MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY

PIED, MOBILISATION PASSIVE ET EQUILIBRATION : UNE RELATION AMBIGUE

Mémoire présenté par **Kévin MORO**
étudiant en 3ème année de masso-kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de Masseur-Kinésithérapeute.
2012-2013

SOMMAIRE

RESUME
1. INTRODUCTION ……..……..... 1
2. CADRE THEORIQUE …… 3
2.1. Anatomie et biomécanique de la cheville et du pied ……. 3
2.1.1. La cheville …….. 3
2.1.2. Le pied …… 4
2.2. La fonction d'équilibration …….. 6
2.2.1. Définition …… 6
2.2.2. Mécanismes …….. 6
2.3. La mobilisation passive …….. 7
3. MATERIEL ET METHODE …… 8
3.1. Méthode de recherche bibliographique …….. 8
3.2. Population …… 8
3.3. Matériel ……. 9
3.4. Méthode …… 10
3.4.1. Questionnaire ……... 10
3.4.2. Protocole avant mobilisation …….. 10
3.4.3. Protocole de mobilisation passive ……. 13
3.4.4. Protocole après mobilisation …….. 15
3.4.5. Groupe témoin …….. 15
3.5. Méthode statistique ……. 16
4. RESULTATS …… 16
4.1. Analyse des paramètres posturaux …….. 16
4.1.1. Groupe des 50 sujets mobilisés ……. 17
4.1.2. Groupe des 10 sujets mobilisés (parmi les 50) …… 18
4.1.3. Groupe témoin : 10 sujets non mobilisés ……. 19
4.2. Analyse des sensations d'équilibre lors du deuxième test ……... 20
4.2.1. Groupe des 50 sujets mobilisés ……. 20
4.2.2. Groupe des 10 sujets mobilisés (parmi les 50) …… 20

4.2.3. Groupe témoin : 10 sujets non mobilisés ……. 21
4.3. Analyse des sensations lors de la marche ……. 21
4.3.1. Groupe des 50 sujets mobilisés …… 21
4.3.2. Groupe des 10 sujets mobilisés …… 22
4.3.3. Groupe témoin : 10 sujets non mobilisés …… 22
4.3.4. Comparaison du groupe des 10 sujets mobilisés et du groupe témoin 22
4.4. Analyse de l'accroupissement ……. 23
4.5. Analyse de la distance doigt-sol …….. 23
4.5.1. Groupe des 50 sujets mobilisés …… 23
4.5.2. Groupe des 10 sujets mobilisés …… 23
4.5.3. Groupe témoin : 10 sujets non mobilisés …… 24
4.5.4. Comparaison du groupe des 10 sujets mobilisés et du groupe témoin 24
5. DISCUSSION ……. 25
5.1. A propos de la méthodologie …… 25
5.2. A propos des résultats ……... 26
5.2.1. Les paramètres posturaux …….. 26
5.2.2. Les sensations d'équilibre ……. 28
5.2.3. Les sensations de marche ……. 28
5.2.4. La distance doigt-sol …… 28
6. CONCLUSION ……. 29
BIBLIOGRAPHIE
ANNEXES

RESUME

Introduction : l'homme se caractérise par sa station debout. Il se maintient en équilibre grâce à de nombreux mécanismes parmi lesquels le pied joue un rôle primordial. Le vieillissement ou encore l'immobilisation sont responsables d'une diminution de l'efficacité de cet organe.

Objectif : l'objectif de notre étude est de tester l'effet d'une mobilisation passive des articulations du pied et de la cheville sur l'équilibration grâce à des mesures posturographiques.

Matériel et méthode : nos mesures sont réalisées sur 50 sujets sains âgés de 18 à 29 ans. Avant et après la mobilisation passive du pied et de la cheville ils effectuent une épreuve statique et 2 épreuves dynamiques, d'abord yeux ouverts puis yeux fermés, grâce à une plate-forme de posturographie SATEL® reliée à un ordinateur. Une évaluation subjective des sensations d'équilibre et de marche est réalisée, ainsi qu'un test d'accroupissement et une mesure de la distance doigts-sol (DDS). Un groupe témoin, constitué de 10 des 50 sujets, est créé où la mobilisation passive est remplacée par un temps de pause de durée équivalente, soit 15 minutes.

Résultats et discussion : nos résultats montrent une meilleure stabilisation aux tests dynamiques latéraux et une perturbation de l'équilibration aux tests statiques surtout concernant le paramètre surface. Une amélioration des sensations d'équilibre et de marche ainsi qu'une diminution de la DDS est aussi révélée.

Conclusion : notre étude ne permet pas d'affirmer la présence d'un lien entre mobilisation passive du pied et de la cheville et amélioration de l'équilibration, mais elle ne l'exclut pas pour autant.

Mots clés : - français : équilibre, posturographie, pied, mobilisation passive, proprioception,

- anglais : balance, posturography, foot, passive motion, proprioception.

1. INTRODUCTION

L'Homme se caractérise par sa posture érigée, attitude fondamentale qui le différencie de l'espèce animale. [1]

Cette posture n'est jamais totalement immobile. En effet, tous les mécanismes physiologiques du corps humain comme les mouvements respiratoires, les contractions cardiaques ou encore le péristaltisme intestinal, associés aux oscillations posturales sont responsables des perturbations constantes de l'état d'équilibre. Sans les processus de stabilisation que sont les systèmes proprioceptif, extéroceptif, vestibulaire et visuel, dont l'action est complémentaire, la position debout sans tomber serait impossible. [2] Ceci correspond à la fonction d'équilibration.

Le pied est la zone de contact privilégiée du corps avec le sol. Il va permettre la régulation des forces de pression par rapport aux forces de réaction du sol afin de garder le centre de gravité à l'intérieur du polygone de sustentation (« espace limité par les deux pieds et les droites qui joignent les talons d'une part et les points d'appuis antérieurs des pieds d'autre part » [3]) Nous comprenons bien, dès lors, le rôle primordial de cet organe dans l'équilibration grâce à la relation entre pression des pieds et centre de gravité. [4]

Les mouvements du pied seraient moindres sans la relation étroite qu'il entretient avec la cheville. Elle permet de l'orienter dans les trois plans de l'espace, entre autres, par l'intermédiaire du talus (ou astragale) et de sa capacité à « rouler, tanguer et virer ». [4, 5] C'est grâce à ces petits mouvements réflexes du pied et de la cheville que l'équilibre est maintenu. En effet, une boucle de rétrocontrôle est présente afin de détecter les perturbations de la posture et de les corriger. Celle-ci est réalisée grâce à de nombreux capteurs proprioceptifs. Nous en retrouvons au niveau de la voûte plantaire, dans les structures capsulo-ligamentaires, ainsi que dans les muscles et les tendons à proximité. [6]

Un ralentissement de la transmission de l'information recueillie par ces capteurs ou une mauvaise analyse par ces derniers va se répercuter sur le maintien de la posture.

Il est prouvé que le vieillissement entraine une altération de ces éléments et par conséquent des troubles de la proprioception. [7,8] De plus, plusieurs études montrent que si on immobilise une articulation il en résulte une diminution rapide de la proprioception. Moisello et al. [9] mettent en évidence ce phénomène sur le coude dès 12 heures d'immobilisation. Picot et al. [10] en font état au niveau de la cheville dans une étude sur le port des chaussures de ski chez les skieurs occasionnels et chez les moniteurs. L'étude de Bolzoni et al. [11] met en avant qu'une immobilisation de la main aurait un impact sur les ajustements anticipatoires du coude et de l'épaule lors d'un mouvement.

Ceci nous permet de nous interroger sur l'effet qu'aurait, au contraire, une mobilisation d'une articulation sur ces éléments.

Nous allons nous consacrer à l'étude des articulations du pied et de la cheville. Notre objectif étant d'évaluer l'influence de la mobilisation passive de ces structures sur la fonction d'équilibration chez 50 sujets sains dont la moyenne d'âge est de 21,1 ans avec un écart type de 2,53 ans.

Dans la première partie de ce mémoire, nous effectuons quelques rappels sur l'anatomie et la biomécanique du pied et de la cheville et la fonction d'équilibration. Dans la deuxième partie, nous détaillons le protocole réalisé ainsi que le matériel utilisé à savoir la plate-forme de posturographie (ou stabilométrie) et son fonctionnement. Enfin, la dernière partie est consacrée à l'analyse des résultats et à leur discussion.

2. CADRE THEORIQUE

2.1. Anatomie et biomécanique de la cheville et du pied [4, 5, 12, 13]

2.1.1. La cheville (annexe I) [14]

La cheville est composée de trois articulations et ne se limite pas à l'articulation talo-crurale. Elle est liée à la mobilité de la malléole latérale et par conséquent de la fibula dans sa totalité par le biais des articulations tibio-fibulaire supérieure et inférieure.

L'articulation talo-crurale met en présence le tibia, le talus et la fibula. La face inférieure du pilon tibial s'articule avec la face supérieure du corps du talus, la face latérale de la malléole médiale s'articule avec la partie supérieure de la face médiale du corps du talus, et la face médiale de la malléole latérale s'articule avec la face latérale du corps du talus. Les surfaces articulaires permettent des mouvements de glissement antéro-postérieur du tibia sur le talus et inversement, ainsi que des mouvements de roulement antéro-postérieur du talus sous le tibia. L'association de ces deux mobilités permet la flexion dorsale (roulement antérieur plus glissement postérieur) et la flexion plantaire (roulement postérieur plus glissement antérieur).

L'articulation tibio-fibulaire distale met en présence la face latérale de l'extrémité distale du tibia et la partie supérieure de la face médiale de la malléole latérale. Les surfaces articulaires sont planes et orientées dans le plan sagittal, ce qui permet des glissements antéro-postérieurs. Cependant, cette articulation est plus propice aux mouvements d'écartement-rapprochement qu'aux mouvements de glissement.

L'articulation tibio-fibulaire proximale met en présence la partie postéro-latérale du condyle latéral du tibia et la face antéro-médiale de la tête fibulaire. Les surfaces articulaires sont planes et obliques en avant et en dehors, ce qui permet des mouvements de glissement postéro-médial et antéro-latéral.

Lors de la flexion dorsale, la malléole latérale s'écarte, la fibula s'élève et effectue une rotation médiale. Cela se traduit par un avancement de la tête fibulaire et un recul de la malléole latérale. Tous ces mouvements sont réalisés de manière passive du fait des surfaces articulaires et des reliefs osseux. Lors de la flexion plantaire, la fibula retrouve sa position initiale grâce à des mouvements inverses. Ceux-ci sont réalisés de manière active par la contraction des muscles rétro-malléolaires et notamment le long fléchisseur de l'hallux.

2.1.2. Le pied (annexe I) [14]

Le pied est composé de deux parties, le tarse (ou arrière-pied) et les métatarsiens prolongés par les phalanges (ou avant-pied). Le tarse est également divisé en deux, avec en arrière le talus et le calcanéus qui forment le tarse postérieur, et en avant le naviculaire, le cuboïde et les trois cunéiformes qui forment le tarse antérieur.

L'articulation sub-talaire met en présence le talus et le calcanéus. La face inférieure du talus s'articule en deux points avec la face supérieure du calcanéus. Les surfaces articulaires permettent des mouvements dans les trois plans de l'espace selon l'axe sub-talaire de Henke oblique en haut, en avant et en dedans. Ce sont des mouvements de flexion-extension, d'abduction-adduction et de pronation-supination. Ils sont en association avec les mouvements de l'articulation talo-crurale et de ceux du reste du pied. Farabeuf utilise des termes issus du vocabulaire maritime [13] pour décrire les mouvements du calcanéus sous le talus : il roule (pronation-supination), tangue (flexion-extension) et vire (abduction-adduction).

L'articulation de Chopart met en présence le talus et le naviculaire médialement, ainsi que le calcanéus et le cuboïde latéralement. Les surfaces articulaires de l'articulation talo-naviculaire permettent des mouvements du naviculaire en haut et en dehors, et en bas et en dehors. Les surfaces articulaires de l'articulation calcanéo-cuboïdienne permettent des mouvements du cuboïde en haut

et en dedans, et en bas et en dedans. Les mouvements de ces deux articulations participent à la pronation-supination du pied.

L'articulation de Lisfranc met en présence les trois naviculaires, le cuboïde et les cinq métatarsiens. Elle correspond aux articulations tarso-métatarsiennes. Les surfaces articulaires permettent essentiellement des mouvements au niveau du premier métatarsien en haut et en dehors, et en bas et en dehors, ainsi que du cinquième métatarsien en haut et en dedans, et en bas et en dedans. Ceci permet d'augmenter l'adaptation du pied au sol en creusant plus ou moins la voûte plantaire.

Les articulations tarso-phalangiennes mettent en présence les cinq métatarsiens et les cinq premières phalanges. Les surfaces articulaires permettent des mouvements de flexion-extension grâce à une association de glissement-roulement, dans le même sens, de la base de la phalange sur la tête du métatarsien.

Les articulations inter-phalangiennes mettent en présence les trois phalanges des orteils longs et les deux phalanges de l'hallux. Les surfaces articulaires permettent des mouvements de flexion-extension grâce à une association de glissement-roulement, dans le même sens, de la base de la phalange la plus distale sur la tête de celle la plus proximale.

Le pied correspond à la zone de contact du corps avec le sol par l'intermédiaire de trois points d'appuis au niveau du talon et des têtes des premiers et cinquième métatarsiens. Ces trois points sont à l'origine de trois arches qui vont permettre la déformation du pied pour une meilleure congruence avec le sol et donc une meilleure stabilité. [13, 15]

2.2. La fonction d'équilibration

2.2.1. Définition

L'équilibration est la « mise en œuvre des différents moyens employés par l'organisme pour maintenir l'équilibre ». [3] C'est la fonction sensorimotrice [16] qui permet de rester en équilibre. Ceci correspond au maintien de la projection du centre de gravité à l'intérieur du polygone de sustentation. [17]

2.2.2. Mécanismes

L'équilibration est mise en œuvre grâce à l'intégration au niveau du système nerveux central (noyaux vestibulaires du tronc cérébral) d'informations issues de récepteurs visuels, vestibulaires, extéroceptifs et proprioceptifs qui fonctionnent en coopération. [16, 18] Dès lors qu'une anomalie est détectée, une réponse motrice est enclenchée de manière réflexe de façon à repositionner la projection du centre de gravité à l'intérieur du polygone de sustentation. Ces mécanismes d'adaptation de la posture pour rester en équilibre sont d'autant plus difficiles dans l'espèce humaine du fait de la bipédie qui impose une surface d'appui réduite et un centre de gravité relativement haut. [17]

Pour le maintien d'une position stable lors de la réalisation d'une activité volontaire, il est nécessaire que des ajustements de la posture soient effectués de manière anticipative [6] afin de prévenir d'éventuels déséquilibres. Toutefois, si une adaptation n'est pas possible il existe différentes stratégies d'équilibration en fonction des perturbations de l'équilibre :

- la « stratégie de cheville » entraîne un déplacement important du centre de gravité grâce à une rotation autour des chevilles lors de perturbations de faibles amplitudes. C'est une réponse disto-proximale. Elle demande un faible coût énergétique pour une bonne efficacité c'est pourquoi elle est utilisée de manière préférentielle. [1, 19]

- La « stratégie de hanche » entraîne un faible déplacement du centre de gravité grâce à une rotation autour des hanches lors de perturbations d'amplitudes plus élevées. C'est une réponse proximo-distale. Elle demande un coût énergétique plus important pour une efficacité moindre. Elle est utilisée surtout chez la personne âgée ou dans certaines pathologies de manière préférentielle. [1, 19]

- La « stratégie verticale » entraîne un déplacement du centre de gravité vers le bas grâce à une flexion des genoux ce qui permet un meilleur contrôle de celui-ci. [1]

- La « stratégie de pas en avant » entraîne un déplacement du polygone de sustentation sous la projection perturbée du centre de gravité de manière à retrouver une position d'équilibre. [1]

2.3. La mobilisation passive

C'est une « technique manuelle ou instrumentale consistant à mobiliser des segments ou des tissus par une force autre que celles d'unités neuromusculaires. Ces forces pouvant être la pesanteur, les mains du thérapeute, une mobilisation autopassive du sujet, ou la force d'un arthromoteur. » [15]

Elle doit être effectuée de façon à ce que le patient puisse la contrôler et l'interrompre à tout moment en cas de problème tel qu'une douleur par exemple. Elle est caractérisée par l'amplitude et la vitesse à laquelle elle est réalisée ce qui permet de la classer en stades (ou grades) [20, 21]:

- stade I : mouvement de petite amplitude en début de course
- stade II : mouvement de grande amplitude dans une course libre de toute résistance
- stade III : mouvement de grande amplitude pénétrant la résistance
- stade IV : mouvement de petite amplitude en fin de course, pénétrant la résistance
- stade V : c'est le même que le stade IV à la différence qu'il est effectué à une vitesse plus importante empêchant le patient de s'y opposer = « manipulation ».

3. MATERIEL ET METHODE

3.1. Méthode de recherche bibliographique

Les recherches bibliographiques ont été réalisées grâce à plusieurs bases de données électroniques : Pubmed, PEDro, EMconsulte, le site de « Kinésithérapie Scientifique », le site de la « Haute Autorité de Santé », le site de « Kinésithérapie, la revue ». Les mots clés utilisés étaient : « équilibre », « posturologie », « posturographie », « pied », « mobilisation passive », « proprioception », « distance doigt-sol ». Tous ont été traduits en anglais : « balance », « posturology », « posturography », « foot », « passive motion », « proprioception », «finger-floor distance ». Ces mots clés ont également été utilisés de manière combinée. Le choix des articles s'est fait grâce à la lecture du titre et du résumé. Nos recherches se sont étendues de 1980 à 2012. Afin de compléter notre bibliographie nous avons consulté les documents présents à Réédoc et à la bibliothèque universitaire Santé de Brabois. Enfin, nous avons repris certaines références bibliographiques présentes sur les articles que nous avions sélectionnés.

3.2. Population

L'étude est réalisée sur 50 sujets (27 hommes et 23 femmes) âgés de 18 à 29 ans (moyenne d'âge de 21,1 ans avec un écart type de 2,53 ans). Tous sont étudiants en masso-kinésithérapie à l'ILFMK (de la 1ère à la 3ème année). Ces volontaires ont signé un consentement de participation à l'étude et ont répondu à la « Fiche renseignement patient » (annexe II) afin de pouvoir être inclus.

Les critères de non inclusion sont : une incapacité à se tenir debout sans aide, une pathologie ou une conséquence de pathologie perturbant l'équilibre ou la fonction d'équilibration (bras en écharpe, immobilisation cervicale, problème sévère d'oreille interne…), et un traumatisme des membres inférieurs rendant la mobilisation passive du pied ou de la cheville impossible (entorse fraiche, fracture…).

3.3. Matériel

Les mesures posturographiques ont été réalisées sur la plate-forme de stabilométrie SATEL® reliée à un ordinateur, et le logiciel SATEL® correspondant. Il s'agit d'une plate-forme certifiée conforme à la directive 93/42/CEE nécessaire aux équipements électromédicaux, qui répond aux Normes 85 et qui est validée par l'Association Française de Posturologie. [22, 23] Elle permet de visualiser les déplacements du centre de pression des pieds (CPP) sur un temps donné, de mesurer celui-ci dans un plan frontal selon une abscisse x (déplacements droite/gauche) et dans un plan sagittal selon une ordonnée y (déplacements avant/arrière). Elle nous informe également sur la surface parcourue par le CPP, la longueur totale (x + y) ainsi que la vitesse de déplacement et calcule le coefficient de Romberg.

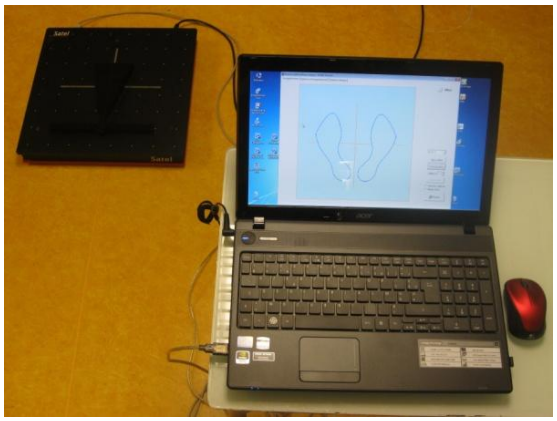


Figure 1 : Plate-forme, ordinateur et logiciel

Une boîte graduée a été conçue de manière à pouvoir quantifier également les valeurs négatives de la distance doigts-sol (DDS).

3.4. Méthode

3.4.1. Questionnaire (annexe II)

Chaque étudiant a rempli une fiche de renseignements permettant de savoir si les critères d'inclusion sont respectés. Cette fiche a également permis d'avoir leur consentement pour la participation à cette étude.

3.4.2. Protocole avant mobilisation

Nous avons choisi de réaliser six mesures différentes sur la plate-forme de posturographie : une mesure statique yeux ouverts (YO), une mesure statique yeux fermés (YF), une mesure dynamique avant/arrière YO, une mesure dynamique avant/arrière YF, une mesure dynamique droite/gauche YO et une mesure dynamique droite/gauche YF. Les mesures statiques ont une durée de 51,2 secondes chacune tandis que celles dynamiques durent 25,6 secondes. Chaque test est réalisé à la suite du précédent, avec seulement le temps d'attente nécessaire au changement des paramètres sur l'ordinateur ou la mise en place du plateau «dynamique» en plexiglas pour les tests dynamiques. Le tout dure environ 7 minutes. Avant chaque acquisition de mesures nous réalisons une pré-acquisition d'une dizaine de secondes afin de laisser le temps au sujet de se stabiliser et afin de shunter le début de la prise de mesure pour ne pas influencer les résultats.

La plate-forme est placée à 90 cm d'un mur sans motif et lisse sur lequel est fixé un fil à plomb qui servira de repère visuel pour le sujet lors des mesures. [22, 23]

Le sujet est debout pieds nus dans une position standardisée pour la plate-forme, réalisée grâce à des cales prévue à cet effet : les talons sont au même niveau, espacés de 2 cm et l'angle entre les pieds est de 30°. Les cales sont ensuite enlevées pour la réalisation des mesures. [22, 23]

Figure 2 : plate-forme de posturographie

Il doit rester immobile, bras ballants le long du corps, respirer normalement et regarder à hauteur du regard la verticale représentée par le fil à plomb. Lorsqu'il a les yeux fermés il doit essayer de garder le regard au même niveau. [22, 23]

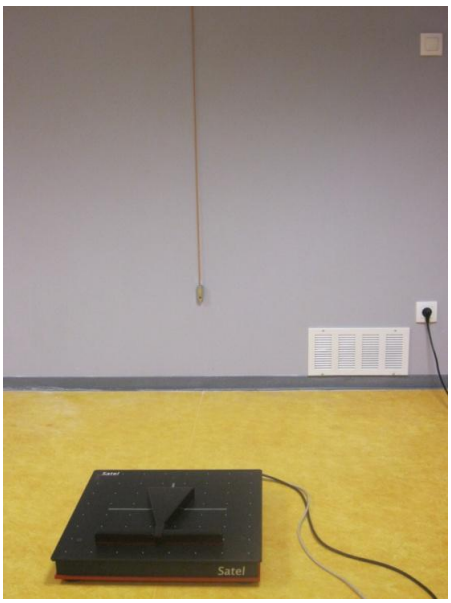


Figure 3 : Plate-forme et fil à plomb

Figure 4 : Exemple sujet n°50

Les mesures dynamiques sont réalisées grâce à un plateau « dynamique » en plexiglas, d'abord dans le plan sagittal (avant/arrière), puis frontal (droite/gauche).

Figure 5 : Dynamique avant/arrière

Figure 6 : Dynamique droite/gauche

Après avoir effectué ces tests, nous demandons au sujet de marcher sur une distance de 10 mètres et de mémoriser ses sensations au niveau du déroulement du pas, de ses appuis, des mouvements du pied et de la cheville et de sa stabilité afin de pouvoir les comparer une fois que la mobilisation passive aura été réalisée.

Un accroupissement maximal est réalisé avec un écartement des pieds de 15 cm, marqué par deux bandes adhésives au sol, de façon à être reproductible. Nous notons si celui-ci est réalisé en gardant les talons au sol ou s'ils se décollent.

Une mesure de la distance doigts-sol est effectuée à l'aide de la boîte graduée, d'un mètre ruban et d'un réglet. Des repères sont placés sur la boîte afin que la position soit identique pour tous, avec un écartement des pieds de 15 cm et une angulation neutre. Le thérapeute demande au sujet de garder les genoux en extension puis d'enrouler progressivement la tête, les épaules et le dos pour venir le plus bas possible bras tendus et mains à plat contre la boîte, le tout étant réalisé sur l'expiration. Le sujet indique lorsqu'il ne peut vraiment plus descendre les mains et nous prenons la mesure.

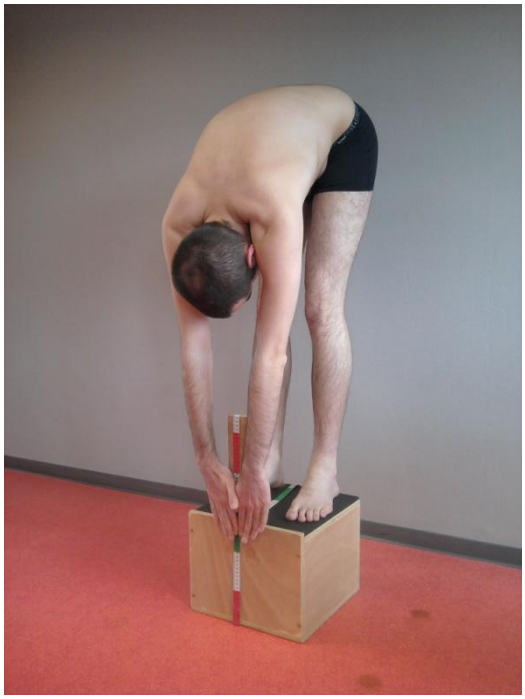


Figure 7 : mesure DDS

Pour toutes les mesures les sujets sont pieds nus, sans pantalon et avec une tenue souple pour le haut. Ceci permet de réaliser des mesures reproductibles sur la plate-forme, d'avoir un meilleur ressenti lors de la marche, de ne pas limiter les mouvements lors de l'accroupissement et la DDS et de ne pas perdre de temps pour accéder aux zones à mobiliser.

3.4.3. Protocole de mobilisation passive

Nous demandons au sujet de venir s'asseoir en bord de table, de s'appuyer de part et d'autre de celle-ci afin d'essayer d'être le plus détendu possible. Nous sommes placés devant lui afin de réaliser la mobilisation passive.

Nous mobilisons chaque sujet de la même façon, en commençant toujours de l'articulation la plus proximale vers celle la plus distale, et pour chacune d'entre elles nous effectuons une mobilisation passive de stade 3. [20, 21, 24]

Pour l'articulation tibio-fibulaire proximale, nous réalisons 20 mouvements composés d'un glissement postéro-interne et d'un glissement antéro-externe grâce à une prise sur la tête de la fibula et une contre prise sur le tibia, le pied du sujet étant posé sur notre cuisse en position neutre.

Pour l'articulation tibio-fibulaire distale, nous réalisons 20 mouvements composés d'un glissement postérieur et d'un glissement antérieur grâce à une prise sur la malléole externe et une contre prise sur le tibia, le pied du sujet étant posé sur notre cuisse en position neutre.

Pour l'articulation talo-crurale, nous réalisons 30 mouvements composés d'un glissement postérieur suivi d'un glissement antérieur du tibia sur le talus grâce à une prise sur l'extrémité inférieure du tibia et une contre prise sur le talus, le pied du sujet étant posé sur notre cuisse en position neutre.

Pour l'articulation sub-talaire, nous réalisons 30 mouvements composés d'une abduction/adduction, d'une prono-supination et d'un flexion/extension du calcanéus sur le talus de façon globale grâce à une prise du calcanéus et une contre prise sur les malléoles afin d'immobiliser le talus.

Pour l'articulation de Chopart (talo-naviculaire et calcanéo-cuboïdienne), nous réalisons 30 mouvements de prono-supination globale (mouvement en huit) grâce à une prise sur le naviculaire et le cuboïde et une contre prise sur le talus et le calcanéus.

Pour l'articulation de Lisfranc (tarso-métatarsienne), nous réalisons 20 mouvements globaux en «ailes de papillons» composés d'un affaissement de la voûte plantaire suivi d'une exagération de celle-ci.

Pour les articulations métatarso-phalangiennes et inter-phalangiennes, nous réalisons 20 mouvements composés d'une extension globale des 5 orteils suivie

d’une flexion globale, puis nous réalisons 3 décompressions de chaque articulation grâce à une prise en «tire-bouchon».

3.4.4. Protocole après mobilisation

Dès que la mobilisation passive des deux pieds et des deux chevilles est terminée nous recommençons les mêmes mesures dans le même ordre et selon les mêmes modalités.

En premier nous effectuons les six mesures sur la plate-forme dans les mêmes conditions et nous demandons au sujet comment il s’est senti lors des deuxièmes tests au niveau de son équilibre : « mieux », « pire » ou « pareil ».

Ensuite nous demandons au sujet de marcher à la même allure que précédemment et de nous donner ses sensations au niveau du déroulement du pas, de ses appuis, des mouvements du pied et de la cheville et de sa stabilité. Nous notons si celles-ci sont « mieux », « pires » ou « pareilles ».

Un accroupissement est réalisé avec les pieds sur les mêmes repères et nous notons si les talons se décollent ou non.

Enfin nous mesurons la DDS toujours en respectant les paramètres utilisés lors de la mesure avant mobilisation.

3.4.5. Groupe témoin

Après avoir réalisé le protocole de mobilisation sur les 50 sujets nous décidons de créer un groupe témoin en reprenant 10 sujets au hasard dans ce même groupe, deux semaines après les dernières mesures pour qu’il n’y ait pas d’interaction entre les deux séances.

Les sujets réalisent le même « protocole avant mobilisation », puis nous remplaçons le « protocole de mobilisation » par une phase de pause. Celle-ci a la même durée que le temps de mobilisation passive soit quinze minutes, et les sujets sont assis en bord de table de manière détendue, appuyés de part et d'autre de la table. Enfin, ils réalisent le même « protocole après mobilisation ».

3.5. Méthode statistique

Nous utilisons différents tests statistiques en fonction de la nature quantitative (posturographie et DDS) ou qualitative (sensation d'équilibre, sensation de marche, et équilibre) de nos résultats.

Pour les mesures posturographiques nos valeurs ne suivent pas une loi normale donc nous utilisons le Wilcoxon signed rank-test. Pour la DDS nous choisissons un test de Student car nos valeurs suivent une loi normale, puis nous complétons ces résultats par un ANOVA pour comparer le groupe de 10 sujets mobilisés et le groupe témoin. Pour la sensation de stabilité et la sensation de marche nous nous servons des pourcentages et d'un test du Chi 2 qui permet de comparer des variables quantitatives.

Pour chaque test statistique nous obtenons une valeur « p » qui permet de déterminer si l'hypothèse de départ est significative quand $p \leq 0,05$, de tendance significative quand $0,10 \geq p > 0,05$ et non significative quand $p > 0,10$.

4. RESULTATS

4.1. Analyse des paramètres posturaux

Pour les mesures posturographiques nous décidons de garder les paramètres suivants : surface, longueur totale, longueur x, longueur y, coefficient de Romberg et la vitesse moyenne (pour les mesures dynamiques). Nous regroupons les valeurs

moyennes et écarts-types de ces derniers dans des tableaux (annexe III) afin de voir l'évolution entre les valeurs avant et après la mobilisation passive pour le groupe de 50 sujets, et les valeurs avant et après la phase de pause pour le groupe témoin de 10 sujets. Nous reprenons également les valeurs de ces 10 sujets témoins lors de leur premier passage avec mobilisation pour pouvoir faire une comparaison de l'évolution des résultats avec et sans mobilisation pour les mêmes sujets. En résumé, nous avons trois groupes : un groupe de 50 sujets mobilisés, un groupe de 10 sujets mobilisés (parmi les 50) et un groupe témoin non mobilisé composé des mêmes 10 sujets.

4.1.1. Groupe des 50 sujets mobilisés

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve statique YO :
Nous constatons une augmentation de la surface après la mobilisation passive, et celle-ci est significative ($p<0,0001$). Les paramètres de longueur totale, longueur x et longueur y ont diminué lors du deuxième test, et cette diminution est significative pour la longueur totale et la longueur y.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve statique YF :
Nous constatons une augmentation de la surface après la mobilisation passive mais celle-ci n'est pas significative ($p=0,26 > 0,05$). Les paramètres de longueur totale, longueur x, longueur y et coefficient de Romberg ont diminué de manière significative ($p\leq0,05$) lors du deuxième test.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique avt/arr YO :
Nous constatons une diminution de tous les paramètres (surface, longueur totale, vitesse moyenne, longueur y et longueur x) de manière significative, sauf pour la surface qui a seulement une tendance significative ($0,10\geq p>0,05$).

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique avt/arr YF :
Nous constatons une diminution de tous les paramètres de manière significative.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique D/G YO :
Nous constatons une augmentation de la surface après la mobilisation passive mais celle-ci n'est pas significative ($p=0,94 > 0,05$). Les paramètres de longueur totale, vitesse moyenne, longueur x et longueur y ont diminué de manière significative ($p \leq 0,05$) lors du deuxième test.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique D/G YF :
Nous constatons une diminution de tous les paramètres de manière significative.

4.1.2. Groupe des 10 sujets mobilisés (parmi les 50)

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve statique YO :
Nous constatons une augmentation de la surface après la mobilisation passive, et celle-ci est significative ($p<0,0001$). Les autres paramètres ont diminué mais de manière non significative ($p>0,10$).

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve statique YF :
Nous constatons une augmentation de la surface après la mobilisation passive et une diminution des autres paramètres mais l'ensemble n'est pas significatif.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique avt/arr YO :
Nous constatons une diminution de tous les paramètres et celle-ci est significative pour la vitesse moyenne et la longueur y.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique avt/arr YF :
Nous constatons une diminution significative de tous les paramètres ($p \leq 0,05$).

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique D/G YO :
Nous constatons une diminution de tous les paramètres et celle-ci est significative pour la longueur totale, la vitesse moyenne et la longueur y.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique D/G YF :
Nous constatons une diminution de tous les paramètres. Celle-ci est significative pour la surface, et de tendance significative pour la longueur totale, la vitesse moyenne et la longueur x.

4.1.3. Groupe témoin : 10 sujets non mobilisés

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve statique YO :
Nous constatons une augmentation de la surface, de la longueur totale et de la longueur x de manière non significative, et une diminution de la longueur y de manière non significative.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve statique YF :
Nous constatons une diminution de la surface et une augmentation des autres paramètres mais l'ensemble n'est pas significatif.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique avt/arr YO :
Nous constatons une diminution de tous les paramètres. Celle-ci est significative pour la longueur totale, la vitesse moyenne et la longueur y, de tendance significative pour la surface et non significative pour la longueur x.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique avt/arr YF :
Nous constatons une diminution de tous les paramètres. Celle-ci est significative sauf pour la longueur x.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique D/G YO :
Nous constatons une diminution de tous les paramètres. Celle-ci est significative pour la longueur y, de tendance significative pour la surface et non significative pour les autres paramètres.

Résultats du Wilcoxon signed rank-test pour l'épreuve dynamique D/G YF : Nous constatons une diminution non significative de tous les paramètres.

4.2. Analyse des sensations d'équilibre lors du deuxième test

4.2.1. Groupe des 50 sujets mobilisés

Pour 56%, soit 28 sujets, les sensations d'équilibre lors du deuxième test sont « mieux ». Pour 20%, soit 10 sujets, elles sont « pareilles ». Tandis que pour 24%, soit 12 sujets, elles sont « pires ».

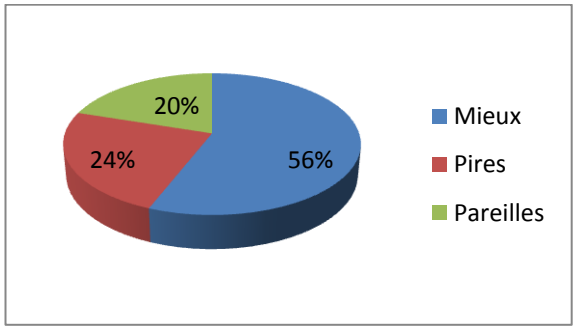


Figure 8 : sensations d'équilibre lors du deuxième test chez les 50 sujets mobilisés

4.2.2. Groupe des 10 sujets mobilisés (parmi les 50)

Pour 60%, soit 6 sujets, les sensations d'équilibre lors du deuxième test sont « mieux ». Et pour 40%, soit 4 sujets, elles sont « pires ».

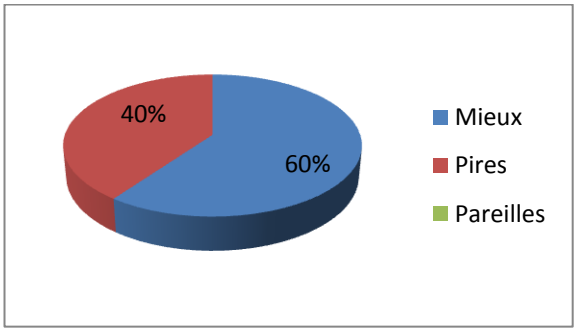


Figure 9 : sensations d'équilibre lors du deuxième test chez les 10 sujets mobilisés

4.2.3. Groupe témoin : 10 sujets non mobilisés

Pour 40%, soit 4 sujets, les sensations d'équilibre lors du deuxième test sont « mieux ». Pour 50%, soit 5 sujets, elles sont « pareilles ». Tandis que pour 10%, soit 1 sujet elles sont « pires ».

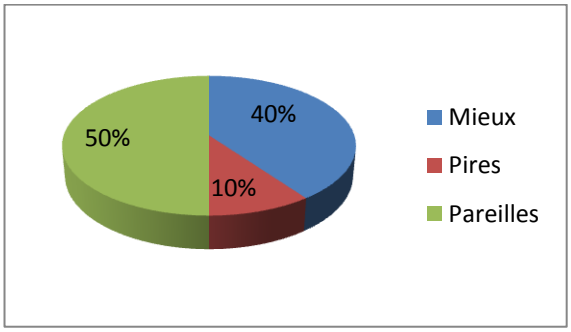


Figure 10 : sensations d'équilibre lors du deuxième test chez les 10 sujets témoins

4.3. Analyse des sensations lors de la marche

4.3.1. Groupe des 50 sujets mobilisés

Pour 68%, soit 34 sujets, les sensations de marche après la mobilisation sont « mieux ». Pour 26%, soit 13 sujets, elles sont « pareilles ». Tandis que pour 6%, soit 3 sujets elles sont « pires ».

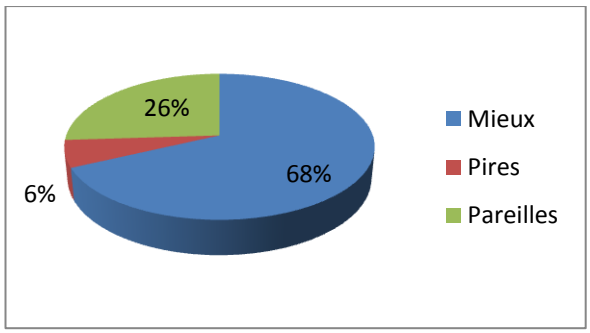


Figure 11 : sensations lors de la marche chez les 50 sujets mobilisés

4.3.2. Groupe des 10 sujets mobilisés

Pour 80%, soit 8 sujets, les sensations de marche après la mobilisation sont « mieux ». Et pour 20%, soit 2 sujets elles sont « pareilles ».

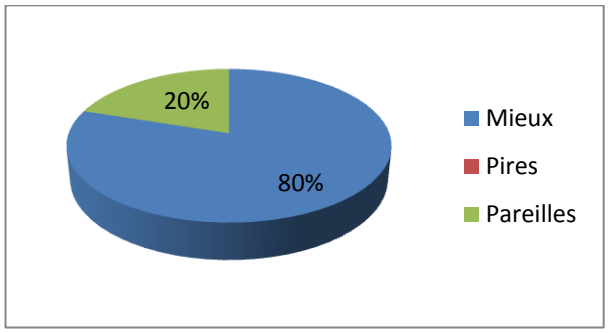


Figure 12 : sensations lors de la marche chez les 10 sujets mobilisés

4.3.3. Groupe témoin : 10 sujets non mobilisés

Pour 100% des sujets les sensations de marche après le « temps de pause » sont « pareilles ».

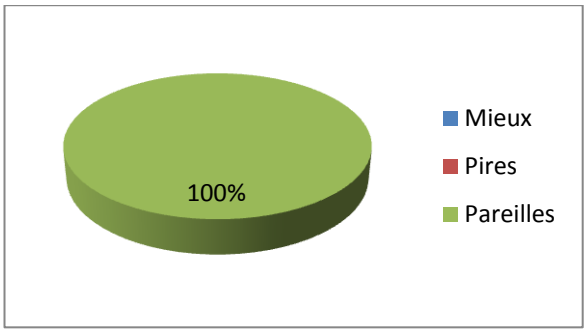


Figure 13 : sensations lors de la marche chez les 10 sujets témoins

4.3.4. Comparaison du groupe des 10 sujets mobilisés et du groupe témoin

Les résultats du test du Chi 2 montrent que la sensation de marche est améliorée de manière significative ($p=0,00026 \leq 0,05$) après la séance avec mobilisation par rapport à la séance sans mobilisation.

4.4. Analyse de l'accroupissement

Nous remarquons que, si les sujets décollent les talons lors de l'accroupissement avant la mobilisation, ils les décollent également lors de celui après la mobilisation. Il en est de même dans le cas où ils gardent les pieds au sol.

4.5. Analyse de la distance doigts-sol

Nous avons calculé la moyenne et l'écart-type des DDS pour pouvoir comparer celles-ci entre les premières et les secondes mesures réalisées. Pour le groupe des 50 sujets mobilisés et celui des 10 sujets mobilisés cela correspond aux mesures avant et après mobilisation, et pour le groupe témoin des 10 sujets non mobilisés cela correspond aux mesures avant et après le « temps de pause ». Nous avons utilisé un test de Student pour savoir si nous avions à faire à des différences significatives ou non.

4.5.1. Groupe des 50 sujets mobilisés

	Avant Mob.	Après Mob.	p (test Student)
DDS	2,78 ± 11,6	-0,086 ± 11,6	< 0,0001

Nous constatons une diminution significative ($p \leq 0,05$) de la DDS.

4.5.2. Groupe des 10 sujets mobilisés

	Avant Mob.	Après Mob.	p (test Student)
DDS	1,06 ± 12,7	-1,49 ± 12,43	= 0,008

Nous constatons une diminution significative ($p \leq 0,05$) de la DDS.

4.5.3. Groupe témoin : 10 sujets non mobilisés

	Test 1	Test 2	p (test student)
DDS	0,71 ± 11,38	-0,56 ± 11,25	= 0,0001

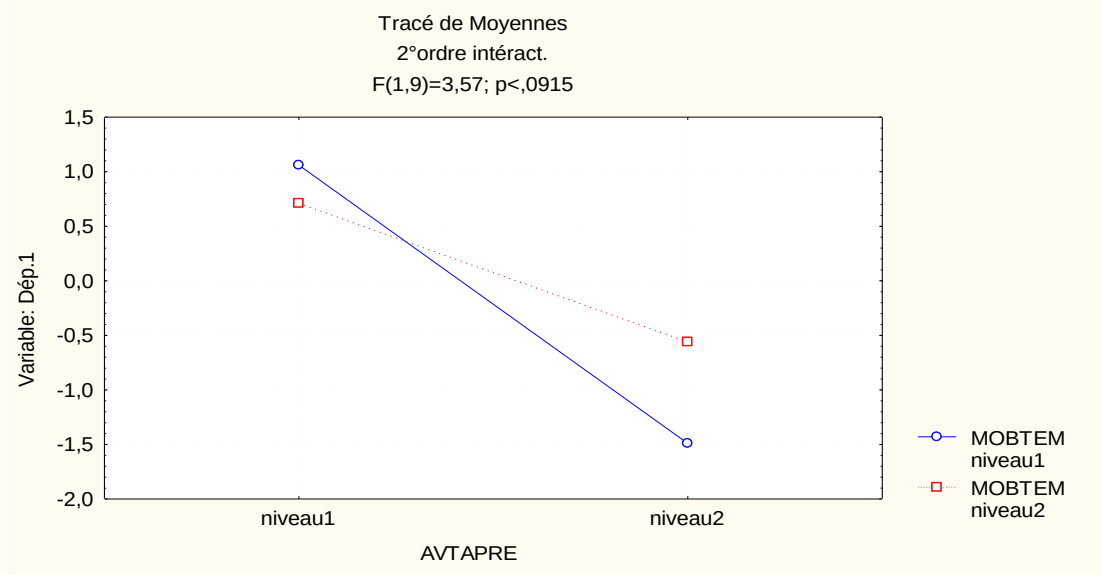
Nous constatons une diminution significative (p≤0,05) de la DDS.

4.5.4. Comparaison du groupe des 10 sujets mobilisés et du groupe témoin

	10 mobilisés	10 témoins	p (test Student)
DDS1	1,06 ± 12,7	0,71 ± 11,38	= 0,94
DDS2	-1,49 ± 12,43	-0,56 ± 11,25	= 0,86

Nous constatons qu'il n'y a pas de différence significative (p>0,05) entre le premier test de la séance avec mobilisation et le premier test de la séance sans mobilisation. Il en est de même pour le deuxième test des deux séances.

Nous réalisons dans un second temps une ANOVA à deux facteurs pour évaluer l'effet du facteur « type de séance » (mobilisation/témoin) et l'effet du facteur « effet de la séance » (avant mobilisation/après mobilisation ou test1/test2).



Légende du graphique :

- axe des abscisses : niveau 1 = avant mobilisation ou test 1, niveau 2 = après mobilisation ou test 2
- axe des ordonnées : DDS en centimètres
- trait bleu = séance avec mobilisation
- trait rouge = séance témoin

L'ANOVA montre un effet principal significatif ($p=0,018 < 0,05$) du facteur « effet de la séance » mais pas d'interaction entre les deux facteurs ($p=0,09$ donc seulement une tendance significative car $0,10>p\geq0,05$). Cela signifie qu'il y a une diminution significative de la DDS après la séance, lors du deuxième test, et cela quelque soit le type de séance, avec ou sans mobilisation.

5. DISCUSSION

5.1. A propos de la méthodologie

Notre étude est réalisée sur une population jeune (âge moyen 21,1 ans +/- 2,53) et en bonne santé, sans problème de limitation articulaire ou troubles majeurs de l'équilibre. Il serait intéressant de pouvoir faire le même genre d'étude sur une population de personnes âgées chez qui nous retrouvons plus facilement ces déficits du fait de pathologies ou du simple vieillissement physiologique. En effet, dans la littérature Thoumie P. [7] parle du « vieillissement des facultés d'équilibration » comme « un des paramètres qui intervient dans les troubles de l'équilibre et les chutes de la personne âgée ». Pour Vaillant J. et al. [8] « la maladie mais aussi le vieillissement naturel du système sensori-moteur » sont des « facteurs intrinsèques » de chute de la personne âgée. Enfin, Perrin Ph. [16] évoque une « atteinte simultanée de plusieurs structures » comme cause des troubles de l'équilibre chez le sujet âgé, telles que le capteur visuel ou les structures ostéo-articulaires.

Concernant le protocole de prise en charge, nous décidons dans un premier temps d'analyser les valeurs posturographiques avant et après la mobilisation. Or, dans la littérature, certaines études font état d'un « effet d'apprentissage » lors d'un deuxième test posturographique dans les mêmes conditions [25], alors que d'autres ont un point de vue contraire [22]. Pour cette raison, nous créons un groupe témoin chez qui nous effectuons les mêmes mesures en remplaçant la mobilisation par un « temps de pause ». Ce groupe témoin nous permet de comparer les résultats avec « mobilisation » aux résultats avec « temps de pause » afin de mettre en évidence si les différences (améliorations ou aggravations) sont présentes dans les deux cas, et si elles sont majorées par la mobilisation. Comme nous n'avons pas soulevé cette question dès le début de l'étude, nous n'avons pu reprendre que 10 des 50 sujets mobilisés. Ceci nous permet quand même d'exploiter nos résultats mais ceux-ci auraient été plus pertinents avec une population plus importante. Il aurait alors été plus judicieux de créer initialement ces deux groupes afin que chaque sujet soit son propre témoin pour chacune des mesures. Dans ce cas, l'ordre des séances (avec ou sans mobilisation) aurait été tiré au sort pour ne pas créer de biais dans l'étude.

Le test d'accroupissement n'ayant pas donné de différence avant/après, nous aurions pu y ajouter une mesure de la distance talons-sol dans le cas où ils se décollaient. Ceci nous aurait peut-être permis une analyse plus intéressante de ce test.

5.2. A propos des résultats

5.2.1. Les paramètres posturaux

Les mesures posturographiques sont considérées comme améliorées si elles diminuent. Dans notre étude nous remarquons que pour les tests statiques YO et YF, du groupe des 50 sujets mobilisés, tous les paramètres diminuent sauf la surface, et ceux-ci sont significatifs pour la plupart. Pour savoir si ces modifications sont dues à la mobilisation passive ou à un « effet d'apprentissage » il faut comparer ces valeurs au groupe témoin. Les résultats du groupe témoin et du groupe des 10 sujets

mobilisés (qui correspondent aux mêmes sujets que le groupe témoin et par conséquent mieux appropriés à une comparaison) ne sont pas significatifs et ne permettent donc pas de tirer de conclusion pour l'instant.

Cependant, si un « effet d'apprentissage » était présent, il serait logique que la surface diminue aussi [25]. Nous pouvons donc nous demander si la mobilisation passive a eu un impact au niveau des récepteurs articulaires et plantaires, et, par ce fait, perturbé les réponses du pied lors de la stratégie d'équilibration. La surface est le paramètre le plus utilisé et celui qui permet une étude la plus rigoureuse. [2, 23] Dans l'étude de Sornay Y. [1] nous apprenons que la surface est inversement proportionnelle au score somesthésique (informations recueillies par les récepteurs cutanés plantaires et proprioceptifs des tendons, ligaments et articulations) d'un sujet. La surface doit donc diminuer si le score somesthésique s'améliore. Dans notre expérimentation elle augmente, ce qui est plutôt en faveur d'une perturbation proprioceptive causée par la mobilisation passive.

La forte diminution du coefficient de Romberg avec son passage sous le niveau 1 signifie que la surface YF est plus faible que la surface YO après la mobilisation passive. Soit la surface YO a augmenté, soit la surface YF a diminué, soit les deux se sont ajoutées. Dans notre cas c'est la surface YO qui a augmenté et celle YF n'a pas de différence significative. Un coefficient de Romberg inférieur à 1 est anormal, il est le signe que la vue n'améliore pas l'équilibre, voire qu'elle l'aggrave. [17, 23] Comme le test YF est réalisé après celui YO il est possible que la mobilisation passive ait perturbé les récepteurs du sujet qui a mis un certains temps avant de s'approprier ses nouvelles sensations. Ce dernier s'est laissé influencer par ses informations proprioceptives au dépend de sa béquille visuelle, augmentant ainsi les surfaces YO, puis il s'est stabilisé, ne modifiant pas les surfaces YF.

Pour les tests dynamiques avant/arrière nous remarquons une amélioration significative pour presque tous les paramètres avec et sans mobilisation passive. En revanche, pour les tests dynamiques droite/gauche nous ne retrouvons quasiment pas de différence significative pour le groupe témoin, alors qu'après mobilisation on

retrouve une amélioration, de la tendance significative à la différence significative pour la plupart des paramètres. Ceci nous permet de mettre en évidence le rôle de la mobilisation passive du pied dans l'amélioration de la stabilisation latérale, mais pas en antéro-postérieur, sans pour autant l'exclure totalement.

5.2.2. Les sensations d'équilibre

Les sensations d'équilibre lors du deuxième test sont meilleures pour environ 50% des sujets après n'importe quelle séance, ce qui va dans le sens des études qui évoquent la présence d'un « effet d'apprentissage ». [25] Cependant, nous remarquons que dans le groupe témoin il n'y a qu'un sujet (10%) qui déclare qu'elles sont pires contre 4 (40%) pour le groupe des 10 mêmes sujets mobilisés. Cela renforce l'hypothèse de la perturbation des récepteurs proprioceptifs lors de la mobilisation passive.

5.2.3. Les sensations de marche

Les sensations de marche sont identiques avant et après pour le groupe témoin alors qu'elles sont globalement meilleures après mobilisation (de 68% à 80% en fonction du groupe). Les sujets ressentent mieux le sol, déroulent mieux le pas et ont de meilleurs appuis. Il est clair que la mobilisation passive a eu l'effet d'un réveil proprioceptif au niveau plantaire et articulaire. L'étude de Gross M. et al. [26] démontre une augmentation des pressions plantaires à la marche, ainsi qu'une mise en tension des éléments actifs et passifs du pied après la mobilisation spécifique des os du pied. Ces résultats coïncident avec les déclarations des sujets de notre étude dans le sens de l'amélioration des sensations.

5.2.4. La distance doigts-sol

La distance doigts-sol est diminuée dans tous les groupes de manière significative, mais la différence de celle-ci est plus importante après mobilisation passive qu'après le « temps de pause ». Nous serions tentés de conclure à un effet

de la mobilisation, mais comme la diminution dans le groupe témoin reste significative, il n'en est rien. De plus, l'ANOVA nous montre un effet principal significatif du facteur « effet de la séance » ce qui prouve que la diminution de la DDS est présente significativement quelle que soit la séance. Cependant, ce même ANOVA met en lumière la présence d'une tendance significative pour l'interaction entre les deux facteurs, ce qui signifie que la mobilisation passive a tendance à diminuer encore plus la DDS. Malheureusement une tendance significative ne permet pas d'affirmer un résultat, mais elle laisse supposer qu'avec un groupe plus important nous aurions eu des résultats significatifs. L'étude de Mudry M. [27] nous apprend que le segment jambier recule dans le sens d'une flexion plantaire lors d'une DDS. Nous pouvons renforcer notre hypothèse sur l'amélioration de la mesure de la DDS après la mobilisation passive de la cheville par la possibilité d'un meilleur glissement postérieur du tibia. Enfin, le fait qu'il n'y ait pas de différence significative entre le premier test de la séance avec mobilisation et le premier test de la séance sans mobilisation nous permet de conclure que l'effet de la première séance n'est plus présent lors de la réalisation du groupe témoin et n'entraine donc pas de biais.

6. CONCLUSION

La kinésithérapie est la thérapie du mouvement et ce dernier est réalisé par l'intermédiaire des articulations. La mobilisation passive de celles-ci permet de leur donner de bonnes amplitudes et d'entretenir leur proprioception. C'est dans cette vision que nous avons entrepris notre étude.

Les résultats obtenus à l'issue de notre expérimentation ne permettent pas de confirmer notre hypothèse de départ mais ne la réfutent pas non plus. En effet, pour une partie des paramètres posturaux nous notons une amélioration après

mobilisation passive, pour une autre nous ne notons pas de différence significative par rapport au groupe témoin, et pour une dernière nous notons une aggravation des résultats.

L'analyse subjective, grâce au ressenti des sujets lors des deuxièmes tests et lors de la marche, nous montre une amélioration de l'équilibration statique et de la stabilité à la marche.

Même si notre étude ne donne pas de résultats à sens unique, l'intérêt de la mobilisation passive reste cependant évident, notamment chez la personne âgée pour qui le vieillissement va entrainer une diminution des possibilités articulaires et proprioceptives. De plus, il est nécessaire d'intégrer cette technique dans une prise en charge globale de la personne. En effet, il ne faut pas négliger les autres facteurs d'équilibration : la vue, l'oreille interne, la mobilité cervicale ainsi que l'occlusion dentaire. [4] Enfin, la mobilisation passive du pied peut aussi avoir un rôle plus à distance comme le montre l'étude de Moussay S. et al. [19] sur la relation entre la souplesse de la cheville et la lombalgie.

Nous mettons en avant, grâce à cette étude, une des armes essentielles du masseur-kinésithérapeute : la mobilisation passive. Il semble également nécessaire de souligner l'utilité de la posturographie dans l'étude de l'équilibration, car elle reste malheureusement encore sous-utilisée, bien que très efficace.

BIBLIOGRAPHIE

1. **SORNAY Y.** Corrélation Equitest-Multitest. Kinésithérapie Scientifique, 2003, 436, p. 7-19

2. **WEBER B., VILLENEUVE Ph**. Posturologie Clinique : tonus, posture et attitudes. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson, 2010. 203p. ISBN 978-2-294-70943-2

3. **GARNIER M., DELAMARE V.** Dictionnaire illustré des termes de médecine. 29. Paris : Maloine, 2006. 1048p. ISBN 978-2-224-02956-2

4. **VILLENEUVE Ph.** Pied, équilibre & posture. Paris : Frison-Roche, 1996. 227p. ISBN 2-87671-241-5

5. **GHOSSOUB P., DUFOUR X., BARETTE G., MONTIGNY J-P.** Mobilisations spécifiques de la cheville et du pied. Kinésithérapie la revue, 2009, 92-93, p. 21-24

6. **RODINEAU J., RIBINIK, P.** Proprioception : actualités 2004. Paris : Springer-Verlag, 2004. 134p. ISBN 2-287-21291-4

7. **THOUMIE P.** Vieillissement de l'équilibration et chutes. Evaluation clinique et instrumentale. In Journées de Médecine orthopédique et de rééducation (2003). Paris : Expansion Scientifique Française, 2003. p. 7-10

8. **VAILLANT J., ROULAND A., JANVY A., VUILLERME N., RAUJOU R., NOUGIER V., JUVIN R.** Effet du massage et de la mobilisation du pied sur les performances d'équilibre de sujets âgés. In Journées de Médecine orthopédique et de rééducation (2003). Paris : Expansion Scientifique Française, 2003. p. 45-47

9. **MOISELLO C., BOVE M., HUBER R., ABBRUZZESE G., BATTAGLIA F., TONONI G., GHILARDI F.** Short-term limb immobilization affects motor performance. Journal of Motor Behavior, 2008, 40(2), p. 165-176

10. **PICOT B., CAILLAT-MIOUSSE J-L., TOSCHI P., FORESTIER N.** Quel est l'impact de la chaussure de ski sur la proprioception de la cheville ? Kinésithérapie Scientifique, 2010, 506, p. 5-9

11. **BOLZONI F., BRUTTINI C., ESPOSITO R., CAVALLARI P.** Hand immobilization affects arm and shoulder postural control. Experimental Brain Research, 2012, 220, p. 63-70

12. **DUFOUR M.** Anatomie de l'appareil locomoteur : membre inférieur. 2ème éd. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2007. 479p. ISBN 978-2-294-08055-5

13. **DUFOUR M., PILLU M.** Biomécanique fonctionnelle : membres, tête, tronc. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2006. 568p. ISBN 2-294-08877-8

14. **NETTER F.** Atlas d'anatomie humaine. 4ème éd. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2007. 548p. ISBN-10 : 2-294-08042-4, ISBN-13 : 978-2-294-08042-5

15. **HAGRON E.** La mobilisation passive articulaire : évaluation des limitations et des gains d'amplitude. Annales de Kinésithérapie, 1994, 21, 8, p. 429-433

16. **PERRIN Ph.** Vieillissement de la fonction d'équilibration : avantages et inconvénients de la pratique sportive. In LECOCQ J.,HERISSON C. Sport, appareil locomoteur et vieillissement. Montpellier : Sauramps Médical, 2007. p. 44-54

17. **PERRIN P., VIBERT D.** La fonction d'équilibration : évaluation, compensation, plasticité et rééducation. In MESURE S., LAMENDIN H. Posture, pratique sportive et rééducation. Paris : Masson, 2001. p. 25-45. Médecine du sport.

18. **BRICOT B.** Posture normale et postures pathologiques. Kinésithérapie Scientifique, 2004, 440, p. 5-14

19. **MOUSSAY Sé., MOUSSAY So., FRANSOO P.** Relation entre la souplesse de la cheville et la flexibilité lombo-pelvienne. Kinésithérapie, les annales, 2005, 41-42, p. 42-49

20. **GOLDMAN D., RAPPOPORT G.** Nouvelle thérapie manuelle : le concept de Maitland : examen, évaluation et traitement par le mouvement passif. Annales de Kinésithérapie, 1988, 15, 6, p. 285-288

21. **FISETTE P.** Le concept Maitland à la lumière des neurosciences. Kinésithérapie Scientifique, 2012, 536, p. 25-30

22. **GAGEY P-M., GENTAZ R., GUILLAMON J-L., BIZZO G., BODOT-BREGEARD C., DEBRUILLE C., BAUDRY J.** Normes 85 : études statistiques des mesures faites sur l'homme normal à l'aide de la plate-forme de stabilométrie clinique normalisée. 1985. 249p. Editées par l'Association Française de Posturologie : Paris

23. **GAGEY P-M., WEBER B.** Posturologie : régulation et dérèglements de la station debout. 3ème éd. Paris : Masson, 2004. 199p. ISBN 2-294-01448-0

24. **BERTHE A.** Les techniques de mobilisation passive du pied. Annales de Kinésithérapie, 1980, 7, 3, p. 107-130

25. **ESTRADE J-L.** Recherche de moyennes et de relations entre différents paramètres de l'examen clinique postural de sujets sains. Kinésithérapie, les annales, 2005, 41-42, p. 17-35

26. **GROSS M., GROSSE D., SENGLER J.** Modifications des pressions, forces et surfaces, du pied au sol, après mobilisation spécifique de toutes les articulations du pied : objectivation sur plate-forme de marche E.M.E.D. Annales de Kinésithérapie, 1996, 23, 1, p. 1-5

27. **MUDRY M.** La flexion de cheville et la distance doigt-sol dans la flexion antérieure du tronc. Annales de Kinésithérapie, 1990, 17, 1-2, p. 15-18

ANNEXES

ANNEXE I :

Anatomie de la cheville et du pied

ANNEXE II :

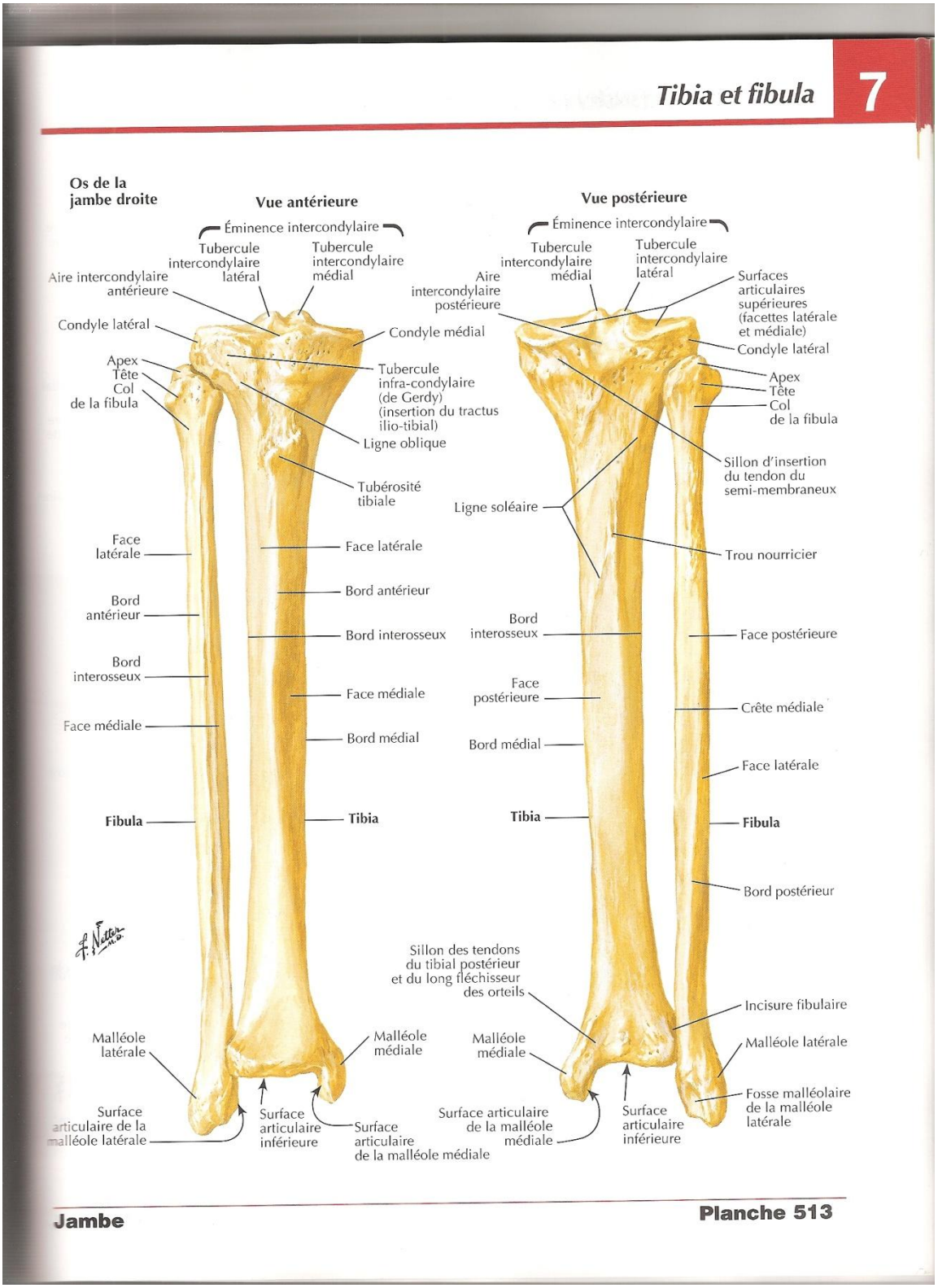
Fiche de renseignement et de consentement

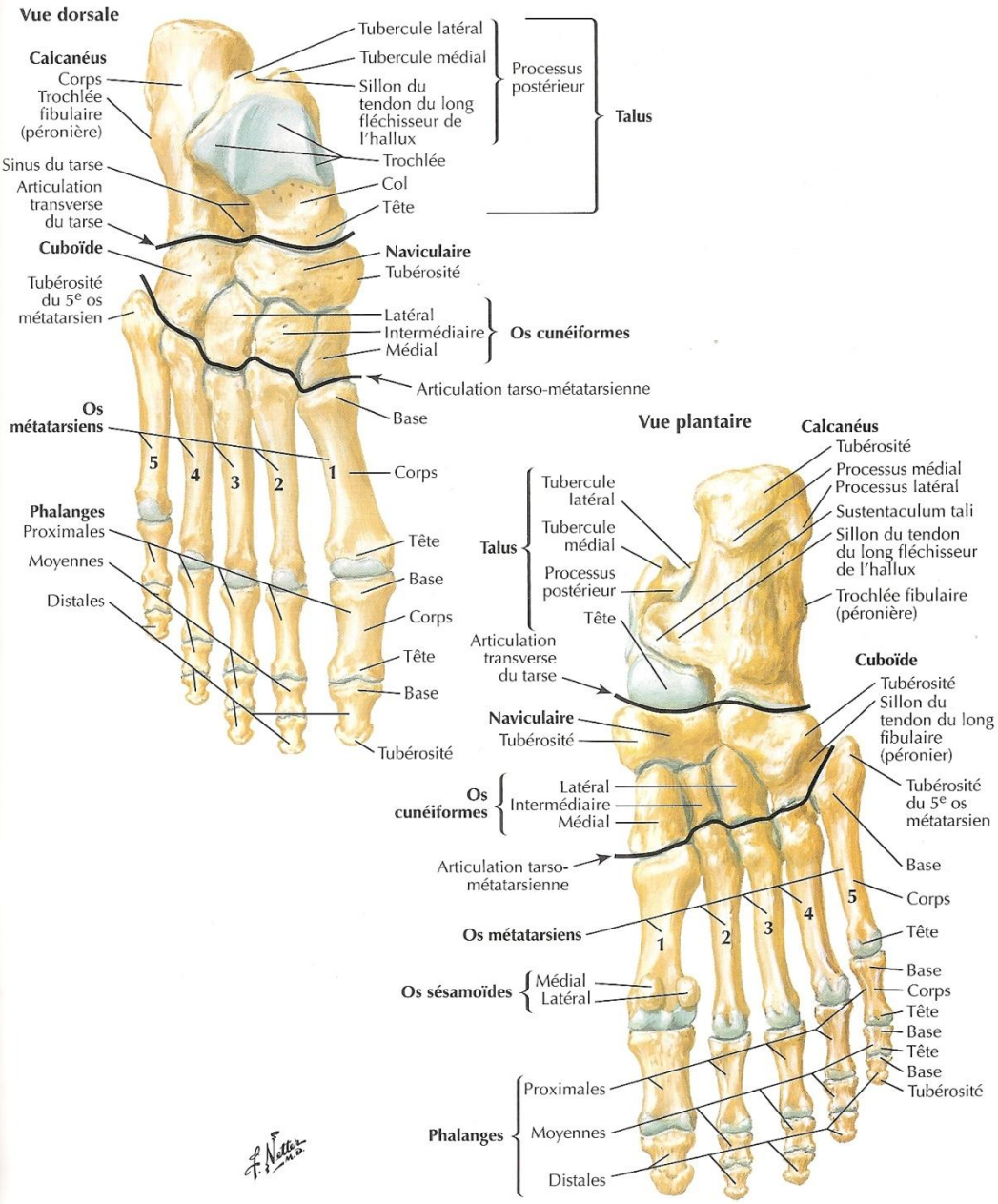
ANNEXE III :

Tableaux récapitulatifs des résultats des tests posturographiques

ANNEXE I

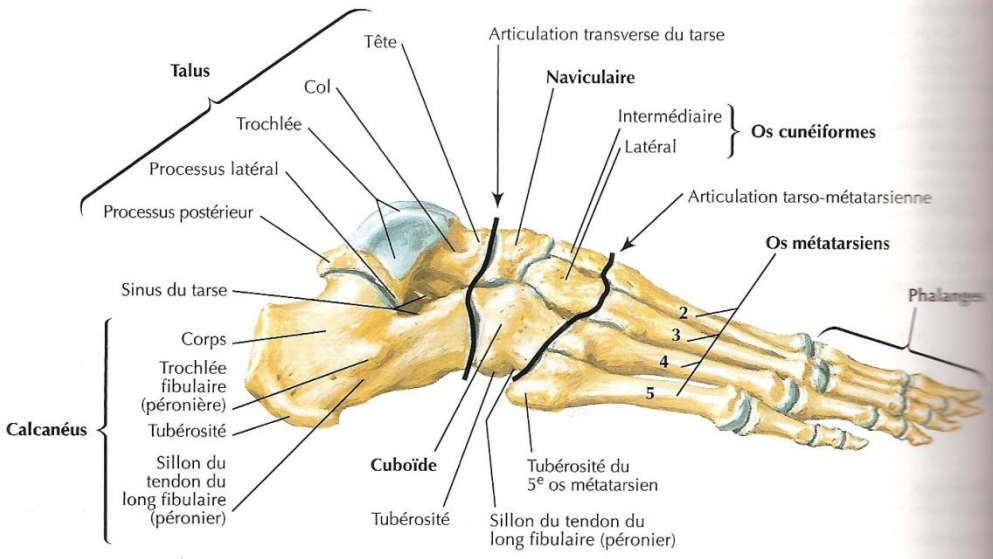
Anatomie de la cheville et du pied



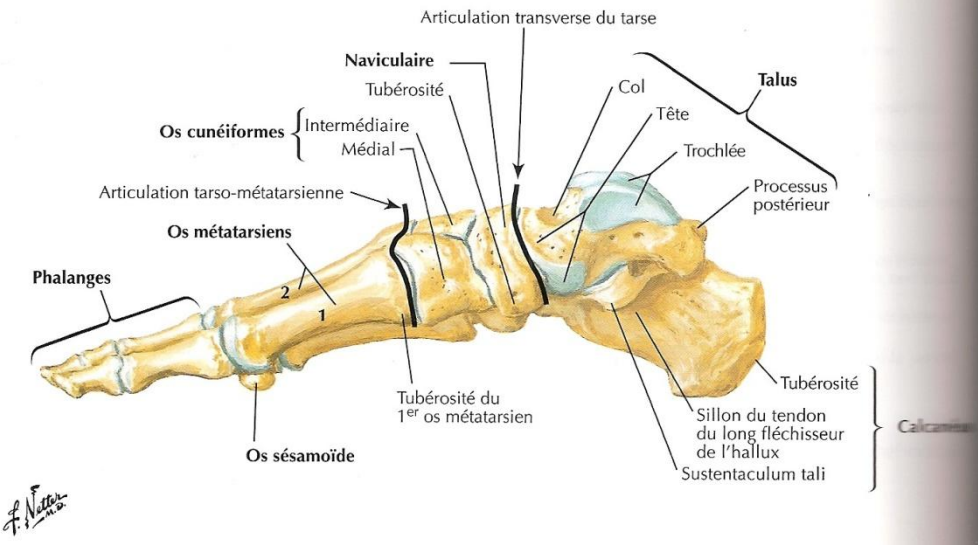

Vue dorsale
Calcanéus
Corps
Trochlée fibulaire (péronière)
Sinus du tarse
Articulation transverse du tarse
Cuboïde
Tubérosité du 5e os métatarsien
Os métatarsiens
5
4
3
2
1
Phalanges
Proximales
Moyennes
Distales
Tubercule latéral
Tubercule médial
Sillon du tendon du long fléchisseur de l'hallux
Processus postérieur
Talus
Trochlée
Col
Tête
Naviculaire
Tubérosité
Latéral
Intermédiaire
Médial
Os cunéiformes
Articulation tarso-métatarsienne
Base
Corps
Tête
Base
Corps
Tête
Base
Tubérosité
Vue plantaire
Calcanéus
Tubérosité
Processus médial
Processus latéral
Sustentaculum tali
Sillon du tendon du long fléchisseur de l'hallux
Trochlée fibulaire (péronière)
Tubercule latéral
Tubercule médial
Processus postérieur
Tête
Talus
Articulation transverse du tarse
Naviculaire
Tubérosité
Os cunéiformes
Latéral
Intermédiaire
Médial
Articulation tarso-métatarsienne
Os métatarsiens
1
2
3
4
5
Os sésamoïdes
Médial
Latéral
Phalanges
Proximales
Moyennes
Distales
Cuboïde
Tubérosité
Sillon du tendon du long fibulaire (péronier)
Tubérosité du 5e os métatarsien
Base
Corps
Tête
Base
Corps
Tête
Base
Tête
Base
Tubérosité
F. Netter M.D.

Os du pied (suite)

Vue latérale



Vue médiale



ANNEXE II

FICHE RENSEIGNEMENT PATIENT

Nom – Prénom :

Age :

Sexe :

Taille :

Poids :

Antécédents :

- Entorse(s) de cheville : OUI - NON
- Instabilité : OUI - NON
- Fracture(s) pied/cheville/jambe : OUI - NON
- Déformations des membres inférieurs : OUI - NON
- Déformations rachidiennes : OUI - NON
- Problèmes de vue : OUI - NON
- Problèmes d'oreille interne : OUI - NON
- Douleurs cervicales ou blocages : OUI – NON
- Traitement d'orthodontie : OUI - NON

Pratiquez-vous un sport ?

- Si oui, lequel ?
- Depuis combien de temps ?

En signant ce document, j'accepte de participer à l'étude statistique réalisée par M Kévin Moro en vue de l'obtention du diplôme d'état de masseur-kinésithérapeute.
Je l'autorise à utiliser toutes les informations me concernant (les données seront anonymes) dans le cadre de son mémoire de fin d'étude.

Signature

ANNEXE III

Tableaux récapitulatifs des résultats des tests posturographiques

GROUPE 50 SUJETS :

Statique Yeux ouverts

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	190,37 ± 87,24	264,27 ± 140,41	<0,0001 ↗
Long. Tot.	474,65 ± 134,92	450,06 ± 107,11	=0,018 ↘
Long. X	270,65 ± 83,57	267,11 ± 79,81	=0,91 ↘
Long. Y	331,75 ± 101,36	295,47 ± 85,76	=0,0006 ↘

Statique Yeux fermés

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	220,26 ± 95,32	230,76 ± 117,75	=0,26 ↗
Long. Tot.	645,08 ± 217,46	551,38 ± 157,2	<0,0001 ↘
Long. X	357,55 ± 124,69	313,53 ± 98,84	<0,0001 ↘
Long. Y	461,32 ± 169,3	386,74 ± 120,02	<0,0001 ↘
Coef. Romb.	1,26 ± 0,53	0,98 ± 0,53	=0,0009 ↘

Dynamique Avant/Arrière Yeux ouverts

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	405,66 ± 171,09	370,63 ± 180,5	=0,067 ↘
Long. Tot.	685,91 ± 212,53	553,62 ± 135,5	<0,0001 ↘
Vit. Moy.	27,6 ± 8,13	21,65 ± 5,3	<0,0001 ↘
Long. Y	603,98 ± 185,58	458,96 ± 106,14	<0,0001 ↘
Long. X	252,03 ± 86,48	219,51 ± 75,58	<0,0001 ↘

Dynamique Avant/Arrière Yeux fermés

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	1550,44 ± 746,83	1233,91 ± 704,51	=0,0017 ↘
Long. Tot.	1367,43 ± 372,88	1089,92 ± 259,82	<0,0001 ↘
Vit. Moy.	53,47 ± 14,58	42,62 ± 10,16	<0,0001 ↘
Long. Y	1166,96 ± 341,56	904,15 ± 228,12	<0,0001 ↘
Long. X	496,7 ± 137,76	436,67 ± 115,95	=0,0001 ↘

Dynamique Droite/Gauche Yeux ouverts

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	418,75 ± 210	425,21 ± 217,97	0,94 ↗
Long. Tot.	638,39 ± 178,21	565,9 ± 158	<0,0001 ↘
Vit. Moy.	24,96 ± 6,97	22,13 ± 6,18	<0,0001 ↘
Long. X	446,16 ± 134,44	397,31 ± 117	=0,002 ↘
Long. Y	357,2 ± 105,79	315,25 ± 95,46	<0,0001 ↘

Dynamique Droite/Gauche Yeux fermés

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	2149,76 ± 885,15	1776,73 ± 861,81	=0,002 ↘
Long. Tot.	1401,32 ± 334,04	1212,26 ± 355,49	<0,0001 ↘
Vit. Moy.	54,79 ± 13,06	47,4 ± 13,9	<0,0001 ↘
Long. X	1014,78 ± 275,16	870,17 ± 284,8	<0,0001 ↘
Long. Y	752,63 ± 175,22	660,11 ± 178,01	<0,0001 ↘

Légende :

- ↗ mesure augmente
- ↘ mesure diminue
- **Rouge =** significatif : p≤0,05
- Orange = tendance significative : 0,10≥p>0,05
- **Noir** = non significatif : p>0,10

GROUPE 10 SUJETS :

Statique Yeux ouverts

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	188,24 ± 98,59	256,56 ± 121,83	= 0,04 ↗
Long. Tot.	448,3 ± 140,61	430,63 ± 112,84	= 0,64 ↘
Long. X	247,39 ± 81,85	246,32 ± 70,69	= 0,64 ↘
Long. Y	320,34 ± 104,21	299,09 ± 78,83	= 0,24 ↘

Statique Yeux fermés

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	186,54 ± 94,27	201,62 ± 127,02	= 0,44 ↗
Long. Tot.	558,6 ± 230,04	542,12 ± 200,51	= 0,87 ↘
Long. X	301,52 ± 131,49	279,39 ± 87,33	= 0,44 ↘
Long. Y	409,55 ± 167,73	404,46 ± 169,06	= 0,79 ↘
Coef. Romb.	1,08 ± 0,39	0,82 ± 0,34	= 0,11 ↘

Dynamique Avant/Arrière Yeux ouverts

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	404,27 ± 161,47	344,76 ± 82,25	= 0,33 ↘
Long. Tot.	591 ± 191,38	560,15 ± 147,93	= 0,11 ↘
Vit. Moy.	27,02 ± 7,68	21,9 ± 5,78	= 0,009 ↘
Long. Y	599,86 ± 188,86	466,6 ± 127,83	= 0,009 ↘
Long. X	234,18 ± 53,5	219,99 ± 52,32	= 0,33 ↘

Dynamique Avant/Arrière Yeux fermés

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	1706,06 ± 682,2	1159,24 ± 566,99	= 0,01 ↘
Long. Tot.	1418,66 ± 368,3	1066,83 ± 239,37	= 0,01 ↘
Vit. Moy.	55,47 ± 14,4	41,71 ± 9,36	= 0,01 ↘
Long. Y	1223,59 ± 334,88	883,1 ± 230,66	= 0,009 ↘
Long. X	500,48 ± 131,45	427,71 ± 89,77	= 0,05 ↘

Dynamique Droite/Gauche Yeux ouverts

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	416,4 ± 91,6	410,36 ± 110,31	= 0,79 ↘
Long. Tot.	651,75 ± 112,67	575,23 ± 144,35	= 0,02 ↘
Vit. Moy.	25,48 ± 4,4	22,49 ± 5,64	= 0,02 ↘
Long. X	454,23 ± 105,36	419,87 ± 130,12	= 0,28 ↘
Long. Y	367,63 ± 67,33	302,6 ± 65,52	= 0,005 ↘

Dynamique Droite/Gauche Yeux fermés

	Avant Mob.	Après Mob.	p
Surface	2521,01 ± 953,88	1815,69 ± 868,01	= 0,01 ↘
Long. Tot.	1474,43 ± 366,74	1316,15 ± 532,92	= 0,07 ↘
Vit. Moy.	57,65 ± 14,34	51,46 ± 20,84	= 0,07 ↘
Long. X	1084,09 ± 321,12	959,28 ± 460,82	= 0,09 ↘
Long. Y	774,13 ± 159,07	698,77 ± 212,83	= 0,38 ↘

<u>Légende</u> :

- ↗ mesure augmente
- ↘ mesure diminue
- **Rouge =** significatif : $p \leq 0,05$
- Orange = tendance significative : $0,10 \geq p > 0,05$
- **Noir** = non significatif : $p > 0,10$

GROUPE TEMOIN 10 SUJETS :

Statique Yeux ouverts

	Test 1	Test 2	p
Surface	208,57 ± 112,26	212,3 ± 92,31	=0,95 ↗
Long. Tot.	455,40 ± 140,14	468,21 ± 125,41	=0,44 ↗
Long. X	250,57 ± 76,18	271,32 ± 67,11	=0,28 ↗
Long. Y	328,33 ± 110,63	323 ± 95,47	=0,87 ↘

Statique Yeux fermés

	Test 1	Test 2	p
Surface	186,42 ± 96,06	181 ± 62,52	=0,95 ↘
Long. Tot.	540,81 ± 214,52	552,57 ± 172,61	=0,38 ↗
Long. X	282,62 ± 111,53	284,22 ± 83,05	=0,87 ↗
Long. Y	402,57 ± 171,43	412,13 ± 140,76	=0,2 ↗
Coef. Romb.	0,94 ± 0,35	0,96 ± 0,42	=0,96 ↗

Dynamique Avant/Arrière Yeux ouverts

	Test 1	Test 2	p
Surface	332,51 ± 83,91	286,39 ± 84,82	=0,06 ↘
Long. Tot.	597,38 ± 163,59	512,23 ± 145,9	=0,02 ↘
Vit. Moy.	23,36 ± 6,4	20,03 ± 5,7	=0,02 ↘
Long. Y	510,74 ± 153,71	425,92 ± 134,53	=0,02 ↘
Long. X	215,62 ± 44,99	199,92 ± 45,88	=0,14 ↘

Dynamique Avant/Arrière Yeux fermés

	Test 1	Test 2	P
Surface	1271,3 ± 535,38	945,54 ± 282,63	=0,02 ↘
Long. Tot.	1122,32 ± 236,25	997,03 ± 171,05	=0,007 ↘
Vit. Moy.	43,88 ± 9,24	38,99 ± 6,69	=0,007 ↘
Long. Y	957,3 ± 225,89	828,07 ± 178,22	=0,007 ↘
Long. X	414,54 ± 73,73	395,91 ± 62,14	=0,2 ↘

Dynamique Droite/Gauche Yeux ouverts

	Test 1	Test 2	p
Surface	418,49 ± 106,1	337,95 ± 76,64	=0,06 ↘
Long. Tot.	637,57 ± 137,75	593,88 ± 109,79	=0,38 ↘
Vit. Moy.	24,93 ± 5,38	23,22 ± 4,29	=0,33 ↘
Long. X	430,11 ± 92,18	421,45 ± 97,16	=0,96 ↘
Long. Y	374,07 ± 94,83	323,75 ± 69,56	=0,04 ↘

Dynamique Droite/Gauche Yeux fermés

	Test 1	Test 2	p
Surface	1572,09 ± 568,11	1367,83 ± 404,65	=0,2 ↘
Long. Tot.	1187,7 ± 279,85	1086,14 ± 229,57	=0,5 ↘
Vit. Moy.	46,44 ± 10,94	42,47 ± 8,98	=0,5 ↘
Long. X	863,01 ± 251,92	783,18 ± 223,61	=0,44 ↘
Long. Y	634,23 ± 137,49	583,8 ± 115,05	=0,2 ↘

Légende :

- ↗ mesure augmente
- ↘ mesure diminue
- **Rouge =** significatif : $p \leq 0,05$
- Orange = tendance significative : $0,10 \geq p > 0,05$
- **Noir** = non significatif : $p > 0,10$