

## ***Podologie, quel futur ?***

*Pourrait-on raisonnablement discuter du présent et du futur de la podologie sans une compréhension, s'il en est, exhaustive du passé ?*

A tout seigneur, tout honneur, le Dr. Merton ROOT qui, le premier, créa le "Department of Podiatric Biomechanics" en 1966, en Californie (actuellement nommé "California School of Podiatric Médecine" au sein de l'Université Samuel Merritt).

Entouré de ses collègues, John WEED, William ORIEN, Christopher SMITH et Tom SGARLATO, ils furent les premiers "podologues" à conceptualiser les idées émergentes sur, je cite, "Foot and lower extremity function". S'en suivit la publication de 4 livres de biomécanique podologique<sup>1</sup>.

*Quels sont, en résumé, ces concepts ?*

1° Le concept de la position neutre de l'articulation sous-talienne

2° Développer une classification des déformations du pied et des extrémités du membre inférieur

3° Définir les caractéristiques biophysiques du pied et du membre inférieur comme étant le modèle de la normalité structurelle.

**a)** L'axe du tiers distal de la jambe est vertical.

**b)** L'articulation sous-talienne est en position neutre.

**c)** L'articulation médio-tarsienne est bloquée en pronation maximale.

**d)** La bissection du calcaneum est verticale et perpendiculaire à la surface portante.

**e)** La surface plantaire de l'arrière-pied est parallèle à la surface plantaire de l'avant-pied, toutes deux parallèles à la surface portante du sol qui est horizontale.

---

<sup>1</sup>Sgarlato TE (ed). A Compendium of Podiatric Biomechanics. California College of Podiatric Medicine, San Francisco, 1971.

Root ML, Orien WP, Weed JH, Hughes RJ. Biomechanical Examination of the Foot, Volume 1. Clinical Biomechanics Corporation, Los Angeles, 1971.

Root ML, Orien WP, Weed JH. Normal and Abnormal Function of the Foot. Clinical Biomechanics Corp., Los Angeles, CA, 1977.

Root ML, Weed JH, Orien WP. Neutral Position Casting Techniques, Clinical Biomechanics Corp., Los Angeles, 1978.

f) A l'avant-pied, toutes les têtes métatarsiennes sont en contact avec la surface portantes

4° Enfin, créer et développer des semelles en thermoplastique, ainsi que les techniques de prises d'empreintes et de fabrication associées.

Ces nouvelles idées et concepts (pour rappel, le premier livre du Dr. Merton ROOT date de 1971) sont encore, de nos jours, largement diffusés tels quels, ou presque, dans les instituts d'enseignement podologique. Oserais-je même dire qu'il s'agit presque d'un dogme ???

*Où se situe donc le problème, me direz-vous ?*

Car, ces concepts, bien que datant déjà, sont plaisants au niveau pédagogique, sont utilisables dans une clinique quotidienne, permettent au podologue d'imaginer le fonctionnement du pied avant même de l'avoir observé en mouvement et, de plus, permettent une fabrication des semelles fonctionnelles selon un schéma "quantifiable".

Prenons un exemple très simple....., un podologue mesure la déformation de l'avant-pied en tenant compte des critères définis par le Dr. Merton ROOT et trouve une valeur de déformation de 15°. Ce même podologue devrait, si nous suivons toujours la même logique, retrouver ces mêmes 15° de déformations dans la prise d'empreinte et un des critères du cahier des charge des semelles fonctionnelles qu'il fournira à son patient sera une "compensation" de ces mêmes 15°.

Processus très plaisant, n'est-il pas ? Chaque étape du processus renforçant le podologue dans ses certitudes s'il retrouve ces 15°.....

*Mais voilà, plusieurs points, et non des moindres, viennent invalider ces concepts.*

Le premier point est la définition même de la position neutre. Comment le Dr. Merton ROOT et ses collègues ont-ils pu définir précisément, scientifiquement dirais-je, cette position neutre ? Très (trop) simplement, en expliquant que la position neutre de la sous-talienne est la position dans laquelle l'articulation n'est ni en pronation, ni en supination..... Une magnifique tautologie, ou une Lapalissade s'il en est !

Le second point d'invalidité de ces concepts est la marge d'erreur inter et intra-opérateurs des mesures proposées (Relaxed Calcaneum Stand Position, RCSP - Neutral Calcaneum Stand Position, RCSP – Déformation de l'avant-pied et mesure des mobilités du premier rayon). Une étude réalisée par des chercheurs australiens montre très clairement une variation statistiquement significative de plus de 16° pour la mesure de la déformation de l'avant-pied, la plage de mesure, pour un même sujet soumis à plusieurs podologues, expérimentés ou non, variant de 10° Valgus à 6° varus<sup>2</sup> !!!

Le troisième point mettant à mal les concepts du Dr. Merton ROOT est la classification même des types de pieds. En effet, si l'on se base sur les 8 critères biophysiques permettant de définir la normalité, cela revient à dire que tout sujet ne présentant pas ces critères de "normalité" bascule automatiquement dans l'anormalité et serait donc pathologique ?

Pour renforcer l'idée que le concept de normalité est invalide, il suffit de parcourir les études réalisées par Mc POIL et PIERRYNOWSKI, concernant des groupes de jeunes sujets asymptomatiques. Ces deux auteurs donnent une définition de la normalité basée sur une moyenne morphologique des mesures retrouvées dans ces groupes de sujets<sup>3</sup>, infirmant la "normalité" établie par le Dr. Merton ROOT.

En conclusion, à la question de savoir si les concepts émis par le Dr. Merton ROOT et ses collaborateurs sont erronés, la réponse est clairement OUI. Attention, cela ne retire en rien à ces précurseurs d'avoir été des visionnaires et, sans eux, la podologie ne serait certainement pas ce qu'elle est aujourd'hui. Ils ont été, et resteront pour toujours, ceux par qui la recherche podologique s'est développée.

Mais, de la bouche même du Dr. Merton ROOT, il n'espérait qu'une chose, c'est que ses concepts soient dépassés endéans la décennie, étant le premier à pousser ses étudiants et collègues à le challenger sur ses idées afin de toujours faire avancer son métier.

---

<sup>2</sup> Chuter V, Payne C, Miller K. Variability of neutral-position casting of the foot. JAPMA, 93(1):1-5, 2003.

<sup>3</sup> McPoil T, Cornwall MW. Relationship between neutral subtalar joint position and pattern of rearfoot motion during walking. Foot Ankle Intl 15(3):141-145, 1994.

Pierrynowski MR, Smith SB. Rearfoot inversion/eversion during gait relative to the subtalar joint neutral position. Foot Ankle Intl.17(7):406-412, 1996.

Donc, en résumé, grâce à l'évolution des techniques d'investigations ayant permis aux concepts de toujours aller plus loin dans la compréhension de la biomécanique du pied et du membre inférieur, nous pouvons affirmer que les concepts établis par le Dr. Merton ROOT et ses collègues établissant des liens entre la fonction du pied et sa structure ne sont absolument pas supportés par la littérature... En d'autres termes, cela signifie que *la fonction du pied n'est pas liée à sa structure*. Par contre, cela ne signifie pas qu'il faille abandonner toute recherche dans ce sens.

*Mais alors, comment devons-nous procéder en tant que podologue afin, d'un côté, d'être le plus "biomécanicien" possible quand nous analysons un patient et, de l'autre côté, conserver notre "âme" de clinicien ?*

Quelques questions auxquelles nous allons essayer de répondre et qui, selon, moi, doivent (devraient) faire partie intégrante de tout bilan podologique.

1° Quel est le rôle précis de la semelle fonctionnelle ?

2° Quels ont été, et quels sont aujourd'hui, les concepts sur lesquels, en tant que podologue, je peux me baser afin de construire une analyse biomécanique du pied et du membre inférieur qui tienne compte de la science ?

3° Quel est le but de mon bilan podologique ?

4° Quels sont les outils dont je dispose en cabinet afin de vérifier l'efficacité des semelles ?

*Commençons d'abord par définir ce qu'est une semelle fonctionnelle, ou du moins ce qu'elle est sensée avoir comme action mécanique.*

En effet, placer une interface sous le pied d'un patient, en espérant obtenir un effet, qui plus est un effet positif, est une chose. Mais définir et quantifier, en tant que thérapeute, quels doivent être précisément ces effets et pouvoir les vérifier est, selon, moi, autre chose.

Une semelle fonctionnelle est un "outil" sensé modifier les forces de réaction du sol. En d'autres termes, le rôle d'une semelle fonctionnelle est de déplacer (modifier serait peut-être plus juste) le point d'appui du

corps au sol, via le pied, entraînant de ce fait une (des) modification(s) des moments moteurs associés à ce même point d'appui. Tout est dans tout ! Nous parlons bien ici de cinématique mais aussi, de cinétique.

Le but de tout podologue serait donc, le plus précisément possible, de pouvoir quantifier les forces internes et externes mises en jeu lors de la marche. La semelle étant sensée modifier ces forces afin de permettre au patient un mieux-être, comment dès lors analyser et quantifier ces contraintes, avant et après le port de semelles ? Et, surtout, si les concepts établis par le Dr. Merton ROOT s'avèrent invalides, quels concepts devons-nous utiliser

*Voici donc le second point, à savoir l'évolution des concepts biomécanique du pied et du membre inférieur.*

L'idée du Dr. Merton ROOT et de ses collègues était que la fonction "normale" du pied et du membre inférieur pouvait se résumer comme suit :

Le pied devait fonctionner autour de la position neutre de l'articulation sous-talienne, l'articulation médio-tarsienne se trouvant, quant à elle, "bloquée" en pronation maximale. Si la semelle parvenait à faire fonctionner le pied comme décrit ci-dessus, elle aurait atteint son rôle thérapeutique<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> McPoil TG, Cornwall MW. The relationship between subtalar joint neutral position and rearfoot motion during walking. *Foot Ankle Int* 15:141-45, 1994.

Payne CB. Should the baby be thrown out with the bathwater? *Australasian J Pod Med* 31:73-75, 1997.

Leung AK, Cheng JC, Mak AF. Orthotic design and foot impression procedures to control foot alignment. *Prosthet Orthot Int* 28:254-262, 2004.

LaPointe SJ, Pebbles C, Nakra A, Hillstrom H. The reliability of clinical and caliper-based calcaneal bisection measurements. *JAPMA* 91: 121-26, 2001.

Ball KA, Afheldt MJ. Evolution of foot orthotics part 1: coherent theory or coherent practice? *J Manipulative Physiol Ther* 25: 116-124, 2002.

Ball KA, Afheldt MJ. Evolution of foot orthotics part 2: research reshapes longstanding theory. *J Manipulative Physiol Ther* 25:125-134, 2002.

Keenan AM, Bach TM. Clinicians' assessment of the hindfoot: a study of reliability. *Foot Ankle Int* 27:451-460, 2006.

Payne CB, Chuter V. The clash between theory and science on the kinematic effectiveness of foot orthoses. *Clin Podiatr Med Surg* 18:705-713, 2001.

Le manque d'évidences scientifiques quant à la validation du concept du fonctionnement de la sous-talienne autour de sa position neutre força les chercheurs à proposer d'autres théories afin d'expliquer les différents comportements mécaniques du pied et du membre inférieur.

Examinons ci-après la théorie suivante : *“Effects of Sub-Talar Joint (STJ) Location and Rotational Equilibrium”*. Kevin KIRBY décrit, en 1987, que les différents positionnements dans l'espace de l'axe de la STJ pouvaient modifier l'amplitude et la direction des forces de rotation agissant autour de l'axe de la STJ<sup>5</sup>.

En 1999, EA FULLER apporta une contribution complémentaire à la théorie de K. KIRBY, en décrivant que la localisation de l'axe de la STJ en regard du centre de pression (COP) de la sole plantaire pouvait avoir une influence mécanique substantielle les moments supinateurs et pronateurs, ayant comme conséquence certaines pathologies du pied et des membres inférieurs<sup>6</sup>.

En d'autres termes, si j'applique une semelle, possédant des caractéristiques mécaniques spécifiques (modification de l'amplitude et du timing de par le déplacement du point d'application des forces de réaction du sol) au pied d'un patient, tout déplacement de la position spatiale de l'axe autour duquel cette semelle est sensée agir, modifierai de facto l'impact de cette même semelle. D'où l'importance, en tant que podologue clinicien, de pouvoir définir au plus juste, le positionnement spatial de l'axe de la STJ avant de concevoir une semelle fonctionnelle<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Kirby KA. Methods for determination of positional variations in subtalar joint axis. JAPMA 77:228-234, 1987.

<sup>6</sup> Fuller EA. Center of pressure and its theoretical relationship to foot pathology. JAPMA 89(6):279-281, 1999.

<sup>7</sup> Manter JT. Movements of the subtalar and transverse tarsal joints. Anat Rec 80:397-410, 1941.

Hicks JH. The mechanics of the foot: the joints. J Anatomy 87:25-31, 1953.

Inman VT. The Joints of the Ankle. Williams and Wilkins, Baltimore, 1976.

Isman RE, Inman VT. Anthropometric studies of the human foot and ankle. Bull Pros Research 10:97-129, 1969.

Close JR, Inman VT, Poor PM, et. al. The function of the subtalar joint. Clin Orthop 50:159-179, 1967.

Sarrafian SK: Anatomy of the Foot and Ankle, JB Lippincott Co., Philadelphia, 1983.

Van Langerlaan EJ. A kinematical analysis of the tarsal joints. Acta Orthop Scand 54(Suppl): 204, 135-229, 1983.

Huson A. Biomechanics of the tarsal mechanism. A key to the function of the normal human foot. JAPMA 90:12-17, 2000.

Benink RJ. The constraint mechanism of the human tarsus. Acta Orthop Scand 54(Suppl): 215, 1985.

Lundberg A, Goldie I, Kalin B, et. al. Kinematics of the ankle/foot complex: plantarflexion and dorsiflexion. Foot Ankle Int 9:194-200, 1989.

Lundberg A, Svensson OK, Bylund C, et. al. Kinematics of the ankle/foot complex: pronation and

Autre théorie ayant fait évoluer la compréhension du fonctionnement biomécanique du pied et du membre inférieur est dénommée "*Tissue Stress Theory*".

Cette théorie, développée par Mc POIL TG et HUNT GC, apparue en 1992 pour la première fois dans la littérature podologique, décrit l'importance de se focaliser, non pas sur les apparentes "déformations

---

supination. *Foot Ankle Int* 9:248-253, 1989.

Lundberg A. Kinematics of the ankle and foot. In vivo roentgen stereophotogrammetry. *Acta Orthop Scand Suppl* 233:1-24, 1989.

Lundberg A, Svensson OK. The axes of rotation of the talocalcaneal and talonavicular joints. *Foot* 3:65, 1993.

Spooner SK, Kirby KA. The subtalar joint axis locator: a preliminary report. *JAPMA* 96: 212-219, 2006.

Van Gheluwe B, Roosen P, Desloovere K. Rearfoot kinematics during initial takeoff of elite high jumpers: estimation of spatial position and orientation of subtalar axis. *J Appl Biomech* 19:13-27, 2003.

Van Gheluwe B, Kirby KA, Hagman F. Effects of simulated genu valgum and genu varum on ground reaction forces and subtalar joint function during gait. *JAPMA* 95:531-541, 2005.

Piazza SJ. Mechanics of the subtalar joint and its function during walking. *Foot Ankle Clin N Am* 10:425-442, 2005.

Nester CJ. Review of literature on the axis of rotation at the subtalar joint. *Foot* 8:111-118, 1998.

Root ML, Weed JH, Sgarlato TE, Bluth DR. Axis of motion of the subtalar joint. *JAPA* 56:149, 1966.

O'Connor KM, Hamill J. Frontal plane moments do not accurately reflect ankle dynamics during running. *J Appl Biom* 21:85-95, 2005.

Zographos S, Chaminade B, Hobatho MC, Utheza G. Experimental study of the subtalar joint axis: preliminary investigation. *Surg Radiol Anat* 22:271-276, 2000.

Phillips RD, Lidtke RH. Clinical determination of the linear equation for the subtalar joint axis. *JAPMA* 82:1-20, 1992.

Morris JL, Jones LJ. New techniques to establish the subtalar joint's functional axis. *Clin Pod Med Surg* 11(2):301-309, 1994.

Van Den Bogert AJ, Smith GD, Nigg BM. In vivo determination of the anatomical axes of the ankle joint complex: an optimization approach. *J Biomech* 27:1477-1488, 1994.

Zifchock RA, Piazza SJ. Investigation of the validity of the modeling of the Achilles tendon as having a single insertion site. *Clin Biomech* 19:303-307, 2004.

Lewis GS, Kirby KA, Piazza SJ. Determination of subtalar joint axis location by restriction of talocrural joint motion. *Gait and Posture*. In press 2006.

Lewis GS, Sommer HJ, Piazza SJ. In vitro assessment of a motion-based optimization method for locating the talocrural and subtalar joint axes. *J Biomech Eng* 128:596-603, 2006.

Payne C, Munteanu S, Miller K. Position of the subtalar joint axis and resistance of the rearfoot to supination. *JAPMA* 93(2):131-135, 2003.

Siegler S, Chen J, Schneck CD. The three-dimensional kinematics and flexibility characteristics of the human ankle and subtalar joints part 1: kinematics. *J Biomech Eng* 110:364-373, 1988.

Engsberg JR. A biomechanical analysis of the talocalcaneal joint in vitro. *J Biomech* 20:429-442, 1987.

Pierrynowski MR, Finstad E, Kemeesey M, Simpson J. Relationship between the subtalar joint inclination angle and the location of lower-extremity injuries. *JAPMA* 93:481-484, 2003.

Leardini A, Stagni R, O'Connor JJ. Mobility of the subtalar joint in the intact ankle complex. *J Biomech* 34:805-809, 2001.

Leardini A, O'Connor JJ, Catani F, et. al. Kinematics of the human ankle complex in passive flexion: a single degree of freedom system. *J Biomech* 32:111-118, 1999.

Arndt A, Westblad P, Winson I, et. al. Ankle and subtalar joint kinematics measured with intracortical pins during the stance phase of walking. *Foot Ankle Int* 25:357-364, 2004.

Scott SH, Winter DA. Talocrural and talocalcaneal joint kinematics and kinetics during the stance phase of walking. *J Biomech* 24:743-752, 1991.

structurelles” du pied et du membre inférieur, mais bien sur les “stress pathologiques” appliqués aux tissus blessés<sup>8</sup>. De la même manière qu’un ingénieur calcule le “stress’ d’une structure en analysant les différentes tensions, compressions et/ou forces de torsion, le podologue pourrait appliquer ce même concept au pied en charge, lui permettant d’aboutir à un meilleur cahier de charge et design de ses semelles fonctionnelles. Un des points de départ de cette théorie étant que les techniques de mesures du pied et du membre inférieur utilisées présentaient une bien trop faible fiabilité pour être des outils servant à concevoir le cahier des charges des semelles fonctionnelles. L’application par les podologues cliniciens du “Tissue Stress Theory” aurait comme but de se focaliser, non pas sur les déformations mesurées, mais bien sur les structures anatomiques spécifiques et individuelles nécessitant une diminution significative des contraintes qu’elles subissent (amplitude et timing), en regard d’une pathologie<sup>9</sup>.

Donc, concernant les liens entre l’examen clinique global du podologue et son “outil” thérapeutique, à savoir la semelle, la question devient :

***Quels sont les paramètres de l’examen à intégrer dans la fabrication des semelles (axe, épaisseur, détorsion, courbure, ..... ???) et, surtout, comment quantifier ces mêmes paramètres tout au long du processus podologique ?***

---

<sup>8</sup> McPoil TG, Hunt GC. Evaluation and management of foot and ankle disorders: present problems and future directions. JOSPT 21:381-388, 1995.

<sup>9</sup> Fuller EA. Reinventing biomechanics. Podiatry Today, 13(7):30-36, December 2000.

Fuller EA, Kirby KA, Subtalar joint equilibrium and tissue stress approach to biomechanical therapy of the foot and lower extremity. In Albert S (ed.), Lower Extremity Biomechanics: Theory and Practice, pending publication, 2006.

