Mémoire d'initiation à la recherche et d'ingénierie en Masso-kinésithérapie

(Unité d'Enseignement 28)

2ème Cycle 2020-2022

La prévention des chutes chez le sujet âgé

L'intérêt de l'ajout d'un programme d'étirement de la cheville sur l'équilibre dans l'atelier de prévention des chutes PIED ©

Georges BILLARD

Mémoire dirigé par : Romain ARTICO

Résumé : ***Objectif :*** Avec le vieillissement de la population française, la chute est devenue un enjeu majeur de santé. Le déficit d'amplitude en flexion dorsale de cheville est un des facteurs de risque et les meilleures interventions de prévention sont des ateliers multimodaux comme ceux de la PRIF. Cet essai clinique a pour but d'évaluer l'intérêt de l'ajout d'un protocole d'étirement de cheville à ces ateliers sur l'équilibre des personnes âgées. ***Méthode :*** 24 participants scindés en un groupe contrôle (A) et un groupe intervention d'étirement de cheville (B) ont été évalués sur leur équilibre (Timed Up And go, Fonctional Reach Test, One leg balance, Sharpened Romberg) et amplitude de cheville (Weight Bearing Lunge Test, Goniométrie) avant et après 12 semaines d'atelier PIED © associé à un protocole spécifique à domicile. ***Résultats :*** Il n'est pas ressorti de différences significatives entre les 2 groupes concernant l'équilibre dynamique (TUG), étant le critère de jugement principal, et statique unipodal (OLB). Concernant l'équilibre fonctionnel (FRT), exigeant sensoriellement (SR-YF) et l'amplitude de cheville (WBLT et Goniométrie), une amélioration significativement différente est présente en faveur du groupe intervention. Néanmoins, les 2 groupes montrent une amélioration significative à tous les tests après les 12 semaines. ***Conclusion :*** L'ajout d'un protocole d'étirement en dorsiflexion de cheville à des ateliers de prévention des chutes PIED © ne permet pas d'améliorer significativement les gains d'équilibre causés par l'atelier. Cependant, cela permet de potentialiser les améliorations de certaines caractéristiques comme l'équilibre fonctionnel et exigeant sensoriellement ainsi que la dorsiflexion de cheville.

Mots-clés : Étirement ; Cheville ; Prévention ; Chute ; Atelier

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Romain ARTICO, mon tuteur de mémoire, Masseur-kinésithérapeute, PhD en science du sport et du mouvement humain, professeur à l'ENKRE et responsable du développement de la recherche en partenariat avec l'APHP. Il m'a été d'un grand soutien dans l'élaboration de mon mémoire en me guidant vers une réflexion plus scientifique. Outre le temps qu'il m'a consacré, il m'a éclairé et a développé ma réflexion autour des spécificités de la prise en soin de personnes âgées.

Je souhaite remercier les équipes pédagogiques du master VHMA et de l'ENKRE pour l'ouverture à des réflexions fertiles autour de la population âgée. Elles ont confirmé mon intérêt pour la prévention des chutes en utilisant l'activité physique et d'autres méthodes de prise en soin.

Un grand merci à la PRIF (Prévention Retraite Île-de-France) et à la Fédération Française Sport pour Tous pour m'avoir permis d'utiliser leur documentation et leur atelier Equilibre en mouvement © reposant sur le programme PIED © comme exemple d'une prise en charge multimodale de prévention des chutes chez les personnes âgées. De plus, je les remercie de m'accompagner sur la poursuite de mon projet de mémoire.

Enfin, mon amour et la reconnaissance vont à ma famille qui m'a permis de reprendre un parcours scolaire afin de m'épanouir professionnellement et intellectuellement. Plus spécialement, je souhaite mettre en avant ma femme et nos 2 petites filles nées durant cette dernière année d'étude. Elles m'ont donné la force et la joie d'avancer toujours plus loin dans mes projets en m'assurant un soutien sans faille.

Je remercie aussi les personnes ayant participé à l'étude sans qui ce mémoire n'aurait pas pu voir le jour.

UE 28 – MÉMOIRE

DÉCLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Je soussigné, BILLARD Georges

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 l'origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

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

Dans la mesure où je souhaiterais publier, ou inscrire pour un concours, le présent travail, je m'engage à en demander l'autorisation à l'ENKRE, à l'université Paris-Saclay et l'université de Paris qui en sont les partenaires.

Fait à Paris, le 10/04/2021

Sommaire

1. Introduction ____ *1*

2. Cadre théorique ____ *2*

2.1 Le vieillissement ____ **2**

2.1.1 Une représentation démographique et politique ____ 2

2.1.2 Le concept de vieillissement ____ 2

2.2 La chute dans la population âgée ____ **4**

2.2.1 Les données importantes ____ 4

2.2.2 Les facteurs de chutes ____ 4

2.2.3 Les conséquences ____ 5

2.3 La prévention des chutes ____ **6**

2.3.1 Les différents types de prévention ____ 6

2.3.2 Les choix politiques dans la prévention des chutes chez les personnes âgées ____ 6

2.3.3 Les ateliers multimodaux de prévention des chutes ____ 6

2.3.4 Les spécificités du programme PIED © ____ 7

2.4 La cheville chez les personnes âgées ____ **8**

2.4.1 La cheville et son rôle dans l'équilibre ____ 8

2.4.2 Les répercussions du vieillissement sur la cheville ____ 9

2.4.3 La diminution de la flexion dorsale de cheville dans la population âgée et les risques de chutes ____ 10

2.4.4 Les étirements de la cheville comme intervention de prévention des chutes ____ 11

3. Problématique ____ *13*

4. Méthodologie ____ *14*

4.1 La population étudiée ____ **14**

4.1.1 Critères d'inclusion et de non-inclusion ____ 15

4.1.2 Critères d'exclusion ____ 15

4.2 Le design de l'étude ____ **15**

4.2.1 Le déroulement de l'étude ____ 16

4.2.2 Les critères de jugement ____ 16

4.3 Les interventions ____ **19**

4.3.1 Le programme du groupe intervention ____ 19

4.3.2 Le programme du groupe contrôle ____ 21

4.4 Recueil des données et traitement statistique ____ **21**

5. Résultat 22

5.1 Description de l'échantillon 22

5.2 Évolution de l'équilibre et des amplitudes de chevilles 23

5.2.1 L'équilibre dynamique : Timed Up And Go (TUG) 24

5.2.2 L'équilibre statique : FRT, OLB, SR 25

5.2.3 L'amplitude de cheville : WBLT et Goniométrie 26

5.3 Impact du protocole interventionnel sur l'équilibre et les amplitudes de chevilles 27

5.3.1 L'équilibre dynamique : Timed Up And Go (TUG) 27

5.3.2 L'équilibre statique : FRT, OLB et SR 28

5.3.3 L'amplitude de cheville : WBLT et goniométrie 29

6. Discussion 29

6.1 Discussion des résultats 30

6.1.1 Impact du protocole interventionnel sur l'équilibre et les amplitudes de chevilles 30

6.1.2 Évolution de l'équilibre et des amplitudes de chevilles 32

6.2 Limites et biais méthodologiques 34

6.2.1 Biais de mesure 34

6.2.2 Limites de méthodologie 35

6.3 Apports de l'étude et perspectives 35

7. Conclusion 36

8. Bibliographie 38

9. Figures et tableaux 43

10. Annexes 44

1. Introduction

La France connait un vieillissement général de sa population. La proportion des personnes de plus de 65 ans qui était de 20 % en 2018 est estimée à 29 % d'ici 2070 (INSEE, 2016). Plus spécifiquement, en Île-de-France, ces personnes représentent 20,4 % de la population globale avec une majorité de moins de 75 ans vivant à domicile. Les tendances actuelles mettent en avant un vieillissement de la population francilienne qui aboutira à une augmentation du nombre de personnes âgées de près de 24,5 % d'ici 2030 (Herviant, Khelladi, & Wolber, avril 2019). Ceci va engendrer une augmentation des problèmes de santé liés à l'âge dans lesquels les traumatismes et les conséquences des chutes ont une place importante.

La chute chez les plus de 65 ans est un des principaux enjeux de santé publique par sa fréquence et ses répercussions majeures sur la vie sociale, fonctionnelle et psychologique de cette population (Torres, et al., 2020). Majoritairement, la prévention des chutes se fait suite à une chute alors que de nombreux programmes de prévention primaire ont été créés et ont d'ores et déjà montré leur efficacité. En Île-de-France, par exemple, la Prévention Retraite Île-de-France (PRIF) propose l'atelier « l'Équilibre en mouvement © ». Cet atelier est mis en place par plusieurs acteurs dont la Fédération Française Sport pour Tous qui utilise le programme PIED ©.

Comprendre ce qui est mis en place lors de ce programme de prévention permet de saisir de la grande diversité des actions réalisées et de l'aspect multimodal du programme PIED ©. En cherchant ce qui pouvait être approfondi, nous nous sommes focalisés sur la cheville qui est le premier complexe articulaire en interface avec le sol. En effet, la cheville a un rôle primordial dans l'équilibre aussi bien statique que dynamique par ses propriétés de stabilité et de mobilité. Le vieillissement impacte ce complexe articulaire et la raideur de cheville est l'élément qui ressort le plus fréquemment. C'est ce paramètre qui va être approfondi dans ce travail de recherche et plus particulièrement la dorsiflexion qui semble avoir un rôle prédictif dans le risque de chute.

Dans un premier temps, nous présenterons les données issues de la littérature traitant du vieillissement de la population et de son lien avec la chute avant d'approfondir la notion de prévention et l'importance de la cheville. Dans une seconde partie, nous exposerons les spécificités du protocole d'étude. Ensuite, nous présenterons une analyse des résultats extraits de l'expérience réalisée au sein de l'atelier « Équilibre en mouvement © ». Nous conclurons par une discussion dans laquelle seront exposées nos réflexions résultant de cette étude.

2. Cadre théorique

Cette partie permet d'appréhender les notions clés sur lesquelles s'est fondée la problématique de l'étude.

2.1 Le vieillissement

Les personnes âgées sont le fondement de ma réflexion de mémoire. Il est important de discerner les différentes spécificités de cette population et les répercussions du vieillissement pour réaliser une orientation adaptée.

2.1.1 Une représentation démographique et politique

Nous nous référons à la définition des personnes âgées employée par l'Institut National de la Statistique et des Études Economiques (INSEE), soit tout individu de plus de 65 ans. « La population de la France métropolitaine continuera de vieillir au moins jusqu'en 2050. » (INSEE, 2005) En effet, la proportion de personnes âgées devrait augmenter pour atteindre 29 % de la population française d'ici 2070 (INSEE, 2016). Ceci peut être expliqué par l'augmentation de l'espérance de vie, le vieillissement de la génération des « baby-boomers » et la diminution de la natalité.

La politique sociale française s'adapte à cette évolution depuis plus d'un demi-siècle. En effet, c'est à partir du rapport Laroque en 1962 qu'une véritable politique gérontologique est mise en place. Depuis, des objectifs nationaux forts sont créés pour développer la prévention, modifier notre regard sur la vieillesse et mettre en place une politique d'action médico-sociale (A.R.I.F, 2011). Cette dernière est visible par les différentes aides (APA, CNSA…) et plans de santé publique (Bien vieillir, Solidarité Grand Âge, Alzheimer …). Dorénavant, la vieillesse est au cœur de la politique française et est une préoccupation fondamentale dans l'avenir de notre pays.

2.1.2 Le concept de vieillissement

Le vieillissement est « un ensemble de phénomènes qui marquent l'évolution de l'organisme vivant vers la mort » (Larousse, 2016). C'est donc un processus normal et inéluctable qui touche chaque individu. Cependant, nous pouvons remarquer que ce développement varie d'un individu à l'autre, c'est ce que nous définissons comme vieillissement différentiel (Forest & Forest-Streit, 1980). C'est ainsi que Rowe J.W. et Khan R.L ont décrit 3 classes (Rowe & Kahn, 1997) :

- Le vieillissement pathologique : diminution modérée ou sévère exposant à un risque accru de décompensation fonctionnelle

- Le vieillissement normal : diminution légère des capacités fonctionnelles non attribuable à une pathologie

- Le vieillissement réussi : maintien des capacités fonctionnelles

Le corps évolue constamment du fait de l'ensemble des processus moléculaires, histologiques, physiologiques et psychologiques. Voici une rapide présentation du retentissement de la sénescence sur certaines fonctions de l'organisme.

Le système sensoriel et les perceptions sont altérés par la dégradation de la propagation de l'information nerveuse et la détérioration des organes des sens :

- La vue : difficultés à discerner les couleurs ainsi que les profondeurs et diminution de l'acuité visuelle engendrant une attention plus soutenue à l'environnement (Aubert, 2001) ;

- L'ouïe : diminution de la discrimination des sons et de la fréquence maximale perçue comme les sons aigus (Aubert, 2001) ;

- Le système vestibulaire : diminution de 40 % des cellules ciliées après 70 ans ;

- Le toucher : le seuil de sensibilité tactile s'élève à cause de la diminution des récepteurs comme les corpuscules de Pacini et de Meissner (Belhassen, 1999) ;

- La proprioception : diminution de la sensibilité vibratoire et discriminative (Thoumie, 1999);

Le système locomoteur est la base grâce à laquelle le mouvement prend forme, et lui aussi évolue :

- Les os : diminution de la densité osseuse augmentant la probabilité de fracture ;

- Les articulations : amincissement et déshydratation du cartilage pouvant engendrer des douleurs et diminution d'amplitude articulaire ;

- Les muscles : avec le vieillissement, les capacités contractiles et d'étirement diminuent le maintien de la contraction et de son relâchement. De plus, la coordination devient moins efficiente (Malliopoulos & Thevenon, 1999) ;

Le système cognitif est touché par le vieillissement entre autres par une diminution des neurones, une raréfaction de la substance blanche et une diminution des certains neurotransmetteurs. Ceci engendre :

- Une altération de la mémoire épisodique et de la mémoire à long terme (Marquié & Isingrini, 2001) ;
- Une augmentation du temps de réaction (Aubert, 2001) ;
- Une diminution de la vitesse de conduction de l'information (toutes les sensibilités) ;

Ces modifications peuvent donc fragiliser toutes les sphères de l'individu. Une des principales perceptions négatives en lien avec le vieillissement est la chute qui est malheureusement majoritairement perçue comme inéluctable par les sujets âgées (Bongue, et al., 2016).

2.2 La chute dans la population âgée

De nombreuses problématiques de santé liées à l'âge existent. Il est donc primordial de démontrer l'importance de la chute dans la population âgée.

2.2.1 Les données importantes

La définition commune de la chute fait état « d'une perte brutale et totalement accidentelle de l'équilibre postural lors de la marche ou de la réalisation de toute autre activité et faisant tomber la personne sur le sol ou toute autre surface plus basse que celle où elle se trouvait » (Thélot, 2017). La chute chez la personne âgée est souvent issue de multiples facteurs, mais elle met en avant la fragilisation des capacités de l'individu.

D'un point de vue épidémiologique en France, près d'un tiers des personnes de plus de 65 ans chutent au moins une fois dans l'année et plus de la moitié de celles-ci chutent plus de 3 fois dans l'année (Thélot, 2017). Même si toutes les chutes de cette population ne nécessitent pas de prise en charge hospitalière, médicale ou paramédicale (15 %), cela reste le motif principal de recours aux urgences pour un accident de la vie courante (85 %) et engendre près de 12 000 décès pas an (Torres, et al., 2020). Cela en fait donc un problème majeur de santé publique chez les personnes âgées.

2.2.2 Les facteurs de chutes

Les chutes ne répondent pas à une cause unique et plus de 400 facteurs de risques de chutes ont été mis en évidence dans la littérature. Le plus souvent, la chute survient lorsque plusieurs facteurs de risques s'additionnent et engendrent des situations où la personne âgée n'a plus les capacités de garder ou retrouver son équilibre (Strubel, Jacquot, Lapierre, & Finiels, 1999).

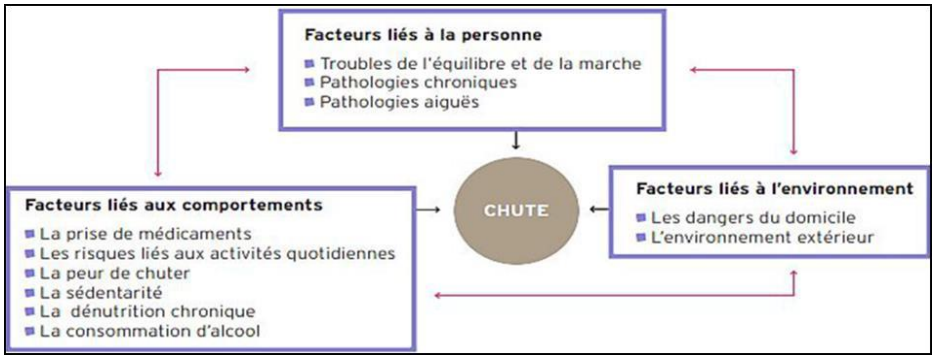


Figure 1 : La multifactorialité de la chute (Réseau Francophone de prévention des traumatismes, 2005)

L'Institut National de Prévention et d'Éducation pour la Santé (INPES) a mis en évidence 3 principales dimensions de facteurs interagissant entre elles et sur lesquelles nous pouvons avoir une incidence [Figure 1] (Réseau Francophone de prévention des traumatismes, 2005). Il est important de comprendre que la sénescence et donc l'âge à une grande part de responsabilité dans les risques de chute, mais qu'il est préférable de se focaliser sur les facteurs que nous pouvons modifier. Plus spécifiquement, Tinetti a rapporté 4 facteurs principaux dans les risques de chutes qui sont : les antécédents de chute, les troubles de l'équilibre et de la marche, la faiblesse musculaire des membres inférieurs et les troubles visuels (Tinetti, 2003).

2.2.3 Les conséquences

Les conséquences de la chute chez les personnes âgées sont de plusieurs ordres :

- Conséquence motrice : première cause de fracture, plaie, entorse qui peut engendrer une immobilisation très délétère pour cette population (Torres, et al., 2020) ;
- Conséquence psychologique : perte de confiance en soi et source d'un désinvestissement des capacités fonctionnelles sous-tendu par la peur de rechuter (Modange & Chaumont, 2001) ;
- Conséquence psychomotrice : le ralentissement psychomoteur est une répercussion majeure de la chute pouvant conduire à l'apparition d'un syndrome post-chute (Ribadier & Sainjeon-Cailliet, 2011) ;
- Conséquence économique : c'est un facteur clé de l'entrée en institution créant des coûts personnels. De plus, le coût direct des chutes en France est estimé à 2 milliards d'euros pour la société et le système de soin (Torres, et al., 2020) ;

Comme nous venons de le voir dans cette partie, la chute représente une problématique complexe et majeure chez la population âgée. Il est pourtant possible d'agir sur certains de ces facteurs pour diminuer le risque de chute.

2.3 La prévention des chutes

La prévention des chutes permet d'offrir aux personnes âgées un accompagnement spécifique pour anticiper ces risques et diminuer ces conséquences sur la santé de l'individu.

2.3.1 Les différents types de prévention

Ce travail de fin d'études aborde principalement la prévention primaire et secondaire qui correspondent respectivement à un ensemble d'actions « visant à réduire la fréquence (…) d'un problème de santé dans une population saine par la diminution des causes et facteurs de risques » pour la première et à des actions « visant à la détection et au traitement précoces (…) d'un problème de santé » pour la deuxième (BDSP, 2008). Il s'agit dans ces deux cas de réduire au maximum les traumatismes et le taux d'incidence des chutes nécessitant un acte de soin. La prévention tertiaire est plus spécifique à la limitation des incapacités suite à une chute avec gravité.

2.3.2 Les choix politiques dans la prévention des chutes chez les personnes âgées

Comme vu précédemment, la politique s'est adaptée aux besoins grandissants du vieillissement de la population en matière de santé et s'est particulièrement intéressée à la problématique de la chute chez les personnes âgées. La prévention sur ce thème a pris forme en 2004 avec la loi de santé publique qui avait pour but de réduire de 25 % le nombre de chutes chez les plus de 65 ans. Cet élan a perduré avec le plan national « Bien vieillir » qui a développé la prévention par des interventions et des plans de communication autour des bonnes pratiques de santé (Torres, et al., 2020).

C'est à partir de là que des études ont été menées prouvant l'intérêt de l'activité physique pour la prévention des chutes de la population âgée. Cela a mené, par ailleurs, à la création et à la validation scientifique d'ateliers spécifiques de prévention des chutes.

2.3.3 Les ateliers multimodaux de prévention des chutes

Les ateliers multimodaux de prévention des chutes représentent les interventions qui s'avèrent être les plus efficaces pour réduire l'incidence des chutes (Cheng, et al., 2018). Ce type d'intervention cible plusieurs facteurs de risques et travaille de façon groupale sur une prévention adéquate. Les ateliers ont comme élément principal l'utilisation de l'activité physique pour travailler sur de nombreuses capacités fonctionnelles (Blain, et al., 2015). En effet, les programmes d'exercices en groupe ou à domicile ont prouvé leur valeur, et lorsqu'ils sont additionnés à des interventions spécifiques (sécurité domestique, bonnes pratiques, informations sur les facteurs de risque, Bon pied bon oeil…), leur efficacité est accrue (Bongue, et al., 2016).

Plusieurs ateliers multimodaux existent et ont prouvé leurs efficacités. Les plus connus sont le

Nijmegen Falls Prevention Program (NFPP), le Programme Intégré d'Équilibre Dynamique (PIED) et le FALL prévention after Stroke program (FALLS). Ils incluent dans leurs interventions un travail de force, d'endurance, d'équilibre et d'étirement, mais ils ont chacun leurs spécificités. Nous avons choisi d'intégrer le programme PIED © à ce travail de recherche.

2.3.4 Les spécificités du programme PIED ©

Le programme PIED © est proposé par la Prévention Retraite Île-de-France (PRIF) sous le nom de « l'Équilibre en mouvement © » et mis en place par la Fédération Française Sport pour Tous. L'évaluation de son efficacité a mis en exergue une augmentation du niveau d'équilibre et de la diminution des chutes chez les personnes âgées. Outre les interventions axées sur l'activité physique, ce programme se différencie par ses ateliers de conseils de prévention sur différents thèmes comme les dangers à domicile, la polymédication, la nutrition … (Fauchard & Le Cren, 2009) De plus, le programme PIED est recommandé dans le référentiel de bonnes pratiques de prévention des chutes chez les personnes âgées vivant à domicile et présentant un risque modéré de chute (Réseau Francophone de prévention des traumatismes, 2005).

Ce programme se déroule sur 12 semaines et inclut des groupes de 10 à 15 participants. Chaque semaine est organisée de la même manière (Fédération Française Sports pour Tous, 2008) :

- 2 séances d'exercices de 45 à 60 minutes en groupe toujours dans la même salle. Elles sont divisées en quatre parties avec un temps d'échauffement, des activités d'équilibre, des exercices de renforcement et un temps d'assouplissement ;
- 1 séance d'exercices à domicile de 30 minutes divisée de la même manière ;
- 1 séance « Atelier de prévention des chutes » en groupe de 25 à 30 minutes. La thématique se rapproche d'une éducation aux problématiques autour de la chute (aménagement de l'espace, facteur de risques, chaussage et vision …). Cette séance a lieu en plus d'une séance d'exercices (avant ou après) ;

Sur le plan physique, de nombreux objectifs sont ciblés comme améliorer l'équilibre, la force des jambes, la proprioception des membres inférieurs, la capacité à se relever du sol ainsi que la mobilité de chevilles.

C'est sur ce denier point que ce travail de recherche s'est développé. En effet, le temps d'intervention autour de ce complexe articulaire est trop faible pour avoir un réel impact sur la dorsiflexion de la cheville qui est une des principales problématiques ayant une répercussion avérée sur les risques de chutes (Kemoun, Thoumie, Boisson, & Guieu, 2002).

2.4 La cheville chez les personnes âgées

Le complexe articulaire de la cheville est la première interface majeure avec le sol. Sa sollicitation tout au long de notre vie est importante et génère de très nombreuses contraintes. Comme tout système, le vieillissement a un impact en fragilisant ses propriétés.

2.4.1 La cheville et son rôle dans l'équilibre

La cheville est constituée de plusieurs articulations dont la principale est l'articulation talo-crurale mettant en relation l'extrémité supérieure du talus qui s'articule avec les extrémités inférieures du tibia et de la fibula. Elle est de type ginglyme ne permettant qu'un mouvement dans le plan sagittal de type flexion (dorsiflexion) ou extension (flexion plantaire) qui est la position de stabilité capsulaire maximale (Cleland, Pillu, Koppenhaver, & Su, 2012). Les amplitudes sont respectivement de 20° pour la dorsiflexion (DF) et 50° pour la flexion plantaire (Sigel, Heck, & Vergniaud, 2021). Cette articulation a un important besoin de stabilité pour assurer son rôle. La capsule et les ligaments (collatéral fibulaire, collatéral tibial et fibulo-talo-calcanéen) jouent ce rôle de façon passive, aidés activement par les muscles poly-articulaires de la jambe. Lors de la marche, outre sa stabilité, sa mobilité est primordiale. Elle est permise par un ensemble de muscles que nous pouvons classer en trois classes selon leur localisation sur la jambe (Dufour, 2015) :

- La loge antérieure composée par le tibial antérieur, le long extenseur de l'hallux, le long extenseur des orteils et le 3ème fibulaire. Ils sont tous mis en jeu lors de la dorsiflexion ;
- La loge postérieure composée par le triceps sural (gastrocnémiens et soléaire), le tibial postérieur, le long fléchisseur de l'hallux et le long fléchisseur des orteils. Ils sont tous mis en jeu lors de la flexion plantaire ;
- La loge latérale composée du long fibulaire et du court fibulaire ayant un faible rôle dans la flexion plantaire ;

Grâce à tous les systèmes exposés, la cheville joue un rôle important dans l'équilibre et la locomotion. L'équilibre peut être schématisé par le fait de garder la projection du centre de gravité dans le polygone de sustentation qui est délimité par la position des pieds. Selon un modèle biomécanique, nous oscillons donc autour de l'axe des chevilles et ces oscillations posturales sont principalement compensées par les muscles de la hanche dans un plan frontal et de la cheville dans un plan sagittal (El Helou, 2011). Ces compensations sont assimilables à des stratégies de contrôle postural utilisées pour lutter contre un déséquilibre faible pour la cheville, plus fort pour la hanche et très important avec l'initiation d'un pas. De plus, la cheville doit pouvoir s'adapter sur des terrains instables par une modulation rapide de ses contractions musculaires et de ses modifications

d'amplitudes articulaires possibles entre autres grâce à un retour proprioceptif adéquat (Menz, 2015).

Dans un même temps, le pied est un organe effecteur de la fonction d'équilibre dynamique lors de la marche. Durant le cycle de marche, la cheville est très sollicitée en alternant constamment entre la dorsiflexion (10 à 15°) et la flexion plantaire (15 à 20°). Les amplitudes maximales sont présentes lors de la phase d'appui. Elles permettent une bonne gestion des forces, celles-ci étant 4 à 5 fois le poids du corps au niveau de la cheville ainsi qu'une bonne gestion des modulations du centre de pression (Maestro & Ferré, 2015).

2.4.2 Les répercussions du vieillissement sur la cheville

Le pied évolue au fil des années et certaines propriétés sont modifiées avec le vieillissement au niveau de la peau, des tissus mous plantaires, de la sensibilité, des amplitudes articulaires, des positionnements des orteils (hallux valgus), de la force ou encore de la nociception et bien d'autres.

Plus spécifiquement, la cheville est impactée de plusieurs manières (Menz, 2015) :

- Diminution de l'amplitude de dorsiflexion et d'inversion-éversion de 12 à 30 % due entre autres à un changement de la composition cartilagineuse (réduction de l'eau, du liquide synovial, des protéoglycanes) ;
- Diminution de la force de l'ordre de 24 à 40 % entre 30 et 80 ans due, entre autres, à la réduction de la masse musculaire (fibres de type II), des capacités de transmissions des forces de la cheville et de l'augmentation de taille des unités motrices. Cela engendre une perte de réactivité de la cheville lors des stratégies de rééquilibration (El Helou, 2011) ;
- Augmentation de la co-contraction des fléchisseurs plantaires et dorsaux afin de compenser les instabilités. Cela engendre une perte de souplesse de cheville de 50 % chez les femmes et de 35 % chez les hommes après 55 ans (Chiacchiero, Dresely, Silva, DeLosReyes, & Vorik, 2010) :
- Diminution de la qualité de la proprioception de cheville due entre autres à la diminution de la vitesse de conduction nerveuse. Cela engendre une sous-utilisation de la stratégie de cheville en faveur d'une sur-utilisation de la stratégie de hanche (El Helou, 2011) ;

La raideur de cheville est l'élément qui ressort le plus fréquemment dans la revue de littérature concernant les affections liées à l'âge de ce complexe articulaire (El Helou, 2011). C'est ce paramètre que nous allons approfondir dans cette étude et plus particulièrement la dorsiflexion. En effet, le maintien d'une amplitude pratiquement complète de flexion dorsale (20°) est indispensable

pour la marche, celle-ci nécessitant de 10 à 15° de cette mobilité.

2.4.3 La diminution de la flexion dorsale de cheville dans la population âgée et les risques de chutes

Comme nous avons pu le voir précédemment, la chute de la personne âgée est multifactorielle et nécessite une prise en charge globale et pluridisciplinaire. Des programmes multimodaux de prévention des chutes ont prouvé leur efficacité en suivant un protocole bien construit avec comme élément prédictif des chutes le Timed Up And Go (TUG) et la recherche d'antécédents de chute. D'autres tests sont à notre disposition comme le Berg Balance Scale, le test de Tinetti, le Test Moteur Minimum mais tous ceux-là sont des indicateurs fonctionnels et non systémiques. Le rôle de la cheville et ses modifications liées à l'âge peuvent en faire un bon outil de prédiction des chutes.

La première étude à s'y intéresser est celle de Kemoun et al. en 2002. Cette étude prospective sur un an a mis en évidence que le retard de dorsiflexion et la diminution de cette amplitude lors de la marche sont des signes prédictifs de chute. L'échantillon était constitué de 54 personnes âgées de plus de 60 ans (66,72 ± 4,88 ans) n'ayant pas d'antécédent de chute dans l'année, en bonne santé et vivant à domicile. Au début de l'étude, chaque patient a effectué une analyse de leur marche par plateforme de force et capteur de mouvement optoélectronique. Les amplitudes articulaires, les moments de force et l'activité musculaire ont pu ainsi être déterminés. Durant l'année de l'étude, les participants ont été appelés tous les deux mois pour noter les changements notables. Après un an, 16 personnes ont chuté. Les chercheurs ont pu comparer les données des chuteurs et des non-chuteurs. Du point de vue des caractéristiques de la marche, il est ressorti que les chuteurs avaient une vitesse de marche plus lente (-0,33 m/s ; $p<0,05$) et un temps de double appui plus long que les non-chuteurs (+4,57 % sur leur phase totale ; $p<0,05$). Concernant spécifiquement les articulations, des différences significatives au niveau de la hanche et de la cheville sont présentes ($p<0,05$). Les chuteurs présentaient une diminution de l'amplitude maximale de dorsiflexion (-6,5° avec pic à 6,5°) et de flexion plantaire de cheville (-4,5° avec pic à 18,5°) ainsi que de flexion de hanche (-6,98° avec pic à 40,28°). De plus, le retard de dorsiflexion de cheville était mis en évidence. L'étude a également mis en lien des modifications des composantes de la cheville chez les chuteurs avec un déséquilibre musculaire entre le soléaire et le tibial antérieur et une constante activation des extenseurs du pied (Kemoun, Thoumie, Boisson, & Guieu, 2002).

Dans une étude prospective plus globale sur les facteurs de risque de chute du pied et de la cheville chez les personnes âgées, Menz et al. en 2006 ont mis en évidence ($p<0,05$) qu'une diminution de la dorsiflexion, une déformation sévère en hallux valgus, une diminution de la sensibilité plantaire et une diminution de la force des fléchisseurs plantaires des orteils étaient

prédictives de chutes. L'échantillon était constitué de 176 personnes âgées de plus de 62 ans (80,1 ± 6,4 ans) vivant en village senior, se déplaçant sans aide technique et sans trouble cognitif. Au début de l'étude, les participants ont été testés sur 6 domaines : la posture, les déformations, la force, la sensation, la douleur et les amplitudes du pied (par le Weight Bearing Lunge Test « WBLT »). De plus, ils ont réalisé un test sur les risques de chute, le Physiological Profil Assesment (PPA). Après un an, 71 personnes ont chuté et leurs données ont été comparées avec les non-chuteurs. Une des conclusions de l'étude qui nous intéresse est qu'une réduction de la dorsiflexion de la cheville peut augmenter le risque de chutes en altérant l'équilibre et la capacité d'exécuter des activités fonctionnelles de la vie quotidienne. Ceci corrobore les premières conclusions de Kemoun et al. (Menz, Morris, & Lord, 2006).

Une dernière étude est intéressante à prendre en compte, il s'agit de l'étude rétrospective de Chiacchiero et al. en 2010 qui a fait un lien significatif entre les chuteurs et les déficits d'amplitudes de dorsiflexion de cheville, de hanche (abduction, extension et rotation interne) ainsi qu'une hypo-extensibilité des gastrocnémiens chez la PA. L'échantillon était constitué de 18 participants de plus de 60 ans vivant à domicile, se déplaçant seuls. Ils ont été divisés en 2 groupes, ceux ayant chutés (C) 2 fois ou plus lors des derniers 12 mois et les non-chuteurs (NC) (0 ou 1 chute). Ils ont ensuite été soumis à une batterie de tests comprenant le TUG, le Fonctionnal Reach test, l'amplitude des membres inférieurs et la souplesse musculaire de certains muscles des membres inférieurs comme les gastrocnémiens. Pour ce qui nous intéresse, nous pouvons remarquer que la souplesse des gastrocnémiens est significativement ($p<0,05$) plus faible chez les C avec une moyenne de 18,5 % (± 25 %) de la valeur normale de la souplesse contre 47 % (± 35 %) pour les NC. De même, l'amplitude de dorsiflexion de cheville est de 49 % (± 19 %) de la norme contre 73 % (± 19 %) pour les NC. Les résultats de cette étude suggèrent un lien entre une diminution de l'amplitude articulaire (dorsiflexion, abduction/rotation interne/extension de hanche) et les chutes chez les personnes âgées. Ainsi, remédier aux déficits d'amplitude avec un programme d'étirement pourrait réduire les chutes potentielles dans cette population (Chiacchiero, Dresely, Silva, DeLosReyes, & Vorik, 2010).

Par ces 3 études, nous avons pu constater le lien significatif entre la raideur de cheville, plus particulièrement en dorsiflexion, et la prédiction de la chute dans la population âgée. C'est dans cette optique que certains scientifiques se sont focalisés sur l'apport de l'étirement dans un but de prévention primaire ou secondaire du risque de chute.

2.4.4 Les étirements de la cheville comme intervention de prévention des chutes

La limitation de dorsiflexion de cheville a été étudiée dès 1999 par Gajdosik et al. afin d'ouvrir des études sur l'intérêt d'une prise en charge spécifique pour améliorer ces paramètres et l'équilibre

des personnes âgées. Les auteurs ont mis en évidence une corrélation significativement négative entre l'amplitude de dorsiflexion (25,83° pour les femmes de moins de 40 ans contre 15,39° pour les femmes de plus de 60 ans), la diminution de l'extensibilité du triceps sural et sa résistance passive élastique sur la fin du mouvement de dorsiflexion de cheville (Gajdosik, Vander Linden, & Williams, 1999). Comme nous l'avons vu précédemment, ces changements sont prédictifs des chutes avec des répercussions fortes sur le sujet âgé. Il devient alors important d'étudier l'importance des étirements thérapeutiques de cheville (en particulier dorsiflexion) pour améliorer l'équilibre des personnes âgées.

Dans cette optique, Gajdosik et al. (2005) ont évalué l'impact d'un programme d'étirements de huit semaines des muscles du mollet sur les propriétés passives de ces muscles ainsi que sur l'équilibre et la marche de la population âgée. Il s'agit d'une étude contrôlée randomisée regroupant 19 femmes de plus de 65 ans (65-89 ans) vivant à domicile et ayant une amplitude en dorsiflexion (DF) de cheville inférieure à 10°. Ensuite, deux groupes ont été créés de façon aléatoire avec 10 participantes pour le groupe intervention et 9 pour le groupe contrôle. Durant les 8 semaines de l'étude, le groupe contrôle a été invité à ne pas changer son activité de base alors que le groupe intervention pratiquait un programme de 10 étirements de 15 secondes du triceps sural et cela 3 fois par semaine. Au début et à la fin de l'étude, toutes les participantes ont été soumises à une batterie de tests composés d'un TUG modifié (avec actions complexe comme monter/descendre des marches), d'un test de marche de 10 mètres pour mesurer la vitesse de marche, du fonctionnal reach test, d'une mesure des amplitudes de chevilles et de la force résistive passive du triceps sural. Des améliorations significatives ($p<0,05$) sont apparues à la suite de l'intervention à savoir : une augmentation de la vitesse de marche (1,55 m/s puis 1,67 m/s), une augmentation d'amplitude en DF (11,1° puis 16,2°), une diminution du temps de réalisation du TUG modifié (18,3+/-3,9 s puis 16,8+/-3,2 s) ainsi qu'une augmentation de la force résistive passive acceptée par les sujets (40,2 N puis 57,7N). De plus, il est important de noter que les modifications de ces mesures sont modifiées de façon significative ($p<0,05$) chez le groupe intervention en comparaison au groupe contrôle. Cette étude a donc mis en évidence que l'étirement du triceps sural en dorsiflexion amène une amélioration fonctionnelle de la locomotion chez les sujets âgés en augmentant la vitesse de marche, l'amplitude de cheville (DF) et le retour d'une force résistive passive du triceps sural (Gajdosik R. L., Vander Linden, McNair, Williams, & Riggin, 2005).

Les programmes mis en place pour améliorer l'équilibre des personnes âgées sont rarement axés seulement sur les étirements de cheville. En 2013, Long et al. ont réalisé une étude pilote à mesures répétées sur un seul groupe analysant un programme simple réalisé par des personnes âgées à domicile et axé sur le pied et la cheville. L'échantillon était constitué de 19 participants de plus de

60 ans (66,5 ±6,8) vivant à domicile, pouvant marcher plus de 10 mètres sans aide-technique, avec un MMSE supérieur à 24 et ne participant pas actuellement à un programme d'entraînement. Durant les six semaines de l'étude, ils ont dû réaliser un programme d'exercice à domicile de 15 minutes à une fréquence de trois fois par semaine avec un entretien téléphonique hebdomadaire. Ce dernier permettait d'adapter les exercices et de stimuler l'adhésion. Le programme était constitué de deux exercices de renforcement musculaire axés sur la loge antérieure puis postérieure de jambe par des Toe raise et Heel raise suivit d'un exercice d'équilibre (appui unipodal) et en finissant par un étirement des gastrocnémiens (2*1 min). Les critères de jugement, mesurés à l'adhésion et en pré-post intervention, sont le Mini-Balance test, le test de marche de 10 mètres (vitesse de marche confortable et rapide), le TUG, l'échelle de confiance spécifique à l'équilibre (ABC scale), la force musculaire des gastrocnémiens et l'amplitude de la DF de cheville (réalisée en charge, en position de fente). Une amélioration significative ($p<0,05$) de toutes les mesures à l'exception de l'échelle de confiance (ABC scale) est visible. En effet, le score du Mini-Balance test (critère principal de l'intervention), s'est amélioré de 19,5 % (+4,9 points), la vitesse de marche s'est améliorée de 0,16 m/s et le score du TUG de 19 % (-1,9 sec). Enfin la fonction musculaire des gastrocnémiens et l'amplitude en DF de cheville se sont respectivement améliorées de 22 % (0,8/5) et 20 % (6,7°). Ces résultats montrent qu'un programme d'exercices spécifiques autour de la cheville et du pied avec l'utilisation d'étirements peut être significativement efficace pour améliorer l'équilibre des sujets âgés (Long, Jackson, & Laubach, 2013).

Tous ces supports scientifiques semblent en accord pour mettre en avant l'importance d'une prise en charge de la cheville à des fins de prévention des risques de chutes dans la population âgée. Dans ce contexte, une approche multifactorielle combinant à la fois des exercices de renforcement musculaire, d'équilibre et d'étirements pourrait s'avérer particulièrement efficace.

3. Problématique

Le vieillissement de la population met en lumière de nouvelles problématiques de santé. En effet, cette population est plus à risque du fait de la sénescence cellulaire favorisant, entre autres, la survenue de chute. Cet évènement est un problème majeur chez les personnes âgées du fait de la cascade de conséquences aussi bien physiques, psychologiques qu'économiques. Or, il existe de nombreuses interventions comme les ateliers « Équilibre en mouvement © » en Île-de-France qui ont prouvé leur efficacité en tant que prévention primaire des chutes de la personne âgée. Par sa validation scientifique, le programme PIED © a valeur de référence en termes d'atelier multimodal. Cependant, du fait de son aspect complet, il en perd certaines spécificités comme le développement de la mobilité de cheville. Sur ce point, la cheville a un rôle primordial dans l'équilibre aussi bien

statique que dynamique pour le contrôle du centre de pression et les phases de la marche. Malheureusement, plusieurs propriétés de ce complexe articulaire sont détériorées avec le vieillissement comme la diminution de l'amplitude en dorsiflexion. Depuis le début des années 2000, de nombreuses études ont été réalisées pour comprendre les répercussions de cette modification. Elles ont toutes mis en évidence son aspect prédictif dans le risque de chute de la personne âgée. En conséquence, des scientifiques ont cherché à comprendre comment améliorer la dorsiflexion et ils ont pu prouver qu'utiliser des étirements en flexion dorsale de cheville dans une intervention est bénéfiques pour l'équilibre de cette population.

C'est dans ce contexte que nous en avons tiré ce questionnement :

L'ajout aux ateliers de prévention des chutes PIED © d'un programme spécifique à la flexion dorsale de cheville, basé sur des étirements, permettrait-il de potentialiser des gains d'équilibre des personnes âgées ?

Nos hypothèses sont :

H0 : Il n'existe pas de différence significative de l'évolution de l'équilibre entre le groupe réalisant le programme PIED © et celui ayant l'ajout d'un programme spécifique d'étirement de cheville.

H1 : Il existe des différences significatives de l'évolution de l'équilibre entre le groupe réalisant le programme PIED © et celui ayant l'ajout d'un programme spécifique d'étirement de cheville en faveur de ce dernier.

Pour pouvoir valider une de ces hypothèses, nous avons réalisé une intervention permettant de constater l'impact d'un programme spécifique à la flexion dorsale de cheville basé sur des étirements au sein des ateliers de prévention des chutes PIED ©.

4. Méthodologie

L'étude présentée dans ce mémoire est de type interventionnelle non randomisée. Elle a eu lieu au sein des ateliers « Équilibre en mouvement © » mis en place par la Fédération Française Sport pour Tous utilisant le programme PIED ©. Elle a été réalisée du 02/11/2021 au 25/01/2022 dans le club sénior Saint-Blaise à Paris 20ème arrondissement.

4.1 La population étudiée

Le protocole est destiné aux personnes de plus de 65 ans de la région Île-de-France dans le but

d'améliorer les actions de prévention des chutes. Les critères d'inclusion et d'exclusion sont vérifiés par des questions lors de la première et dernière séance.

4.1.1 Critères d'inclusion et de non-inclusion

Les critères d'inclusion reposent sur la volonté d'étudier une certaine population, les voici :

- Personne âgée de 65 ans ou plus, vivant à domicile ;
- Être à risque chute faible ou modéré selon les recommandations de l'INPES ;
- Réaliser l'atelier « Équilibre en mouvement » © mis en place par la Fédération Française Sport pour Tous ;
- Vivre en région Île-de-France ;
- Consentement libre et éclairé à propos de l'étude.

Outre le fait de ne pas remplir les critères précédemment cités, les critères de non-inclusion sont :

- Présence d'une pathologie cognitive, neurologique ou orthopédique invalidante ;
- Présence d'une pathologie cardio-respiratoire grave.

4.1.2 Critères d'exclusion

Dans cette étude, les critères d'exclusion sont les suivants :

- Ne pas avoir fini le programme PIED © ou avoir participé avec moins de 50 % d'assiduité ;
- Hospitalisation ;
- Apparition d'une pathologie invalidante ;
- Pour le groupe intervention, ne pas avoir réalisé plus de la moitié des séances du programme d'étirement (18/36).

4.2 Le design de l'étude

La population de l'étude est composée de 24 participants répondant aux critères d'inclusion énoncés ci-dessus. Tous ont exprimé leur accord en signant la lettre de consentement [Annexes 1 et 2] après avoir été informés des spécificités du protocole et de l'utilisation unique des résultats par un échange oral et une notice d'information écrite [Annexes 3 et 4]. Les participants sont répartis en deux groupes de façon libre, mais non randomisée du fait de leur inscription autonome à un créneau

horaire spécifique de l'atelier « Équilibre en mouvement © ». Cependant, aucune sélection particulière n'a été réalisée entre les deux groupes.

4.2.1 Le déroulement de l'étude

L'étude se déroule sur douze semaines, correspondant au temps total de l'atelier de prévention des chutes. La modélisation du protocole est similaire pour les groupes intervention (N=14) et contrôle (N=10). Seul le protocole mis à disposition, à réaliser trois fois par semaine à domicile, diffère avec des exercices autour de l'étirement de la cheville pour le groupe intervention et des exercices de type aérobie des membres supérieurs pour le groupe contrôle.

Les différents moments spécifiques de l'étude ont été réalisés par un même opérateur afin de limiter les biais de mesures et de motivation. Voici les différents temps en prenant comme référence la semaine 1 (S1) représentant la première prise de contact :

- Évaluation initiale des capacités d'équilibre, de mobilité passive de cheville et de force fonctionnelle des membres inférieurs par la réalisation de 7 tests (S1) ;
- Présentation du protocole spécifique à chaque groupe avec vérification de la bonne réalisation des exercices durant l'atelier. Il est aussi fourni un livret explicatif avec images et carnet de suivi pour favoriser l'implication des participants (S1) ;
- Réalisation du protocole spécifique de 8 minutes à domicile par le participant à une fréquence de 3 fois par semaine (S1 à S12) ;
- Appel de l'opérateur une fois toutes les 3 semaines à chaque participant pour stimuler l'implication au protocole à domicile, vérifier sa bonne réalisation et adapter les exercices si besoin (S2 – S5 – S8) ;
- Présence une fois par mois de l'opérateur à un atelier de prévention des chutes afin d'avoir un contact direct avec les participants pour stimuler l'implication au protocole à domicile et vérifier sa bonne réalisation (S3 – S7 – S11) ;
- Évaluation finale des capacités d'équilibre, de mobilité passive de cheville et de force fonctionnelle des membres inférieurs par la réalisation de 7 tests (S12).

4.2.2 Les critères de jugement

Comme expliqué ci-dessus, une batterie de 7 tests a été réalisée par le même opérateur pour mesurer différentes propriétés de chaque participant en début et fin protocole (S1 et S12). Ces moments d'évaluation ont été réalisés avec les mêmes contraintes : horaire, nombre d'essais,

environnement, aide technique. Le critère de jugement principal choisi est le Timed Up And Go (TUG) du fait que la problématique questionne particulièrement la notion d'équilibre à la suite d'une intervention d'étirement de cheville. Cependant, d'autres critères sont évalués pour approfondir les notions d'équilibre et d'amplitude de la cheville.

Voici une présentation des différents outils d'évaluation utilisés :

- Le **Timed Up And Go** (TUG) est utilisé comme dans l'étude de Gajdosik et al. (2005) ainsi que celle de Long et al. (2013) pour évaluer les répercussions des étirements de chevilles sur l'équilibre. Ce test étudie la mobilité, l'équilibre dynamique, la capacité de marche, les transferts et le risque de chute chez les personnes âgées. Il a une fiabilité test-retest adéquat (ICC = 0,56) et une corrélation excellente avec d'autres tests comme le Berg Balance (r = -0,81), l'évaluation fonctionnelle de la marche (r = -0,84) et le risque de chute pour les personnes âgées à domicile (sensibilité 56 % / spécificité 60 %) (Shirley Ryan Abilitylab, 2013).

  Le participant est assis sur une chaise (avec accoudoirs et hauteur d'assise de 44 à 47 cm), le dos contre le dossier de la chaise. Au commandement « Go », il doit se lever de la chaise, marcher trois mètres à un rythme confortable, faire demi-tour pour revenir s'asseoir sur la chaise. Le chronométrage démarre à l'instruction « Go » et s'arrête lorsque le participant se rassoit. Ce test est préconisé par l'INPES pour le dépistage du risque des chutes avec un temps seuil de 14 secondes (Réseau Francophone de prévention des traumatismes, 2005).

- Le **Fonctional Reach Test** (FRT - test d'extension fonctionnelle) évalue l'équilibre statique en mesurant la distance maximale que le participant peut atteindre vers l'avant en se tenant debout dans une position fixe. Ce test a une ICC de 0,89, une corrélation excellente avec d'autres tests comme la vitesse de marche (r=0,71), la marche en tandem (r=0,67), l'échelle d'autonomie ADL (r=0,66) pour les personnes âgées à domicile (Shirley Ryan Abilitylab, 2013).

  Le participant se tient près d'un mur sans le toucher et positionne le bras le plus proche du mur à 90° de flexion d'épaule avec le poing fermé. L'évaluateur enregistre la position de départ au niveau du bout du 3ème métacarpien. Il est ensuite demandé au participant « d'aller aussi loin que possible sans faire un pas » en maintenant ses bras à la même hauteur et sans décoller les talons. La position finale du 3ème métacarpien est enregistrée et la différence de celle-ci avec celle de départ correspond à la distance de translation antérieure en centimètres. La valeur seuil de limitation d'autonomie est d'être à moins de 17,8 cm.

- Le **One Leg Balance test** (OLB - équilibre unipodal) évalue le contrôle statique de la

posture et de l'équilibre statique. Si le score est inférieur à 5 secondes, il y a la présence d'un risque de chute (Shyrley Ryan Abilitylab, 2013).

Le participant doit se tenir debout sans aide sur une jambe (les yeux ouverts et les bras sur les hanches) et est chronométré à partir du moment où le pied décolle du sol jusqu'à ce que le pied soit reposé.

- Le **Sharpened Romberg** (SR - test du tandem) évalue l'équilibre statique dans des conditions d'intégration sensorielle exigeante.

  Le participant doit se tenir debout avec un pied directement devant l'autre pied (le talon touchant l'orteil de l'autre pied) en ayant les bras sur les hanches. Il faut réaliser ce test les yeux ouverts puis fermés. Le chronométrage est lancé dès qu'il est en position et s'arrête s'il bouge ses pieds/bras, ouvre les yeux (lors de la passation yeux fermés) (Fédération Française Sports pour Tous, 2008).

- Le **5 Times Sit to Stand test** (5 StoS - épreuves assis-debout) mesure un aspect de la compétence de transfert et la quantification de la force fonctionnelle des membres inférieurs. Le participant doit se lever et se rasseoir d'une chaise (hauteur d'assise de 43 à 45 cm) cinq fois le plus rapidement possible en ayant les bras croisés sur la poitrine. Le chronométrage commence à « Go » et s'arrête lors de la 5ème position assise. Un temps supérieur à 12 secondes met en évidence la présence d'un risque de chute (Shyrley Ryan Abilitylab, 2013).

- Le **Weight Bearing Lunge Test** (WBLT) et la **goniométrie passive de la dorsiflexion de cheville** en charge avec genou et hanche en extension permet de mesurer l'amplitude passive de cheville.

  - Le participant est en position de fente avec la jambe à tester en avant et éloignée du mur d'une largeur de main. Il doit amener son genou (de la jambe testée) en avant afin de toucher le mur en gardant le talon au sol. La distance mesurée entre le mur et l'hallux est celle de la position maximale pour laquelle le participant est capable de toucher le mur avec son genou sans décoller son talon du sol. Une distance inférieure à 12 cm met en évidence une limitation de dorsiflexion (Sigel, Heck, & Vergniaud, 2021) [Annexe 5].

  - La prise de mesure au goniomètre se réalise en position de fente (similaire à l'exercice d'étirement de cheville jambe tendue [Figure 3]) avec la jambe à tester en extension de hanche et de genou. La cheville est mesurée en dorsiflexion maximal avec le talon toujours au sol.

4.3 Les interventions

Les programmes pour les deux groupes ont été calibrés sur le même temps actif correspondant à 8 minutes. La présentation des programmes est réalisée selon le même protocole avec visualisation et réalisation des mouvements sous la supervision de l'opérateur lors de la première séance (S1). Ensuite le suivi est réalisé de manière similaire avec un guide d'exercice, un carnet de bord, un appel une fois toutes les 2 semaines et un rendez-vous physique tous les mois.

4.3.1 Le programme du groupe intervention

Ce programme correspond au sujet d'étude c'est-à-dire qu'il est axé sur l'étirement de la cheville. Il a été construit avec un temps d'échauffement actif des chevilles (30 secondes par jambe) suivi des 2 situations d'étirements (3*30 secondes par jambe) se focalisant principalement sur les gastrocnémiens puis le soléaire. Enfin, un temps de retour au calme avec la réalisation active des Controlled Articular Rotation (CARs) de cheville (30 secondes par jambe).

Chaque séance à domicile est composée plus spécifiquement de 6*30 secondes d'étirement passif du triceps sural, pour chaque jambe. Ce temps est divisé en deux avec une réalisation genou tendu pour cibler les gastrocnémiens et une réalisation genou fléchi pour cibler le soléaire. Les séances doivent être mises en place à domicile 3 fois par semaine durant les 12 semaines du protocole. Le temps total d'étirement du triceps sural au cours de ce protocole est de 6480 secondes par jambe avec 3240 secondes par muscles (gastrocnémiens et soléaire).

Les caractéristiques de réalisation des étirements ont été choisies en s'appuyant sur la revue de littérature réalisée en 2018 sur ces exercices chez les personnes âgées (Gama, Yamanishi, Gallo, Valderramas, & Silveira Gomes, 2018). Pour une réalisation optimale, les étirements doivent avoir un temps de répétition compris entre 30 et 60 secondes avec un nombre de répétitions compris entre 2 et 4 et un temps de 30 secondes entre les répétitions.
Concernant le temps de repos, une étude a prouvé qu'il est important de respecter une courte période (minimum 1 minute) après un temps d'étirement prolongé pour éviter des troubles de l'équilibre statique chez les personnes âgées (Han, Yuk, Hwangbo, Suh, & Kim, 2014).
Le choix de l'étirement statique a été conditionné par une étude de 2017 qui a montré que pour le triceps sural, le gain d'amplitude maximal a été acquis par cette modalité (5,41°) comparée à la méthode PNF (4,32°) ou balistique (3,53°) (Medeiros, Cini, Sbruzzi, & Lima, 2016).

Présentation des 4 exercices composant le protocole [Annexe 6] :
- **<u>Échauffement</u>** [1 minute] : En position debout avec le support d'une chaise. Le participant positionne un pied en position pointe des pieds. Ensuite, il réalise des ronds (vitesse jugée normale)

avec ce pied en gardant le contact des orteils avec le sol durant 15 secondes dans un sens puis 15 secondes dans l'autre sens. [Figure 2] Après ces 30 secondes, il change de jambe.

- **Étirement de la cheville genou tendu** [3 minutes] : En position debout avec le support d'un mur. Le participant se place face au mur les mains posées sur celui-ci à la hauteur des épaules. Il place un pied devant l'autre (distance de 20-30 centimètres) en les espaçant de la largeur des épaules. Le genou de la jambe avant est fléchi comme une position de fente et **le genou arrière est tendu**. Il doit amener le bassin vers l'avant tout en gardant le **genou arrière tendu** et le talon de la jambe arrière au sol. Lorsqu'une sensation de tension gênante, mais non douloureuse apparait, il faut maintenir la position 30 secondes. [Figure 3] Cet étirement doit être réalisé 3 fois 30 secondes par jambe en alternant le côté pour avoir un temps de repos de 30 secondes entre chaque réalisation.
- **Temps de repos** [2 minutes] : Afin d'éviter des troubles de l'équilibre, le participant est invité à un temps calme assis sur une chaise.
- **Étirement de la cheville genou fléchi** [3 minutes] : En position debout avec le support d'un mur. Le participant se place face au mur les mains posées sur celui-ci à la hauteur des épaules. Il place un pied devant l'autre (distance de 20-30 centimètres) en les espaçant de la largeur des épaules. Les genoux de la jambe avant et **arrière** sont **fléchis** comme une position de fente. Il doit amener le bassin vers l'avant tout en gardant le **genou arrière fléchi** et le talon de la jambe arrière au sol. Lorsqu'une sensation de tension gênante, mais non douloureuse apparaît, il faut maintenir la position 30 secondes. [Figure 4] Cet étirement doit être réalisé 3 fois 30 secondes par jambe en alternant le côté pour avoir un temps de repos de 30 secondes entre chaque réalisation.
- **Controlled Articular Rotations (CARs) de cheville** [1 minute] : En position assise sur une chaise. Afin de limiter les troubles de l'équilibre, il est proposé 1 minute de mouvement de cheville dans la plus grande amplitude possible en réalisant de très grands ronds à vitesse très lente. [Figure 5]

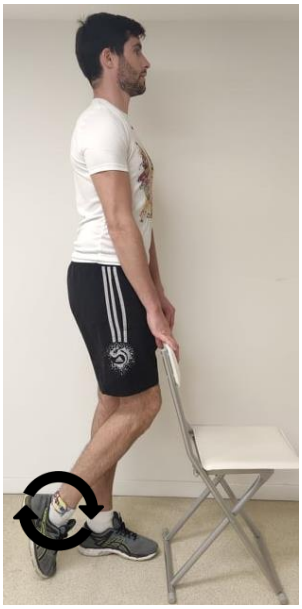


Figure 3 : Échauffement

Figure 3 : Étirement Gastrocnémiens

Figure 4 : Étirement Soléaire

Figure 5 : CARs Cheville

4.3.2 Le programme du groupe contrôle

Afin de limiter les biais motivationnels, le groupe contrôle a lui aussi un programme spécifique à réaliser 3 fois par semaine à domicile. Cependant, il a été créé pour avoir le moins de répercussions sur le gain d'équilibre, sur le complexe articulaire de la cheville et sur les propriétés des membres inférieurs. Il a été construit de manière à stimuler les capacités aérobies du participant par l'intermédiaire des membres supérieurs avec un temps d'échauffement actif des épaules (1 minute) suivi d'un circuit cardio-training d'exercices des membres supérieurs (3 minutes) réalisé à 2 reprises. Enfin, un temps de retour au calme avec la réalisation active des Controlled Articular Rotation (CARs) de l'épaule (30 secondes bras).

Présentation des 4 exercices composant le programme [Annexe 7] :

- **Échauffement** [1 minute] : En position debout. Le participant doit faire de grands ronds avec les 2 épaules en simultané à une vitesse normale. Il tourne 30 secondes dans un sens puis 30 secondes dans l'autre.
- **Exercices cardio-training des membres supérieurs** [3 minutes] : En position assise sur une chaise. Le participant avance au bord de la chaise pour avoir le dos décollé du dossier. Il a une bouteille d'eau de 50 cl dans chaque main pour réaliser les 6 exercices de 30 secondes **sans pause** entre chaque exercice. Il faut mettre de la vitesse (ressentir un essoufflement) dans les mouvements afin de stimuler le système cardio-respiratoire. Chaque exercice doit être réalisé 30 secondes en poursuivant directement avec le suivant (jusqu'à la fin des 3 minutes). Le participant réalise des mouvements de course avec les bras (1), de rameurs (2), d'épaulé-jeté (3), de boxe (4), de musculation du biceps (5) en finissant par les mouvements de courses avec les bras (6).
- **Temps de repos** [2 minutes] : En position assise pour faire redescendre la fréquence cardiaque.
- **Exercices cardio-training des membres supérieurs** [3 minutes] : Les mêmes exercices qu'avant la pause.
- **Controlled Articular Rotations (CARs) d'épaule** [1 minute] : En position assise sur une chaise. Le participant doit réaliser, avec un bras, de très grands ronds avec le bras à vitesse lente en allant chercher les amplitudes maximales sans douleur. Il réalise un rond dans un sens puis revient dans le sens inverse durant 30 secondes. Ensuite, il change de bras.

4.4 Recueil des données et traitement statistique

Les données ont été récupérées en format papier puis compilées sur Excel afin de faciliter l'analyse statistique. Pour pouvoir les utiliser correctement, plusieurs étapes ont été nécessaires :

- Suppression des données des sujets exclus.

- Conversion du document en csv pour pouvoir être lu par le logiciel d'analyse.

Le programme d'analyse statistique utilisé est JASP (0.14.1). Il permet de réaliser des procédures d'analyse standard sous leur forme classique. De plus, il est simple d'utilisation et gratuit.

Pour mettre en exergue certaines caractéristiques de l'échantillon, nous avons utilisé les statistiques descriptives et les tables de contingence afin de croiser certaines variables pour faciliter la lecture globale des données.

Nous sommes partis de l'hypothèse nulle qu'il n'existe pas de différence significative sur l'évolution de l'équilibre entre le groupe réalisant le programme PIED © et celui ayant l'ajout d'un programme spécifique d'étirement de cheville. Ce faisant, nous avons invalidé cette hypothèse en analysant des variables indépendantes qualitatives à deux niveaux (Groupe contrôle et groupe intervention ou Avant et après) et des variables dépendantes quantitatives (ex : Différence de temps de réalisation du TUG).

Dans un premier temps, nous cherchons à analyser le gain d'équilibre dû au programme PIED © seul et PIED © avec ajout d'un programme d'étirement selon la composante avant/après. Pour cela, nous utilisons un test de Student sur données appariées en vérifiant bien la normalité/homogénéité ($p>0,05$) par un « Shapiro-Wilk test » et l'égalité des variances par « Equality of variance ». Si la normalité n'est pas respectée, nous utiliserons un Wilcoxon.
Dans un second temps, nous comparons l'évolution de l'équilibre entre le groupe contrôle et le groupe intervention avant et après leurs protocoles distincts. Pour cela, nous utilisons le test statistique Anova factorielle à mesure répétée en vérifiant bien la normalité des données par un Q-Q plot of residual et l'égalité des variances. Si les données ne suivent pas ces règles, nous pourrons les corriger avec la méthode Greenhous-geisser. Nous aurons une idée de la force de l'effet observé (Effect Size) qui utilise l'analyse du η^2 et un test post-hoc.

5. Résultat

5.1 Description de l'échantillon

L'échantillon initial est constitué de 24 patients ayant été sélectionnés dans un groupe de 28 participants réalisant les ateliers « Équilibre en mouvement © ». Il représente une population de personnes âgées (> 65 ans) à risque de chute faible ou modéré vivant en région parisienne. Cet échantillon est divisé en un groupe réalisant le protocole (Cheville) et un autre témoin (Bras). Les données morphologiques des 2 groupes ne sont pas significativement différentes avec une moyenne d'âge globale de 73,6 ans (+/- 6,9) et d'IMC de 26,1 (+/-4,4) [Figure 6]. Les mesures initiales des

tests ne montrent pas de différences significatives entre les 2 groupes [Annexe 8].

	Age		Taille (m)		Poids (Kg)		IMC	
	Bras	Cheville	Bras	Cheville	Bras	Cheville	Bras	Cheville
Valid	10	13	10	13	10	13	10	13
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	73.500	73.615	1.617	1.619	70.200	67.769	26.729	25.561
Std. Deviation	6.329	7.545	0.077	0.076	13.290	17.142	4.170	4.749
Minimum	66.000	65.000	1.510	1.450	45.000	45.000	19.480	19.560
Maximum	87.000	85.000	1.750	1.740	94.000	110.000	34.950	38.060

Figure 6 : Données générales de l'échantillon

Tous les patients ont été réévalués à la fin des 12 semaines de protocole. Pour l'analyse des données, il a fallu éliminer les données d'un sujet qui n'a pas réalisé plus de 50% des ateliers de prévention des chutes (38%) [figure 7].

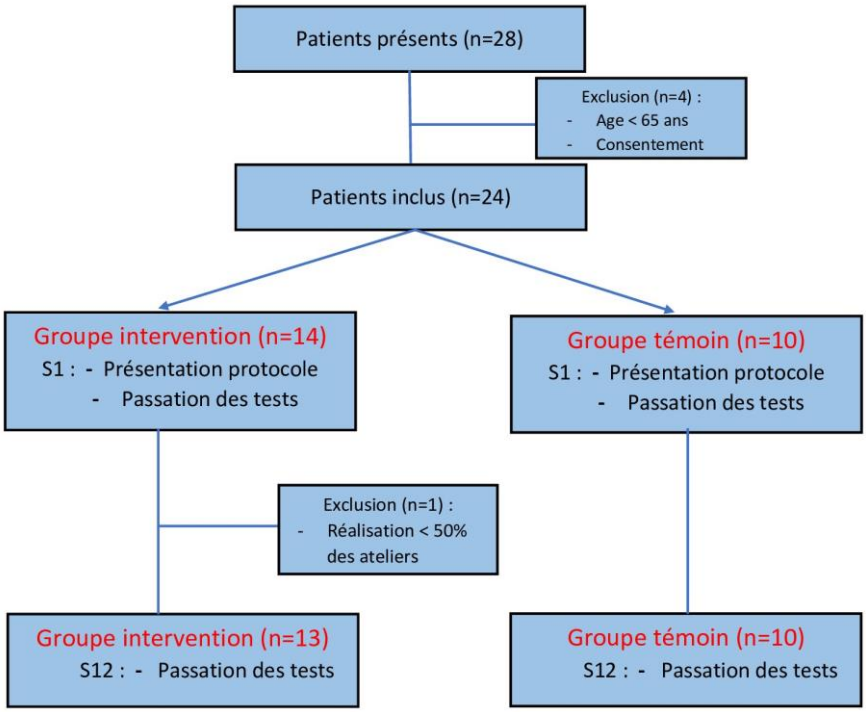


Figure 7 : Flowchart des patients

Le groupe contrôle (Cheville) a réalisé en moyenne 27 (+/-4,8) séances d'exercices axées sur l'étirement des chevilles à domicile sur les 36 possibles. C'est-à-dire que les étirements du triceps sural ont été réalisés en moyenne 4860 (+/- 864) secondes par jambe. Le nombre moyen de séances axées sur l'endurance des bras réalisés par le groupe contrôle est de 27,1 (+/-3,6).

5.2 Évolution de l'équilibre et des amplitudes de chevilles

Plusieurs tests ont été réalisés afin d'évaluer l'équilibre statique et dynamique des participants ainsi que leur amplitude de cheville.

5.2.1 L'équilibre dynamique : Timed Up And Go (TUG)

Il s'agit du critère principal de l'étude pour évaluer l'équilibre dynamique des personnes âgées. C'est grâce à ces données que nous allons pouvoir répondre à la problématique de l'impact d'une intervention basée sur l'étirement de cheville pour favoriser l'équilibre des sujets âgés réalisant des ateliers de prévention des chutes.

En moyenne dans le groupe intervention (Cheville), avant les ateliers de prévention des chutes et du protocole, les participants réalisent le TUG en 10,66 sec. À la suite des 12 semaines d'activités, ce chiffre passe à 8,71 sec (-18,3%). Pour le groupe contrôle (Bras), cette moyenne passe de 9,57 à 8,36 sec (-12,6%) [Tableau 1]. Les 12 semaines de protocole engendrent une baisse du temps de réalisation du TUG aussi bien dans le groupe contrôle qu'intervention [Figure 8].

	TUAG [S1] (s)		TUAG [S12] (s)	
	Bras	Cheville	Bras	Cheville
Valid	10	13	10	13
Missing	0	0	0	0
Mean	9.574	10.658	8.358	8.715
Std. Deviation	1.748	1.830	1.200	1.508
Minimum	7.600	8.130	7.500	6.330
Maximum	13.260	13.200	10.960	12.000

Tableau 1 : Résultats au TUG

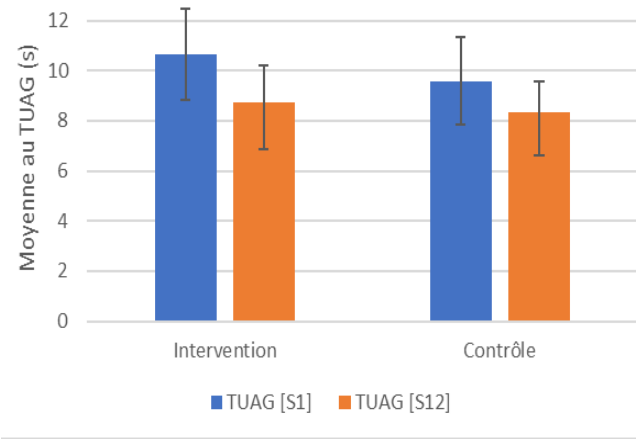


Figure 8 : impact des 12 semaines en fonction du protocole sur le temps moyen de réalisation du TUG

Pour analyser l'effet des 12 semaines d'atelier des chutes et du protocole intervention ou contrôle sur le TUG, nous réalisons un « Shapiro-Wilk test » afin de choisir le test d'analyse correspondant. Il en ressort un p-value supérieur à 0,05 nous permettant d'utiliser un test de Student sur données appariées.

Au vu des résultats aux tests de Student sur données appariées, il y a un effet significatif des 12 semaines avec le protocole intervention ($t(12) = 5.59$, $p < .001$) et avec le protocole contrôle ($t(9) = 3.65$, $p = .005$) sur le temps de réalisation du TUG [Tableau 2]. Cet effet est élevé pour les 2 conditions ($d = 1.551$ et $d = 1.155$). Nous pouvons en conclure que le fait de réaliser 12 semaines d'atelier de prévention des chutes ainsi qu'un protocole d'étirement de chevilles ou un protocole aérobie des membres supérieurs permet d'améliorer significativement le temps de réalisation du TUG. Cela corrobore les observations réalisées sur les histogrammes et analyses descriptives. Il est bon de noter que la taille d'effet et la valeur t sont plus élevées dans le groupe ayant réalisé le protocole axé sur l'étirement des chevilles : ce résultat peut mettre en relief l'efficacité de ce protocole.

Groupe Intervention

Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	t	df	p	Cohen's d
TUAG [S1] (s)	-	TUAG [S12] (s)	5.593	12	< .001	1.551

Groupe Contrôle

Paired Samples T-Test ▼

Measure 1		Measure 2	t	df	p	Cohen's d
TUAG [S1] (s)	-	TUAG [S12] (s)	3.652	9	0.005	1.155

Tableau 2 : Analyse de l'impact des 12 semaines en fonction du protocole sur le temps moyen de réalisation du TUG

Il est donc important de vérifier cette tendance d'amélioration en analysant les données liées à l'équilibre statique.

5.2.2 L'équilibre statique : FRT, OLB, SR

Plusieurs mesures ont été réalisées pour évaluer l'équilibre statique des participants de l'étude. Ces données viennent en complément du TUG afin d'avoir une visibilité plus globale sur l'équilibre. Pour cela, nous analyserons le Fonctional Reach Test (FRT), le One Leg Balance test (OLB) et le Sharpened Romberg (SR) yeux ouverts et fermés. Nous avons utilisé le test de Student sur données appariées (Paired samples T-test) lorsque les données suivaient une loi normale et l'égalité des variances sinon nous avons utilisé un Wilcoxon (Wilcoxon signed-rank test).

Pour le groupe intervention, il y a un effet significatif des 12 semaines avec le protocole cheville sur le temps de réalisation du OLB ($t(12) = -5.09$, $p < .001$), sur le FRT ($t(12) = -5.05$, $p < .001$) et sur le SR yeux fermés ($z(12) = -2.52$, $p = .014$). De plus, la taille d'effet est élevée pour ces 3 conditions ($d = -1.41$; $d = -1.65$; $R = -1$) [Tableau 3]. Ces résultats révèlent l'impact positif des 12 semaines d'atelier de prévention des chutes et du protocole de cheville sur l'équilibre statique unipodal (+ 4,6 s / 31,2%) fonctionnel (+4,46 cm / 14,8%) et exigeant sensoriellement (+ 4,11 s / 21%) [Annexe 9]. Il n'y a pas eu de changement significatif pour le SR yeux ouverts.

Pour le groupe contrôle, l'impact des 12 semaines avec le protocole bras est significatif sur temps de réalisation du OLB ($z(9) = -2.32$, $p = 0{,}002$) avec + 4,39 s (44%) et sur le SR yeux fermés ($t(9) = -2.32$, $p = .045$) avec + 0,6 s (4,2%). De plus, la taille d'effet est modérée sur le SR yeux fermés ($d = -0{,}73$) et élevée pour l'OLB ($R = -1$) [Tableau 3].

Il y a la même tendance que pour le TUG avec une taille d'effet, valeur t et z plus élevées dans le groupe ayant réalisé le protocole axé sur l'étirement des chevilles.

Intervention

Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	t	df	p	Cohen's d
OLB - Billat.ral [S1] (s)	-	OLB - Billat.ral [S12] (s)	−5.085	12	< .001	−1.410
FRT [S1] (cm)	-	FRT [S12] (cm)	−5.949	12	< .001	−1.650

Wilcoxon signed-rank test.

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p	Rank-Biserial Correlation
SR - YO [S1] (s)	-	SR - YO [S12] (s)	0.000	−1.826		0.100	−1.000
SR - YF [S1] (s)	-	SR - YF [S12] (s)	0.000	−2.521		0.014	−1.000

Contrôle

Paired Samples T-Test ▼

Measure 1		Measure 2	t	df	p	Cohen's d
SR - YF [S1] (s)	-	SR - YF [S12] (s)	−2.321	9	0.045	−0.734
FRT [S1] (cm)	-	FRT [S12] (cm)	−1.766	9	0.111	−0.559

Wilcoxon signed-rank test.

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p	Rank-Biserial Correlation
OLB - Billat.ral [S1] (s)	-	OLB - Billat.ral [S12] (s)	0.000	−2.803		0.002	−1.000
SR - YO [S1] (s)	-	SR - YO [S12] (s)	0.000	−2.023		0.059	−1.000

Tableau 3 : Analyse de l'impact des 12 semaines en fonction du protocole sur les tests OLB, FRT et SR

5.2.3 L'amplitude de cheville : WBLT et Goniométrie

La composante principale sur laquelle est fondée notre intervention est l'étirement de cheville qui cherche à en augmenter l'amplitude pour mesurer son impact dans l'équilibre. On saisit nettement l'évolution grâce à une évaluation centimétrique par le Weight Bearing Lunge Test (WBLT) et une évaluation d'angle par la goniométrie passive en charge (Gonio).

Par conséquence, pour le groupe intervention, les 12 semaines avec le protocole cheville ont un effet significatif sur l'amplitude de cheville pour le WBLT ($t(12) = -3.54$, $p = .004$) et pour la Gonio ($t(12) = -8.51$, $p < .001$) [Tableau 4]. Cet effet est élevé pour les 2 tests ($d = -0.98$ et $d = -2,36$). Effectivement, la dorsiflexion de cheville augmente en moyenne de 8° (23,8%) pour la goniométrie et de 1,85cm (17,47%) pour le WBLT [Annexe 10].

Pour le groupe contrôle, seul la Gonio a été impactée significativement ($t(9) = -2.38$, $p = .041$) avec un effet moyen ($d = -0.75$) [Tableau 4]. Cependant, la dorsiflexion de cheville n'a évolué en moyenne que de 0,9° (2,8%) [Annexe 10].

Encore une fois, les tailles d'effets et les valeurs t sont plus élevées dans le groupe ayant réalisé le protocole axé sur l'étirement des chevilles.

Intervention

Paired Samples T-Test ▼

Measure 1		Measure 2	t	df	p	Cohen's d
WBLT - Billat.ral [S1] (cm)	-	WBLT - Billat.ral [S12] (cm)	−3.536	12	0.004	−0.981
Gonio - Billat.ral [S1] (.)	-	Gonio - Billat.ral [S12] (.)	−8.506	12	< .001	−2.359

Contrôle

Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	t	df	p	Cohen's d
WBLT - Billat.ral [S1] (cm)	-	WBLT - Billat.ral [S12] (cm)	−1.329	9	0.216	−0.420
Gonio - Billat.ral [S1] (.)	-	Gonio - Billat.ral [S12] (.)	−2.377	9	0.041	−0.752

Tableau 4 : Analyse de l'impact des 12 semaines en fonction du protocole sur l'amplitude de cheville

5.3 Impact du protocole interventionnel sur l'équilibre et les amplitudes de chevilles

Nous avons vu précédemment que de nombreuses caractéristiques se sont améliorées aussi bien dans le groupe protocole que le groupe contrôle. Il existe cependant une tendance qui semble révéler une plus nette amélioration dans le groupe intervention. Pour vérifier cela, nous allons comparer directement l'effet des 2 protocoles sur les données grâce au test statistique Anova factorielle à mesure répétée en vérifiant bien la normalité des données par un Q-Q plot of residual et l'égalité des variances.

5.3.1 L'équilibre dynamique : Timed Up And Go (TUG)

A la suite des 12 semaines d'atelier équilibre et de protocole, on note une amélioration significative à la passation du TUG dans les 2 groupes. Nous avons pu ressortir une tendance de gain de temps plus important chez les participants ayant réalisé l'intervention autour de l'étirement, avec une diminution de 1,95 seconde (18,3%), que ceux du groupe contrôle, avec une diminution de 1,21 sec (12,6%) [Figure 9].

La vérification de la normalité et variance des données (p = .661 et .518) permet d'appliquer le test statistique évoqué auparavant. Il met en évidence l'absence d'effet significatif du type de protocole quant à l'amélioration au TUG (F (1,21) = 2.18, p = .155) [Tableau 5]. Même si la valeur de p se rapproche de la valeur seuil (0,05), le risque est trop important de rejeter l'hypothèse qu'il n'existe pas d'effet du protocole concernant l'amélioration de l'équilibre dynamique (TUG). Il est alors intéressant d'approfondir l'équilibre statique.

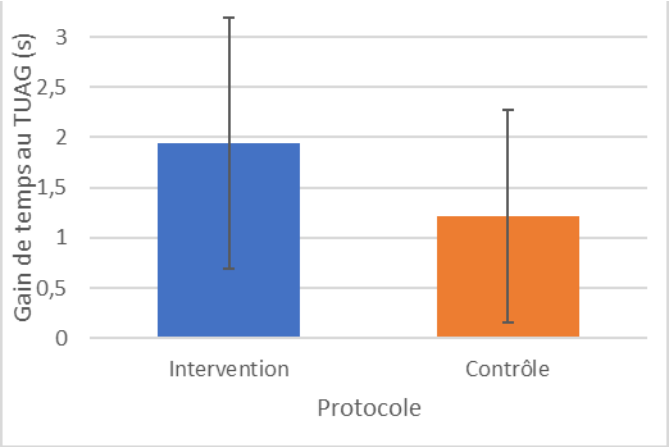


Figure 9 : Amélioration moyenne au TUG en fonction du protocole

Within Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
RM Factor 1	28.204	1	28.204	41.121	< .001	0.197
RM Factor 1 ✻ Protocole	1.494	1	1.494	2.178	0.155	0.010
Residuals	14.403	21	0.686			

Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
Protocole	5.863	1	5.863	1.316	0.264	0.041
Residuals	93.523	21	4.453			

Note. Type III Sum of Squares

Tableau 5 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration au TUG

5.3.2 L'équilibre statique : FRT, OLB et SR

Nous allons nous focaliser sur les données ayant eu une amélioration significative à la suite des 12 semaines d'atelier de prévention des chutes et de protocole spécifique. Toutes les caractéristiques pour appliquer les tests statistiques ont été vérifiées (p > .05) et nous permettent d'appliquer l'Anova factorielle à mesures répétées.

L'analyse atteste l'absence d'effet significatif du type de protocole quant à l'amélioration du OLB (F (1,21) = 2.26, p = .148) [Annexe 11].

Au contraire, il existe un effet significatif du type de protocole quant à l'amélioration du FRT (F (1,21) = 10.94, p = .003) et du SR yeux fermés (F (1,21) = 4.42, p = .048). Cet effet est faible pour le FRT (η^2 = .02) et le SR yeux fermés (η^2 = .006) [Annexes 12 et 13]. Cette différence significative de résultat selon le protocole est bien visible par représentation graphique [Figure 10]. Les participants ayant réalisé le protocole intervention d'étirement de chevilles ont obtenu en moyenne un gain supplémentaire de 3,36 cm au FRT et de 3,52 s au SR

yeux fermés comparés au groupe contrôle.

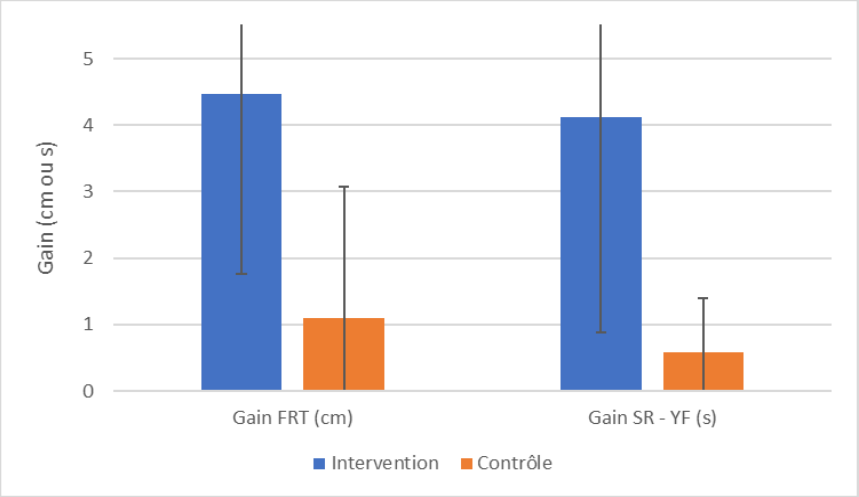


Figure 10 : Amélioration moyenne aux FRT et SR - YF selon le protocole

Sur ces données, l'équilibre statique fonctionnel (FRT) et exigeant sensoriellement (SR - YF) a été impacté d'une plus grande manière par le protocole d'étirement de cheville.

5.3.3 L'amplitude de cheville : WBLT et goniométrie

Comme vu précédemment, l'amplitude de cheville s'est évidemment plutôt améliorée dans le protocole d'étirement de cheville (intervention) que dans celui aérobie des membres inférieurs (contrôle).

Le type de protocole engendre un effet significatif quant à l'amélioration de l'amplitude de cheville sur le WBLT (F (1,21) = 7.7, p = .011) et la Gonio (F (1,21) = 39.65, p < .001). Cet effet est faible pour le WBLT (η^2 = .024) et la Gonio (η^2 = .066) [Annexes 14 et 15].

6. Discussion

Nous avons établi précédemment que le maintien de l'équilibre et par conséquent le risque de chute, notion clé chez les personnes âgées, sont influencés par de nombreux facteurs dont l'amplitude en dorsiflexion de cheville. Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur l'impact de l'ajout d'un programme d'étirement de cheville à un atelier de prévention des chutes PIED © sur l'équilibre de cette population. En effet, il a été montré qu'une diminution de l'amplitude en dorsiflexion de cheville est un prédicteur du risque de chute (Kemoun, Thoumie, Boisson, & Guieu, 2002 ; Menz, Morris, & Lord, 2006). C'est dans cette optique que nous avons développé ce protocole d'étude et choisi des marqueurs de l'équilibre dynamique, statique, fonctionnel et de l'amplitude de cheville. Dans cette partie, nous analyserons les résultats afin de répondre à notre problématique et d'amorcer une discution autour de cette interrogation initiale :

L'ajout aux ateliers de prévention des chutes PIED © d'un programme spécifique à la flexion dorsale de cheville, basé sur des étirements, permettrait-il de potentialiser des gains d'équilibre des personnes âgées ?

6.1 Discussion des résultats

Tous les marqueurs ont été modifiés par l'intervention de 12 semaines d'atelier PIED © et des interventions.

6.1.1 Impact du protocole interventionnel sur l'équilibre et les amplitudes de chevilles

Afin de répondre à cette problématique, il est important d'analyser les résultats par une Anova factoriel à mesures répétées qui permet d'isoler les gains engendrés par l'étirement de cheville. Cette analyse fait ressortir des conclusions nuancées concernant les différents tests utilisés.

Le type de protocole sur le temps de passation du TUG, marqueur principal de la problématique, et du OLB n'a pas d'effet significatif sur l'amélioration de ces mesures. Il est toutefois intéressant de noter que leurs probabilités d'occurrence « p » à l'Anova sont respectivement de 0.155 et 0.148. Cela montre que la probabilité de rejeter l'hypothèse, qu'il n'y ait pas d'effet du type de protocole sur les mesures, alors qu'elle est vraie est de 15,5% pour le TUG et 14,8% pour l'OLB. Même si cela est bien au-dessus de la limite statistiquement acceptable (5%), la tendance se rapproche plus de cette valeur que de 95%. C'est-à-dire que l'effet des étirements n'est pas assez important pour être notable, mais qu'une interaction peut exister avec l'amélioration de l'équilibre dynamique et statique unipodal.
Cependant, le type de protocole a un effet significatif sur le gain d'équilibre statique fonctionnel (FRT) et exigeant sensoriellement (SR - YF) ainsi que sur le gain d'amplitude en flexion dorsale de cheville (WBLT et Gonio) même si l'effet est faible. Il s'agit du groupe réalisant le protocole d'étirement de cheville qui améliore le plus ces mesures.

Les résultats nous permettent donc de ressortir le fait qu'un protocole d'étirement de cheville à domicile n'a pas d'impact supplémentaire au gain d'équilibre dynamique et unipodale engendré par les ateliers de prévention des chutes PIED ©. Mais il engendre une potentialisation des gains générés par les ateliers PIED © au niveau de l'équilibre statique fonctionnel (FRT), exigeant sensoriellement (SR - YF) ainsi que de l'amplitude en dorsiflexion de cheville (WBLT et Gonio). Le critère principal de l'étude étant l'équilibre dynamique (TUG), nous devons invalider l'hypothèse initiale : il n'existe pas de différence significative sur l'évolution de l'équilibre entre le groupe réalisant le programme PIED © et celui bénéficiant en plus d'un programme spécifique d'étirement de cheville.

Pour comprendre ce constat, outre le fait que l'équilibre est la résultante de plusieurs systèmes mécaniques et neurologiques, il est intrigant d'observer que d'autres caractéristiques spécifiques à la cheville ont un impact direct sur l'équilibre. En effet, il paraît insuffisant d'isoler une des composantes de ce complexe articulaire pour produire des améliorations notables.

Comme présenté dans l'étude de Kemoun et al. (2.4.3), un des éléments très présents chez les sujets chuteurs est le retard de dorsiflexion causé par une diminution de fonction du muscle Tibial Antérieur (TA) (Kemoun, Thoumie, Boisson, & Guieu, 2002). Pour approfondir cette hypothèse, Kubota et al. en 2019 ont expliqué que le TA a un rôle important dans le soutien du corps et lors du cycle de marche, notamment lors de l'attaque du talon au sol. Dans cette étude, les auteurs ont mis en évidence une tendance à l'amélioration de la vitesse de marche et de l'équilibre dynamique grâce à un entrainement excentrique du TA. Pour cela, ils ont mis en place un cross-over test incluant 11 personnes âgées qui ont bénéficié de 4 séances d'exercices de contrôle excentrique du TA en 1 mois avec une assistance robotisée. Les critères d'évaluations étaient le TUG et le test de marche de 5 mètres (Kubota, Sekiya, & Tsuji, 2019).

Une autre caractéristique importante est la co-activation musculaire des muscles autour de l'articulation de la cheville pour éviter les chutes et l'instabilité. Chez les personnes âgées, la co-contraction quasi constante des muscles autour de la cheville, pour lutter contre la faible raideur musculo-tendineuse et la diminution de la vitesse de réaction, est associée à un risque accru de chute (Nelson-Wong, et al., 2012). Il peut donc être avantageux d'associer un étirement du triceps sural à un travail d'activation complémentaire de ce dernier avec le TA.

Grâce à ces études, on comprend que créer un protocole axé sur plusieurs composantes de la cheville entrant en jeu dans l'équilibre des personnes âgées peut être intéressant. A l'inverse, chercher à tout prix à augmenter la souplesse du triceps sural sans recherche de gain de mobilité (contrôle) peut s'avérer contreproductif. En effet, en diminuant cet indice de raideur, nous pouvons déstabiliser la mécanique de maintiens de cheville (El Helou, 2011). C'est pour cela qu'il est important de coupler ces notions d'étirements à la réalisation d'une activité physique comme celle proposée dans le programme PIED ©.

Il est tout de même notable que l'ajout du programme d'étirement de cheville à domicile ait entraîné des répercussions positives quant à l'évolution de deux caractéristiques de l'équilibre statique et de l'amplitude en flexion dorsale. De plus, le protocole a bien été accepté par les participants qui l'ont réalisé en moyenne à 72% et nous ont fait un retour d'expérience positif.

L'analyse des résultats avant/après intergroupe, nous a permis de répondre à notre

questionnement initial. Cependant, il est intéressant d'approfondir notre raisonnement pour comprendre l'impact de ces 12 semaines sur les différentes caractéristiques étudiées afin d'affiner le rôle de l'atelier de prévention des chutes PIED ©.

6.1.2 Évolution de l'équilibre et des amplitudes de chevilles

En évaluant de manière isolée le groupe intervention (Cheville) et le groupe contrôle (bras), nous avons pu ressortir des améliorations significatives sur plusieurs tests d'équilibre et d'amplitude de cheville. Il est important de noter que les 2 groupes ont effectué le programme PIED © en parallèle des protocoles spécifiques durant 12 semaines.

Le Temps de passation du TUG, marqueur principal de la problématique, du OLB, du SR yeux fermés ainsi que l'amplitude de cheville par la goniométrie passive ont été améliorés significativement dans les deux conditions de l'étude. Le groupe intervention bénéficie en plus d'une amélioration du FRT et de l'amplitude de cheville par le WBLT. Les résultats du SR yeux ouverts ne s'améliorent pas drastiquement. Cela peut être dû au fait que le temps de passation maximale de ce test (30 secondes) est atteint par de nombreux participants dès les mesures initiales engendrant un effet plafond.

Ces résultats attestent que la réalisation sur 12 semaines d'un atelier de prévention des chutes associé à un protocole d'étirement de cheville (intervention) ou d'exercice aérobie des membres supérieurs (contrôle) à domicile améliore l'équilibre des personnes âgées. L'incidence de ces 12 semaines se retrouve aussi bien sur l'équilibre dynamique que sur les différentes caractéristiques de l'équilibre statique. Dans un autre registre, le protocole d'étirement de cheville améliore de manière significative l'amplitude de cheville en flexion dorsale aussi bien à la mesure en goniométrie de charge (+17,47%) qu'au Weight Bearing Lunge Test (+23,8%) contrairement au groupe contrôle qui a une très faible évolution au niveau de la goniométrie (+2,8%). De plus, il existe une tendance d'amélioration générale supérieure avec le protocole cheville visible au niveau des tailles d'effets, score t ou z des participants.

Plusieurs facteurs influent sur l'amélioration de l'équilibre, dont la réalisation des 12 semaines d'atelier PIED © qui utilise, entre autres, l'activité physique comme médiation principale. Une revue systématique, réalisée en 2019 par Thomas et al, a trouvé des résultats similaires aux nôtres en mettant en relation l'amélioration de l'équilibre dynamique et statique avec une intervention centrée sur l'exercice physique auprès des personnes âgées. Cette revue a analysé les conclusions de 8 études regroupant 200 participants réalisant des interventions durant en moyenne 14,4 semaines. Il en ressort une amélioration moyenne aux tests d'équilibre de 24,9% (TUG, OLB, Tinetti, Berg Balance Scale) (Thomas, Battaglia, Patti, Brusa, & Leonardi, 2019). Pour tous nos participants,

l'amélioration moyenne au TUG est de 15,8% et 36,8% à OLB. De plus, l'évaluation du programme PIED © a aussi mis en évidence un gain significatif de l'équilibre (Berg Balance Scale et FRT) (Fauchard & Le Cren, 2009). Notre protocole confirme donc l'intérêt du programme PIED © pour une prévention des chutes en renforçant les capacités d'équilibre des personnes âgées.

Cependant, un autre facteur impactant l'équilibre peut être le protocole d'étirement de cheville. En effet, il ressort de l'étude de Gadjosik et de celle de long et al. présentées dans la partie 2.4.4 ressort une amélioration significative au TUG (respectivement 8,2% et 19%) grâce à un protocole similaire (Gajdosik R. L., Vander Linden, McNair, Williams, & Riggin, 2005 ; Long, Jackson, & Laubach, 2013). Il a été prouvé que la réduction de l'amplitude de cheville, particulièrement la flexion dorsale, est un signe prédictif du risque de chute (Kemoun, Thoumie, Boisson, & Guieu, 2002). L'amélioration de cette caractérisque pourrait améliorer l'équilibre en permettant un contrôle plus fin, dynamique et un meilleur déroulé du pas. Cela semble visible ici par le FRT qui a significativement progréssé dans le groupe intervention. Il reste tout de même le questionnement de l'évolution positive du groupe contrôle sur les autres tests.

Une étude réalisée en 2017 par Do Rosario et al. a lié ces deux facteurs d'une manière similaire à notre étude. Mais contrairement à elle, ils n'ont pas ressorti d'évolution significative aux tests d'équilibre (TUG, FRT, QuickScreen). Cette étude a déterminé les effets d'un programme d'entraînement fonctionnel et d'étirement de la cheville sur le couple du triceps sural, l'indice de raideur passive et les indicateurs du risque de chute chez les personnes âgées. Vingt femmes (73,4 ± 7,3 ans) ont été réparties dans un groupe d'intervention ou de contrôle. L'intervention de 12 semaines consistait en un entraînement fonctionnel et des exercices d'étirement des mollets effectués deux fois par semaine (2*50 minutes). Les mesures du couple maximal passif et actif, de la rigidité passive, de l'angle maximal de dorsiflexion et des indices de risque de chute (TUG, FRT, QuickScreen) ont été recueillies (Do Rosario, Da Fonseca Martins, Peixinho, & Oliveira, 2017). Les différences avec notre étude sont :

- Au niveau de l'étirement de cheville en dorsiflexion, il n'est effectué que genou tendu (gastrocnémiens) et 2 fois par semaine 3 minutes contre 3 fois 6 minutes avec une division du temps entre genou tendu et fléchi pour notre étude.
- Au niveau des exercices fonctionnels, il n'y a pas de séance d'activités physiques à domicile (30 min) ni de séance d'information sur les risques de chutes et bonnes conduites.
- Les capacités initiales des participants sont plus élevées que dans notre étude avec un temps moyen au TUG de 7,98s contre 10,19s pour nos participants.

Les résultats de cette étude sont en contradiction avec les nôtres et ceux ayant évalué l'apport de l'activité physique chez les personnes âgées. Le faible échantillon et le niveau initial élevé des

participants de cette étude peuvent cependant être un frein à la comparaison avec la notre et nos résultats qui montrent une amélioration globale de l'équilibre chez tous nos participants.

L'amélioration de l'amplitude de la dorsiflexion de cheville est significative dans le groupe intervention (17,5% en Gonio et 23,8% au WBLT). À l'instar de ces résultats, l'étude de Do Rosario et al. a mis en exergue une augmentation significative de cette amplitude de 15,1%. Les études de Gajdosik et al. et Long et al. sont arrivées à des conclusions similaires avec une évolution respective de 35% et 20% de l'amplitude en flexion dorsale. A n'en pas douter, notre protocole d'étirement de cheville a un effet positif sur la dorsiflexion de cheville.

Au fil de notre analyse, nous pouvons mettre en avant le fait que l'atelier de prévention des chutes PIED ©, utilisant principalement l'activité physique adaptée, engendre des gains au niveau de toutes les caractéristiques étudiées. L'ajout d'un protocole à domicile axé sur la cheville peut permettre, sur certaines spécificités de l'équilibre, de favoriser cette évolution sans outrepasser le programme PIED ©.

6.2 Limites et biais méthodologiques

6.2.1 Biais de mesure

Afin d'évaluer l'évolution des capacités d'équilibre des participants, nous avons choisi de réaliser des tests cliniques en raison de leurs bonnes propriétés clinimétriques, de leurs facilités de mise en place et de leur bonne représentativité du risque de chute. L'évaluation de l'équilibre dynamique par le TUG permet une comparaison avec d'autres études existantes, mais ce test n'est pas précis sur la qualité et stabilité de cette fonction. Au niveau du SR – yeux ouverts, nous avons atteint un effet plafond ne permettant pas d'analyser les résultats.

Afin d'évaluer l'évolution de l'amplitude de dorsiflexion de cheville, les deux tests choisis ont été réalisés en charge avec comme unité de mesure des degrés pour la goniométrie et des centimètres pour le WBLT. Le choix de l'utilisation de la mise en charge a été conditionné par le rapport de la Haute Autorité de santé qui la considère comme seule approche quantitative fiable pour évaluer la mobilité de cheville (HAS, 2000). Cependant, la réalisation par les participants fut plus difficile que prévu du fait de la complexité de réalisation de la posture, de la représentation inter-individuelle d'étirement maximal (sensation de douleur), des douleurs articulaires sus-jacentes (genou et hanche). Cela a engendré plusieurs essais par participant afin d'obtenir des résultats stables.

Du point de vue de la prise des mesures, le fait qu'elle ait été réalisée par un seul opérateur réduit la problématique liée à la fiabilité inter-examinateur. Cependant, le fait que l'étude ne soit pas

en double aveugle peut engendrer une subjectivité chez l'opérateur qui peut inconsciemment légèrement sur ou sous évaluer selon le groupe.

6.2.2 Limites de méthodologie

Concernant la validité interne, la construction de l'étude l'exclut du type d'essai contrôlé randomisé qui est le type d'étude de référence afin d'établir des liens de causalité. En effet, la randomisation n'a pas eu lieu du fait de l'environnement de l'étude. Cependant, les participants se sont répartis de façon libre en deux groupes avant de savoir qu'ils participaient à une étude et les différences initiales de mesures intergroupes ne sont pas significatives.

Le fait que tous les tests d'évaluation de l'équilibre dynamique soient cliniques ne nous permet pas de réaliser une analyse précise des modifications liées à l'intervention. Ainsi, il est difficile de comprendre profondément les implications physiologiques du protocole d'étude. C'est pourquoi, il serait pertinent d'évaluer l'évolution de l'équilibre dynamique avec des instruments de mesure tridimensionnels (système optoélectronique d'analyse du mouvement) couplé avec une plateforme de force. Cela permettrait d'obtenir des données biomécaniques précises pour une étude de la cinématique et de la cinétique du mouvement des participants. De plus, comme nous l'avons précédemment expliqué, l'analyse de l'activité musculaire des muscles autour de la cheville avec de l'électromyographie peut être une manière d'évaluer l'évolution de la synergie musculaire.

Concernant la validité externe, la petite taille de l'échantillon est une limite de la présente étude (démontrée par la faible taille d'effet) et peut justifier l'absence de résultats concernant le gain d'équilibre dynamique. Afin d'appliquer le théorème de la limite centrale, qui permet de considérer toutes les variables comme suivant la loi normale, il serait approprié de réaliser l'étude avec 2 groupes de plus de 30 participants. Cependant, les résultats ont pu être analysés et indiquent des tendances significatives.

En nous concentrant sur l'échantillon, nous pouvons voir qu'il n'est pas réellement représentatif de la population des personnes âgées autonome à domicile d'Île-de-France. En effet, le lieu de résidence (Paris), la moyenne d'âge (73,6 ans) et la motivation à la réalisation des ateliers de prévention des chutes (pro-actif) peuvent jouer dans l'analyse de résultats. Néanmoins, le concept de représentativité a été réfléchi avec la mise en place de critères d'inclusion et d'exclusion spécifiques.

6.3 Apports de l'étude et perspectives

Malgré les différents biais et limites évoqués ci-dessus et l'invalidation de l'hypothèse initiale, les résultats acquis restent intéressants à analyser. Lors de nos recherches, nous avons pu constater

la carence de bibliographie scientifique sur ce sujet. De plus, les échanges avec les professionnels réalisant les ateliers de prévention des chutes proposés par la PRIF ont montré leurs soucis constants d'amélioration dans la prise en charge des personnes âgées. Cette étude pourrait aussi permettre une prise de conscience par les masseurs-kinésithérapeutes que certaines prises en charge validées scientifiquement existent en région parisienne et que leurs patients peuvent avoir un bénéfice à les réaliser. En effet, si l'intérêt du rajout d'un protocole d'étirement de cheville aux ateliers de prévention des chutes n'est pas établi, il est important de noter que l'intervention de 12 semaines engendre des gains significatifs dans tous les domaines de l'équilibre étudiés.

L'une des perspectives de cette étude pourrait être d'évaluer à 1 an le nombre de chutes chez les participants ayant réalisé les deux protocoles afin d'avoir des données spécifiques concernant l'impact sur le risque de chute. Dans un autre registre, nous pourrions modifier le protocole intervention, en ajoutant un travail excentrique du triceps sural, afin de favoriser l'activation du tibial antérieur pour jouer sur les différentes caractéristiques de la cheville mise en jeu dans l'équilibre dynamique.

Dans une optique de recherche, l'évaluation des caractéristiques biomécaniques lors de la marche permettrait de saisir avec précision l'impact d'un tel protocole afin de comprendre les modifications physiologiques de l'intervention.

7. Conclusion

Comme nous avons pu le voir, le vieillissement est un enjeu majeur dans les politiques de santé françaises. Or, la prévention présente de nombreux avantages dans l'évitement de la chute de la population âgée. Or, il a été démontré que le déficit d'amplitude en flexion dorsale de cheville était un des facteurs de risque et que les meilleures interventions de prévention des chutes dans la population âgée sont des ateliers multimodaux. En Île-de-France, les ateliers de prévention PIED © sont proposés et pourraient être améliorés par l'ajout d'interventions spécifiques autour de l'étirement de cheville.

Dans cette étude, l'objectif principal était de montrer l'efficacité de l'ajout d'étirement en dorsiflexion de cheville à des ateliers de prévention des chutes sur l'amélioration de l'équilibre chez les personnes âgées. L'approfondissement des résultats avec des méthodes statistiques ne nous permet pas de valider cette hypothèse. En effet, le protocole intervention n'est pas significativement supérieur au protocole contrôle concernant le gain d'équilibre dynamique (TUG), celui-ci étant le critère de jugement principal, et l'équilibre statique unipodale (OLB). Néanmoins, l'intervention a

permis une potentialisation significative des apports au niveau de l'équilibre fonctionnel (FRT), exigeant sensoriellement (SR – YF) et de l'amplitude en dorsiflexion (WBLT et Gonio) avec une faible taille d'effet.

En outre, 12 semaines d'études avec les 2 protocoles particuliers ont permis une amélioration significative de plus de 10% à tous les tests cliniques précédemment présentés. Cela atteste de la nécessité de mettre en avant la grande importance des ateliers multimodaux de prévention des chutes PIED © dans la population âgée et vient valider les précédentes études sur ces prises en charge.

Inclure les professionnels de santé dans cette dynamique de prévention, par une connaissance de ce qui est proposé par la région Île-de-France et de son impact réel dans le parcours de soin de leur patient à risque de chute, est essentiel. La coordination entre tous les acteurs du parcours de prévention des personnes âgées serait une évolution majeure dans la prise en charge du vieillissement.

Bien sûr, cette étude n'est qu'une porte d'entrée pour évaluer l'impact de l'étirement de cheville sur l'amélioration de l'équilibre chez les personnes âgées. Nous pouvons nous interroger sur le bénéfice de vérifier à distance l'effet réel sur les chutes d'une intervention spécifique autour de la cheville. De surcroît, nous pourrions évaluer avec des données plus précises et biomécaniques les modifications profondes engendrées par ce protocole.

8. Bibliographie

A.R.I.F. (2011). *La politique française en faveur des personnes âgées.* CAFDES.

Aubert, J. A. (2001). *Vieillissement et psychomotricité.* Louvain-la-neuve: De Boeck Supérieur s.a.

BDSP, B. d. (2008). *Glossaire multilingue de 400 concepts de santé publique et de promotion de la santé.* Paris: Banque de données Santé publique. Récupéré sur http://www.bdsp.tm.fr/Glossaire/Default.asp

Belhassen, S. (1999). Chute et altération de la vision. (J. Jacquot, Éd.) *La chute de la personne âgée*, 86-90.

Blain, H., Bloch, F., Borel, L., Dargent-Molina, P., Gauvain, J.-B., Hewson, D., . . . Puisieux, F. (2015). *Activité physique et prévention des chutes chez les personnes âgées.* Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) . Paris: Editions EDP.

Bongue, B., Hugues, J., Achour, E., Colvez, A., Sass, C., & Elsevier. (2016, Juillet). Mieux prévenir les chutes chez les personnes âgées. *Soins gérontologie n°120*, pp. 24-29.

Cheng, P., Tan, L., Ning, P., Li, L., Gao, Y., Wu, Y., . . . Hu, G. (2018, Février). Comparative effectiveness of published interventions for elderly fall prevention: a systematic review and network meta-analysis. *International journal of environmental research and public health Volume 15*, pp. 498-512.

Chiacchiero, M., Dresely, B., Silva, U., DeLosReyes, R., & Vorik, B. (2010). The Relationship Between Range of Movement, Flexibility, and Balance in the Elderly. *Geriatric Rehabilitation*, pp. 148–155.

Cleland, J., Pillu, M., Koppenhaver, S., & Su, J. (2012). Chapitre 8 : Pied et cheville. Dans J. Cleland, M. Pillu, S. Koppenhaver, & J. Su, *Examen clinique de l'appareil locomoteur : Tests, évaluations et niveaux de preuve* (pp. 336-374). Elsevier Masson.

Do Rosario, J. T., Da Fonseca Martins, N. S., Peixinho, C. C., & Oliveira, L. F. (2017). Effects of functional training and calf stretching on risk of falls in older people: a pilot study. *Journal of aging and physical activity, 25*(2), 228-233.

Dufour, M. (2015). *Anatomie de l'appareil Locomoteur : Membre inférieur.* Issy-les-moulineaux: Elsevier Masson.

El Helou, A. (2011). *Caractérisation Biomécanique de la cheville et analyse de l'équilibre du sujet agé en reprise d'autonomie.* Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Fauchard, T., & Le Cren, F. (2009). Présentation du programme intégré d'équilibre dynamique (PIED). *Science & sports n°24(3-4)*, 152-159.

Fédération Française Sports pour Tous, F. (2008). © *Programme intégré d'équilibre dynamique (PIED).*

Forest, F., & Forest-Streit, U. (1980, Novembre). Le concept de vieillissement différentiel : son utilisation dans les études de santé au travail. *Santé mentale au Québec, Volume 5, numéro 2*, pp. 59-70.

Gajdosik, R. L., Vander Linden, D. W., & Williams, A. K. (1999, Septembre). Influence of Age on Length and Passive Elastic Stiffness Characteristics of the Calf Muscle-Tendon Unit of Women. *Physical Therapy Vol 79*, pp. 827-838.

Gajdosik, R. L., Vander Linden, D. W., McNair, P. J., Williams, A. K., & Riggin, T. J. (2005, mai). Effects of an eight-week stretching program on the passive-elastic properties and function of the calf muscles of older women. *Clinical Biomechanics 20*, pp. 973-983.

Gama, H. S., Yamanishi, J. N., Gallo, L. H., Valderramas, S. R., & Silveira Gomes, A. R. (2018). Stretching exercise: prescription and effects on musculoskeletal function in adults and older people. *Cadernos brasileiros de terapia ocupacional - brazilian journal of occupational therapia*, 187-206.

Han, M.-J., Yuk, G.-C., Hwangbo, G., Suh, S.-R., & Kim, S.-G. (2014). Acute effects of 5 min of plantar flexor static stretching on balance and gait in the elderly. *Journal of physical therapy science*, 131-133.

HAS, H. A. (2000). *Rééducation de l'entorse externe de cheville, Argumentaire.*

Herviant, J., Khelladi, I., & Wolber, O. (Avril 2019). Un quart de personnes âgées dépendantes supplémentaires en Île-de-France à l'horizon 2030. *INSEE Analyse - Ile de France*, 1-4.

INSEE. (2016). Projection de la population 2013-2070 pour la France. *Insee Résultats N°187*.

INSEE, R. (2005). *Fiches thématiques : les personnes âgées*. Récupéré sur Institut national de la statitique et des études économiques: http://www.insee.fr/fr/ppp/sommaire/PERSAG05.PDF

Kemoun, G., Thoumie, P., Boisson, D., & Guieu, J. D. (2002). Ankle dorsiflexion delay can predict falls ine the elderly. *Journal of Rehabilitation Medecine, 34*, 278–283.

Kubota, K., Sekiya, M., & Tsuji, T. (2019). Robot-Assisted Eccentric Contraction Training of the Tibialis Anterior Muscle Based on Position and Force Sensing. *Sensors, 19*(6), 1288.

Larousse. (2016). *vieillissement*. Récupéré sur larousee: http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/vieillissement/81927

Long, L., Jackson, K., & Laubach, L. L. (2013). A Home-based Exercise Program for the Foot and Ankle to Improve Balance, Muscle Performance and Flexibility in Community Dwelling Older Adults: A Pilot Study. *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*.

Maestro, M., & Ferré, B. (2015). Chapitre 2 - Biomécanique et cinématique de la cheville. Dans Y. Tourné, & C. Mabit, *La cheville instable : De l'entorse récente à l'instabilité chronique* (pp. 45-57). Elservier Masson.

Malliopoulos, X., & Thevenon, A. (1999). Le déclin musculaire lié à l'âge. (J. Jacquot, Éd.) *La chute de la personne âgée*, 80-84.

Marquié, J., & Isingrini, M. (2001). Aspects cognitifs du vieillissement normal. (J. Albaret, & E. Aubert, Éds.) *Vieillissement et psychomotricité*, 77-87.

Medeiros, D., Cini, A., Sbruzzi, G., & Lima, C. (2016). Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy theory and practice*, 438-445.

Menz, H. (2015, Novembre). Biomechanics of the Ageing Foot and ankle: A Mini-Review. *Gerontology*, pp. 381-388.

Menz, H. B., Morris, M. E., & Lord, S. R. (2006). Foot and Ankle Risk Factors for Falls in older People: A Prospective Study. *Journal of Gerontology : MEDICAL SCIENCES*, pp. 866–870.

Modange, L., & Chaumont, V. (2001). La chute du sujet âgé : approche psychologique et pratique psychomotrice. (J. Albaret, & E. Aubert, Éds.) *Vieillissement et psychomotricité*, 219-230.

Nelson-Wong, E., Appell, R., McKay, M., Nawaz, H., Roth, J., Sigler, R., . . . Walker, M. (2012). Increased fall risk is associated with elevated co-contraction about the ankle during static balance challenges in older adults. *European journal of applied physiology, 112*(4), 1379-1389.

Réseau Francophone de prévention des traumatismes, S. (2005). *Référentiel de bonnes pratiques : prévention des chutes chez les personnes âgées à domicile*. Récupéré sur INPES: http://www.inpes.sante.fr/CFESBases/catalogue/pdf/830.pdf

Ribadier, A., & Sainjeon-Cailliet. (2011). Identité et chute de la personne âgée. (M. Personne, Éd.) *Protéger et construire l'identité de la personne âgée*, 49-60.

Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1997). Successful aging. *The gerontologist, 37*, pp. 433-440.

Shirley Ryan Abilitylab. (2013, Novembre). *Shirley Ryan Abilitylab*. Récupéré sur sralab: https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/timed-and-go

Shirley Ryan Abilitylab. (2013, Décembre). *Shirley Ryan Abilitylab*. Récupéré sur sralab.org: https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/functional-reach-test-modified-functional-reach-test

Shyrley Ryan Abilitylab. (2013, juin). *Shyrley Ryan Abilitylab*. Récupéré sur sralab.org: https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/single-leg-stance-or-one-legged-stance-test

Shyrley Ryan Abilitylab. (2013, Juin). *Shyrley Ryan Abilitylab*. Récupéré sur sralab.org: https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/five-times-sit-stand-test

Sigel, K., Heck, A., & Vergniaud, B. (2021). Evaluation du pied et de la cheville. Dans K. Sigel, A. Heck, & B. Vergniaud, *Livre d'évaluation clinique : édition 1* (pp. 523-554). Physiotutors.

Strubel, D., Jacquot, J., Lapierre, M., & Finiels, H. (1999). Pourquoi tombent-ils ? (J. Jacquot, Éd.) *La chute de la personne âgée*, 27-32.

Thélot, B. (2017, Juillet). LA SURVEILLANCE ÉPIDÉMIOLOGIQUE DES CHUTES CHEZ LES PERSONNES ÂGÉES. *Vieillissement et fragilité : approches de santé publique*, pp. 328-335.

Thomas, E., Battaglia, G., Patti, A., Brusa, J., & Leonardi, V. (2019). Physical activity programs for balance and fall prevention in elderly : A systematic review. *Medicine, 98*(27).

Thoumie, P. (1999). Vieillissement de la proprioception et évolution des stratégies de rattrapage de l'équilibre. (J. Jacquot, Éd.) *La chute de la personne âgée*, 75-79.

Tinetti, M. (2003). Preventing falls in elderly persons. *New England journal of medicine 348*, pp. 42-49.

Torres, M., Pedrono, G., Lasbeur, L., Carcaillon-Bentata, L., Rigou, A., & Beltzer, N. (2020). *Chutes des personnes âgées à domicile : caractéristiques des chuteurs et des circonstances de la chute.* Saint-Maurice: Santé publique France.

9. Figures et tableaux

Les figures :

Figure 4 : La multifactorialité de la chute (Réseau Francophone de prévention des traumatismes, 2005)……5

Figure 5 : Échauffement……20

Figure 3 : Étirement Gastrocnémiens……20

Figure 4 : Étirement Soléaire……20

Figure 5 : CARs Cheville……..20

Figure 6 : Données générales de l'échantillon……...23

Figure 7 : Flowchart des patients……..23

Figure 8 : impact des 12 semaines en fonction du protocole sur le temps moyen de réalisation du TUG…...24

Figure 9 : Amélioration moyenne au TUG en fonction du protocole……...28

Figure 10 : Amélioration moyenne aux FRT et SR - YF selon le protocole…….29

Les Tableaux :

Tableau 6 : Résultats au TUG……..…….24

Tableau 7 : Analyse de l'impact des 12 semaines en fonction du protocole sur le temps moyen de réalisation du TUG……..…….……...25

Tableau 8 : Analyse de l'impact des 12 semaines en fonction du protocole sur les tests OLB, FRT et SR…..26

Tableau 9 : Analyse de l'impact des 12 semaines en fonction du protocole sur l'amplitude de cheville……..27

Tableau 10 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration au TUG…….……..28

10. Annexes

Table des matières des annexes :

Annexe 1 : Lettre de consentement groupe intervention…….……44

Annexe 2 : Lettre de consentement groupe Contrôle ……...45

Annexe 3 : Notice d'information écrite groupe intervention……...….46

Annexe 4 : Notice d'information écrite groupe contrôle……..…48

Annexe 5 : Weight Bearing Lunge Test (Sigel, Heck, & Vergniaud, 2021)…….……....50

Annexe 6 : Livret exercices Membre inférieur …….……...……....50

Annexe 7 : Livret exercices Membre supérieur……...…….....53

Annexe 8 : Comparaison des mesures initiales selon le groupe ……..……..…….....55

Annexe 9 : Résultats au OLB, FRT et SR…….56

Annexe 10 : Résultats au WBLT et Goniométrie.…….56

Annexe 11 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration du OLB……...56

Annexe 12 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration du FRT….……...57

Annexe 13 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration du SR YF.……...57

Annexe 14 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration du WBLT.……...58

Annexe 15 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration de la Goniométrie……...58

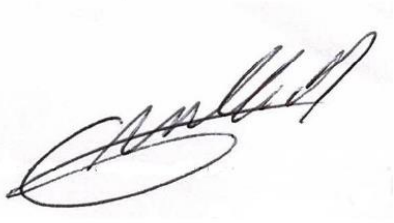
Annexe 4 : Lettre de consentement groupe intervention

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Je soussigné(e), Mme, M. (*nom, prénom*)…….. **accepte librement de participer à la recherche intitulée « Effet de l'activité aérobie des membres supérieurs dans un atelier de prévention des chutes »** proposée par la Personne qualifiée Billard Georges (06.09 .27.02.36).

- J'ai pris connaissance de la note d'information version du 01/11/2021 *[2 pages]* m'expliquant l'objectif de cette recherche, la façon dont elle va être réalisée et ce que ma participation va impliquer,
- je conserverai un exemplaire de la note d'information et du consentement,
- j'ai reçu des réponses adaptées à toutes mes questions,
- j'ai disposé d'un temps suffisant pour prendre ma décision,
- j'ai compris que ma participation est libre et que je pourrai interrompre ma participation à tout moment, sans encourir la moindre responsabilité et préjudice pour la qualité des ateliers qui me sont proposés.
- j'ai été informé que les données recueillies dans le cadre de la recherche NE peuvent PAS être réutilisées pour des recherches ultérieures.
- Je suis conscient(e) que ma participation pourra aussi être interrompue par divers événements.
- j'ai bien été informé(e) que ma participation à cette recherche durera 3 mois, et que cela implique que je ne pourrai pas envisager de participer à une autre recherche *durant le temps du protocole*, sans en informer la personne qualifiée (Georges BILLARD) qui me suit pour la recherche,
- j'ai été informé(e) que les mesures réalisées dans le cadre de cette recherche, seront SEULEMENT utilisées pour cette recherche.
- Mon consentement ne décharge en rien la personne qualifiée (Georges BILLARD) qui me suit dans le cadre de la recherche de ses responsabilités et je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Signature de la personne participant à la recherche		**Signature de la personne qualifiée**	
Nom Prénom :		Nom Prénom : BILLARD GEORGES	
Date :	Signature :	Date : 02/10/2021	Signature :



Annexe 5 : Lettre de consentement groupe Contrôle

université PARIS-SACLAY

ENKRE Ecole Nationale de Kinésithérapie et REéducation

Université de Paris

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Je soussigné(e), Mme, M. (*nom, prénom*)…….. **accepte librement de participer à la recherche intitulée « Effet de l'étirement de cheville dans un atelier de prévention des chutes »** proposée par la Personne qualifiée Billard Georges (06.09 .27.02.36).

- J'ai pris connaissance de la note d'information version du 01/11/2021 *[2 pages]* m'expliquant l'objectif de cette recherche, la façon dont elle va être réalisée et ce que ma participation va impliquer,
- je conserverai un exemplaire de la note d'information et du consentement,
- j'ai reçu des réponses adaptées à toutes mes questions,
- j'ai disposé d'un temps suffisant pour prendre ma décision,
- j'ai compris que ma participation est libre et que je pourrai interrompre ma participation à tout moment, sans encourir la moindre responsabilité et préjudice pour la qualité des ateliers qui me sont proposés.
- j'ai été informé que les données recueillies dans le cadre de la recherche NE peuvent PAS être réutilisées pour des recherches ultérieures.
- Je suis conscient(e) que ma participation pourra aussi être interrompue par divers événements.
- j'ai bien été informé(e) que ma participation à cette recherche durera 3 mois, et que cela implique que je ne pourrai pas envisager de participer à une autre recherche *durant le temps du protocole,* sans en informer la personne qualifiée (Georges BILLARD) qui me suit pour la recherche,
- j'ai été informé(e) que les mesures réalisées dans le cadre de cette recherche, seront SEULEMENT utilisées pour cette recherche.
- Mon consentement ne décharge en rien la personne qualifiée (Georges BILLARD) qui me suit dans le cadre de la recherche de ses responsabilités et je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Signature de la personne participant à la recherche		**Signature de la personne qualifiée**	
Nom Prénom :		Nom Prénom : BILLARD GEORGES	
Date :	Signature :	Date : 02/10/2021	Signature :

Annexe 6 : Notice d'information écrite groupe intervention

Titre complet de recherche :
Effet de l'activité aérobie des membres supérieurs dans un atelier de prévention des chutes

NOTE D'INFORMATION

Madame, Monsieur,

La Personne qualifiée Billard Georges, étudiant en Master STAPS « Vieillissement, handicap : Mouvement et adaptation » à l'université Paris Saclay et l'université de Paris ainsi qu'en 5ème année de kinésithérapie à l'Ecole Nationale de Kinésithérapie et Rééducation de Saint Maurice, vous propose de participer à une recherche concernant votre équilibre.
Il est important de lire attentivement cette note avant de prendre votre décision ; n'hésitez pas à lui demander des explications.
Si vous décidez de participer à cette recherche, un consentement écrit vous sera demandé.

1) Quel est le but de cette recherche ?

Cette recherche porte sur l'intérêt de l'ajout d'exercices aérobie des membres supérieurs dans des ateliers de prévention des chutes pour améliorer l'équilibre.
Pour répondre à la question posée dans la recherche, il est prévu d'inclure *12* personnes *de plus de 65 ans réalisant des ateliers de prévention des chutes mise en place par la Fédération Sport pour Tous*.

2) En quoi consiste la recherche ?

Dans la recherche proposée, nous allons évaluer *l'évolution de l'équilibre avec le rajout d'un protocole d'exercices aérobie des membres supérieurs*. Vous bénéficierez *d'un protocole de 8 minutes d'exercice aérobie des membres supérieurs.*

3) Quel est le calendrier de la recherche

La durée prévisionnelle de la recherche est de *8 mois* et votre participation sera de *3 mois*. Après la signature de votre consentement, lors de la première visite, le déroulement de la recherche sera le suivant :

- ***Evaluation initiale*** *des capacités d'équilibre et de mobilité de cheville*
- *Réalisation d'un protocole de 8 minutes à une fréquence de 3 fois par semaine (aérobie des membres supérieurs)*
- *Appel 1 fois toutes les 2 semaines pour voir si le protocole est bien assimilé*
- *1 fois par mois, la personne qualifiée (Georges BILLARD) sera présente dans un atelier de prévention des chutes pour répondre aux questions*
- ***Evaluation finale*** *des capacités d'équilibre et de mobilité de cheville*

4) Quels sont les bénéfices liés à votre participation

Les bénéfices probables sont une amélioration de l'équilibre.
Par ailleurs, vous contribuerez à une meilleure connaissance de *la place des exercices des membres supérieurs dans les protocoles de développement de l'équilibre.*

5) Quels sont les risques et les contraintes prévisibles ajoutés par la recherche?

Le risque possible est une fatigue musculaire dû au rajout d'exercices.

Si vous acceptez de participer, vous devrez respecter les points suivants :

- Si possible, venir aux ateliers de prévention des chutes et répondre aux appels toutes les 2 semaines
- Si possible, suivre les recommandations de la personne qualifiée (Georges BILLARD)

- Informer la personne qualifiée (Georges BILLARD) de tout événement survenant pendant la recherche (hospitalisation, chute, modification notable de l'état général…)
- Ne pas prendre part à un autre projet de recherche sans l'accord de la personne qualifié (Georges BILLARD), ceci pour ne pas biaiser les données recueillies.

6) Que vont devenir les données recueillies pour la recherche ?

Les données personnelles seront anonymisées et utilisées seulement dans le cadre de cette recherche.
Elles ne seront pas réutilisées ultérieurement et détruites à la finalisation de cette recherche.

Vous avez la possibilité à tout moment de demander à la personne qualifiée (Georges BILLARD) qui vous suit dans le cadre de la recherche, la destruction de ces informations.

7) Si vous participez, comment vont être traitées les données recueillies pour la recherche ?

Dans le cadre de la recherche à laquelle il vous est proposé de participer, un traitement de vos données personnelles va être mis en œuvre par Georges BILLARD, pour permettre d'en analyser les résultats.

Ce traitement est nécessaire à la réalisation de la recherche qui répond au cahier des charges de la validation d'un mémoire de recherche.

A cette fin, les données vous concernant et les informations recueillies relatives à votre équilibre et votre cheville seront transmises à la personne qualifiée (Georges BILLARD) agissant pour son compte, en France. Ces données seront identifiées par un numéro d'enregistrement et donc anonymisées.

Vos données ne seront conservées que pour une durée strictement nécessaire et proportionnée à la finalité de la recherche.

Vos données seront ensuite supprimées.

Vous disposez d'un droit d'accès, de rectification, de limitation et d'opposition au traitement des données du fichier informatique utilisé pour cette recherche.

Si vous décidez d'arrêter de participer à la recherche, les données recueillies précédemment à cet arrêt seront utilisées conformément à la réglementation, et exclusivement pour les objectifs de cette recherche. En effet, leur effacement serait susceptible de compromettre la validité des résultats de la recherche.

8) Quels sont vos droits ?

Votre participation à cette recherche est entièrement libre et volontaire. Votre décision n'entraînera aucun préjudice sur la qualité des soins et des traitements que vous êtes en droit d'attendre.

Vous pourrez tout au long de la recherche demander des informations concernant votre santé ainsi que des explications sur le déroulement de la recherche à la personne qualifiée (Georges BILLARD).

Vous pouvez vous retirer à tout moment de la recherche sans justification, sans conséquence sur la réalisation des ateliers de prévention des chutes. Dans ce cas, les données collectées jusqu'au retrait seront utilisées pour l'analyse des résultats de la recherche.

A l'issue de la recherche et après analyse des données relatives à cette recherche, vous pourrez être informé(e) des résultats globaux en le demandant à la personne qualifiée (Georges BILLARD) qui vous suit dans le cadre de cette recherche

Après avoir lu toutes ces informations et discuté tous les aspects avec la personne qualifié (Georges BILLARD), si vous acceptez de participer à la recherche vous devrez signer et dater le formulaire de consentement éclairé se trouvant à la fin de ce document.

Annexe 7 : Notice d'information écrite groupe contrôle

Titre complet de recherche :
Effet de l'étirement de cheville dans un atelier de prévention des chutes

NOTE D'INFORMATION

Madame, Monsieur,

La Personne qualifiée Billard Georges (06.09.27.02.36), étudiant en Master STAPS « Vieillissement, handicap : Mouvement et adaptation » à l'université Paris Saclay et l'université de Paris ainsi qu'en 5ème année de kinésithérapie à l'Ecole Nationale de Kinésithérapie et Rééducation de Saint Maurice, vous propose de participer à une recherche concernant votre équilibre.
Il est important de lire attentivement cette note avant de prendre votre décision ; n'hésitez pas à lui demander des explications.
Si vous décidez de participer à cette recherche, un consentement écrit vous sera demandé.

1) Quel est le but de cette recherche ?

Cette recherche porte sur l'intérêt de l'ajout d'étirements spécifiques de cheville dans des ateliers de prévention des chutes pour améliorer l'équilibre.
Pour répondre à la question posée dans la recherche, il est prévu d'inclure *12* personnes *de plus de 65 ans réalisant des ateliers de prévention des chutes mise en place par la Fédération Sport pour Tous*.

2) En quoi consiste la recherche ?

Dans la recherche proposée, nous allons évaluer *l'évolution de l'équilibre avec le rajout d'un protocole d'étirement de la cheville*. Vous bénéficierez *d'un protocole de 8 minutes d'étirements de cheville durant toute la durée de l'atelier « Equilibre en mouvement »* ®

3) Quel est le calendrier de la recherche

La durée prévisionnelle de la recherche est de *8 mois* et votre participation sera de *3 mois*. Après la signature de votre consentement, lors de la première visite, le déroulement de la recherche sera le suivant :

- ***Evaluation initiale*** *des capacités d'équilibre et de mobilité de cheville*
- *Réalisation d'un protocole de 8 minutes à une fréquence de 3 fois par semaine (étirement de cheville)*
- *Appel 1 fois toutes les 2 semaines pour voir si le protocole est bien assimilé*
- *1 fois par mois, la personne qualifiée (Georges BILLARD) sera présente dans un atelier de prévention des chutes pour répondre aux questions*
- ***Evaluation finale*** *des capacités d'équilibre et de mobilité de cheville*

4) Quels sont les bénéfices liés à votre participation

Les bénéfices probables sont une amélioration de l'équilibre et de la mobilité de cheville.
Par ailleurs, vous contribuerez à une meilleure connaissance de *la place des étirements dans les protocoles de développement de l'équilibre.*

5) Quels sont les risques et les contraintes prévisibles ajoutés par la recherche?

Le risque possible est une fatigue musculaire dû au rajout d'exercices.

Si vous acceptez de participer, vous devrez respecter les points suivants :

- Si possible, venir aux ateliers de prévention des chutes et répondre aux appels toutes les 2 semaines
- Si possible, suivre les recommandations de la personne qualifiée (Georges BILLARD)

- Informer la personne qualifiée (Georges BILLARD) de tout événement survenant pendant la recherche (hospitalisation, chute, modification notable de l'état général…)
- Ne pas prendre part à un autre projet de recherche sans l'accord de la personne qualifié (Georges BILLARD), ceci pour ne pas biaiser les données recueillies.

6) Que vont devenir les données recueillies pour la recherche ?

Les données personnelles seront anonymisées et utilisées seulement dans le cadre de cette recherche.
Elles ne seront pas réutilisées ultérieurement et détruites à la finalisation de cette recherche.

Vous avez la possibilité à tout moment de demander à la personne qualifiée (Georges BILLARD) qui vous suit dans le cadre de la recherche, la destruction de ces informations.

7) Si vous participez, comment vont être traitées les données recueillies pour la recherche ?

Dans le cadre de la recherche à laquelle il vous est proposé de participer, un traitement de vos données personnelles va être mis en œuvre par Georges BILLARD, pour permettre d'en analyser les résultats.

Ce traitement est nécessaire à la réalisation de la recherche qui répond au cahier des charges de la validation d'un mémoire de recherche.

A cette fin, les données vous concernant et les informations recueillies relatives à votre équilibre et votre cheville seront transmises à la personne qualifiée (Georges BILLARD) agissant pour son compte, en France. Ces données seront identifiées par un numéro d'enregistrement et donc anonymisées.

Vos données ne seront conservées que pour une durée strictement nécessaire et proportionnée à la finalité de la recherche.

Vos données seront ensuite supprimées.

Vous disposez d'un droit d'accès, de rectification, de limitation et d'opposition au traitement des données du fichier informatique utilisé pour cette recherche.

Si vous décidez d'arrêter de participer à la recherche, les données recueillies précédemment à cet arrêt seront utilisées conformément à la réglementation, et exclusivement pour les objectifs de cette recherche. En effet, leur effacement serait susceptible de compromettre la validité des résultats de la recherche.

8) Quels sont vos droits ?

Votre participation à cette recherche est entièrement libre et volontaire. Votre décision n'entraînera aucun préjudice sur la qualité des soins et des traitements que vous êtes en droit d'attendre.

Vous pourrez tout au long de la recherche demander des informations concernant votre santé ainsi que des explications sur le déroulement de la recherche à la personne qualifiée (Georges BILLARD).

Vous pouvez vous retirer à tout moment de la recherche sans justification, sans conséquence sur la réalisation des ateliers de prévention des chutes. Dans ce cas, les données collectées jusqu'au retrait seront utilisées pour l'analyse des résultats de la recherche.

A l'issue de la recherche et après analyse des données relatives à cette recherche, vous pourrez être informé(e) des résultats globaux en le demandant à la personne qualifiée (Georges BILLARD) qui vous suit dans le cadre de cette recherche

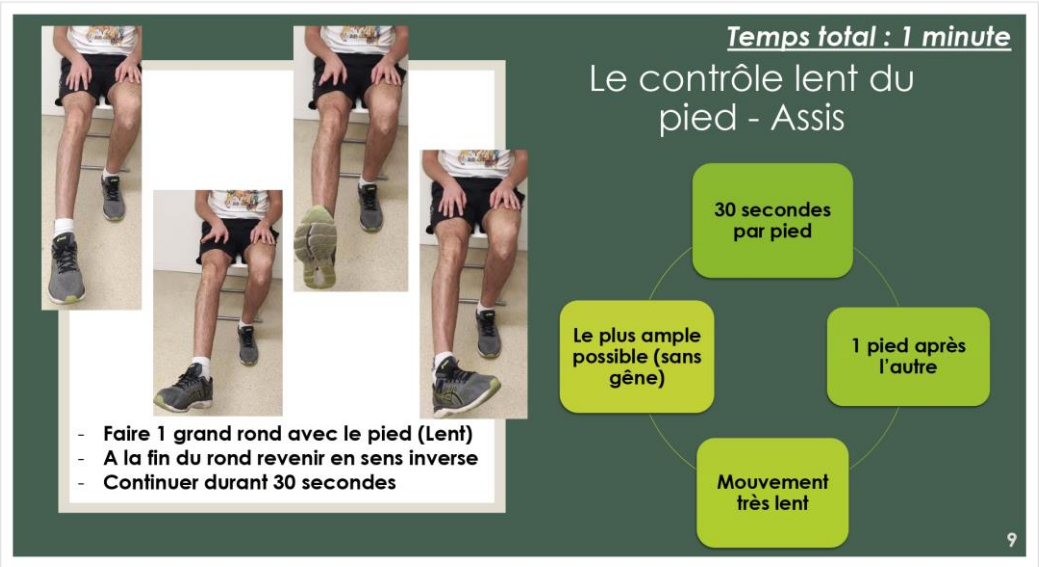
Après avoir lu toutes ces informations et discuté tous les aspects avec la personne qualifié (Georges BILLARD), si vous acceptez de participer à la recherche vous devrez signer et dater le formulaire de consentement éclairé se trouvant à la fin de ce document.

Annexe 5 : Weight Bearing Lunge Test (Sigel, Heck, & Vergniaud, 2021)

Annexe 6 : Livret exercices Membre inférieur

Temps total : 3 minutes
L'étirement du mollet
Debout
3 fois 30 secondes pour chaque pied (alterner le côté toutes les 30 secondes)
1) Position de départ
2) Position d'étirement :
- Jambe arrière TENDUE
- Sensation de tension mais pas de douleur
- Maintenir 30 sec
- Tension au niveau du cercle rouge
- Face au mur, les mains appuyées sur le mur, une jambe devant l'autre
- Avancer le tronc comme pour faire une fente
- Garder le talon de la jambe arrière au sol et le genou complètement TENDU
5

Temps total : 3 minutes
Après 2 minutes de repos
Modification de l'étirement - Debout
3 fois 30 secondes pour chaque pied (alterner le côté toutes les 30 secondes)
1) Position de départ
2) Position d'étirement :
- Jambe arrière PLIÉE
- Sensation de tension mais pas de douleur
- Maintenir 30 sec
- Tension au niveau du cercle rouge
- Face au mur, les mains appuyées sur le mur, une jambe devant l'autre
- Avancer le tronc comme pour faire une fente
- Garder le talon de la jambe arrière au sol et le genou PLIÉ
7


Temps total : 1 minute
Le contrôle lent du pied - Assis
30 secondes par pied
1 pied après l'autre
Mouvement très lent
Le plus ample possible (sans gêne)
- Faire 1 grand rond avec le pied (Lent)
- A la fin du rond revenir en sens inverse
- Continuer durant 30 secondes
9

NOTEZ LES JOURS OÙ VOUS AVEZ FAIT LA SÉANCE

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine 1							
Semaine 2							
Semaine 3							
Semaine 4							
Semaine 5							
Semaine 6							

11

NOTEZ LES JOURS OÙ VOUS AVEZ FAIT LA SÉANCE

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine 7							
Semaine 8							
Semaine 9							
Semaine 10							
Semaine 11							
Semaine 12							

12

Des questions ?

Contactez moi :

Georges Billard

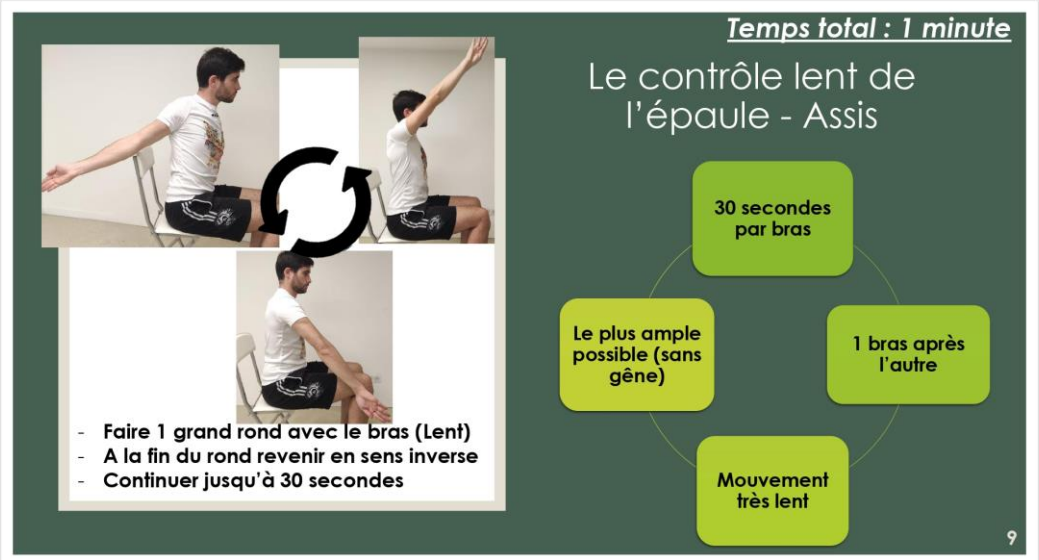
06.09.27.02.36

georges.ernest.billard@gmail.com

13

Annexe 7 : Livret exercices Membre supérieur

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine 1							
Semaine 2							
Semaine 3							
Semaine 4							
Semaine 5							
Semaine 6							



Annexe 8 : Comparaison des mesures initiales selon le groupe

Independent Samples T-Test ▼

	Test	Statistic	df	p
TUAG [S1] (s)	Student	−1.435	21	0.166
	Mann-Whitney	41.000		0.148
OLB - Billat.ral [S1] (s)	Student	−1.363	21	0.187
	Mann-Whitney	48.000		0.306
FRT [S1] (cm)	Student	1.088	21	0.289
	Mann-Whitney	83.000		0.277
SR - YO [S1] (s)	Student	−1.070	21	0.297
	Mann-Whitney	50.500		0.324
SR - YF [S1] (s)	Student	−1.182	21	0.250
	Mann-Whitney	46.500		0.254
5 StoS [S1] (s)	Student	−1.291	21	0.211
	Mann-Whitney	50.000		0.368
WBLT - Billat.ral [S1] (cm)	Student	−1.222	21	0.235
	Mann-Whitney	51.000		0.402
Gonio - Billat.ral [S1] (.)	Student	−0.655	21	0.519
	Mann-Whitney	56.500		0.618

Annexe 9 : Résultats au OLB, FRT et SR

Descriptive Statistics ▼

	OLB - Billat.ral [S1] (s)		OLB - Billat.ral [S12] (s)		FRT [S1] (cm)		FRT [S12] (cm)		SR - YF [S1] (s)		SR - YF [S12] (s)	
	Bras	Cheville	Bras	Cheville	Bras	Cheville	Bras	Cheville	Bras	Cheville	Bras	Cheville
Valid	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	9.897	14.811	14.293	19.425	33.100	30.154	34.200	34.615	14.054	19.552	14.642	23.665
Std. Deviation	5.738	10.189	6.043	8.702	8.130	4.793	6.588	4.016	12.302	10.024	11.928	9.075
Minimum	3.340	3.050	4.975	5.890	23.000	25.000	27.000	29.000	1.120	3.860	1.670	6.630
Maximum	19.505	30.000	25.390	30.000	47.000	44.000	46.500	44.000	30.000	30.000	30.000	30.000

Annexe 10 : Résultats au WBLT et Goniométrie

Descriptive Statistics ▼

	WBLT - Billat.ral [S1] (cm)		WBLT - Billat.ral [S12] (cm)		Gonio - Billat.ral [S1] (.)		Gonio - Billat.ral [S12] (.)	
	Bras	Cheville	Bras	Cheville	Bras	Cheville	Bras	Cheville
Valid	10	13	10	13	10	13	10	13
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	9.240	10.588	9.400	12.431	31.900	33.538	32.800	41.538
Std. Deviation	1.818	3.089	1.877	2.742	4.606	6.778	4.733	6.802
Minimum	6.500	5.900	6.950	7.700	25.000	21.000	26.000	26.000
Maximum	12.000	14.700	12.900	16.650	39.000	50.000	40.000	54.000

Annexe 11 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration du OLB

Anova répété pour OLB ▼

Within Subjects Effects

Cases	Sphericity Correction	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
RM Factor 1	None	229.440	1.000	229.440	38.667	< .001	0.070
RM Factor 1 ✻ Protocole	None	0.134	1.000	0.134	0.022	0.882	4.053e−5
Residuals	None	124.609	21.000	5.934			

Note. Sphericity corrections not available for factors with 2 levels.
Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects ▼

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
Protocole	285.195	1	285.195	2.256	0.148	0.087
Residuals	2654.852	21	126.422			

Note. Type III Sum of Squares

Descriptives

Descriptives

RM Factor 1	Protocole	Mean	SD	N
OLB [S1]	Bras	9.897	5.738	10
	Cheville	14.811	10.189	13
OLB [S12]	Bras	14.293	6.043	10
	Cheville	19.425	8.702	13

Assumption Checks

Test for Equality of Variances (Levene's)

	F	df1	df2	p
OLB - Billat.ral [S1] (s)	4.405	1	21	0.048
OLB - Billat.ral [S12] (s)	2.396	1	21	0.137

Annexe 12 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration du FRT

Anova répété pour FRT

Within Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
RM Factor 1	87.413	1	87.413	29.938	< .001	0.055
RM Factor 1 ✻ Protocole	31.935	1	31.935	10.937	0.003	0.020
Residuals	61.315	21	2.920			

Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
Protocole	18.101	1	18.101	0.273	0.607	0.011
Residuals	1393.454	21	66.355			

Note. Type III Sum of Squares

Descriptives

Descriptives

RM Factor 1	Protocole	Mean	SD	N
FRT [S1]	Bras	33.100	8.130	10
	Cheville	30.154	4.793	13
FRT [S12]	Bras	34.200	6.588	10
	Cheville	34.615	4.016	13

Assumption Checks

Test for Equality of Variances (Levene's)

	F	df1	df2	p
FRT [S1] (cm)	2.772	1	21	0.111
FRT [S12] (cm)	2.609	1	21	0.121

Annexe 13 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration du SR YF

Anova répété pour SR YF ▾

Within Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
RM Factor 1	62.477	1	62.477	7.859	0.011	0.011
RM Factor 1 ✻ Protocole	35.133	1	35.133	4.419	0.048	0.006
Residuals	166.945	21	7.950			

Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
Protocole	595.901	1	595.901	2.680	0.117	0.108
Residuals	4669.771	21	222.370			

Note. Type III Sum of Squares

Descriptives

Descriptives

RM Factor 1	Protocole	Mean	SD	N
SR YF [S1]	Bras	14.054	12.302	10
	Cheville	19.552	10.024	13
SR YF [S12]	Bras	14.642	11.928	10
	Cheville	23.665	9.075	13

Assumption Checks

Test for Equality of Variances (Levene's)

	F	df1	df2	p
SR - YF [S1] (s)	1.740	1	21	0.201
SR - YF [S12] (s)	2.946	1	21	0.101

Annexe 14 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration du WBLT

Anova répété pour WBLT ▼

Within Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
RM Factor 1	11.339	1	11.339	10.903	0.003	0.033
RM Factor 1 ✻ Protocole	8.006	1	8.006	7.697	0.011	0.024
Residuals	21.841	21	1.040			

Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
Protocole	54.179	1	54.179	4.655	0.043	0.159
Residuals	244.400	21	11.638			

Note. Type III Sum of Squares

Descriptives ▼

Descriptives ▼

RM Factor 1	Protocole	Mean	SD	N
WBLT [S1]	Bras	9.240	1.818	10
	Cheville	10.588	3.089	13
WBLT [S12]	Bras	9.400	1.877	10
	Cheville	12.431	2.742	13

Assumption Checks

Test for Equality of Variances (Levene's)

	F	df1	df2	p
WBLT - Billat.ral [S1] (cm)	9.988	1	21	0.005
WBLT - Billat.ral [S12] (cm)	1.438	1	21	0.244

Annexe 15 : Comparaison de l'effet des différents protocoles sur l'amélioration de la Gonio

Anova répété pour Gonio ▼

Within Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
RM Factor 1	223.854	1	223.854	62.305	< .001	0.103
RM Factor 1 ✻ Protocole	142.463	1	142.463	39.652	< .001	0.066
Residuals	75.450	21	3.593			

Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²
Protocole	304.315	1	304.315	4.489	0.046	0.140
Residuals	1423.512	21	67.786			

Note. Type III Sum of Squares

Descriptives ▼

Descriptives

RM Factor 1	Protocole	Mean	SD	N
Gonio [S1]	Bras	31.900	4.606	10
	Cheville	33.538	6.778	13
Gonio [S12]	Bras	32.800	4.733	10
	Cheville	41.538	6.802	13

Assumption Checks

Test for Equality of Variances (Levene's)

	F	df1	df2	p
Gonio - Billat.ral [S1] (.)	0.228	1	21	0.638
Gonio - Billat.ral [S12] (.)	0.576	1	21	0.456

La prévention des chutes chez le sujet âgé

L'intérêt de l'ajout d'un programme d'étirement de la cheville sur l'équilibre dans l'atelier de prévention des chutes PIED ©

Mots-clés : Étirement ; Cheville ; Prévention ; Chute ; Atelier

Résumé : ***Objectif :*** Avec le vieillissement de la population française, la chute est devenue un enjeu majeur de santé. Le déficit d'amplitude en flexion dorsale de cheville est un des facteurs de risque et les meilleures interventions de prévention sont des ateliers multimodaux comme ceux de la PRIF. Cet essai clinique a pour but d'évaluer l'intérêt de l'ajout d'un protocole d'étirement de cheville à ces ateliers sur l'équilibre des personnes âgées. ***Méthode :*** 24 participants scindés en un groupe contrôle (A) et un groupe intervention d'étirement de cheville (B) ont été évalués sur leur équilibre (Timed Up And go, Fonctional Reach Test, One leg balance, Sharpened Romberg) et amplitude de cheville (Weight Bearing Lunge Test, Goniométrie) avant et après 12 semaines d'atelier PIED © associé à un protocole spécifique à domicile. ***Résultats :*** Il n'est pas ressorti de différences significatives entre les 2 groupes concernant l'équilibre dynamique (TUG) étant le critère de jugement principal et statique unipodal (OLB). Concernant l'équilibre fonctionnel (FRT), exigeant sensoriellement (SR-YF) et l'amplitude de cheville (WBLT et Goniométrie), une amélioration significativement différente est présente en faveur du groupe intervention. Néanmoins, les 2 groupes ont une amélioration significative à tous les tests après les 12 semaines. ***Conclusion :*** L'ajout d'un protocole d'étirement en dorsiflexion de cheville à des ateliers de prévention des chutes PIED © ne permet pas d'améliorer significativement les gains d'équilibre causés par l'atelier. Cependant, cela permet de potentialiser les améliorations de certaines caractéristiques comme l'équilibre fonctionnel et exigeant sensoriellement ainsi que la dorsiflexion de cheville.

Key words : Stretching ; Ankle ; Prevention ; Fall ; Program

Abstract : ***Objective :*** With the aging of the French population, falls have become a major health issue. Ankle dorsal flexion amplitude deficit is one of the risk factors and the best prevention interventions are multimodal workshops such as those of the PRIF. The purpose of this clinical trial is to evaluate the benefit of adding an ankle stretching protocol to these workshops over the balance in elderly people. ***Method :*** 24 participants divided into a control group (A) and an ankle stretching intervention group (B) were evaluated on their balance (Timed Up And go, Functional Reach Test, One leg balance, Sharpened Romberg) and ankle amplitude (Weight Bearing Lunge Test, Goniometry) before and after 12 weeks of PIED © workshop associated with a specific protocol at home. ***Results:*** There were no significant differences between the 2 groups concerning dynamic balance (TUG), which was the primary criterion of judgement, and unipodal static balance (OLB). Regarding functional balance (FRT), sensory demands (SR-YF) and ankle amplitude (WBLT and Goniometry), there was a significant improvement in favor of the intervention group. Nevertheless, both groups had a significant improvement in all tests after 12 weeks. ***Conclusion :*** The addition of an ankle dorsiflexion stretching protocol to PIED © fall prevention workshops does not significantly enhance the balance improvements caused by the workshop. However, it does potentiate improvements in certain characteristics such as functional and sensory demanding balance and ankle dorsiflexion.