HAL
open science

# Effets de la stimulation des afférences cutanées plantaires lors d'un programme d'activité physique multimodal de courte durée sur le contrôle postural, la sensibilité cutanée plantaire et la condition physique générale chez des personnes âgées institutionnalisées

Dylan Craspay

▶ **To cite this version:**

Dylan Craspay. Effets de la stimulation des afférences cutanées plantaires lors d'un programme d'activité physique multimodal de courte durée sur le contrôle postural, la sensibilité cutanée plantaire et la condition physique générale chez des personnes âgées institutionnalisées. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02189194

**HAL Id: dumas-02189194**

**https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02189194v1**

Submitted on 23 Aug 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# MÉMOIRE DE MASTER

**UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR**
STAPS
Centre SSR MGEN l'Arbizon

**Craspay Dylan**

**Sous la direction de Noé Frédéric**

# Effets de la stimulation des afférences cutanées plantaires lors d'un programme d'activité physique multimodal de courte durée sur le contrôle postural, la sensibilité cutanée plantaire et la condition physique générale chez des personnes âgées institutionnalisées

Année universitaire 2018 -2019

Mémoire de master 2

Spécialité : Expert en Préparation Physique et Mentale

UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

mgen GROUPE VYV

# MÉMOIRE DE MASTER

**UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR**
STAPS
Centre SSR MGEN l'Arbizon

**Craspay Dylan**

**Sous la direction de Noé Frédéric**

# Effets de la stimulation des afférences cutanées plantaires lors d'un programme d'activité physique multimodal de courte durée sur le contrôle postural, la sensibilité cutanée plantaire et la condition physique générale chez des personnes âgées institutionnalisées

Année universitaire 2018 - 2019

Mémoire de master 2

Spécialité : Expert en Préparation Physique et Mentale

| | |
|---|---|
| Stage de 1,5 mois (du 28/01/2019 au 12/03/2019)<br><br>Structure d'accueil du stage et nom du service :<br>Centre SSR MGEN l'Arbizon, 65200 Bagnères-de-Bigorre : service de rééducation et réadaptation fonctionnelle<br><br>Adresse : domaine Arbizon, 65200 BAGNÈRES DE BIGORRE<br><br>Maître du stage : Drouilhet Rémi, éducateur sportif | Logo de la structure du stage |

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à exprimer mes sincères remerciements à mon enseignant référent, Monsieur Frédéric Noé, Professeur à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, pour s'être rendu disponible et m'avoir guidé tout au long de mon travail. Je le remercie pour sa disponibilité, ses conseils et son aide très précieuse.

Je tiens ensuite à remercier Rémi Drouilhet, éducateur sportif au centre l'Arbizon, qui m'a permis de mettre en place ce mémoire dans les meilleures conditions ainsi que ses collègues éducateurs sportifs et kinésithérapeutes pour nous avoir aidés dans la recherche de sujets.

Je remercie également le centre SSR de l'Arbizon pour leur collaboration tout au long de notre travail de recherche.

## LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

Av/Ar: composante antéro-postérieure de la vitesse moyenne résultante du centre de pression

CDP: centre de pression

CH: groupe chaussés

CPG: condition physique générale

D/G: composante médio-latérale de la vitesse moyenne résultante du centre de pression

CP: contrôle postural

EPJ: équilibre pieds joints

EST: équilibre semi-tandem

ET: équilibre tandem

HA: hallux

HDD: handgrip test main droite

HGD: handgrip test main gauche

M1: premier métatarse

PN: groupe pieds nus

Pré: avant l'intervention

Post: après l'intervention

S: surface moyenne résultante du centre de pression

SCP: sensibilité cutanée plantaire

SNC: système nerveux central

SPPB: Short Physical Performance Battery

TA: talon

TUG: Test Up and Go

VM: vitesse moyenne résultante du centre de pression

V4: vitesse moyenne de marche sur 4 mètres

YF: yeux fermés

YFI: yeux fermés sur surface instable

YO: yeux ouverts

YOI: yeux ouvert sur surface instable

5LC: 5 levers de chaise

# SOMMAIRE

**1. Introduction** **10**

**2. Méthodes** **16**

2.1. Participants 16

2.2. Intervention 17

2.3. Modalités d'intervention 19

2.4. Analyse statistique 21

**3. Résultats** **22**

3.1. Sensibilité cutanée plantaire 22

3.2. Variables posturales 23

3.3. Tests physiques généraux 25

**4. Discussion** **26**

**5. Conclusion et perspective(s)** **35**

**6. Conflit d'intérêt** **36**

**Bibliographie** **37**

## 1. Introduction

Sous l'effet de la gravité, afin de se maintenir et de se mouvoir dans un environnement physique contraignant, l'Homme doit mettre en œuvre un flux considérable d'informations qui seront traitées par les centres nerveux pour contrôler l'activité musculaire nécessaire à assurer la cohésion mécanique entre les différents segments corporels. L'équilibre en position debout est le résultat d'un ensemble de stratégies faisant intervenir plusieurs systèmes neurosensoriels simultanément : le système vestibulaire, constitué de différentes structures de l'oreille interne, le système visuel avec l'œil, ainsi que le système somatosensoriel qui se compose de capteurs proprioceptifs (musculo-tendino-articulaires) et extéroceptifs/tactiles. L'intégration des informations reçues via ces trois entrées neurosensorielles par le système nerveux central (SNC) est à la base du contrôle postural (Paillard, 2016). Sous l'effet du vieillissement, ces organes de l'équilibration se modifient sur le plan structurel et fonctionnel. L'avancée en âge se traduit par une dégénérescence progressive des entrées sensorielles ainsi qu'une intégration et un traitement des informations qui émanent des capteurs sensoriels altérés. La programmation des réponses motrices par l'ensemble des structures du SNC participantes à la régulation posturale perd également en efficience (Hijmans, Geertzen, Dijkstra & Postema, 2007 ; Berger & Bernard-Demanze, 2013 ; Paillard, 2016 ; Li, Zhang & Dobson, 2018). La baisse de la sensibilité visuelle affecte la régulation posturale et limite les capacités d'adaptations du système postural. Avec l'avancée en âge, l'acuité visuelle se dégrade avec notamment un nombre d'axones et de cellules sensorielles diminué et un cristallin plus opaque et plus rigide. La sensibilité aux contrastes et la capacité d'accommodation subissent également des involutions. La sensibilité vestibulaire subit aussi un certain nombre d'altérations au cours du vieillissement. Le nombre de cellules

sensorielles (diamètre et longueur des cellules ciliées) et de fibres nerveuses efférentes décline avec pour conséquence une efficacité moindre dans l'organisation spatiale et une incapacité à résoudre des conflits sensoriels. Concernant la perte de la sensibilité proprioceptive, elle se caractérise par une altération de l'organisation sensori-motrice. Au niveau des récepteurs myo-articulaires et tendineux, des involutions apparaissent avec notamment un réflexe d'étirement moins efficace. Le traitement de l'information proprio-musculaire se voit retardé et sous estimé. Le sens du toucher et la capacité à ressentir un stimulus se réduisent également sous l'effet du vieillissement Parlant du contrôle postural (CP) humain, le pied étant le seul organe en contact direct avec notre environnement, il convient d'évoquer le système proprioceptif de ce dernier avec un problème majeur qu'est la détérioration de la sensibilité cutanée plantaire (SCP) qui provoque une perte de conscience de la position des pieds dans l'espace. Les récepteurs de pression au niveau du pied ainsi que la sensibilité des récepteurs articulaires des chevilles sont la cause principale d'un CP perturbé avec le vieillissement (Alexander, 1994 ; Paillard, 2009). D'un point de vue anatomique, on observe une déformation du pied notamment au niveau de sa partie avant et de la voûte plantaire. Il en résulte une raideur des orteils avec une flexion plantaire atténuée et des hyper appuis douloureux. La diminution du nombre de récepteurs sensoriels et de neurones ainsi que le ralentissement de la vitesse de conduction des afférences expliqueraient cette régression de SCP (Paillard, 2009). En 2015, Machado, Gabriéli, Duysens et Carpes, précisent cette disparité de SCP et de pression plantaire entre sujets âgés et jeunes en identifiant une différence en terme de zones du pied. Chez les personnes âgées, la SCP est plus faible et, contrairement aux jeunes adultes, elle diffère entre les régions du pied (la perte de sensibilité a été principalement observée au niveau du talon). Parallèlement à cela, les personnes

âgées déplacent la pression plantaire vers les zones distales de pied notamment vers le mi-pied et l'avant-pied.

Dans la mesure où l'altération des organes de l'équilibration présente des différences interindividuelles et des niveaux variables entre ces organes, des auteurs ont tenté d'identifier quel organe de l'équilibration était le plus corrélé avec le dysfonctionnement du CP chez le sujet vieillissant. Il en ressort que la perte de SCP, en plus d'être très fréquente chez le sujet âgé, était fortement associée à une baisse du CP et à un risque accru de chutes (Meyer, Oddsson & De Luca, 2004 ; Perry, Radtke, McIlroy, Fernie & Maki, 2008 ; Bretan, Pinbeiro & Corrente, 2010 ; Peters & Inglis, 2016). Pour mettre en évidence cela, Machado, Da Silva, Da Rocha et Carpes (2017), ont étudié les effets de la manipulation de la sensibilité du pied sur le CP en position debout chez des jeunes adultes et des personnes âgées autonomes. Malgré une perturbation de la SCP des jeunes sujets en plongeant leurs pieds dans de l'eau glacée, il n'y a eu aucune modification du déplacement de leur CDP après ces lésions sensorielles. Quant à elles, les personnes âgées ont montré une sensibilité du pied moindre et un déplacement du CDP plus important. Suite à ces résultats différents entre public jeune et âgé, il ressort que les sujets âgés semblent davantage dépendre de la sensibilité du pied pour maintenir leur équilibre.

Cette perturbation du CP étant corrélée à un risque accru de chutes, nombreuses interventions sont mises en place afin de lutter contre ce problème de santé publique que représente la chute. En effet, les chutes sont une cause majeure de morbidité et de mortalité chez les personnes âgées et concernent environ 30% de la population âgée de 65 ans et plus (Cattagni, Scaglioni, Laroche, Gremeaux & Martin, 2016). Dans la vie courante, elles représentent 80% des accidents chez les personnes âgées de 65 ans et plus et 4385 décès à la suite d'une chute ont été enregistrés en 2004, en France métropolitaine (Vuillemin, 2012). Dans la perceptive de limiter les

effets délétères du vieillissement sur le CP, la pratique d'activités physiques apparaît comme la principale mesure susceptible de prévenir la détérioration progressive et continue de la fonction d'équilibration et donc le risque de chutes accru au fil du temps chez la personne vieillissante. Quel que soit l'âge auquel l'activité physique est initiée et quel que soit son état de santé, de nombreux bénéfices sont attendus par une mise ou remise à l'activité physique. En effet, l'activité physique retarde le déclin fonctionnel et conduit à une préservation voire une amélioration de la qualité de vie des personnes âgées en limitant le recours aux services de santé (Vuillemin, 2012). Les programmes d'intervention multimodaux que l'on retrouve en institution (force musculaire, équilibre, endurance…) ont pour objectif majeur de bonifier plus ou moins l'équilibre en reconditionnant les fonctions sensorielles et motrices. S'en suit une amélioration non pas seulement de la stabilité posturale mais aussi de la capacité à s'adapter à des conditions perturbantes sur le plan postural. Pour être optimale, ces interventions doivent être réalisées avec une conscience permanente des informations sensorielles perçues afin de mieux analyser et interpréter ces informations et d'optimiser les adaptations posturales induites (Paillard, 2016). Cela est mis en évidence lors d'une tâche d'équilibre statique réalisée avec des chaussures équipées de semelles intérieures texturées qui montrent un meilleur CP avec comme explication que celles-ci stimuleraient plus les mécanorécepteurs du pied (Hijmans et al., 2007 ; Palluel, Nougier & Olivier, 2008 ; Hatton, Dixon, Rome, Newton & Martin, 2011 ; Qiu et al., 2012 ; Hatton, Dixon, Rome, Martin & McKeon, 2013 ; Wang, Watanabe & Chen, 2016, Visieux et al., 2018).

Partant des observations que la perte de SCP est négativement corrélée avec un CP efficient et qu'une stimulation ponctuelle accrue des mécanorécepteurs du pied améliore celui-ci, plusieurs interventions tentent d'optimiser la SCP afin d'impacter de façon positive le CP du sujet âgé. Le port prolongé sur 12 semaines d'une semelle conçue pour faciliter la perception des sensations

au niveau de la plante du pied montre qu'un changement relativement simple dans la conception de la semelle intérieure peut aider à contrer les altérations liées à l'âge et semble constituer une intervention viable pour améliorer le contrôle de l'équilibre. En effet, la semelle texturée a amélioré la stabilité latérale pendant la marche et neuf participants porteurs de semelles classiques ont subi une ou plusieurs chutes contre cinq dans le groupe avec semelles texturées (Perry et al., 2008). D'autres études se sont intéressées aux effets de cette sur-stimulation des récepteurs plantaires via des semelles spécifiques sur le CP en position statique et on retrouve des résultats comparables à ceux observés lors d'une tâche motrice dynamique comme la marche (Hijmans et al., 2007 ; Santos, Bertato, Montebelo & Guirro, 2008 ; Vie et al., 2014 ; Silva, Botelho, Guirro, Vaz, & Abreu, 2014). À savoir une amélioration de la SCP suite à un rajout sur la semelle d'un coussinet rigide au niveau des métatarses pendant 30 jours (Vie et al., 2014) ou suite à 12 semaines d'un entraînement stimulant la SCP (Santos et al., 2008) et une amélioration du CP (Santos et al., 2008 ; Silva et al., 2014). Ce type d'intervention stimulant les récepteurs plantaires sur le court/moyen terme reste cependant mineur et notamment quand on s'intéresse aux sujets âgés. Même constat sur la pratique d'une activité physique pieds nus et ses potentiels effets sur le CP. En effet, avec 104 mécanorécepteurs cutanés au niveau du pied contribuant à la modulation de la locomotion via la détection de la pression lors du contact pied-sol et conjointement avec des agents proprioceptifs, aidant à la planification et à la correction du mouvement, la pratique pieds nus apparaît comme une modalité d'intervention viable et écologique afin d'optimiser les effets des exercices d'équilibre et de locomotion habituellement effectués dans les programmes de prévention des chutes chez les personnes âgées en institution. Cette pratique pieds nus favoriserait une augmentation de la SCP et une force musculaire accrue grâce à une meilleure activation de la musculature du pied et de la cheville. Il a été suggéré que

les petits muscles du pied pourraient offrir une plus grande stabilité, car ils peuvent détecter plus rapidement les changements d'informations dans différentes directions et nécessitent moins de force que les plus grands muscles pour cela (Kennedy & Inglis, 2002 ; Franklin, Lia & Grey, 2017). Néanmoins, l'influence d'une intervention multimodale réalisée pieds nus n'a été étudiée qu'une seule fois chez les personnes âgées (Korchi, Noé, Bru & Paillard, 2017).

Par conséquent, cette étude a été entreprise afin d'affirmer ou infirmer les effets d'une augmentation de l'information somato-sensorielle du pied en terme de CP chez des personnes âgées institutionnalisées. La majeure différence en terme de protocole fut la durée très courte de notre intervention du fait d'un contexte différent. Nous émettons l'hypothèse que le programme multimodal d'exercices physiques produirait de meilleures améliorations en terme de SCP, de posture et de condition physique générale lorsqu'il est réalisé pieds nus et que malgré un nombre de séances relativement court et resserré dans le temps (11 à 13 séances), on retrouvait des résultats proches de ceux de Korchi et al. (2017).

***Problématique:*** Améliorer les entrées sensorielles au niveau du pied par la pratique pieds nus optimiserait les effets de la pratique physique sur la sensibilité cutanée plantaire, le contrôle postural et la condition physique générale de la personne âgée institutionnalisée suivant un programme d'intervention à très court terme.

## 2. Méthodes

### 2.1. Participants

L'étude a été menée auprès de 8 patients séjournant dans un service de rééducation et réadaptation fonctionnelle (77 ± 7,6 ans). Ils ont été séparés au hasard en deux groupes: les groupes PN (n = 4) et CH (n = 4), dont les membres ont participé à un programme d'exercices multimodaux qui a été exécuté pieds nus ou avec leurs propres chaussures *(les caractéristiques des sujets sont représentées dans le Tableau 1)*.

*Tableau 1: Caractéristiques des sujets*

| | **Age** | **Taille** | **Poids** |
|---|---|---|---|
| **PN** | 73,5 (8) | 177 (9) | 72,9 (15,8) |
| **CH** | 76,5 (10) | 163,5 (8,5) | 65,7 (17,5) |

PN: groupe pieds nus; CH: groupe chaussés; Age en années; Taille en centimètres ; Poids en kilogrammes.

Les deux groupes ont reçu les soins habituels (sans restriction de soins infirmiers, de kinésithérapies et de santé et tout en prenant leurs médicaments prescrits régulièrement). Au départ, une fiche signalétique du patient est réalisée par le médecin du centre (plan physique, mental, social…). Suite à cela, le médecin oriente le patient vers une prise en charge multidisciplinaire (kinésithérapeute, éducateur sportif, diététicienne, ergothérapeute…). Concernant la prise en charge par l'éducateur sportif, elle débute par un entretien avec le patient afin de confirmer les dires du médecin et d'expliquer le déroulé du programme prévu. S'ensuit une évaluation des capacités physiques de l'individu avec trois tests (HandGrip Test, SPPB et TUG) ainsi qu'une analyse de la posture et de la SCP avec une plateforme de force et un ensemble d'aesthésiomètre Semmes-Weinstein de 6 monofilaments respectivement.

Les critères d'exclusion étaient les suivants: les personnes ne pouvant pas marcher minimum 5 mètres avec ou sans aucun dispositif d'assistance. Les patients dans l'incapacité de pouvoir réaliser un minimum de onze séances du programme d'exercices multimodaux ont été également exclus. De plus, l'impossibilité à tenir en équilibre sur la plateforme de force en condition yeux fermés et/ou tapis instable et une altération trop prononcée de la vision (glaucome, cataracte…) ont également été des critères d'exclusion.

Les consentements verbaux et écrits des participants ont été obtenus avant le début de l'expérimentation, ce qui était conforme à la déclaration d'Helsinki.

### 2.2. Intervention

Le programme d'exercices multimodaux consistait en 45-60 minutes d'exercices supervisés effectués 5 fois par semaine pendant 11 à 13 séances (du lundi au vendredi). Chaque séance a débuté par un échauffement de 10 minutes, suivi d'un entraînement avec plusieurs thématiques de 30-50 minutes. Pour chaque sujet ayant participé à l'étude, le même schéma de séance a été appliqué. À savoir un échauffement avec de la marche entre barres parallèles, des éducatifs sur la locomotion, des tâches d'équilibre et du renforcement musculaire des membres inférieurs et supérieurs (montées de marche, levers de chaise, tirages avec élastique...).

L'entraînement à la locomotion comprenait des périodes de marche et de récupération en alternance au cours desquelles des évolutions ont été apportées afin de jouer sur les différents paramètres spatio-temporels de la marche (hauteur, longueur, déroulé du pas). La vitesse et la durée de la tâche étaient également individualisées en fonction des spécificités de chaque sujet.

L'entraînement en équilibre comprenait des parcours de marche sur divers objets (pierres plates, tapis, bosu…) ainsi que des exercices d'équilibre statique uni et/ou bipodal avec les yeux ouverts

et/ou fermés sur une surface dure et/ou instable. Des exercices d'équilibre en variant la position des pieds (pieds côte à côte, semi-tandem, tandem...) ont également été intégrés. Les exercices d'équilibre les plus difficiles ont été réalisés avec l'aide de l'éducateur qui a encouragé verbalement les participants et assuré la sécurité en se tenant derrière eux pour empêcher les chutes. Le renforcement musculaire comprenait des exercices pour les membres inférieurs (montées d'escaliers, levers de chaise, abductions de hanche, dorsiflexions de cheville…) et supérieurs avec une dominance rééquilibrage postural (tirages, rotations externes de l'épaule...). Pour la tâche motrice fonctionnelle qu'est le lever de chaise, l'intensité a été modulée en manipulant la hauteur de l'assise et/ou en utilisant une chaise avec ou sans accoudoirs. Pour la montée de marches, la hauteur des marches ainsi que l'utilisation des mains ou pas **a permis** la surcharge progressive. Pour les autres mouvements de renforcement musculaire, cette surcharge de travail a été mise en place par l'augmentation de la charge et/ou du nombre de répétitions, la diminution du temps de récupération, le changement du tempo d'exécution…

Pour la grande majorité des séances, elles ont été réalisées par le même éducateur sportif (Craspay Dylan) afin de s'assurer que tous les sujets, qu'ils appartiennent au groupe PN ou CH, aient suivi le même programme d'intervention. Pour les séances n'ayant pas pu être encadrées par cet éducateur, elles ont été mises en place par les deux éducateurs en poste du centre, Drouilhet Rémi et Isoardi Mathieu. Une fiche détaillée de la trame d'une séance à été mise à disposition afin que chaque séances soient identiques en terme de déroulement.

### 2.3. Modalités d'intervention

Le CP a été évalué en position debout. Les participants étaient invités à se tenir pieds nus et à se balancer le moins possible pendant 40 secondes sur un sol stable et sur un bloc de mousse de polyéthylène conforme (hauteur: 48 mm, densité: 34,6 kg.m- 3) les yeux ouverts (YO) et fermés (YF), les pieds formant un angle de 30° et un espacement de 2 cm entre les talons. Dans la condition YO, les participants ont regardé une cible de niveau fixe (1 cm2) à une distance de 2 m. Dans les conditions YF, ils gardaient le regard dans la direction de la cible. Les participants avaient participé à un essai de familiarisation avant l'acquisition des données. Un essai avait été réalisé dans chaque condition dans un ordre aléatoire avec un intervalle de temps de 2 minutes entre les essais. Une plate-forme de force (Stabilotest ©, Techno ConceptTM, Mane, France) a été utilisée pour enregistrer les déplacements du centre de pression (CDP) pendant 30 s à une fréquence d'échantillonnage de 40 Hz (S, VM, D/G, Av/Ar). Pour chaque tâche posturale, une fois que l'instruction «de bouger le moins possible» a été donnée, l'enquêteur a attendu 10 secondes avant de lancer l'acquisition *(les variables posturales pré et post intervention sont représentées respectivement dans le Tableau 4 et 5).*

La sensibilité cutanée plantaire a été évaluée avec un ensemble d'aesthésiomètre Semmes-Weinstein de 6 monofilaments (Sammons Preston ©, Bolingbrook, IL, USA). Les monofilaments utilisés dans cette étude étaient 2,83 (0,07 g), 3,61 (0,4 g), 4,31 (2 g), 4,56 (4 g), 5,07 (10 g) et 6,65 (300 g). Ils ont été appliqués perpendiculairement à la peau sur l'hallux (HA), la première tête métatarsienne (M1) et le talon (TA) dans un ordre aléatoire. Des stimuli nuls randomisés ont été ajoutés pour empêcher les participants d'anticiper l'application des filaments. Les participants ont été assis les yeux bandés et invités à donner une réponse verbale selon les trois zones testées ("gros orteil", "sous le gros orteil" et "talon") chaque fois que la stimulation était

perçue et localisée. Le seuil de sensibilité a été déterminé en présentant d'abord les filaments supra-seuil, puis en appliquant des filaments de plus en plus fins jusqu'à ce que les sujets ne puissent plus les détecter. Un filament plus épais a ensuite été appliqué jusqu'à la détection du filament. Le seuil de perception a été déterminé comme étant la moyenne d'une étape ascendante et descendante *(les Tableau 2 et 3 résument les données de sensibilité cutanée plantaire pré et post intervention)*.

Enfin, pour évaluer la condition physique générale des sujets, trois tests supplémentaires ont été effectués *(les données relatives à la condition physique générale pré et post intervention sont respectivement représentées dans le Tableau 6 et 7)* :

- Le TUG (Test Up and Go) : test évaluant le risque de chute consistant à se lever d'une chaise sans accoudoirs, avancer dans la pièce sur une distance de trois mètres, faire demi-tour et revenir s'asseoir sur la chaise.

- Le SPPB (Short Physical Performance Battery) : test permettant d'évaluer la performance physique de l'individu à partir de 3 critères : un test d'équilibre en 3 étapes (pieds joints, position semi-tandem et position tandem), un test de marche lancé sur 4m et un test de lever de chaise répété 5 fois et chronométré. Les scores des trois items sont regroupés pour donner un score total.

- Et le Handgrip Test: test permettant d'évaluer la force de préhension de la main.

### 2.4. Analyse statistique

Premièrement, des paramètres statistiques classiques (médiane et intervalle interquartile) ont été calculés pour évaluer le niveau et l'hétérogénéité des mesures de chaque variable. Deuxièmement, l'objectif étant de caractériser les différences potentielles entre les groupes PN et CH au départ, en terme d'anthropométrie, de SCP, de posture et de CPG, le test Wilcoxon bivariée ($p < 0,05$) a été utilisé. Une tendance a également été soulignée ($0,05 \leq p \leq 0,1$). Comme il existait une grande hétérogénéité entre les participants au départ, les évolutions relatives ont été calculées à partir de chaque variable comme suit: évolution = [(valeurs POST – valeurs PRE) / valeurs PRE].

Enfin, nous avons caractérisé les différences potentielles au sein des groupes PN et CH post intervention avec le test de Wilcoxon univarié ($p < 0,05$). Une tendance a également été soulignée ($0,05 \leq p \leq 0,1$). Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel statistique R (R Core Team, 2016).

## 3. Résultats

Un seul sujet a été exclu de l'étude durant la période d'intervention (dans le groupe CH). Les données de huit sujets ont été utilisées pour l'analyse finale.

Concernant les caractéristiques anthropométriques des sujets, aucunes différences significatives n'avait été observées entre le groupe CH et PN.

### 3.1. Sensibilité cutanée plantaire

*Tableau 2: Sensibilité cutanée plantaire pré intervention*

| | HA | M1 | TA |
|---|---|---|---|
| **PN** | 4,3 (0,7) | 4,4 (0,7) | 4,4 (0,6) |
| **CH** | 3,6 (0,2) | 4,0 (0,2) | 4,4 (0,4) |

PN: groupe pieds nus; CH: groupe chaussés; HA: hallux; M1: premier métatarse ; TA: talon.

*Tableau 3: Évolution de la sensibilité cutanée plantaire*

| | HA | M1 | TA |
|---|---|---|---|
| **PN** | -14,1 (55,1) $$ | -16,2 (4,7) | -2,5 (7,4) |
| **CH** | -10,4 (21,0) | 0 (3,1) | 0 (14,6) |

PN: groupe pieds nus; CH: groupe chaussés; HA: hallux; M1: premier métatarse ; TA: talon; Les accroissements relatifs ont été calculés comme suit: accroissement = (POST - PRE) / PRE et sont des pourcentages. Un accroissement négatif reflète une amélioration; §§: tendance significative au sein du même groupe ($0,05 \leq p \leq 0,1$).

Pré intervention, il n'y avait aucunes différences significatives entre les deux groupes en terme de SCP au niveau de l'hallux, du premier métatarse et du talon.

Post intervention, il n'y avait pas de différences significatives en ce qui concerne l'évolution relative entre les groupes mais on a observé une tendance à l'amélioration au sein du groupe PN au niveau de l'hallux (V = 0, p-value = 0.09751).

### 3.2. Variables posturales

*Tableau 4: Variables posturales pré intervention*

| | | S | VM | D/G | Av/Ar |
|---|---|---|---|---|---|
| **PN** | YO | 315,2 (42,6)* | 19,5 (11,6) | 185,7 (116,2) | 424,3 (240,8) |
| | YF | 494,3 (129,7) | 34,9 (1,4)* | 276,7 (68,6) | 799,7 (56,7)* |
| | YOI | 584,7 (237,1) | 24,4 (14,9) | 289,2 (197,0) | 490,5 (285,6) |
| | YFI | 2002,3 (1729,7)* | 53,3 (14,2) | 598,2 (153,6) | 1156,9 (353,2)* |
| **CH** | YO | 247,3 (42,3) | 14,9 (4,7) | 147,3 (58,0) | 304,6 (127,5) |
| | YF | 509,9 (386,5) | 20,6 (2,4) | 254,2 (57,1) | 370,3 (72,4) |
| | YOI | 669,3 (125,5) | 25,3 (6,7) | 309,2 (173,4) | 504,4 (56,1) |
| | YFI | 778,5 (192,2) | 29,3 (9,3) | 378,5 (206,5) | 568,6 (121,5) |

PN: groupe pieds nus; CH: groupe chaussés; YO: yeux ouverts; YOI: yeux ouverts surface instable; YF: yeux fermés; YFI: yeux fermés surface instable; S: surface du déplacement du centre de pression ($mm^2$); VM: vitesse moyenne du déplacement du centre de pression ($mm.s^{-1}$); D/G: déplacement médio-latéral du centre de pression ($mm.s^{-1}$); Av/Ar: déplacement antéro-postérieur du centre de pression ($mm.s^{-1}$); *: différence significative entre les groupes ($p<0,05$).

*Tableau 5: Évolutions des variables posturales*

| | | S | VM | D/G | Av/Ar |
|---|---|---|---|---|---|
| **PN** | YO | -7,6 (48,5) | 1,5 (64,5) | 5,7 (52,4) | -2,2 (66,7) |
| | YF | -7,4 (32,8) | -12,5 (21,9) | 20,7 (77,8) | -24,3 (8,8) |
| | YOI | -13,7 (45,5) | 21,5 (68,2) | 11,6 (50,2) | 17,3 (64,7) |
| | YFI | -47,4 (24,4) | -15,7 (45,8) | -6,8 (37,8) | -19,2 (47,9) |
| **CH** | YO | -19,9 (65,4) | 16,9 (37,6) | 18,1 (51,7) | 13,7 (29,7) |
| | YF | -36,4 (53,8) | 2,7 (27,9) | 5,3 (17,3) | -0,9 (32,1) |
| | YOI | -38,4 (12,5) | 11,6 (17,5) | 11,7 (36,9) | 12,7 (8,3) |
| | YFI | -11,2 (79,9) | -1,0 (45,6) | -7,3 (47,4) | 5,8 (36,7) |

PN: groupe pieds nus; CH: groupe chaussés; YO: yeux ouverts; YOI: yeux ouverts surface instable; YF: yeux fermés; YFI: yeux fermés surface instable; S: surface du déplacement du centre de pression ($mm^2$); VM: vitesse moyenne du déplacement du centre de pression ($mm.s^{-1}$); D/G: déplacement médio-latéral du centre de pression ($mm.s^{-1}$); Av/Ar: déplacement antéro-postérieur du centre de pression ($mm.s^{-1}$); Les accroissements relatifs ont été calculés comme suit: accroissement = (POST - PRE) / PRE et sont des pourcentages. Un accroissement négatif reflète une amélioration; un accroissement positif reflète une dégression.

Pré intervention, des différences significatives entre les groupes pour les variables surface YO (W = 0, p-value = 0.02857) et YFI (W = 0, p-value = 0.02857), vitesse moyenne YF (W = 0, p-value = 0.02857) et déplacement antéro-postérieur YF (W = 0, p-value = 0.02857) et YFI (W = 0, p-value = 0.02857) ont été observées. Post intervention, il n'y avait aucunes différences significatives en ce qui concerne l'évolution relative entre le groupe CH et PN et au sein de chaque groupe.

### 3.3. Tests physiques généraux

*Tableau 6: Tests physiques généraux pré intervention*

| | HDD | HDG | TUG | SPPB | V4 | 5LC | EPJ | EST | ET |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PN** | 32,5 (6,75)* | 32,5 (5) | 16,1 (1,5) | 8,5 (1,3) | 0,9 (0,3) | 21,5 (1,9)* | 10 (0) | 10 (0) | 10(2) |
| **CH** | 22 (10) | 22 (9,75) | 13,1 (2,1) | 7,5 (1,5) | 0,8 (0,5) | 17,7 (1,7) | 10 (0) | 10 (0) | 7 (6,3) |

PN: groupe pieds nus; CH: groupe chaussés; HDD: handgrip test main droite (kg); HDG: handgrip tests main gauche (kg); TUG: Test Up and Go (s); SPPB: Short Physical Performance Battery (échelle sur 12); V4: vitesse de marche sur 4m (m/s); 5LC: 5 levers de chaise (s); EPJ: équilibre pieds joints (s); EST: équilibre semi-tandem (s); ET: équilibre tandem (s); *: différence significative entre les groupes (p<0,05).

Tableau 7: *É*volutions des tests physiques généraux

| | HDD | HDG | TUG | SPPB | V4 | 5LC | EPJ | EST | ET |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PN** | 12,3 (10,4) | 3,0 (10,7) | -19,0 (30,2) | 25,4 (8,6) $$ | 31,8 (16,6) | -43,6 (10,7) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (100) |
| **CH** | 13,9 (7,6) | 21,5 (20,6) | -27,4 (22,8) | 41,1 (46,9) | 62,8 (11,17) | -22,5 (35,2) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (83,3) |

PN: groupe pieds nus; CH: groupe chaussés; HDD: handgrip test main droite (kg); HDG: handgrip tests main gauche (kg); TUG: Test Up and Go (s); SPPB: Short Physical Performance Battery (échelle sur 12); V4: vitesse de marche sur 4m (m/s); 5LC: 5 levers de chaise (s); EPJ: équilibre pieds joints (s); EST: équilibre semi-tandem (s); ET: équilibre tandem (s); Les accroissements relatifs ont été calculés comme suit: accroissement = (POST - PRE) / PRE et sont des pourcentages. Pour les variables HDD, HDG, SPPB et V4, un résultat positif reflète un accroissement; pour les variables TUG et 5LC, un résultat négatif reflète un accroissement; §§: tendance significative au sein du même groupe (0,05 ≤ p ≤ 0,1).

Pré intervention, le HandGrip Test main droite (W = 0, p-value = 0.02857) et le 5LC (W = 0, p-value = 0.02857) ont montré une différence significative entre les deux groupes. Une tendance a été observée pour le HandGrip Test main gauche (W = 1, p-value = 0.05714). Post intervention, il n'y avait aucunes différences significatives entre les groupes mais une tendance à l'amélioration a été mise en évidence pour le groupe PN concernant le SPPB (V = 10, p-value = 0.09751).

## 4. Discussion

Nous avions émis l'hypothèse qu'un programme multimodal d'exercices physiques sur le court terme conduirait à de meilleures améliorations en terme de SCP, de CP et de CPG lorsqu'on optimisait les entrées sensorielles au niveau du pied par la pratique pieds nus. Suite à notre intervention, la supériorité de la pratique pieds nus sur le court terme n'a pas été significativement démontrée sur les variables posturales mais concernant la SCP et la CPG, les résultats sont encourageants.

Concernant la SCP, l'absence de différences significatives entre le groupe PN et CH peut s'expliquer par le fait que seulement 11-13 séances ont été effectuées. En effet, la stimulation de la voûte plantaire par le port d'une semelle équipée d'un coussinet rigide au niveau du métatarse montre une hausse de la sensibilité de l'avant pied quand celle-ci est portée pendant 30 jours mais pas de différences sous 8 jours. Pour les sujets équipés d'une semelle avec un coussinet mou, groupe pouvant s'apparenter à notre groupe CH, pas d'amélioration de la SCP, ni sous 8 jours, ni sous 30 jours (Vie et al., 2014).

Malgré une absence de différences significatives entre le groupe PN et CH, il est tout de même important de souligner une amélioration accrue de sensibilité au niveau de l'hallux au sein du groupe PN quand on compare les évolutions pré et post intervention. Ces résultats sont en accord avec l'étude de Vie et al. (2014) qui dévoile que le port d'une semelle stimulant la SCP par sa matière rigide sur 30 jours augmente la sensibilité de l'avant pied et non du talon. De tels résultats se retrouvent suite à 12 semaines d'intervention (2 fois par semaine) en stimulant le système somatosensoriel par l'intermédiaire d'un parcours constitué d'ateliers avec différentes textures au sol (avec une évaluation intermédiaire après 6 semaines d'intervention soit 12

séances comme notre protocole). Pré intervention, seulement 15% des sujets ont ressenti les 12 zones testées avec le monofilament contre 46 % après 6 semaines et 85 % après 12 semaines (Santos et al., 2008). Une explication à ce phénomène pourrait être qu'avec le déplacement du centre de gravité vers l'avant avec l'avancée en âge du à des changements morphologiques (diminution de la taille due à un tassement des disques intervertébraux et un affaissement de la voûte plantaire, augmentation de la cyphose dorsale, de la flexion de genoux et de hanches, faiblesse des muscles posturaux…) et une proportion de récepteurs plantaires s'avérant plus élevée dans l'avant-pied (Kennedy & Inglis, 2002 ; Paillard, 2009 ; De Jaeger, 2017), une activité physique mettant l'accent sur la stimulation des afférences cutanées plantaires, participerait à accroître la SCP dans l'avant pied. Korchi et al. (2017) explique que cette amélioration de la sensation plantaire avec une stimulation sensorielle accrue pourrait être due à un élargissement de la représentation du cortex somatosensoriel primaire. Bien que les évaluations de la fonction musculaire n'aient pas été incluses dans la présente étude, des adaptations neuro-musculaires pourraient également avoir concernées les sujets du groupe PN. La marche pieds nus renforçant les muscles intrinsèques du pied et modifiant l'architecture plantaire pour une meilleure absorption des chocs (McKeon, Hertel, Bramble & Davis, 2014 ; Franklin, Grey, Heneghan, Bowen & Li, 2015), elle augmente également l'activation des muscles éverseurs et inverseurs de la cheville, entraînant ainsi potentiellement un CP amélioré (Winter, Prince, Frank, Powell, & Zabjek, 1996 ; Bok, Lee & Lee, 2013 ; Franklin et al., 2015). Ces observations suggèrent que les personnes âgées pourraient encore bénéficier de la plasticité des fonctions sensorielles et améliorer leur SCP par une augmentation des informations somatosensorielles lors d'entraînements réalisés pieds nus, offrant ainsi des effets bénéfiques potentiels sur la posture et la démarche.

Ensuite, lorsqu'on s'intéresse aux variables posturales, l'absence de différences statistiques entre le groupe PN et CH, ainsi qu'au sein de chaque groupe entre pré et post intervention, semble due à une durée de pratique trop restreinte. La majorité des études ayant explorée les effets de l'activité physique sur le CP (avec le plus souvent une part importante de la séance dédiée à des tâches d'équilibre), s'étendent sur le long terme avec des périodes d'intervention allant de 12 semaines à 1 an et une tranche de séances comprise entre 20 et 96 (Cadore, Rodriguez-Mañas, Sinclair, & Izquierdo, 2013 ; Mansfield, Wong, Bryce, Knorr & Patterson, 2015 ; Finnegan, Seers, & Bruceet, 2018). Ces méta-analyses mettent en lumière un certain nombre d'études démontrant les effets positifs d'un programme d'entraînement sur le long terme concernant les performances posturales et la prévention des chutes. Notre intervention se déroulant non pas sur le long terme mais à court terme, il est intéressant d'observer les résultats de protocoles entrepris sur une durée plus brève. Une méta-analyse de Lesinski, Hortobagyi, Muehlbauer, Gollhofer et Granacher (2015) regroupe des études s'étendant sur une période de 4 à 15 semaines avec un nombre hebdomadaire de séances variant de 1 à 7, soit un nombre total de séances allant de 6 à 84 . Quand on analyse les interventions se rapprochant de notre nombre de séances (10, 12 et 15 séances) et mesurant l'équilibre en position debout sur deux appuis (Pfeifer, Ruhleder, Brettmann, & Banzer, 2001) , les performances posturales ne s'améliorent que de manière minime (+1,3%) et pour une condition spécifique (plan antéro-postérieur avec les YO). Une donnée intéressante de cette méta-analyse est que concernant l'entraînement de l'équilibre statique, une relation dose-effet apparaît pour une période d'intervention de 11-12 semaines, à une fréquence hebdomadaire de 3 séances et entre 36 et 40 entraînements. Ces observations confirment notre absence de différences significatives pour toutes les variables posturales que ce soit pour le groupe PN ou CH. De plus, il est intéressant de noter que certaines

études, également entreprises sur le long terme, démontrent des conclusions mitigées en terme de posture comme illustré dans notre présente étude. Trois mois d'intervention multimodale (parcours de mobilité, équilibre, force des membres inférieurs et étirements) avec deux séances par semaine ne montrent pas d'amélioration du CP dans la condition "sol dur" (YO et YF). Seule la surface moyenne du CDP est diminuée dans la condition "sol mou", YO et YF (Hue, Seynnes, Colson & Bernard, 2004). De même avec une intervention de six mois constituée d'exercices de marche, de renforcement musculaire du membre inférieur, de tâches d'équilibre et d'étirements (3 séances par semaine soit 48 séances) qui ne montre pas d'amélioration du CP en position debout que ce soit en condition YO ou YF. Seule une amélioration a été mise en évidence pour la tâche d'équilibre sur une jambe (Judge, Lindsey, Underwood, & Winsemlus, 1993 ; Sekir & Gür, 2005). Une explication à cette absence de progrès sur la position anatomique debout sur sol dur serait que pour des sujets âgés en bonne santé, cette tâche ne serait pas assez complexe pour apercevoir des évolutions, même après 6 mois d'entraînement.

À présent, quand on se focalise sur la modalité de pratique (PN ou CH), on constate que 6 semaines d'intervention avec 3 séances par semaine (Ahmed et al., 2011) stimulant le système somatosensoriel (marche sur surface instable, tâches d'équilibre en variant la surface du support, le nombre d'appuis et la modalité visuelle), montre une amélioration du CP (surface totale, plan antéro-postérieur et médio-latéral). Douze semaines d'intervention (2 fois par semaine) en augmentant les afférences cutanées plantaires par l'intermédiaire d'un parcours constitué d'ateliers avec différentes textures, montrent que les oscillations sur le plan antéro-postérieur diminuent après ces 24 séances en condition YO. En condition YF, on retrouve le même constat (Santos et al., 2008 ; Silva et al., 2014). Cependant, pour des durées d'applications plus courtes, les résultats sont moins probants et des études confirment notre manque de différences

significatives entre le groupe PN et CH. Suite au port d'une semelle orthopédique au quotidien pendant 2 semaines, Gross, Mercer et Linet (2012) ne trouvent pas de différences significatives sur les tests d'équilibre (temps maximum tenu sur une jambe et en position tandem) entre le début et la fin du protocole. Mêmes observations suite à 4 semaines de port de semelles avec des reliefs (plus de 6 heures par jour) où aucuns progrès ne sont détectés sur une tâche de posture réalisée de manière statique sur une plateforme de force avec les YO et YF (Wilson, Rome, Hodgson & Ball, 2007). À contrario, avec seulement 12 séances stimulant le système somatosensoriel mais réparties sur 6 semaines (à une fréquence de 2 séances par semaine), Santos et al. (2008) observent des oscillations posturales moindres notamment dans le plan antéro-postérieur. En regard de ces résultats, avec une absence d'améliorations concernant les variables posturales suite à un important volume de stimulation de la SCP via le port de semelles texturées sur toute une journée pendant seulement 2 à 4 semaines (Wilson et al., 2007 ; Gross et al., 2012) et parallèlement des performances posturales en hausse suite à une intervention plus longue (6 et 12 semaines) mais avec une fréquence de stimulation moindre de 2 à 3 séances par semaine pendant 45 minutes-1 heure (Santos et al., 2008), une hypothèse plausible serait que, lorsqu'on se focalise sur l'entraînement de la fonction d'équilibration, la fréquence d'application primerait sur le volume. Nombreuses autres explications à ce manque de résultats en terme de CP entre groupe PN et CH apparaissent à nous. Une première consiste en l'idée que les récepteurs plantaires sembleraient être plus impliqués dans les tâches extéroceptives comme l'évaluation de la texture et de la qualité de la surface de support que dans le contrôle du déplacement du CDP afin de maintenir l'équilibre. Cela pourrait expliquer pourquoi nous trouvons des améliorations en terme de SCP et non en terme de CP. Le SNC pourrait extraire des informations du déplacement du CDP à partir des mécanorécepteurs par une certaine intégration

spatiale et temporelle, cependant ces informations sembleraient être dérivées de récepteurs situés dans les structures plus profondes du pied et la tâche principale des mécanorécepteurs à la surface de la voûte plantaire resterait de fournir des informations sur les propriétés de la surface du support (Maurer, Mergnera, Bolhab & Hlavackab, 2001). Par conséquent, notre intervention n'aurait pas duré suffisamment pour stimuler les récepteurs profonds impliqués dans le contrôle de la posture ou alors celle-ci n'aurait pas suffisamment stimulé ces récepteurs par une stimulation trop superficielle. Une autre explication possible serait que des différences d'adaptations pourraient apparaître selon le type de public encadré. En effet, le centre L'Arbizon est un établissement prenant en charge des personnes diminuées physiquement suite à une opération ou avec une perte avancée d'autonomie, ce qui pourrait expliquer des différences de résultats posturaux entre un public âgé en bonne santé et un public âgé fragile. Hatton, Dixon, Rome, Newton et Martin (2012) mettent cela en évidence en montrant que chez des personnes âgées chuteuses, la stimulation brève de quelques minutes de la voûte plantaire par l'utilisation de semelles texturées n'entraîne aucune amélioration en terme de posture que ce soit YO ou YF. De plus, cette sur-stimulation de la SCP, altère la locomotion avec une diminution de la vitesse de marche et de la longueur du pas. Une hypothèse découlant de celle-ci, pourrait donc être que stimuler seulement le système somatosensoriel chez des sujets âgés fragiles ne suffirait pas dans la quête d'améliorer le CP. Une étude (Hue & Woollacott, 1994) a mise en avant qu'avec uniquement 10 heures d'entraînement (1 heure par jour du lundi au vendredi) sur 2 semaines avec une stimulation du système visuel (modalité YO et YF), vestibulaire (en jouant sur l'inclinaison de la tête) et somatosensoriel (surface du sol molle ou rigide) amélioraient le CP (conditions YO surface molle et YF surface molle). De même sur le moyen terme où 12 semaines (2 séances par semaine) d'exercices qui stimulent le système visuel, vestibulaire et

somatosensoriel montrent des résultats posturaux encourageants (Islam et al., 2004). In fine, dernière explication envisagée, les études mettant en évidence un meilleur contrôle de l'équilibre suite à une stimulation accentuée de la SCP par l'usage de semelles texturées (Gross et al., 2012 ; Qiu et al., 2012 ; Wang et al., 2016), utilisent cette sur-stimulation quelques instants avant de réaliser le test de posturographie sur plateforme de force, ce qui n'est pas le cas dans notre protocole expérimental. Pour résumer, en ce qui concerne le CP, le fait de pratiquer pieds nus ou chaussés sur une courte période ne permet pas d'affirmer qu'une modalité d'intervention est supérieure mais l'adaptabilité de la fonction d'équilibration étant complexe, nous avons vu que de multiples paramètres peuvent venir interférer sur l'efficacité d'un programme d'intervention. Des recherches supplémentaire sont donc nécessaires.

Enfin, quand on se focalise sur l'effet de notre intervention sur la CPG, sans évoquer la distinction entre modalité PN ou CH, on remarque que les capacités fonctionnelles souvent étudiées dans la littérature, que sont la force/puissance musculaire (représentées par le HandGrip Test et le 5LC dans notre étude) et les capacités de mobilité et d'autonomie (ici TUG et SPPB), bénéficient d'un impact positif suite à un programme multimodal sur le court terme. Ces résultats sont en accord avec de nombreux travaux investiguant les effets d'un programme d'activité physique sur les capacités physiques du sujet âgé (Cadore et al., 2013 ; De Labra, Pinheiro, Maseda, Lorenzo & Millan-Calenti, 2015). Comme pour la posture, ces études s'étendent sur des périodes de 10 semaines à 1 an et mettent en lumière des gains de performance significatifs concernant les capacités physiques du sujet âgé. À  titre d'exemple, un programme multimodal réalisé 2 fois par semaine pendant 16 semaines (force musculaire, équilibre statique et dynamique, locomotion et souplesse), montre des gains de performance concernant le TUG et la vitesse de marche sur 10m

(Toulotte, Fabre, Dangremont, Lensel & Thévenon, 2003). Contrairement aux variables posturales où les résultats étaient mitigés suite à 11-13 séances d'entraînement, la CPG semble s'améliorer malgré un nombre limité de séances.

Dès à présent, si on évoque la comparaison entre le groupe PN et CH, même si aucunes différences significatives apparaissent, la tendance à l'amélioration observée au sein du groupe PN entre pré et post intervention sur le SPPB semble être un bon indicateur de l'impact positif d'un entraînement pieds nus sur la CPG d'un individu. En effet, le SPPB est représentatif de cette CPG car c'est un test permettant d'évaluer la performance physique générale d'un individu à partir de trois critères que sont la capacité d'équilibration (EPJ, EST et ET), la force des membres inférieurs (5LC) et la vitesse de marche sur 4m (V4). Une étude s'est penchée sur l'impact d'une intervention stimulant le système somatosensoriel sur les capacités physiques (Sekir & Gür, 2005). Suite à 6 semaines (2 séances par semaine) comprenant des exercices d'équilibre, de marche en tandem, de montées et descentes d'escaliers ainsi que des levers de chaise, des gains de performance se retrouvent sur la tâche de marche (15m), le temps pour monter et descendre des marches et le temps pour se lever et s'asseoir d'une chaise. Ces résultats sont en concordance avec les nôtres et une explication à cet accroissement des performances sur le SPPB serait que la participation à une intervention multimodale ai amélioré l'équilibre (EPJ, EST et ET) via les exercices relatifs à la fonction d'équilibration mais aussi et surtout la force/puissance musculaire via les mouvements engageants le système musculo-squelettique (5LC et V4). En effet, la force et la puissance musculaire sont deux éléments clés qui prédisent les performances fonctionnelles de la vie quotidienne d'un individu et développer ces deux qualités physiques par un entraînement contre résistance améliore les fonctions physiques chez les personnes âgées (Skelton, Greig, Davies & Young, 1994 ; Macaluso & De Vito, 2004 ; Hanson et al., 2009 ;

McKinnon, Connelly, Rice, Hunter & Doherty, 2016). Partant des observations que le vieillissement est associé à un déplacement plus important du CDP dans le plan sagittal et frontal ainsi qu'une activation musculaire accrue, et sachant que des travaux suggèrent que des niveaux élevés d'activité musculaire au niveau des chevilles sont corrélés à une altération du CP chez des personnes âgées fragiles, une explication à des capacités physiques optimisées serait que la participation à un programme multimodal en étant pieds nus, améliorerait l'efficacité du système neuro-musculaire au niveau des membres inférieurs en régulant cette activité musculaire et par conséquent le CP (Laughton et al., 2003 ; Cattagni et al., 2016). Enfin, à notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée aux effets d'une intervention multimodale sur les capacités fonctionnelles en comparant un groupe bénéficiant d'une stimulation accrue de son système somatosensoriel par la pratique pieds nus et un groupe contrôle chaussé. Seule une étude (Korchi et al., 2017) a mise en place un protocole proche de ces dires en comparant l'évolution de la démarche entre un groupe PN et CH suivant tous les deux un programme multimodal de trois mois. Une absence de différences significatives entre les groupes ne permet pas de tirer de conclusions hâtives et de futures recherches seront donc nécessaires en ce qui concerne le lien entre stimulation du système somatosensoriel et CPG.

## 5. Conclusion et perspective(s)

En conclusion, même si notre hypothèse de départ n'a pas été confirmée et que l'analyse statistique ne met en avant aucunes différences significatives entre le groupe PN et CH post intervention, les tendances caractérisant une progression marquée entre le début et la fin de l'intervention au sein d'un groupe sont observables dans le groupe PN. Cela suggère que malgré un court entraînement de 11-13 séances de 45 minutes chacune, la stimulation des afférences cutanées plantaires par la pratiques pieds nus, permet de mettre en avant des améliorations en terme de SCP, notamment au niveau de l'avant pied et de condition physique générale, reflet de l'autonomie. Pour ce qui est du CP et de l'absence de différences significatives entre les groupes et au sein des groupes suite à l'intervention, si la SCP semble dépendre en grande partie du système somatosensoriel et la condition physique du système neuromusculaire, pour le CP cela apparaît comme plus complexe. Le système postural met en interaction les informations sensorielles qui permettent d'informer le SNC sur l'état du corps et les conditions environnementales, les stratégies motrices qui permettent de maintenir l'équilibre et l'influence cognitive qui favorise certains types de réponses en fonction des conditions de réalisation de la tâche. Ainsi, le contrôle postural constitue un système complexe au sein duquel l'impact sur un de ces mécanismes peut affecter la performance posturale. L'ensemble des hypothèses émises précédemment pour tenter de comprendre le manque de différence entre les deux groupes, peuvent nous apparaître comme un début de solution. Dans la mesure où notre étude ainsi que celle de Korchi et al. (2017) comprenait un nombre de sujets limité, de futures recherches sont nécessaires afin d'explorer les effets d'un programme composé d'exercices multimodaux stimulant les afférences cutanées plantaires par la pratique pieds nus sur le court et moyen terme.

## 6. Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt réel ou potentiel, y compris des relations financières, personnelles ou autres, susceptibles d'influencer les résultats ou leur interprétation.

## BIBLIOGRAPHIE

Ahmed, A.F. (2011). Effect of sensorimotor training on balance in elderly patients with knee osteoarthritis. *Journal of Advanced Research (2011) 2*, 305-311.

Alexander, N.B. (1994). Postural control in older adults. *JAGS 42:*93-108.

Berger, L., & Bernard-Demanze, L. (2013). Incidence du vieillissement sur les performances posturales et cognitives. *Kinésithér Scient 2013;*546:5.

Bok, S.K., Lee, T.H., & Lee, S.S. (2013). The Effects of Changes of Ankle Strength and Range of Motion According to Aging on Balance. *Ann Rehabil Med 2013;37(1):* 10-16.

Bretan, O., Pinbeiro, R.M, & Corrente, J.E. (2010). Balance and plantar cutaneous sensitivity functional assessment in communitydwelling elderly. *Braz J Otorhinolaryngol. 2010;76(2):*219-24.

Cadore, E.L., Rodriguez-Mañas, L., Sinclair, A., & Izquierdo, M. (2013). Effects of Different Exercise Interventions on Risk of Falls, Gait Ability, and Balance in Physically Frail Older Adults: *A Systematic Review. REJUVENATION RESEARCH Volume 16, Number 2,* 2013.

Cattagni, T., Scaglioni, G., Laroche, D., Gremeaux, V., & Martin, A. (2016). The involvement of ankle muscles in maintaining balance in the upright posture is higher in elderly fallers. *Experimental Gerontology 77 (2016)* 38-45.

De Jaeger, C. (2017). Physiologie du viellissement. *EMC Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation. Volume 14.*

De Labra, C., Pinheiro, C.G., Maseda, A., Lorenzo, T., & Millan-Calenti, J.C. (2015). Effects of physical exercise interventions in frail older adults: a systematic review of randomized controlled trials. *BMC Geriatrics (2015) 15:154.*

Finnegan, S., Seers, K., & Bruce, J. (2018). Long-term follow-up of exercise interventions aimed at peventing falls in older people living in the community: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy (2018).*

Franklin, S., Grey, M. J., Heneghan, N., Bowen, L., & Li, F.-X. (2015). Barefoot vs common footwear: a systematic review of the kinematic, kinetic and muscle activity differences during walking. *Gait & Posture, 42*(3), 230-239.

Franklin, S., Lia, F. X, & Grey, M. J. (2017). Modifications in lower leg muscle activation when walking barefoot or in minimalist shoes across different age-groups. *Gatt et Posture 60,* 1-5.

Gross, M., Mercer, V., & Lin, F. (2012). Effects of Foot Orthoses on Balance in Older Adult. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy, volume 42, number 7.*

Hanson, E.D., Srivastan, S.R., Agrawal, S., Menon, K.S., Delmonico, M.J., Wang, M.Q., & Hurley, B.F. (2009). Effects of strength training on physical function: influence of power, strength and body composition. *J Strength Cond Res. 2009 December ; 23(9):* 2627–2637.

Hatton, A.L., Dixon, J., Rome, K., & Martin, D. (2011). Standing on textured surfaces: effects on standing balance in healthy older adults. *Age and Ageing 2011; 40:* 363–368.

Hatton, A.L., Dixon, J., Rome, K., Newton, J.L., & Martin, D. (2012). Altering gait by way of stimulation of the plantar surface of the ffot : the immediate effect of wearing textured insoles in older fallers. *Journal of Foot and Ankle Research 2012,* 5:11.

Hatton, A.L., Dixon, J., Rome, K., Martin, D., & McKeon, P. (2013). Footwear Interventions A Review of Their Sensorimotor and Mechanical Effects on Balance Performance and Gait in Older Adults. *Vol 103, No 6, Journal of the American Podiatric Medical Association.*

Hijmans, J.M., Geertzen, J., Dijkstra, P.U., & Postema, K. (2007). A systematic review of the effects of shoes and other ankle or foot appliances on balance in older people and people with peripheral nervous system disorders. *Gait & Posture 25 (2007)* 316-323.

Hue, M.H., & Woollacott, M.H. (1994). Multisensory training of standing balance in older adults : postural stability and one-leg stance balance. Journal of Gerontology : MEDICAL SCIENCES 1994, Vol 49. No. 2, M52-M61.

Hue, O., Seynnes, O., Colson, S.S., & Bernard, P.L. (2004). Effects of a physical activity program on postural stability in older people. *Aging clinical and experimental research.*

Islam, M.M., Nasu, E., Rogers, M.E., Koizumi, D., Rogers, N.L., & Takeshima, N. (2004). Effects of combined sensory and muscular training on balance in Japanese older adults. *Preventive Medicine 39 (2004)* 1148-1155.

Judge, J.O., Lindsey, C., Underwood, M., &Winsemlus, D. (1993). Balance Improvements in Older Women: Effects of Exercise Training. *Physical Therapy /Volume 73, Number 4/April 1993.*

Kennedy, P., & Inglis, T. (2002). Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. *Journal of Physiology (2002), 538.3,* pp.995–1002.

Korchi, K., Noé, F., Bru, N., & Paillard, T. (2017). Enhancing foot somatosensory inputs by barefoot practice optimizes the effects of physical activity on plantar sensation and postural control in institutionalized older adults: pilot study. Journal of aging and physical activity.

Laughton, C.A., Slavin, M., Katdare, K., Nolan, L., Bean, J.F., Kerrigan, D.C., Phillips, E., Lipsitz, L.A., & Collins, J.J. (2003). Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait and Posture 18* (2003) 101/108.

Lesinski, M., Hortobagyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med (2015) 45*:1721–1738.

Li, L., Zhang, S., & Dobson, J. (2018). The contribution of small and large sensory afferents to postural control in patients with peripheral neuropathy. *Journal of Sport and Health Science (2018).*

Macaluso, A., & De Vito, G. (2004). Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *Eur J Appl Physiol (2004) 91:* 450–472

Machado, A. S., Gabriéli, D., Duysens, J., & Carpes, F. P. (2015). Differences in foot sensitivity and plantar pressure between young adults and elderly. Arch. G*erontol. Geriatr. Archives of Gerontology and Geriatrics.*

Machado, A. S., Da Silva, C. B., Da Rocha, E.S., & Carpes, F. P. (2017). Effects of plantar foot sensitivity manipulation on postural control of young adult and elderly. *REV BRAS REUMATOL. 2017;57(1):*30–36.

Mansfield, A., Wong, J.S., Bryce, J., Knorr, S., & Patterson, K.K. (2015). Does Perturbation-Based Balance Training Prevent Falls? Systematic Review and Meta-Analysis of Preliminary Randomized Controlled Trials. *Physical Therapy Volume 95 Number 5.*

Maurer, C., Mergnera, T., Bolhab, B., & Hlavackab, F. (2001). Human balance control during cutaneous stimulation of the plantar soles. *Neuroscience Letters 302 (2001)* 45-48.

McKeon, P., Hertel, J., Bramble, D., & Davis, I. (2014). The foot core system : A nex paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Med ;* 49:290.

McKinnon, N.B., Connelly, D.M., Rice, C.L., Hunter, S.W., & Doherty, T.J. (2016). Neuromuscular contributions to the age-related reduction in muscle power : Mechanisms ans potential rôle oh high velocity power training. Ageing Research Reviews (2016).

Meyer, P.F., Oddsson, L., & De Luca, C. (2004). The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance. *Exp Brain Res (2004) 156: 505-512.*

Paillard, T. (2009). Vieillissement et condition physique. L'essentiel en sciences du sport. *Ellipses.*

Paillard, T. (2016). Posture et équilibration humaines. Posture, équilibre et mouvement. *De boeck supérieur.*

Palluel, E., Nougier, V., & Olivier, I. (2008). Do spike insoles enhance postural stability and plantarsurface cutaneous sensitivity in the elderly? *AGE (2008) 30:*53–61.

Perry, S. D., Radtke, A., McIlroy, W. E., Fernie, G. R., & Maki, B. E. (2008). Efficacy and Effectiveness of a Balance-Enhancing Insole. *Journal of Gerontology: MEDICAL SCIENCES Copyright 2008 by The Gerontological Society of America 2008, Vol. 63A, No. 6, 595–602.*

Peters, R., & Inglis, J.T. (2016). Losing touch : Age-related changes in plantar skin sensitivity, lower limb cutaneous reflex strength, and postural stability in older adults. *J Neurophysiol 116:* 1848–1858.

Pfeifer, K., Ruhleder, M., Brettmann, K., & Banzer, W. (2001). Effects of a coordination-focused physical activity programme on the maintenance of motor abilities of the elderly.
*Jahrgang 52, Nr. 4* (2001).

Qiu, F., Cole, M.H., Davids, K.W., Henning, E.M., Silburn, P.A., Netscher, H., & Kerr, G.K. (2012). Enhanced somatosensory information decreases postural sway in older people. *Gait & Posture 35 (2012)* 630-635.

R Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from https://www.R-project.org/

Santos, A., Bertato, F., Montebelo, M., & Guirro, E. (2008). Effect of proprioceptive training among diabetic women. *Rev Bras Fisioter. 2008;12(3):*183-7.

Sekir, U., & Gür, H. (2005). A multi-station proprioceptive exercise program in patients with bilateral knee osteoarthrosis : functional capacity, pain ans sensorimotor function. A randomiezd controlled trial. *Journal of Sports Science and Medicine (2005) 4,* 590-603

Skelton, D.A., Greig, C.A., Davies, J.M., & Young, A. (1994). Strength, Power and Related Functional Ability of Healthy People Aged 65-89 Years. *Age and Ageing 1994.23:*371-377

Silva, P., Botelho, P., Guirro, E., Vaz, M., & Abreu, D. (2014). Long-term benefits of somatosensory training to improve balance of elderly with diabetes mellitus. *Journal of Bodywork and Movement Therapies (2014) 19,* 453-457.

Toulotte, C., Fabre, C., Dangremont, B., Lensel, G., & Thévenon, A. (2003). Effects of physical training on the physical capacity of frail, demented patients with a history of falling: a randomised controlled trial. *Age and Ageing 2003; 32: 67–73.*

Vie, B., Nester, J.B., Porte, L.M., Behr, M., Weber, J.P., & Jammes, Y. (2014). Pilot study demonstrating that sole mechanosensitivity can be affected by insole use. *Gait and Posture 41 (2014)* 263-268.

Visieux, F., Lemaire, A., Barbier, F., Charpentier, P., Leteneur, S., & Villeneuve, P. (2018). How can the stimulation of plantar cutaneous receptors improve postural control ? Review and clinical commentary.*Clinical Neurophysiology.*

Vuillemin, A. (2012). Bénéfices de l'activité physique sur la santé des personnes âgées. *Science et Sports (2012) 27,* 249-253.

Wang,Y., Watanabe, K., & Chen, L. (2016). Effect of plantar cutaneous inputs on center of pressure during quiet stance in older adults. *Journal of Exercise Science & Fitness 14 (2016)* 24-28.

Wilson, M.L., Rome, k., Hodgson, D., & Ball, P. (2007). Effect of textured foot orthotics on static and dynamic postural stability in middle-aged females. *Gait and Posture.*

Winter, D. A., Prince, F., Frank, J., Powell, C., & Zabjek, K. F. (1996). Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *Journal of Neurophysiology, 75(6),* 2334-2343.

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Tableau 1: Caractéristiques des sujets

Tableau 2: Sensibilité cutanée plantaire pré intervention

Tableau 3: Évolution de la sensibilité cutanée plantaire

Tableau 4: Variables posturales pré intervention

Tableau 5: Évolutions des variables posturales

Tableau 6: Tests physiques généraux pré intervention

Tableau 7: Évolutions des tests physiques généraux

## ABSTRACT

**Background:** Age progression is associated with impaired postural control and thus increased risk of falls. There is little evidence that short-term stimulation of plantar skin afferents in institutionalized older adults would have a positive impact on postural control.

**Purpose:** The objective of this study was to observe the effects of a short-term multimodal physical activity program on postural control (CP), plantar skin sensitivity (PCS), and general physical fitness (GPC) in institutionalized seniors benefiting from stimulation of plantar skin afferents through barefoot practice. A comparison with shod subjects who do not benefit from this increased stimulation of plantar skin sensitivity has also been put in place.

**Method:** The study was conducted with 8 patients staying in a rehabilitation and functional rehabilitation service (77 ± 7.6 years). They were randomly divided into two groups: the PN (n = 4) and CH (n = 4) groups, whose members participated in a multimodal exercise program that was executed barefoot (PN) or with their own shoes (CH). The posture and SCP assessment was performed with a force platform and a Semmes-Weinstein aesthesiometer set of 6 monofilaments respectively. That of the physical capacities was carried out with three tests (HandGrip Test, SPPB and TUG).

**Results:** Post intervention, following 11-13 sessions, no significant differences were observed between the PN and CH groups in terms of SCP, CP and CPG. However, within the FN group, between the beginning and the end of the intervention, there is a significant improvement trend for the forefoot SCP (p-value = 0.09) and the SPPB (p- value = 0.09).

**Conclusion:** Stimulation of plantar cutaneous afferents by barefoot practice during a multimodal physical activity program shows encouraging results in terms of SCP and CPG, despite a short duration of intervention.

**KEYWORDS**
Aging, Barefoot Response, Postural Control, Plantar Sensitivity and General Physical Fitness

EFFETS DE LA STIMULATION DES AFFÉRENCES CUTANÉES PLANTAIRES LORS D'UN PROGRAMME D'ACTIVITÉ PHYSIQUE MULTIMODAL DE COURTE DURÉE SUR LE CONTRÔLE POSTURAL, LA SENSIBILITÉ CUTANÉE PLANTAIRE ET LA CONDITION PHYSIQUE GÉNÉRALE CHEZ DES PERSONNES ÂGÉES INSTITUTIONNALISÉES

STAPS

Centre SSR MGEN l'Arbizon – 65200 Bagnères-de-Bigorre

Spécialité : Expert en Préparation Physique et Mentale


## RÉSUMÉ :

**Contexte:** L'avancée en âge est associée avec une altération du contrôle postural et donc un risque accru de chutes. Il existe peu de preuves indiquant que la stimulation sur le court terme des afférences cutanées plantaires chez des personnes âgées institutionnalisées aurait un impact positif sur le contrôle postural.

**Objectif:** L'objectif de cette étude était d'observer les effets d'un programme d'activité physique multimodal de courte durée sur le contrôle postural (CP), la sensibilité cutanée plantaire (SCP) et la condition physique générale (CPG) chez des personnes âgées institutionnalisées bénéficiant d'une stimulation des afférences cutanées plantaires par la pratique pieds nus. Une comparaison avec des sujets chaussés ne bénéficiant pas de cette stimulation accrue de la sensibilité cutanée plantaire a également été mise en place.

**Méthode:** L'étude a été menée auprès de 8 patients séjournant dans un service de rééducation et réadaptation fonctionnelle (77 ± 7,6 ans). Ils ont été séparés au hasard en deux groupes: les groupes PN (n = 4) et CH (n = 4), dont les membres ont participé à un programme d'exercices multimodaux qui a été exécuté pieds nus (PN) ou avec leurs propres chaussures (CH). L'évaluation de la posture et de la SCP a été réalisée avec une plateforme de force et un ensemble d'aesthésiomètre Semmes-Weinstein de 6 monofilaments respectivement. Celle des capacités physiques fut effectuée avec trois tests (HandGrip Test, SPPB et TUG).

**Résultats:** Post intervention, suite à 11-13 séances, aucunes différences significatives n'ont été observées entre le groupe PN et CH en terme de SCP, de CP et de CPG. Cependant, au sein du groupe PN, entre le début et la fin de l'intervention, on retrouve une tendance à l'amélioration significative concernant la SCP de l'avant pied (p-value = 0.09) et sur le SPPB (p-value = 0.09).

**Conclusion:** La stimulation des afférences cutanées plantaires par la pratique pieds nus lors d'un programme d'activité physique multimodal, démontre des résultats encourageants en terme de SCP et de CPG et cela malgré une durée d'intervention de courte durée.



**MOTS-CLÉS :**

*Vieillissement, Intervention pieds nus, Contrôle postural, Sensibilité cutanée plantaire et Condition physique générale*