



Répercussions sur la posture du pied d'un *stimulus* potentiellement nociceptif : l'épine irritative d'appui plantaire inconsciente

L'épine irritative d'appui plantaire inconsciente (EIAPI) affecte la somesthésie cutanée plantaire et provoque, par modification des systèmes de contrôle, des activités posturo-cinétiques. Cette pathologie provient d'un *stimulus* potentiellement nociceptif transmis par les barorécepteurs cutanés. L'EIAPI est définie par une variation du score posturodynamique entre sol dur et sol mousse et affecte le résultat des tests sensoriels. Lors des bilans podologiques, la réalisation de plusieurs tests sur les différentes positions de l'arrière-pied, des médio et avant-pied, est recommandée.

Pour évaluer ces positions de l'entrée podale, nous avons sélectionné l'index de posture du pied (*foot posture index* = FPI). Ce dernier comprend six items et permet de comparer la fonction du pied par rapport à une normalité. Le score classe l'entrée podale en trois catégories : normale, potentiellement pathologique et pathologique. Notre travail s'intéresse à l'épine irritative d'appui plantaire inconsciente (EIAPI) et son objectivation possible par le FPI. La population de notre étude se compose de 16 sujets porteurs d'EIAPI qui ont été retenus par modification du score du test posturo-dynamique (sol dur vs mousse, une douleur à la pression de la première tête métatarsienne droite (P) comparativement à gauche (NP) et une perception différente aux tests neurosensoriels. Le FPI réalisé pour les six items qu'il comporte pour chaque pied.

Deux Anova [analysis of variance = analyses de la variance, ndlr] à mesures répétées ont été réalisées :

1. le score total du FPI en fonction de la localisation (P/NP) ;
2. la présence ou non de l'EIAPI (P/NP) en fonction de la localisation (AVP/ARP), des items du FPI.

Les tests "*post-hoc*" [ou tests de comparaisons multiples, encore appelés MCP pour *multiple comparison test*, ndlr] NK et Pearson ont été appliqués en cas de différences significatives. Les résultats du score du FPI présentent des différences significatives entre NP et P. Les items concernant ARP/AVP sont différents entre NP et P ($p < 0,0001$). Cette différence est marquée pour la congruence de l'arche interne et entre l'adduction et l'abduction de l'avant pied selon la présence ou non de l'EIAPI. Il est plus important de noter la différence qui existe entre les courbes malléolaires de l'arrière pied et l'adduction/abduction de l'avant-pied. Cette interaction est significativement différente au pied P (NK, $p = 0,0001$) alors qu'aucune différence n'est relevée au pied NP (NK, $p = 1$). Le Pearson permet de corrélérer que deux items du FPI sont affectés par la présence ou non

de l'EIAPI : l'éversion du calcaneum du pied P est plus importante que celui du pied NP et l'abduction de l'avant pied est plus grande du côté P comparativement au côté NP ($p < 0,05$). En comparant les scores obtenus aux normes du FPI, nous pouvons classer le pied NP comme normal et le pied P comme potentiellement anormal. Le score du FPI est modifié par la présence de l'EIAPI. Cette étude permet d'approcher par un autre test clinique, que ceux utilisés au niveau des tests cliniques et neurosensoriels, la potentialité nociceptive de l'EIAPI au niveau de la pratique clinique sans une instrumentation très importante.

Comparativement aux normes du FPI, notre étude permet de classer les pieds porteurs d'EIAPI comme potentiellement anormaux confirmant ainsi le potentiel nociceptif de l'EIAPI.

Constat et détermination des tests cliniques

La position du pied ou posture de l'entrée podale influence la régulation des activités posturo-cinétiques^{1,2}. L'épine irritative d'appui plantaire inconsciente (EIAPI) est définie comme une perturbation de l'adaptation sensitive tel que la même stimulation, portée séparément du côté droit ou gauche du corps, est ressentie que du côté sain. Le constat clinique montre donc une disparition de la sensation lors d'une stimulation constante caractérisant un trouble sensitif objectif. La présence d'EIAPI se définit comme une pathologie cutanée potentiellement nociceptive. Les tests cutanés neurosensoriels montrent qu'elle affecte les boucles de régulation de la posture au départ plantaire. Cette information sensorielle potentiellement nociceptive dont le seuil de sensibilité est infraliminaire au seuil de la douleur qui provoque une modification des systèmes de contrôle des activités posturo-cinétiques par le message issu des barorécepteurs cutané et entraîne des pathologies^{3,4}.

Les différences obtenues lors de la réalisation des tests cliniques : mono filament et écart pointes sèches (compas de



Weber) permettent d'avancer que EIAPI modifie la décharge des afférences (principalement celle des fibres AI, AII et SA II impliquées dans l'échantillonnage des surfaces dures ou molles) et donc altère les boucles réflexes (courtes ou longues) qui agissent pour réguler la posture et les activités musculaires cinétiques⁵. La neutralisation de cette pathologie peut influencer le fonctionnement des mécanismes régulateurs du tonus postural ainsi que les performances et stratégies posturo-cinétiques d'un sujet^{6,7,8}.

De plus elle est mise en évidence au niveau des tests recommandés comme indicateurs cliniques et réalisés lors des bilans podologiques, posturologiques et de l'équilibre postural^{9,10} par une variation du score posturodynamique entre sol dur et sol mousse¹¹. Lors du bilan clinique, il est associé avec d'autres tests tels que la position de l'arrière-pied, le bilan morphostatique et l'index de posture du pied. Ce dernier score comprend six items et permet de comparer la fonction du pied par rapport à une normalité¹². Les mesures qui le composent sont fortement recommandées, comme les différentes positions de l'arrière-pied, medio et avant-pied. Une échelle numérique (- 2 ; + 2) permet d'établir un score pour chaque item. Le score des six items du FPI permet de comparer la fonction du pied par rapport à une normalité et classe l'entrée podale en trois catégories : normale, potentiellement pathologique et pathologique.

Ce travail s'intéresse principalement à la répercussion que peut provoquer la présence de l'épine irritative d'appui plantaire inconsciente (EIAPI) affectant la somesthésie cutanée plantaire sur un indicateur clinique tel que l'index de posture du pied¹². Dans le but de permettre d'évoquer la présence et de mieux connaître cette pathologie potentiellement nociceptive, nous avons réalisé la qualification du FPI chez des sujets présentant une EIAPI.

Population

Seize sujets porteurs d'EIAPI (huit femmes et huit hommes) ont été retenus pour cette étude.

L'inclusion a été retenue après modification du score du test posturodynamique entre sol dur et sol mousse et la perception douloureuse à la palpation de la première tête métatarsienne droite comparativement à celle du pied gauche¹¹.

En plus de ces critères, une perception différente aux tests neurosensoriels monofilament et compas de Weber a été obligatoirement retenue pour l'inclusion⁶.

Méthode

Le test clinique posturodynamique

Le test clinique posturodynamique permettant l'inclusion de la population est une manœuvre de latéro-flexion du rachis et translation du bassin qui quantifie le tonus postural. L'examineur pose successivement ses mains sur les quatre zones explorées : lombaire, dorsale, cervicale et le quadrilatère pelvi-pédieux. Pour les trois premières zones, il demande au sujet de s'incliner dans le plan frontal à droite puis à gauche. La réponse physiologique au

niveau lombaire et dorsal entraîne une rotation ample et lente controlatérale au côté de l'inclinaison, au niveau cervical aucun mouvement secondaire n'apparaît dans le plan sagittal. Pour le quadrilatère pelvi-pédieux, le déplacement latéral provoqué du bassin entraîne une rotation ample et lente contro-latérale au côté de la translation^{13, 14, 15}. La littérature regroupant l'ensemble des études sur la validité de ce test rapporte une fiabilité de 80 % et 53 % respectivement inter et intrapraticien au score global (51 % pour le membre inférieur, 82 % pour l'étage lombaire, 61 % pour l'étage dorsal et 98 % pour l'étage cervical^{16,17}).

Pour notre étude, nous nous sommes assurés de la présence de l'EIAPI au niveau de la première tête métatarsienne droite par différence de sensation douloureuse entre les pieds droit et gauche lors de la palpation de cette localisation.

Par convention, nous appellerons le pied droit où est présente l'EIAPI : P, et le pied gauche où la pathologie est non présente : NP.

Les tests de sensibilité cutanée : compas de Weber et monofilament

Nous avons sélectionné parmi les différents tests, deux tests de sensibilité cutanée, le compas de Weber et le monofilament, pour évaluer les informations tactiles qui sont recueillies par les mécanorécepteurs quels que soient leurs types fonctionnels : adaptation lente (corpuscules de Meissner et de Pacini) et adaptation rapide (corpuscules de Merkel et de Ruffini) et par les nocicepteurs. Il existe aussi des récepteurs nociceptifs qui répondent à tous les types de stimulus douloureux (mécanique, chimique et thermique). Il est clair que la structure réceptrice est la fibre nerveuse, quel que soit le type morphologique de récepteur, le reste du corpuscule constitue un système d'amplification du signal¹⁸.

Tous les tests de sensibilité cutanée ont été effectués par une seule et même personne. Ceux-ci étaient toujours effectués hors de la vue du sujet qui était en décubitus ne pouvant observer les mouvements de l'expérimentateur. Le côté (droit ou gauche) testé en premier était choisi de façon aléatoire et était alterné après l'obtention d'une valeur. L'ordre des tests était également randomisé.

Le monofilament de 10 g (Semmes-Weinstein 5,07) est une méthode non invasive d'évaluation de la sensibilité cutanée chez un patient. Elle garantit des résultats objectifs, reproductibles et permet de connaître la sensibilité superficielle. Le monofilament est appliqué perpendiculairement à la surface de la peau jusqu'à son point de flexion. Il se plie quand la force définie est atteinte. En face plantaire, la non-sensation de la piqûre correspond à une perte de la sensibilité tactile.

L'écart entre deux pointes sèches

L'écart entre deux pointes sèches détermine le seuil de discrimination spatiale. Il est mesuré à l'aide d'un compas à pointes sèches (compas de Weber). L'écart entre deux



pointes sèches est bien évidemment aussi très variable en fonction de la localisation du stimulus : les seuils les plus bas sont situés à l'extrémité de la langue et au bout des doigts (1-3 mm); le dos est la région où la discrimination spatiale est la plus élevée (50-100 mm). La distance (mm) entre deux pointes sèches appliquées sur la peau permet d'obtenir une valeur de la discrimination perçue par le sujet.

La discrimination des deux pointes a été déterminée avec la méthode des limites. Cette méthode consiste à présenter en alternance des séries ascendantes et descendantes du stimulus au sujet. Les séries ascendantes commencent toujours à un écart important entre les deux pointes sèches. Les séries descendantes commencent avec les deux pointes jointes.

Pour les tests du mono-filament, nous avons reporté 0 si la réponse était perçue et concordante au stimulus et 1 si elle ne l'était pas. L'écart entre les deux pointes du compas de Weber était mesuré en mm sur un réglé gradué.

Nous avons réalisé chaque test trois fois seulement afin de minimiser la sensibilisation des afférences primaires résultant d'une stimulation répétée sur le même site.*

Index de posture du pied (*foot posture index* ou FPI)

Le sujet se tient debout dans une position confortable sur ses deux pieds. Il lui est indiqué de rester droit avec les bras le long du corps et de regarder droit devant lui. Il est important d'avoir fait marcher le sujet de quelques pas ou sur place avant l'examen pour qu'il trouve la position la plus confortable pour lui-même. Les recommandations de ne pas suivre ni chercher ce qui se passe ou ce qui est effectué par l'opérateur doivent être clairement énoncées au patient.

Au total, il faut que le sujet soit capable de tenir deux minutes debout. La réalisation des six items que compose le FPI oblige le praticien à pouvoir tourner autour du sujet. Ceci permettant de ne pas avoir d'interruption entre le pied et le bas de la jambe. Dans le cas d'une impossibilité de reporter le score d'un des items, du fait des tissus trop larges ou perte du massif malléolaire par œdème, celui-ci doit être indiqué comme manquant. Trois items concernent l'avant-pied et autant pour l'arrière-pied respectivement : l'apparition de l'insertion du tibialis postérieur en regard de l'articulation talo-naviculaire, la congruence de l'arche médiane interne, l'add/abduction de l'avant-pied, la position de la tête de l'astragale, les courbes en dessus et en dessous des reliefs malléolaires, l'inversion/éversion du talus.

Les scores vont de - 2 à + 2 en fonction de la position du pied et du déficit qu'il présente par rapport à l'axe médian du corps. L'ensemble des indications, recommandations et scores est expliqué dans les publications d'AM Keenan et de Redmond^{19, 12, 20}.

Par convention, l'avant-pied sera reporté AVP et l'arrière-pied sera reporté ARP.

Procédure

La sélection de la population a été conduite sur deux jours. Le premier jour, nous avons réalisé les tests cliniques (posturodynamique et neurosensoriel). Puis le deuxième jour, le test FPI a été conduit. Les scores pour chaque item ont été reportés.

Analyse statistique

Deux Anova [analyses de la variance, ndlr] à mesures répétées ont été réalisées. La première concernait le score total du FPI en fonction de la localisation : pied porteur (P) droit vs pied non porteur gauche (NP). La deuxième concernait la présence ou non de l'EIAP (P/NP) en fonction de la localisation (AVP/ARP), des six items composant le FPI. Des tests de NK "*post-hoc*" ont été conduits. Le test de corrélation de Pearson a été appliqué dans le cas de différences significatives.

Résultats

La première analyse statistique montre une différence du score global du FPI entre NP et P. Pour le pied NP, il est de 1,87 + 1,70 contre - 3 + 2,25 pour le pied P [F(1 ; 14) = 42,22 ; p < 0.0001] (tableau 1).

Tableau 1. Table de normalisation du FPI

	Pathologique	Potentiellement anormal	Normal	Potentiellement anormal	Pathologique
FPI (normes)	< - 5	< - 3	de 1 à 4	de 5 à 7	> 10
Pied gauche NP			1,875 ± 1,7		
Pied droit N		- 3,25 ± 2,01			
FPI Total n = 16		-1,375 ± 1,86			

La seconde analyse statistique montre deux effets significatifs : l'un étant la localisation avec une différence entre NP et P [F(5,70) = 32,28, p < 0,0001] qui confirme l'effet de la première anova ; l'autre étant une interaction entre les facteurs ARP/AVP et NP/P [F(5,70) = 17,76, p < 0,0001]. Pour cette dernière analyse, les tests *post-hoc* de Newman Keuls montrent une différence pour tous les items entre P et NP (porteur et non-porteur). Il est utile au niveau clinique de relever les effets différentiels entre le P et NP au niveau de la congruence de l'articulation naviculaire et de la congruence de l'arche interne qui diffèrent selon la présence ou non de l'EIAPI. De plus, il est important de noter la différence entre l'adduction et l'abduction de l'avant-pied selon la présence ou non de l'EIAPI. Mais il est plus important de noter la différence qui existe entre les courbes malléolaires de l'arrière-pied et l'adduction/



abduction de l'avant-pied. Cette interaction est significativement différente au pied P (NK, $p = 0,0001$) alors qu'aucune différence n'est relevée au pied NP (NK, $p=1$). Ces résultats permettent de soumettre l'analyse au test de corrélation de Pearson (tableau 2).

Tableau 2. Test de corrélation de Pearson

T Pearson	T astragale	C malléole	Inv/Evr talus	Talo nav	Arch Congce	Av Ar pied
P/NP	0,67	0,31	0,051	0,21	0,12	0,059
Seuil Alpha	NS	NS	0,05	NS	NS	0,01

T Pearson = test de Pearson ; T astragale = tête de l'astragale ; C malléole = courbes malléolaires ; P = Porteur (pied) ; NP = Non porteur (pied) ; Inv/Evr talus = Inversion/éversion du talus ; Talo Nav = position talo-naviculaire ; Arch Congce = congruence de l'arche interne ; Av Ar pied = Avant Arrière pied ; NS = non significatif.

De cette analyse deux items du FPI sont affectés par la présence ou non de l'EIAPI.

L'un étant au niveau de l'arrière-pied où l'éversion du calcaneum du pied P est plus importante que celui du pied NP ($p < 0,05$) et l'autre étant au niveau de l'avant-pied où il apparaît une abduction plus grande du côté P comparativement au côté NP. Cette éversion est relevée par la vue complète ou partielle des orteils et non de la palette métatarsienne.

Discussion

En comparant les scores obtenus dans la globalité du FPI avec ceux obtenus dans une population de non-porteurs, nous trouvons des seuils relativement bas. Cette réalité peut s'expliquer de deux façons. La première, notre population est tout à fait saine et donc ne présente pas de pathologie podologique comparativement au recrutement de la constitution de l'index. La deuxième est la sous-évaluation par l'opérateur de l'index qui est possible du fait de la très petite population ($n = 16$) comparativement à la population normative de cet index ($n = 629$) malgré que pour l'auteur, Tony Redmond, ce ne soit pas problématique (communication personnelle : un score plus faible que celui retrouvé par notre équipe n'est pas problématique pour autant). Mais, comparativement aux "normes", les scores obtenus dans notre étude montrent bien que le pied où est présente l'EIAPI n'est plus dans l'écart considéré comme normal (variation de $d = 5,25$ points globalement). Par ailleurs, les différents items de cet index qui sont sensibles et modifiés par la présence ou non de l'EIAPI ne sont que deux sur six. Ce qui est peu et pourrait tendre à diminuer son impact. Mais l'analyse de ces deux items, que sont la position du calcaneum et la verticalisation de celui-ci pour P et l'apparition des orteils médians (principalement le premier rayon) donc une adduction de l'avant-pied, expose le contraire. La position du calcaneum est importante pour la phase de stabilisation (*hell contact*) lors de la dynamique et une

verticalisation excessive pourrait laisser à penser que la phase d'amortissement du pas se fera en contrainte. De plus, l'adduction de l'avant-pied surcharge les orteils latéraux (deuxième, troisième et quatrième rayons) qui n'ont pas la structure osseuse pour répondre à cette contrainte. Ceci va altérer les systèmes musculo-squelettiques mais surtout les boucles de régulation de la posture avec une précontrainte de certains groupes musculaires tels que fibulaire et fléchisseur *brevis* et donc des informations proprioceptives au départ plantaire.

Cette étude sur les scores du FPI entre pied porteur et non porteur comparée au score de normalité permet d'avancer que la présence de l'EIAPI est potentiellement nuisible, car il classe le pied porteur de cette affection comme potentiellement anormal. Au niveau des résultats obtenus sur l'inversion-éversion de l'avant-pied, la différence des scores entre P et NP n'est pas significative pour clarifier le fait que cela soit dû à la présence de l'EIAPI malgré une corrélation importante. Il se peut que le message sensoriel de l'EIAPI intervienne en complément d'un déséquilibre postural et positionnel du pied pouvant compenser une mauvaise intégration de l'information de régulation de la posture provenant des autres capteurs posturaux, tout comme il se peut que ce soit dû à la présence de cette pathologie.

L'épine irritative d'appui plantaire affecte bien les boucles de régulation comme nous l'avons démontré par l'analyse des tests cliniques. Les résultats de cette étude montrent que l'index de posture du pied est modifié par la présence ou non de cette pathologie potentiellement nociceptive. Effectivement, la différence significative entre les scores NP (pied gauche) et P (pied droit) expose qu'elle affecte la position du pied. Certes, ce résultat reste à confirmer par d'autres tests et principalement l'effet que présente cette pathologie de seuil infradouloureuse sur la posture. Cette étude permet d'approcher par un autre test clinique que ceux utilisés au niveau neurosensoriel (monofilament et compas de Weber) la potentialité nociceptive de l'EIAPI au niveau de la pratique clinique sans une instrumentation très importante. ■

Marc Janin

Laboratoire de Physiologie,
faculté de médecine de Rangueil, Toulouse (31)
Podologue, Poitiers (86)

Philippe Dupui

Laboratoire de Physiologie,
faculté de médecine de Rangueil, Toulouse (31)

Références

- Dupui P, Montoya R. Approche physiologique des analyses posturographiques statiques et dynamiques, physiologie, techniques, pathologies. In : Dupui P, Montoya R, Lacour M (coord.). Posture et équilibre. Solal; 2003. p.13-29.

Déclaration d'intérêts :
l'auteur déclare ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.



2. Meyer PF, Oddsson LIE, De Luca CJ. Reduced plantar sensitivity alters postural responses to lateral perturbations of balance. *Exp. Brain Res.* 2004; 157: 526-36.

3. Orengo, P. Nociception plantaire: répercussion sur les gonalgies. *In* : Pied, équilibre et mouvement. Masson; 2000. p. 148-9.

4. Graven-Nielsen T, Mense S. Painful and non-painful pressure sensation from human skeletal muscle. *Experimental Brain Research.* 2004; 159: 273-83.

5. Janin M, Dupui P. Épine irritative d'appui plantaire : posturographie et somesthésie plantaire. Congrès APE-API, Marseille, 8 décembre 2006.

6. Janin M. Marche athlétique : modification des pressions plantaires par éléments d'orthèse. *Cinésiologie.* 2002; 203: 13-4.

7. Schabat S, Gefen T, Nyska M, *et al.* The effect of insoles on the incidence and severity of low back pain among workers whose job involves long-distance walking. *European Spine Journal.* 2004; 14: 546-50.

8. Kang J-H, Chen M-D, Chen S-C, Hsi W-L (2007) Correlation between subjective treatment responses and plantar pressure parameters of metatarsal pad treatment in metatarsalgia patients : a prospective study; *Musculoskeletal Disorders*, 7:95, 71-4.

9. Haute Autorité de santé. Recommandations pour la pratique professionnelle podologique, le dossier du patient en pédicurie-podologie, 2001.

10. Haute Autorité de santé. Recommandations pour la pratique professionnelle podologique, le pied de la personne âgée : approche médicale et prise en charge de pédicurie-podologie, 2005.

11. Villeneuve P. L'épreuve posturodynamique. *In* : Gagey PM et Weber B (coord). Entrées du système postural fin. Masson; 1995. p. 51-6.

12. Redmond A, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating for scoring standing foot posture: the Foot Posture Index. *Clinical Biomechanics.* 2006. 21: 89-98.

13. Journot C, Villeneuve P. Un nouvel examen posturologique : le posturodynamique. *In* : Villeneuve P (coord.). Pied, équilibre et posture. Frison Roche; 1997. p. 139-46.

14. Villeneuve P, Desenne P, Nouhet B, *et al.* Le syndrome de déficience posturale est-il objectivable cliniquement ? *In* : Villeneuve P (coord.). Pied, équilibre et rachis. Frison-Roche; 1998. p. 209-21.

15. Villeneuve P, Parpay S. Examen clinique postural. *Revue de Podologie.* 1991; 59: 37-43.

16. Latash ML. Bases neurophysiologiques du mouvement. De Boeck Université; 2002.

17. Weber B, Villeneuve P, Villeneuve-Parpay S. Épreuve posturodynamique chez le sujet sain. Comparaison de sa cotation qualitative par plusieurs examinateurs *In* : Lacour M (coord.). Contrôle postural pathologie et traitement, innovations et rééducation. Posture et équilibre. Solal; 2002. p. 21-33.

18. Inglis JT, Kennedy PM, Wells C, *et al.* The role of cutaneous receptors in the foot. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2002; 508: 111-8.

19. Keenan AM, Redmond A, Horton M, *et al.* The Foot Posture Index : Rasch Analysis of a Novel Foot-Specific Outcome Measure. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2007; 88: 88-93.

20. Redmond A, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the Foot Posture Index. *J. Foot Ankle Res.* 2008; 31(1):6.

QUIZZ

1. Il est possible d'exercer en tant que podologue en libéral et mener une activité de recherche ?
 Vrai Faux
2. Stimuler l'arche plantaire d'un pied déplace le centre des pressions vers l'autre pied ?
 Vrai Faux
3. La perception haptique d'un pied désigne des sensations créées par les mouvements de l'autre pied.
 Vrai Faux
4. L'index de posture du pied (*foot index posture*) s'obtient en utilisant une plateforme baropodométrique sur laquelle le sujet reste debout pendant trois minutes.
 Vrai Faux

Réponses

4. FAUX.
3. FAUX.
2. VRAI.
1. VRAI.