

La baropodométrie en routine clinique

Antoine PERRIER^{a,*}
Podologue, ingénieur
biomécanique

Yohan PAYAN^b
Directeur de recherche
CNRS

Georges HA VAN^c
Médecin rééducateur,
praticien hospitalier

Nicolas VUILLERME^{d,e}
Enseignant chercheur

^ac/o Revue du podologue,
Elsevier Masson SAS,
62, rue Camille-Desmoulins,
92442 Issy-les-Moulineaux,
France

^bUniversité Joseph
Fourier-Grenoble1/CNRS,
Laboratoire TIMC-IMAG
UMR 5525, 38041 Grenoble,
France

^cUnité de podologie,
service de diabétologie
du Pr Agnès Hartemann,
GH Pitié-Salpêtrière,
47-83 boulevard de l'Hôpital,
75013 Paris, France

^dUniversité Joseph
Fourier-Grenoble1/CNRS,
Laboratoire AGIM, bâtiment
Jean Roget, Faculté de
Médecine, Domaine de la
Merçi, 38706 La Tronche,
France

^eInstitut Universitaire de
France
103, bd Saint-Michel,
75005 Paris, France

*Auteur correspondant.
Adresse e-mail :
perrier.antoine@gmail.com
(A. Perrier).

De nombreux podologues sont équipés de plateformes baropodométriques. Utile pour la communication avec le prescripteur ou le patient, la mesure de pression plantaire est un très bon outil d'aide au diagnostic. Le podologue a accès à des informations simples comme la répartition des pressions, leur quantification, mais aussi la trajectoire du centre des pressions. Deux cas cliniques illustrent la façon dont la baropodométrie peut aider le praticien dans la conception et l'évaluation de son traitement.

© 2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

Mots clés - baropodométrie ; gonalgie ; orthèse plantaire ; pied diabétique ; pression plantaire

Pedobarography in routine clinical practice. Numerous podiatrists are equipped with pedobarographic platforms. Useful for communication with the prescribing physician or the patient, the measurement of foot pressure is a very good tool to assist in diagnosis. The podiatrist has access to basic information such as pressure distribution, its quantification, as well as the centre of pressure trajectory. Two clinical cases illustrate the way in which pedobarography can help practitioners design and assess their treatment.

© 2015 Elsevier Masson SAS. All rights reserved

Keywords - diabetic foot ; foot orthosis ; foot pressure ; gonalgia ; pedobarography

De plus en plus de podologues sont équipés de plateforme de baropodométrie. Au-delà de l'intérêt pour les comptes rendus et la communication avec les prescripteurs et les patients, la baropodométrie est un outil d'aide au diagnostic très intéressant.

Sans connaissance approfondie de la technique et des méthodes de calcul inhérentes à l'intégration des pressions, le podologue peut, à l'aide des mesures retournées par les logiciels de gestion de plateforme, obtenir des informations pertinentes sur le patient, sa fonction, mais aussi sur l'efficacité de l'appareillage ou du traitement proposé. Deux cas cliniques montrent comment utiliser les informations de base de différents systèmes.

Les types d'analyse

Analyse statique

L'étude de la posture debout se fait majoritairement sur plateforme de force. Cependant, la démocratisation des plateformes baropodométriques a permis, avec un seul outil, de pouvoir mesurer les variations de pression d'interfaces statiques et dynamiques. En statique, certains paramètres utilisés sont issus des normes 85 [1]. Ils vont s'intéresser au déplacement du centre de pression, sur un enregistrement de 51,2 secondes, avec les pieds en position prédéfinie. On observe alors la trace que le logiciel intègre de ce déplacement. Les paramètres comme la surface, la longueur, la largeur

de l'aire recouverte par la trace donnent des informations sur la stabilité du patient. Nécessitant des connaissances avancées, ces outils sont peu accessibles à une compréhension rapide en cabinet.

L'analyse statique peut cependant être réalisée en utilisant d'autres paramètres pouvant sembler de prime abord simplistes mais présentant un intérêt clinique fort :

- la répartition gauche-droite ;
- la répartition avant-arrière ;
- la répartition des pressions ;
- les pressions moyennes et pics de pression.

L'analyse statique peut aussi être réalisée en utilisant des orthèses plantaires.

Analyse dynamique

♦ **L'utilisation de la baropodométrie n'est pas limitée à la mesure statique des patients.** Que ce soit en dynamique sur plateforme ou dans le cadre de la mesure embarquée, la baropodométrie est essentielle pour quantifier les appuis, la répartition des pressions, mais aussi informer sur la cinématique du patient.

En fonction du dispositif, plateforme ou semelles embarquées, différents états du patient sont mesurés.

Il faut garder à l'esprit qu'une mesure en cabinet sur plateforme baropodométrique ne représente en rien la situation écologique du patient. Par "écologique", nous entendons une situation naturelle, non contrainte, du patient dans son quotidien.

◆ **La mesure sur plateforme sera donc un instantané d'une performance** : la performance que le patient réalise pour effectuer la tâche demandée, marcher sur une plateforme en ligne droite.

◆ **L'intérêt n'en est pas amoindri ; seul l'objectif est différent**. Ainsi, en cabinet, avec utilisation de plateforme, nous avons la possibilité de mesurer de manière normée et contrainte les caractéristiques dynamiques du patient. Nous pouvons ainsi, en reproduisant les mêmes caractéristiques et conditions, comparer le patient par rapport à lui-même. Pour cela, certains auteurs ont cherché à démontrer l'utilisation d'un protocole de passage sur plateforme en fonction du pas d'appui. La conclusion de leurs articles [2] est que, dans la majorité des cas, pour obtenir des paramètres comparables, le passage selon le protocole "Two Step" (figure 1) permet de comparer le patient entre deux examens à la lecture du pic de pression et de l'intégrale "pression/temps".

Le nombre de passages aussi est important. Ainsi, sur plateforme, 5 passages [3] semblent suffisants si le protocole est respecté, alors qu'en analyse embarquée, 12 mesures par pied sont nécessaires [4].

Objectif de la mesure

Bien cibler l'objectif de la mesure est essentiel afin de savoir quels paramètres cibler lors de l'utilisation de la

plateforme ou du système de mesure baropodométrique (encadré 1, figure 2). Ainsi, nous pouvons dégager trois objectifs principaux :

- **vérifier la répartition des appuis**. Il s'agit d'une observation géométrique et topologique où l'on cherche à regarder les points d'appui anatomique du patient et le côté pathologique ou non de cet appui. Nous étudierons, par exemple, sur un patient présentant un *hallux valgus*, la répartition des appuis entre la première tête métatarsienne et les autres têtes métatarsiennes ;
- **quantifier une surpression** c'est-à-dire la valeur comparative des pressions en regard de la zone anatomique d'intérêt. Cela peut être très utile pour vérifier si une douleur, une lésion ou une gêne fonctionnelle est en lien avec un appui trop important sur une zone donnée. C'est cet objectif que nous remplissons chez les patients présentant une neuropathie diabétique ;
- **analyser la dynamique du patient**. Ce qui nous intéresse ici est la trajectoire du centre des pressions, cette trajectoire informe à chaque instant du déroulé du pas, de la cinématique du pied du patient. Ainsi, une trajectoire ayant plusieurs changements de direction à des instants du pas où il ne devrait pas y en avoir nous informera d'un trouble présent chez ce patient lors de cet instant de la marche. Une variation de la

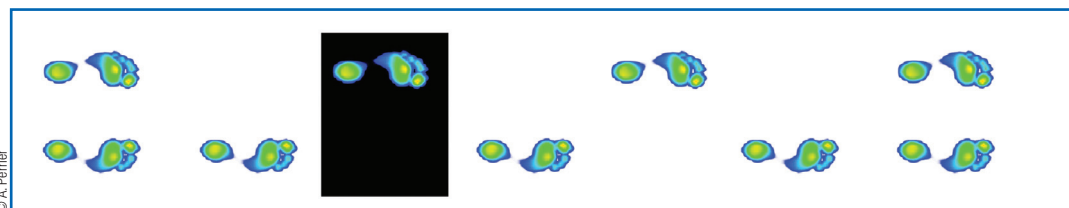


Figure 1. Protocole "Two Step".

Encadré 1. Exemple d'un protocole de mesure

Dans le cadre d'un protocole de recherche au sein de l'hôpital Pitié-Salpêtrière à Paris, les patients appareillés par orthèses plantaires sont soumis à un protocole de mesure visant à différencier l'influence du chaussage de l'influence de l'appareillage dans le but de diminuer les pressions plantaires. L'objectif de ce protocole est de mesurer les pressions plantaires à l'aide de différents dispositifs : plateforme de baropodométrie, semelles de mesure embarquée.

◆ **Première étape** : le patient subit une analyse statique de 30 secondes à 50 Hz en position libre sur plateforme, puis, quand cela est possible, une analyse en position contrainte. La finalité est d'obtenir la répartition des pressions dans les conditions d'attente du patient.

◆ **Deuxième étape** : le patient réalise plusieurs allers-retours sur la plateforme baropodométrique de type Zebris® suivant le protocole de passage "Two Step".

◆ **Troisième étape** : après calibration du système, le patient effectue une marche en ligne droite de 45 secondes, à 300 Hz, à l'aide d'un dispositif de semelles embarquées de type F-Scan® (figure 2). Cette mesure est effectuée dans un chaussage qui sera similaire pour l'ensemble des patients : une chaussure de type *Chut New Harlem*® (Pulman). L'objectif est de quantifier les pressions plantaires en condition de chaussage, et de pouvoir comparer dans les mêmes conditions le patient lors des prochaines visites.

◆ **Quatrième étape** : le patient effectue dans les mêmes conditions une marche de 45 secondes. Cette fois-ci, les orthèses plantaires ont été placées dans la chaussure. Le poids de l'orthèse dans la répartition des pressions est ainsi visualisé.



© A. Perrier

Figure 2. Calibration du système F-Scan®. 970 capteurs à 300 Hz.

direction du centre des pressions juste après l'appui talonnier pourra ainsi nous renseigner de la capacité de compensation de la poussée valgisante du patient.

Cas clinique : suivi d'une patiente diabétique

La patiente a été vue dans le cadre de consultations de suivi de patients diabétiques ayant présenté des antécédents d'ulcérations plantaires.

Anamnèse

Mme D., 63 ans, est active. Elle mesure 1,80 m, pèse 80 kg et chausse du 39. Elle présente un indice de masse corporelle de 24,7.

La patiente souffre d'une neuro-arthropathie de type 2, avec un effondrement du médiopied. Elle a cicatrisé grâce au port d'une botte plâtrée pendant trois mois. Après cicatrisation, la patiente s'est vue prescrire une paire d'orthèses plantaires sur mesure réalisée par un podologue du service.

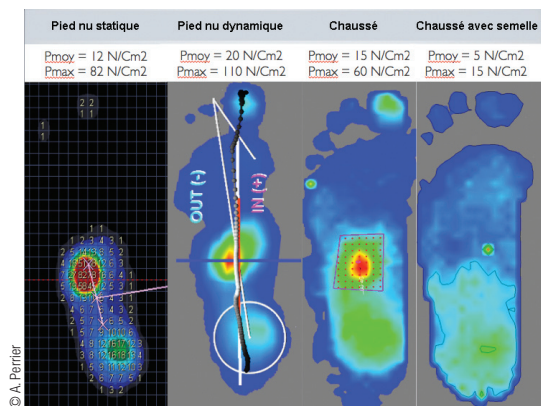


Figure 3. Analyse (pied gauche) statique, dynamique, chaussée puis avec orthèse d'un patient neuro-arthropathique de type 2.

Analyse baropodométrique et plan d'action

◆ **En statique**, sur le pied gauche : la patiente présente une pression moyenne de 12 N/cm², cela équivaut à peu près à 1,17 kg par cm², et un pic de pression localisé en regard du médiopied de 82 N/cm². Cette pression de 8 kg sur une zone de 1 cm² est très élevée, et donc le fait d'être debout est déjà un risque pour cette patiente (figure 3).

◆ **En dynamique pied nu**, la pression augmente encore avec un pic à 110 N/cm² (figure 3).

◆ **Une fois chaussée**, la pression diminue presque de moitié à 60 N/cm² (figure 3). Cela correspond donc à l'effet de la chaussure, unique paramètre changeant entre les deux mesures.

La chaussure a donc permis en dynamique à elle seule de diminuer les pressions, mais avec encore 6 kg/cm², la patiente présente un risque majeur d'ulcération.

La dernière mesure a été réalisée dans la même chaussure mais avec appareillage sur mesure. On observe ici une diminution majeure des pressions plantaires avec une pression moyenne à 5 N/cm² et un pic de pression à 15 N/cm². Ces valeurs sont très faibles et permettent d'expliquer pourquoi la patiente, avec le port des orthèses, n'a pas présenté de récurrence depuis trois ans.

Conclusion

Dans ce cas, l'utilisation de la baropodométrie a permis de régler et de vérifier l'efficacité de l'appareillage prescrit par rapport au cahier des charges établi : dans le cadre d'une plaie de pression, l'objectif est la diminution de la pression moyenne et du pic de pression en regard de la zone lésée. La baropodométrie dynamique embarquée a permis de vérifier cette hypothèse.

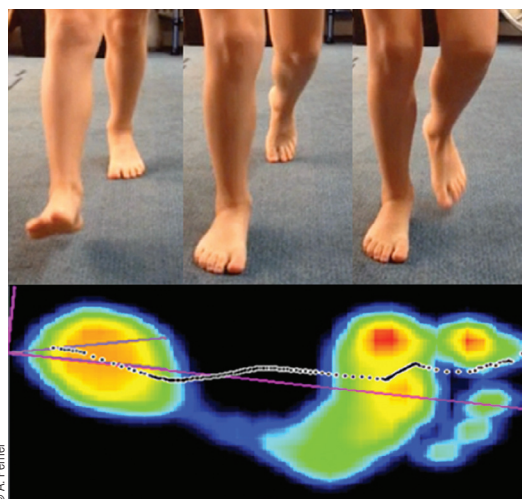


Figure 4. Analyse dynamique d'un sujet gonalgique, analyse du centre de poussée.

Cas clinique : préadolescent gonalgique

Ce second cas clinique présente un patient ayant des douleurs de genou. La baropodométrie nous guide dans la compréhension de cette pathologie.

Anamnèse

Un patient de 13 ans présente une gonalgie droite sur pied *valgus* et *genu valgum*.

Analyse baropodométrique

◆ Le recours à la plateforme baropodométrique de type **Rs-Scan™** avait pour but d'analyser la trajectoire de son centre de pressions.

Lors de l'attaque du talon, le patient présente une attaque plutôt varisante qui se vérifie à la baropodométrie par l'observation de la direction du centre des pressions en avant et en dehors (figure 4).

Lors du passage en plantigrade, nous pouvons voir que le pied subit une pronation rapide associée à une flexion de genou. À la baropodométrie, le centre des pressions subit un changement de direction en avant et en dedans, passant ainsi en dedans l'axe anatomique du pied. Le passage en digitigrade se fait ainsi par un hyperappui sur la première tête métatarsienne, le genou subissant à cet instant le changement de direction précédente : nous remarquons sur la courbe des pressions, au centre, une zone grise correspondant à l'écart type à la moyenne de plusieurs pas. Cela correspond à une variabilité d'appui dans cette zone, à mettre en lien avec la non stabilité du genou pour ce cas (figure 5).

◆ L'analyse baropodométrique nous a ainsi donné une information pertinente pour la compréhension des

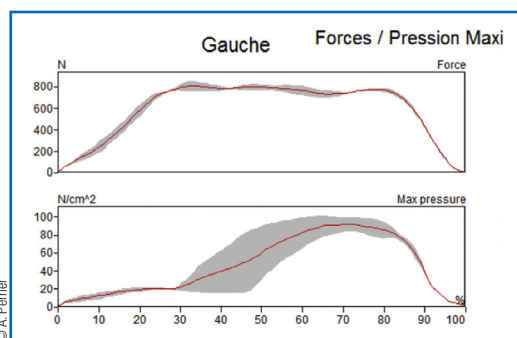


Figure 5. Courbe de force et de pression au cours d'une succession de pas.

douleurs de la patte d'oie chez ce patient, expliquant le travail en excentrique trop important de ses muscles lors du passage plantigrade à digitigrade lié à un mauvais contrôle de l'abaissement du tibia et de la poussée valgusante. L'abaissement du tibia est associé à la flexion de genou et la poussée valgusante à une augmentation des contraintes de torsion.

Plan d'action

L'instabilité du genou étant directement liée au passage taligrade/plantigrade, l'orthèse doit donc avoir un effet coordonné entre le médiopied et l'avant-pied.

Nous avons décidé de mettre un coin calcanéen antérieur associé à un élément rétrocapital du premier rayon ayant pour but de compenser une surpression liée à la mise en place d'un élément antérocapital du premier rayon.

Conclusion

La baropodométrie peut s'avérer un outil utile pour le podologue, que ce soit pour des mesures de pression pure ou pour une analyse de la dynamique du patient. La baropodométrie doit cependant rester une aide au diagnostic car la compréhension des pathologies ne peut se faire qu'en corrélation avec la clinique. ▶

Références

- [1] Gagey PM, Gentaz R, Guillaumon JL et al. Études statistiques des mesures faites sur l'homme normal à l'aide de la plate-forme de stabilométrie clinique normalisée. Normes 85. 2^e ed. Paris: Association française de posturologie; 1988.
- [2] van der Leeden M, Dekker JH, Siemonsma PC, Lek-Westerhof SS, Steultjens MP. Reproducibility of plantar pressure measurements in patients with chronic arthritis: a comparison of one-step, two-step, and three-step protocols and an estimate of the number of measurements required. *Foot Ankle Int.* 2004 Oct;25(10):739-44. PubMed PMID: 15566706
- [3] Bus SA, de Lange A. A comparison of the 1-step, 2-step, and 3-step protocols for obtaining barefoot plantar pressure data in the diabetic neuropathic foot. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2005 Nov;20(9):892-9. PubMed PMID: 15996799.
- [4] Arts MLJ, Bus SA. Twelve steps per foot are recommended for valid and reliable in-shoe plantar pressure data in neuropathic diabetic patients wearing custom made footwear. *Clin Biomech.* 2011;26(8):880-4. doi:10.1016/j.clinbiomech.2011.05.001

Déclaration d'intérêts
Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.