

Etude de la voûte plantaire : corrélations entre des paramètres podométriques et radiologiques.

Résultats d'une étude prospective de 79 cas

Study of the plantar arch : correlations between podometrical and radiological parameters.

Results of a prospective study of 79 cases

R. Maes¹, S. Dojcinovic², Y. Andrianne³ et F. Burny³

Services de Chirurgie Orthopédique, ¹R.H.M.S. Baudour, ²C.H.U. Lausanne, ³Hôpital Erasme

RESUME

L'article présente l'analyse prospective sur les corrélations possibles entre huit paramètres podométriques et trois paramètres radiologiques dans l'étude de la voûte plantaire chez 79 patients. Les huit paramètres podométriques retenus sont : l'angle d'arche de Clarke, l'index de Chippaux-Smirak, les index de contact 2,3 et 4 de Quamra, l'angle d'empreinte de Schwartz, l'index d'arche de Staheli et l'index de longueur d'arche. Les trois paramètres radiologiques retenus sont : l'angle de Djian-Annonier, l'angle d'inclinaison du calcaneus et l'angle talus-1^{er} métatarsien dit angle de Méary. Cette étude prospective a confirmé l'excellente relation statistique, retrouvée dans d'autres études, entre la mesure de l'index de Chippaux-Smirak et l'angle de Djian-Annonier. L'utilisation d'autres paramètres radiologiques comme l'angle de Méary et l'angle d'inclinaison du calcaneus ne nous paraît pas justifiée vu la mauvaise corrélation avec les paramètres d'empreinte.

Rev Med Brux 2006 ; 27 : 422-9

ABSTRACT

The authors present a prospective study on the potential correlations between eight footprint parameters and three radiological parameters in the study of the plantar arch. Seventy nine patients were evaluated in 2001. The eight footprint parameters were as follows : the arch angle, the Chippaux-Smirak's index, the Quamra's contact index 2,3 and 4, the Schwartz's footprint angle, the Staheli's arch index and the arch length index. The three radiological parameters were as follows : the Djian-Annonier's angle, the Méary's angle and the calcaneal inclination. This prospective study confirms the best correlation, found in others studies, obtained between the Djian-Annonier's angle and the Chippaux-Smirak. The use of the Méary's angle and the calcaneal inclination is not justified because they have bad correlations with footprint parameters.

Rev Med Brux 2006 ; 27 : 422-9

Key words : footprint parameters, Djian-Annonier's angle, Chippaux-Smirak's index, Qamra's contact index 2,3 and 4

INTRODUCTION

Depuis le début du 20^{ème} siècle, les empreintes plantaires sont utilisées par différents auteurs pour estimer le creusement de la voûte plantaire du pied par l'intermédiaire de l'arche longitudinale médiale¹⁻¹². Ils ont décrit toute une série de paramètres quantitatifs pour classer les pieds en différentes catégories (pieds

plats, pieds creux, pieds valgus, pieds varus, etc.). Schwartz, en 1928, est le premier auteur à décrire une mesure quantitative de la voûte plantaire acquise au départ d'une empreinte encrée de la plante du pied^{13,14}.

Le but de ce travail est d'étudier les corrélations possibles entre des paramètres podométriques et radiologiques. Tous les hôpitaux ne possédant pas une

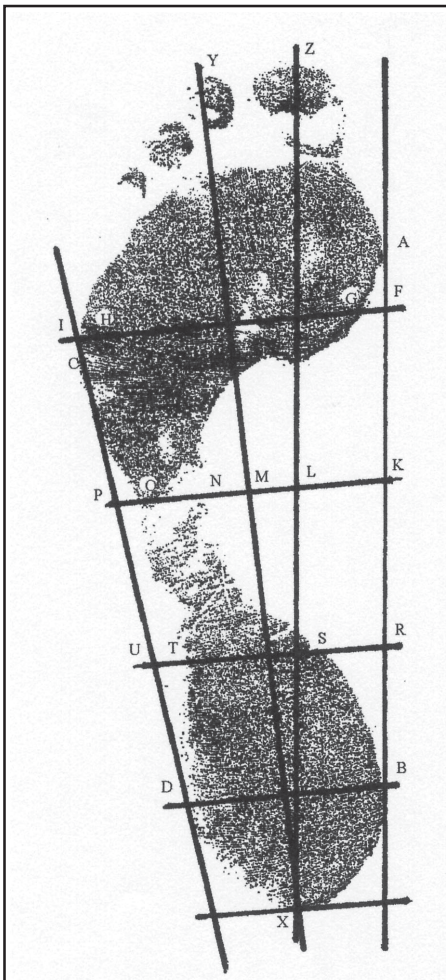


Figure 1 : Représentation des différentes constructions géométriques réalisées sur l'empreinte plantaire. Le contour de l'empreinte est délimité par deux droites ; la droite du côté médial relie les points A et B et la droite du côté latéral, les points C et D. La ligne XY représente l'axe du pied et la ligne XZ, l'axe du premier orteil. La ligne KP est tracée perpendiculairement à l'axe XY, au centre de l'empreinte. La ligne KP est coupée par l'axe XY en un point M et par l'axe du premier orteil en un point L. Elle est également coupée par l'empreinte en deux points N et O. Le contact index II est égal au rapport NO/KP , le contact index III au rapport NO/LP et le contact index IV au rapport NO/MP ¹.

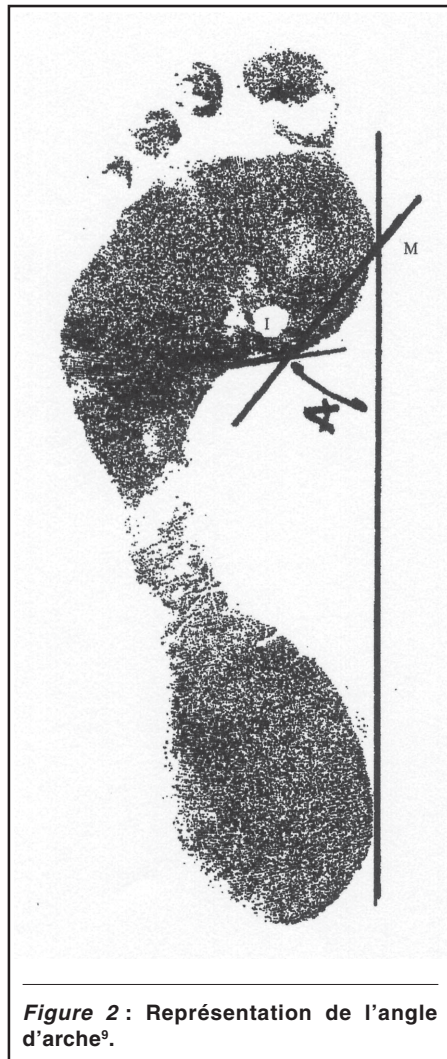


Figure 2 : Représentation de l'angle d'arche⁹.

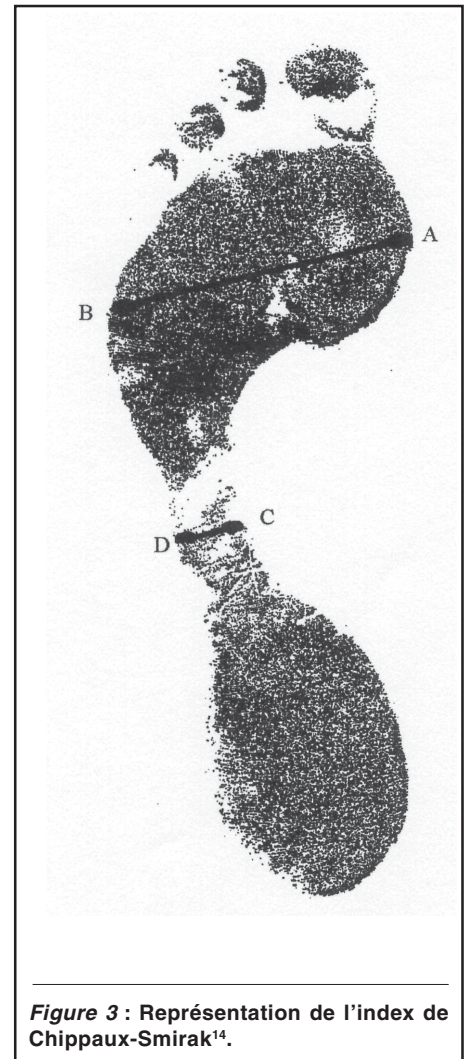


Figure 3 : Représentation de l'index de Chippaux-Smirak¹⁴.

plate-forme dynamométrique, la méthode utilisée doit être simple et reproductible lors de l'utilisation quotidienne.

MATERIEL ET METHODES

La série prospective étudiée comprenait une population de 79 patients vus en consultation de podologie adulte de l'Hôpital Erasme à Bruxelles au cours de l'année 2001. Il s'agissait de 65 femmes et 14 hommes dont l'âge moyen était de 47,6 ans (extrêmes de 16 et 82 ans).

Des empreintes statiques acquises en appui bipodal ont été utilisées. La technique consiste en l'impression du reflet de la voûte plantaire sur une feuille de format A4, après badigeonnage de la sole plantaire à l'alcool iodé ou à l'éosine alcoolique en cas d'allergie. Le patient pose chaque pied sur une feuille et l'opérateur badigeonne alternativement la plante des pieds.

L'appui bipodal est alors réparti de manière équilibrée sur les deux pieds. Une fois le document imprimé, le patient relève un pied et puis l'autre, et les feuilles sont retirées.

Pour permettre l'acquisition des index nécessaires à l'étude quantitative, plusieurs lignes sont tracées sur l'empreinte plantaire (Figures 1 à 8).

Pour étudier l'empreinte plantaire, huit index graphiques ont été retenus. Il s'agissait de : l'angle d'arche de Clarke, l'index de Chippaux-Smirak, les index de contact 2,3 et 4 de Qamra, l'angle d'empreinte de Schwartz, l'index d'arche de Staheli (I.A.S.) et l'index de longueur d'arche (I.L.A.).

L'angle d'arche de Clarke est formé par la bordure médiale du pied et la ligne joignant le point le plus médian du métatarse (M) avec le point d'inflexion du



Figure 4 : Représentation de l'angle d'empreinte⁶.

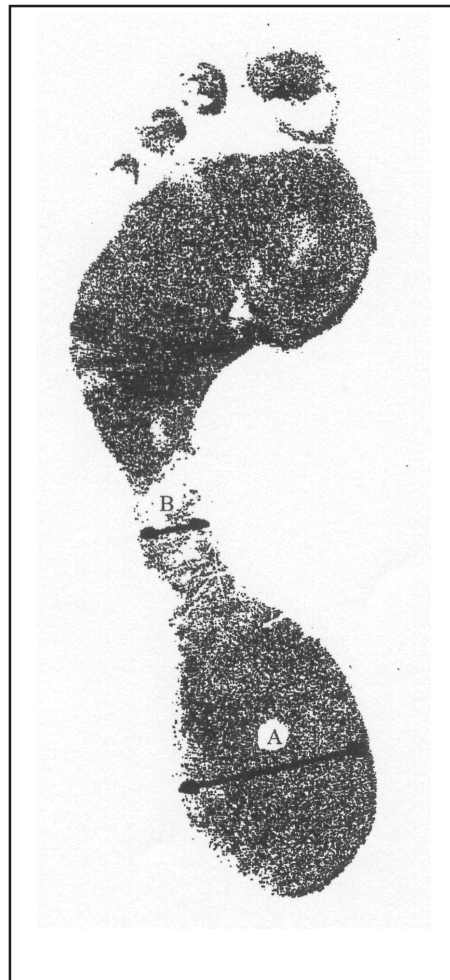


Figure 5 : Représentation de l'index d'arche de Staheli : rapport B/A⁸.



Figure 6 : Représentation de l'index de longueur d'arche : rapport PQ/T⁹.

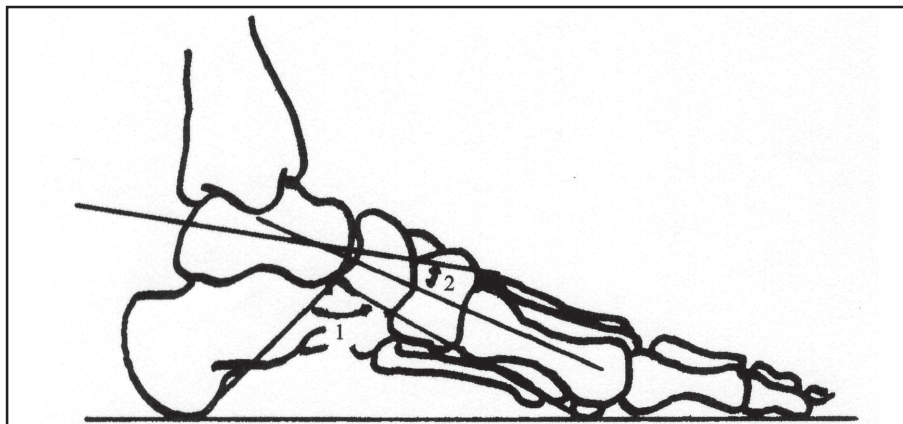


Figure 7 : Angle de Djian-Annonier¹ et angle talus-premier métatarsien dit de "Méary"².

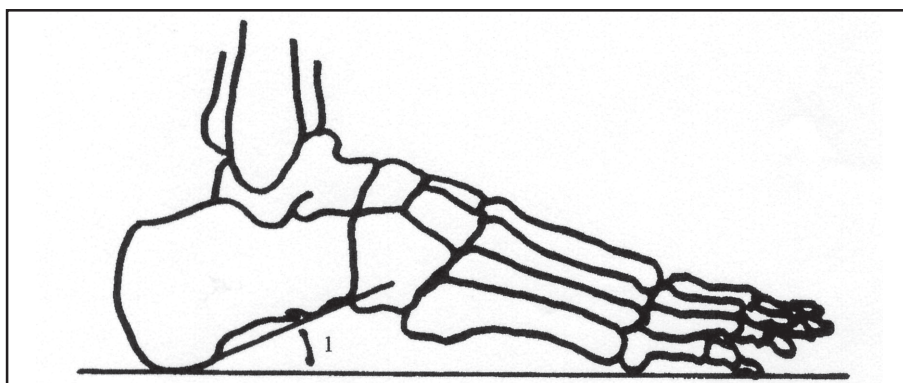


Figure 8 : Angle d'inclinaison du calcaneus¹.

segment antérieur du bord médian de la voûte (I). L'index de Chippaux-Smirak représente le rapport entre la largeur minimale du pied au niveau de l'arche plantaire et la largeur maximale de l'empreinte au niveau des métatarsiens. Le contact index II représente le rapport de la largeur de contact (NO) sur la largeur totale supposée du pied (KP) au niveau de la moitié du pied. Le contact index III représente le rapport de la largeur de contact (NO) sur la largeur entre le bord latéral supposé et l'axe du premier orteil (LP) au niveau du milieu du pied. Le contact index IV représente le rapport de la largeur de contact (NO) et de la largeur comprise entre le bord latéral supposé et l'axe du pied (MP) au niveau de la moitié du pied.

L'angle d'empreinte de Schwartz est formé par la ligne joignant les points les plus médians du métatarse et du talon et la ligne reliant le point le plus médian du métatarse avec le point le plus latéral de la bordure médiale de la portion moyenne du pied.

L'index d'arche de Staheli représente le rapport entre la largeur du pied dans la région moyenne du pied (B) et au niveau du talon (A).

L'index de longueur d'arche correspond au rapport de la longueur du bord médian entre les points les plus médians du métatarse et du talon et la longueur longeant la bordure de l'arche entre ces points.

Sur la radiographie du pied de profil en charge, trois paramètres radiologiques ont été mesurés. Il s'agissait de l'angle de Djian-Annonier, l'angle d'inclinaison du calcaneus et l'angle talus-1^{er} métatarsien dit angle de Méary. L'angle de Djian-Annonier est l'angle compris entre la droite joignant le point d'appui le plus déclive du calcaneus au point le plus bas de l'interligne talo-naviculaire et la droite joignant le point tangent à l'appui du sésamoïde médial au point le plus bas de l'interligne talo-naviculaire. Physiologiquement, sa valeur se situe entre 118 et 130 degrés^{13,15}.

L'angle d'inclinaison du calcaneus est formé par la droite passant par le point tangent à l'appui du sésamoïde médial au point tangent à l'appui de la grosse tubérosité du calcaneus et la droite joignant ce dernier point au point le plus bas de l'interligne calcanéo-cuboïdienne. Sa valeur physiologique se situe entre 20 et 30 degrés^{16,17}.

L'angle talus-1^{er} métatarsien dit de "Méary" se définit comme l'angle compris entre la droite schématisant l'axe longitudinal du talus passant par le col et la droite schématisant l'axe longitudinal du 1^{er} métatarsien. Sa valeur physiologique se situe entre -4 et +4 degrés^{16,17}.

RESULTATS

Les résultats ont été évalués pour l'ensemble de la série (158 pieds) et pour les sous-ensembles de 79 pieds gauches et 79 pieds droits. Les Tableaux 1 et

2 montrent les moyennes avec les extrêmes des différents paramètres radiologiques et podométriques étudiés pour la série complète et les deux sous-ensembles de pieds gauches et droits.

Pour la série complète (n = 158), l'angle de Djian-Annonier a varié entre 98 et 160° (moyenne de 123,5°), l'angle d'inclinaison du calcaneus entre 6 et 34° (moyenne de 20,3°), l'angle talus-M1 entre -22 et 19° (moyenne de 4,5°), l'angle M1-M2 entre 4 et 20° (moyenne de 10,9°) et l'angle M1-M5 entre 12 et 38° (moyenne de 25,8°). L'angle d'arche est mesuré entre 0 et 38° (moyenne de 21,8°), l'index de Chippaux-Smirak entre 0 et 77,8 (moyenne de 37,5), le contact index II entre 9,5 et 100 (moyenne de 50,3), le contact index III entre 14,9 et 182,9 (moyenne de 77,4), le contact index IV entre 19,4 et 250 (moyenne de 98,9), l'angle d'empreinte entre 0 et 55° (moyenne de 35,9°), l'index d'arche de Staheli entre 0 et 134,6 (moyenne de 65,5) et l'index de longueur d'arche entre 0 et 1 (moyenne de 0,842).

Le Tableau 3 montre les résultats de l'étude de la différence entre le pied gauche et le pied droit pour les différents paramètres étudiés.

La corrélation entre les trois paramètres radiologiques sélectionnés et les huit paramètres podométriques sélectionnés montre que l'angle talus-M1 et l'angle d'inclinaison du calcaneus ne sont pas corrélés avec la majorité des paramètres podométriques utilisés (Tableau 4). Une certaine corrélation existe entre ces deux paramètres radiologiques et l'angle d'arche (r compris entre 0,312 et 0,456) et l'angle d'empreinte (r compris entre 0,437 et 0,613). Par contre, l'angle de Djian-Annonier est bien corrélé avec la majorité des paramètres podométriques, hormis l'angle d'arche et l'angle d'empreinte (Tableau 4).

L'intercorrélation entre les trois paramètres radiologiques a montré que l'angle de Djian-Annonier n'est pas corrélé aux deux autres paramètres radiologiques (Tableau 5).

L'intercorrélation entre les huit paramètres podométriques a montré un coefficient r supérieur à 0,546 sauf pour l'index de longueur d'arche (valeurs faiblement positives), l'angle d'arche et l'angle d'empreinte (Tableau 6). Les valeurs obtenues pour ces deux derniers paramètres podométriques étaient négatives (Tableau 6).

La distribution des 1^{er} et 3^{ème} quantiles des index utilisés pour la série complète de 79 patients est visualisée dans le Tableau 7.

DISCUSSION

Les voûtes plantaires sont classées en différentes catégories (pieds creux, pieds plats, pieds varus, pieds valgus, etc.) par l'intermédiaire de l'étude du creusement de l'arche longitudinale médiale en mesurant différents paramètres sur les empreintes

Tableau 1 : Résultats des paramètres radiologiques étudiés de la série complète et des sous-ensembles pieds gauche et droit (moyenne et extrêmes).

| | Angle Djian | Angle inclinaison calcaneus | Angle Méary | Angle M1-M2 | Angle M1-M5 |
|----------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Série complète | | | | | |
| (n = 158) | 123,5° (98 à 160°) | 20,3° (6 à 34°) | 4,5° (-22 à 19°) | 10,9° (4 à 20°) | 25,8° (12 à 38°) |
| Pied gauche | | | | | |
| (n = 79) | 123,5° (100 à 159°) | 20,3° (7 à 31°) | 4,5° (-21 à 20°) | 11° (4 à 18°) | 25,4° (15 à 38°) |
| Pied droit | | | | | |
| (n = 79) | 123,4° (101 à 160°) | 20,3° (8 à 35°) | 4,4° (-22 à 21°) | 10,8° (4 à 20°) | 26,2° (12 à 38°) |

Tableau 2 : Résultats des paramètres podométriques étudiés de la série complète et des sous-ensembles pieds gauche et droit (moyenne et extrêmes).

| | Angle d'arche | Index Chippaux | Contact index II | Contact index III | Contact index IV | Angle d'empreinte | I.A.S. | I.L.A. |
|----------------|------------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Série complète | | | | | | | | |
| (n = 158) | 21,8° 0 - 38° | 37,5 0 - 77,8 | 50,3 9,5 - 100 | 77,4 14,9 - 182,9 | 98,9 19,4 - 250 | 35,9° 0 - 55° | 65,5 0 - 134,6 | 0,842 0 - 1 |
| Pied gauche | | | | | | | | |
| (n = 79) | 20,1° 0 - 36° | 36,8 0 - 69 | 49,9 9,5 - 92 | 76,9 14,9 - 160,5 | 98,6 19,4 - 209,1 | 34,3° 0 - 53° | 64,9 0 - 121,7 | 0,841 0 - 0,990 |
| Pied droit | | | | | | | | |
| (n = 79) | 23,6° 0 - 38° | 38,1 7,9 - 77,8 | 50,7 20 - 100 | 77,9 31,3 - 182,9 | 99,1 38,5 - 250 | 37,5° 0 - 55° | 66 14,9 - 134,6 | 0,842 0 - 1 |

plantaires. De multiples paramètres quantitatifs ont été décrits depuis le début du 20^{ème} siècle (l'angle d'arche de Clarke, l'index de Chippaux-Smirak, les contacts index II, III et IV de Quamra, l'angle d'empreinte de Schwartz, l'index d'arche de Staheli, l'index de longueur d'arche, etc.).

Cependant, l'empreinte plantaire présente quelques inconvénients. Elle peut se modifier lors de la phase d'installation du pied sur la feuille avant la stabilisation de celui-ci. Pour éviter cet inconvénient, le patient doit poser les pieds sans hésitation sur les deux feuilles de papier de format A4. L'importance des parties molles de la plante du pied varie d'un sujet à l'autre ou chez la même personne à différents moments de sa vie tout comme la statique du pied. Les contractures musculaires induites par les douleurs localisées au niveau de la colonne et du membre inférieur peuvent modifier la statique du pied et par conséquent l'empreinte plantaire.

Malgré ces inconvénients, l'empreinte plantaire sur papier est un examen fiable, peu coûteux, facilement réalisable et reproductible, laissant un document dans le dossier médical.

Tableau 3 : Différence entre pied gauche et pied droit pour les différents paramètres étudiés.

| | Différence gauche-droite | |
|----------------------|--------------------------|------|
| | P | (s) |
| Angle Djian | 0,979 | (ns) |
| Pente calcaneus | 0,966 | (ns) |
| Angle talus-M1 | 0,991 | (ns) |
| Angle arche | 0,515 | (ns) |
| Index Chippaux | 0,530 | (ns) |
| Contact index II | 0,776 | (ns) |
| Contact index III | 0,836 | (ns) |
| Contact index IV | 0,929 | (ns) |
| Angle empreinte | 0,511 | (ns) |
| Index arche Staheli | 0,670 | (ns) |
| Index longueur arche | 0,971 | (ns) |

Tableau 4 : Corrélation entre les paramètres radiologiques et les paramètres podométriques étudiés. Les valeurs négatives (en gras) montrent que les paramètres ne sont pas corrélés entre eux.

| | | Angle Djian | | Angle talus-M1 | | Pente calcaneus | |
|-------------------|---|---------------|---------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|
| | | G | D | G | D | G | D |
| Angle arche | G | -0,366 | | 0,334 | | 0,331 | |
| | D | -0,422 | -0,415 | 0,383 | 0,456 | 0,312 | 0,376 |
| Index Chippaux | G | 0,562 | | -0,479 | | -0,519 | |
| | D | 0,525 | 0,547 | -0,466 | -0,553 | -0,434 | -0,571 |
| Contact index II | G | 0,510 | | -0,515 | | -0,473 | |
| | D | 0,552 | 0,550 | -0,561 | -0,619 | -0,418 | -0,535 |
| Contact index III | G | 0,502 | | -0,505 | | -0,470 | |
| | D | 0,543 | 0,523 | -0,556 | -0,619 | -0,370 | -0,487 |
| Contact index IV | G | 0,497 | | -0,520 | | -0,457 | |
| | D | 0,547 | 0,531 | -0,551 | -0,620 | -0,360 | -0,477 |
| Angle empreinte | G | -0,591 | | 0,567 | | 0,465 | |
| | D | -0,607 | -0,571 | 0,570 | 0,613 | 0,437 | 0,514 |
| I.A.S. | G | 0,541 | | -0,464 | | -0,481 | |
| | D | 0,563 | 0,561 | -0,489 | -0,561 | -0,436 | -0,563 |
| I.L.A. | G | 0,541 | | -0,150 | | -0,090 | |
| | D | 0,407 | 0,549 | -0,136 | -0,167 | -0,090 | -0,070 |

Tableau 5 : Intercorrélation des paramètres radiologiques étudiés entre eux. Le coefficient de corrélation r est donné pour le pied gauche et le pied droit pour chaque paramètre. L'angle de Djian n'est pas corrélé avec l'angle d'inclinaison du calcaneus et l'angle talus-M1.

| | | Angle Djian | | Pente calcaneus | | Angle talus-M1 | |
|-----------------|---|---------------|---------------|-----------------|-------|----------------|---|
| | | G | D | G | D | G | D |
| Angle Djian | G | 1 | | | | | |
| | D | 0,899 | 1 | | | | |
| Pente calcaneus | G | -0,704 | | 1 | | | |
| | D | -0,635 | -0,697 | 0,858 | 1 | | |
| Angle talus-M1 | G | -0,683 | | 0,425 | | 1 | |
| | D | -0,608 | -0,654 | 0,412 | 0,508 | 0,876 | 1 |

Selon Morton en 1937, on peut considérer la portion moyenne du pied comme seule représentative du pied car les portions antérieure et postérieure de l'empreinte plantaire participent peu aux modifications de forme de l'arche plantaire².

Plusieurs études ont montré que la plupart des paramètres podométriques sont représentatifs de la voûte plantaire¹⁻¹².

Dans notre étude, les paramètres d'empreinte utilisés sont simples d'utilisation pour l'application

routinière dans une consultation. Les paramètres podométriques choisis sont les suivants : l'angle d'arche, l'index de Chippaux-Smirak, les "contacts index II, III et IV, l'angle d'empreinte, l'index d'arche de Staheli et l'index de longueur d'arche.

Différentes études ont permis d'établir une relation avec un coefficient r compris entre 0,70 et 0,95 dans l'étude d'une éventuelle corrélation entre des mesures cliniques de l'arche longitudinale médiale et des indices podométriques^{9,11}. Les mesures cliniques sont représentées par des mesures directes de la

Tableau 6 : Intercorrélation des différents paramètres d'empreinte entre eux. Le coefficient de corrélation r est donné pour le pied gauche et le pied droit pour chaque paramètre (p < 0,001). (I.A.S. = index arche de Staheli ; I.L.A. = index de longueur d'arche).

| | | Angle arche | | Index Chippaux | | Contact index II | | Contact index III | | Contact index IV | | Angle empreinte | | I.A.S. | | I.L.A. | |
|-------------------|---|---------------|---------------|----------------|---------------|------------------|---------------|-------------------|---------------|------------------|---------------|-----------------|---------------|--------|-------|--------|---|
| | | G | D | G | D | G | D | G | D | G | D | G | D | G | D | G | D |
| Angle arche | G | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | D | 0,711 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Index Chippaux | G | -0,673 | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | D | -0,562 | -0,739 | 0,776 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Contact index III | G | -0,722 | | 0,915 | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | D | -0,549 | -0,772 | 0,701 | 0,958 | 0,686 | 1 | | | | | | | | | | |
| Contact index III | G | -0,717 | | 0,88 | | 0,973 | | 1 | | | | | | | | | |
| | D | -0,519 | -0,78 | 0,653 | 0,917 | 0,635 | 0,969 | 0,645 | 1 | | | | | | | | |
| Contact index IV | G | -0,742 | | 0,868 | | 0,967 | | 0,988 | | 1 | | | | | | | |
| | D | -0,536 | -0,784 | 0,695 | 0,921 | 0,629 | 0,958 | 0,64 | 0,99 | 0,624 | 1 | | | | | | |
| Angle empreinte | G | 0,704 | | -0,768 | | -0,845 | | -0,841 | | -0,84 | | 1 | | | | | |
| | D | 0,546 | 0,786 | -0,636 | -0,836 | -0,665 | -0,897 | -0,644 | -0,882 | -0,63 | -0,879 | 0,733 | 1 | | | | |
| I.A.S. | G | -0,664 | | 0,967 | | 0,931 | | 0,88 | | 0,863 | | -0,763 | | 1 | | | |
| | D | -0,532 | -0,731 | 0,708 | 0,975 | 0,659 | 0,952 | 0,636 | 0,919 | 0,614 | 0,921 | -0,59 | -0,843 | 0,732 | 1 | | |
| I.L.A. | G | -0,118 | | 0,276 | | 0,491 | | 0,493 | | 0,468 | | -0,225 | | 0,322 | | 1 | |
| | D | -0,05 | -0,088 | 0,196 | 0,281 | 0,188 | 0,274 | 0,205 | 0,288 | 0,19 | 0,278 | -0,125 | -0,188 | 0,208 | 0,278 | 0,9 | 1 |

Tableau 7 : Distribution des 1^{er} et 3^{ème} quantiles des cinq paramètres radiologiques et des huit paramètres podométriques étudiés pour la série complète de 158 pieds. Le 1^{er} quantile correspond à la limite inférieure et le 3^{ème} quantile correspond à la limite supérieure pour un degré de confiance de 95 %.

| | Série complète (n = 158) | |
|-------------------|--------------------------|------------|
| | Quantile 1 | Quantile 3 |
| Angle Djian | 118° | 129° |
| Pente calcaneus | 19° | 30° |
| Angle talus-M1 | -3° | 4° |
| Angle M1-M2 | 10° | 12° |
| Angle M1-M5 | 24° | 28° |
| Angle arche | 17° | 28,8° |
| Index Chippaux | 28,6 | 43,1 |
| Contact index II | 40 | 55,7 |
| Contact index III | 59,1 | 83,4 |
| Contact index IV | 77,6 | 108,3 |
| Angle empreinte | 30,3° | 45° |
| I.A.S. | 51 | 75,4 |
| I.L.A. | 0,801 | 0,908 |

distance entre le sol et différents points anatomiques de l'arche plantaire médiale du pied¹¹.

Dans une étude réalisée en 1995, Saltzman constate une corrélation entre les mesures cliniques et les indices radiologiques avec un coefficient r compris entre 0,51 et 0,86¹².

Notre étude prospective a confirmé l'existence d'une relation entre des indices podométriques et radiologiques et la bonne corrélation observée dans

des études précédentes, réalisées par Bouysset *et al* en 1987 et Maes *et al* en 2004, entre l'index de Chippaux-Smirak et l'angle de Djian-Annonier^{13,18}. Toutefois, il ne faut jamais méconnaître la clinique car 2 % de la population présentent des résultats contradictoires¹³.

Les résultats du Tableau 5 montrent que les pieds humains semblent avoir une excellente symétrie. La différence entre le pied gauche et le pied droit apparaît non significative (p > 0,05). Cette constatation, apparemment évidente, peut par sa démonstration être très importante en cas de litige médico-légal.

Tous les paramètres dans ce travail montrent une relation très significative entre eux (p < 0,001). Cette relation est vérifiée pour les paramètres d'empreintes entre eux et pour ces derniers avec les paramètres radiologiques. Cette corrélation témoigne de la fiabilité des empreintes plantaires. Statistiquement, les tissus mous n'influencent pas l'aspect de l'arche squelettique structurelle du pied. En effet, les mesures radiologiques, basées uniquement sur la charpente osseuse, sont bien corrélées avec les mesures podométriques. Ces conclusions ne peuvent s'appliquer qu'à des pieds issus d'une population à distribution gaussienne car les index podométriques ne sont pas mesurables dans le cas de pieds extrêmes. En effet, l'évaluation de la voûte plantaire se fait au niveau de la région moyenne de l'empreinte et dans le cas d'un pied creux extrême, il n'y a aucune impression à ce niveau. A l'opposé, dans le cas d'un pied plat extrême, le rapport de la portion imprimée sur la portion non imprimée est égal à un.

Grâce aux résultats obtenus dans la distribution des 1^{er} et 3^{ème} quantiles, une classification des différents types d'arche médiale du pied en arche haute, normale et basse peut être réalisée. Les résultats obtenus, dans cette étude prospective, sont comparables à ceux obtenus par d'autres auteurs^{13,15}. Par exemple, un index de Chippaux-Smirak compris entre 28,6 et 43,1 et un angle de Djian-Annonier entre 118° et 129° sont

considérés comme normaux. Un résultat inférieur à ces limites correspond à une arche creuse et un résultat supérieur à une arche plate.

CONCLUSIONS

La technique d'empreinte utilisée, pour l'évaluation de l'arche plantaire, apparaît fiable et reproductible à condition qu'il n'y ait pas d'hésitation lors de la prise d'empreinte pour éviter une modification de celle-ci.

Les paramètres utilisés sont simples à mesurer et à calculer. Ils peuvent donc être appliqués en pratique courante pour évaluer l'arche plantaire. Cette étude prospective a confirmé l'excellente relation statistique, retrouvée dans d'autres études, entre la mesure de l'index de Chippaux-Smirak et l'angle de Djian-Annonier.

L'utilisation d'autres paramètres radiologiques dans l'étude de la voûte plantaire, comme l'angle talus-premier métatarsien et l'angle d'inclinaison du calcaneus, ne nous paraît pas justifiée vu la mauvaise corrélation avec les paramètres d'empreinte.

BIBLIOGRAPHIE

- Clarke HH : An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations. *The Research Quarterly* 1933 ; 4 : 99-107
- Morton DJ : Human locomotion and body form. Baltimore, The Williams and Wilkins Company, 1952 : 285
- Qamra SR, Deodhar SD, Jit I : Podographical and metrical study for pes planus in a northwestern Indian population. *Human Biology* 1980 ; 52 : 435-45
- Takai S : Structural components of the arch of the foot analyzed by radiogrammetric and multivariate statistical methods. *Acta Anat* 1984 ; 119 : 161-4
- Rose GK, Welton EA, Marshall T : The diagnostic of flat foot in the child. *J Bone Joint Surg (Br)* 1985 ; 67 : 71-8
- Cavanagh PR, Rodgers MM : The arch index : a useful measure from footprints. *J Biomech* 1987 ; 20 : 547-51
- Didia BC, Omu ET, Obuoforiboa A : The use of footprint contact index II for flat feet in Nigerian population. *Foot and Ankle* 1987 ; 7 : 285-9
- Staheli T, Chew DE, Corbett M : The longitudinal arch. A survey of height hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg (Am)* 1987 ; 69 : 426-8
- Hawes MR, Nachbauer W, Sovak D, Nigg BM : Footprint parameters as a measure of arch height. *Foot and Ankle* 1992 ; 13 : 22-6
- Volpon JB : Footprint analysis during the growth period. *J Pediatr Orthop* 1994 ; 14 : 83-5
- Chu WC, Lee SH, Wang TJ, Lee MC : The use of arch index to characterize arch height : a digital image processing approach. *IEEE Trans. Biomed Eng* 1995 ; 11 : 1088-93
- Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD : Measurement of the medial longitudinal arch. *Arch Phys Med Rehabil* 1995 ; 76 : 45-9
- Bouysset M, Lejeune E, Bouvier *et al* : L'examen de l'empreinte plantaire est-il désuet ? A propos de 395 pieds rhumatoïdes. *Med Chir Pied* 1987 ; 3 : 89-91
- Forriol F, Pascual J : Footprint analysis between three and seventeen years of age. *Foot and Ankle* 1990 ; 11 : 101-4
- Djian A, Annonier C, Denis A, Baudoin P : Radiopodométrie. *J Radiol Electrol* 1968 ; 49 : 769-72
- Berquist TH : Radiology of the foot and ankle. Raven Press, 1989 : 55-6
- Coughlin MJ, Mann RA : Imaging of the foot and ankle. Surgery of the foot and ankle. Mosby, 7^{ème} édition, 1999 : 51-8
- Maes R, Dojcinovic S, Andrianne Y, Burny F : Etude rétrospective sur les corrélations entre des paramètres podométriques et l'angle de Djian-Annonier dans l'étude de la voûte plantaire. Résultats d'une série de 158 cas. *Med Chir Pied* 2004 ; 20 : 11-6

Correspondance et tirés à part :

R. MAES
Chaussée de Bruxelles 321
6042 Lodelinsart

Travail reçu le 11 janvier 2005 ; accepté dans sa version définitive le 23 décembre 2005.