

# ARTIGO ORIGINAL

## Avaliação computacional da impressão plantar. Valores de referência do índice do arco em amostra da população brasileira

### Computational evaluation of the footprint: reference values of the plantar arch index in a sample of the Brazilian population

Margot Guarieiro Ramos<sup>1</sup>, Fabrício Ramos Silvestre Pereira<sup>2</sup>, Anamarli Nucci<sup>3</sup>

#### RESUMO

A presença do arco longitudinal medial (ALM) é característica dos pés humanos e através dele o pé tem sido classificado como normal, cavo e plano. A literatura permite escolher entre variados métodos e técnicas de mensuração do ALM, cada qual com vantagens e desvantagens. Optou-se pelo método da impressão plantar com medida do índice do arco (IA) para avaliar indiretamente a altura do ALM. A escolha foi motivada por ser a impressão plantar exequível com baixo custo e não invasiva. Seguiu-se o princípio básico do método de mensuração do IA proposto por Cavanagh & Rodgers, modificado pela introdução do escaneamento da impressão plantar e pelo cálculo do IA através de programa computacional elaborado por um dos autores. Foram avaliadas 100 impressões plantares de 25 homens e 25 mulheres sadios, não obesos, com média de idade de 34,7 anos, extremos de 10 a 59 anos. Obtiveram-se os valores de referência do IA de amostra da população brasileira:  $0,21 < IA < 0,25$ . A comparação estatística dos valores nacionais com os da amostra americana não mostrou diferença estatística significativa.

#### PALAVRAS-CHAVE

pé/anatomia & histologia, dermatoglia, população, Brasil

#### ABSTRACT

The presence of the medial longitudinal arch (MLA) is characteristic of the human feet and has been used for the classification of the normal, cavus and flat foot. The literature provides information on several methods and different techniques for the measurement of the MLA, each of them presenting advantages and disadvantages. We chose the footprint method and the measurement of arch index (AI) as an indirect evaluation of the MLA height. This method was chosen due to its simple, cost-effective and noninvasive characteristics. We followed the basic principles of the IA measurement proposed by Cavanagh & Rodgers, but modified it, by introducing the footprint scanning and AI calculation using a software program created by one of the authors. A total of 100 footprints were analyzed from 25 male and 25 female healthy, nonobese subjects, with a mean age of 34.7 years, ranging from 10 to 59 years. The AI reference values obtained from a sample of the Brazilian population were  $0.21 < IA < 0.25$ . There was no significant statistical difference between the values obtained from the Brazilian and American samples.

#### KEYWORDS

foot/anatomy & histology, dermatoglyphics, population, Brazil

<sup>1</sup> Fisioterapeuta, Pós-graduanda da área de Neurologia

<sup>2</sup> Físico, Laboratório de Neuroimagem

<sup>3</sup> Profa. Dra. Depto de Neurologia da Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Endereço de correspondência

Departamento de Neurologia, Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP

Profa. Dra. Anamarli Nucci

Caixa Postal 6111 - Cep 13083-970 - Campinas, São Paulo, Brasil

Tel.: 19 37887372. E-mail: anucci@ni.hc.unicamp.br

Recebido em 02 de Junho de 2006, aceito em 08 de Agosto de 2006.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do arco longitudinal medial (ALM) foi um passo crucial na evolução da marcha bípede dos humanos e suas alterações podem aumentar o risco de lesões músculo-esqueléticas<sup>1</sup>.

A inspeção visual do pé é o método mais simples de avaliação do ALM, porém mesmo clínicos experientes podem discordar na classificação dos tipos de pés, baseados exclusivamente neste método<sup>2</sup>.

Várias técnicas são citadas na literatura para avaliar objetivamente a altura do ALM e há controvérsias quanto à validação, revalidação e variações em muitas delas<sup>3</sup>.

Os métodos de avaliação do ALM podem ser tanto diretos como indiretos<sup>4</sup>. Os diretos incluem medidas antropométricas e radiográficas<sup>1,5</sup>. Os métodos indiretos incluem a impressão plantar<sup>3,6,7,8,9,10,11,12</sup> e a análise fotográfica dos pés<sup>2</sup>.

A obtenção da impressão plantar é simples e fácil. Várias medidas e parâmetros referentes às impressões plantares foram propostas, com o fim de classificar o ALM em normal, alto ou baixo<sup>9</sup>.

Schwartz et al, em 1928 propuseram mensurar o ângulo da impressão plantar para a avaliação do tipo do pé. O ângulo foi definido entre um traço conectando os pontos mais internos da região dos metatarsos e calcanhar, na borda medial; e, outro traço conectando o ponto mais interno da região dos metatarsos e o ponto mais externo, na borda medial, na região do ALM. Quanto mais alto era o arco, maior era o ângulo da impressão plantar<sup>7</sup>.

Irwin, desenvolveu o índice da impressão plantar, que consistia na razão entre a área de não contato do pé com o solo e a área de contato observada no desenho da planta dos pés<sup>7</sup>.

Jung<sup>6</sup> utilizou o índice Brucken (IB) como parte de um estudo de mulheres maratonistas. Para o cálculo do IB a impressão plantar foi dividida em regiões do ante-pé e calcanhar. Tangentes foram traçadas ao longo dos pontos mais internos da borda medial (AC) e dos pontos mais externos da borda lateral (BD) da impressão plantar; ao ponto mais anterior dos metatarsos (AB) e ao ponto mais distal do calcanhar (CD). A tangente AC foi posteriormente dividida em 10 partes iguais. Entre a segunda e a sexta parte foram traçadas linhas (EG) paralelas à AB. O ponto de intersecção dessas linhas com a borda medial do pé foi denominado ponto F. O IB foi calculado pela razão entre EF e FG ( $IB = EF:FG$ ).

Cavanagh & Rodgers<sup>7</sup> mensuraram as impressões plantares com ênfase no índice do arco (IA) o qual consistia na razão entre a área intermediária da impressão plantar em relação à área total da mesma, com exclusão dos dedos. O IA permitia a classificação do ALM como alto, normal e plano.

Forriol & Pascual<sup>13</sup> utilizaram o índice de Chippaux-Smirak, que descrevia a razão entre a medida de maior diâmetro na porção dos metatarsos e a medida de menor diâmetro na região do ALM, obtido na impressão plantar.

Considerando-se as várias proposições anteriores, o IA descrito por Cavanagh & Rodgers<sup>7</sup> tem recebido maior referência positiva de outros autores<sup>3,8,11,12</sup>. Contudo, ainda há controvérsias quanto à validade do IA como medida indireta fiel da altura do ALM. Es-

tudos mostraram correlação entre o IA e medidas radiográficas ou clínicas da altura do arco<sup>3,11,12</sup>, outros não encontraram correlação entre as medidas clínicas da altura do ALM e aquelas baseadas na impressão plantar<sup>9</sup>. Para os autores<sup>9</sup>, a espessura do tecido mole da parte inferior do pé invalida o uso do IA como medida da altura do ALM.

Dentre as várias aplicabilidades da medida da altura do ALM, através da impressão plantar, destacam-se o seguimento do crescimento e desenvolvimento da estrutura do pé<sup>10,13</sup>, o estudo dos pés dos indivíduos obesos<sup>3,11</sup>, o papel da altura do ALM na função das extremidades inferiores e no aparecimento de lesões por uso excessivo<sup>8,11</sup>.

Gilmour & Burns<sup>3</sup> relataram alterações no IA em crianças obesas, enquanto as medidas clínicas diretas do arco não apresentaram alterações. Propuseram que o aumento de tecido mole no pé devido à obesidade pode contribuir para o aumento da área de impressão plantar. Wearing et al<sup>11</sup> também relataram influência da composição corporal no índice do arco em adultos obesos. Assim, medidas do IA baseadas na impressão plantar devem ser interpretadas com cautela em indivíduos obesos.

Apesar das várias pesquisas utilizando o IA, o único estudo normativo disponível foi descrito na população americana<sup>7</sup>. Não encontramos na literatura estudos que identificassem parâmetros normais do ALM da população brasileira adulta.

## OBJETIVO

O objetivo do estudo foi a normalização das medidas de impressão plantar em uma amostra da população brasileira considerada sadia, utilizando-se a medida do IA através de programação computacional para o cálculo das áreas.

## CASUÍSTICA E MÉTODOS

Participaram do estudo 50 indivíduos voluntários saudáveis, de ambos os sexos (25 homens, 25 mulheres), com idade entre 10 e 57 anos que a ele aderiram através de consentimento escrito, parte de um projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê de Ética da FCM UNICAMP. Indivíduos obesos, com doenças neurológicas ou ortopédicas foram excluídos.

Ambos os pés de cada sujeito foram avaliados. Para se obter a impressão plantar, o indivíduo ficava sentado em uma cadeira enquanto se aplicava tinta hidrossolúvel na planta de um dos pés. Após, o sujeito era orientado a ficar de pé e distribuir equitativamente o peso corporal em ambos os pés, sendo que a planta pintada era apoiada em uma folha de papel branco. A retirada do pé do papel era feita com o sujeito sentado. O mesmo procedimento era repetido no pé contralateral.

Obtidos os 50 pares de impressões plantares, suas bordas foram realçadas com caneta de ponta porosa, excluindo-se os dedos, a fim de se obter maior contraste de borda. Também foi anexado ao papel um marcador circular de raio conhecido (0,65 cm) em uma posição distante e segura da impressão plantar. Digitalizou-se simultaneamente o conjunto do marcador controle e a impressão

plantar. As imagens digitais foram segmentadas, preenchidas com textura uniforme e convertidas em imagens binárias definindo-se as áreas da impressão plantar e do marcador controle com valores unitários para cada pixel. Utilizando-se o software Matlab (MathWorks, Inc. versão 6.5), somaram-se todos os pixels para cada imagem. O valor atribuído ao marcador controle indicava o ajuste a ser feito na obtenção da área da impressão plantar de acordo com a equação (1):

$$AT = Pi \times R^2 \times MP/MC$$

AT ~ Área total da impressão plantar

Pi ~ 3,1415

R ~ 0,65

MP ~ Soma dos pixels unitários da impressão plantar

MC ~ Soma dos pixels unitários do marcador controle

As imagens digitalizadas das impressões plantares foram fracionadas em áreas A (antepé), B (médio-pé) e C (retropé) (Figura 1) correspondendo à delimitação de 1/3 do comprimento longitudinal para cada fração da área total. Posteriormente foi estabelecido o coeficiente na sub-área B, conforme a equação (2): IA = B / AT.

Foi estabelecida a média, mediana, desvio padrão, IA mínimo e máximo, 1º e 3º quartis (Q<sub>1</sub> e Q<sub>3</sub>) da amostra. Realizou-se a comparação entre o IA dos pés direitos versus esquerdos através do teste t-pareado. Comparação entre o IA dos indivíduos do sexo masculino e feminino e entre a nossa amostra e aquela da população americana<sup>7</sup> foi realizada através do teste t-Student. Utilizou-se o software estatístico Minitab v13.

## RESULTADOS

O estudo avaliou impressões plantares e o IA de ambos os pés de 50 indivíduos, 25 mulheres e 25 homens, com média de idade de 34,7 anos, mediana de 33,5 e extremos de 10 a 59 anos.

O IA dos pés direitos resultaram em média de 0,234, mediana de 0,236, desvio padrão de ±0,026; IA mínimo 0,162 e máximo de 0,283. O IA dos pés esquerdos resultaram em média de 0,229, mediana de 0,233, desvio padrão de ±0,026; IA mínimo 0,170 e máximo de 0,277.

O IA da amostra total resultou em média de 0,232; mediana de 0,234 e desvio padrão de ±0,026. O IA mínimo foi de 0,162 e o IA máximo de 0,283. Não foi observada diferença estatística significativa, teste t-pareado (p=9,5%), entre as médias do IA dos pés direitos e esquerdos. Quando comparadas as médias do IA entre o sexo masculino (média = 0,237) e feminino (média = 0,226), encontrou-se diferença estatística significativa demonstrada pelo teste t-student (p = 3,0%), sendo o ALM do sexo feminino ligeiramente mais alto do que o masculino.

A distribuição do IA foi representada no histograma e dividida em quartis. Q<sub>1</sub> e Q<sub>3</sub> ocorreram em 0,215 e 0,251, respectivamente. Q<sub>1</sub> indicou a distância de 25% do mínimo valor da amostra e Q<sub>3</sub> a distância de 75% do mínimo valor da amostra. Baseando-se nesta divisão o ALM da amostra normal foi definido como 0,21 < IA < 0,25.

Supondo-se que o conjunto de dados do IA referente ao estudo

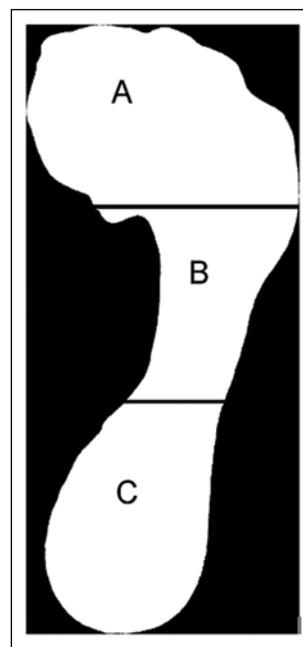
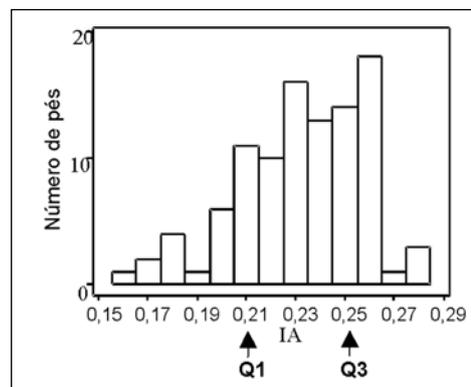


Figura 1

Áreas A (antepé), B (médio-pé) e C (retropé) usadas no cálculo do IA.



As setas indicam o primeiro e o terceiro quartis na distribuição.

Figura 2

Distribuição do IA em uma amostra de 100 pés.

de Cavanagh & Rodgers<sup>7</sup> (n = 107, média IA = 0,230 e desvio padrão = 0,026) possuía distribuição normal e variâncias iguais, foi calculada a variância ponderada (0,0014) utilizada no teste t-Student. Não houve diferença estatística significativa (p= 87,99%) entre as médias do IA de ambas as amostras.

## DISCUSSÃO

A análise da impressão plantar tem sido colocada em evidência como um método objetivo de avaliação da altura do ALM<sup>3,4,10</sup>. Em especial, o cálculo do IA descrito por Cavanagh & Rodgers<sup>7</sup> tem recebido considerável atenção<sup>3,8,11,12</sup> e permitido a classificação do ALM em alto (≤ 0,21), normal (0,21 < IA < 0,26) ou baixo (IA ≥ 0,26),

correspondendo a pés cavos, normais ou planos, respectivamente. Porém, como a amostragem dos autores referia-se à população americana, permaneciam questões não respondidas. Poderíamos comparar nossa população com a dos autores? Os valores de referência do IA seriam idênticos ou diferentes?

O presente estudo provê os valores de referência do IA em uma amostra da população brasileira. Foram avaliadas 100 impressões plantares (50% femininas, 50% masculinas), enquanto Cavanagh & Rodgers<sup>7</sup> avaliaram 107 impressões plantares.

A técnica de impressão plantar foi escolhida por ser não-invasiva, de fácil execução e baixo custo. O método de avaliação da impressão plantar foi o IA<sup>7</sup>, que apresentava como dificuldade maior o cálculo das áreas plantares, por serem elas irregulares. Para driblar a dificuldade recorreu-se à análise computacional da impressão plantar do antepé, médio-pé e retropé. Exceto esse cálculo, no restante, seguiu-se os fundamentos do método de Cavanagh & Rodgers<sup>7</sup>. A análise computacional simplificou o cálculo do IA e o programa pode ser disponibilizado consultando-se um dos autores (FRSP).

No presente estudo não foi observada diferença estatística significativa ( $p=9,5\%$ ) entre as médias do IA dos pés direitos e esquerdos, sugerindo homogeneidade entre os pés. Diferença estatística significativa ( $p=3,0\%$ ) foi encontrada quando se comparou as médias do IA entre o sexo masculino e feminino. Gilmour & Burns<sup>3</sup>, avaliando o IA de 272 crianças encontraram diferença estatística significativa para o IA entre os pés direitos e esquerdos. Entretanto, os autores consideraram o fato sem importância clínica.

Comparando-se as médias do IA do presente estudo e os valores da amostra de Cavanagh & Rodgers<sup>7</sup> não houve diferença estatística significativa ( $p=87,99\%$ ) entre elas. Portanto, os valores encontrados na população brasileira não diferiram dos valores da amostra da população americana.

Wearing et al.<sup>11</sup> sugeriram que as técnicas de avaliação das impressões plantares, como o IA, deveriam ser interpretadas com cuidado, particularmente em pessoas com grandes quantidades de gordura corporal, a chamada massa gorda. Gilmour & Burns<sup>3</sup> postularam que a obesidade poderia aumentar o tecido mole no pé, e assim aumentar a área de contato na impressão plantar como um todo. No presente estudo, indivíduos obesos foram excluídos, através de avaliação qualitativa fenotípica.

Não foi possível verificar o desenvolvimento do ALM porque a idade dos pacientes estava acima do pico de desenvolvimento do arco. Volpon<sup>10</sup> e Forriol & Pascual<sup>13</sup> verificaram que o desenvolvimento do ALM ocorreu durante a infância, sendo que as maiores modificações foram evidenciadas entre o segundo e o sexto anos de vida, tendendo à estabilização a partir dos 7 anos. O sujeito de menor idade da nossa amostra tinha 10 anos.

## CONCLUSÃO

Os valores de referência do IA em uma amostra da população brasileira foi de  $0,21 < IA < 0,25$ . Os valores normais do IA em uma amostra da população brasileira foram superponíveis aos da população americana, expressa segundo a amostragem de Cavanagh

& Rodgers<sup>7</sup>.

## REFERÊNCIAS

1. Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD. Measurement of the medial longitudinal arch. *Arch Phys Med Rehabil*. 1995;76(1):45-9.
2. Cowan DN, Robinson JR, Jones BH, Polly DW Jr, Berrey BH. Consistency of visual assessments of arch height among clinicians. *Foot Ankle Int*. 1994;15(4):213-7.
3. Gilmour JC, Burns Y. The measurement of the medial longitudinal arch in children. *Foot Ankle Int*. 2001;22(6):493-8.
4. Kanatli U, Yetkin H, Cila E. Footprint and radiographic analysis of the feet. *J Pediatr Orthop*. 2001;21(2):225-8.
5. Williams DS, McClay IS. Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. *Phys Ther*. 2000;80(9):864-71.
6. Jung K. Women in long distance running. *Ann Sports Med*. 1982; 1:17-22.
7. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: a useful measure from footprints. *J Biomech*. 1987;20(5):547-51.
8. Kernozek TW, Ricard MD. Foot placement angle and arch type: effect on rearfoot motion. *Arch Phys Med Rehabil*. 1990;71(12):988-91.
9. Hawes MR, Nachbauer W, Sovak D, Nigg BM. Footprint parameters as a measure of arch height. *Foot Ankle*. 1992;13(1):22-6.
10. Volpon JB. Footprint analysis during the growth period. *J Pediatr Orthop*. 1994;14(1):83-5.
11. Wearing SC, Hills AP, Byrne NM, Hennig EM, McDonald M. The arch index: a measure of flat or fat feet? *Foot Ankle Int*. 2004;25(8):575-81.
12. Menz HB, Munteanu SE. Validity of 3 clinical techniques for the measurement of static foot posture in older people. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(8):479-86.
13. Forriol F, Pascual J. Footprint analysis between three and seventeen years of age. *Foot Ankle*. 1990;11(2):101-4.