

# Traitement postural et stimulations podales



**P. VILLENEUVE<sup>1</sup>,  
S. VILLENEUVE-PARPAY<sup>2</sup>**  
1 Podologue-  
Ostéopathe,  
2 Podologue,  
Institut de Posturologie,  
PARIS.

**E**crire sur le pied dans une revue d’ophtalmologie, même dans une thématique sur la posturologie, est inhabituel, vraisemblablement du fait de l’éloignement de ces deux entités du système postural. Cet éloignement topographique ne doit cependant pas masquer une grande complémentarité fonctionnelle dans la stabilisation et l’orientation posturale. Cette complémentarité s’exerce aujourd’hui particulièrement dans le traitement des troubles de l’apprentissage liés aux dysfonctions posturales. André Thomas

avait déjà perçu en 1911 que la gestion de la stabilité posturale est d’un poids considérable pour le système nerveux central : *“Si l’homme était obligé de surveiller incessamment son équilibre, son attention serait détournée des phénomènes purement psychiques et ce serait aux dépens du développement et de l’entretien de son intelligence”*.

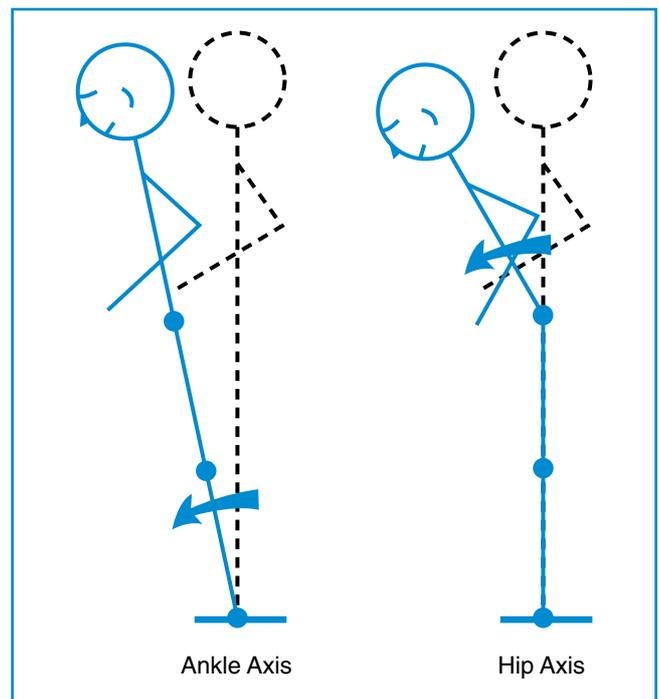
Nous allons procéder à un rapide développement allant des bases physiologiques du système podal aux traitements par semelles de posture.

## PIED ET STABILISATION POSTURALE

Fitzpatrick et Mc Closkey [1] ont étudié les seuils de sensibilité respectifs des capteurs, visuels, podaux et vestibulaires, lors d’oscillations posturales chez l’Homme debout en posture pratiquement habituelle. Les limites de la stabilité en réponse aux seules perturbations provenant de l’homéostasie, respiration par exemple, sont pour eux surtout liées au système visuel et au système podal, ce dernier se révélant le plus performant pour les oscillations les moins amples et les moins rapides. Les informations provenant du système vestibulaire interviennent, elles, pour des amplitudes et des

vitesse nettement plus grandes que celles développées par le contrôle de l’équilibre debout habituel.

Par ailleurs, Nashner *et al.* ont dans les années 80 étudié les réactions d’équilibration lors de perturbations exogènes faibles, et en ont déduit les principales stratégies de stabilisation posturale. Des perturbations lentes de la base d’appui sont induites par des translations d’une plateforme sur laquelle reposent les sujets. Les adultes jeunes et en bonne santé se stabilisent en utilisant ce que Nashner et McCordo [1] ont appelé une stratégie de cheville (**fig. 1**). Ces sujets, lors d’une translation de la plateforme, s’inclinent uniquement autour de l’axe de leurs chevilles. Dans ces conditions, les enregistrements électromyographiques (EMG) des muscles de chevilles montrent des bouffées d’influx plus précoces que ceux des muscles de cuisses qui précèdent eux-mêmes ceux des muscles du bas du dos. En revanche, les muscles du positionnement de la tête, trapèzes et sterno-



**Fig. 1 :** Schéma en bâton représentant les stratégies de cheville à gauche et de hanche à droite, d’après Nashner et McCordo, 1981.

cléido-mastoïdiens, ne montrent pour leur part aucune variation d'activité EMG. La séquence de réaction motrice est donc disto-proximale.

Le même type d'enregistrements effectué soit chez certaines personnes âgées, soit chez des patients neurologiques, ou encore des sujets jeunes en bonne santé mais dont on a perturbé l'intégrité tant biomécanique que sensorielle du système podal, montre une stratégie de hanche. Les premiers muscles à intervenir sont alors ceux du cou, puis ceux du tronc, et enfin ceux des cuisses. Par contre, les muscles de jambes ne présentent alors pas de variation d'activité EMG. La séquence de réaction motrice est donc proximo-distale.

Pour étudier le poids des différentes entrées posturales, Nashner et son équipe ont successivement fait différents enregistrements EMG, les yeux ouverts ou fermés, avec et sans anesthésie plantaire, et chez des patients vestibulaires. La comparaison des enregistrements EMG entre yeux ouverts et yeux fermés ne montre pas de changement de stratégie posturale, mais il existe une augmentation du temps de latence des muscles de jambes en vision stabilisée [2]. La diminution de la surface d'appui [3] ou l'anesthésie des soles plantaires entraînent une stratégie de hanche [4]. Il se pourrait que des orthèses plantaires trop épaisses ou trop agressives, voire la présence de zones nociceptives plantaires antérieures chez la personne âgée puissent entraîner le même résultat [3]. La comparaison des sujets normaux et vestibulaires ne montre pas de modification de stratégie posturale lors des translations en situation standard. Par contre, lors de réduction de la surface d'appui, la différence est flagrante, les vestibulaires chutent, alors que les sujets sains, nous l'avons vu précédemment, adoptent une stratégie de hanche [1].

Nous pouvons en déduire que si la perturbation est importante ou si le système podal n'est pas fonctionnel, le système vestibulaire est prépondérant dans la stabilisation posturale. Par contre, ces recherches montrent que la stabilisation posturale dans des conditions quasi habituelles est préférentiellement le fait du système podal, amenant ce dernier à remplir sa fonction de stabilisateur de la tête et du regard. Cela permet en retour au regard d'orienter la posture, comme le dit Berthoz [1] : *“Aller où nous regardons et non regarder où nous allons”*.

En effet, le regard précède le positionnement du pied d'environ 300 ms lors de modifications d'orientation pendant la locomotion. Une autre fonction du regard est liée à la capture d'informations : nous capturons avec les yeux un objet

comme nous pourrions le faire avec la main. Pour Berthoz, cette capture visuelle est anticipative et prédictive. Si vous essayez de lire ces lignes à haute voix, vous constatez qu'une lecture silencieuse précède le verbe. Mais si vous continuez à lire ces lignes en bougeant la tête ou le tronc, à partir d'une certaine vitesse, le mouvement rend la compréhension du texte difficile, la capture des mots devient aléatoire. Pour lire, comme pour la plupart des actes moteurs, il convient dans un premier temps de stabiliser sa posture.

### Les ajustements posturaux précèdent et préparent le mouvement

Si vous avez appris à jouer au tennis, votre professeur vous a certainement répété de prendre tout d'abord contact avec le sol par vos deux pieds, puis de vous stabiliser, et enfin de frapper la balle en ne la quittant pas des yeux. Cette préparation posturale lors d'activité posturo-cinétique se retrouve dans la majorité des tâches motrices. Lors d'un mouvement de bras, par exemple, il existe des ajustements posturaux anticipatifs qui s'initient au niveau des muscles extrinsèques des pieds en posture debout afin de limiter l'instabilité induite par l'acte moteur.

Baron, le père de la Posturologie Française, a montré en 1973 [5] qu'il existe un mouvement controlatéral de l'axe du corps lors d'une poursuite oculaire ; ce déplacement perdure toujours à l'occlusion des yeux [6]. Ces mouvements posturaux induits par la version des yeux sont certainement anticipés par le système nerveux, et on peut supposer que dans certaines situations où le contrôle postural domine, il existe des ajustements posturaux permettant la stabilisation du regard. Chez les enfants présentant des difficultés d'apprentissage, Shumway-Cook *et al.* [7] ont montré des perturbations de la stabilité objectivées par stabilométrie alors que leur fonction vestibulaire est normale. Il est possible d'envisager qu'une meilleure stabilisation posturale permette d'avoir une capture visuelle plus efficace, ce qui s'associera à une meilleure intégration des informations visuelles.

### LIENS NEUROMUSCULAIRES ENTRE LES PIEDS ET LES YEUX

Jean-Pierre et Régine Roll [8] ont montré l'existence d'une véritable “chaîne proprioceptive” formée de maillons proprioceptifs successifs, reliant les muscles podaux aux muscles oculomoteurs. Sur des sujets, dans l'obscurité, dont la tête et le tronc sont immobilisés, la stimulation vibratoire des muscles oculomoteurs droits infé-

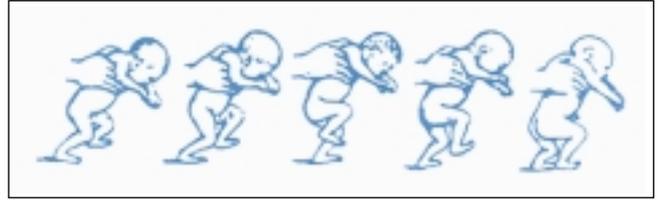
rieurs (DI), par exemple, entraîne l'abaissement des yeux et donne au sujet l'impression de l'ascension d'une cible visuelle. La même réaction oculomotrice est strictement retrouvée suite à la vibration du sterno-cléido mastoïdien (SCM) et également d'un muscle du pied, le jambier antérieur. Cela fait dire à Roll : *“Les muscles extrinsèques du pied contribuent au transport de la rétine dans l'espace au même titre que les muscles extra-oculaires sont des muscles moteurs oculaires”*.

Pour que les informations visuelles contribuent réellement à la stabilisation et à nous situer dans notre environnement, le système postural doit analyser si les informations visuelles provenant du glissement rétinien sont consécutives à des mouvements provenant uniquement des globes oculaires, de la tête, de l'axe corporel ou de l'environnement, voire de l'ensemble. La proprioception oculomotrice et celle de l'axe corporel contribuent avec le vestibule et la sole plantaire à cette discrimination. Cela induit que des perturbations au niveau d'un de ces récepteurs sensoriels, telles des zones nociceptives plantaires (voir ci-dessous) ou des lombalgies par exemple, peuvent entraîner une perte de l'intégration des informations posturales visuelles. Cela est aisément mis en évidence grâce à des analyses stabilométriques par les posturologues qui dénomment “aveugles posturaux” les patients dont les analyses stabilométriques montrent alors des mesures de surface les yeux fermés inférieures à celles obtenues les yeux ouverts.

Le système visuel et le système podal ont en commun de posséder des récepteurs sensoriels en rapport direct avec l'environnement, la rétine et la plante du pied, auxquels s'ajoutent des récepteurs proprioceptifs permettant de situer la rétine et la plante du pied par rapport au reste du corps. Mais seuls les muscles du système podal permettent directement les réactions motrices compatibles avec le maintien de l'équilibre postural. Cet aspect du pied dans la stabilité posturale est souligné par Simon Bouisset : *“Son rôle particulier vient du fait qu'étant en contact avec le sol, il exerce un double rôle : celui d'effecteur et celui de capteur”*.

### LA PLANTE DU PIED, INTERFACE ENTRE L'UNIVERS TERRESTRE ET LE SYSTEME POSTURAL

De nombreux récepteurs sont situés dans le derme et l'hypoderme. Ceux qui nous concernent le plus sont les fibres à terminaisons nerveuses libres (qui véhiculent les informations en rapport avec la douleur), les mécano-récepteurs (qui



**Fig. 2 :** La marche automatique chez le nourrisson, ou réflexe d'André Thomas.

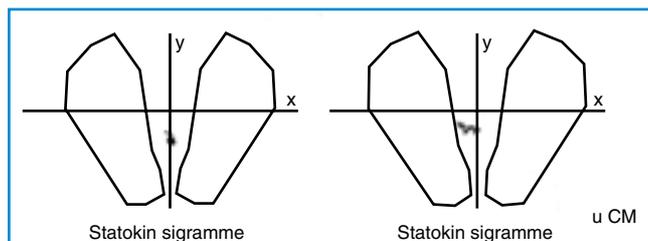
détection des pressions), et ceux codant le toucher léger. Il est tout à fait remarquable de se rappeler qu'ils sont activés par une déformation minime de la peau, à partir de cinq microns. Ils possèdent également un seuil de discrimination tactile très bas, surtout au niveau de l'avant-pied et des orteils. La sensibilité tactile du pied est transmise par une branche du nerf sciatique poplité interne, le nerf tibial postérieur, et va cheminer avec la sensibilité proprioceptive jusqu'aux aires sensorielles primaires, puis vers des aires associatives qui recueillent également des informations visuelles et vestibulaires. Les scientifiques ont précocement compris le rôle clé des mécano-récepteurs podaux chez l'Homme sain. Heyld (cité par Vierordt, 1877) a montré une augmentation des oscillations posturales après anesthésie plantaire par immersion du pied dans de l'eau glacée. Les néonatalogues ont pour leur part observé que le simple contact plantaire avec le sol, chez le nourrisson entraîne un réflexe d'extension corporelle, puis l'initiation de la marche, ou réflexe d'André Thomas (**fig. 2**).

### 1. – Neutralisation des informations podales

Récemment, des mesures stabilométriques portant sur l'anesthésie des soles plantaires ont montré des modifications statistiquement significatives de la position latérale du centre de pression, ainsi que de la surface et de la longueur du statokinésigramme [9]. La suppression des afférences proprioceptives perturbe également les oscillations antéro-postérieures [10].

### 2. – Interposition de mousse sous les pieds et équilibre

Une autre façon d'étudier les rapports entre le pied et l'équilibre postural est de modifier le contexte environnemental en interposant de la mousse entre le sol et le pied, ce qui a tendance à déstabiliser un sujet sain, immobile debout (**fig. 3**). Cela double les surfaces d'oscillation en situation yeux fermés [11]. Mais chez des patients présentant des algies posturales, l'utilisation d'une fine couche de mousse (3 mm) peut améliorer l'équilibre de façon très significative



**Fig. 3 :** Exemple d'épine irritative d'appui plantaire, objectivé par deux enregistrements stabilométriques consécutifs avec et sans interposition de mousse sous les pieds en situation yeux ouverts, qui montre des variations significatives des paramètres stabilométriques de surface et de position latérale.

A gauche, enregistrement sur mousse d'une jeune fille de 16 ans, surface de 83,8 mm<sup>2</sup> et position latérale -1,8 mm.

A droite, la même patiente, le même jour mais sans mousse sous les pieds, surface de 374 mm<sup>2</sup> et position latérale -12,8 mm.

( $p < 0,001$  en situation yeux fermés) lors d'enregistrements posturographiques, et également la posture de certains patients [11].

L'amélioration stabilométrique sur mousse est à mettre en relation avec une mauvaise intégration des informations plantaires consécutive à des épines irritatives d'appui plantaire qui peuvent générer secondairement une mauvaise intégration des informations visuelles (aveugles posturaux).

### 3. – Stimulations plantaires

Il fallut attendre les années 1980 pour que le rôle des informations plantaires dans le contrôle postural soit de nouveau étudié. Deux expériences ont alors montré que le système postural pouvait utiliser les informations extéroceptives venues des pieds [9]. Puis Kavounoudias et Roll *et al.* ont montré que des stimulations biomécaniques de faible amplitude (entre 3/10<sup>e</sup> et 5/10<sup>e</sup> de mm), de la sole plantaire entraînent une déviation du centre de pression dont la direction est opposée à la position de la stimulation. Récemment, il a même été prouvé par Pripatla *et al.* [12] que des effets posturaux existent même pour des stimulations plantaires infraliminaires au seuil de perception conscient des sujets.

### 4. – Les semelles de posture

Les orthèses plantaires, qu'elles soient fines ou épaisses, dures ou molles, moulées (thermoformées) ou non, modifient à la fois les contraintes biomécaniques et les perceptions sensorielles. Cela entraîne invariablement des modifications de la posture et de l'équilibre des patients et peut ainsi influencer leur état de santé. Il est décrit depuis longtemps que les orthèses personnalisées contribuent à la prévention et aux



**Fig. 4 :** Exemples de semelles de posture.

traitements des bascules du bassin, des scolioses, des lombalgies, voire des cervicalgies [3]. Si ces orthèses ont un pouvoir curatif, elles peuvent aussi induire des pathologies iatrogènes si elles sont inadaptées [13].

Les semelles de posture fonctionnent de façon superposable à ce que Baron avait montré pour les prismes. Leur efficacité posturale ne nécessite que des stimulations de faible valeur, inférieures à 4 dioptries pour les primes et à 4 mm pour les semelles [3]. Bourdiol [1] fut le premier à percevoir qu'il n'y avait pas de relation entre l'épaisseur des reliefs plantaires et leur efficacité thérapeutique et que les semelles devaient se comprendre à travers la neurophysiologie.

Ces premières observations ont été confirmées par des recherches fondamentales [4, 12] et des recherches cliniques [14]. Au-delà de 3 mm, les stimulations plantaires risquent d'entraîner des adaptations posturales opposées à celles souhaitées. Les semelles de posture (*fig. 4*) sont aujourd'hui fréquemment réalisées en matériaux thermosoudés qui présentent l'avantage d'être lavables et de faible encombrement. Elles sont généralement constituées de micro-reliefs d'épaisseur inférieure à 4 mm placés sur une base. Elles sont généralement entières chez l'enfant.

### 5. – Perturbations podales et non intégration des informations podales

L'efficacité des semelles de posture peut être annihilée par diverses perturbations au niveau du système podal, la principale cause exogène étant la chaussure, notamment la chaussure de sport, si souvent portée par les enfants et les adoles-

cents. Elles sont souvent trop molles, conséquence de la première grande innovation de l'industrie de la chaussure de sport : les coussins d'air. Mais depuis, certains cliniciens se sont aperçus que "le système sensoriel, peu stimulé, finit par "s'atrophier" et "en abandonnant les semelles épaisses...", on pourrait réduire de 55 % le nombre de blessés" (Robbins-Steven, 1998, *Sport et Vie*, n° 40).

L'utilisation de semelles molles crée non seulement un effet "anesthésiant", augmente l'instabilité posturale, mais majore les troubles biomécaniques et les pathologies (notamment celle du genou chez le sportif) en minorant la réaction du sol. D'autres gadgétisations tels les axes courbes, les chaussures antitorsions, etc., sont venues renforcer l'aspect commercial au détriment de la santé des utilisateurs. Mais les marques de chaussures sportives s'apprêtent à prendre un virage à 180° et à effacer vingt-cinq ans de discours marketing sur la nécessité d'obtenir un maximum de confort en lançant des chaussures qui doivent reproduire les sensations d'une course pieds nus.

D'autres perturbations propres au pied entraînent des pathologies sus-jacentes, particulièrement les épines irritatives d'appui plantaire [11]. Ce sont des zones du pied qui, une fois en contact avec le sol, entraînent un réflexe de défense qui modifie le positionnement podal et la posture, même si elles sont fréquemment infraliminaires au seuil douloureux. On les retrouve associées dans la majorité des syndromes fémoro-patellaires [15], dans 30 % des rachialgies [4], dans certaines cervicalgies, voire dans les troubles de l'articulation temporo-mandibulaire [9]. De plus, elles peuvent empêcher la bonne intégration des informations visuelles dans le contrôle postural [9].

Un autre point critique est la présence de blocages articulaires au niveau du pied ou de la cheville. Ils entraînent des dysfonctions proprioceptives pouvant alors générer des pathologies locales ou à distance. De plus, ils risquent de masquer les informations provenant des semelles de posture. Le podologue formé à la posturologie recherche de façon systématique par un examen clinique et instrumental spécifique les dysfonctions podales extéroceptives et proprioceptives, dysfonctions de son domaine de compétence qu'il traitera avant d'envisager la suite du traitement de reprogrammation posturale.

### 6. – Gestion des stimulations posturales visuelles et plantaires

Pour l'école de Lisbonne, la thérapeutique posturale doit s'effectuer de façon quasi systématique par l'association du

port de lunettes prismatiques, de semelles posturales et d'une modification de l'hygiène de vie posturale. La stimulation du système postural de façon contemporaine au niveau de deux des principaux récepteurs posturaux, si elle permet de potentialiser les résultats thérapeutiques, notamment dans le cadre des difficultés d'apprentissage, nécessite une parfaite coordination entre l'ophtalmologiste et le podologue.

Si l'on prend pour exemple l'enfant dyslexique, l'ophtalmologiste le reçoit généralement en première intention et effectue un premier bilan postural prenant surtout en compte les capteurs cervico-céphaliques qui participent particulièrement à l'orientation posturale. Cela entraînera souvent la prescription de prismes actifs sur des muscles extra-oculaires obliques. Le podologue verra secondairement le patient équipé de verres prismatiques ; il apparaît important qu'il examine tout d'abord l'enfant avec et sans ces prismes. Les prismes se doivent d'avoir une nette efficacité posturale, facilement mise en évidence cliniquement. Parfois, suite à des difficultés technologiques dans la réalisation des corrections prismatiques ou de modifications accidentelles au niveau des montures, l'effet bénéfique escompté ne se trouve pas vérifié. Il convient alors au podologue d'en informer l'ophtalmologiste.

Après avoir évoqué cette situation non exceptionnelle, mais heureusement la moins fréquente, il convient de poursuivre l'examen clinique du patient chaussé de ses lunettes. Ce point est important, l'examen clinique postural amène le plus souvent à des stimulations podales différentes si le patient est prismé ou non. Le podologue ne doit pas déterminer son traitement uniquement en fonction de critères podologiques, mais bien de critères posturologiques. L'expérience récente acquise au contact de jeunes dyslexiques tend à montrer des patients qui ont tendance à être globalement en rotation interne (chaîne de fermeture), qui se traduit au niveau podal par un pied plat valgus.

Un podologue non formé à la posturologie sera tenté de vouloir corriger cette dysmorphose par des reliefs placés en interne par exemple, mais si les prismes sont placés sur des obliques et stimulent déjà cette chaîne neuromusculaire, il est probable que la stimulation de la même chaîne par ses deux extrémités ne renforcera pas l'effet thérapeutique, mais le perturbera. L'action thérapeutique par semelles devra se porter sur l'origine du pied valgus. Celui-ci est fréquemment la conséquence d'une antériorisation de la ligne de gravité qui peut être corrigée par des stimulations à type de barres antérieures placées en arrière des têtes métatarsiennes [4, 14].

Le développement précédent ne doit être compris qu'à titre d'exemple et surtout pas appliqué de façon systématique, car l'expérience acquise depuis une vingtaine d'années de l'interaction entre stimulations contemporaines au niveau des récepteurs céphaliques et plantaires, nous en a fait percevoir les écueils, une mauvaise coordination pouvant faire échouer deux traitements qui individuellement auraient pu être performants.

## 7. – Posturologie et podologues, aspects législatif et formations

Le code de la Sécurité sociale régit le traitement orthétique plantaire et stipule que l'orthèse plantaire est destinée bien évidemment à soulager les appuis plantaires douloureux, mais également à corriger tout déséquilibre statique et dynamique du sujet. Cela implique d'effectuer non seulement l'examen des troubles morphostatiques, mais également d'appréhender l'organisation posturale statique et dynamique du patient par des examens posturographiques instrumentaux et cliniques, comme le recommande l'Anaes.

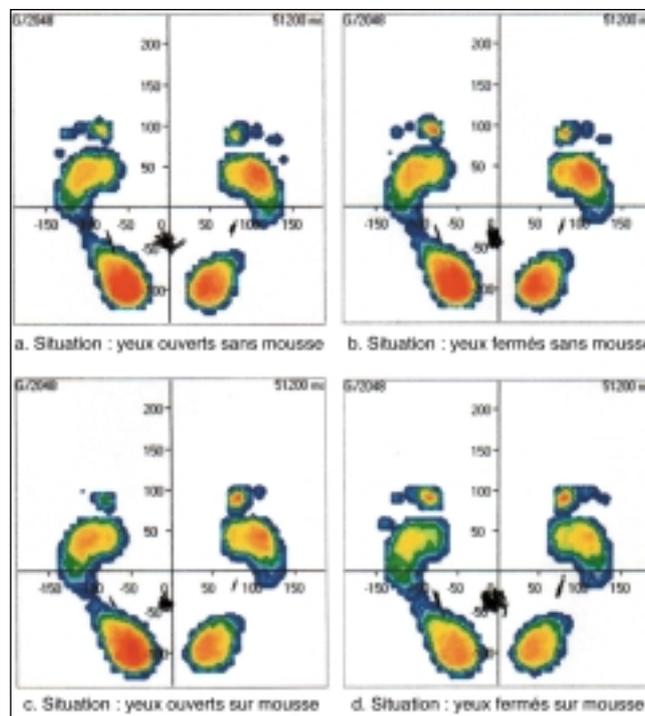
L'enseignement fut dans un premier temps uniquement le fait d'organismes privés de formation continue. Actuellement, les podologues formés à la posturopodie effectuent un cursus de 400 heures de formation théorique et clinique réparties sur quatre années. Il existe maintenant des enseignements universitaires tel le DIU de Posturologie clinique (Marseille, Paris, Rennes et Toulouse) et le DU de Physiologie de la posture et du mouvement (Orsay, Paris XIII). De plus, des initiations à la posturologie se déroulent dans les Instituts de Formation initiale. En Italie vient de se créer à Rome un Master de Posturologie clinique à l'université "la Sapienza" pour les podologues. En Amérique du Nord, à Montréal, existe un Master en sciences sur "posture et équilibre" ouvert aux cliniciens.

## 8. – Prescrire des semelles de posture

L'ophtalmologiste, lorsqu'il décide d'un traitement postural, et associe à son traitement des stimulations plantaires, adresse son patient à un podologue formé à la posturologie. Pour que son patient bénéficie d'une prise en charge partielle des orthèses plantaires, l'ophtalmologiste doit rédiger sa prescription en utilisant la terminologie du cahier des charges de la Sécurité sociale : "Une paire d'orthèses plantaires". Il est utile qu'il informe indépendamment par courrier le podologue de son diagnostic, de sa prescription prismatique et de sa volonté que le patient soit traité par stimulations posturales plantaires, celles-ci n'étant aujourd'hui maîtrisées que par un faible nombre de podologues.

## 9. – Contrôler l'action des semelles de posture

L'évaluation clinique du tonus cervical par la rotation ou la déflexion céphaliques, du tonus des muscles oculomoteurs par les manœuvres de convergence oculaire doit être modifiée sous l'action des stimulations plantaires et évidemment dans un sens de symétrie. Bien que la clinique soit souve-



**Fig. 5 :** Enregistrements simultanés baropodométriques et stabilométriques.

- a. Situation : yeux ouverts sans mousse, surface 466 mm<sup>2</sup>.\*
- b. Situation : yeux fermés sans mousse, surface 283 mm<sup>2</sup>.
- c. Situation : yeux ouverts sur mousse, surface 173 mm<sup>2</sup>.
- d. Situation : yeux fermés sur mousse, surface 638 mm<sup>2</sup>.

Le poids de l'entrée visuelle dans le contrôle postural est évalué par la comparaison des rapports des surfaces yeux fermés/yeux ouverts qui définit le quotient de Romberg (QR). Les valeurs normales du QR sont en moyenne de 249 et les limites inférieure et supérieure (à deux écarts-types) sont respectivement de 112 et de 677.

1. La comparaison des situations a et b montre un quotient de Romberg égal à 60. Cela signe une non intégration des informations visuelles dans le contrôle postural (aveugle postural).

2. La comparaison des situations c et d montre un quotient de Romberg égal à 368.

Le poids des informations visuelles lors de l'interposition d'une couche de mousse de 3 mm sous les pieds permet la restauration des valeurs normales du QR, et est le signe d'une bonne intégration des informations visuelles sur mousse.

Cette série d'enregistrements met en évidence les synergies fonctionnelles entre le système visuel et le système podal. La présence d'informations nociceptives plantaires peut empêcher l'intégration des informations provenant du système visuel dans la régulation posturale.

\* Résultats hors normes.

raine, pour déterminer le bien-fondé du traitement, l'observation de la semelle peut parfois faire suspecter des incohérences posturales. Une première chose est bien évidemment l'épaisseur de la stimulation, si celle-ci excède les 4 mm, sauf dans le cas de trouble organique (hallux valgus, gonarthrose ou coxarthrose). Une seconde est la présence de stimulation sur le bord latéral de la semelle [13, 14, 16]. Un autre point à vérifier est la multiplication des stimulations qui risque d'inhiber les résultats thérapeutiques. Un dernier point est l'utilisation massive de mousse ou de matériaux amortissants qui peut générer une hypo-esthésie plantaire et risque de potentialiser les troubles mécaniques.

### CONCLUSION

Dans sa posture érigée, tant posturale que dynamique, l'Homme dépend étroitement de ses pieds et de leur positionnement. Romberg, en 1853, avait déjà observé que les oscillations posturales sont augmentées lorsque la vision est occultée, mais également lorsque la base de sustentation est réduite (*fig. 5*). Le système podal représente à la fois la base d'appui posturale, la sortie du système de stabilisation et l'interface sensorielle entre l'environnement terrestre et le système nerveux central. Cela implique que toutes les modifications apportées au niveau de la sole plantaire, qu'elles soient biomécaniques, sensorielles ou nociceptives, ont forcément une répercussion sur l'équilibre postural. Ce n'est qu'au décours d'un examen clinique long et spécifique des troubles posturaux que le podologue détermine les stimulations les plus adaptées à la posture du patient. ■

### BIBLIOGRAPHIE

1. GAGEY PM, WEBER B, BONNIER L, BOQUET J, FERREY G, GUILLAUME P, MARUCCHI C, TOUPET., VILLENEUVE PH, ZAMFIRESCO F. Posturologie ; Régulation et dérèglements de la station debout. Ed Masson Col Bois-Larris, 1995.
2. VIDAL PP, GOUNY M, BERTHOZ A. Rôle de la vision dans le déclenchement de réactions posturales rapides. *Arch Ital Biol*, 1975 ; 116 : 281-91.
3. VILLENEUVE-PARPAY S, VILLENEUVE PH, WEBER B. Tests d'antépulsion et d'antériorisation : recherche clinique de la tactique d'équilibration. Perspectives thérapeutiques. "Pied Equilibre et traitements posturaux". Weber B et Villeneuve Ph, Masson, Paris, 2003 : pp. 104-10.
4. VILLENEUVE PH. Traitement postural et orthèse podale : mécanique ou informative. "Pied Equilibre et traitements posturaux", Weber B et Villeneuve Ph, Masson, Paris, 2003 : pp. 93-103.
5. BARON JB, BESSINETON JC, BIZZO G, NOTO R, TEVANIAN G, PACIFIC M. Corrélation entre le fonctionnement des systèmes sensorimoteurs labyrinthique et oculomoteur ajustant les déplacements du centre de gravité du corps de l'homme en orthostatisme. *Agressologie*, 1973 ; 14, B : 79-86.
6. TOKUMASU K, TASHIRO N. Relationship between eye movement and body sway during standing. *In* : Ushio N, Kitamura H, Matsunaga T. Postural reflex and body equilibrium. Tenri Nara : 1980 : pp. 35-49.
7. SHUMWAY-COOK A, HORAK F, BLACK FO. A critical examination of vestibular function in motor-impaired learning-disabled children. *J Pediatr Otorhinolaryngol*, 1987 ; 14 : 21-30.
8. ROLL JP, ROLL R. From eye to foot : a proprioceptive chain involved in postural control. *In* : Posture and gait : Développement, adaptation and modulation, ed. Amblard, Berthoz, Clarac, Elsevier Amsterdam, 1988 : pp. 155- 64.
9. GAGEY PM, BIZZO G, BONNIER L, GENTAZ R, GUILLAUME P, MARUCCHI C, VILLENEUVE P. Huit leçons de posturologie, Association Française de Posturologie, Paris, 1990.
10. AGGASHYAN RV. On spectral and correlation characteristics of human stabilograms. *Agressologie*, 1972 ; 13, D : 63-9.
11. WEBER B, NOUHET B, VILLENEUVE-PARPAY S. Examens clinique et stabilométrique sur mousse état de la question "Pied équilibre et mouvement", Ed. Villeneuve Ph et Weber B, Masson, Paris, 2000.
12. PRIPLATA AA, NIEMI JB, HARRY JD, LIPSITZ LA, COLLINS JJ. Vibrating insoles and balance control in elderly people. *Lancet*, 2003 ; 362 : 1 123-4.
13. VILLENEUVE PH, VILLENEUVE-PARPAY S, VILPERT P. Les critères morphologiques sont-ils les seuls à prendre en compte pour traiter les patients présentant des dysmorphoses podales ? "Pied équilibre et mouvement", Ed. Villeneuve Ph et Weber B, Masson, Paris, 2000.
14. JANIN M, TOUSSAINT L. Variation du centre de pression lors de stimulations par éléments antérieurs d'orthèse. Nouvelles méthodes de traitement du signal posturographique Michel Lacour Solal, 2004 : 153-66.
15. ORENGO P. Nociception plantaire : répercussion sur les gonalgies. "Pied équilibre et mouvement", Ed. Villeneuve Ph et Weber B, Masson, Paris, 2000 : pp. 148-51.
16. ROUCHON ME, JANIN M. Etude de la flexion des genoux après modification des appuis plantaires. "Pied Equilibre et traitements posturaux", Weber B et Villeneuve Ph, Masson, Paris, 2000.