

# Effet sur l'équilibre d'un tee-shirt comportant des fibres céramiques : étude interventionnelle, prospective, en double aveugle, randomisée, contrôlée contre placebo, chez des sujets âgés

## Effect on the balance of a T-shirt with ceramic fibers: interventional, prospective, double-blind, randomized, placebo-controlled study, in elderly subjects

Anne-Lise JAQUOT<sup>1</sup>, Éléonore CANTEGRIT<sup>2</sup>, Marie DUFOUR<sup>3</sup>, Arnaud DELVAL<sup>4</sup>, André THÉVENON<sup>5</sup>, François PUISIEUX<sup>6</sup>

### RÉSUMÉ

**Introduction :** L'objectif de notre étude était d'évaluer les effets sur l'équilibre et la marche d'un tee-shirt contenant des fibres céramiques, et de les comparer à ceux d'un tee-shirt placebo, chez des personnes âgées à risque de chute.

**Méthodes :** Nous avons réalisé une étude pilote, prospective, interventionnelle, randomisée, contrôlée contre placebo, chez des patients de plus de 65 ans qui consultaient pour une évaluation du risque de chute. Soixante patients dont le score de Tinetti était supérieur à 12 ont été inclus. Un test de Tinetti, une posturographie et une analyse du mouvement ont été réalisés avec les vêtements du patient, puis avec le tee-shirt contenant des fibres céramiques ou son placebo. Le critère de jugement principal était la variation du score de Tinetti entre le score évalué lors du port du tee-shirt testé et le score évalué avec le tee-shirt habituel du patient.

1 Soins de suite et réadaptation, Centre Hospitalier de Valenciennes, avenue Désandrouin, 59300 Valenciennes, France.

2 Gériatre, Centre Hospitalier de Valenciennes, avenue Désandrouin, 59300 Valenciennes, France.

3 Médecin généraliste, 69000 Lyon, France.

4 Neurologue, Service de neurophysiologie clinique, Hôpital Roger Salengro, Centre Hospitalier Régional Universitaire de Lille, 59000 Lille, France.

5 Service de Médecine Physique et Réadaptation, Hôpital Swynghedauw, Centre Hospitalier Régional Universitaire de Lille, 59000 Lille, France.

6 Gériatre, Hôpital Gériatrique Les Bâteliers, Centre Hospitalier Régional Universitaire de Lille, 59000 Lille, France.

Article reçu le 09/04/2019 et accepté le 30/09/2019

### ABSTRACT

**Introduction:** The objective of our study was to evaluate the effects on balance and walking of a T-shirt containing ceramic fibers, and to compare them to those of a placebo T-shirt, in elderly people at risk of falling.

**Methods:** We conducted a pilot, prospective, interventional, randomized, placebo-controlled study in patients over 65 years of age who were seen for fall risk assessment. Sixty patients with a Tinetti score greater than 12 were included. A Tinetti test, posturography and movement analysis were performed with the patient's clothing and then with the T-shirt containing ceramic fibers or the placebo T-shirt. The main assessment criterion was the variation in the Tinetti score between the score assessed while wearing the T-shirt tested and the score assessed with the patient's usual T-shirt.

**Results:** For the overall Tinetti score, the differences observed between the "no T-shirt" condition and the "with

Auteur correspondant : Docteur Anne-Lise Jaquot, Soins de suite et réadaptation, Centre Hospitalier de Valenciennes, avenue Désandrouin, 59300 Valenciennes, France.

Courriel : jaquot-al@ch-valenciennes.fr

**Résultats :** Pour le score de Tinetti global, les écarts observés entre la condition « sans tee-shirt » et la condition « avec tee-shirt » n'étaient pas significativement différents entre les deux groupes. Pour la posturographie, seule la vitesse de déplacement du centre de pression diminuait de manière significative avec le port du tee-shirt céramique. Pour l'analyse du mouvement : lors de l'initiation du pas, seul le déplacement latéral maximal du centre de pression s'améliorait significativement.

**Conclusion :** Cette étude n'a pas montré d'amélioration de l'équilibre évalué par le test de Tinetti avec le port d'un tee-shirt contenant des fibres céramiques.

**Mots clés :** Gériatrie - Chutes - Biocéramique - Équilibre postural - Tinetti

T-shirt" condition were not significantly different between the two groups. For the posturography, only the speed of displacement of the center of pressure decreased significantly with the wearing of the ceramic T-shirt. For the movement analysis: at the initiation of the step, only the maximum lateral displacement of the pressure center improved significantly.

**Conclusion:** This study did not show any improvement in balance as assessed by the Tinetti test with the wearing of a T-shirt containing ceramic fibers.

*Rev Geriatr 2020 ; 45 (2) : 69-78.*

**Keywords:** Geriatrics - Falls - Bioceramic - Postural balance - Tinetti

## INTRODUCTION

La chute est un événement fréquent et grave chez la personne âgée. Les conséquences sont importantes tant sur le plan physique que psychologique, social et économique.

On estime qu'un tiers des sujets âgés de plus de 65 ans et la moitié des sujets de plus de 80 ans chutent au moins une fois par an<sup>(1)</sup>. Les chutes répétées sont considérées comme un indicateur de mauvais état de santé et de fragilité chez les personnes âgées<sup>(2,3)</sup>. On dénombre chaque année en France 450 000 chutes accidentelles chez les personnes âgées, conduisant à un passage aux urgences<sup>(4)</sup>. Elles sont responsables de 12 000 décès par an<sup>(5)</sup>. Les chutes sont également un mode d'entrée dans la dépendance : 40 % des personnes âgées hospitalisées pour chute sont ensuite orientées vers une institution<sup>(5)</sup>. Les chutes représentent la deuxième cause d'entrée en institution après la maladie d'Alzheimer<sup>(6)</sup>.

Les troubles de la marche et de l'équilibre font partie des multiples facteurs de risque de chute identifiés par la Haute autorité de santé<sup>(7)</sup>. La fonction d'équilibration est soumise au vieillissement : les entrées sensorielles que sont la vision, la proprioception musculo-articulaire, les entrées vestibulaires et les afférences cutanées plantaires se modifient lors de l'avancée en âge, ainsi que l'effecteur musculo-squelettique. Par ailleurs, le système nerveux central est lui aussi touché par le vieillissement, avec une diminution du nombre de neurones corticaux, la raréfaction de la substance blanche et la diminution de l'acétylcholine, ce qui se traduit par une augmentation du temps de réaction<sup>(8)</sup>. Sur le plan de la locomotion, après 60 ans, il existe une diminution de la vitesse de marche, un raccourcissement du pas, une diminution de la hauteur et une augmentation de la largeur du pas, ainsi qu'une augmentation des temps d'appui<sup>(9)</sup>.

Le test de Tinetti<sup>(10)</sup> est un test validé, non invasif et reproductible<sup>(7)</sup> pour l'évaluation de l'équilibre statique et dynamique. Il s'agit d'un outil d'évaluation de l'équilibre très fréquemment cité<sup>(11)</sup> et souvent considéré comme un gold-standard<sup>(12,13)</sup> dans l'évaluation des troubles de l'équilibre et du risque de chute chez les personnes âgées<sup>(14,15)</sup>. Les personnes dont le score est compris entre 24 et 28 au test de Tinetti ont un risque modéré de chute et celles présentant un score inférieur à 19 ont un risque élevé de chute. Ce test est réalisé facilement, rapidement et de façon sécurisée<sup>(15)</sup>. La posturographie permet également une évaluation des troubles de l'équilibre et des stratégies de maintien postural adoptées par le sujet<sup>(16,17)</sup>. La vitesse et la longueur du trajet parcouru par le centre de pression, le déplacement antéro-postérieur et médiolatéral du centre de pression permettent de distinguer les patients chuteurs et non chuteurs<sup>(18,19)</sup>.

Les nouvelles technologies centrées sur le vieillissement s'intéressent à la chute. Le secteur des technologies de la santé et de l'autonomie se développe en France, en particulier à destination des personnes âgées. On parle dans ce cas de « Silver Economy », dont l'enjeu est de développer et proposer des dispositifs innovants qui accompagnent l'avancée en âge et favorisent l'autonomie des personnes âgées. On peut citer dans ce cadre les dispositifs qui visent à alerter en cas de chute (télé-alarme), détecter les chutes (actimètres), réduire les conséquences traumatologiques des chutes (protecteurs de hanche), ainsi que les outils domotiques tels que l'éclairage déclenché par les détecteurs de présence.

L'entreprise Damart a développé un tee-shirt contenant des fibres céramiques. Initialement développés dans le but de conserver la chaleur, il a été découvert de manière fortuite que des vêtements contenant ces fibres pourraient améliorer l'équilibre. Peu d'études se sont intéressées au sujet. Il en existe une qui étudiait l'impact de tissus biocéramiques sur

le contrôle postural de gymnastes debout et en équilibre sur les mains en se basant sur la réalisation d'une posturographie, et dont les résultats suggéraient un effet positif sur le contrôle et la stabilité posturaux<sup>(20)</sup>. Une étude non publiée<sup>(21)</sup> montre des résultats positifs sur l'équilibre évalué par le score de Tinetti chez des sujets âgés chuteurs lors du port du tee-shirt contenant des fibres céramiques.

L'objectif de notre étude était d'évaluer les effets sur l'équilibre et la marche d'un tee-shirt contenant des fibres céramiques et de les comparer à ceux d'un tee-shirt placebo chez des personnes âgées à risque de chute.

## MÉTHODES

Nous avons réalisé une étude pilote, prospective, interventionnelle, en double aveugle, randomisée, contrôlée contre placebo, monocentrique.

### Critères de jugement principal et secondaire

Pour notre étude, nous avons émis l'hypothèse que le port du tee-shirt contenant des fibres céramiques améliorerait l'équilibre et la marche chez des sujets âgés à risque de chute. Le critère de jugement principal était la variation du score de Tinetti entre le score évalué lors du port du tee-shirt testé et le score évalué avec le tee-shirt habituel du patient. Nous avons utilisé pour notre étude une échelle pour le score de Tinetti dont la cotation est inversée par rapport à la littérature : dans notre cas un score élevé est associé à un risque de chute élevé. Il s'agit cependant de la même échelle. L'objectif secondaire était d'évaluer l'effet du port du tee-shirt contenant des fibres céramiques sur les paramètres d'équilibre statique et dynamique fournis par la posturographie et la technique d'analyse du mouvement. Les paramètres de posturographie et d'analyse du mouvement constituaient les critères de jugement secondaire.

### Population

S'agissant d'une étude pilote, le nombre de sujets à inclure avait été fixé au préalable dans le protocole de l'étude à 60 sujets, soit 30 sujets par groupe.

Tous les patients participant à une journée d'hôpital de jour à l'hôpital gériatrique « Les Bâteliers » du Centre hospitalier régional universitaire (CHRU) de Lille, pour une évaluation du risque chute, ont été sollicités pour participer à l'étude, au moyen d'une fiche d'information qui leur était remise.

Les critères d'inclusion étaient les suivants : âge supérieur ou égal à 65 ans, existence de troubles de l'équilibre définis par un score au test de Tinetti supérieur ou égal à 12/35 (correspondant dans la cotation classique au score indiquant un risque élevé de chute), possibilité de tenir debout pieds joints avec les membres supérieurs le long du corps, possibilité de

marcher 3 mètres sans déséquilibre majeur pouvant entraîner une chute, accord du patient pour participer à l'étude et signature d'un consentement écrit, être assuré social.

Les critères d'exclusion étaient les suivants : déficit moteur focalisé et caractérisé d'un ou des membres inférieurs de cause neurologique ou orthopédique (par exemple amputation ou hémiplégie séquelle d'un accident vasculaire cérébral), impossibilité de recevoir une information éclairée, impossibilité de participer à la totalité de l'étude, non couverture par un régime de sécurité sociale, refus de signer le consentement.

Les patients dont le score de Tinetti était inférieur à 12 étaient exclus.

### Matériel

#### Tee-shirt

Les tee-shirts étaient fournis à titre gracieux par l'entreprise Damart. Ils ont été numérotés au préalable. Les tee-shirts contenant des fibres céramiques sont à manches courtes, d'une longueur de 74 cm. Ils sont composés de trois couches : une couche externe en maille polaire 100 % polyester, une doublure interne 100 % polyester et entre les deux une membrane intermédiaire en polyuréthane renfermant le composant céramique. Les tee-shirts placebo sont de même aspect, même texture, même poids, même volume que les tee-shirts contenant les fibres céramiques. Nous avons à notre disposition des modèles homme avec un col en V et des modèles femme avec un col rond, en plusieurs tailles (XS, S, M, L, XL, XXL). Pour chaque patient, un tee-shirt correspondant au sexe et à la taille était attribué dans des conditions de double aveugle.

Afin de faciliter le placement des marqueurs pour l'analyse du mouvement, des shorts à la taille des patients leur étaient prêtés.

#### Posturographie et analyse du mouvement

Un enregistrement de la posturographie et du mouvement a été réalisé grâce à un système d'analyse tridimensionnelle du mouvement de type VICON utilisant 8 caméras à infrarouges et 21 sphères réfléchissantes, dans un parcours de marche de 8,70 mètres comportant 2 plateformes de force intégrées. La posturographie et l'analyse du mouvement étaient réalisées pieds nus.

Les tâches réalisées et les paramètres analysés étaient les suivants :

- posturographie statique pendant 60 secondes, yeux ouverts. Les paramètres analysés étaient : la surface de l'ellipse en millimètres<sup>2</sup> qui contient 90 % des positions du centre de pression pendant l'enregistrement, le déplacement en millimètres du centre de pression dans les axes antéropostérieur et médio-latéral, la vitesse de déplacement du centre de pression en millimètres/seconde ;

**Effet sur l'équilibre d'un tee-shirt comportant des fibres céramiques : étude interventionnelle, prospective, en double aveugle, randomisée, contrôlée contre placebo, chez des sujets âgés • Effect on the balance of a T-shirt with ceramic fibers: interventional, prospective, double-blind, randomized, placebo-controlled study, in elderly subjects**

- initiation du pas déclenchée, c'est-à-dire en réponse à un stimulus sonore, et auto-commandée, c'est-à-dire à l'initiative du sujet. Les paramètres analysés étaient l'amplitude des ajustements posturaux anticipés (recul maximal et déplacement latéral du centre de pression), la durée des ajustements posturaux (durée entre la survenue du premier événement mécanique sur la plateforme de force et le décolllement du talon), le temps de réaction lors de l'initiation du pas en condition déclenchée (durée entre le stimulus sonore et le premier événement mécanique sur la plateforme de force) ;
- marche stabilisée sur 10 mètres sans consigne particulière et en double tâche avec un décompte de trois en trois. Les paramètres analysés étaient la vitesse de marche (en mètres par seconde), la longueur du pas (en mètres), la durée de l'enjambée (en secondes).

À l'exception de la posturographie, réalisée une seule fois, trois mesures ont été réalisées pour chaque tâche, afin de diminuer le risque de problème d'acquisition des données (capteur qui se détache ou qui est masqué par un vêtement).

**Déroulement de l'étude**

L'avis favorable du Comité de protection des personnes (CPP) ainsi qu'une autorisation de l'Agence française de sécurité sanitaire et des produits de santé (Afssaps) ont été obtenus avant le début de l'étude.

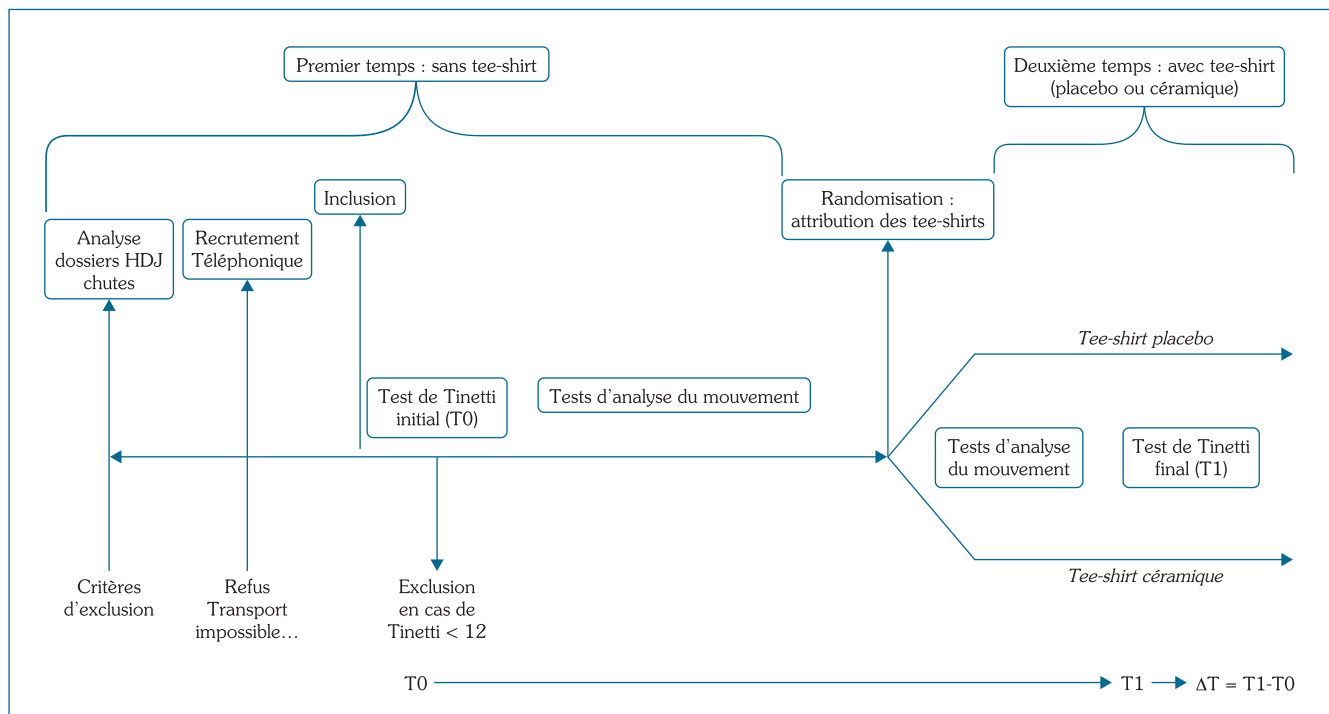
Les différentes étapes de l'étude sont décrites dans la *Figure 1*.

Les patients étaient recrutés lors de leur passage en hôpital de jour « chute » à l'hôpital Les Bateliers du CHRU de Lille, où le protocole de l'étude leur était expliqué. L'inclusion et les mesures du score de Tinetti et d'analyse du mouvement étaient réalisées dans un deuxième temps, en une fois, à l'hôpital Roger Salengro, au laboratoire d'analyse du mouvement, pour les patients qui avaient accepté de participer. Les patients signaient alors un formulaire de consentement. Un premier test de Tinetti était réalisé (T0), les participants portant leurs propres vêtements et leurs chaussures. Si tous les critères d'inclusion étaient respectés, les participants étaient randomisés en un groupe tee-shirt céramique et un groupe tee-shirt placebo. Nous réalisions alors une analyse du mouvement avec les vêtements du participant, pieds nus ; un short pouvant être prêté afin de placer les sphères réfléchives nécessaires au système VICON.

Dans un deuxième temps, le participant revêtait le tee-shirt, placebo ou avec les fibres céramiques selon son groupe de randomisation. Les tests de Tinetti et d'analyse du mouvement étaient réalisés une seconde fois.

L'ensemble des tests (sans, puis avec tee-shirt) étaient réalisés par le même examinateur.

Au cours de ce rendez-vous, les données démographiques, les données relatives au mode de vie, les facteurs de risque



**Figure 1 : Déroulement de l'étude.**

Figure 1: Course of the study.

de chute et les antécédents du participant étaient recueillis. Le recueil des données était d'emblée anonyme.

### Analyse statistique

La levée de l'aveugle s'est faite à notre demande à la fin de l'étude, après l'inclusion de la totalité des patients et le monitoring de l'étude réalisé par la fédération de la recherche clinique.

L'analyse des résultats a été réalisée après la labellisation des données brutes fournies par le système VICON. Les données ont été traitées *via* le logiciel MATLAB et enregistrées de manière anonyme dans un fichier Excel.

L'analyse statistique a été réalisée par le service de biostatistique du CHRU de Lille.

Les caractéristiques démographiques et cliniques ont été étudiées pour l'ensemble de la population.

Pour comparer les effets du port du tee-shirt placebo et céramique, nous avons comparé les écarts observés pour chacun des paramètres mesurés. Dans chacun des deux groupes, le score a été décrit par la moyenne ajustée des différences. La valeur du score de Tinetti avec tee-shirt (placebo ou céramique) a été comparée entre les deux groupes par une analyse de covariance afin d'ajuster sur la valeur initiale du score de Tinetti.

Ainsi, pour le test de Tinetti, la mesure sans tee-shirt a été nommée T0, la mesure avec tee-shirt placebo ou céramique a été nommée T1 et l'écart entre ces deux scores a été nommé  $\Delta T$  (T1-T0). C'est cet écart qui a fait l'objet de la comparaison entre le groupe placebo et le groupe céramique.

Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS (*Statistical Analysis System*) version 9.4. Des modèles d'analyse de la covariance ont été utilisés. Nous avons considéré  $p < 0,05$  comme étant statistiquement significatif. Le risque  $\alpha$  était fixé à 5 %.

## RÉSULTATS

### Population étudiée

Tous les participants ont été inclus entre juillet 2013 et octobre 2016. Durant cette période, 768 patients ont consulté en hôpital de jour « chute » à l'Hôpital Les Bateleurs du CHRU de Lille. L'étude a été proposée à 330 personnes, 244 patients ont refusé, 83 ont accepté, 60 ont été inclus et 23 ont été exclus à cause d'un score de Tinetti inférieur à 12 ou d'une impossibilité de marcher 3 mètres. Le processus d'inclusion est présenté en Figure 2. Après randomisation, 30 patients ont été inclus dans le groupe céramique et 30 patients dans le groupe placebo. Les caractéristiques de la population sont décrites dans le Tableau 1.

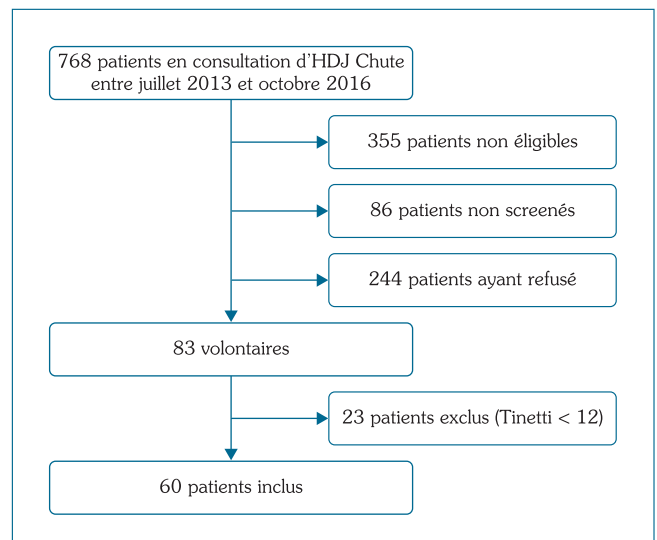


Figure 2 : Diagramme de flux.

Figure 2: Flow chart.

La comparabilité des groupes tee-shirt placebo et tee-shirt céramique n'a pas été étudiée. Dans le cadre d'une étude randomisée, nous avons considéré que les groupes étaient *a priori* comparables.

Lors de la mesure initiale (T0), le score de Tinetti pour l'ensemble de la population étudiée était en moyenne de  $17,37 \pm 4,97$ .

Pour les données initiales (T0) issues de la posturographie dans la population étudiée, la moyenne de l'aire de l'ellipse était de  $505,76 \pm 405,61 \text{ mm}^2$ , le déplacement antéropostérieur du centre de pression était en moyenne de  $28,70 \pm 10,72 \text{ mm}$ , le déplacement médio-latéral du centre de pression était en moyenne de  $22,25 \pm 12 \text{ mm}$  et la vitesse de déplacement du centre de pression était en moyenne de  $42,06 \pm 12,31 \text{ mm}$ .

Les mesures initiales des paramètres d'initiation du pas pour la population étudiée sont les suivantes : en condition auto-commandée, le recul maximal du centre de pression était de  $21,61 \pm 15,73 \text{ mm}$ , le déplacement latéral maximal du centre de pression était de  $116,94 \pm 48,82 \text{ mm}$  et la durée des ajustements posturaux anticipés était de  $1,68 \pm 1,47$  seconde ; en condition déclenchée, le recul maximal du centre de pression était de  $27,75 \pm 15,42 \text{ mm}$ , le déplacement latéral maximal du centre de pression était de  $120,39 \pm 44,16 \text{ mm}$ , la durée des ajustements posturaux anticipés était de  $0,84 \pm 0,49$  seconde et le temps de réaction de  $0,27 \pm 0,33$  seconde.

Pour la mesure initiale des paramètres de marche en simple tâche dans la population étudiée, la vitesse moyenne de marche était de  $0,53 \pm 0,19 \text{ m/s}$ , la longueur moyenne de l'enjambée était de  $0,72 \pm 0,20 \text{ m}$  et la durée moyenne de



**Tableau 1 : Caractéristiques de la population.**

Table 1: Characteristics of the population.

		Population générale (n = 60)	Groupe placebo (n = 30)	Groupe céramique (n = 30)
Âge moyen (ans)		82,77 ± 6,36	83,3 ± 5,42	82,2 ± 7,23
Sexe	masculin	43,3 % (n = 26)	36,7 % (n = 11)	50 % (n = 15)
	féminin	56,7 % (n = 34)	63,3 % (n = 19)	50 % (n = 15)
Antécédents de chute		98,3 % (n = 59)	96,7 % (n = 29)	100 % (n = 30)
Antécédents de chute traumatique		63,3 % (n = 38)	60 % (n = 18)	66,7 % (n = 20)
Lieu de vie	maison individuelle	71,7 % (n = 43)	76,7 % (n = 23)	66,7 % (n = 20)
	appartement	26,7 % (n = 16)	23,3 % (n = 7)	30 % (n = 9)
	foyer logement	1,7 % (n = 1)	0 % (n = 0)	3,3 % (n = 1)
Antécédents	baisse d'acuité auditive	59,3 % (n = 35)	60 % (n = 18)	56,7 % (n = 17)
	baisse d'acuité visuelle	68,3 % (n = 41)	66,7 % (n = 20)	70 % (n = 21)
	problème podologique	70 % (n = 42)	70 % (n = 21)	70 % (n = 21)
Médicaments	polymédication (plus de 5 médicaments)	90 % (n = 54)	86,7 % (n = 26)	93,3 % (n = 28)
	psychotropes (hypnotiques exclus)	48,3 % (n = 29)	53,3 % (n = 16)	43,3 % (n = 13)
	anticoagulants oraux	23,3 % (n = 14)	20 % (n = 6)	26,7 % (n = 8)
	hypnotiques	11,7 % (n = 7)	16,7 % (n = 5)	6,7 % (n = 2)
Aide technique	aucune	41,7 % (n = 25)	33,3 % (n = 10)	50 % (n = 15)
	canne	28,3 % (n = 17)	23,3 % (n = 7)	33,3 % (n = 10)
	déambulateur	16,7 % (n = 10)	26,7 % (n = 8)	6,7 % (n = 2)
	canne et déambulateur	13,3 % (n = 8)	16,7 % (n = 5)	10 % (n = 3)

l'enjambée était de  $1,33 \pm 0,27$  seconde. Pour la mesure initiale des paramètres de marche en double tâche dans la population étudiée, la vitesse moyenne de marche était de  $0,42 \pm 0,21$  m/s, la longueur moyenne de l'enjambée était de  $0,66 \pm 0,23$  m et la durée moyenne de l'enjambée était de  $1,55 \pm 0,47$  seconde.

### Critères de jugement principal et secondaire

#### Critère de jugement principal

Dans le groupe placebo, la moyenne du score de Tinetti était de  $17,40 \pm 4,72$  sans le tee-shirt, et de  $13,73 \pm 4,35$  avec le tee-shirt placebo, soit une amélioration du score de  $3,67 \pm 2,71$  points en moyenne. Dans le groupe céramique, la moyenne du score de Tinetti était de  $17,33 \pm 5,29$  sans le tee-shirt et de  $13,83 \pm 5,65$  avec le tee-shirt céramique, soit une amélioration du score de  $3,50 \pm 2,05$  points en moyenne. Quel que soit le groupe, il existait donc une amélioration significative avec le tee-shirt ( $p < 0,0001$ ). Pour le score de Tinetti global, les écarts observés entre la

condition « sans tee-shirt » et la condition « avec tee-shirt » n'étaient pas significativement différents entre les deux groupes ( $p = 0,79$ ) (Figure 3).

#### Critères de jugement secondaires

Les résultats pour les paramètres issus de la posturographie et de l'analyse du mouvement sont présentés dans le *tableau 2*. Pour la posturographie, les deux groupes évoluaient de la même façon pour trois paramètres (surface de l'ellipse, déplacement antéro-postérieur du centre de pression et déplacement médio-latéral du centre de pression) sans qu'aucune différence significative ne soit mise en évidence pour les écarts entre les mesures sans le tee-shirt et les mesures avec le tee-shirt. Cependant, pour l'item vitesse de déplacement du centre de pression, il existait une différence significative secondaire au port du tee-shirt céramique. La vitesse de déplacement du centre de pression diminuait secondairement au port du tee-shirt céramique, alors qu'elle augmentait secondairement au port du tee-shirt placebo.

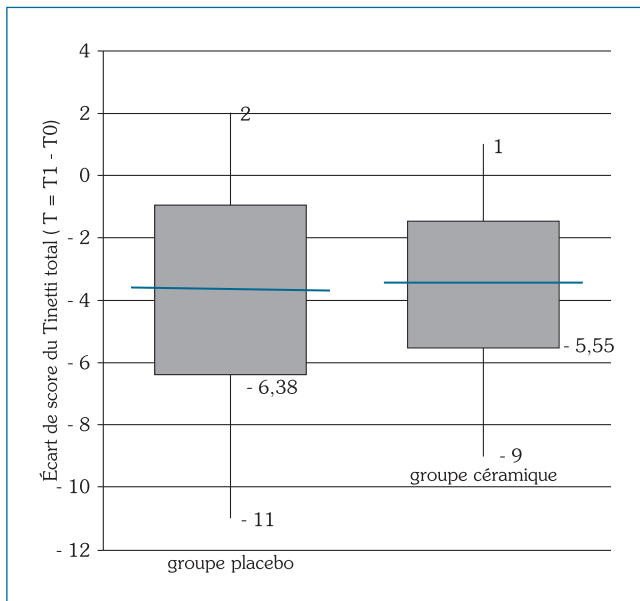


Figure 3 : Étude de l'écart du score de Tinetti total ( $\Delta T$ ) en condition sans ( $T_0$ ) et avec ( $T_1$ ) tee-shirt dans les groupes placebo et céramique.

Figure 3: Study of the deviation of the total Tinetti score ( $\Delta T$ ) in condition without ( $T_0$ ) and with ( $T_1$ ) T-shirt in the placebo and ceramic groups.

Pour l'initiation du pas, les deux groupes évoluaient de la même façon pour trois paramètres (recul maximal du centre de pression, durée des ajustements posturaux et temps de réaction en condition déclenchée) sans qu'aucune différence significative ne soit mise en évidence pour les écarts entre les mesures sans le tee-shirt et les mesures avec le tee-shirt. Cependant, pour le déplacement maximal latéral, dans la condition déclenchée, il existait une différence significative secondaire au port du tee-shirt céramique. Le déplacement maximal latéral du centre de pression diminuait secondairement au port du tee-shirt céramique, alors qu'il augmentait avec port du tee-shirt placebo. Pour ces paramètres, il existait une forte variabilité intra-individuelle : le coefficient moyen de variation intra-individu variait entre 26 et 64 % selon les paramètres.

Pour la marche, les deux groupes évoluaient de la même façon pour tous les paramètres étudiés en simple tâche et en double tâche (vitesse de marche, longueur de l'enjambée, durée de l'enjambée) sans qu'aucune différence significative ne soit mise en évidence pour les écarts entre les mesures sans le tee-shirt et les mesures avec le tee-shirt. La variabilité intra-individuelle était moins importante pour les paramètres d'initiation du pas, le coefficient de variation intra-individuelle était compris entre 6 et 18 % selon les paramètres.

## DISCUSSION

L'objectif principal de notre étude était de comparer les effets sur l'équilibre et la marche d'un tee-shirt comportant une membrane céramique à ceux d'un tee-shirt placebo, chez des sujets âgés présentant un trouble de l'équilibre. Notre étude pilote, prospective, randomisée, contrôlée contre placebo et évaluée en condition de double aveugle n'a pas mis en évidence d'amélioration significative de l'équilibre, évalué par le test de Tinetti, lorsque les patients portaient un tee-shirt contenant des fibres céramiques. Quel que soit le groupe, il existait une amélioration significative du score de Tinetti avec le port du tee-shirt placebo ou avec les fibres céramiques. Cette amélioration s'explique probablement par un effet d'entraînement puisque les tests sont réalisés deux fois, d'abord avec les vêtements du patient puis avec le tee-shirt placebo ou céramique.

En posturographie, un seul paramètre était modifié de manière significative avec le port du tee-shirt céramique : la vitesse de déplacement du centre de pression était diminuée, en faveur d'un meilleur équilibre postural. Les données de la littérature montrent qu'avec l'âge, il existe une majoration de l'amplitude et de la fréquence des oscillations du centre de pression, quel que soit le sexe<sup>(22)</sup>. On note par ailleurs que les oscillations sont plus fréquentes chez les chuteurs que chez les non chuteurs<sup>(23)</sup> et que la vitesse moyenne des oscillations du centre de pression est plus élevée chez les chuteurs que chez les non chuteurs<sup>(19)</sup>. En posturographie, la longueur du trajet du centre de pression, sa vitesse de déplacement, les déplacements médio-latéraux et antéropostérieurs sont les meilleurs paramètres pour distinguer les chuteurs des non chuteurs<sup>(18)</sup>. L'amplitude des oscillations médio-latérales du centre de pression est le paramètre qui permet de mieux distinguer les patients chuteurs des non chuteurs lorsque la posturographie est réalisée avec les yeux fermés<sup>(24)</sup>. Une optimisation du contrôle postural lors de la station debout est caractérisée par une plus petite amplitude des oscillations du centre de pression<sup>(18)</sup>. Aucun autre paramètre de posturographie n'était modifié par le port du tee-shirt contenant des fibres céramiques. Cependant, la posturographie est un outil qui reste discuté. Le développement des plateformes de force permet d'envisager de plus en plus précisément l'analyse de la posture des sujets sains et pathologiques, mais de nombreux auteurs s'interrogent sur la reproductibilité, la sensibilité et spécificité de la posturographie<sup>(25)</sup>. En effet, la posturographie apparaît peu reproductible<sup>(18,26,27)</sup>. Par ailleurs, on note un manque de normalisation des conditions de passage de l'examen et des indices mesurés entre les laboratoires<sup>(26)</sup>. Certains auteurs expriment l'idée que la fiabilité test-retest dépend de facteurs tels que le nombre d'essais enregistrés et la durée d'enregistrement plutôt que d'une sélection de paramètres du centre de

**Effet sur l'équilibre d'un tee-shirt comportant des fibres céramiques : étude interventionnelle, prospective, en double aveugle, randomisée, contrôlée contre placebo, chez des sujets âgés • Effect on the balance of a T-shirt with ceramic fibers: interventional, prospective, double-blind, randomized, placebo-controlled study, in elderly subjects**

**Tableau 2 : Résultats issus des données de la posturographie et de l'analyse du mouvement.**  
 Table 2: Results from the posturography and motion analysis data.

		Groupe placebo			Groupe céramique			P
		T0 sans tee-shirt	T1 avec tee-shirt	Δ	T0 sans tee-shirt	T1 avec tee-shirt	Δ	
<b>Posturographie</b>								
aire moyenne de l'ellipse (mm <sup>2</sup> )		525,64 ± 421,01	583,90 ± 446,05	67,79 ± 407,06	487,81 ± 397,30	693,31 ± 522,89	249,55 ± 373,25	0,11
déplacement antéropostérieur moyen du centre de pression (mm)		28,84 ± 10,36	30,98 ± 15,21	2,71 ± 11,24	28,58 ± 11,20	31,21 ± 12,74	3,30 ± 9,74	0,87
déplacement médio-latéral moyen du centre de pression (mm)		23,34 ± 13,70	22,30 ± 9,71	-1,24 ± 13,44	21,27 ± 10,36	25,16 ± 12,52	4,84 ± 8,30	0,08
vitesse moyenne de déplacement du centre de pression (mm/seconde)		43,96 ± 13,28	45,27 ± 14,52	0,81 ± 4,88	40,34 ± 11,30	37,03 ± 8,70	-2,14 ± 6,38	0,0258
<b>Initiation du pas</b>								
Auto-commandée	recul maximal du centre de pression, moyenne (mm)	21,05 ± 17,81	25,18 ± 14,59	4,41 ± 18,62	22,12 ± 13,88	23,07 ± 12,63	0,75 ± 15,64	0,44
	déplacement latéral maximal, moyenne (mm)	115,35 ± 53,05	127,53 ± 59,45	14,32 ± 36,08	118,36 ± 45,55	123,91 ± 43,25	4,52 ± 45,69	0,42
	durée moyenne des ajustements posturaux anticipés (seconde)	1,54 ± 1,18	1,52 ± 1,21	-0,02 ± 1,28	-0,02 ± 1,28	1,56 ± 1,46	-0,30 ± 1,28	0,64
déclenchée	recul maximal du centre de pression, moyenne (mm)	26,93 ± 16,29	31,29 ± 16,87	3,41 ± 11,43	28,51 ± 14,80	29,13 ± 11,95	0,22 ± 14,87	0,40
	déplacement latéral maximal, moyenne (mm)	112,8 ± 41,43	129,72 ± 51,33	18,90 ± 38,14	127,40 ± 46,15	119,04 ± 47,13	-6,61 ± 35,73	0,0229
	durée moyenne des ajustements posturaux anticipés (seconde)	0,81 ± 0,46	0,94 ± 0,57	0,18 ± 0,57	0,87 ± 0,52	0,93 ± 0,76	0,06 ± 0,68	0,62
	temps de réaction moyen (seconde)	0,18 ± 0,11	0,17 ± 0,08	-0,01 ± 0,11	0,35 ± 0,43	0,23 ± 0,19	-0,05 ± 0,26	0,38
<b>Marche</b>								
simple tâche	vitesse de marche, moyenne (m/s)	0,52 ± 0,17	0,57 ± 0,19	0,05 ± 0,10	0,54 ± 0,22	0,56 ± 0,20	0,02 ± 0,11	0,43
	longueur de l'enjambée, moyenne (m)	0,70 ± 0,19	0,74 ± 0,20	0,04 ± 0,08	0,75 ± 0,22	0,77 ± 0,21	0,01 ± 0,11	0,42
	durée de l'enjambée, moyenne (seconde)	1,29 ± 0,24	1,29 ± 0,35	0 ± 0,20	1,36 ± 0,29	1,30 ± 0,18	-0,06 ± 0,17	0,33
double tâche	vitesse de marche, moyenne (m/s)	0,40 ± 0,19	0,44 ± 0,18	0,03 ± 0,07	0,43 ± 0,23	0,45 ± 0,23	0 ± 0,11	0,28
	longueur de l'enjambée, moyenne (m)	0,63 ± 0,22	0,66 ± 0,20	0,02 ± 0,07	0,68 ± 0,24	0,71 ± 0,22	0 ± 0,09	0,48
	durée de l'enjambée, moyenne (seconde)	1,51 ± 0,44	1,46 ± 0,54	-0,04 ± 0,17	1,59 ± 0,49	1,56 ± 0,48	-0,06 ± 0,20	0,73



pression en particulier, car il existe peu de cohérence entre les méthodes et les paramètres sélectionnés selon les constructeurs. Ils recommandent une durée d'enregistrement de plus de 90 secondes, nécessaire pour atteindre une fiabilité acceptable, et une répétition de 3 à 5 enregistrements pour faire une moyenne des résultats<sup>(28)</sup>. Cependant, la multiplication des examens peut avoir l'effet inverse avec une diminution de la concentration, qui majore l'instabilité. Concernant l'initiation du pas, en condition déclenchée, il existait une différence significative sur le déplacement latéral maximal du centre de pression, en faveur d'une diminution de l'amplitude des ajustements posturaux anticipés dans le groupe céramique. Bien que statistiquement significatif, ce paramètre est peu interprétable car il n'est pas couplé à une diminution d'amplitude du déplacement postérieur maximal du centre de pression. Par ailleurs, on note une très importante variabilité intra-individuelle des valeurs pour les paramètres de l'initiation du pas en conditions auto-commandée et déclenchée. C'est une des raisons, avec le risque d'échec d'enregistrement des mesures, pour laquelle nous avons décidé de répéter les mesures trois fois. Les coefficients de variation intra-individuelle élevés montrent une très grande dispersion des valeurs autour de la moyenne, ce qui pose la question de la répétabilité et donc de la reproductibilité. Nos résultats sont peu reproductibles sur d'autres données et sont donc à interpréter de manière prudente.

Concernant la marche, la vitesse et la variabilité de la marche sont deux indicateurs du risque de chute. La variation de 0,017 m de la longueur du pas dans un cycle de pas double le risque de chute<sup>(29,30)</sup>. Sur les données mesurées, pour le groupe placebo comme pour le groupe céramique, la vitesse de marche est plus rapide et la longueur du pas plus importante en simple tâche qu'en double tâche. Par ailleurs, la durée de l'enjambée est plus courte en simple tâche qu'en double tâche. Ces valeurs sont cohérentes avec les données de la littérature, l'étude des modifications des caractéristiques spatio-temporelles de la marche en condition de double tâche a mis en évidence que la marche du sujet âgé, comparée à celle du sujet jeune, mobilise plus de ressources attentionnelles<sup>(31)</sup>. Par ailleurs, la validité et la reproductibilité test-retest des méthodes d'analyse de la marche avec des systèmes d'analyse informatisée sont généralement acquises<sup>(32)</sup>.

Concernant les limites de l'étude, il existe un biais de recrutement dans notre étude : en effet les patients inclus venaient pour la plupart du domicile. On note également un biais d'auto-sélection, car les patients inclus étaient uniquement des patients volontaires, ayant accepté de se déplacer à l'hôpital Roger Salengro pour la réalisation des tests. Les résultats sont donc difficiles à extrapoler sur la population des patients âgés chuteurs qui vivent en foyer logement, en

Établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD), ou chez les patients fortement altérés ayant refusé de se déplacer.

Il existe potentiellement un biais de mesure lors de la réalisation de la deuxième partie des tests, en effet les tests sont relativement difficiles à réaliser dans notre population cible, les temps de récupération étaient de courte durée et cela peut avoir impacté les résultats de la deuxième série de tests. On peut noter également pour le critère de jugement principal le fait que le test de Tinetti, bien qu'étant considéré comme un gold standard pour l'évaluation des personnes à risque de chute, reste un test lié à l'observation de l'évaluateur.

Il a été émis l'hypothèse que les vêtements enduits de biocéramique augmentaient la circulation sanguine, favoriseraient la thermorégulation et la relaxation musculaire. L'hypothèse physiopathologique reste obscure à ce jour. Des sociétés spécialisées dans le secteur des tissus techniques ont breveté la technologie biocéramique à l'image de la technologie Gold Reflect'Line®. Il existe par ailleurs des gants en biocéramique destinés au traitement du syndrome de Raynaud (amélioration de la vasodilatation et de la circulation sanguine). La biocéramique est composée d'oxydes de métaux et de microparticules de terres provenant de roches volcaniques. Le mélange broyé auquel on ajoute un liant peut être inclus dans un film en polymère très fin et intégré sur un support textile. La biocéramique est incorporée aux vêtements soit sous forme de membrane soit par impression (sérigraphie, transferts). Cette technologie utilise les qualités des infrarouges lointains : certains infrarouges lointains sont émis par le soleil, d'autres sont émis par le corps humain. Cette biocéramique capte les infrarouges lointains du soleil pour les restituer vers l'intérieur du tissu et restitue également les infrarouges lointains émis par le porteur du vêtement. Les infrarouges réfléchis génèrent des micro-vibrations, cela amorce une réaction thermique en élevant la température des tissus. Le corps réagit en dilatant les vaisseaux sanguins, permettant une amélioration de la circulation sanguine sans augmentation de la fréquence cardiaque. En accélérant le flux sanguin, la biocéramique permettrait une meilleure relaxation musculaire, favoriserait l'élimination des toxines et de l'acide lactique. Par ailleurs, elle permettrait de réduire les spasmes musculaires, de diminuer la douleur au niveau des terminaisons nerveuses, et entraînerait une meilleure thermorégulation ; elle permettrait une amélioration de l'équilibre avec une meilleure stabilité posturale. Enfin, elle favoriserait un apaisement, une sensation de bien-être<sup>(20,33)</sup>.

Notre étude se déroulait en laboratoire, avec une lumière artificielle, sans fenêtre. Le tee-shirt était porté sur une période de 1 h maximum. Selon l'hypothèse physiologique

## Effet sur l'équilibre d'un tee-shirt comportant des fibres céramiques : étude interventionnelle, prospective, en double aveugle, randomisée, contrôlée contre placebo, chez des sujets âgés • Effect on the balance of a T-shirt with ceramic fibers: interventional, prospective, double-blind, randomized, placebo-controlled study, in elderly subjects

avancée, l'effet du tee-shirt porté en condition réelle pourrait peut-être différer des résultats obtenus ici.

### CONCLUSION

Notre étude n'a pas permis de mettre en évidence une amélioration du score de Tinetti par le port d'un tee-shirt contenant des fibres céramiques chez des sujets âgés à risque de

chute. Il existait une amélioration du score de Tinetti avec le tee-shirt testé (placebo ou céramique) par rapport aux vêtements du patient, mais il s'agissait d'un effet d'entraînement. Notre étude nous a permis de recueillir des données concernant une population spécifique, celle des sujets âgés chuteurs, et nous ouvre la voie pour de nouvelles investigations chez ces sujets. ■

*Liens d'intérêts :* les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt en rapport avec cet article.

### RÉFÉRENCES

1. Haute autorité de santé (HAS). Prévention des chutes accidentelles chez la personne âgée. Recommandations de bonnes pratiques. 2005.
2. Chang JT, Morton SC, Rubenstein LZ, Mojica WA, Maglione M, Suttrop MJ, et al. Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *BMJ* 2004 ; 328 : 680.
3. HAS. Évaluation et prise en charge des personnes âgées faisant des chutes répétées. Recommandations de bonnes pratiques. 2009.
4. Ricard C, Thelot B. Plusieurs centaines de milliers de chutes chez les personnes âgées chaque année en France. *Bull épidémiol hebd* 2007 ; 37-38 : 322-5.
5. Collège national des enseignants de gériatrie (CNEG). « Gériatrie ». Chapitre 9 - Item 128 - Troubles de la marche et de l'équilibre - Chutes.
6. Raïche M, Hébert R, Prince F, Corriveau H. Screening older adults at risk of falling with the Tinetti balance scale. *Lancet* 2000 ; 356 : 1001-2.
7. Haute Autorité de Santé (HAS). Évaluation et prise en charge des personnes âgées faisant des chutes répétées. Recommandations Pour la Pratique Clinique, 2009.
8. Cohen J, Mourey F. Rééducation en gériatrie. Coll Professions santé. Lavoisier. 2014. 277p.
9. Gasq D, Molinier F, Lafosse JM. Physiologie, méthodes d'explorations et troubles de la marche. Technical report, Université Paul Sabatier. 2013.
10. Tinetti ME, Williams TF, Mayewski R. Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. *Am J Med* 1986 ; 80 : 429-34.
11. Perell KL, Nelson A, Goldman RL, Luther SL, Prieto-Lewis N, Rubenstein LZ. Fall Risk Assessment Measures: An Analytic Review. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001 ; 56 : M761-6.
12. Cipriany-Dacko LM, Innerst D, Johannsen J, Rude V. Interrater reliability of the tinetti balance scores in novice and experienced physical therapy clinicians. *Arch Phys Med Rehabil* 1997 ; 78 : 1160-4.
13. Shore WS, de Lateur BJ, Kuhlemeier KV, Imtey H, Rose G, Williams MA. A comparison of gait assessment methods: Tinetti and GAITrite electronic walkway. *J Am Geriatr Soc* 2005 ; 53 : 2044-5.
14. Mount J, Bolton M, Cesari M, Guzzardo K, Tarsi J. Group Balance Skills Class for People with Chronic Stroke: A Case Series. *J Neurol Phys Ther* 2005 ; 29 : 24-33.
15. Whitney SL, Poole JL, Cass SP. A Review of Balance Instruments for Older Adults. *Am J Occup Ther* 1998 ; 52 : 666-71.
16. Haute autorité de santé (HAS). Analyse de la posture statique et/ou dynamique sur plate-forme de force (posturographie). 2007.
17. Noël M, Dumez K, Cool G, Luyat M. Force platforms, a technological innovation. *Soins Gériatologie* 2012 : 36.
18. Pizzigalli L, Micheletti Cremasco M, Mulasso A, Rainoldi A. The contribution of postural balance analysis in older adult fallers: A narrative review. *J Bodyw Mov Ther* 2016 ; 20 : 409-17.
19. Fernie GR, Gryfe CI, Holliday PJ, Llewellyn A. The relationship of postural sway in standing to the incidence of falls in geriatric subjects. *Age Ageing* 1982 ; 11 : 11-6.
20. Cian C, Gianocca V, Barraud PA, Guerraz M, Bresciani JP. Bioceramic fabrics improve quiet standing posture and handstand stability in expert gymnasts. *Gait Posture* 2015 ; 42 : 419-23.
21. Cantegrit E. Effet sur l'équilibre d'un tee-shirt comportant des fibres céramiques : étude interventionnelle, prospective, contrôlée contre placebo dans une population âgée. [Thèse d'exercice] Université Lille 2 droit et Santé. 2012. <http://pepite-depot.univ-lille2.fr/nuxeo/site/esupversions/2cb5b95a-d1f2-4952-9082-415bbd59b80f>
22. Lord SR, Clark RD. Simple Physiological and Clinical Tests for the Accurate Prediction of Falling in Older People. *Gerontology* 2009 ; 42 : 199-203.
23. Aufaivre V, Kemoun G, Carette P, Bergeal E. Évaluation posturale à domicile chez la personne âgée : comparaison chuteurs-non chuteurs. *Ann Réadapt Médecine Phys* 2005 ; 48 : 165-71.
24. Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. A Prospective Study of Postural Balance and Risk of Falling in An Ambulatory and Independent Elderly Population. *J Gerontol* 1994 ; 49 : M72-84.
25. Thoumie P. Intérêts et limites de la posturographie pour l'évaluation des troubles de l'équilibre. *Lett Médecine Phys Réadapt* 2012 ; 28 : 139-44.
26. Pérennou D, Decavel P, Manckoundia P, Penven Y, Mourey F, Launay F, et al. Évaluation de l'équilibre en pathologie neurologique et gériatrique. *Ann Réadapt Med Phys* 2005 ; 48 : 317-35.
27. Geurts AC, Nienhuis B, Mulder T. Intrasubject variability of selected force-platform parameters in the quantification of postural control. *Arch Phys Med Rehabil* 1993 ; 74 : 1144-50.
28. Pinsault N, Vuillerme N. Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Med Eng Phys* 2009 ; 31 : 276-86.
29. Gillain S, Petermans J. Contribution of new techniques to study the gait in old populations. *Ann Phys Rehabil Med* 2013 ; 56 : 384-95.
30. Hausdorff JM, Rios DA, Edelberg HK. Gait variability and fall risk in community-living older adults: A 1-year prospective study. *Arch Phys Med Rehabil* 2001 ; 82 : 1050-6.
31. Beauchet O, Berrut G. Marche et double tâche : définition, intérêts et perspectives chez le sujet âgé. *Psychol Neuropsychiatr Vieil* 2006 ; 4 : 215-25.
32. Barker S, Craik R, Freedman W, Herrmann N, Hillstrom H. Accuracy, reliability, and validity of a spatiotemporal gait analysis system. *Med Eng Phys* 2006 ; 28 : 460-7.
33. Leung TK. Physiological Effects of Bioceramic Material: Harvard Step, Resting Metabolic Rate and Treadmill Running Assessments. *Chin J Physiol* 2013 ; 56 : 334-40.