

MINISTÈRE DE LA SANTÉ

RÉGION LORRAINE

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE

DE NANCY

ÉTIREMENTS MANUELS PASSIFS

VS

APPLICATION LOCALE DE VIBRATIONS :

EFFET SUR L'AMPLITUDE ARTICULAIRE

A COURT TERME

Mémoire présenté par **Anthony LOUDINI**

étudiant en 3ème année de masso-
kinésithérapie

en vue de l'obtention du Diplôme d'État
de Masseur-Kinésithérapeute.

2014-2015.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ

1. INTRODUCTION	1
2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE	1
3. MÉTHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	2
4. RAPPELS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES SUR LES ISCHIO-JAMBIERS.....	2
4.1. Anatomie (10).....	2
4.1.1. Le semi-membraneux.....	2
4.1.2. Le semi-tendineux	3
4.1.3. Le biceps fémoral	3
4.1.4. Innervation et actions	3
4.2. Rôles pendant la marche	4
4.3. Pourquoi sont-ils souvent rétractés ?.....	4
5. PHYSIOLOGIE DES ÉTIREMENTS.....	5
5.1. Modélisation du muscle strié squelettique	5
5.2. Les différents types d'étirements	6
6. VIBRATIONS	8
6.1. Définition	8
6.2. Différents types d'application.....	8
6.3. Effets.....	8
6.4. Probables mécanismes agissant sur l'extensibilité	9
7. MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	9
7.1. Population.....	9
7.2. Matériel	10

7.3.	Protocole expérimental.....	10
7.3.1.	Test d'extensibilité.....	11
7.3.2.	Séance de vibrations.....	13
7.3.3.	Séance d'étirements.....	14
7.4.	Méthode statistique.....	14
8.	RÉSULTATS	15
8.1.	Description de la population étudiée	15
8.2.	Description des résultats obtenus en terme de gain d'extensibilité	17
8.3.	Douleur du sujet pendant la séance.....	22
9.	DISCUSSION	22
9.1.	A propos de la population étudiée	22
9.2.	A propos du test d'extensibilité choisi.....	24
9.3.	Analyse et interprétation de l'effet avant/après de la séance Vibrations	25
9.4.	Analyse et interprétation de l'effet avant/après de la séance Etirements.....	26
9.5.	Analyse et interprétation de la comparaison entre les 2 groupes.....	27
9.6.	Analyse de la douleur lors de la séance.....	28
9.7.	A propos du protocole de vibrations choisi.....	28
10.	CONCLUSION	29

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RÉSUMÉ

Introduction : Ces dernières années ont vu l'émergence des plateformes vibrantes où des vibrations sont transmises à tout le corps humain par le biais d'un plateau vibrant. Des études ont notamment démontré que cela augmentait l'extensibilité musculaire (via la mesure de l'amplitude articulaire). Cependant, ces plateformes ne sont pas accessibles à tous, il apparaît donc intéressant d'étudier les vibrations localisées quant au gain d'amplitude articulaire, et de comparer cette technique aux étirements, méthode prouvée sur l'efficacité du gain d'amplitude articulaire.

Objectif : L'objectif de notre étude est, premièrement, d'analyser séparément le programme de vibrations et le programme d'étirements manuels passifs sur l'extensibilité des muscles ischio-jambiers. Puis, deuxièmement, l'objectif est de rechercher la supériorité d'une technique sur l'autre.

Matériel et méthode : 24 sujets hypo-extensibles au niveau des ischio-jambiers (angle poplité supérieur à 10°) ont participé à l'étude. Ces sujets sont répartis aléatoirement en deux groupes : on applique des vibrations de 50 Hz au premier groupe, tandis qu'on applique des étirements manuels passifs au second groupe. Chaque sujet réalise une séance par jour, sur 3 jours consécutifs. Avant et après chaque séance, la mesure de l'angle poplité est effectuée.

Résultats : L'application de 3 séries de 30 secondes de vibrations de 50 Hz sur les ischio-jambiers et l'application de 3 étirements manuels passifs de 30 secondes permettent un gain d'amplitude articulaire à court terme ($p < 0,05$). Cependant, il nous est impossible de conclure à une supériorité d'une technique sur l'autre.

Mots clés : vibrations, localisées, ischio-jambiers, extensibilité, étirements, amplitude articulaire, angle poplité, inclinomètre.

Key words : vibrations, localized, hamstrings, tightness, extensibility, flexibility, stretching, range of motion, popliteal angle, knee extension test, inclinometer

1. INTRODUCTION

L'extensibilité musculaire a été définie comme la propriété d'un muscle à s'allonger jusqu'à un critère prédéterminé (1). Ce critère est majoritairement déterminé par la sensation d'étirement maximale que le sujet peut tolérer. L'extensibilité est objectivée par la mesure d'une amplitude articulaire.

Dans la littérature, un manque d'extensibilité musculaire des ischio-jambiers est associé avec un risque de blessures (2) (3), des changements du rythme lombo-pelvien (4), des douleurs lombaires (5), spondylolisthésis ou spondylolyse (6), des hernies discales (7). C'est pourquoi, il apparaît important et nécessaire de maintenir une extensibilité correcte des ischio-jambiers, mais par quels moyens y parvenir ? Malgré de nombreuses études contradictoires concernant les étirements musculaires, il apparaît certain que les étirements sont efficaces sur le gain d'amplitude articulaire (8)(9). Cependant, n'y-a-t' il pas une alternative à ces étirements ?

Ces dernières années ont vu l'émergence des plateformes vibrantes où des vibrations sont transmises à tout le corps humain par le biais d'un plateau vibrant. De nombreuses études concernant des programmes d'entraînement réalisés sur ces plateformes ont montré que cela augmentait la force musculaire, l'extensibilité musculaire, la densité osseuse. Cependant, ces plateformes ne sont pas accessibles à tous et peu d'études se sont intéressées à l'application de vibrations localisées, notamment quant au gain d'extensibilité musculaire.

1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE

L'objectif de cette étude est de comparer les étirements manuels passifs des ischio-jambiers par rapport à l'application locale de vibrations, sur le gain d'amplitude articulaire à court terme. Les questions sont les suivantes : les vibrations localisées sur les ischio-jambiers ont-ils un effet sur leur extensibilité musculaire ? Les vibrations localisées sont-elles plus efficaces que les étirements manuels passifs, sur le gain d'extensibilité des ischio-jambiers, et donc permettent-elles un gain d'amplitude articulaire plus important ?

2. MÉTHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

La recherche documentaire a été effectuée depuis le mois d'octobre 2014 jusqu'en mars 2015 sur plusieurs bases de données : Cochrane Library, Pubmed, PEDro, Kiné Scientifique, EM Consult, Science Direct, le serveur de l'ILFMK, ainsi que dans plusieurs centres de recherches que sont la Bibliothèque Universitaire Santé et Réédoc.

Les mots-clefs utilisés sont les suivants : en français : « vibrations », « localisées », « ischio-jambiers », « extensibilité », « étirements », « amplitude articulaire », « angle poplité », « inclinomètre ». En anglais : « vibrations », « localized », « hamstrings », « tightness », « extensibility », « flexibility », « stretching », « range of motion », « popliteal angle », « knee extension test », « inclinometer ». Ils ont été utilisés seuls ou en association par les opérateurs booléens « and » et « or ». Les articles ont été retenus selon leur titre, la lecture du résumé et la date de publication.

A la suite de cette sélection, 56 documents figurent dans la bibliographie de ce mémoire.

3. RAPPELS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES SUR LES ISCHIO-JAMBIERS

4.1. Anatomie (10)

Le groupe musculaire des ischio-jambiers se compose du semi-membraneux, du semi-tendineux et du biceps fémoral.

4.1.1. Le semi-membraneux

Il s'insère au niveau proximal sur la tubérosité ischiatique de l'os coxal par le tendon commun des ischio-jambiers. Son trajet est oblique vers le bas et le dedans, en avant du semi-tendineux. Au niveau distal, il a 3 insertions :

- Tendon direct : face postérieure de l'épiphyse supérieure du tibia ;
- Tendon réfléchi : partie antéro-médiale de l'épiphyse supérieure du tibia (partie antérieure du sillon infra-condyloïde) ;

- Tendon récurrent : coque condylienne latérale et fabella (forme le ligament poplité oblique).

4.1.2. Le semi-tendineux

Il s'insère au niveau proximal sur la tubérosité ischiatique de l'os coxal par le tendon commun des ischio-jambiers. Son trajet est oblique vers le bas et le dedans, en arrière du muscle semi-membraneux. Au niveau distal, il s'insère sur la patte d'oie (partie antéro-médiale du tibia, en arrière du sartorius et en dessous du gracile). Il s'insère également sur le fascia jambier pour lequel il joue un rôle de tenseur.

4.1.3. Le biceps fémoral

Ce muscle est constitué de deux portions :

- La longue portion : s'insérant sur la tubérosité ischiatique de l'os coxal avec le tendon commun des ischio-jambiers,
- La courte portion : s'insérant sur la lèvre latérale des deux tiers inférieurs de la ligne âpre du fémur.

Il est oblique vers le bas et le dehors. Au niveau distal, le biceps fémoral s'insère sur le versant postéro-latéral de la tête de la fibula et possède des expansions à la capsule tibio-fibulaire, au fascia jambier et au condyle latéral du tibia.

4.1.4. Innervation et actions

Les ischio-jambiers sont innervés par le nerf sciatique issu des racines L5, S1 et S2 (sauf pour la longue portion du biceps fémoral qui n'est pas innervée par L5). Ils pontent les articulations de la hanche et du genou, et ont donc une action sur ces dernières. En chaîne ouverte, ils sont fléchisseurs de genou et extenseurs de hanche. Au niveau du genou, les ischio-jambiers internes (semi-membraneux et semi-tendineux) ont une composante de rotation médiale alors que le biceps fémoral a une composante de rotation latérale.

Les ischio-jambiers ont également un rôle sur la statique : ils sont rétroverseurs du bassin et assurent le maintien lors de la flexion antérieure du tronc.

Ils ont également un rôle dans la stabilité du genou : la stabilité postérolatérale est assurée par le biceps fémoral et la stabilité postéro-médiale par les ischio-jambiers internes.

4.2. Rôles pendant la marche

Inman et all. découpent le cycle de marche en pourcentage (11) . Deux phases principales sont décrites : de 0 à 60% une phase d'appui et de 60 à 100% une phase oscillante.

De 0 à 15%, lors de la phase d'attaque du talon, les muscles semi-tendineux et semi-membraneux s'opposent à l'exagération du valgus physiologique du genou lors de la mise en charge. Au niveau de la hanche, il y a la contraction des ischio-jambiers qui stabilise le bassin car l'élan a tendance à faire pencher le tronc en avant.

De 60 à 70%, au début de la phase oscillante, les ischio-jambiers sont inactifs. La flexion de genou est due à l'inertie qui découle de la marche. La courte portion du biceps a quand même un rôle dans le contrôle de la qualité et de l'amplitude de cette flexion.

De 75 à 100%, c'est le retour en extension du genou précédant l'attaque du pas. Les ischio-jambiers régulent la flexion de hanche avec une contraction excentrique. Le freinage de la flexion de hanche entraîne passivement l'avancée du segment jambier qui amène le genou en extension.

4.3. Pourquoi sont-ils souvent rétractés ?

Le degré d'extensibilité d'un muscle est fonction de sa proportion en fibres de collagène. Un tendon n'est extensible que de 4 à 8% de sa longueur initiale du fait de sa composition à 70% de fibres de collagène. C'est pourquoi les ischio-jambiers, de par leur forte proportion tendineuse, ont une extensibilité diminuée. (12)

De plus, la courte portion du biceps et le semi-membraneux sont des muscles penniformes: c'est-à-dire que les fibres musculaires sont disposées latéralement par rapport aux tendons. Les fibres musculaires étant obliques, ces muscles ont une

capacité de raccourcissement moindre que les muscles fusiformes où les fibres sont longitudinales par rapport au tendon. (13)

Grace à cette particularité anatomique, les muscles penniformes développent une puissance et une force de contraction bien plus importantes que les muscles fusiformes. (12)

4. PHYSIOLOGIE DES ÉTIREMENTS

5.1. Modélisation du muscle strié squelettique

Chaque unité myo-tendineuse est représentée selon 3 composantes (modèle de Hill) : la composante contractile (CC), la composante élastique série (CES) et la composante élastique parallèle (CEP).

Le muscle strié squelettique est composé par un ensemble de faisceaux. Chaque faisceau regroupe les fibres musculaires, et chaque fibre musculaire contient plusieurs noyaux et des myofibrilles. Ces myofibrilles constituées de myofilaments d'actine et de myosine organisés en ponts, formant le sarcomère, sont le support de la contraction musculaire et représentent la composante contractile (CC). Cette composante est responsable de la contraction et est la plus sensible à l'étirement

La composante élastique parallèle (CEP) est composée de différentes enveloppes de tissu conjonctif :

- Aponévroses et fascias tapissant l'ensemble du muscle et forment les tissus conjonctifs externes.
- Les tissus conjonctifs internes entourant les éléments musculaires contractiles ainsi que les fibres musculaires et les faisceaux de fibres. Composés de l'épimysium recouvrant l'ensemble du réseau de faisceaux, du périmysium recouvrant chaque faisceau de fibres musculaires, et de l'endomysium recouvrant chaque fibre musculaire.

La composante élastique série (CES) est composée d'une fraction passive : tendons et jonctions myo-tendineuses, et d'une fraction active : les stries Z qui permettent l'attachement des myofilaments d'actine et de myosine.

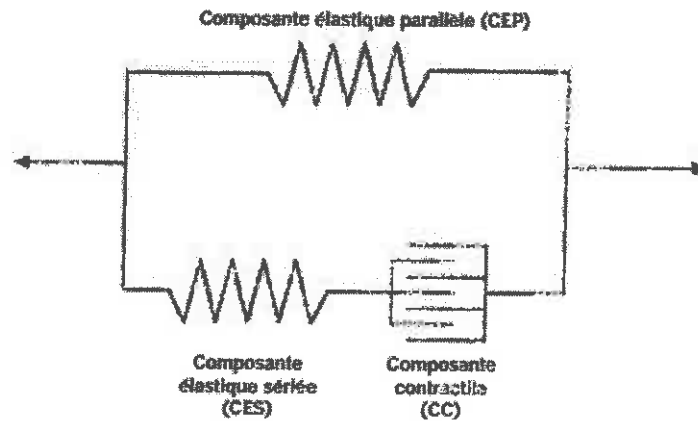


Figure 1 : Modélisation de Hill.

5.2. Les différents types d'étirements

Les techniques d'étirements sont nombreuses :

- Etirements passifs : selon Ylinen, il est défini par « une force externe, dirigée de façon à étirer un corps musculaire cible au repos. Cette force est produite par un assistant, un thérapeute, une machine, un système poids-poulie ou encore sans aide extérieure par le sujet lui-même utilisant la pesanteur ou des positions du corps pour créer un étirement ».
- Etirements actifs :
 - Stretching actif : c'est la réalisation d'un étirement musculaire auquel on ajoute une contraction isométrique en course externe du muscle mis en tension. Il y a ainsi une double traction sur le tendon et la zone myotendineuse, l'une dans le sens de l'allongement par l'étirement et l'autre dans le sens du raccourcissement par la contraction de l'unité contractile.
 - Etirements activo-dynamiques : cela consiste à réaliser un stretching actif (décrit précédemment), puis en ajoutant une phase dynamique de 2 à 3 mouvements concentriques à vitesse rapide afin de replacer le muscle dans sa fonction.

- **Étirements balistiques** : Un groupe musculaire se contracte de façon forte et répétitive en produisant un mouvement par « à-coups » qui va étirer la chaîne musculaire antagoniste.
Cet étirement a pour inconvénient d'avoir tendance à engendrer une contraction réflexe de défense du muscle étiré (réflexe myotatique), susceptible d'entraîner des blessures suivant l'intensité, la vitesse et l'amplitude, et de diminuer l'amplitude articulaire. (14)
- **Techniques PNF (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation) ou activo-passives** :
 - Le « Contracté-Relâché » : cela consiste à effectuer un étirement passif maximal, puis d'y associer une contraction statique contre résistance de courte durée. Ensuite, nous respectons un temps de repos tout en maintenant l'amplitude d'étirement, et enfin reprendre l'étirement passif. Cet étirement permet d'inhiber le réflexe myotatique et ainsi les contractions parasites grâce à la période réfractaire qui suit la contraction du muscle.
 - L'étirement par l'inhibition réciproque (ou CRAC : Contract Relax Antagonist Contract) : Par le principe de l'inhibition réciproque décrit par Sherrington, la contraction d'un muscle entraîne le relâchement de son antagoniste. Ici, le principe est donc d'effectuer un étirement passif maximal, puis de contracter l'antagoniste et enfin reprendre l'étirement passif.

Selon les données de la littérature actuelle, il est impossible de conclure à la supériorité d'un étirement sur l'autre concernant le gain d'amplitude articulaire. Le seul consensus qu'il existe actuellement est que toutes ces techniques sont statistiquement plus efficaces sur le gain d'amplitude articulaire que l'absence d'étirement (8)(9). Récemment, Lim et al. (15) et Ahmed et al. (16) ont conclu qu'il n'y avait pas de supériorité d'efficacité sur le gain d'amplitude articulaire entre les techniques d'étirements passifs et d'étirements type PNF (activo-passifs ou tenu-relâché).

5. VIBRATIONS

6.1. Définition

La vibration est définie par quatre variables : la fréquence (nombre de répétitions sur une période de temps donné) exprimée en Hertz, l'amplitude (déplacement maximal du mouvement oscillant) en millimètres, l'accélération en $m \cdot s^{-2}$ ou en g et la durée.

6.2. Différents types d'application

Il y a différentes manières d'appliquer des vibrations thérapeutiques : soit sur tout le corps en plaçant le sujet sur une plate-forme vibrante, soit en application locale à l'aide de coussins vibrants ou à l'aide d'appareils vibrants.

6.3. Effets

Que ce soit sur plate-forme oscillante ou en application locale, les vibrations ont récemment fait l'objet de nombreuses études.

Vibrations localisées :

- Vibrations localisées sur le triceps brachial à une fréquence de 100 Hz peut aider le thérapeute à réduire la spasticité du biceps brachial et améliorer les fonctions du membre supérieur spastique chez les hémiplegiques (17).

Plateforme vibrante (Whole body vibration) :

- Sclérose en plaques : un programme d'entraînement de 3 semaines sur plateforme vibrante n'améliore pas la marche (18), il semble qu'il n'y est pas d'effet sur la spasticité (19), pas d'effets sur l'amélioration de la qualité de marche, de l'équilibre, de la performance musculaire ni de la qualité de vie (20).
- Parkinsonien : il semble qu'elle améliore faiblement la qualité de marche (20)

6.4. Probables mécanismes agissant sur l'extensibilité

- Augmentation de la tolérance à l'étirement. En effet, Ribot-Ciscar et all (21) concluent dans leur étude, qu'après une vibration de tendon (du tibial antérieur, du long extenseur du pouce et des fibulaires) de 80 Hz pendant 30 secondes, l'activité des fuseaux neuro-musculaires diminue et les sujets perçoivent un muscle moins étiré que ce qu'il est vraiment.
- Vasodilatation des capillaires musculaires, entraînant une augmentation du flux sanguin et de la température intramusculaire (22)(23), ce qui diminue la viscosité tissulaire et pourrait augmenter l'extensibilité .
- Selon Issurin et all (24), la vibration entraînerait une stimulation des organes tendineux de Golgi, qui entraînerait elle-même une inhibition de la contraction du muscle subissant la vibration. Mais n'ayant pas accès au texte dans son intégralité, je ne peux détailler les mécanismes.
- Diminution de la douleur : Lundeberg et all. (25) ont montré que l'application de vibrations avait des effets antalgiques pendant et après l'application. Cela pourrait contribuer à augmenter le seuil douloureux et donc contribuer à avoir une plus grande amplitude. Cependant, Sands et al. (26) ont montré que les vibrations n'avaient pas d'effet sur la perception de la douleur sur les muscles vibrés.

6. MATÉRIEL ET MÉTHODE

7.1. Population

L'étude est réalisée sur une population de 24 sujets : 14 de sexe masculin et 10 de sexe féminin, tous étudiants en masso-kinésithérapie à l'IFMK de Nancy et volontaires pour participer à cette étude.

Les critères d'inclusion de cette étude sont : toute personne volontaire ayant un angle poplité supérieur à 10°.

Les critères de non inclusion sont la présence de pathologies musculaires et articulaires au niveau du rachis lombaire et/ou des membres inférieurs datant de moins de cinq ans.

Il est demandé aux sujets sportifs de ne pas s'étirer pendant la période de l'étude pour limiter de possibles biais.

7.2. Matériel

Dans une salle calme, à température ambiante, nous utilisons une table de massage électrique réglable en hauteur recouverte d'une alaise jetable, un mètre ruban, un crayon dermatographique, un chronomètre, un appareil de vibrations VM 80 commercialisé par les Etablissements Bersac (utilisé par les masseurs-kinésithérapeutes dans le cadre de l'assistance vibratoire proprioceptive) et un inclinomètre de Rippstein pour réaliser le test d'extensibilité des ischio-jambiers, plus fiable et reproductible qu'un goniomètre standard. (27)(28).

7.3. Protocole expérimental

Tout d'abord, le sujet est informé des conditions et objectifs de l'étude via un formulaire et signe une feuille de consentement. Il remplit également un questionnaire. Ensuite, le sujet tire au sort un papier indiquant s'il appartient au groupe « Etirements » ou au groupe « Vibrations ».

Nous obtenons ainsi le groupe « Etirements », composé de 12 sujets : 5 de sexe féminin et 7 de sexe masculin, et le groupe « Vibrations » composé de 12 sujets : 5 de sexe féminin et 7 de sexe masculin.

L'étude se déroule sur 3 jours consécutifs à raison d'une séance par jour dont le plan est le suivant :

- Test d'extensibilité initial des ischio-jambiers.
- Application de 3 séries de vibrations de 30 secondes localisées au niveau des ischio-jambiers ou application de 3 étirements manuels passifs de 30 secondes des ischio-jambiers.

- Test d'extensibilité final des ischio-jambiers.

Pour un souci de reproductibilité, nous réalisons les séances au même créneau horaire, dans une pièce à température ambiante.

7.3.1. Test d'extensibilité

Il existe de nombreux tests pour évaluer l'extensibilité musculaire des ischio-jambiers : l'angle poplité réalisé de manière active (Knee Extension Angle ou KEA) ou de manière passive, le Straight Length Raise (SLR), le Sit and Reach Test (SRT) ou encore le Toe Touch Test. Nous avons choisi d'utiliser le test de l'angle poplité en actif (KEA) qui consiste à réaliser une extension de genou de façon active, la hanche du sujet étant placée à 90° de flexion. L'angle poplité (fig. 2) représente l'angle formé entre le segment jambier du sujet et la verticale, la hanche étant à la verticale.

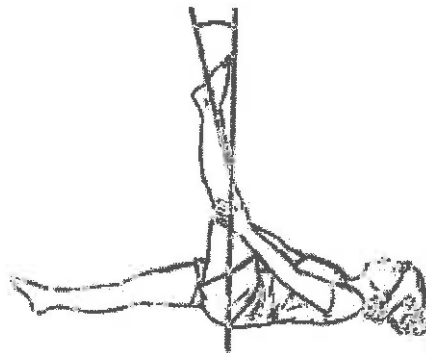


Figure 2 : Angle poplité (29)

Réalisé de manière active, cela va permettre d'avoir un meilleur contrôle de la douleur et éviter la contraction réflexe des ischio-jambiers via le principe d'innervation réciproque de Sherrington. Selon Gajdosik et al. (30), l'AKE (Active Knee Extension test) permet de déterminer la mise en tension initiale, la longueur initiale du muscle. Cela correspond au point de résistance initial aux étirements passifs.

Comparé au SLR, au SRT et au Toe Touch Test, l'angle poplité implique moins de mise en tension des éléments nerveux. Bohannon et al. montrent qu'il existe des compensations importantes au niveau de bassin lors du SLR (31) et Clark montre une faible validité du SRT (32) car cela met en jeu d'autres éléments comme le rachis

lombaire. Hors, il est primordial d'avoir une position adéquate du bassin pour la validité et la reproductibilité de la mesure d'extensibilité des ischio-jambiers. Fredriksen et al. (33) et Gnat et al. (34) ont montré que l'angle poplité évite les compensations du bassin au maximum (angle poplité ici réalisé en passif). Plusieurs études se sont intéressées à la fiabilité et la reproductibilité du test de l'angle poplité en actif. Hamid et al. (35) montrent une bonne reproductibilité inter-examineur. En effet, pour le côté dominant ils trouvent un ICC de 0,87 avec un SEM de 3,5° et pour le côté non dominant, ils trouvent une ICC à 0,81 avec un SEM à 3,8°. Ils montrent également une bonne reproductibilité intra-examineur avec un ICC de 0,85 (0,78-0,92). Gabbe et al. (36) montrent une bonne reproductibilité intra-examineur (ICC = 0,95 ; SEM = 3°) et inter-examineur (ICC = 0,93 ; SEM = 4°) de l'AKE (36). Gajdosik et al. évaluent la reproductibilité test-retest (coefficient de corrélation de Pearson = 0,99) de l'AKE (30). Neto et al.(37) évaluent une bonne reproductibilité intra-examineur avec un ICC à 0,91 (0,87-0,94) avec une erreur de mesure allant de 2,6° à 2,9°. Rakos et al. (38) et Norris et al. (39) ont étudié la reproductibilité inter-testeur seule et trouvent respectivement un ICC = 0,79 et un ICC = 0,76 avec un SEM de 3,6°. De plus, Davis et al. ont comparé dans leur étude la reproductibilité intra-examineur de plusieurs tests d'extensibilité des ischio-jambiers (knee extension angle, sacral angle, Straight Leg Raise et Sit and Reach test), et ont trouvé un ICC à 0,94 pour le KEA. Ils concluent que le KEA devrait être utilisé comme le Gold Standard pour le test d'extensibilité des ischio-jambiers (40).

Nous pouvons donc dire que les conclusions de ces études vont dans le même sens et que l'angle poplité réalisé en actif possède une bonne reproductibilité intra et inter-examineur.

Dans un souci de reproductibilité des mesures, et en s'inspirant de l'étude de Gabbe et al. (36), nous plaçons 2 repères à 15 cm de la pointe de la patella (un distalement, et un de façon proximale par rapport à la patella) grâce à un mètre ruban. Ce repère servira au placement de l'inclinomètre lors de la réalisation du test.

Le sujet est placé en décubitus dorsal sur la table, le MK étant placé latéralement par rapport au sujet. La hanche est placée passivement à 90° de flexion grâce au premier inclinomètre. Nous appliquons une stimulation manuelle sur la face antérieure de la

cuisse et nous indiquons au sujet de bien garder la cuisse en contact de notre main pendant toute la durée du test, pour que ce dernier garde bien son fût fémoral à la rectitude. Nous demandons au sujet de bien garder son membre inférieur controlatéral en rectitude (0° de hanche et de genou), et nous vérifions visuellement si le sujet compense par une rétroversion du bassin en regardant l'épine iliaque antéro-supérieure. Nous demandons ensuite au sujet de tendre la jambe aussi loin qu'il le peut, en maintenant bien le contact avec notre main et en ayant le pied relâché pour éviter la mise en tension du triceps sural et donc de la chaîne postérieure (41). Le test est arrêté lorsque le membre inférieur se met à trembler, c'est-à-dire une alternance contractions-décontractions des ischio-jambiers et du quadriceps (30), cela correspond au point de résistance initial indiquant la tension initiale des ischio-jambiers. Le MK demande alors au sujet de fléchir légèrement le genou afin que le tremblement cesse et de stabiliser la position quelques secondes. Nous appliquons l'inclinomètre sur le repère distal.

7.3.2. Séance de vibrations

Le sujet se trouve en procubitus, pieds en dehors de la table. Dans cette position, les ischio-jambiers se trouvent en course moyenne (rectitude de hanche et de genou). Nous réalisons 3 séries de vibrations de 30 secondes, avec un temps de repos de 30 secondes entre chaque série. L'application est faite de façon manuelle, en se déplaçant de l'insertion proximale commune des ischio-jambiers jusqu'aux différentes insertions terminales, donc à la fois sur les tendons et sur le corps musculaire des ischio-jambiers.

La fréquence de vibrations utilisée est de 50 Hz, celle-ci a été définie arbitrairement, étant donné qu'il n'y a pas de consensus sur les paramètres optimaux de vibrations dans le but d'améliorer l'extensibilité musculaire (42)(43).

La durée et le nombre de répétitions de vibrations ont été choisis en fonction de l'application des étirements. En effet, pour comparer les techniques entre elles, nous avons utilisé le même temps de traitement. De plus, il n'existe pas non plus de consensus sur la durée optimale des vibrations (43).

7.3.3. Séance d'étirements

Paramètres optimaux :

- Position : gain d'amplitude articulaire similaire selon la position debout ou allongée (44). La combinaison de positions semble plus efficace (8).
- Pas de techniques d'étirements plus efficaces que d'autres (8)
- Durée de 30 secondes, répété d'une à cinq fois une fois par jour et être fait de trois à cinq fois par semaine (9)

Nous avons donc réalisé 3 répétitions d'étirements passifs de 30 secondes par séance. Le thérapeute étant placé du côté homolatéral à la jambe à étirer. Prises réalisées à la face postérieure au tiers inférieur de la cuisse pour emmener en flexion de hanche, et à la face postérieure au tiers inférieur du segment jambier pour emmener en extension de genou. Etant donné que les ischio-jambiers sont bi-articulaires, nous allons d'abord mettre en flexion maximale de hanche et ensuite amener le genou en extension maximale passive sur un mode continu puis maintenir 30 secondes lorsque le sujet ressent une sensation d'étirement. Une contre-prise est réalisée avec le genou du thérapeute sur la face antérieure de la cuisse controlatérale à la jambe étirée pour éviter la compensation en rétroversion du bassin. La mise en tension progressive est réalisée sur le temps expiratoire pour favoriser la détente musculaire et durant le temps de maintien nous veillons à ce que le sujet ne se mette pas en apnée.

7.4. Méthode statistique

Des statistiques descriptives ont été réalisées afin de décrire la population étudiée et la douleur ressentie durant la séance.

Etant donné l'effectif assez réduit de cette étude (24 sujets répartis en 2 groupes de 12 sujets), nous considérons que le paramètre « angle poplité » ne suit pas une loi normale. Nous avons donc utilisé des tests non paramétriques.

Ainsi, pour comparer l'effet avant et après de la séance de vibrations sur l'angle poplité, et l'effet avant et après de la séance d'étirements nous avons utilisé le test des rangs signés de Wilcoxon. Le gain concernant l'angle poplité dans le groupe vibrations et

le gain dans le groupe étirements a été calculé de la façon suivante : (Mesure de l'angle poplité avant séance – Mesure de l'angle poplité après séance) divisé par la mesure de l'angle poplité avant séance, le tout multiplié par 100. Les gains ont été comparés grâce au test de Mann-Whitney.

Les valeurs de $p \leq 0.05$ sont considérées comme significatives.

7. RÉSULTATS

8.1. Description de la population étudiée

La population étudiée est composée de 24 étudiants à l'IFMK de Nancy, présentant un angle poplité supérieur à 10° et dont l'âge est compris entre 19 et 32 ans. Elle compte 42% de femmes et 58% d'hommes au total (fig. 3), et exactement le même pourcentage dans chaque groupe « Vibrations » et « Etirements ».

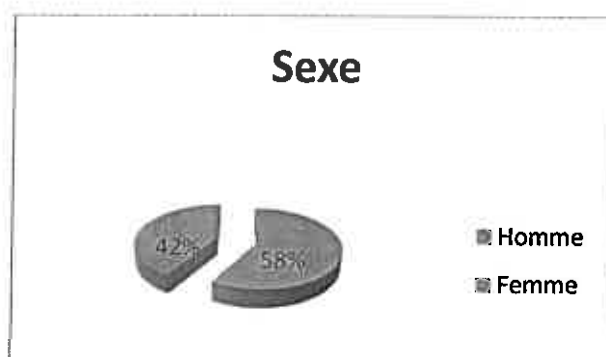


Figure 3 : Diagramme de représentation du sexe de la population étudiée.

La valeur moyenne de l'angle poplité est de $27,9^\circ \pm 8,5$, elle est de $23,1^\circ \pm 5,4$ chez les femmes et de $31,3^\circ \pm 8,8$ chez les hommes.

Concernant les antécédents et pathologies du membre inférieur datant de moins de 5 ans : 55 % des sujets ne possédaient aucun antécédent ou pathologie, 17 % avaient des antécédents d'entorse de cheville, 8 % souffraient de périostite tibiale, 4 % avaient des antécédents de déchirure du droit fémoral, 4 % avaient des douleurs de hanche, 4 % avaient des douleurs au niveau du tendon d'Achille, 4 % avaient des contractures au niveau du quadriceps et enfin 4 % avaient des antécédents d'élongation au niveau des

ischio-jambiers. Concernant les antécédents et pathologies du rachis datant de moins de 5 ans : 79 % des sujets ne présentaient aucun antécédent ou pathologie, 13 % avaient une scoliose lombaire et 8 % avaient des douleurs lombaires.

Concernant la durée de la pratique sportive (fig. 4), elle est inférieure à 1h par semaine pour 20,83 % de la population, 2 à 3h par semaine pour 25 %, 4 à 5h par semaine pour 29,17 % et supérieure à 5h pour 25%.

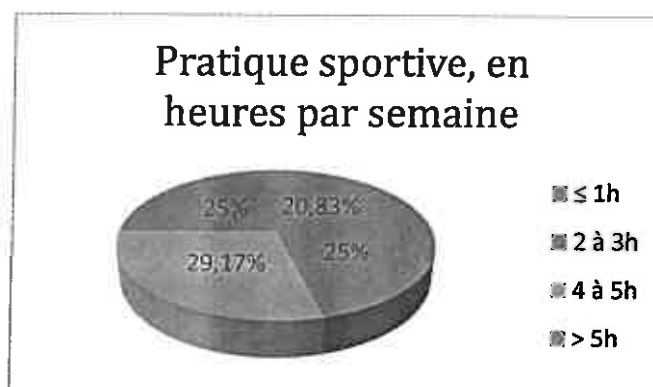


Figure 4 : Diagramme de représentation de la pratique sportive de la population étudiée.

Les sports pratiqués sont très variés (course à pied, natation, vélo, basketball, handball, badminton, équitation, volleyball, football, tennis...), on peut noter que 50 % de la population pratique la course à pied, 20 % la natation et 20 % fait du VTT. Concernant la pratique d'étirements, un tiers des étudiants (33%) déclarent réaliser des étirements des ischio-jambiers. Parmi eux, 37 % les réalisent une fois par semaine, 50 % deux fois par semaine et 13% trois fois par semaine (fig. 5).

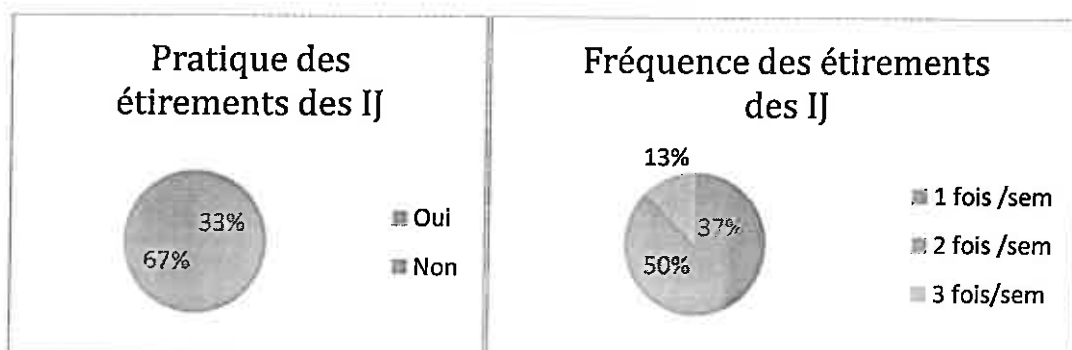


Figure 5 : Diagramme de représentation de la pratique (5a) et de la fréquence des étirements (5b).

8.2. Description des résultats obtenus en terme de gain d'extensibilité

8.2.1. Effet avant/après dans le groupe Vibrations

Concernant la jambe droite

Après chaque séance de vibrations, nous observons une différence statistiquement significative entre la mesure initiale et la mesure après la séance : après la première séance (J1), il y a une diminution en moyenne de 4,4° de l'angle poplité ($p=0,006$). Après la deuxième séance (J2), il y a une diminution en moyenne de 3,9° de l'angle poplité ($p=0,002$). Après la troisième séance (J3), il y a une diminution en moyenne de 2,3° de l'angle poplité ($p=0,02$) (fig. 6).

Il apparait donc que le gain d'amplitude articulaire, exprimé en degrés, après vibrations est plus élevé lors de la première séance, et décroît lors des séances suivantes. Concernant le maintien du gain, nous comparons les mesures initiales (angle poplité avant la séance) entre J1 et J2 et entre J2 et J3. Entre J1 et J2, il n'y a pas de différence significative entre les mesures initiales ($p=0,64$) alors qu'entre J2 et J3 il y a une différence statistiquement significative ($p=0,006$) avec une diminution de l'angle poplité en moyenne de 4,25°. La comparaison entre la mesure à J2 après la séance et la mesure avant la séance à J3 nous indique qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative ($p= 0,67$) ce qui signifie que le gain après la 2^{ème} séance perdure 24h après.

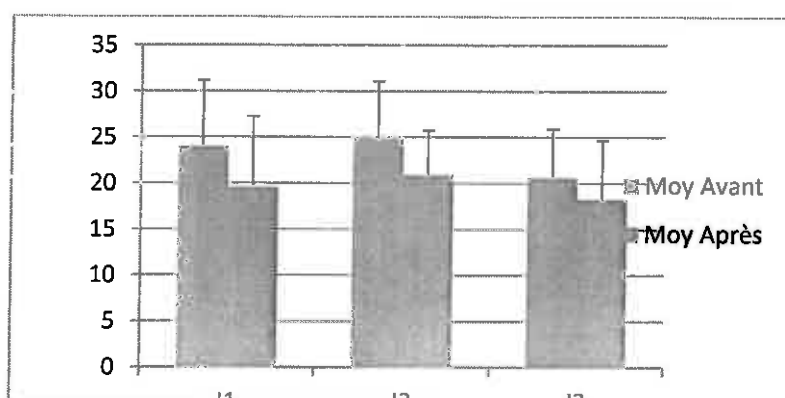


Figure 6 : Histogramme représentant l'angle poplité en degrés, de la jambe droite du groupe Vibrations.

Concernant la jambe gauche

Nous observons également une différence statistiquement significative entre la mesure initiale et la mesure après la séance : après la première séance, il y a une diminution de l'angle poplité ($p=0,01$) de 3° en moyenne. Après la deuxième séance, il y a une diminution de l'angle poplité ($p=0,02$) de $1,9^\circ$ en moyenne. Après la troisième séance, il y a une diminution de l'angle poplité ($p=0,02$) de $2,1^\circ$ en moyenne (fig. 7).

Concernant le maintien du gain, nous comparons les mesures avant les séances entre J1 et J2 et entre J2 et J3. Entre J1 et J2, il n'y a pas de différence significative ($p=0,67$) entre les mesures initiales. Entre J2 et J3, la différence a tendance à être significative ($p=0,054$) avec une diminution de l'angle poplité de $3,5^\circ$. La comparaison entre la mesure à J2 après la séance et la mesure avant la séance à J3 nous indique qu'il n'y a pas de différence significative ($p=0,30$), ce qui signifie que le gain perdure 24h après la séance.

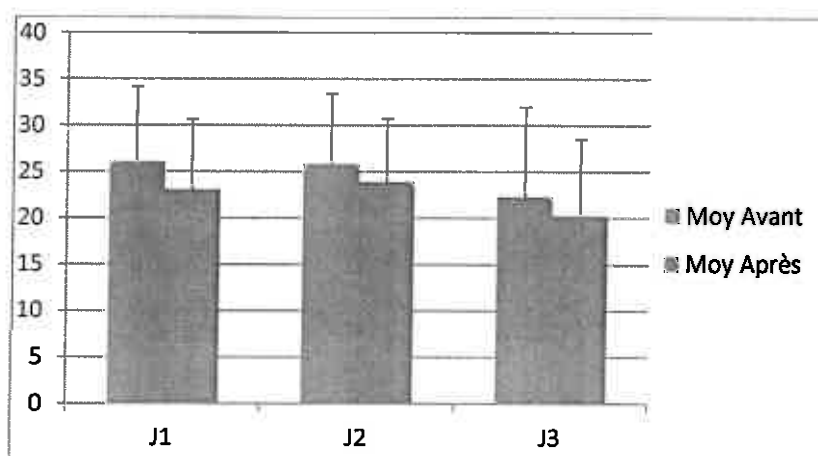


Figure 7 : Histogramme représentant l'angle poplité en degrés, de la jambe gauche du groupe Vibrations.

8.2.2. Effet avant/après dans le groupe Etirements

Concernant la jambe droite

Après chaque séance d'étirements, nous observons une différence statistiquement significative entre la mesure initiale et la mesure après la séance : après la première

séance (J1), il y a une diminution en moyenne de $2,4^{\circ}$ de l'angle poplité ($p=0,02$). Après la deuxième séance (J2), il y a une diminution en moyenne de $4,2^{\circ}$ de l'angle poplité ($p=0,002$). Après la troisième séance (J3), il y a une diminution en moyenne de $4,7^{\circ}$ de l'angle poplité ($p=0,005$) (fig. 8).

Concernant le maintien du gain, nous comparons les mesures avant les séances entre J1 et J2 et entre J2 et J3. Entre J1 et J2, il n'y a pas de différence statistiquement significative ($p=0,95$) entre les mesures initiales. Entre J2 et J3, il n'y a pas de différence statistiquement significative ($p=0,47$) entre les mesures initiales. Ce qui signifie que le gain obtenu après chaque séance ne perdure pas 24h après.

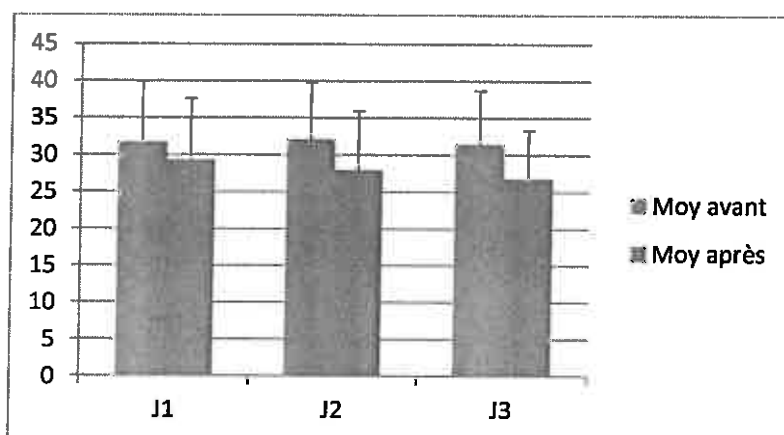


Figure 8 : Histogramme représentant l'angle poplité en degrés, de la jambe droite du groupe Etirements.

Concernant la jambe gauche

Après chaque séance d'étirements, nous observons une différence statistiquement significative entre la mesure initiale et la mesure après la séance : après la première séance (J1), il y a une diminution en moyenne de $3,5^{\circ}$ de l'angle poplité ($p=0,01$). Après la deuxième séance (J2), il y a une diminution en moyenne de $3,3^{\circ}$ de l'angle poplité ($p=0,01$). Après la troisième séance (J3), il y a une diminution en moyenne de $5,1^{\circ}$ de l'angle poplité ($p=0,005$) (fig. 9).

Concernant le maintien du gain, nous comparons les mesures avant les séances entre J1 et J2 et entre J2 et J3. Entre J1 et J2, il n'y a pas de différence statistiquement

significative ($p=0,6$) entre les mesures initiales. Entre J2 et J3, il n'y a pas de différence statistiquement significative ($p=1$) entre les mesures initiales. Ce qui signifie que le gain obtenue après chaque séance ne perdure pas 24h après.

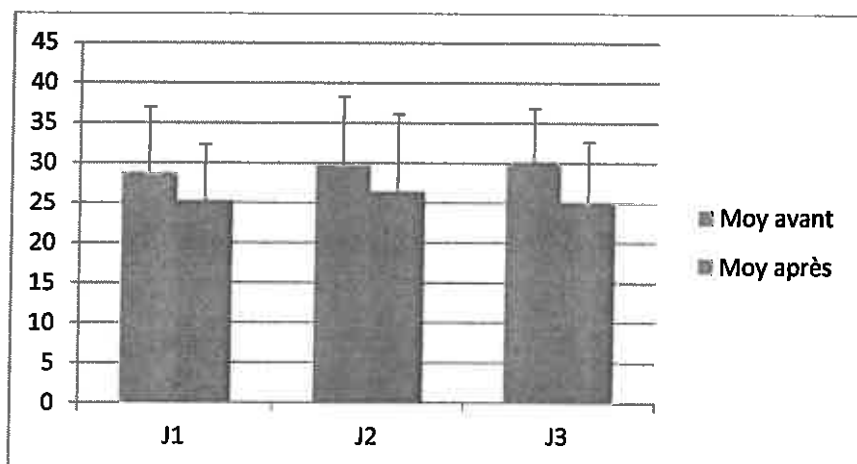


Figure 9 : Histogramme représentant l'angle poplité en degrés, de la jambe gauche du groupe Etirements.

8.2.3. Comparaison gain groupe « Vibrations » et gain groupe « Etirements »

Les mesures à J1, J2 et J3 dans les histogrammes qui vont suivre correspondent respectivement aux gains observés après la première, deuxième et troisième séance.

Concernant la jambe droite

Après la première séance, le groupe « Vibrations » possède un gain d'amplitude articulaire de 19,6% +/- 16,1 alors que le groupe « Etirements » possède un gain de 7,8% +/- 8,7. La différence a tendance à être statistiquement significative ($p=0,053$). Après la deuxième séance, le groupe « Vibrations » possède un gain d'amplitude articulaire de 15,1% +/- 7,3 alors que le groupe « Etirements » possède un gain de 13,6% +/- 7,2. La différence n'est pas statistiquement significative ($p=0,56$). Après la troisième séance, le groupe « Vibrations » possède un gain d'amplitude articulaire de 12,5% +/- 12,9 alors que le groupe « Etirements » possède un gain de 14,7% +/- 8,3. La différence n'est pas statistiquement significative ($p=0,6$) (fig. 10).

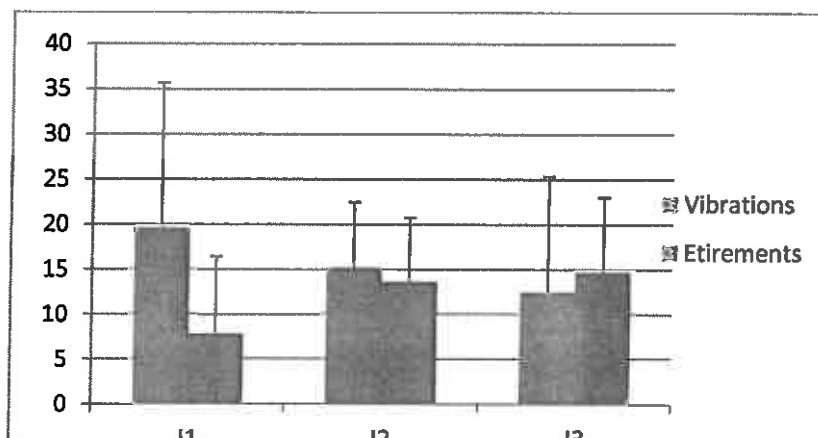


Figure 10 : Histogramme représentant le gain en pourcentage de l'angle poplité de la jambe droite.

Dans le groupe « Vibrations », il n'y a pas de différence statistiquement significative de pourcentage de gain entre J1 et J2 ($p=0,52$), ni entre J2 et J3 ($p=0,62$), ni entre J1 et J3 ($p=0,38$). Dans le groupe « Etirements », il y a une différence statistiquement significative du pourcentage de gain entre J1 et J2 ($p=0,03$) mais il n'y a pas de différence statistiquement significative entre J2 et J3 ($p=0,58$), ni entre J1 et J3 ($p=0,11$).

Concernant la jambe gauche

Après la première séance, le groupe « Vibrations » possède un gain d'amplitude articulaire de $11,2\% \pm 12,1$ alors que le groupe « Etirements » possède un gain de $11,4\% \pm 10,6$. La différence n'est pas statistiquement significative ($p=0,88$). Après la deuxième séance, le groupe « Vibrations » possède un gain d'amplitude articulaire de $6,8\% \pm 7,1$ alors que le groupe « Etirements » possède un gain de $12,6\% \pm 9,9$. La différence n'est pas statistiquement significative ($p=0,16$). Après la troisième séance, le groupe « Vibrations » possède un gain d'amplitude articulaire de $8,8\% \pm 10,2$ alors que le groupe « Etirements » possède un gain de $17,9\% \pm 12,6$. La différence a tendance à être significative ($p=0,053$) (fig. 11).

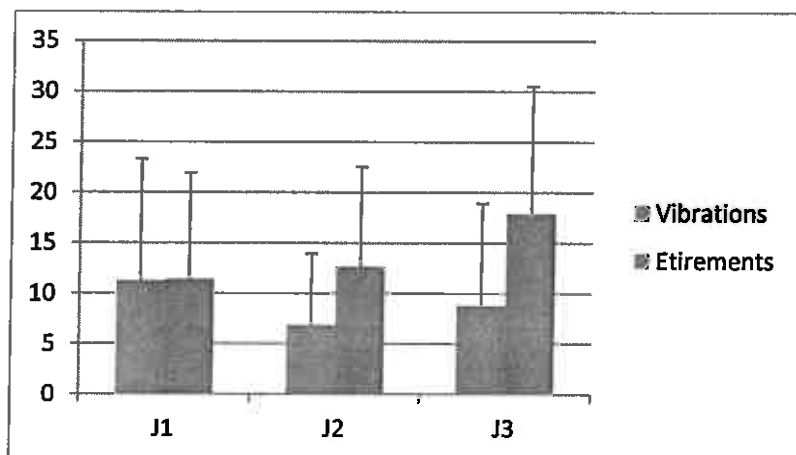


Figure 11 : Histogramme représentant le gain en pourcentage de l'angle poplité de la jambe gauche.

Dans le groupe « Vibrations », il n'y a pas de différence statistiquement significative de pourcentage de gain entre J1 et J2 ($p=0,41$), ni entre J2 et J3 ($p=0,79$), ni entre J1 et J3 ($p=0,56$). Dans le groupe « Etirements », il n'y a pas de différence statistiquement significative de pourcentage de gain entre J1 et J2 ($p=0,91$), ni entre J2 et J3 ($p=0,17$), ni entre J1 et J3 ($p=0,19$).

8.3. Douleur du sujet pendant la séance

Dans le groupe « Vibrations » la moyenne de la douleur est de 0 sur l'EVA (Echelle visuelle analogique) pour les 3 jours, aucun sujet n'a ressenti la moindre douleur durant les séances. Dans le groupe « Etirements », à J1, la moyenne de la douleur est de $2,1 \pm 2$ sur l'EVA, à J2, la moyenne est de $1,8 \pm 1,4$ et à J3, la moyenne est de $2,4 \pm 1,9$. Il y a une différence statistiquement significative avec le groupe « Vibrations » concernant la douleur à J1 ($p=1,6 \cdot 10^{-5}$), à J2 ($p=2,7 \cdot 10^{-7}$) et à J3 ($p=8,8 \cdot 10^{-7}$).

8. DISCUSSION

9.1. A propos de la population étudiée

La population étudiée est composée de 24 sujets répartis en 2 groupes de 12. La taille de l'échantillon peut paraître insuffisante pour comparer ou valider des techniques. Mais les résultats obtenus sont tout de même interprétables tout en sachant

qu'il serait nécessaire de refaire l'étude sur un échantillon plus grand. Quant au sexe, la population est assez bien répartie puisqu'il y a 42% de femmes et 58% d'hommes dans chaque groupe. L'âge moyen est de 23,2 ans +/- 3,4. Dans le groupe Vibrations l'âge moyen est de 22,3 ans +/- 2,5 alors que dans le groupe Etirements, l'âge moyen est de 24 ans +/- 4. Nous pouvons donc dire que l'âge est aussi globalement bien réparti. Près de 80% des sujets disent réalisés au moins 2h d'activité sportive par semaine dont le type est très variable. Un tiers des sujets réalisent des étirements.

L'angle poplité initial est moins bien réparti, il varie de 16° jusqu'à 50°. La valeur moyenne de l'angle poplité est de 27,9° +/- 8,5, elle est de 23,1° +/- 5,4 chez les femmes et de 31,3° +/- 8,8 chez les hommes. Nous observons un angle poplité différent entre hommes et femmes, cela est retrouvé dans l'étude de Youdas et al. (45) qui s'intéresse à l'influence du sexe et du genre sur l'extensibilité des ischio-jambiers sur des adultes sains, en mesurant l'angle poplité en passif. Concernant la valeur de l'angle poplité de la jambe droite, elle est de 24° +/- 7,1 pour le groupe Vibrations alors qu'elle est de 31,75° +/- 8,2 pour le groupe Etirements. Concernant la jambe gauche, la valeur est de 26° +/- 8 pour le groupe Vibrations et de 28,75° +/- 8,2 pour le groupe Etirements. Nous observons donc que la différence de l'angle poplité initial entre les 2 groupes indépendants peut créer un biais. En effet, nous sommes amenés à penser que le groupe présentant un angle poplité initial plus élevé pourra plus facilement gagner en terme de gain d'extensibilité.

Nous ne pouvons pas exclure qu'il existe aussi un biais de sélection, en effet, les 24 sujets sont étudiants à l'IFMK et ont des notions sur les étirements et leurs effets. Le fait de connaître le but de l'étude a pu conduire certains, même inconsciemment, à vouloir aller plus loin lors du test d'extensibilité post-séance dans le but de voir une progression dans leur gain d'extensibilité.

Nous avons réalisés les séances au même créneau horaire pour chaque sujet pour limiter la variabilité d'extensibilité de chaque sujet. En effet, le matin à froid par exemple, les muscles ne sont pas échauffés, la viscoélasticité des tissus est élevée et l'extensibilité musculaire est donc diminuée. Les sujets participaient à l'étude pendant leur cours de travaux pratiques ou pendant les cours en amphithéâtre, donc les

conditions pendant les 3 jours sont assez semblables. Cependant l'extensibilité varie aussi selon l'âge (comme mentionné précédemment), selon les hormones et le cycle menstruel (paramètre que l'on ne peut pas bien maîtriser). En effet, Bell et al. (46) ont montré une augmentation de l'extensibilité des ischio-jambiers en période d'ovulation, lorsque la concentration d'œstrogènes augmente. L'extensibilité varie également selon la fatigue globale du sujet (modifications circulatoires qui entraînent une diminution du taux de phosphates et ainsi une diminution de l'extensibilité) et l'état musculaire (courbatures, contractures).

9.2. A propos du test d'extensibilité choisi

Il aurait été intéressant d'évaluer la reproductibilité intra et inter-examineur de notre mesure d'angle poplité en actif. Par rapport aux études retrouvées dans la littérature concernant cet angle poplité actif, Gabbe et al. utilisent une barre en bois pour maintenir la flexion de hanche à 90° et trouvent une bonne reproductibilité intra et inter-examineur. Sullivan et al. utilisent eux aussi une barre horizontale que le sujet doit venir toucher avec sa cuisse pour bien maintenir la hanche à 90° de flexion et obtiennent une très bonne reproductibilité (ICC=0,99). Hamid et al. utilisent eux aussi une barre, cette fois-ci en PVC. Il apparaît évident que l'utilisation d'une barre similaire aurait été nécessaire pour améliorer la fiabilité de nos mesures.

Il aurait également été intéressant de sangler le membre inférieur controlatéral pour éviter une compensation en flexion de hanche et bascule du bassin en rétroversion, comme l'ont fait Gajdosik et al. et Cameron et al. dans leur étude. En effet, la position du bassin est primordiale dans la réalisation du test, Herrington et al. montrent une différence de 13,4° +/- 9° entre un test d'angle poplité passif réalisé en antéversion et en rétroversion.

La position finale du test est déterminée par le sujet lui-même, par sa propre sensation lorsque le clonus musculaire n'apparaît pas. En effet, ayant repris ce critère d'arrêt de myoclonus décrit par Gajdosik et al. nous nous sommes aperçus que certains sujets ne présentaient pas d'alternance de contraction/décontraction des muscles ischio-jambiers et quadriceps lorsqu'ils réalisaient l'extension maximale de genou.

L'hypothèse serait alors que le sujet possède une sensation importante d'étirement avant l'apparition de ce clonus musculaire, la sensation étant propre et différente selon les individus. Ce critère d'arrêt différent selon les sujets peut représenter un biais dans notre étude. Le fait de fléchir légèrement le genou pour faire disparaître ce tremblement, et ensuite stabiliser la position afin que nous puissions appliquer l'inclinomètre sur le repère a été une difficulté et source de biais également.

Concernant l'outil de mesure choisi, nous avons choisi l' inclinomètre de Rippstein qui a été validé avec fiabilité à 4° lors d'une étude sur la mobilité lombaire (47), alors que le goniomètre a une fiabilité à 5° (27)(28).

9.3. Analyse et interprétation de l'effet avant/après de la séance

Vibrations

Après chaque séance de vibrations, il apparaît que l'angle poplité en actif diminue de façon statistiquement significative, traduisant un gain d'extensibilité musculaire. Le gain est maximal après la première séance, mais n'est pas retrouvé le deuxième jour avant la deuxième séance de vibrations. Cependant, nous observons que le gain perdure 24 heures après la deuxième séance en effet, le gain mesuré après la deuxième séance est retrouvé le troisième jour avant la séance. Il aurait été intéressant de mener cette étude sur une période plus longue pour observer le comportement à moyen terme.

Dans la littérature, nous retrouvons plusieurs études sur les vibrations et le gain d'extensibilité musculaire mais la majorité des vibrations utilisées se fait par l'intermédiaire de plate-forme vibrante. Osawa et al. (43) ont publié une méta-analyse concernant les effets des vibrations sur l'extensibilité musculaire. Ils ont inclus 13 études dans leur analyse mais seulement 3 concernent l'étude des vibrations localisées à court terme. Ils observent une différence statistiquement significative ($p < 0,001$) entre l'extensibilité pré et post-intervention de vibrations localisées. Ils observent également une différence statistiquement significative après une seule application de vibrations localisées ($p < 0,001$). Cronin et al. (48) ont étudié distinctement les étirements, puis les vibrations localisées et enfin les deux techniques combinées et concluent à une absence de gain immédiat d'amplitude articulaire.

Notre étude est donc en accord avec la méta-analyse d'Osawa et al. mais est contradictoire avec celle de Cronin et al. Des études devraient être menées pour identifier avec certitude les effets physiologiques des vibrations quant au gain d'amplitude articulaire. Les effets mentionnés dans la partie « 6.4. Mécanismes agissant sur l'extensibilité » sont seulement des effets probables et il y a des études contradictoires concernant le gain d'amplitude articulaire : en effet, cela augmenterait le réflexe myotatique entraînant donc une contraction réflexe des muscles étirés, et cela augmenterait le recrutement des motoneurones (42). Ces effets neurologiques vont à l'encontre du gain d'amplitude articulaire.

9.4. Analyse et interprétation de l'effet avant/après de la séance

Étirements

Après chaque séance d'étirements manuels passifs, il apparaît que l'angle poplité en actif diminue de façon statistiquement significative, traduisant un gain d'extensibilité musculaire. Il apparaît que le gain d'extensibilité ne perdure pas 24 heures après la séance. Le gain maximal est obtenu après la dernière séance, il aurait été intéressant de reprendre une mesure le quatrième jour pour observer si ce gain maximal se maintenait 24 heures après.

La littérature est très abondante concernant les étirements et le gain d'extensibilité musculaire. Lim et al.(15) concluent qu'une application d'étirements statiques de 30 secondes ou d'étirements type PNF de 30 secondes est statistiquement plus efficace sur le gain d'amplitude (angle poplité en actif) qu'une absence d'étirements. Aucune supériorité entre ces deux techniques n'a été démontrée dans cette étude. Farquharson et al. (49) ont comparé les étirements statiques (manuels passifs), les étirements type PNF et l'application de kinesio-taping sur l'extensibilité des ischio-jambiers. Leur conclusion n'est pas en accord avec ce qui a été trouvé précédemment dans la littérature (8)(9), en effet, ils observent qu'à court terme la technique PNF est la plus efficace ($p < 0,01$).

9.5. Analyse et interprétation de la comparaison entre les 2 groupes

L'analyse de la comparaison nous montre que peu de différences sont statistiquement significatives. En effet, pour la jambe droite, on observe une différence qui a tendance à être statistiquement significative ($p = 0,053$) concernant le pourcentage de gain d'amplitude lors de la première séance. Après vibrations, on observe une diminution de l'angle poplité de 19,6 % +/- 16,1 alors qu'après étirements, on observe une diminution de 7,8 % +/- 8,7 de l'angle poplité. Il semble donc que les vibrations soient plus efficaces que les étirements manuels passifs sur le gain d'extensibilité musculaire de la jambe droite à la première séance. Concernant la jambe gauche, on observe une différence qui a tendance à être statistiquement significative ($p = 0,053$) concernant le pourcentage de gain d'amplitude lors de la troisième et dernière séance. Après vibrations, on observe une diminution de l'angle poplité de 8,8 % +/- 10,2 alors qu'après étirements, il y a une diminution de 17,9 % +/- 12,6 de l'angle poplité. Il semble donc que les étirements manuels passifs soient plus efficaces que les vibrations sur le gain d'extensibilité musculaire de la jambe gauche à la troisième séance.

Cependant, il est important de ne pas se cantonner à analyser les résultats uniquement sur le plan statistique, l'analyse clinique est aussi importante. Pour le groupe « Vibrations » le gain maximal d'amplitude est de 4,4° pour la jambe droite et de 3° pour la jambe gauche. Sur un plan clinique, nous pouvons dire que cela est intéressant, mais il ne faut pas oublier l'erreur de mesure de notre outil de mesure (l'inclinomètre de Rippstein) qui est de 4°. On peut donc se demander la part du gain réel. Pour le groupe « Etirements », le gain maximal est de 4,7° pour la jambe droite et de 5,1° pour la jambe gauche. Ce qui est un peu plus élevé que pour les vibrations, et cela est aussi intéressant sur un plan clinique. Au vu de l'erreur de mesure de 4°, nous pouvons la aussi nous questionner sur le gain réel.

Il nous est donc impossible de conclure à une supériorité d'une technique sur l'autre.

Pourquoi une technique est plus efficace que l'autre sur une jambe et pas sur l'autre et pourquoi seulement à la première ou à la dernière séance ? Concernant la

supériorité de la technique des étirements pour la jambe gauche, nous pouvons émettre l'hypothèse que les tests de l'angle poplité en actif réalisés lors des séances précédentes ont contribué à améliorer la tolérance à l'étirement du sujet lors du dernier jour. Mais pourquoi ne retrouve-t-on pas ce phénomène sur la jambe droite ? Concernant la supériorité des vibrations lors de la première séance, il est tout à fait imaginable que le sujet, découvrant une nouvelle technique, est voulu vraiment se surpasser lors de la mesure de l'angle poplité post-séance. Mais encore une fois, pourquoi ce phénomène ne se retrouve pas sur la jambe controlatérale ?

9.6. Analyse de la douleur lors de la séance

L'application de vibrations n'entraîne aucune douleur (0 sur l'EVA) et est donc moins douloureuse que les étirements sur les 3 séances.

9.7. A propos du protocole de vibrations choisi

Nous avons utilisé une fréquence de vibrations de 50 Hz, tout à fait de façon arbitraire car il n'y a pas d'étude à ce jour qui conclue sur une fréquence optimale dans un but d'amélioration de l'extensibilité musculaire (42)(43). De plus, la durée et le nombre de répétitions des vibrations ont également été choisis de façon arbitraire, de façon à les utiliser pendant la même durée que les étirements, car encore une fois il n'existe pas de consensus sur la durée optimale d'application des vibrations (43).

L'ISMNI (International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions) a publié un article (50) détaillant comment présenter les études utilisant les plateformes vibrantes et les paramètres importants à mentionner. Nous ne sommes bien sûr pas dans ce cas, puisque nous utilisons des vibrations localisées, mais il serait intéressant de s'inspirer de ce document pour uniformiser les études concernant les vibrations localisées pour ainsi pouvoir comparer les études entre elles. En effet, c'est l'utilisation de paramètres différents et la non-description de certains paramètres de réglage qui fait que peu de consensus ont été établies concernant les vibrations localisées et le gain d'extensibilité musculaire. L'ISMNI conseille, pour décrire de façon optimale les vibrations utilisées dans les plateformes vibrantes, de mentionner la durée du cycle d'oscillation en secondes, la fréquence en Hertz, la mesure de la vibration avec

l'amplitude en millimètres et l'accélération exprimée en m/s^2 . Il paraît évident qu'il faille aussi mentionner le nom de l'appareil de vibrations utilisé.

Il serait intéressant de réaliser un protocole différent pour une prochaine étude, à savoir : réaliser les deux techniques (vibrations et étirements) sur une même jambe d'un sujet, jambe préalablement tirée au sort. Les deux techniques seraient appliquées à distance l'une de l'autre. Cela permettrait de comparer chaque sujet à lui-même, et cela serait plus fiable dans l'interprétation des résultats.

9. CONCLUSION

L'application de 3 séries de 30 secondes de vibrations de 50 Hz sur les ischio-jambiers et l'application de 3 étirements manuels passifs de 30 secondes permettent un gain d'amplitude articulaire à court terme ($p < 0,05$). Cependant, il nous est impossible de conclure à une supériorité d'une technique sur l'autre.

Lors de l'échauffement, dans les sports sollicitant des amplitudes articulaires extrêmes comme la gymnastique ou la danse, l'application de vibrations pourrait être utile à court terme lors de l'échauffement car elle permettrait un gain d'extensibilité immédiat sans avoir les effets négatifs des étirements qui sont :

- Apparition de microtraumatismes. En effet, Wiemann et Klee démontrent que les étirements passifs imposent autant de tensions au muscle que le travail excentrique, or il est prouvé que le travail musculaire excentrique est le travail qui provoque le plus de microtraumatismes (51).
- Compression des vaisseaux sanguins et donc interruption plus ou moins importante de la vascularisation (51).
- A court terme, il y a une incidence négative ou nulle des étirements sur la performance sportive (52), les étirements seraient donc utiles uniquement à long terme, réalisées à distance de la pratique sportive. Alors que les vibrations n'altèrent pas la force de contraction du quadriceps et des ischio-jambiers à court terme (53).

- A court terme, dans le domaine sportif, que ce soit lors de l'échauffement ou en post-effort, de nombreuses études montrent qu'ils n'ont que très peu d'intérêt et qu'ils peuvent même être délétères (51).

De plus, en pré-effort, les vibrations pourraient avoir un effet positif sur la prévention des DOMS. Trois essais contrôlés randomisés montrent que l'application de vibrations entraîne une diminution significative des symptômes des courbatures (douleur, perte de force et marqueurs de l'inflammation) (54) (55) (56).

Il pourrait être intéressant d'utiliser les vibrations après immobilisation d'une articulation, ou lors d'atteintes neurologiques périphériques où les antagonistes aux muscles lésés ont tendance à se rétracter, elles pourraient permettre d'augmenter l'extensibilité et ainsi limiter les rétractions musculaires.

Du fait que les vibrations soient totalement non douloureuses, il pourrait être intéressant de les utiliser toujours dans un gain d'amplitude articulaire, dans le cadre du post-opératoire immédiat où les patients ressentent des douleurs et, où l'étirement musculaire est contre-indiqué au départ du fait de la non-consolidation. Cela pourrait être utile avant une mobilisation pour augmenter son efficacité ou avant un exercice de contrôle musculaire pour solliciter le muscle dans une amplitude maximale.

Par ailleurs concernant les étirements et le gain d'extensibilité musculaire, il serait important de ne pas systématiquement entreprendre un programme d'étirements sur le long terme, car il faudrait se demander quelle est la longueur optimale du muscle pour chaque sujet, qui est dépendant du sport pratiqué. Si les amplitudes articulaires sont supérieures aux demandes fonctionnelles, et si cela n'entraîne pas de répercussions biomécaniques néfastes ni de problèmes de stabilité, quel est l'intérêt d'étirer ce(s) muscle(s) ?

BIBLIOGRAPHIE

1. Wepler CH, Magnusson SP. Increasing muscle extensibility: a matter of increasing length or modifying sensation? *Phys Ther.* 2010 Mar;90(3):438-49.
2. Hartig DE, Henderson JM. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *Am J Sports Med.* 1999 Apr;27(2):173-6.
3. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med.* 2003 Feb;31(1):41-6.
4. Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, Siegler S. Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine.* 1996 Jan 1;21(1):71-8.
5. Biering-Sørensen F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine.* 1984 Mar;9(2):106-19.
6. Standaert CJ, Herring SA. Spondylolysis: a critical review. *Br J Sports Med.* 2000 Dec;34(6):415-22.
7. Harvey J, Tanner S. Low back pain in young athletes. A practical approach. *Sports Med Auckl NZ.* 1991 Dec;12(6):394-406.
8. Decoster LC, Cleland J, Altieri C, Russell P. The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005 Jun;35(6):377-87.
9. Desjardins A, Fortin É, Hébert S, Rouzier J. Les étirements musculaires : les utilisez-vous adéquatement? 2012 Oct 18 [cited 2014 Nov 10]; Available from: <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/8701>
10. DUFOUR M. - Anatomie de l'appareil locomoteur : Tome 1 Membres inférieurs. 2ème édition. Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson, 2007. 480 p. ISBN 2294080556.
11. INMAN VT., RALSTON HJ. TODD F. - Human Walking. Baltimore. 1981. Williams & Wilkins.
12. DUFOUR M, MICHEL P. Biomécanique fonctionnelle : Membres-Tête-Tronc. Issy-les-Moulineaux cedex : Elsevier Masson, 2006. ISBN 2-294-08877-8.
13. ESNAULT M. Stretching et préparation musculaire à l'effort. *Ann. Kinésithér.*, t. 15, n°1-2, 1988, pp. 49-62.

14. Les étirements: fiche de synthèse. Nicolas, Coulmy. Chamonix : Coordination Rônes Alpes, journée du 14 Octobre.
15. Lim K-I, Nam H-C, Jung K-S. Effects on Hamstring Muscle Extensibility, Muscle Activity, and Balance of Different Stretching Techniques. *J Phys Ther Sci.* 2014 Feb;26(2):209–13.
16. Ahmed H, Iqbal A, Anwer S, Alghadir A. Effect of modified hold-relax stretching and static stretching on hamstring muscle flexibility. *J Phys Ther Sci.* 2015 Feb;27(2):535–8.
17. Casale R, Damiani C, Maestri R, Fundarò C, Chimento P, Foti C. Localized 100 Hz vibration improves function and reduces upper limb spasticity: a double-blind controlled study. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2014 Oct;50(5):495–504.
18. Wolfsegger T, Assar H, Topakian R. 3-week whole body vibration does not improve gait function in mildly affected multiple sclerosis patients--a randomized controlled trial. *J Neurol Sci.* 2014 Dec 15;347(1-2):119–23.
19. Amatya B, Khan F, La Mantia L, Demetrios M, Wade DT. Non pharmacological interventions for spasticity in multiple sclerosis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;2:CD009974.
20. Sitjà Rabert M, Rigau Comas D, Fort Vanmeerhaeghe A, Santoyo Medina C, Roqué i Figuls M, Romero-Rodríguez D, et al. Whole-body vibration training for patients with neurodegenerative disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;2:CD009097.
21. Edith Ribot-Ciscar CR-D. Muscle spindle activity following muscle tendon vibration in man. *Neurosci Lett.* 1999;258(3):147–50.
22. Bosco, Colli, Intorini, Cardinale, Tsarpela, Madella, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol.* 1999 Feb 1;19(2):183–7.
23. Kerschman-Schindl K, Grampp S, Henk C, Resch H, Preisinger E, Fialka-Moser V, et al. Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol.* 2001 May 14;21(3):377–82.
24. Issurin VB, Liebermann DG, Tenenbaum G. Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J Sports Sci.* 1994 Dec;12(6):561–6.
25. Lundeberg T, Nordemar R, Ottoson D. Pain alleviation by vibratory stimulation. *Pain.* 1984 Sep;20(1):25–44.
26. Sands WA, McNeal JR, Stone MH, Haff GG, Kinser AM. Effect of vibration on forward split flexibility and pain perception in young male gymnasts. *Int J Sports Physiol Perform.* 2008 Dec;3(4):469–81.

27. Royer A, Ceconello R. Bilans articulaires cliniques et goniométriques. Généralités. EMC Kinésithérapie-Médecine Phys-Réadapt. 2004;(26-008-A-10).
28. POICHOTTE E. Inclinomètre et standardisation des mesures d'amplitude articulaire. Kiné Sci Novembre 2005. (n°460):p. 38-43.
29. Vaillant J, Caillat, Miousse J L. Tests d'extensibilité musculaire des membres inférieurs : exemple des difficultés méthodologiques pour les muscles de la cuisse. In : journées de médecine orthopédique et de rééducation 2000. Paris : Expansion scientifique française 2000 p. 142-148.
30. Gajdosik R, Lusin G. Hamstring muscle tightness. Reliability of an active-knee-extension test. Phys Ther. 1983 Jul;63(7):1085-90.
31. Bohannon RW. Cinematographic analysis of the passive straight-leg-raising test for hamstring muscle length. Phys Ther. 1982 Sep;62(9):1269-74.
32. Clark RA. Hamstring injuries: risk assessment and injury prevention. Ann Acad Med Singapore. 2008 Apr;37(4):341-6.
33. Fredriksen H, Dagfinrud H, Jacobsen V, Mæhlum S. Passive knee extension test to measure hamstring muscle tightness. Scand J Med Sci Sports. 1997 Oct 1;7(5):279-82.
34. Gnat R, Kuszewski M, Koczar R, Dziewońska A. Reliability of the Passive Knee Flexion and Extension Tests in Healthy Subjects. J Manipulative Physiol Ther. 2010 Nov;33(9):659-65.
35. Hamid MSA, Ali MRM, Yusof A. Interrater and Intrarater Reliability of the Active Knee Extension (AKE) Test among Healthy Adults. J Phys Ther Sci. 2013 Aug;25(8):957-61.
36. Gabbe BJ, Bennell KL, Wajswelner H, Finch CF. Reliability of common lower extremity musculoskeletal screening tests. Phys Ther Sport. 2004 May;5(2):90-7.
37. T N, L J, Ai C, R O. Reliability of the Active Knee Extension Test and the Straight Leg Raise Test in Subjects With Flexibility Deficits. J Sport Rehabil [Internet]. 2014 Oct [cited 2015 Mar 31]; Available from: <http://europepmc.org/abstract/med/25364856>
38. Rakos DM, Shaw KA, Fedor RL, Lamanna M, Yocum CC, Lawrence KJ. Interrater reliability of the active-knee-extension test for hamstring length in school-aged children. Pediatr Phys Ther Off Publ Sect Pediatr Am Phys Ther Assoc. 2001;13(1):37-41.
39. Norris CM, Matthews M. Inter-tester reliability of a self-monitored active knee extension test. J Bodyw Mov Ther. 2005 Oct 1;9(4):256-9.

40. Davis DS, Quinn RO, Whiteman CT, Williams JD, Young CR. Concurrent validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* 2008 Mar;22(2):583-8.
41. Gajdosik RL, LeVeau BF, Bohannon RW. Effects of ankle dorsiflexion on active and passive unilateral straight leg raising. *Phys Ther.* 1985 Oct;65(10):1478-82.
42. Cronin J, Nash M, Whatman C. The effect of four different vibratory stimuli on dynamic range of motion of the hamstrings. *Phys Ther Sport.* 2007 Feb;8(1):30-6.
43. Osawa Y, Oguma Y. Effects of vibration on flexibility : a meta-analysis.
44. Decoster LC, Scanlon RL, Horn KD, Cleland J. Standing and Supine Hamstring Stretching Are Equally Effective. *J Athl Train.* 2004;39(4):330-4.
45. Youdas JW, Krause DA, Hollman JH, Harmsen WS, Laskowski E. The influence of gender and age on hamstring muscle length in healthy adults. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005 Apr;35(4):246-52.
46. Bell DR, Myrick MP, Blackburn JT, Shultz SJ, Guskiewicz KM, Padua DA. The effect of menstrual-cycle phase on hamstring extensibility and muscle stiffness. *J Sport Rehabil.* 2009 Nov;18(4):553-63.
47. Cole B, Finch E, Gowland C, Mayo N. Instrument de mesure des résultats en réadaptation physique. Toronto : Association canadienne de physiothérapie ; 1995.
48. Cronin J, Nash M, Whatman C. The acute effects of hamstring stretching and vibration on dynamic knee joint range of motion and jump performance. *Phys Ther Sport.* 2008 May;9(2):89-96.
49. Farquharson C, Greig M. TEMPORAL EFFICACY OF KINESIOLOGY TAPE VS. TRADITIONAL STRETCHING METHODS ON HAMSTRING EXTENSIBILITY. *Int J Sports Phys Ther.* 2015 Feb;10(1):45-51.
50. Rauch F, Sievanen H, Boonen S, Cardinale M, Degens H, Felsenberg D, et al. Reporting whole-body vibration intervention studies: recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2010 Sep;10(3):193-8.
51. Gilles, Cometti. 1ère partie: intérêt des étirements avant et après la performance. Les limites du stretching pour la performance sportive.
52. Shrier I, McHugh M. Does static stretching reduce maximal muscle performance? A review. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* 2012 Sep;22(5):450-1.
53. Dickerson C, Gabler G, Hopper K, Kirk D, McGregor CJ. IMMEDIATE EFFECTS OF LOCALIZED VIBRATION ON HAMSTRING AND QUADRICEP MUSCLE PERFORMANCE. *Int J Sports Phys Ther.* 2012 Aug;7(4):381-7.

54. Aminian-Far A, Hadian M-R, Olyaei G, Talebian S, Bakhtiary AH. Whole-body vibration and the prevention and treatment of delayed-onset muscle soreness. *J Athl Train*. 2011 Feb;46(1):43-9.
55. Bakhtiary AH, Safavi-Farokhi Z, Aminian-Far A. Influence of vibration on delayed onset of muscle soreness following eccentric exercise. *Br J Sports Med*. 2007 Mar;41(3):145-8.
56. Broadbent S, Rousseau JJ, Thorp RM, Choate SL, Jackson FS, Rowlands DS. Vibration therapy reduces plasma IL6 and muscle soreness after downhill running. *Br J Sports Med*. 2010 Sep;44(12):888-94.

ANNEXES

ANNEXE I : Matériel

ANNEXE II : Fiche d'informations et questionnaire

ANNEXE I : Matériel



Figure 1 : Inclinomètre de Rippstein



Figure 2 : Appareil de vibrations

ANNEXE II : Fiche d'informations et questionnaire

INFORMATIONS

Vous allez participer à un mémoire de recherche en vue de l'obtention du diplôme d'état de MK. Celui-ci consiste à déterminer si l'application de vibrations localisées sur les ischio-jambiers a un effet sur leur extensibilité à court terme et si cela est plus efficace que des étirements manuels passifs.

L'étude se déroulera sur 3 jours consécutifs à raison d'une séance par jour. Chaque séance sera précédée et finalisée par un test d'extensibilité des ischio-jambiers. Chaque séance consistera en l'application de vibrations localisées sur les ischio-jambiers ou en l'application d'étirements manuels passifs.

La signature de ce document acquiesce de votre consentement à la participation de cette étude dans les conditions citées ci-suit :

- **Vous avez été informé sur les modalités de réalisation et le but de cette étude et vous avez compris ces informations.**
- **Vous êtes libres de participer et d'arrêter la participation à cette étude à tout moment sans avoir à fournir de raisons et sans que cela vous porte préjudice ; la participation à cette étude est gratuite et non rémunérée.**
- **Les données recueillies vous concernant resteront strictement confidentielles, vous autorisez que ces données soient traitées par informatique et consultées par les investigateurs de cette étude.**
- **L'ensemble des mesures réalisées sont sans danger.**
- **Votre consentement ne décharge pas les investigateurs de cette étude de leur responsabilité, vous conservez tous vos droits garantis par la loi.**

Je soussigné(e), M, Mme avoir pris connaissance des informations ci-dessus.

Je donne mon accord pour participer à cette étude.

Fait à , le

Signature du volontaire précédée de la mention « lu et approuvé » :

QUESTIONNAIRE

Nom :

Prénom :

Age :

Sexe : M / F

Taille :

Poids :

1. Pathologies MI datant de moins de 5 ans ? Si oui, laquelle/lesquelles ?
Douleur MI ?

2. Pathologies rachis lombaire et/ou bassin datant de moins de 5 ans ? Si oui, laquelle/lesquelles ?
Douleur rachis lombaire et/ou bassin ?

3. SPORT
 - Pratiquez-vous une activité sportive ? OUI / NON
 - Si oui, laquelle/lesquelles ?

 - Fréquence : h/semaine

4. ETIREMENTS
 - Pratiquez-vous des étirements ? OUI / NON
 - Si oui, sur quel(s) muscle(s) ?

 - Fréquence : fois/semaine

RÉSUMÉ

Introduction : Ces dernières années ont vu l'émergence des plateformes vibrantes où des vibrations sont transmises à tout le corps humain par le biais d'un plateau vibrant. Des études ont notamment démontré que cela augmentait l'extensibilité musculaire (via la mesure de l'amplitude articulaire). Cependant, ces plateformes ne sont pas accessibles à tous, il apparaît donc intéressant d'étudier les vibrations localisées quant au gain d'amplitude articulaire, et de comparer cette technique aux étirements, méthode prouvée sur l'efficacité du gain d'amplitude articulaire.

Objectif : L'objectif de notre étude est, premièrement, d'analyser séparément le programme de vibrations et le programme d'étirements manuels passifs sur l'extensibilité des muscles ischio-jambiers. Puis, deuxièmement, l'objectif est de rechercher la supériorité d'une technique sur l'autre.

Matériel et méthode : 24 sujets hypo-extensibles au niveau des ischio-jambiers (angle poplité supérieur à 10°) ont participé à l'étude. Ces sujets sont répartis aléatoirement en deux groupes : on applique des vibrations de 50 Hz au premier groupe, tandis qu'on applique des étirements manuels passifs au second groupe. Chaque sujet réalise une séance par jour, sur 3 jours consécutifs. Avant et après chaque séance, la mesure de l'angle poplité est effectuée.

Résultats : L'application de 3 séries de 30 secondes de vibrations de 50 Hz sur les ischio-jambiers et l'application de 3 étirements manuels passifs de 30 secondes permettent un gain d'amplitude articulaire à court terme ($p < 0,05$). Cependant, il nous est impossible de conclure à une supériorité d'une technique sur l'autre.

Mots clés : vibrations, localisées, ischio-jambiers, extensibilité, étirements, amplitude articulaire, angle poplité, inclinomètre.

Key words : vibrations, localized, hamstrings, tightness, extensibility, flexibility, stretching, range of motion, popliteal angle, knee extension test, inclinometer.