D.U. Posture, Mouvement, Santé

Effets des stimulations plantaires par des calles de faible épaisseur sur le contrôle postural





FACULTÉ DES SCIENCES DU SPORT

Remerciements:

Je remercie l'ensemble des enseignants et intervenants pour leur partage de connaissances dans le cadre de ce D.U. Posture, Mouvement, Santé, et plus particulièrement le Professeur Alain Hamaoui, pour l'élaboration de l'encadrement de ce D.U.

Je remercie également Hasina Ravony, pour son travail de relecture et de correction.

Merci également à Nathalie, ma camarade de promo. pour sa patience et son aide à la mise en page de ce mémoire.

Sommaire:

Remerciements:	1
Sommaire :	2
Table des illustrations :	3
Table des abréviations :	4
Introduction:	5
Contexte & littérature	5
Problématique & hypothèses :	6
Matériel & méthode :	8
Résultats :	. 14
Positionnement des stimulations plantaires :	. 14
Epaisseur des stimulations plantaires :	. 17
Discussion:	. 20
Conclusion :	. 22
Bibliographie:	. 23
Résumé / Abstract :	. 26
Résumé :	. 26
Abstract:	. 26

Table des illustrations :

Figure 1 Tableau des effectifs, taux bruts et standardisés de mortalité par chutes
selon l'âge et le sexe chez les personnes âgées de 65 ans et plus, en 2013. (source :
santepubliquefrance.fr)6
Figure 2 Equation de recherche MeSH terms8
Figure 4 Entry Terms pour (postural control)9
Figure 3 Chronologie de publication9
Figure 5 Entry terms pour (stimulation plantar)10
Figure 6 Entry terms pour (electric et vibration)10
Figure 7 Entry terms pour (neuropathy)11
Figure 8 Entry term pour (pathology)12
Figure 9 Stockage des données bibliographiques dans Zotero
Figure 10 Organisation des articles téléchargés et de leurs résumés 13
Figure 11 Zone moyenne du centre de pression (ellipse de confiance à 95%), en
position bilatérale pour les yeux ouverts et les yeux fermés, avec et sans semelles
texturées14
Figure 12 Vitesse moyenne des excursions COP pendant la position bilatérale pour
les yeux ouverts et les yeux fermés, avec et sans semelles texturées
Figure 13 Localisation de l'insert pour l'insert médial (MI), l'insert latéral (LI), l'insert
central (CI) et l'insert discordant (DI)
Figure 14 Capteurs sensoriels cutanés (source : commenttrompernossens.com) 17
Figure 15 a: position moyenne sagittale (Y) de CoP (mm) pour toutes les conditions.
La valeur négative indique une position postérieure. b: variance de la vitesse de
CoP (mm / s) pour toutes les conditions
Figure 16 Différence d'action entre des stimulations plantaires fermes et souples
par rapport au groupe témoin, yeux ouverts et yeux fermés
Figure 17 Etude de l'influence de la localisation de calles plantaires en fonction de
la vergence oculaire

Table des abréviations :

A.V.C.: Accident Vasculaire Cérébral

E.P.A.C.: Enquête Permanente sur les Accidents de la Vie Courante

Medline: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online

MeSH: Medical Subject Headings

N.L.M.: National Library of Medicine

S.N.C.: Système Nerveux Central

T.M.S.: Troubles Musculo-Squelettiques

Introduction

Introduction:

Contexte & littérature :

Le contrôle postural nécessite en permanence un balancement postural, subconscient, pour gérer efficacement l'équilibre, et atteindre une stabilité posturale efficace (Viseux et al., 2019). Cette régulation de l'équilibre postural s'appuie sur trois entrées principales : l'entrée oculaire, l'entrée vestibulaire et l'entrée podale, qui agissent via le système musculo-squelettique et le système nerveux (Preszner-Domjan et al., 2012). L'altération de l'équilibre postural peut avoir des conséquences et des répercussions différentes en fonction de l'âge, mais aussi de la pratique et des objectifs des sujets.

Dans le cadre sportif, concernant un sport avec un appui essentiellement bipodal, il a été montré par (Maszczyk et al., 2018) que la performance et la réussite sportive étaient liées à l'efficacité de l'équilibre et à la maîtrise de la posture des athlètes, tout comme (Adlerton et al., 2003) l'ont mis en évidence pour des sports où l'appui unipodal prime.

D'autre part, le vieillissement de la population actuelle, par un accroissement de l'espérance de vie fait apparaître des phénomènes de dépendance croissants, chez les sujets âgés, en perte d'autonomie, dont les troubles de l'équilibre sont sources de chutes fréquentes, engendrant une perte de confiance en soi dans les déplacements du quotidien. Il a été mis en avant par (Rubenstein, 2006), que l'instabilité posturale était un facteur de risque majeur, chez le sujet âgé. Plusieurs causes sont mises en avant, comme le vieillissement naturel du système nerveux central (SNC), mais aussi du système vestibulaire, ou l'altération des performances visuelles, au même titre que la diminution des performances et des capacités d'adaptation du système musculo-squelettique. Les pathologies liées à l'âge, de nature ischémiques, comme l'Accident Vasculaire Cérébral (AVC), ou neuro-dégénératives sont également en cause.

Introduction

Santé Publique France, par le biais de l'Enquête Permanente sur les Accidents de la Vie Courante (EPAC), datant de 2004 (*Chute, Santé Publique France*, s. d.), mentionne qu'en France, chaque année 450000 personnes de plus de 65 ans sont victimes de chutes, soit 4.5% de cette tranche de la population, avec une prévalence pour les femmes. Ces chutes engendrent une mortalité élevée, notamment chez les plus de 85 ans, comme le montre le tableau suivant.

	Hommes		Femmes		Ensemble	
	Effectifs	Taux de mortalité	Effectifs	Taux de mortalité	Effectifs	Taux de mortalité
65-74 ans	436	16,6	251	8,4	687	12,3
75-84 ans	1 073	65,3	1 108	46,7	2 181	54,3
85 ans et plus	2 228	399,5	4 238	334,2	6 466	354,1
65 ans et plus	3 737	13,1*	5 597	10,1*	9 334	11,2*

^{*} Taux standardisés sur la population française de 1999, source Recensement général de la population, Insee.

Figure 1 Tableau des effectifs, taux bruts et standardisés de mortalité par chutes selon l'âge et le sexe chez les personnes âgées de 65 ans et plus, en 2013. (source : santepubliquefrance.fr)

Cela constitue un réel problème sociétal et de santé publique, ayant un coût d'hospitalisation et de maintien à domicile non négligeable.

Problématique & hypothèses :

En pratique clinique podologique, il est fréquent d'utiliser des stimulations plantaires de faible épaisseur. Cependant, de part la physiologie de la peau et des capteurs cutanés plantaires, il est légitime de se demander si des calles plantaires de faible épaisseur ont une influence sur l'activation des capteurs cutanés plantaires et donc, sur la régulation du contrôle postural.

La physiologie et l'emplacement des capteurs cutanés plantaires, plus ou moins profonds, mais aussi leurs rôles différents (sensibilité aux vibrations, pression, tact etc...) peut nous interroger sur la capacité d'une calle de faible épaisseur, à activer ces capteurs.

Introduction

Les calles utilisées sont généralement d'une épaisseur comprise entre 1 à 3 mm, de dureté shore A supérieure à 60. C'est également ce type de stimulation qui est utilisé couramment en pratique clinique podologique. On peut penser que le tact critique et épicritique entre en jeu avec ces calles millimétriques. Plusieurs auteurs se sont intéressés à ces constations cliniques, notamment (Viseux et al., 2018) qui ont testé des calles comprises entre 0.8 mm et 3 mm placées sous les orteils.

La peau glabre plantaire est spécifique, notamment par son épaisseur variable en fonction des zones d'appui plantaire, et la localisation du capiton plantaire inégale (talon antérieur et talon postérieur). Cela pousse à s'interroger sur le lien entre la localisation des calles plantaires et leur efficacité sur la régulation du contrôle postural. Les podologues positionnent généralement leurs stimulations sur des zones diverses, mais définies et enseignées consensuellement. Plusieurs chercheurs se sont attachés à étudier l'efficacité des stimulations plantaires de faible épaisseur, mais en utilisant des protocoles expérimentaux de positionnement différents, comme (Corbin et al., 2007) ou (Tramontano et al., 2019).

Ce mémoire va tenter de répondre à la problématique suivante : les stimulations plantaires, par calles de faible épaisseur, influencent-elles la régulation du contrôle postural ?

Ce mémoire va aborder cette question sous la forme d'une revue narrative bibliographique.

Matériel & méthode :

Dans ce mémoire, les recherches bibliographiques ont essentiellement été concentrées sur la base de données américaine Medical Littératures Analysis and Retrieval System Online (Medline), via la moteur de recherche PubMed (*PubMed*, s. d.). Medline couvre les sciences de la vie et de la santé, et a été créée en 1946 puis informatisée en 1972. Cette base de données est hébergée aux U.S.A. par le National Library of Medicine (N.L.M.), qui est une bibliothèque américaine spécialisée également dans les données de médecine et des sciences (« Wikipédia NLM », 2019).

L'utilisation de PubMed repose sur la combinaison de mots clefs, Medical Subject Headings appelés MeSH terms. Il faut alors établir une équation de recherche regroupant les MeSH terms à inclure, mais également à exclure pour filtrer la quantité de résultats.

Dans ce mémoire, l'intérêt est de voir les effets de stimulations plantaires par calles de faibles épaisseurs, sur le contrôle postural. Les autres types de stimulations seront exclues (électriques, vibratoires etc...), de même que les articles portant sur des sujets pathologiques (neuropathies, maladies neuro-dégénératives par exemple).

Les MeSH terms inclus ont été : postural control, plantar stimulations.

Les MeSH terms exclus ont été : electric, pathology, vibration, neuropathy.

Ce qui a permis d'établir l'équation de recherche suivante :

((postural control) AND (stimulation plantar) NOT (electric) NOT (neuropathy) NOT (pathology) NOT (vibration))

Figure 2 Equation de recherche MeSH terms

La recherche PubMed a donné un résultat de 63 articles indexés, dont la majorité a été publiée entre 2010 et 2021.

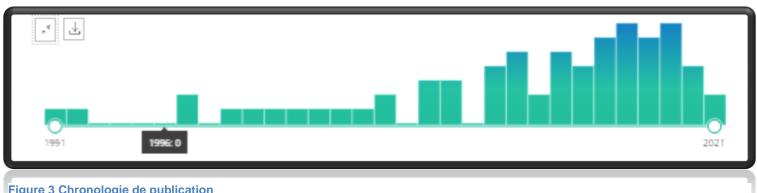


Figure 3 Chronologie de publication

Chaque MeSH term est automatiquement associé à des synonymes par l'algorithme de PubMed, ce sont les Entry terms. Certains MeSH terms nécessitent d'être précisés par des qualifiers, qui permettent de cibler un domaine d'application des MeSH terms lorsque ceux-ci peuvent avoir des entry terms trop variés pour avoir un résultat de recherche suffisamment ciblé.

Pour le MeSH term (postural control), voici les entry terms :

- Posture Equilibrium
- Equilibrium, Posture
- Posture Equilibriums
- Balance, Postural
- Postural Equilibrium
- Equilibrium, Postural
- Posture Balance
- Balance, Posture
- Posture Balances Musculoskeletal Equilibrium
- Equilibrium, Musculoskeletal
- Postural Control
- Control, Postural
- Postural Controls
- Posture Control
- Control, Posture
- Posture Controls

Figure 4 Entry Terms pour (postural control)

Pour le MeSH term (stimulation plantar), voici les entry terms :

- · Reflexes, Babinski
- Babinski Reflex
- · Extensor Plantar Response
- · Great Toe Paradoxical Extensor Reflex
- Babinski Sign
- Babinski Sign Positive
- Babinski's Reflex
- · Reflex, Babinski's
- Babinski's Sign
- · Extensor Plantar Reflex
- Babinski Reflexes
- · Paradoxical Extensor Reflex, Great Toe
- Babinski Sign Absent
- · Babinski Sign Negative

Figure 5 Entry terms pour (stimulation plantar)

Pour ces deux MeSH terms, aucun qualifier n'a été demandé par PubMed.

Ensuite, pour les MeSH terms qui devaient être exclus, les entry terms pour electric et vibration ont été :

- · Electrical Stimulation
- Electrical Stimulations
- Stimulation, Electrical
- · Stimulations, Electrical
- · Stimulation, Electric
- Electric Stimulations
- Stimulations, Electric

Vibrations

Figure 6 Entry terms pour (electric et vibration)

Concernant le MeSH term electric, le qualifier electric stimulation a été sélectionné, et pour vibration, ce fut le qualifier vibration, définit comme un déplacement périodique définit par une fréquence.

En fin, concernant les deux derniers MeSH terms d'exclusion, pathology et neuropathy, voici les Entry terms:

- Diabetic Neuropathy
- · Neuropathies, Diabetic
- · Neuropathy, Diabetic
- · Diabetic Autonomic Neuropathy
- Autonomic Neuropathies, Diabetic
- · Autonomic Neuropathy, Diabetic
- · Diabetic Autonomic Neuropathies
- · Neuropathies, Diabetic Autonomic
- · Neuropathy, Diabetic Autonomic
- Diabetic Neuralgia
- Diabetic Neuralgias
- · Neuralgias, Diabetic
- · Diabetic Neuropathy, Painful
- · Diabetic Neuropathies, Painful
- · Neuropathies, Painful Diabetic
- · Neuropathy, Painful Diabetic
- · Painful Diabetic Neuropathies
- · Painful Diabetic Neuropathy
- Neuralgia, Diabetic
- · Symmetric Diabetic Proximal Motor Neuropathy
- · Asymmetric Diabetic Proximal Motor Neuropathy
- · Diabetic Asymmetric Polyneuropathy
- · Asymmetric Polyneuropathies, Diabetic
- Asymmetric Polyneuropathy, Diabetic
- Diabetic Asymmetric Polyneuropathies
- · Polyneuropathies, Diabetic Asymmetric
- · Polyneuropathy, Diabetic Asymmetric
- · Diabetic Mononeuropathy
- · Diabetic Mononeuropathies
- · Mononeuropathies, Diabetic
- · Mononeuropathy, Diabetic
- · Diabetic Mononeuropathy Simplex
- · Diabetic Mononeuropathy Simplices
- Mononeuropathy Simplex, Diabetic
- · Mononeuropathy Simplices, Diabetic · Simplex, Diabetic Mononeuropathy
- · Simplices, Diabetic Mononeuropathy
- Diabetic Amyotrophy · Amyotrophies, Diabetic
- · Amyotrophy, Diabetic
- · Diabetic Amyotrophies
- · Diabetic Polyneuropathy
- Diabetic Polyneuropathies
- · Polyneuropathies, Diabetic
- Polyneuropathy, Diabetic

Figure 7 Entry terms pour (neuropathy)

Pathologies

Figure 8 Entry term pour (pathology)

Le qualifier de neuropathy est diabetic neuropathies. Pour pathology, il s'agit de pathology, définit ici comme une cause exprimant une modification de la structure ou de la fonction du tissu causée par un processus pathologique.

D'autres ressources bibliographiques ont été exploitées par le moteur de recherche Google, mais aussi et consultant les références mentionnées dans certains articles. Les divers articles et documents ont été organisés grâce au logiciel Zotero, et à son extension sur le navigateur Web. Zotero permet d'extraire les références des articles consultés, et de les enregistrer localement dans le logiciel qui peut être organisé en dossiers.

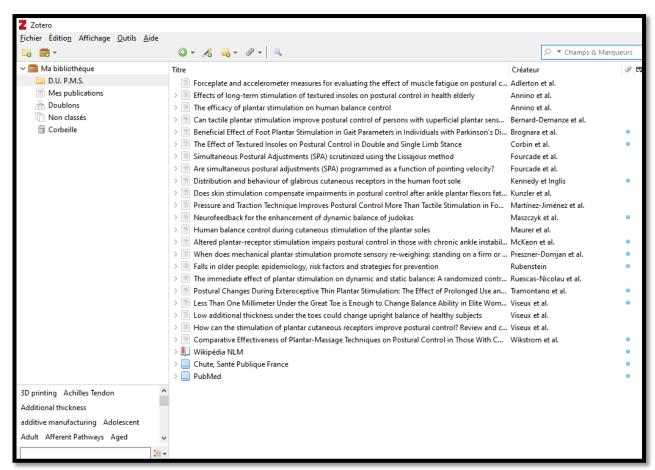


Figure 9 Stockage des données bibliographiques dans Zotero

Il existe d'autres logiciels de classification des données, ou d'autres moteurs de recherche d'articles scientifiques, cependant, lors du D.U. P.M.S., un enseignement à la recherche bibliographique nous a été dispensé sur ces outils, ce qui permet d'être plus performant avec ces logiciels.

Les articles ont ensuite été téléchargés en format PDF et stockés en anglais, puis un résumé traduit en français permet de retrouver rapidement l'essentiel du contenu de l'article.



Figure 10 Organisation des articles téléchargés et de leurs résumés

Cela a permis de trouver et d'organiser les éléments en lien avec la problématique et les hypothèses émises, et vont être présentés dans la partie suivante.

Résultats:

Positionnement des stimulations plantaires :

En 2007, (Corbin et al., 2007) ont comparé plusieurs paramètres influençant le contrôle postural, dont le comparatif entre l'utilisation de calles plantaires d'une épaisseur d'environ 0.25 cm, en positionnement unipodal et bipodal, sur l'ensemble de la sole plantaire.

La population retenue était composée de 33 sujets sains, âgés d'environ 27 ans (+/6 9 ans).

Leurs résultats ont montré que le contrôle postural était amélioré lors du port d'orthèses plantaires texturées bilatérales, par rapport au port uniquement unilatéral d'une orthèse plantaire. Le déplacement et la vitesse du CoP. ont été les éléments étudiés pour quantifier ces observations. Les valeurs obtenues ont montré plus précisément que le contrôle postural chez les sujet yeux fermés avec port bilatéral d'orthèses plantaires texturées redevenait aussi efficace que les yeux ouverts, sans utilisation d'orthèses plantaires.

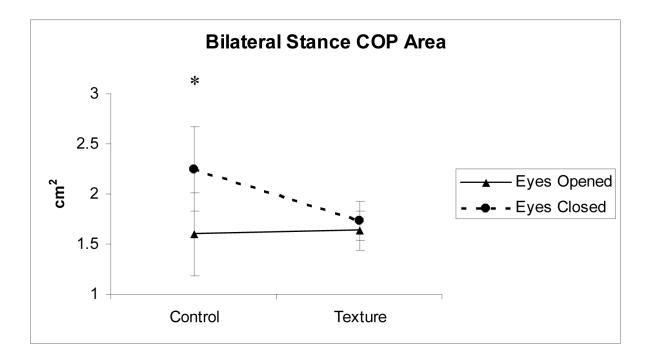


Figure 11 Zone moyenne du centre de pression (ellipse de confiance à 95%), en position bilatérale pour les yeux ouverts et les yeux fermés, avec et sans semelles texturées

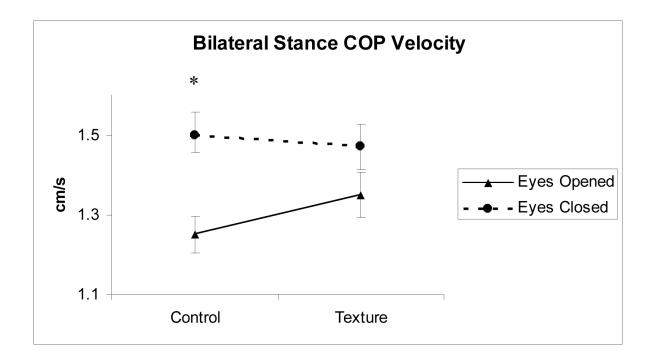


Figure 12 Vitesse moyenne des excursions COP pendant la position bilatérale pour les yeux ouverts et les yeux fermés, avec et sans semelles texturées

Toujours sur le thème du positionnement des stimulations plantaires, (Tramontano et al., 2019) ont cherché à montrer si des localisations différentes de calles plantaires peuvent avoir des effets différents sur le contrôle postural. 40 sujets sains, âgés de 20 à 40 ans ont été recrutés. 4 types de calles ont été utilisés, de formes et d'emplacements différents, d'une épaisseur de 3 mm et d'une dureté shore A de 60.

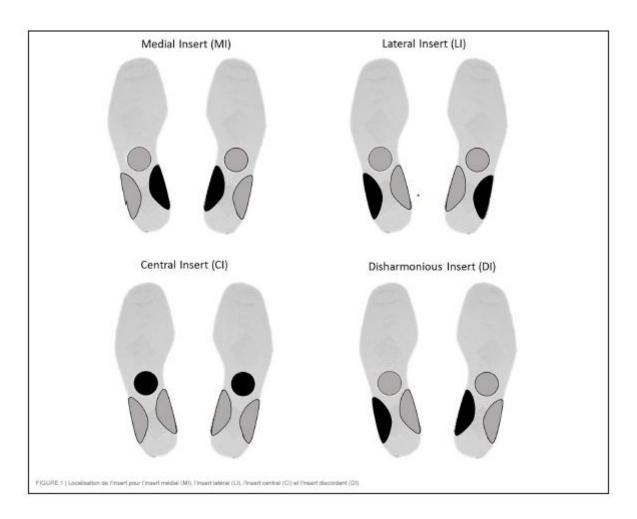


Figure 13 Localisation de l'insert pour l'insert médial (MI), l'insert latéral (LI), l'insert central (CI) et l'insert discordant (DI).

Les résultats montrent que tous les éléments ont des effets sur la régulation du contrôle postural, quantifiés par une plateforme de stabilométrie. Cependant ils n'ont pas tous la même efficacité dans les 3 paramètres stabilométriques ici analysés. L'élément CI est l'élément ayant l'action la plus significative sur l'ensemble des paramètres, tandis que les 3 autres éléments ont une action privilégiée sur un seul des 3 paramètres. Les auteurs concluent donc que la connaissance juste de l'action de chaque élément en fonction de son positionnement peut permettre une meilleure rééducation des patients avec des troubles de la régulation du contrôle postural.

Si l'emplacement des calles plantaires semble avoir une influence sur la réponse du contrôle postural, continuons sur l'influence de l'épaisseur de celles-ci.

Epaisseur des stimulations plantaires :

Le schéma suivant permet de visualiser les différents capteurs cutanés et leur emplacement.

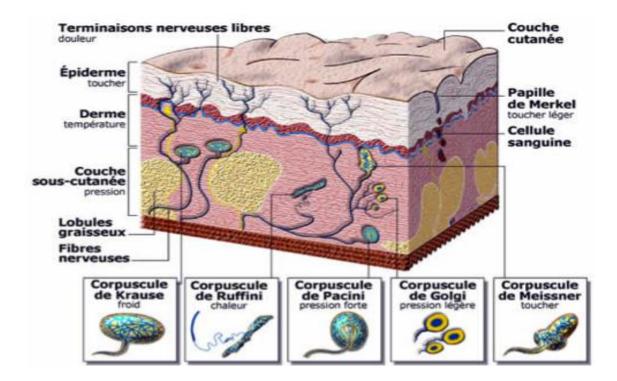


Figure 14 Capteurs sensoriels cutanés (source : commenttrompernossens.com)

Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'épaisseur minimale des calles plantaires, active sur la régulation du contrôle postural (*Bricot, B. (2011). Reprogrammation posturale totale, 3e éd. Santa Monica, Californie: Dux Livres de Lucis.*, s. d.), ou encore (Janin & Dupui, 2009) qui ont étudiés l'efficacité de stimulations plantaires d'une hauteur de 3 mm. (Foisy et al., 2015) ont également étudié les calles plantaires d'une hauteur de 3 mm, et la plupart des protocoles actuels étudiant les effets des calles plantaires sur la régulation du contrôle postural se font avec cette même épaisseur.

Il a même été montré, par (Viseux et al., 2018), que des stimulations plantaires de 6 mm n'avaient aucune influence significative sur le contrôle postural, contrairement aux autres stimulations testées en 0.8 et 3 mm.

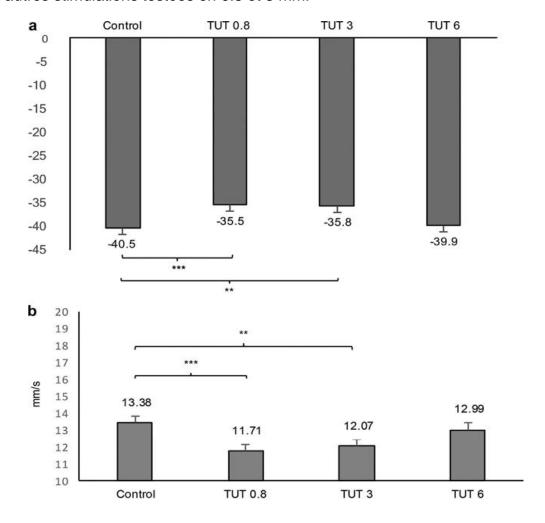


Figure 15 a: position moyenne sagittale (Y) de CoP (mm) pour toutes les conditions. La valeur négative indique une position postérieure. b: variance de la vitesse de CoP (mm / s) pour toutes les conditions.

(Annino et al., 2015) ont également évalué l'évolution de la régulation du contrôle postural en fonction de la dureté des stimulations plantaires, en faisant également varier le capteur visuel. Ils ont mis en évidence que seules les stimulations plantaires fermes ont une action positive sur la régulation du contrôle postural, que les yeux soient ouverts ou fermés.

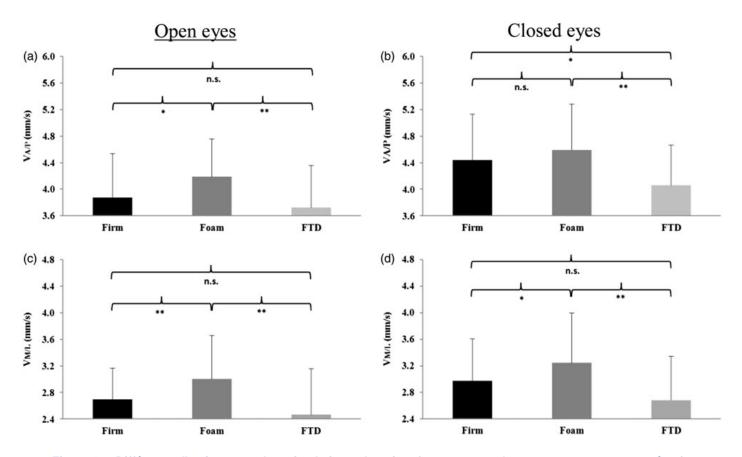


Figure 16 Différence d'action entre des stimulations plantaires fermes et souples par rapport au groupe témoin, yeux ouverts et yeux fermés

Discussion

Discussion:

Les différents auteurs ont permis de montrer un lien entre l'utilisation de stimulations plantaires de faible épaisseur, et la régulation du contrôle postural. Que ce soient (Annino et al., 2018), (Corbin et al., 2007) ou (Martínez-Jiménez et al., 2020), mais encore les différents auteurs cités précédemment comme (Viseux et al., 2018) ou (Janin & Dupui, 2009), tous ont montré des effets favorables sur la régulation du contrôle postural par le biais de calles plantaires.

Certains se sont intéressés à leur localisation, et l'incidence de cet emplacement sur la régulation du contrôle postural, comme (Corbin et al., 2007).

D'autres ont plutôt cherché à montrer l'influence de la hauteur des calles plantaires sur l'efficacité du contrôle postural, comme (Janin & Dupui, 2009), ou (Viseux et al., 2018).

La corrélation entre le capteur oculaire et les calles plantaires de faible épaisseur ont également intéressé des équipes de recherche, comme celle de (Foisy et al., 2015).

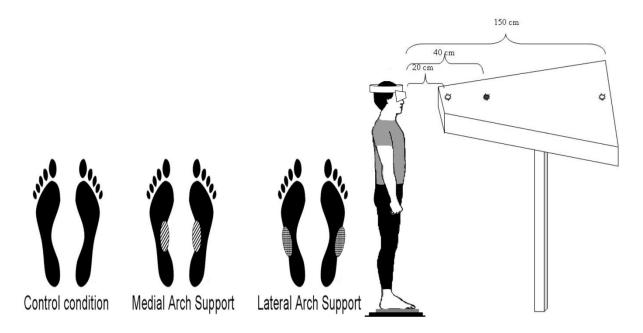


Figure 17 Etude de l'influence de la localisation de calles plantaires en fonction de la vergence oculaire

Discussion

Autre aspect étudié, la densité des stimulations plantaires localisées, entre des matériaux mous et fermes, sur la régulation du contrôle postural, par (Annino et al., 2015).

La littérature, dans son ensemble m'a permis de répondre aux interrogations posées initialement, par le biais de la problématique et des hypothèses.

La problématique, qui était de savoir si des stimulations de faibles épaisseurs (millimétriques) avaient une influence sur la régulation du contrôle postural a bien été confirmée. Elle a même été précisée par le fait qu'à l'inverse, des stimulations plantaires d'une épaisseur globalement supérieure à 3 mm n'avaient pas d'effet sur cette même régulation. Et d'une manière globale, l'efficacité à long terme est plus efficace avec des calles d'une hauteur de 3 mm, comparativement à celle de 0.8 mm ou 6 mm.

Concernant la position des calles, là aussi la littérature à permis de préciser son influence sur la régulation du contrôle postural. En effet, un positionnement interne, externe ou centré aura des actions, mais pas de même nature, et agissant sur des facteurs différents (vitesse de déplacement du CoP., excursion du CoP., variations longitudinales ou transversales).

Enfin, la densité des stimulations plantaires, qu'elles soient fermes ou souples n'a pas le même effet sur la régulation du contrôle postural. Des calles molles n'ont pas ou peu d'action significative sur son évolution, à l'inverse des stimulations fermes.

Ces résultats sont globalement en adéquation avec les observations cliniques effectuées en cabinet de podologie, et permettent de mieux appréhender certaines pratiques cliniques.

Conclusion

Conclusion:

Les différents travaux ayant montré l'action positive des calles millimétriques fermes sur la régulation du contrôle postural, ainsi que la différence d'action en fonction de leur emplacement, il pourrait être intéressant d'étudier l'action combinée et ces calles, en fonction de leur emplacement, chez des sujets souffrant de troubles de l'équilibre ou musculo-squelettiques, en lien avec une déficience du contrôle postural.

Marc Janin, dans ces récents travaux, étudie le rôle combiné sur des orthèses plantaires, de calles fermes et molles, chez des sujets ayant une régulation du contrôle postural diminuée.

Ces différents éléments sont prometteurs pour tenter de répondre, dans les années à venir, à une problématique de santé publique majeure et coûteuse, qui est la chute chez la personne âgée en perte d'autonomie, mais aussi aux différents Troubles Musculo-Squelettiques (T.M.S.), chez les actifs, générant un nombre croissant d'arrêts maladie.

L'amélioration de la performance sportive est également un des bénéfices dont les athlètes espèrent tirer partis, et voient de plus en plus de podologues intégrer leurs staffs médicaux.

Bibliographie

Bibliographie:

- Adlerton, A.-K., Moritz, U., & Moe-Nilssen, R. (2003). Forceplate and accelerometer measures for evaluating the effect of muscle fatigue on postural control during one-legged stance. *Physiotherapy Research International*, *8*(4), 187- 199. https://doi.org/10.1002/pri.289
- Annino, G., Palazzo, F., Alwardat, M. S., Manzi, V., Lebone, P., Tancredi, V., Sinibaldi Salimei, P., Caronti, A., Panzarino, M., & Padua, E. (2018). Effects of long-term stimulation of textured insoles on postural control in health elderly. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 58(4), 377- 384. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06705-0
- Annino, G., Palazzo, F., Lebone, P., Caronti, A., Lombardo, M., Campoli, F., Padua, E., & Iellamo, F. (2015). The efficacy of plantar stimulation on human balance control. Somatosensory & Motor Research, 32(3), 200-205.
 https://doi.org/10.3109/08990220.2015.1054025
- Bricot, B. (2011). Reprogrammation posturale totale, 3e éd. Santa Monica,

 Californie: Dux Livres de Lucis. (s. d.).
- Chute, Santé Publique France. (s. d.). Consulté 12 mars 2021, à l'adresse /maladieset-traumatismes/traumatismes/chute
- Corbin, D. M., Hart, J. M., McKeon, P. O., Ingersoll, C. D., & Hertel, J. (2007). The Effect of Textured Insoles on Postural Control in Double and Single Limb Stance. *Journal of Sport Rehabilitation*, *16*(4), 363-372. https://doi.org/10.1123/jsr.16.4.363

Bibliographie

- Foisy, A., Gaertner, C., Matheron, E., & Kapoula, Z. (2015). Controlling Posture and Vergence Eye Movements in Quiet Stance: Effects of Thin Plantar Inserts.

 PloS One, 10(12), e0143693. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143693
- Janin, M., & Dupui, Ph. (2009). The effects of unilateral medial arch support stimulation on plantar pressure and center of pressure adjustment in young gymnasts. *Neuroscience Letters*, 461(3), 245- 248. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.06.043
- Martínez-Jiménez, E. M., Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R., Losa-Iglesias, M. E., Díaz-Velázquez, J. I., Palomo-López, P., Rodríguez-Sanz, D., Calvo-Lobo, C., & López-López, D. (2020). Pressure and Traction Technique Improves Postural Control More Than Tactile Stimulation in Foot Plantar Fascia: A Randomized Single-Blind Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 101(6), 978- 984. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2020.01.017
- Maszczyk, A., Gołaś, A., Pietraszewski, P., Kowalczyk, M., Cięszczyk, P., Kochanowicz, A., Smółka, W., & Zając, A. (2018). Neurofeedback for the enhancement of dynamic balance of judokas. *Biology of Sport*, *35*(1), 99- 102. https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.71488
- Preszner-Domjan, A., Nagy, E., Szíver, E., Feher-Kiss, A., Horvath, G., & Kranicz, J. (2012). When does mechanical plantar stimulation promote sensory reweighing: Standing on a firm or compliant surface? *European Journal of Applied Physiology*, *112*(8), 2979- 2987. https://doi.org/10.1007/s00421-011-2277-5
- PubMed. (s. d.). PubMed. Consulté 12 mars 2021, à l'adresse https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/

Bibliographie

- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: Epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and Ageing*, *35*(suppl_2), ii37- ii41. https://doi.org/10.1093/ageing/afl084
- Tramontano, M., Piermaria, J., Morone, G., Reali, A., Vergara, M., & Tamburella, F. (2019). Postural Changes During Exteroceptive Thin Plantar Stimulation: The Effect of Prolonged Use and Different Plantar Localizations. *Frontiers in Systems Neuroscience*, *13*, 49. https://doi.org/10.3389/fnsys.2019.00049
- Viseux, F., Barbier, F., Villeneuve, P., Lemaire, A., Charpentier, P., & Leteneur, S. (2018). Low additional thickness under the toes could change upright balance of healthy subjects. *Neurophysiologie Clinique = Clinical Neurophysiology*, 48(6), 397- 400. https://doi.org/10.1016/j.neucli.2018.08.001
- Viseux, F., Lemaire, A., Barbier, F., Charpentier, P., Leteneur, S., & Villeneuve, P. (2019). How can the stimulation of plantar cutaneous receptors improve postural control? Review and clinical commentary. *Neurophysiologie Clinique* = *Clinical Neurophysiology*, *49*(3), 263- 268. https://doi.org/10.1016/j.neucli.2018.12.006
- Wikipédia NLM. (2019). In *Wikipédia*.

 https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=United_States_National_Library_of_

 Medicine&oldid=165308505

Résumé / Abstract

Résumé / Abstract :

Résumé:

Le contrôle postural est un paramètre primordial de la statique et de la dynamique humaine.

Il évolue tout au long de la vie, de la petite enfance au grand âge, et l'amélioration de sa régulation peut avoir plusieurs objectifs :

- Améliorer la performance du geste sportif,
- Participer au soulagement des T.M.S.,
- Limiter le risque de chutes de la personne âgée, etc ...

Ce mémoire bibliographique a permis de passer en revue une partie de la littérature scientifique traitant l'amélioration du contrôle postural, par le biais des stimulations plantaires millimétriques. Si elles semblent efficaces jusqu'à une épaisseur de 3 mm, leur emplacement sous les pieds mais leur dureté semble également jouer un rôle prépondérant dans l'optimisation du contrôle postural.

Abstract:

Postural control is an essential parameter of human statics and dynamics.

It evolves throughout life, from infancy to old age, and improving its regulation can have several objectives:

- Improve the performance of the sporting gesture,
- Participate in the relief of T.M.S.,
- Limit the risk of falls for the elderly, etc ...

This bibliographic brief has made it possible to review part of the scientific literature dealing with the improvement of postural control, through millimeter plantar stimulation. If they seem effective up to a thickness of 3 mm, their location under the feet but their hardness also seems to play a major role in the optimization of postural control.