse tant à ceux qui en ont fait leur métier qu'à ceux qui la pratiquent comme une discipline de loisir » (72). Ce type d'étude a alors toute sa place dans notre profession afin d'accompagner au mieux les pratiquants.

Il serait intéressant pour d'éventuelles études à venir d'observer les effets d'un protocole d'étirements activo-dynamiques intégré dans une routine d'échauffement telle que décrite par les auteurs publiant sur ce thème (2,14,16). Les sujets devraient être des pratiquants d'un même sport et si possible d'un niveau équivalent afin que les résultats soient les plus pertinents possible. Le nombre de sujets inclus devrait également être plus conséquent. Une étude similaire portant sur une population pathologique (par exemple dans le cas d'une instabilité chronique de cheville) pourrait également être intéressante à réaliser.

BIBLIOGRAPHIE

1. Woods K, Bishop P, Jones E. Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Med Auckl NZ*. 2007;37(12):1089-99.
2. Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol*. nov 2011;111(11):2633-51.
3. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications. *Sports Med Auckl NZ*. nov 2015;45(11):1523-46.
4. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab*. janv 2016;41(1):1-11.
5. Medeiros DM, Martini TF. Chronic effect of different types of stretching on ankle dorsiflexion range of motion: Systematic review and meta-analysis. *Foot Edinb Scotl. mars 2018;34:28-35.*
6. McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports*. avr 2010;20(2):169-81.
7. Simic L, Sarabon N, Markovic G. Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scand J Med Sci Sports*. mars 2013;23(2):131-48.
8. Opplert J, Babault N. Acute effects of dynamic stretching on mechanical properties result from both muscle-tendon stretching and muscle warm-up. *J Sports Sci Med*. juin 2019;18(2):351-8.
9. Hammami A, Zois J, Slimani M, Russel M, Bouhlef E. The efficacy and characteristics of warm-up and re-warm-up practices in soccer players: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness*. févr 2018;58(1-2):135-49.

10. Hrysomallis C. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports Med Auckl NZ*. 2007;37(6):547-56.
11. Han M-J, Yuk G-C, Gak H, Suh S-R, Kim S-G. Acute effects of 5 min of plantar flexor static stretching on balance and gait in the elderly. *J Phys Ther Sci*. janv 2014;26(1):131-3.
12. Paillard T. Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience. *Neurosci Biobehav Rev*. janv 2017;72:129-52.
13. Zemková E. Sport-specific balance. *Sports Med Auckl NZ*. mai 2014;44(5):579-90.
14. Geoffroy C. Les étirements: méthodes et exercices pour tous. 7ème édition. Geoffroy; 2018. 290 p. Sport +. ISBN: 2951397127
15. Fletcher IM, Jones B. The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *J Strength Cond Res*. 2004;18(4):885–888.
16. Bishop D. Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med Auckl NZ*. 2003;33(7):483-98.
17. Cometti G. Les limites du stretching pour la performance sportive. 2ème partie: « Les effets physiologiques des étirements ». [en ligne]. Faculté des Sciences du Sport UFR Staps Dijon-Le Creusot. 2003 [consultée le 2 janvier 2020]. Disponible : <http://hbbm.free.fr/latechnique/echauffement/Leslimitesdustretching.pdf>
18. Kay AD, Blazeovich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc*. janv 2012;44(1):154-64.
19. Costa PB, Graves BS, Whitehurst M, Jacobs PL. The acute effects of different durations of static stretching on dynamic balance performance. *J Strength Cond Res*. janv 2009;23(1):141.
20. Nelson AG, Kokkonen J, Arnall DA, Li L. Acute stretching increases postural stability in nonbalance trained individuals. *J Strength Cond Res*. nov 2012;26(11):3095-100.

21. Palmer TB, Agu-Udemba CC, Palmer BM. Acute effects of static stretching on passive stiffness and postural balance in healthy, elderly men. *Phys Sportsmed*. 2018;46(1):78-86.
22. Romero-Franco N, Párraga-Montilla JA, Molina-Flores EM, Jiménez-Reyes P. Effects of combining running and practical duration stretching on proprioceptive skills of national sprinters. *J Strength Cond Res*. 1 juin 2018;
23. Martínez-Jiménez EM, Losa-Iglesias ME, Díaz-Velázquez JI, Becerro-De-Bengoa-Vallejo R, Palomo-López P, Calvo-Lobo C, et al. Acute effects of intermittent versus continuous bilateral ankle plantar flexor static stretching on postural sway and plantar pressures: a randomized clinical trial. *J Clin Med*. 7 janv 2019;8(1).
24. Belkhiria-Turki L, Chaouachi A, Turki O, Hammami R, Chtara M, Amri M, et al. Greater volumes of static and dynamic stretching within a warm-up do not impair star excursion balance performance. *J Sports Med Phys Fitness*. juin 2014;54(3):279-88.
25. Behm DG, Bambury A, Cahill F, Power K. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Med Sci Sports Exerc*. août 2004;36(8):1397-402.
26. Nagano A, Yoshioka S, Hay DC, Himeno R, Fukashiro S. Influence of vision and static stretch of the calf muscles on postural sway during quiet standing. *Hum Mov Sci*. juin 2006;25(3):422-34.
27. Hemmati L, Rojhani-Shirazi Z, Ebrahimi S. Effects of plantar flexor muscle static stretching alone and combined with massage on postural balance. *Ann Rehabil Med*. oct 2016;40(5):845-50.
28. Chaabene H, Behm DG, Negra Y, Granacher U. Acute effects of static stretching on muscle strength and power: an attempt to clarify previous caveats. *Front Physiol*. 2019;10:1468.
29. Szafraniec R, Chromik K, Poborska A, Kawczyński A. Acute effects of contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching of hip abductors and adductors on dynamic balance. *PeerJ*, 13 déc 2018;6.

30. Aslan H, Buddhadev HH, Suprak DN, San Juan, JG. Acute effects of two hip flexor stretching techniques on knee joint position sense and balance. *Int J Sports Phys Ther.* 2018;13(5):846-59.
31. Espí-López GV, López-Martínez S, Inglés M, Serra-Añó P, Aguilar-Rodríguez M. Effect of manual therapy versus proprioceptive neuromuscular facilitation in dynamic balance, mobility and flexibility in field hockey players. A randomized controlled trial. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med.* juill 2018;32:173-9.
32. Chatzopoulos D, Galazoulas C, Patikas D, Kotzamanidis C. Acute effects of static and dynamic stretching on balance, agility, reaction time and movement time. *J Sports Sci Med.* 1 mai 2014;13(2):403-9.
33. Morrin N, Redding E. Acute effects of warm-up stretch protocols on balance, vertical jump height, and range of motion in dancers. *J Dance Med Sci Off Publ Int Assoc Dance Med Sci.* 2013;17(1):34-40.
34. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports Med Auckl NZ.* 1 mars 2011;41(3):221-32.
35. Gaerlan MG, Alpert PT, Cross C, Louis M, Kowalski S. Postural balance in young adults: The role of visual, vestibular and somatosensory systems. *J Am Acad Nurse Pract.* 2012;24(6):375-81.
36. Prochazka A, Ellaway P. Sensory systems in the control of movement. *Compr Physiol.* oct 2012;2(4):2615-27.
37. Dictionnaire médical de l'Académie de Médecine [en ligne]. [consultée le 06 avril 2020]. Disponible : <http://dictionnaire.academie-medecine.fr/index.php?q=%C3%A9tirement+musculaire>
38. Anderson B, Anderson J. *Le stretching: pour être et rester en forme.* Paris: Solar; 2011. 239 p. ISBN: 9782263053177

39. Alter MJ. Sports et stretching: 311 exercices de stretching pour 41 sports. Paris: Vigot; 2001. 217 p. ISBN: 9782711414161
40. Geoffroy C. Méthodes et positions d'étirements: logique, précision et individualisation pour plus d'efficacité. *Kinesither Rev.* 2015;15(164-165):41-52.
41. Esnault M. Effets recherchés du stretching (étirements musculaires actifs) en thérapie et en milieu sportif. *Ann Kinésithér.* 1988;15(1-2):63-6.
42. Themes UFO. Physiology of the muscular system [en ligne]. Basicmedical Key. 2016 [consultée le 15 avril 2020]. Disponible : <https://basicmedicalkey.com/physiology-of-the-muscular-system/>
43. Unisciel. Physiologie des systèmes intégrés, les principes et fonctions - Modèle mécanique appliqué au muscle strié squelettique [en ligne]. [consultée le 15 avril 2020]. Disponible : <http://ressources.unisciel.fr/physiologie/co/2g1.html>
44. Tissu musculaire [en ligne]. [consultée le 15 avril 2020]. Disponible : <http://cytohistology.ru/tkani/myshechnye-tkani/>
45. Richfield D. Medical gallery of David Richfield 2014. *WikiJournal Med.* 2014;1(2):9.
46. Butler DL, Grood ES, Noyes FR, Zernicke RF. Biomechanics of ligaments and tendons. *Exerc Sport Sci Rev.* 1978;6:125-81.
47. Macefield VG, Knellwolf TP. Functional properties of human muscle spindles. *J Neurophysiol.* 01 2018;120(2):452-67.
48. Préparation physique en gymnastique - Activité neuro-musculaire et souplesse [en ligne]. [consultée le 15 avril 2020]. Disponible : http://campusport.univ-lille2.fr/ressource_gym/co/Theorie_6.html
49. Van Lieshout R, Reijnenveld EAE, Van den Berg SM, Haerkens GM, Koenders NH, De Leeuw AJ, et al. Reproducibility of the modified star excursion balance test composite and specific reach direction scores. *Int J Sports Phys Ther.* juin 2016;11(3):356-65.

50. Picot B, Terrier R, Forestier N. Le Star excursion balance test: Mise à jour et recommandations sur son utilisation en pratique. *Mains Libr.* 2018;4(9):16.
51. Powden CJ, Hoch JM, Hoch MC. Reliability and minimal detectable change of the weight-bearing lunge test: A systematic review. *Man Ther.* août 2015;20(4):524-32.
52. Hadzic V, Topole E, Sattler T, Burger H. Risk factors for ankle sprain in volleyball players: A preliminary analysis. *IES.* 2009;17:155-60.
53. Gribble PA, Terada M, Beard MQ, Kosik KB, Lepley AS, McCann RS, et al. Prediction of lateral ankle sprains in football players based on clinical tests and body mass index. *Am J Sports Med.* févr 2016;44(2):460-7.
54. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *J Athl Train.* juin 2012;47(3):339-57.
55. Powden CJ, Dodds TK, Gabriel EH. The reliability of the star excursion balance test and lower quarter y-balance test in healthy adults: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther.* sept 2019;14(5):683-94.
56. Bulow A, Anderson JE, Leiter JR, MacDonald PB, Peeler J. The modified star excursion balance and y-balance test results differ when assessing physically active healthy adolescent females. *Int J Sports Phys Ther.* avr 2019;14(2):192-203.
57. Robinson RH, Gribble PA. Support for a reduction in the number of trials needed for the star excursion balance test. *Arch Phys Med Rehabil.* févr 2008;89(2):364-70.
58. Munro AG, Herrington LC. Between-session reliability of the star excursion balance test. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med.* nov 2010;11(4):128-32.
59. Kang M-H, Lee D-K, Park K-H, Oh J-S. Association of ankle kinematics and performance on the y-balance test with inclinometer measurements on the weight-bearing-lunge test. *J Sport Rehabil.* févr 2015;24(1):62-7.

60. Terada M, Harkey MS, Wells AM, Pietrosimone BG, Gribble PA. The influence of ankle dorsiflexion and self-reported patient outcomes on dynamic postural control in participants with chronic ankle instability. *Gait Posture*. 2014;40(1):193-7.
61. Pourkazemi F, Hiller C, Raymond J, Black D, Nightingale E, Refshauge K. Using balance tests to discriminate between participants with a recent index lateral ankle sprain and healthy control participants: a cross-sectional study. *J Athl Train*. mars 2016;51(3):213-22.
62. McCann RS, Crossett ID, Terada M, Kosik KB, Bolding BA, Gribble PA. Hip strength and star excursion balance test deficits of patients with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport*. nov 2017;20(11):992-6.
63. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther*. déc 2006;36(12):911-9.
64. Butler RJ, Lehr ME, Fink ML, Kiesel KB, Plisky PJ. Dynamic balance performance and noncontact lower extremity injury in college football players: an initial study. *Sports Health*. sept 2013;5(5):417-22.
65. Stiffler MR, Bell DR, Sanfilippo JL, Hetzel SJ, Pickett KA, Heiderscheit BC. Star excursion balance test anterior asymmetry is associated with injury status in division I collegiate athletes. *J Orthop Sports Phys Ther*. mai 2017;47(5):339-46.
66. Read PJ, Oliver JL, De Ste Croix MBA, Myer GD, Lloyd RS. neuromuscular risk factors for knee and ankle ligament injuries in male youth soccer players. *Sports Med Auckl NZ*. août 2016;46(8):1059-66.
67. Promsri A, Longo A, Haid T, Doix A-CM, Federolf P. Leg dominance as a risk factor for lower-limb injuries in downhill skiers—a pilot study into possible mechanisms. *Int J Environ Res Public Health*. sept 2019;16(18).

68. Stiffler MR, Sanfilippo JL, Brooks MA, Heiderscheit BC. Star excursion balance test performance varies by sport in healthy division I collegiate athletes. J Orthop Sports Phys Ther. oct 2015;45(10):772-80.
69. Drouot J. Etudes comparatives des qualités proprioceptives de la cheville des sédentaires, des coureurs macadam/piste et des trailers, objectivée par le SEB Test Modifié. 2019. 89 p. Diplôme d'Etat de Masso-Kinésithérapie. Institut Lorrain de Formation en Masso-Kinésithérapie: Nancy, ILFMK.
70. Wan Y, Davies JL, Button K, Al-Amri M. Effect of visual feedback on the performance of the star excursion balance test. J Rehabil Assist Technol Eng. 4 sept 2019;6.
71. Données détaillées 2018 [en ligne]. [consultée le 26 mars 2020]. Disponible : <http://www.sports.gouv.fr/organisation/publications/statistiques/Donnees-detaillees/Donnees-detaillees-2018>
72. Ordre des masseurs-kinésithérapeutes. Mon kiné, partenaire santé de ma performance et de ma pratique sportive ! [en ligne]. 2016 [consultée le 26 mars 2020]. Disponible : <http://www.ordremk.fr/actualites/ordre/mon-kine-partenaire-sante-de-ma-performance-et-de-ma-pratique-sportive/>

ANNEXES

ANNEXE I : Formulaire de consentement

ANNEXE II : Fiche de recueil de données

ANNEXE III : Routine d'étirements activo-dynamiques des membres inférieurs

ANNEXE IV : Caractéristiques des trois sujets ayant les scores les plus faibles au WBLT

ANNEXE I : Formulaire de consentement

Madame, Monsieur,

En vue de l'obtention de mon diplôme de Masseur-Kinésithérapeute je réalise un mémoire de recherche portant sur l'effet d'un protocole de préparation physique utilisé dans le milieu sportif sur l'équilibre postural dynamique.

Pour la bonne réalisation de l'étude, un rendez-vous d'une durée de 30 minutes vous sera proposé, au sein de l'Institut Lorrain de Formation en Masso-Kinésithérapie situé 57bis rue de Nabécor. Le rendez-vous sera composé d'une phase de recueil d'informations vous concernant et de tests physiques. Toutes les données recueillies seront anonymisées, présentées et publiées dans le document écrit. Merci de vous présenter quelques minutes avant l'heure de rendez-vous établie et de vous munir d'une tenue de sport pour la réalisation des tests physiques.

Vous avez la possibilité de retirer votre consentement à la participation de cette l'étude et ce à tout moment sans justification requise en me contactant par email ou téléphone. Si vous avez la moindre question veuillez me contacter au **06.XX.XX.XX.XX** ou à l'adresse email : vncnt.lorenz@gmail.com. Je vous remercie de votre participation.

En signant ce formulaire, vous consentez à participer à l'étude intitulée : « étude interventionnelle de grade 3 » présentée ci-dessus. Vous déclarez que les renseignements fournis par l'investigateur sont clairs et compris et que les réponses à vos éventuelles questions ont été satisfaites.

Nom : Prénom :

Fait à , le

Signature précédée de la mention « lu et approuvé »

ANNEXE II : Fiche de recueil de données

Fiche de participation à l'étude intitulée « étude interventionnelle de grade 3 ».

N° de sujet :

Nom* :

Prénom* :

Age* :

Taille (cm)* :

Poids :

Sexe* :

IMC :

Sports pratiqués :

Fréquence (H/S) :

Vous* (entourer la réponse correspondante) :

- avez subi une blessure au MI datant de moins d'un an : OUI / NON
- avez subi une intervention chirurgicale au membre inférieur < 1an : OUI / NON
si oui, précisez :
- êtes porteur d'une correction optique : OUI / NON
- présentez des troubles de l'équilibre : OUI / NON
- avez des épisodes de vertiges, nausées, vomissement, des troubles de la marche et de la vision : OUI / NON
- êtes porteur d'une pathologie neurologique altérant votre équilibre : OUI / NON
- avez subi un traumatisme crânien dans les 3 derniers mois : OUI / NON
- êtes enceinte : OUI / NON
- avez consommé des substances psychotropes ou avez été en état d'ébriété lors des dernières 48h : OUI / NON

Mesures initiales

SEBT modifié	Antérieur	Postéro-latéral	Postéro-médial	Pied d'appui
Essai 1				
Essai 2				
Essai 3				
Moyenne				
Score composite (moyenne des moyennes)				
Longueur du MI portant (cm)				
Normalisation au membre inférieur (%)				
WBLT (cm)				

Mesures secondaires

SEBT modifié	Antérieur	Postéro-latéral	Postéro-médial	Pied d'appui
Essai 4				
Essai 5				
Essai 6				
Moyenne				
Score composite (moyenne des moyennes)				
Normalisation au membre inférieur (%)				
WBLT (cm)				

* : obligatoire

Je soussigné(e) _____ déclare avoir pris connaissance du formulaire de consentement concernant la participation à cette étude et accepte les termes de celle-ci.

Signature du participant, de la participante :

Date :

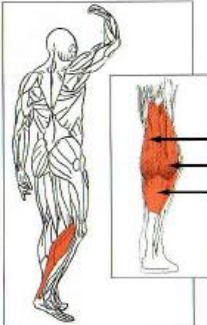
ANNEXE III : Routine d'étirements activo-dynamiques des membres inférieurs

Illustrations du protocole d'étirements activo-dynamiques réalisé sur les membres inférieurs lors de notre étude. Figures tirées du « Guide des étirements du sportif » (2003) de Christophe Geoffroy.

3| ÉTIREMENTS ACTIVO-DYNAMIQUES

TRICEPS SURAL

MUSCLES POSTÉRIEURS DE LA JAMBE



JUMENTAU INTERNE
JUMENTAU EXTERNE
SOLÉAIRE

MISE EN GARDE



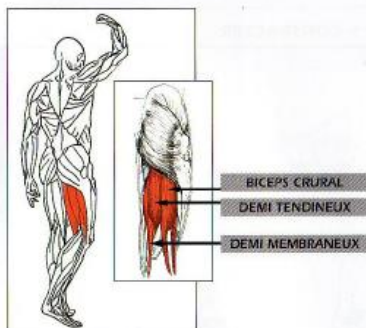
NON !

LE PIED ARRIÈRE DOIT ÊTRE DANS LE MÊME PLAN QUE LE PIED AVANT.

1	2	3	4
> DÉPART	> ALLONGER	> CONTRACTER	> SAUTILLER
			
Fente avant.	En fente avant, le genou de la jambe arrière doit être tendu. Basculer le bassin vers l'avant (tirer les fesses vers le haut).	Fléchir le genou avant, jusqu'à ce que le talon arrière se décolle du sol. Pousser sur l'avant pied en gardant le talon à quelques centimètres du sol, tout en fléchissant un peu plus le genou avant. Tenir la position 8 s.	Sauts rapides sur pied joints et sur place pendant 8 à 10 s.

ISCHIO-JAMBIERS [1]

MUSCLES POSTÉRIEURS DE LA CUISSE

**1****> DÉPART**

► Placez-vous en fente, pour cela avancer une jambe en avant (genou avant tendu).

2**> ALLONGER**

► Plier le genou arrière, descendre le corps sur la jambe arrière.
► Remonter la pointe du pied avant.
► Basculer le bassin vers l'avant, (tirer les fesses vers le haut).

3**> CONTRACTER**

► Enfoncer le talon dans le sol.
► Descendre la poitrine ou le buste vers le sol.
► Tenir la position 8 s.

4**> TALONS-FESSES**

► Talons-fesses rapides pendant 8 à 10 s.

QUADRICEPS [1]

MUSCLES ANTÉRIEURS DE LA CUISSE



DROIT ANTERIEUR
VASTE EXTERNE
VASTE INTERNE

MISE EN GARDE

« PAS D'HYPERLORDOSE LOMBAIRE
« LE GENOU FLÉCHIT DOIT RESTER À LA VERTICAL

1**> ALLONGER**

► Attraper le pied avec la main.
► Basculer le bassin vers l'arrière, pour cela serrer les fessiers et contracter les abdominaux, en évitant que le genou remonte en avant.
► Tout en maintenant le bassin basculé, ramener le pied contre la fesse.

2**> CONTRACTER**

► Bassin toujours basculé, pousser avec le pied sur la main qui résiste. (le genou cherche à s'étendre comme pour shooter).
► Tenir la position 6 à 8 s.

3**> FLEXION - EXTENSION**

► Effectuer des flexions-extensions rapides du genou concerné pendant 8 à 10 s.

ANNEXE IV : Caractéristiques des trois sujets ayant les scores les plus faibles au WBLT

Dans notre base de données, le « groupe 0 » est le groupe Contrôle, le « groupe 1 » est le groupe Intervention.

N° sujet	Groupe (0 ou 1)	Sexe	Age	Taille (m)	IMC (kg/m²)	Membre d'association	WBLT pré (cm)	WBLT post (cm)	Différence WBLT	longueur MI (cm)	activités pratiquées
1	0	1	22	1,81	19,84	0	13,4	13,4	0	92,3	musculature
2	0	0	21	1,58	17,63	0	11,9	11,8	-0,1	81	fit training
3	0	0	21	1,7	20,07	0	11	10,7	-0,3	90,5	fit training, cap
4	0	0	23	1,57	22,31	0	11,6	11,5	-0,1	81,5	fit training
5	0	0	19	1,72	22,99	0	11,6	11,7	0,1	91,5	judo
6	0	0	22	1,7	21,45	1	10,5	11	0,5	89,3	cap, vélo, natation, fit training
7	0	1	19	1,8	18,52	0	10,9	10,8	-0,1	99,3	musculature, aikido
8	0	1	23	1,83	27,17	0	12,1	12,1	0	98	escalade, badminton, vtt
9	0	0	22	1,7	26,64	0	12,6	13,3	0,7	91,5	musculature
10	0	0	23	1,65	22,04	0	4	4,2	0,2	92	football
11	0	1	22	1,82	32,91	0	18,5	19,3	0,8	96	fit training
12	0	1	24	1,87	25,45	0	6,9	6,5	-0,4	97	natation
13	0	1	19	1,79	21,85	0	4,4	6,8	2,4	96,3	football
14	0	0	21	1,72	21,63	0	17	17,6	0,6	92,5	step, yoga
15	0	0	23	1,75	25,34	0	10,7	12	1,3	93	équitation, fit training
16	0	0	22	1,6	25,78	0	10,8	12,2	1,4	87	badminton
17	0	0	22	1,75	24,49	0	15,6	14,6	-1	95	cap
18	0	0	20	1,65	20,20	0	13,2	14,5	1,3	91	fit training, équitation
19	1	1	42	1,78	23,04	1	13,7	15,8	2,1	93	cap
20	1	1	22	1,76	27,44	1	10,7	11,7	1	87	fit training, musculature
21	1	0	22	1,6	26,56	0	12,4	12,5	0,1	86,5	danse, badminton, fit training
22	1	0	22	1,67	23,13	0	9,3	12,2	2,9	88	volley, fit training, cap
23	1	1	22	1,84	22,45	1	17,3	17	-0,3	97	musculature, skateboard, cap
24	1	0	22	1,75	22,86	1	13	12,8	-0,2	93,7	fit training, cap
25	1	0	48	1,72	25,35	0	11,4	12,2	0,8	89	tai chi, cap, natation, vélo
26	1	1	23	1,78	20,83	0	16,6	17,1	0,5	91	cap

Influence d'un protocole d'étirements activo-dynamiques sur l'équilibre et la prévention des blessures chez des sujets sains

Introduction : Avant un effort intense et afin d'assurer les performances et la prévention des blessures, les pratiquants d'activités sportives incorporent les étirements musculaires au sein de leur routine d'échauffement. Les effets négatifs des étirements statiques sur les performances musculaires voient les pratiques évoluer en faveur des méthodes dynamiques. Geoffroy décrit dans les années 2000 un protocole activo-dynamique qui aurait des propriétés d'échauffement et de stimulation musculaire. Les influx proprioceptifs sont essentiels à la pratique sportive. Une relation est aujourd'hui établie entre le contrôle postural, les performances sportives et le risque de blessures. Malgré cela, très peu d'études s'intéressent au lien entre étirements et performances posturales. L'objectif de notre étude est d'objectiver les effets d'un protocole d'étirements activo-dynamique sur les performances posturales et de définir si l'utilisation d'un tel protocole peut prévenir le risque de blessures chez des pratiquants amateurs.

Matériel et Méthodes : Cette étude en simple aveugle porte sur 37 participants répartis aléatoirement en groupe Contrôle et Intervention. Le groupe Intervention bénéficie d'un protocole d'étirements activo-dynamiques. Les participants réalisent chacun le SEBTm deux fois. Les valeurs mesurées initiales et secondaires sont normalisées et comparées entre-elles au sein de chaque groupe puis entre les groupes. Le test de Wilcoxon est utilisé pour les analyses intra-groupe. Le test de Mann-Whitney sert aux comparaisons inter-groupes.

Résultats : Nous constatons une augmentation des scores au SEBTm pour les deux groupes. Aucune différence significative n'a été observée entre les échantillons. Le protocole d'étirement permet un gain significatif d'amplitude de flexion dorsale de cheville, ce gain n'est pas à l'origine d'une différence significative du score antérieur entre les groupes.

Discussion : A notre connaissance, aucune étude n'étudie les effets d'un protocole d'étirements activo-dynamiques sur l'équilibre dynamique. Les résultats observés ne permettent pas de mettre en avant un effet plus avantageux du protocole d'étirements par rapport à un protocole sans étirements, sur l'équilibre postural dynamique.

Mots clés : blessures, équilibre, étirements activo-dynamiques

Influence of an « activo-dynamique » stretching protocol on postural balance and injury prevention of healthy subjects

Introduction : Before performing high intensity activities and in order to enhance performances and to prevent injuries, athletes practice muscle-stretching exercises during their warm-up. Negative effects on muscular performances induced by static stretching lead to a use of dynamic-stretching methods. Geoffroy described in the early 2000's the « activo-dynamique » stretching protocol which may have a warm-up effect and prepare muscles for the task that follows. Proprioceptive stimuli are essential in sport practice. A link has been established between postural control, sport performances and injury risk. However, very few studies are dealing with the link between muscle stretching exercises and postural performances. The aim of this study is to objectify the effects of an « activo-dynamique » stretching protocol on the postural performances and to determine if this kind of protocol could prevent injury risk of non-professional athletes.

Materiel and Methods : This single-blinded randomised study involves a number of 37 subjects, split into an Intervention or a Control group. The Intervention group subjects practice the « activo-dynamique » protocol. Each of the 37 participants practices the SEBTm twice. The measured values for each test are normalized and compared in each group and between them. Wilcoxon test is used for the intra-group comparison. Mann-Whitney test is for the between-group comparison.

Results : We can see an increase in the SEBTm scores for each group. No significant difference can be observed between the two samples. The stretching protocol significantly increases the ankle dorsiflexion range of motion but it doesn't induce a statistically significant anterior score increase between the groups.

Discussion : To our knowledge, no study deals with the effects of an « activo-dynamique » stretching protocol on the subject's dynamic balance. The results cannot highlight an advantageous effect of the stretching protocol over a no-stretch one on dynamic postural balance.

Keywords : injuries, balance, « activo-dynamique » stretching