



en partenariat avec le
Federal European Register of Osteopaths



PROMOTION 2015
Mémoire n°

présenté et soutenu publiquement le à Paris

par M Théo CRAQUELIN-HENGY, né le 25/09/1991 à PARIS XIV

Pour l'obtention du

DIPLÔME EN OSTÉOPATHIE (D.O.)

L'INFLUENCE DES MUSCLES SOUS-OCCIPITAUX SUR
L'EMPREINTE PLANTAIRE

Maître de mémoire : Sylvain FONTAINE

Co-tuteur :

Membres du jury :

Président :

Assesseurs

Remerciements.

Je souhaite remercier :

Monsieur Sylvain FONTAINE pour ses conseils, son soutien et sa gentillesse.

Le club de football de Savigny sur Orge, et plus particulièrement son entraîneur Maurice MADIBA qui m'a permis de pratiquer auprès de ses joueurs.

Les joueurs du club de Savigny sur Orge qui ont accepté de participer à mon étude.

Mes amis et ma famille qui m'ont encouragé tout au long de ces 5 années.

L'équipe du corps enseignant de l'Institut Dauphine Ostéopathie.

SOMMAIRE

Objectif de ce mémoire	1
1. Introduction	2
2. Références et prérequis anatomiques	6
2.1. Lien ostéopathie / posturologie : la globalité	6
2.2. Eléments théoriques du mémoire	8
2.2.1. <i>Anatomie et physio-pathologie du rachis cervical</i>	8
2.2.1.1. Rachis cervical supérieur	8
2.2.1.2. Rachis cervical inférieur	10
2.2.1.3. Les pathologies liées au rachis cervical	11
2.2.1.3.1. Les céphalées de tension	12
2.2.1.3.2. Les migraines et algies vasculaires de la face	12
2.2.2. <i>Anatomie et physio-pathologie du pied</i>	13
2.2.2.1. Le pied et la voûte plantaire	13
2.2.2.2. La marche	15
2.2.2.3. Les axes plantaires	17
2.2.2.4. Les déformations du pied	19
2.2.2.4.1. Le pied plat	19
2.2.2.4.2. Le pied creux	20
2.2.2.5. Nociception et chemins de la douleur	23
2.2.2.6. Proprioception et extéroception	25
2.2.2.6.1. Les capteurs proprioceptifs	25
2.2.2.6.2. Les capteurs extéroceptifs	26
3. Présentation du panel et déroulement de l'expérience	28
3.1. Présentation du panel	28
3.1.1. <i>Critères d'exclusion</i>	28
3.1.2. <i>Le protocole de test</i>	29
3.1.2.1. Bilan morphostatique (BMS)	29
3.1.2.2. Tests spécifiques	31
3.1.3. <i>Etude de l'empreinte du pied</i>	32
3.2. Déroulement de l'étude	34

3.2.1. <i>Protocole expérimental</i>	34
4. Résultats de l'expérience	37
4.1. Tableaux d'analyse	37
5. Discussion et analyse	40
5.1. Empreinte numéro 1 : empreinte MS avant / après	41
5.2. Empreinte n°2 : VH avant / après.....	43
5.3. Empreinte n°3 : SD avant / après	44
5.4. Empreinte n°4 : AF avant/après	45
5.5. Empreinte n°5 : AL avant/après	46
5.6. Empreinte n°6 : JH avant/ après	47
6. Conclusion	49
7. Bibliographie	50

Objectif de ce mémoire

Nul n'ignore l'importance que peuvent avoir les muscles sous-occipitaux sur le port de tête mais leur intérêt s'arrête-t-il là ? Ces quatre muscles toniques (petit et grand droits postérieurs, obliques inférieur et supérieur) principaux muscles du maintien de la tête, sont à la fois causals et adaptatifs de la posture.

Le traitement systématique de ces muscles, en complément de celui lié au motif de la consultation, ne permettrait-il pas de mieux appréhender le patient dans sa globalité ?

Ces capteurs proprioceptifs paraissent indispensables dans le traitement ostéopathique : ils permettent la réharmonisation du corps dans son ensemble.

Mais peuvent-ils avoir une action jusque sur la sole plantaire permettant ainsi de corriger automatiquement les mauvaises postures du patient ?

Le traitement de ces muscles sous-occipitaux serait-il l'équivalent d'un bouton « reset » permettant de redonner au corps, en dehors de tout dysfonctionnement, la bonne posture ?

Cette réharmonisation permettrait-elle l'espacement des consultations en appuyant de temps en temps sur ce bouton « reset » ? Pourrait-il aider à pérenniser le traitement ostéopathique ?

Ne disposant pas du temps nécessaire et de la profondeur de patientèle suffisante pour traiter la totalité du sujet, ce mémoire se limitera à l'étude de l'impact du traitement des muscles sous-occipitaux sur la sole plantaire.

1. Introduction

L'ostéopathie est un concept thérapeutique fondé par le médecin américain Andrew Taylor Still¹ en Juin 1874 aux Etats-Unis. Il vise à diagnostiquer et à traiter manuellement les structures du corps humain présentant des dysfonctions articulaires qui altèrent la biomécanique globale du corps humain.

L'ostéopathie, telle que décrite par Still, repose sur différents concepts :

- l'interrelation entre la structure et sa fonction ;
- l'homéostasie ;
- la loi de l'artère suprême ;
- la globalité mettant en évidence le travail en harmonie du corps et la totale dépendance des structures entre elles.

Ces principes ostéopathiques peuvent s'associer à ceux de la posturologie^{2 3}:

- l'équilibre global du corps ;
- l'économie de l'énergie nécessaire à la réalisation d'un mouvement ;
- le confort global du corps autant dans sa situation de repos que lors de l'exécution d'une action ;
- la performance optimale dans son action.

¹ A.T. Still, Philosophie de l'ostéopathie, 1898, Traduit de l'américain par P. Tricot, Editions Sully, 2003.

² P.M. Gagey, B. WEBER, « Posturologie, régulation et dérèglements de la station debout », Editions Elsevier-Masson, 2005.

³ H.M. Da Cunha, « Le syndrome de déficience posturale », Agressologie, 1987, 28, 941-943.

La posture d'un individu est la résultante du travail de nombreux capteurs qui sont aussi bien extéroceptifs que proprioceptifs et régis par différents référentiels, tels que :

- le référentiel allocentrique, permis par l'œil, répondant au principe du « soi » par rapport à l'espace ;
- le référentiel géocentrique, permis par le vestibule, il représente le « soi » par rapport à la gravité ;
- le référentiel égocentrique, géré par les sens musculaires qui répond au « soi » par rapport à soi-même.

Une bonne posture résulte donc d'un « bon travail du corps dans sa globalité », or si un seul des capteurs est dysfonctionnel, ne remplissant donc pas sa fonction comme il le devrait, il est péjorant et se répercute sur le reste du corps entraînant différents types posturaux, tels que par exemple :

- des girations pelvienne ou scapulaire dans le plan transversal ;
- des classes occlusales dans le plan sagittal ;
- des désalignements dans le plan frontal.

Le port de tête fait partie de ces adaptations posturales, il peut être altéré par une atteinte de l'articulé dentaire (occlusal), de l'articulation temporo-mandibulaire, par un problème réfractif ou oculomoteur, des problèmes viscéraux ou, tout simplement, par une atteinte proprioceptive du rachis cervical. Aussi, il peut être à la fois adaptatif (conséquence d'une adaptation) et causal (cause de dysfonctions sous-jacentes).

Il est important de rappeler que la région sous-occipitale est un carrefour musculaire, ligamentaire, nerveux et vasculaire très complexe. Les cervicales hautes sont reliées à

la base du crâne par de nombreux muscles et ligaments. Les muscles peuvent être dissociés en deux groupes :

- les muscles mono-articulaires, d'une part, à fibres blanches, de contraction lente et prolongée. Ce sont les muscles de la posture, des muscles toniques et qui répondent au contrôle du système nerveux extra pyramidal ;
- les muscles poly-articulaires, d'autre part, à fibres rouges, de contraction rapide et brève et sous contrôle du système nerveux pyramidal. Ce sont les muscles du mouvement, des muscles phasiques.

Cette étude portera essentiellement sur les muscles sous-occipitaux, également appelés les muscles Vernier, muscles toniques : petit oblique, grand oblique, droit supérieur et droit inférieur et leur impact sur la sole plantaire.

Le pied est l'ancrage au sol de l'être humain. Il est constitué de capteurs proprioceptifs et extéroceptifs, d'où son rôle important dans la régulation de la posture du corps. Il est en permanente adaptation. Il est donc un vecteur primordial pour le maintien de l'équilibre et le bien-être du corps. Son empreinte est une donnée objectivable de la posture, la sole plantaire fonctionnant comme une carte dynamométrique. Nous allons nous servir d'elle comme outil d'observation. Ainsi, nous allons chercher à objectiver, par l'outil « sole plantaire », que la manipulation des muscles sous-occipitaux peut systématiquement modifier la posture. Puis nous réfléchirons pour déterminer si la détente des muscles sous-occipitaux agit comme une remise à niveau et une réaxation du corps autour d'un axe central, le rachis ?

Plusieurs études, dont celle des professeurs Van Der Meer et Van Der Weel⁴ en 1995, ont montré l'importance et l'implication des muscles Vernier dans la posture et leur rôle prépondérant dès les premiers stades de la vie. Leurs travaux démontrèrent que les réflexes archaïques que présente le nouveau-né échappent à tout contrôle volontaire et sont conditionnés par le port de tête. Ainsi une stimulation du pied entrainera une contraction du membre supérieur à condition que la tête soit tournée du côté du bras. Par conséquent l'état de tension des muscles sous-occipitaux semblent proposer une distribution tonique (inconsciente) à l'ensemble du corps, et ce très tôt dans le développement du nourrisson. Nous appuyant sur ces données nous présenterons notre étude en trois parties :

- les références et prérequis anatomiques ;
- la présentation du panel et le déroulement de l'expérience ;
- l'analyse et l'interprétation des résultats.

⁴ A.L. Van Den Meer, F.R. Van Der Weel, D.N. Lee, « “The functional significance of arm movements In neonates », Science magazine, février 1995, volume 267

2. Références et prérequis anatomiques

2.1. Lien ostéopathie / posturologie : la globalité

L'ostéopathie est une thérapie manuelle dont les résultats, l'amélioration de l'état du patient, ne peuvent pas être remis en cause, mais ne peuvent pas, non plus, être objectivables. Cette amélioration peut par exemple s'observer sur l'échelle EVA (échelle visuelle analogique), mais lors de tests, donc sans traitement, on a besoin d'un outil permettant de la quantifier, d'un « témoin » : la posturologie peut être ce témoin.

La posturologie clinique est un bon moyen pour étudier et quantifier le résultat d'un traitement ostéopathique : de nombreux praticiens ont eu recours à cette approche clinique pour objectiver l'efficacité de l'ostéopathie.

Alain Scheibel et Maurice Debusschere⁵, lors d'une étude menée en 1988 sur un panel de 60 patients, ont vérifié à l'aide d'une plateforme stabilométrique, que les techniques structurelles ont une influence sur l'ensemble de la posture. Ils examinèrent les variations reçues par le stabilomètre avant toute manipulation et les comparèrent avec les résultats obtenus après les manipulations. Les techniques utilisées étaient de nature structurelle, HVBA, haute vitesse basse amplitude, ainsi que des techniques tissulaires, sur la zone cervicale, spécifiquement sur la troisième cervicale. Leurs résultats montrèrent une modification posturale quantifiée par le stabilogramme.

⁵ M. Debusschere, A. Scheibel, « Les modifications du stabilogramme qu'entraînent deux ajustements ostéopathiques sont cohérentes avec l'orientation sagittale ou frontale qu'ils impliquent », *Agressologie*, 1990, 32, 2: 134-136.

En 2011, une étude dirigée par Messieurs Rodolphe Benoit-Lévy et Alain Scheibel⁶ sur 25 patients, tend à démontrer que tout comme les techniques structurelles et tissulaires, les techniques crâniennes ont un effet sur la posture. Leur travail portait sur les modifications observables au stabilogramme suite à un travail ostéopathique sur les Membranes de Tension Réciproque autrement appelées MTR.

En 2007 Bertrand Poret, dans la lignée de Messieurs Scheibel et Debusschere, étudie sur 40 patients l'impact de manipulations structurelles sur l'ensemble du rachis. Il s'intéresse à l'impact des traitements structurels sur des zones dysfonctionnelles et sur le réajustement postural. Il utilise également une plateforme stabilométrique pour objectiver ses résultats. Il confirme les résultats démontrés par Messieurs Scheibel et Debusschere et note également un meilleur maintien du traitement ostéopathique dans le temps.

Ces trois études permettent donc de retenir que suite à des manipulations ostéopathiques sur le rachis cervical haut, qu'elles soient de nature structurelle, crânienne ou tissulaire, on aboutit à des modifications et à une amélioration de la posture du patient.

Lorsqu'on parle de posture, on parle de muscles toniques qui influencent la posture et sont influencés par la posture. De plus, la posture correspond à la façon dont le corps s'adapte vis-à-vis de la gravité, il est donc naturel d'observer la posture globale d'un patient en statique, debout les pieds au sol. L'empreinte plantaire est par conséquent une donnée objective, quantifiable, reflétant l'adaptation et la régulation de la posture lors d'un travail en charge, résultant d'une interaction avec la gravité.

⁶ R. Benoit-Lévy, A. Scheibel, « Effets de deux techniques crâniennes sur le stabilogramme », Neurophysiologie clinique 39 Abstracts Equilibre et locomotion, XVI^e congrès de l'association posture et équilibre Villeneuve d'Ascq. 13-14 nov 2009, Editions Elsevier – Masson, 2009. 241-261.

Lors de manipulations sur le rachis cervical haut, et plus spécifiquement en intervenant sur l'état de tension des muscles sous-occipitaux, une nouvelle distribution tonique est proposée. Les muscles s'adaptent à une nouvelle norme qui correspond à un état de relâchement, une position physiologique, une position de neutralité. Une modification de la tonicité des muscles entrainera une réinitialisation globale du tonus musculaire qui devrait pouvoir s'observer sur l'empreinte du pied au sol.

2.2. Eléments théoriques du mémoire

2.2.1. Anatomie et physio-pathologie du rachis cervical

Le rachis cervical est la partie proximale du rachis, il est divisé en deux parties.

2.2.1.1. *Rachis cervical supérieur*

La partie supérieure du rachis cervical comprend l'atlas (C1), en rapport direct avec la base du crâne, c'est l'articulation occipito-atloïdienne. Celle-ci met en rapport les condyles occipitaux avec les deux masses latérales de C1 formant ainsi une articulation bicondyalaire. Cette articulation est maintenue en place par les membranes atlanto-occipitales antérieure et postérieure. Par ailleurs de puissants moyens d'union vont participer indirectement à la stabilité du complexe occipito-atloïdien : le faisceau longitudinal du ligament cruciforme, la membrana tectoria, mais aussi les ligaments occipito-odontoidiens qui sont constitués des ligaments alaires et du ligament de l'apex de la dent. On peut également citer les ligaments longitudinaux antérieur et postérieur qui sont communs à l'ensemble du rachis. Participent aussi à la constitution du rachis suboccipital, deux articulations de types surfaces planes, qui correspondent aux rapports des deux faces inférieures des masses latérales de C1 avec

les facettes supérieures de C2. Cette articulation entre C1 et C2 compte un grand nombre de ligaments en rapport avec cette zone. On retrouve le ligament longitudinal antérieur et postérieur, la membrane atlanto-axoïdienne, le ligament de l'apex, les ligaments alaires, le ligament transverse, les faisceaux verticaux du ligament cruciforme, la membrana tectoria, la membrane atlanto-axoïdienne postérieure et enfin le ligament nuchal. Concernant la mobilité rachidienne, la dent de l'axis permet de définir un axe autour duquel se définissent les mouvements de l'atlas. Ces vertèbres ont pour spécificité de ne pas pouvoir se mobiliser en inclinaison, par conséquent elles ne peuvent se mouvoir que dans des mouvements de flexion-extension, ainsi que des mouvements de rotation pure autour du processus odontoïde. Ces mouvements sont permis par les muscles Vernier :

- Petit droit, qui prend son origine au niveau de l'arc postérieur de C1, précisément sur le tubercule postérieur. Il se dirige en haut et en arrière pour se terminer sur la ligne nucale inférieure de l'occiput, au niveau du 1/3 médial. Il sera innervé par la racine nerveuse de C1.
- Grand droit, qui prend son origine au niveau du processus épineux de C2, au niveau de l'apex, puis suit le muscle petit droit en haut et en arrière pour se terminer sur la ligne nucale inférieure, au 1/3 moyen de celle-ci en dehors du muscle petit droit. Il partage par ailleurs une innervation commune de C1.
- Oblique inférieur de la tête, qui partage son insertion avec le muscle grand droit au niveau de l'apex de C2. Il se dirige vers le haut, le dehors et l'avant et se termine au niveau du processus transverse de C1. Il est innervé par la racine de C2.
- Oblique supérieur de la tête, qui prend son origine au niveau du processus transverse de C1. Il s'oriente vers le haut et l'arrière pour se terminer sur la ligne nucale inférieure de l'occiput en dehors du muscle grand droit postérieur. Il tient son innervation de la racine de C1.

D'un point de vue biomécanique, ces quatre muscles vont interagir lors de l'extension rachidienne. Les muscles obliques supérieur et inférieur vont également permettre une rotation homolatérale tandis que le droit supérieur permettra une inclinaison homolatérale du crâne. Le rachis cervical supérieur est donc en interrelation permanente avec le crâne, contribuant à sa position dans les trois plans de l'espace, via le mouvement articulaire et la tonicité musculaire, notamment des muscles Vernier. La partie postérieure du crâne, également nommée fosse crânienne postérieure ou plus précisément fosse cérébelleuse de la boîte crânienne, constituée par l'occiput, va renfermer le cervelet.

Le cervelet est un centre nerveux régulateur de la fonction motrice qui supervisera :

- Le mouvement ;
- La posture ;
- L'équilibre.

Il reçoit de nombreuses informations en provenance des différents éléments constituant le système nerveux central, à savoir la moelle épinière, le tronc cérébral et le cerveau. Ces informations seront donc traitées pour donner une organisation chronologique et somatotopique (organisation temporo-spatiale) aux différents programmes moteurs. Ainsi est assurée la régulation des activités musculaires du mouvement volontaire, des activités musculaires toniques de la posture et des activités musculaires réflexes du maintien de l'équilibre.

2.2.1.2. *Rachis cervical inférieur*

Le rachis cervical inférieur est constitué des cinq dernières cervicales (C3 C4 C5 C6 C7). Il commence à la face supérieure de T1 et se termine à la face inférieure de

l'axis C2. Ces 5 vertèbres sont relativement semblables dans leur anatomie et leur physiologie. Chaque vertèbre est unie aux vertèbres sus et sous-jacentes, elles peuvent se mobiliser selon des mouvements de flexion-extension, mais il leur est impossible de se mobiliser dans des mouvements purs de rotation ou d'inclinaison ; on parle alors de mouvements mixtes selon un axe oblique en bas et en arrière.

Par ailleurs d'après Kapandji⁷, le mouvement combiné d'inclinaison-rotation homolatérale du rachis cervical inférieur est compensé par des mouvements mixtes d'inclinaisons-rotations controlatérales effectués par le rachis cervical supérieur pour obtenir des mouvements de rotation ou d'inclinaison purs de l'ensemble du rachis cervical. Ce sont notamment ces mouvements qui vont être réalisés grâce à l'action des muscles sous-occipitaux.

2.2.1.3. Les pathologies liées au rachis cervical

Parlons un peu de pathologies ; il existe différents types de céphalées associées à des cervicalgies : on retrouve les céphalées de tension, très fréquentes ; les migraines sans aura retrouvées notamment dans des antécédents de whiplash ; les algies vasculaires de la face ; les céphalées cervicogéniques comme par exemple la névralgie d'Arnold.

Leurs étiologies sont variées mais elles résultent toutes d'une atteinte de la physiologie du rachis supérieur. En effet selon l'ouvrage « Thrust, Sémiologie, Imagerie » de M. Fischer et B. Eriau⁸, les névralgies d'Arnold peuvent avoir différentes origines : une irritation au niveau des processus articulaires postérieurs de l'articulation atlanto-axoïdienne ; tandis que pour Bogduk⁹ la névralgie serait

⁷ I. Kapandji, « Anatomie fonctionnelle - Tome 3 - Tête et rachis », Editions Maloine, 6ème édition 13/04/2007.

⁸ M. Fischer, B. Eriau, « Trust, sémiologie, imagerie », Editions Elsevier-Masson, 2009.

⁹ B. Bogduk, A. Mc Guirk, « Prise en charge des cervicalgies aiguës et chroniques - une approche fondée sur les preuves », Editions Elsevier Masson, 07/2007.

secondaire à un traumatisme crânien dans près de la moitié des cas, et serait la conséquence d'une compression du ganglion de C2. On peut également parler d'une irritation nerveuse dans la traversée du muscle supra épineux due à une contracture ou un traumatisme type whiplash.

2.2.1.3.1. Les céphalées de tension

Elles ont pour étiologie, la plupart du temps, des facteurs environnementaux du type anxiogène, dépression, emploi excessif de médication etc... En parallèle, on peut également expliquer ces céphalées par la compression ou l'étirement des racines C2-C3. De plus, ces « anomalies » peuvent être rencontrées dans le mécanisme de traumatisme, type whiplash encore une fois, et serait à l'origine du concept de céphalées cervicogénique de Sjanstadt.

2.2.1.3.2. Les migraines et algies vasculaires de la face.

L'hypothèse actuelle tend à démontrer qu'elles seraient dues à l'association d'activation des afférences trigéminales, responsable des poussées douloureuses, mais également à l'activation des afférences sympathiques et parasympathiques, responsable des syndromes vasomoteurs.

Maigne¹⁰ a montré que les dysfonctions articulaires vertébrales avaient des conséquences sur l'ensemble du métamère et plus particulièrement que celles sur le myotome concerné engendreraient une contracture des muscles sous-occipitaux. D'après ce concept et des travaux des professeurs Van Der Weer et Van Der Meel

¹⁰ R. Maigne, « Diagnostic et mécanisme d'un dérangement intervertébral mineur », Cinésiologie, 1975, 12. 47 : 25-48.

cette contracture pourrait entraîner une modification du tonus postural de l'ensemble de l'individu.

Ainsi, pouvons-nous nous interroger sur la réciproque. Et si des perturbations posturales pouvaient conduire à des troubles du rachis suboccipital entraînant à leur tour l'apparition des différentes céphalées ?

2.2.2. Anatomie et physio-pathologie du pied

Le pied est connu pour son rôle biomécanique fondamental de la stabilité et la propulsion. En contact avec le sol son rôle est double : effecteur et surtout capteur sensoriel, véritable « rétine tactile » selon l'expression de Misery¹¹. Antoine Pradels¹² a démontré qu'une douleur plantaire (par stimulation nociceptive mécanique consciente) détériore le contrôle postural en statique et en dynamique, alors qu'une stimulation de même intensité appliquée à la main n'entraîne pas de modification posturale.

2.2.2.1. *Le pied et la voûte plantaire*

La voûte plantaire est un ensemble d'os, de ligaments et de muscles qui permettent au pied une adaptation de la marche sur tous les terrains. Elle est formée par trois arches :

¹¹ L. Misery, « La peau neuronale ou les nerfs à fleur de peau », Collection Vivre et Comprendre, Editions Ellipses Marketing, 2000, 99p.

¹² A. Pradels, D. Pradon, N. Vuillerme, « Stimulation douloureuse des soles plantaires : impact sur le contrôle de la posture et de la locomotion », 18^{èmes} journées de Posturologie Clinique « Posturologie et Douleur », Paris 22 et 23 janvier 2010.

- L'arche médiale constituée de cinq pièces osseuses : le premier métatarsien, l'os cunéiforme médial, l'os naviculaire, le talus et le calcaneus. Seules, la tête du premier métatarsien et l'extrémité postérieure du calcaneus reposent sur le sol. La concavité de cette voûte est maintenue par un grand nombre de ligaments qui résistent aux efforts violents, et de muscles qui s'opposent aux déformations prolongées du pied.
- L'arche latérale formée de trois pièces osseuses : le 5^{ème} métatarsien, l'os cuboïde et le calcaneus. La concavité de cette arche est moindre mais l'arche est plus rigide. C'est elle qui transmet l'impulsion motrice.
- L'arche antérieure qui forme une courbure transversale de la 1^{ère} à la 5^{ème} tête métatarsienne. Sa concavité est très faible et peut être considérée comme théorique.

Cette description du pied est très théorique. En effet, sous la charge, les arches se modifient, s'écrasent et s'allongent. De plus, il est très fréquent qu'une ou plusieurs de ces arches soient effondrées dans les différentes pathologies du pied.

Le pied se divise en trois parties distinctes ayant chacune une morphologie adaptée à une fonction précise :

- L'arrière pied : correspond à la partie la plus postérieure du tarse. Il est composé des deux os les plus massifs du tarse, le calcaneus postérieurement et le talus antérieurement. Par ailleurs, le calcaneus reçoit l'insertion de muscles puissants du tendon calcaneen issu du muscle triceps sural du mollet. Cet arrière pied va lier le pied au reste du membre inférieur par l'articulation talo-crurale. C'est cette partie du pied qui va prendre contact avec le sol, il correspond au premier temps de la marche, le temps taligrade, rôle d'amortisseur.

- Le medio pied : est constitué de cinq os. On retrouve le naviculaire médialement, les trois cunéiformes (médial, intermédiaire, latéral) en avant du naviculaire et le cuboïde en dehors. Il va également recevoir des insertions musculaires en provenance du mollet permettant des mouvements fins et précis. Il est mis en jeu dans le temps plantigrade de la marche autrement dit le temps de la stabilisation.
- L'avant pied : va regrouper les cinq métatarsiens et leurs phalanges ainsi que des muscles intrinsèques du pied tels que les lombricaux ou les fléchisseurs plantaires, muscles toniques qui participeront à la proprioception du pied ainsi qu'à la posture. Il intervient dans la marche lors du temps plantigrade correspondant à la propulsion.

2.2.2.2. La marche

La marche est constituée de 3 temps :

- Taligrade : premier temps de la marche, c'est le temps statique (frein du pied). Il correspond à l'impact du talon au sol, dans sa partie postéro-externe. Il a un rôle d'amortisseur permis par les structures anatomiques de l'arrière pied que sont le calcaneus et le talus. Le pied attaque le sol par le talon, en position neutre, qui sert de premier pivot lors du premier double appui. C'est le pied calcanéen.
- Plantigrade ou phase pendulaire (oscillante) : on vient s'appuyer sur l'arche externe jusqu'à la tête de M1. Grâce au deuxième pivot, représenté par la talocrurale, l'appui se continue par le bord externe qui, en durée soutient le plus longtemps la charge, et ensuite par les têtes métatarsiennes et les orteils. Cela aboutit, au cours de l'appui monopodal, au pied talo-calcanéen, c'est à dire à l'appui de la ferme entière, qui présente au sol une surface maximale. Le pied s'étale en longueur (mais également en largeur grâce au jeu de l'articulation

sous-talienne dont la mobilité n'est nullement entravée : la divergence talo-calcanéenne est alors maximale).

- Digitigrade : c'est le temps dynamique où l'on se propulse avec l'hallux et le LFH. L'appui se termine sur le pied talien : les surfaces sus-jacentes au point d'impact s'alignent perpendiculairement et offrent à nouveau un maximum de résistance.

Les articulations qui interviennent dans la progression sont donc celles qui, obligatoirement, ont leurs axes perpendiculaires à l'axe de Henke comme la talo-crurale et la métatarso-phalangienne du gros orteil. La talo-crurale a permis à l'avant pied de prendre contact avec le sol ; ensuite, elle permet à la jambe de se fléchir en avant et de dépasser la verticale en fermant l'angle tibio-pédieux. La surface supérieure du talus est découpée dans la surface d'un cône et l'axe de la cruro-talienne rejoint les deux pointes malléolaires.

Il en résulte que l'abaissement de la jambe sur le pied, fixé au sol, lui fait suivre une trajectoire courbe en dedans. Le rayon de cette courbe est identique à celui de la surface talo-crurale. Et ce déplacement en dedans de la jambe lui permet d'être parallèle à la ligne de marche et non pas de suivre l'ouverture du pas

C'est le troisième pivot, représenté par les articulations métatarso-phalangiennes et surtout la première, qui permet la sortie du pas. La métatarso-phalangienne du gros orteil permet à la bille métatarsienne de rouler dans une vaste glène agrandie par le fibrocartilage qui englobe les deux sésamoïdes. Cette bille permet les changements de direction.

Lors du deuxième double appui, en dehors des articulations cruro-taliennes et métatarso-phalangiennes qui sont mobiles, les autres articulations du pied doivent

progressivement se verrouiller pour présenter un bloc rigide sans lequel le décollement serait impossible. Il s'agit donc des articulations de l'arrière pied et du médio pied (varus et creusement de la ferme).

Au niveau de la cheville, dans le sens transversal, le talus s'applique contre la malléole interne dès que la divergence talo-calcaneenne diminue, c'est à dire dès que la tête talienne se rapproche de l'apophyse du calcaneus. La fibula reste continuellement enfoncée sous l'effet de la charge et s'adapte à la face externe du talus qui est plus étroit en arrière. La surface articulaire inférieure du péroné est beaucoup plus petite que la face externe correspondante du talus, qui descend en pente douce, et la balaie constamment.

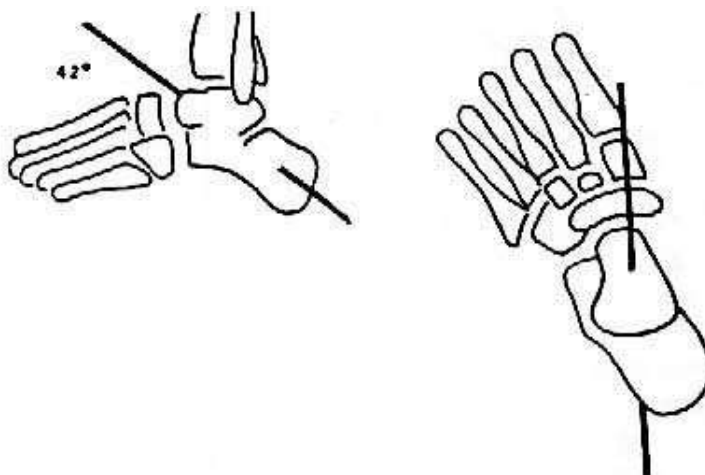
Le varus traduit la fermeture de la pince talo-calcaneenne et donc son blocage. Il est provoqué par la traction sur l'aponévrose plantaire (et tout le système suro-plantaire) lorsque le gros orteil part en flexion dorsale lors de la sortie du pas. Le long fléchisseur de l'hallux, parce qu'il passe sous le sustentaculum tali, induit également le varus lors de sa tension par flexion dorsale passive du gros orteil.

2.2.2.3. Les axes plantaires

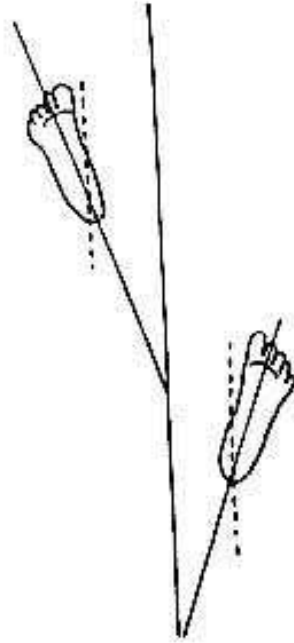
Ils permettent de diagnostiquer des pathos ou de délimiter et de normer des mouvements :

- L'angle de Boehler : il permet de poser le diagnostic d'enfoncement du talus. Il s'agit d'un angle ouvert vers l'arrière et constitué par le croisement d'une ligne qui longe la face supérieure de la grande tubérosité du calcaneum et d'une autre ligne qui joint le point le plus haut de l'astragale et le point le plus haut de la grande apophyse de l'astragale.

- L'axe de Henke : est une ligne virtuelle qui représente l'axe autour duquel se meut l'ensemble de l'arrière pied depuis l'inversion extrême jusqu'à l'éversion extrême. Il est orienté obliquement en partant de la face externe du calcaneus vers l'avant et vers le dedans.



De profil, l'axe de Henke a environ 40° d'inclinaison sur l'horizontale ; il se dirige en haut et en dedans. L'ouverture du pas est de 15° environ mais l'axe de Henke est parallèle à la ligne de marche.



2.2.2.4. Les déformations du pied

2.2.2.4.1. Le pied plat

Le pied plat est une déformation de la face plantaire du pied qui se caractérise par une éversion du pied. Il résulte généralement d'un valgus de l'articulation sous-talienne (translation médiale associée à une chute de la tête talienne qui entraîne une diminution voire un effondrement de l'arche interne composée par le premier métatarsien, le premier cunéiforme, le scaphoïde, le talus et le calcaneus) entraînant des modifications de l'architecture globale du pied.

Cet affaissement de la voûte plantaire peut être notamment à l'origine d'adaptations ou de compensations musculaires (pied plat douloureux où un triceps sural hypertonique peut être retrouvé) ou encore au niveau des articulations du membre inférieur (genu valgum, abduction associée à une rotation externe du genou). Il peut

également être la conséquence d'un excès de poids (pied plat valgus hypotonique lié à une déficience musculaire et ligamentaire chez l'enfant en excès pondéral et hypotonique) ou tout simplement génétique.

Dans sa biomécanique le pied plat ne répond plus au trépied physiologique : appui calcanéen postérieurement et têtes des premier et cinquième métatarsiens antérieurement. La force s'applique essentiellement sur l'arche interne et médialement par rapport à l'articulation talo-crurale, ce qui peut entraîner un désavantage mécanique (notamment lors du temps plantigrade et digitigrade). Par conséquent un affaissement de la structure interne résultante d'une mauvaise répartition des forces exercées lors de la marche peut se produire.

Généralement, c'est une affection qui s'arrange spontanément avec la croissance. Les pieds plats peuvent cependant devenir perturbants à l'adolescence, s'ils sont à l'origine de contractions musculaires douloureuses chroniques pouvant aller jusqu'à la boiterie lors d'efforts prolongés.

Le traitement de cette pathologie repose avant tout sur la rééducation et le port de semelles chez les enfants de plus de 12 ans. Le traitement chirurgical n'est qu'exceptionnel et envisagé qu'en cas de douleurs et de gênes fonctionnelles importantes.

2.2.2.4.2. Le pied creux

Le pied creux est également une déformation de l'arche interne plantaire qui se distingue en deux grands groupes :

- Le pied creux antéro–interne caractérisé par une torsion du pied dite en hélice. Inversion de l'arrière pied due à un varus/supination de l'articulation sous-talienne associée à une torsion opposée de l'avant pied (valgus/pronation), entraînant ainsi une élévation de l'arche interne et une verticalisation du premier métatarsien.
- Le pied creux direct antérieur (PCD antérieur) dans lequel les métatarsiens sont trop verticaux et le pied creux direct postérieur (PCD postérieur) dans lequel, au contraire, c'est le calcaneus qui est trop vertical. Cette forme est souvent d'origine neurologique : atteinte de certains muscles du mollet. Les signes cliniques sont assez variables et peuvent se manifester par le simple creusement de la voûte plantaire, des orteils en « griffes », une instabilité de la cheville, des métatarsalgies, ou une talalgie...

Cette morphologie anatomique est assez fréquente et la plupart du temps parfaitement tolérée mais il est nécessaire de la prendre en charge dès lors qu'elle induit des conséquences douloureuses ou gênantes pour le patient. Souvent d'origine neurologique, il faudra rechercher des cas similaires dans la famille.

Cette déformation de la voûte plantaire modifie la répartition des forces et amène le pied à ne reposer que sur sa partie antérieure, le talon au sol (l'arche interne n'apparaît pas sur un podoscope) ce qui a pour conséquence première un manque de stabilité résultant de la disparation du temps plantigrade de la marche. Chez l'enfant ou l'adolescent cela se traduit souvent par une instabilité de la cheville ou une saillie au dos du pied pouvant rendre le chaussage difficile. Avec le temps, on peut trouver d'autres signes, comme par exemple des métatarsalgies (du fait de la rétraction du tendon d'Achille et de la chaîne postérieure) avec des durillons d'appui, ou encore des griffes d'orteil. Les patients usent leurs chaussures préférentiellement sur le bord externe, et recherchent le port d'un talon.

Le traitement est d'abord médical, il repose principalement sur une prise en charge podologique, parfois kinésithérapique :

- Le traitement podologique par orthèses plantaires est toujours indiqué, il s'agit avant tout d'augmenter la surface d'appui au sol de ce pied et d'apporter du confort et de l'amorti au chaussage. Le podologue choisira les matériaux et le type d'orthèse le mieux adapté à chaque cas.
- Le chaussage est souvent difficile, les patients recherchant un peu de talon pour combler le dénivelé entre avant et arrière pied, et une voire deux pointures de plus pour être à l'aise. Parfois il faut avoir recours à un chaussage sur mesure.
- La rééducation à base d'étirements musculaires, en cas de brièveté des muscles du mollet est généralement très efficace, notamment en cas de crampes.

Le traitement chirurgical (après échec d'un traitement médical adapté de plusieurs mois) peut être modulé en fonction des résultats obtenus grâce à la rééducation. La place de la chirurgie est assez étroite dans la prise en charge du pied creux et dépend avant tout du type de déformation à traiter :

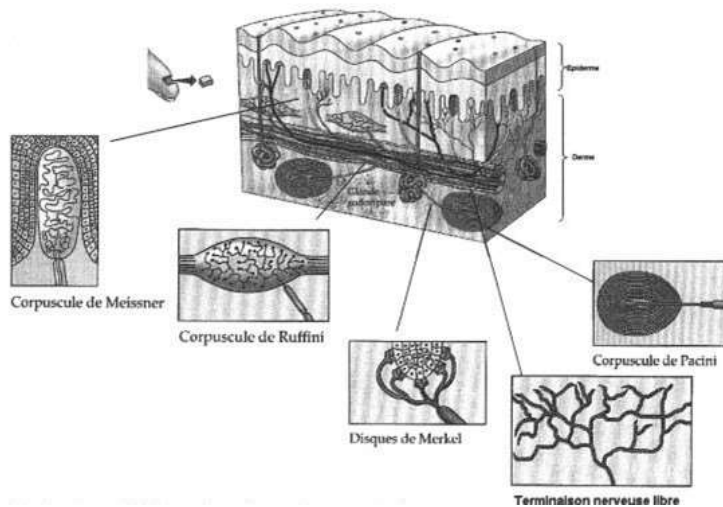
- En cas de pied creux antéro-interne, il faut avant tout diminuer le creux du médio pied par une opération qui préserve les articulations (tarsectomie) dont on cherchera le plus longtemps possible à conserver la mobilité. Cette affection étant évolutive, la chirurgie peut être répétée. Dans certains cas il faut en passer par un blocage des articulations corrigeant en même temps le creux (arthrodèse avec un effet tarsectomie).
- Le pied creux direct est souvent accessible à des gestes plus simples combinant des transferts musculo-tendineux et des sections osseuses (« ostéotomies ») dans l'os du talon ou dans le 1^{er} métatarsien.

Dans tous les cas les conséquences si elles sont gênantes seront prises en charge : par exemple le traitement des griffes des orteils.

2.2.2.5. *Nociception et chemins de la douleur*

La nociception est un système d'alarme mis en place par l'organisme humain pour réagir à des stimuli intérieurs ou extérieurs négatifs. Un message du ressenti de la douleur, via les nocirécepteurs (musculaires, articulaires ou cutanés), est envoyé au cerveau qui réagira en fonction de l'intensité du niveau de stimulation reçue.

La sensation du toucher commence dans des récepteurs spécialisés situés dans la peau. Ce sont des mécanorécepteurs sensibles à des pressions et des étirements faibles ou modérés. Ces messages nerveux sont envoyés au système nerveux central qui les interprète comme des sensations tactiles.



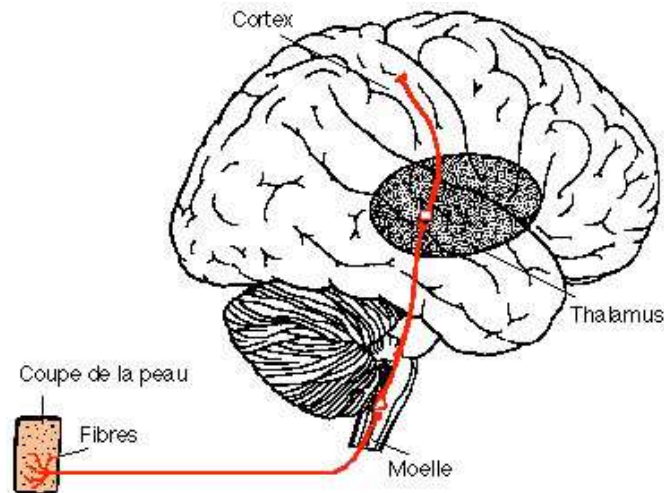
Les différents récepteurs de la peau

Lorsque le seuil d'excitabilité de ces mécanorécepteurs est atteint, au point de menacer l'intégrité des tissus, ce sont les nocicepteurs, situés plus en profondeur dans les tissus qui sont stimulés. Ce sont des terminaisons nerveuses libres de deux types:

- Les fibres A delta (faiblement myélinisées de 1 à 5 μm de diamètre et de vitesse de conduction de 4 à 30 ms^{-1}) qui véhiculent les informations liées à la douleur mécanique et thermique ;
- Les fibres C (non myélinisées de 0,2 à 1,5 μm de diamètre et de vitesse de conduction de 0,5 à 2 ms^{-1}) qui véhiculent les informations liées à la douleur mécanique, thermique et chimique.

Elles sont présentes aussi bien dans les tissus cutanés, que dans les muscles, mais aussi les vaisseaux, les articulations, les os ou encore les viscères.

Ces nocicepteurs sont activés par des stimulations mécaniques, telles que les pincements ou piqûres, mais aussi par les températures, les chocs électriques. Une fois le stimulus perçu par les nocicepteurs, le message va cheminer le long des nerfs, monter le long de la moelle épinière et informer le tronc cérébral, l'hypothalamus et le thalamus, le système limbique et le cortex cérébral.



Trajet des voies nociceptives

2.2.2.6. Proprioception et extéroception

Les capteurs posturaux envoient leurs différentes informations au système somesthésique qui constitue un des systèmes sensoriels de l'organisme. C'est à ce niveau que le schéma corporel du patient sera mis en place, et que les stimuli douloureux et thermiques pourront être interprétés. Nos tests posturaux auront pour rôle d'interpréter et de démontrer l'existence de problèmes perturbant l'organisme et ainsi d'établir le bilan morphostatique du patient et de sa posture. Le schéma corporel d'un individu est créé dans l'aire somesthésique associative de Brodmann (aires 5 et 7), et permet l'interprétation des éléments proprioceptifs, et extéroceptifs.

2.2.2.6.1. Les capteurs proprioceptifs

Les informations proprioceptives sont issues des articulations, muscles et ligaments du corps. Elles vont remonter le long de la corne postérieure de la moelle épinière jusqu'à l'encéphale par la voie lemniscale pour se terminer dans le cortex. Les principaux capteurs proprioceptifs sont :

- Les articulations temporo-mandibulaires : elles unissent la mâchoire inférieure à l'os du crâne et sont extrêmement complexes du fait des mouvements qu'elles permettent (ouvrir, fermer, avancer, reculer, se déplacer à droite et à gauche... en totale synchronisation).
- le capteur podal (dont la cheville) : le pied réunit un ensemble de capteurs cutanés et musculosquelettiques, dont les informations somesthésiques (mécaniques, chimiques, métaboliques, thermiques ou douloureuses) vont permettre de gérer la verticalité et l'aplomb.
- Les capteurs rachidiens : le rachis cervical, composé des muscles, ligaments et articulations,
- Les capteurs oculomoteurs : muscles oculomoteurs, qui constituent le système postural d'aplomb :

2.2.2.6.2. Les capteurs extéroceptifs

Ils correspondent aux capteurs réfractif, occlusal et à la sole plantaire :

- Le capteur extéroceptif réfractif correspond à la vision. Il est constitué de :
 - La cornée qui est l'agent principal de la réfraction et du cristallin qui est la lentille biconvexe. Cette lentille est vivante et peut donc changer sa puissance sous certaines conditions ; ce changement est une propriété d'accommodation. Cette capacité de mise au point selon les distances permet d'assurer la netteté permanente de l'image rétinienne.
 - Du corps ciliaire qui est formé par les procès ciliaires, d'où émergent les fibres des ligaments suspenseurs qui maintiennent le cristallin en

place, et par le muscle ciliaire responsable du mouvement du cristallin lors d'ajustement focal.

La voie permettant l'intégration du message visuel est la voie rétinogéniculo-corticale. Elle part de la rétine, se propage le long des nerfs optiques, aboutit au chiasma optique qui transmet l'information aux voies optiques. Celles-ci la transportent jusqu'aux corps géniculés latéraux, puis aux radiations visuelles et enfin au cortex visuel (aire 17 de Brodman).

- Le capteur extéroceptif plantaire correspond à la sole plantaire. Les informations de sensibilité fine et tactile partent des nerfs A β , rejoignant ceux des FNM et des OTG. Ces informations sont traitées au niveau du cortex de l'hémisphère opposé, via les cordons postérieurs de la ME. La fonction posturale fait intervenir surtout les récepteurs d'adaptation rapide (Meissner, Pacini), la réponse est de type tonico-phasique avec une aggravation/inhibition d'un groupe musculaire (extenseur/fléchisseur) du pied ou de la cheville. Les nocicepteurs sont des terminaisons libres au niveau du derme et de l'épiderme, organisés en plexus de 2 types :
 - Mécano-nocicepteurs : (prolongés par les fibres A δ) sensibles aux pressions et étirements.
 - Nocicepteurs polymodaux : (prolongés par les fibres C) sensibles aux stimuli mécaniques, chimiques et thermiques.

- Le capteur occlusal : est l'ensemble composé des gencives et des dents.

3. Présentation du panel et déroulement de l'expérience

3.1.Présentation du panel

La population choisie doit répondre à une norme pour ne pas perturber l'ensemble des résultats. Pour cela, il a fallu tester chaque patient pour éliminer toutes entrées proprioceptive ou extéroceptive péjorative et qui aurait pu influencer les résultats.

3.1.1. Critères d'exclusion

Cette étude a été effectuée sur 25 patients. Nous avons décidé de travailler sur un panel répondant aux mêmes critères posturaux, informations pouvant rendre la manipulation plus ou moins sensible, et de « type » posturo identique pour récupérer une similarité dans les empreintes. Afin de respecter ce panel, il y a lieu d'exclure les personnes présentant des problèmes :

- Oculaires extéroceptifs, concernant les patients souffrant de problèmes visuels réfractifs, comme la myopie, la presbytie....
- Oculaires proprioceptifs, comme par exemple les patients souffrant de phories ou de tropie, dus à une hypertonie d'un ou de plusieurs muscles oculomoteurs.
- Occlusaux, portant sur tous les problèmes pouvant atteindre l'articulé dentaire, comme par exemple les carries ou les travaux dentaires. Ou encore le manque d'une dent.
- Proprioceptifs liés à l'articulation temporo-mandibulaire, comme par exemple les patients souffrant de bruxisme.
- Plantaires, comme les verrues, les corps étrangers au niveau du pied les durillons, les ampoules qui seront d'origine extéroceptives.

- Podales, personnes souffrant d'entorse ou d'antécédents d'entorses non traitées.

3.1.2. Le protocole de test

3.1.2.1. Bilan morphostatique (BMS)

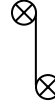
Il s'agit de répondre à la question : se tient-on comme on bouge ?

La corticalité est l'expression d'une distribution tonique physiologique dans l'établissement des tâches sensori-motrices ce qui permet de préserver l'équilibre, l'économie, le confort et la performance

Pour sélectionner les patients nous allons élaborer un bilan morphostatique à l'aide de tests posturologiques. Si celui-ci s'avère aphysiologique, nous testerons plus précisément les différents capteurs en shuntant le capteur péjorant.

Dans un premier temps nous observons le patient selon la verticale établie par Barré qui correspond à une observation dans le plan frontal de la posture du patient. C'est un axe vertical matérialisé par un faisceau laser partant du milieu de l'occiput, passant par la septième cervicale, la douzième thoracique, le sillon inter fessier et par le milieu d'une ligne inter-malléolaire. Lorsqu'une personne est dite équilibrée, elle ne présente aucun écart par rapport à cet axe. Elle est dite déséquilibrée si le rachis présente des désalignements par rapport à cette verticale :

- désalignement haut/bas controlatéral qui définira un désalignement harmonieux et qui informera sur un capteur péjorant d'origine proprioceptive.



- désalignement haut/bas homolatéral, correspondant à une asymétrie du tonus orthostatique latéral qui définira un désalignement disharmonieux et qui informera sur un capteur péjorant d'origine extéroceptive.



Mais également :

- Quand la ligne est désalignée en haut → le problème vient de capteurs hauts et souvent les dysfonctions sont descendantes (mandibule, occlusion et articulé dentaires, capteur rétinien, capteur oculomoteur, cervicale jusqu'à la ceinture scapulaire et T4).
- Quand la ligne est désalignée en bas → le problème vient de capteurs bas et souvent les dysfonctions sont ascendantes (pied, sol plantaire et capteur podal notamment la cheville, système proprioceptif du bassin, lombaire jusqu'à T12, viscères).
- Quand la ligne est mixte → lorsqu'il y a un déséquilibre haut d'un côté et bas de l'autre, le problème vient de capteurs hauts et bas.
- Quand la ligne est complètement déjetée latéralement → tout est désaligné d'un côté. Il y a alors plusieurs possibilités de dysfonction, c'est l'expression d'un capteur extéroceptif plantaire péjorant.

3.1.2.2. Tests spécifiques

Lorsque le patient présente un désalignement disharmonieux correspondant à une atteinte d'un capteur extéroceptif, il ne rentre pas en compte dans l'étude. Lorsqu'un patient présente un désalignement harmonieux nous le testons alors selon le test des abducteurs qui est un test opérateur dépendant et dérivé.

Pour réaliser ce test, le patient est placé dans une position anatomique de référence, puis il tend les mains vers l'avant, associé à une antépulsion des épaules dans l'axe des scapulas, les paumes des mains orientées vers le sol.

Ce test permet de tester le patient de manière globale, précise et rapide. En effet c'est un test réfracto-occluso sensible mais qui permet également de tester les muscles oculomoteurs, l'articulation temporo-mandibulaire, le capteur rachidien et le capteur podal. Dans la physiologie nous recherchons une isotonicité des muscles abducteurs d'épaule. S'il y a un changement, cela est perturbant. On va donc tester le patient debout, dans une position de neutralité puis allons par la suite travailler capteur par capteur :

- Les yeux ouverts nous testons la réfraction qui est ici extéroceptive. Si péjorant nous allons travailler avec ce patient lors de notre étude en lui fermant les yeux.
- Les yeux tournés pour tester l'oculomotricité, ici proprioceptif. Si péjorant nous allons travailler en fermant les yeux et les yeux dans l'axe.

Cas particulier de l'occlusion : s'il y a une chute les dents serrées et les yeux ouverts cela indique un problème occlusal (en effet un problème occlusal ne s'exprime que

les yeux ouverts). La disocclusion perturbe l'oculomotricité, l'oculomotricité est « mariée » à la réfraction par le réflexe d'accommodation convergence.

3.1.3. Etude de l'empreinte du pied

C'est un procédé simple, nous utilisons un podographe de marque CAPRON Podologie, de l'encre sans huile bleue, un rouleau encreur et des feuilles calques.

L'appareil est composé d'une membrane de caoutchouc tendue sur un cadre. La face inférieure de la membrane est finement quadrillée avec des reliefs de hauteurs différentes et recouverte d'encre. Elle est positionnée à environ 5 mm du fond de l'appareil qui est tapissé d'une feuille de papier. Quand le sujet est debout, le pied déforme la membrane qui vient alors au contact de la feuille : le papier est quadrillé au niveau des points de pression et, suivant l'intensité de la pression, le quadrillage sera plus foncé :

- quand la pression est faible, seuls les gros picots impriment la feuille.
- quand la pression est forte, les petits picots impriment aussi.

On peut aussi prendre le contour du pied et les repères anatomiques. L'empreinte d'un pied normal montre cinq parties distinctes :

- Les orteils : en théorie les cinq orteils doivent apparaître. Sinon, c'est qu'ils manquent ou ne sont pas en appui.
- Le talon antérieur : c'est l'empreinte de l'articulation métatarso-phalangienne. C'est la partie la plus large de l'empreinte. Elle contient une cavité rétro-capitale médiane indiquée par une flèche sur la figure II.

- L'arche interne : qui part de l'hallux et longe le corps du premier métatarsien pour se terminer sur le bord interne du talon
- L'arche externe : qui prend naissance au niveau du cinquième métatarse, et se continue par l'apophyse styloïde de ce cinquième métatarse et se termine au niveau du bord externe du calcaneus.
- Le talon postérieur : son empreinte est un ovale dont l'axe géométrique passe au niveau du 4ème espace métatarsien.

3.2.Déroulement de l'étude

3.2.1. Protocole expérimental

Une fois le patient admis pour l'étude clinique, nous préparons le podographe. Pour ce faire, nous disposons dix gouttes d'encre à des points précis et de manière systématique pour rendre l'étude la plus neutre et la plus reproductible possible.



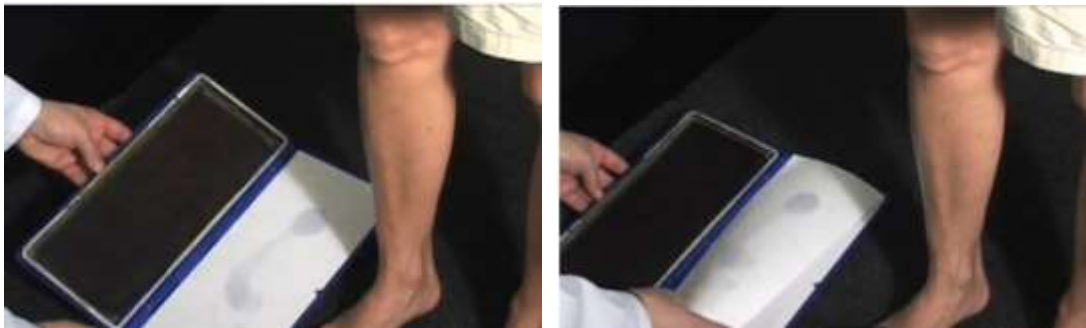
Puis nous empaumons le pied du patient en-dessous des malléoles et le plaçons sur le podographe.



Nous laissons le pied du patient marquer son empreinte sur le podographe et nous empaumons de nouveau le pied en-dessous des malléoles afin de l'enlever délicatement du podographe.



L'empreinte du pied apparaît sur la feuille de papier calque et il ne reste plus qu'à récupérer celle-ci.



Ensuite nous laissons le patient s'allonger sur la table et nous nous plaçons au crâne. Nous exerçons notre manipulation selon une technique d'inhibition des sous-occipitaux. Ainsi, nous plaçons les phalanges proximales des deuxième, troisième et quatrième doigts au niveau des sous-occipitaux, sous la ligne nucale inférieure, au-dessus de C3 et en regard des deux premières cervicales, l'atlas et l'axis.



Nous exerçons une pression antérieure pendant une période de 5 minutes. Une fois les cinq minutes écoulées, nous préparons à nouveau le podographe et reprenons l’empreinte selon le même protocole.

4. Résultats de l'expérience

4.1. Tableaux d'analyse

Tableau 1 - Récapitulatif des différentes données répertoriées pour cette étude

Types d'appui avant manipulation	Pourcentage de début (%)	Types d'appui après manipulation	Pourcentage d'arrivée (%)
Interne	8	Interne	4
Externe	4	Externe	8
Avant	0	Avant	0
Arrière	0	Arrière	0
Interne + Avant	20	Interne + Avant	20
Externe + Avant	20	Externe + Avant	28
Interne + Arrière	28	Interne + Arrière	20
Externe + Arrière	20	Externe + Arrière	20

Tableau 2 - Classification des différents types d'appui avant manipulation

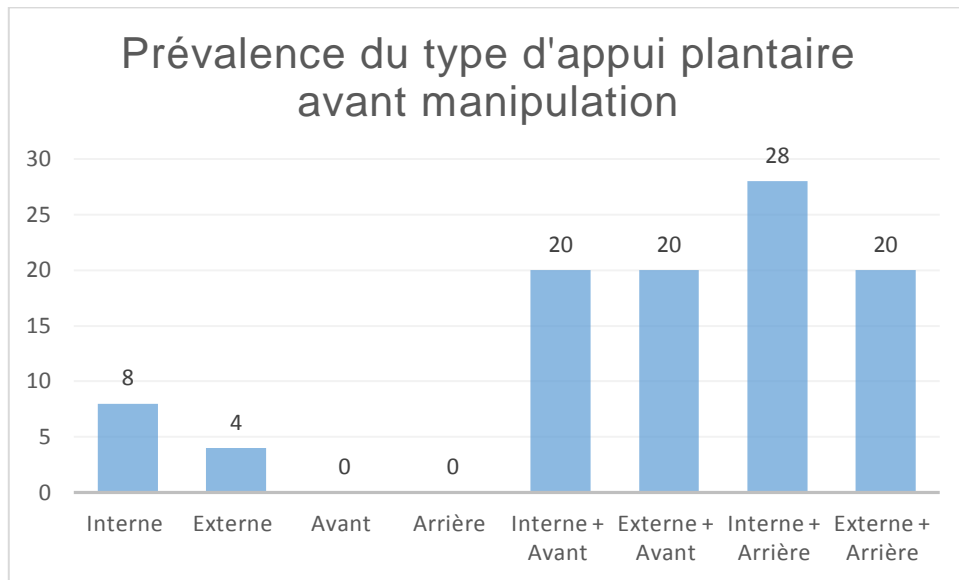


Tableau 3 - Classification des différents types d'appui après manipulation

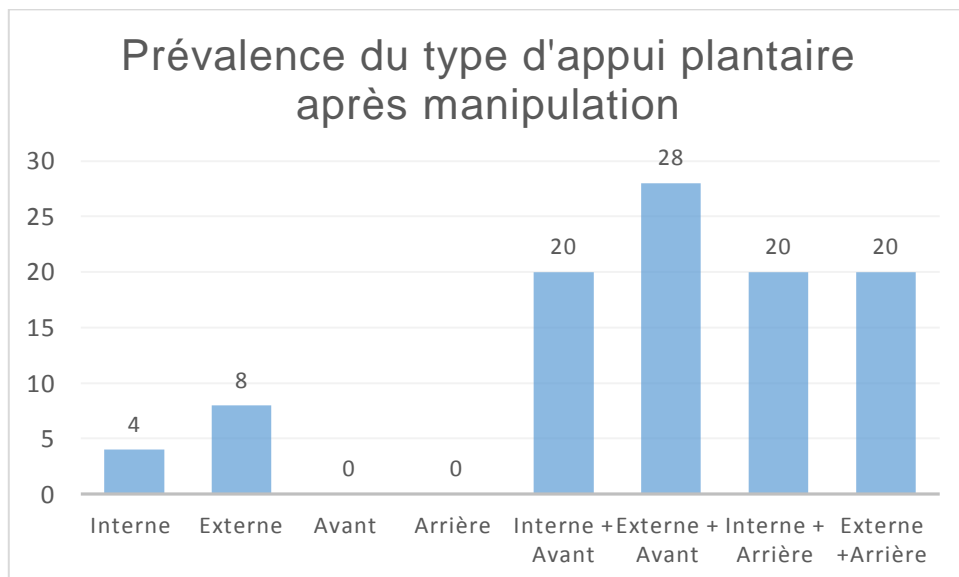
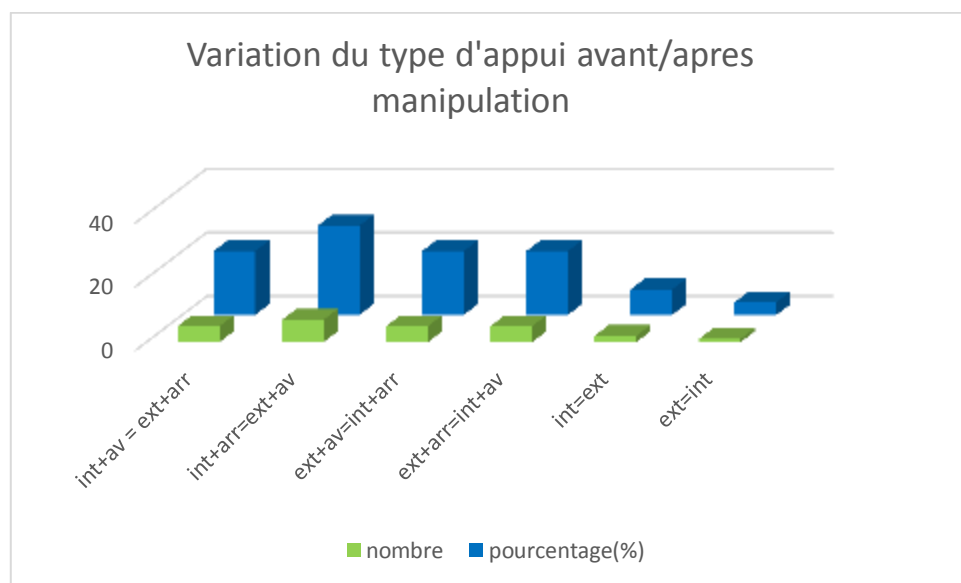


Tableau 4 - Récapitulatif des différentes évolutions répertoriées lors de cette étude

Type d'appui	Nombre	Pourcentage(%)
Interne + avant = externe + arrière	5	20
Interne + arrière = externe + avant	7	28
Externe + avant = interne + arrière	5	20
Externe + arrière = interne + avant	5	20
Interne = externe	2	8
Externe = interne	1	4

Tableau 5 - Différents modes d'évolution des appuis plantaires avant/après la manipulation



5. Discussion et analyse

Nous avons choisi de regrouper les différentes observations. Sur un panel de 25 patients, les empreintes prises avant la manipulation montrent que (Tableau 1) :

- 8% des patients exerçaient une force plus importante sur l'arche interne ;
- 4% exerçaient une force plus importante sur l'arche externe ;
- 20% présentaient un appui localisé de manière plus importante sur l'arche interne et sur l'avant pied ;
- 20% appuyaient davantage sur l'arche externe et l'avant pied ;
- 28% de la population étudiée montraient des appuis localisés sur l'arche interne et sur l'arrière pied ;
- 20% concentraient les forces reçues sur l'arche externe et l'arrière pied

Suite à la manipulation des sous-occipitaux nous constatons que :

- 4% de cette population ont déplacé leurs appuis sur l'arche interne ;
- 8% ont déplacé leurs appuis sur l'arche externe ;
- 20% ont déplacé leurs appuis sur l'arche interne et sur l'avant pied ;
- 28% ont déplacé leurs appuis sur leur arche externe et l'avant pied ;
- 20 % ont déplacé leurs appuis sur l'arche interne et l'arrière pied ;
- 20% ont déplacé leurs appuis sur le bord externe et l'arrière pied.

Ces graphiques montrent les changements constatés lors des manipulations. Les résultats observés avant et après manipulation se regroupent en 6 grands ensembles homogènes et nous allons étudier pour chacun une empreinte représentative.

5.1. Empreinte numéro 1 : empreinte MS avant / après



Pré manipulation



Post manipulation

Nous pouvons observer sur cette empreinte pré manipulation, une zone d'appui importante sur la face plantaire des phalanges proximales des premier et deuxième orteils, quantifiée par la présence de nombreux petits picots résultant d'une forte pression. Nous notons également une faible pression sur la face plantaire de la phalange du cinquième rayon et une zone d'appui diffuse sur la face plantaire du calcaneus. Ce schéma sera nommé ANTERO-INTERNE.

Sur l'empreinte post manipulation, nous trouvons un appui préférentiel sur la face plantaire de la phalange proximale du quatrième et du cinquième rayon et sur toute l'arche externe du pied. Nous constatons également un appui calcanéen présentant un plus fort appui sur la face postéro-externe du calcaneus. Ce schéma s'apparente à un type POSTERO-EXTERNE.

Suite à la manipulation, les appuis plantaires du patient sont passés du type ANTERO-INTERNE à POSTERO-EXTERNE : 20% des patients du panel testés.

5.2. Empreinte n°2 : VH avant / après



Pré manipulation



Post manipulation

Sur l'empreinte pré manipulation, nous trouvons un fort appui sur le bord interne de la phalange proximale du premier rayon ainsi qu'un appui sous la face plantaire de la base de M1 et un important appui calcanéen postéro-interne. Nous nommerons cet appui POSTERO-INTERNE.

Lors de l'examen de l'empreinte post manipulation, l'arche externe est plus prononcée et nous notons un important appui sur les bases des phalanges proximales des quatrième et cinquième rayons aussi bien en pression qu'en surface d'appui. Nous retrouvons également une diminution des appuis internes (sur le premier rayon) et la partie calcanéenne semble être moins sollicitée. Nous nommerons ce type ANTERO-EXTERNE.

Ce type d'évolution représente le pourcentage le plus élevé (28%). Il semble que la majorité des patients présente un schéma POSTERO-INTERNE avant la manipulation. Cette population devient ANTERO-EXTERNE après l'expérience.

5.3. Empreinte n°3 : SD avant / après



Pré manipulation



Post manipulation

Lors de l'observation de cette empreinte pré manipulation, nous observons un large appui sur l'intégralité de l'arche externe et également sur les faces plantaires des cinq orteils. De plus, nous remarquons une surface d'appui notable au niveau du secteur moyen du pied. Nous nommerons ce type ANTERO-EXTERNE.

Sur l'empreinte post manipulation de l'empreinte, nous constatons une diminution des précédentes surfaces d'appui au profit d'appui plus prononcé au niveau de l'arche interne notamment sur la partie calcanéenne antéro-interne ainsi que sur la face plantaire de la tête du premier métatarsien. Nous nommerons ce type POSTERO-INTERNE.

Ce type d'évolution, ANTERO-EXTERNE vers le type POSTERO-INTERNE concerne 20% de la population testée.

5.4. Empreinte n°4 : AF avant/après



Pré manipulation



Post manipulation

Lors de l'examen de l'empreinte pré manipulation, l'appui est prédominant sur l'arche externe sur la partie postérieure du talon. A noter également un appui superficiel sur les bases des orteils. Nous nommerons ce type POSTERO-EXTERNE.

Sur l'empreinte post manipulation, nous constatons un appui conséquent sur les faces plantaires des phalanges proximales des 4 premiers orteils ainsi qu'un appui localisé sur la face plantaire de la base de M1. De plus, nous notons un étalement de l'appui sur le premier métatarse et la partie antéro-interne du pied. Nous nommerons ce type ANTERO-INTERNE.

20% des patients passent du type POSTERO-EXTERNE au type ANTERO-INTERNE.

5.5. Empreinte n°5 : AL avant/après



Pré manipulation



Post manipulation

Sur l’empreinte pré manipulation, nous notons un appui majoritaire sur la totalité de l’arche interne et une portion localisée sur la face plantaire de la base de M1. De plus, nous pouvons constater l’absence de l’empreinte du cinquième orteil. Nous nommerons ce type INTERNE.

Sur l’empreinte post manipulation, nous observons un changement d’appui vers l’arche externe du pied associé à une apparition de l’empreinte du cinquième orteil et une zone d’appui prononcé au niveau de la styloïde du cinquième métatarse. Nous nommerons ce type EXTERNE.

Seuls 8% des patients passent du type INTERNE vers l’EXTERNE.

5.6. Empreinte n°6 : JH avant/ après



Pré manipulation



Post manipulation

En observant l’empreinte pré manipulation, nous notons un appui important sur la face plantaire de la phalange proximale du cinquième orteil ainsi qu’un appui localisé en regard de la styloïde du cinquième métatarse. Nous remarquons une surface faible d’appui sur le premier rayon. Nous nommerons ce type EXTERNE.

Sur l’empreinte post manipulation, nous observons une diminution de l’appui global de l’arche externe (styloïde de M5 et cinquième orteil) et une augmentation de la force d’appui ainsi que de la surface sur le bord interne de l’hallux et de la base de M1. Nous nommerons ce type INTERNE.

Seuls 4% passent du type EXTERNE au type INTERNE.

Méta analyse :

Après avoir testé en posturologie les patients afin d'obtenir un panel homogène, nous avons pu répertorier les précédents résultats et constater qu'une simple manipulation des sous-occipitaux (inhibition) a considérablement modifié l'empreinte du pied et donc la répartition des charges sur le pied.

De plus, nous constatons que cette manipulation inverse la surface d'appui du pied. En effet, tous les patients présentent un schéma inversé :

- POSTERO-INTERNE deviennent ANTERO- EXTERNE
- POSTERO-EXTERNE deviennent ANTERO-INTERNE
- ANTERO-EXTERNE deviennent POSTERO-INTERNE
- ANTERO-INTERNE deviennent POSTERO-EXTERNE
- INTERNE deviennent EXTERNE
- EXTERNE deviennent INTERNE

Il ressort donc que la manipulation des sous-occipitaux a un impact sur la posture.

Limites de l'expérience :

Toutefois, il semble que cette expérience ne soit pas réalisable sur un patient présentant des pieds plats. En effet, lors de notre étude, nous avons essayé de réaliser ce protocole sur un sujet présentant un pied plat physiologique. Les résultats semblent indiquer qu'il n'y a aucun changement significatif.

6. Conclusion

Les muscles sous-occipitaux sont au sein d'un carrefour anatomique important et complexe, aussi bien d'un point de vue neurologique, que vasculaire ou encore dure-mérien.

En effet, leur état de tension va influencer tout autant la sphère biomécanique que fluïdique. Ainsi, par le biais de leur interaction, ils vont pouvoir influer sur des éléments plus nobles comme le tronc cérébral ou encore le cervelet.

Ces petits muscles sont en perpétuelle adaptation, à la fois causals et adaptatifs. Comme nous venons de le voir, ils participent au maintien d'une posture qui se doit d'être économique, performante et confortable pour satisfaire au bien-être et à l'équilibre de l'individu.

Le traitement ostéopathique des sous-occipitaux permet la réinitialisation de la posture de l'individu autour des nouvelles données qui lui ont été apportées lors du traitement ostéopathique du dysfonctionnement cause initiale de la consultation.

Le résultat du traitement isolé de ces muscles ne peut être ancré dans le temps, du fait de la constante adaptation de cette région à son environnement : d'où la proposition d'associer systématiquement la manipulation de cette zone au traitement ostéopathique. De plus, il serait intéressant de continuer cette étude, en suivant le même protocole, afin de voir si le traitement systématique des sous-occipitaux en fin de séance ne pourrait pas permettre la pérennisation du traitement ostéopathique.

7. Bibliographie

L. Ait-Abbas, *Occlusion et posture de l'enfant*, « Mémoire pour le Diplôme Universitaire d'Occlus odontologie », Toulouse, 1992.

Association ORION (Office de Recherche Interdisciplinaire sur les Organisations Neurophysiologiques), *Le système tonique postural*.

R. Augé, « L'Ajustement proprioceptif chez les lombalgiques », *Kinésie Scientifique*, 1975, N° 122, p. 19,30.

L. Barbier, « Posture et statique chez l'enfant. Étude statistique réalisée en milieu scolaire », *Archives du Collège International d'Étude de la Statique Marseille*, Paris, 1994.

J.B. Baron, J.C. Bessineton, G. Bizzo, R. Noto, G. Tivanian, M. Pacifici, « Corrélation entre le fonctionnement des systèmes sensori-motrices labyrinthique et oculomoteur, ajustant les déplacements du centre de gravité du corps de l'homme en orthostatisme », *Agressologie*, 1973, 14, B : 79-86.

J.B. Baron, P.M. Gagey, B. Asselin, N. Ushio, *Les Asymétries de la posture orthostatique sont-elles aléatoires ?*, « Revue Médecine du Travail », 1977, p. 189-195.

R. Benoit-Lévy, A. Scheibel, « Effets de deux techniques crâniennes sur le stabilogramme », *Neurophysiologie clinique 39 Abstracts Equilibre et locomotion*, XVI^e congrès de l'association posture et équilibre Villeneuve d'Ascq. 13-14 nov 2009, Editions Elsevier – Masson, 2009. 241-261.

A. Berthoz, P.M. Gagey, A. Semon, P. Van Tichelen, C. Marucchi, *Les troubles de l'équilibre*, Editions Frison-Roche, 1992, ISBN 2-87671-113-3.

G. Bizzo, N. Guillet, A. Patat, P.M. Gagey, "Specifications for building a vertical force platform designed for clinical stabilometry", *Medical and Biological Engineering and Computing*, 1985, Volume 23, Issue 5, p. 474-476.

B. Bogduk, A. Mc Guirk, « Prise en charge des cervicalgies aiguës et chroniques - une approche fondée sur les preuves », Editions Elsevier Masson, 07/2007.

Bougros, « Compte rendu expérimentation sur les semelles polarisantes », Hôpital de Cavaillon Service Chirurgical, Archives du Collège International d'Étude de la Statique Marseille.

B. Bricot, *Contribution à la correction des troubles du tonus postural par action sur l'appui podal*, Thèse Faculté de Médecine Marseille, 1981.

B. Bricot, *La reprogrammation posturale globale*, Sauramps Médical, 1996, ISBN : 2 84023 110 7.

A. Bullinger, « Posture et oculomotricité », Congrès international de psychologie de l'enfant, *In Enfance*, 1980, Tome 33 n°4-5, p. 18-20.

E. Cyon De, *L'oreille, organe d'orientation dans le temps et dans l'espace*, Editions Félix Alcan, 1911.

H.M. Da Cunha, « Le syndrome de déficience posturale », *Agressologie*, 1987, 28, 941-943.

J.X. Dasse, *Intérêt de l'examen postural clinique et instrumental dans la réparation des dommages corporels*, Mémoire pour le C.E.S. de réparation des dommages corporels, Paris, 1975.

M. Debusschere, A.Scheibel, « Les modifications du stabilogramme qu'entraînent deux ajustements ostéopathiques sont cohérentes avec l'orientation sagittale ou frontale qu'ils impliquent », *Agressologie*, 1990, 32, 2: 134-136.

J. Delaire, *Apport de l'analyse architecturale crânio-faciale*, Thèse de Doctorat Université de Nantes, 1999.

G. Elie, *Le système proprioceptif*

J.P. Euzet, *Approche méthodologique de l'évaluation de l'équilibre postural*, Mémoire de maîtrise fondamentale S.T.A.P.S./U.F.R.E.P.S, Nice, 1987

A. Faugouin, « Colonne cervicale et Contrôle Postural », Congrès de l'hôpital américain de Paris, 2009.

M. Fischer, B. Eriau, « Trust, sémiologie, imagerie », Editions Elsevier-Masson, 2009.

T. Fukuda, « The stepping test : two phases of the labyrinthine reflex » , *Acta-Otolaryngologica*, 1959, 50 (2), p. 95-108.

T. Fukuda, « Studies on human dynamic postures from the view point of postural reflexes », *Acta-Otolaryngologica*, 1961, Supplément 161, p.1-52

P.M. Gagey, « Examen clinique postural et posturographie », *Revue de Médecine du Travail*, 1973, 2, 2 : 237-241.

P.M. Gagey, « L'examen clinique postural », Communication à la Société de Posturographie, Séance du 20-11.1974.

P.M. Gagey, J.M. Baron, M. Amphoux, M. Blaizot, R. Gentaz, H. Gournot, « Perturbations de l'activité tonique posturale des membres inférieurs en : cathédrostatisme au cours des mouvements oculaires horizontaux rencontrées dans certains syndromes post commotionnels d'origine tronculaire », *Agressologie*, 1976, 16, D : 77-82.

P.M. Gagey, J.B. Baron, J. Espargot, J.P. Poli, « Variations de l'activité tonique posturale et activité des muscles oculocéphalogyres en cathédrostatisme », *Agressologie*, 1973, 14, B : 87-96.

P.M. Gagey, J.B. Baron, Ushion, « Activité tonique posturale et activité gestuelle. Le test de la clé », *Agressologie*, 1974, 6 (15) 5 : 353-358.

P.M. Gagey, G. Bizzo, L. Bonnier, R. Gentaz, P. Guillaume, C. Marucchi, « Huit leçons de posturologie », Association française de posturologie, Paris, 1990.

P.M. Gagey, B. Weber, « Posturologie, régulation et dérèglements de la station debout », Editions Elsevier-Masson, 2005.

R. Hugonnier, « Strabismes, hétérophories, paralysies oculomotrices », Editions Masson, 1959.

I. Kapandji, « Anatomie fonctionnelle - Tome 3 - Tête et rachis », Editions Maloine, 6ème édition 13/04/2007.

R. Kohen-Raz, *Learning disabilities and postural control*, 1986.

T.T. Le, « Rôle de la convergence oculomotrice dans le contrôle de la posture », 1973

F. Le Corre et E. Rageot, *Atlas pratique de médecine manuelle ostéopathique*, Masson, 2005

R. Maigne, « Diagnostic et mécanisme d'un dérangement intervertébral mineur », *Cinésiologie*, 1975, 12. 47 : 25-48.

C. Marchal-Fabin, *Les troubles de l'équilibre dans les professions du bâtiment*, Thèse de Médecine, Paris Val-de-Marne, 1977.

L. Misery, « La peau neuronale ou les nerfs à fleur de peau », *Collection Vivre et Comprendre*, Editions Ellipses Marketing, 2000, 99p.

J. Paillard, « Le corps situé et le corps identifié : une approche psychophysiologique de la notion du schéma corporel », *Revue Médicale Suisse Romande*, 1980, p. 129,141.

J. Paillard, M. Bouchon, « A proprioceptive contribution to the spatial encoding of position cues for ballistic movements », *Brain Resaerch*, 1974, 71: 273-284.

A. Pradels, D. Pradon, N. Vuillerme, « Stimulation douloureuse des soles plantaires : impact sur le contrôle de la posture et de la locomotion », 18èmes journées de Posturologie Clinique « Posturologie et Douleur », Paris 22 et 23 janvier 2010.

G. Rouffignac, « Le traitement de l'OAA, indispensable ? », Mémoire IDO, Paris, 2013.

A.T. Still, *Philosophie de l'ostéopathie*, 1898, Traduit de l'américain par P. Tricot, Editions Sully, 2003.

T. Uemura, B. Cohen, « Effects of vestibular nuclei lesions on vestibulo-ocular reflexes and posture in Monkeys », *Acta-Otolaryngologica*, 1973, Supplément 315.

Ushion, M. Hinoki, J.B. Baron, P.M. Gagey, J. Meyer, « The stepping test with neck torsion : proposal of a new equilibrium test for cervical vertigo », *Practica Otologica Kyoto 69*, 1977, supplement 3 : 1369-1379 (en japonais).

A.L. Van Den Meer, F.R. Van Der Weel, D.N. Lee, « “The functional significance of arm movements In neonates » », *Science magazine*, février 1995, volume 267.

C. Vedrenne, J.P. Chodkiewicz, « Les lésions du tronc cérébral chez les traumatisés crâniens (étude anatomique) », *Agressologie*, 1975, 16, D: 1-8.