

Artigo original**A influência do arco plantar na postura e no conforto dos calçados ocupacionais**
Influence of the arc plantar in position and confort of occupational footwear

Eunice Tokars*, Arlete Ana Motter**, Antônio R. P. Moro***, Zuleika Coelho Moya Gomes****

.....

** Fisioterapeuta, mestre em Engenharia de Produção - ênfase em Ergonomia pela Universidade Federal de Santa Catarina, professora da Universidade Tuiuti do Paraná e Uniandrade, **Fisioterapeuta, mestre em Engenharia de Produção – ênfase em Ergonomia pela Universidade Federal de Santa Catarina, professora da Universidade Tuiuti do Paraná, ***Educador físico, doutor em Engenharia de Produção - ênfase em Ergonomia, professor de Biomecânica Ocupacional no mestrado e doutorado da Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, ****Fisioterapeuta, mestre em Educação e professora da PUC – Paraná*

Resumo

Os calçados ocupacionais surgiram em épocas pré-históricas devido à necessidade de proteger os pés. A proteção, a adaptação funcional, ambiental e a forma anatômica deveriam ser alguns dos principais critérios utilizados na fabricação dos calçados para que os trabalhadores possam realizar suas tarefas com conforto e sem prejudicar a saúde dos pés. Porém, observa-se que o comportamento biomecânico difere nos pés normais, cavos e planos, tanto estática como dinamicamente. Neste estudo, 3 indivíduos do sexo feminino, cada um com um tipo de pé, foram avaliados quanto à postura e o torque de força concêntrica isocinética. O objetivo foi demonstrar que os fabricantes dos calçados devem atentar para a variação dos arcos plantares existentes e que esta pode biomecanicamente desencadear alterações posturais conforme o calçado utilizado, podendo causar dores nos pés, joelhos, quadril e coluna.

Palavras-chave:

Arco plantar, postura, calçado.

Artigo recebido em 11 de novembro de 2002; aceito em 15 de abril de 2003.

Endereço para correspondência: Eunice Tokars, Rua São Domingos, 849, bairro Pilarzinho, 82100-390 Curitiba PR, Tel: (41) 331-7835, E-mail: eunice.tokars@utp.br

Abstract

The occupational footwear had appeared at prehistoric period due to necessity to protect the feet. The protection, the functional, ambient adaptation and the anatomical form would have to be some of the main criteria used in the manufacture of the footwear so that the workers can carry through its tasks with comfort and without harming the health of the feet. However, it is observed that the biomechanics behavior differs in the normal, cavos and plain, feet in such a way static as dynamic. In this study, 3 individuals of the feminine sex, each one with a type of foot, had been evaluated how much to the position and the torque of concentric isokinetic force. The objective was to demonstrate that the manufacturers of the footwear must attempt for the variation of the existing plantar arcs and that this can biomechanically unchain postures alterations as the used footwear, being able to cause pains in the feet, knees, hip and column.

Key-words:

plantar Arc, posture, footwear.



Introdução

O pé, como extremidade do membro inferior, é uma estrutura tridimensional diferenciada no ser humano, já que é o único mamífero bípede em toda a natureza [1]. O complexo articular do tornozelo e do pé proporciona uma base estável de suporte para o corpo numa variedade de posições de suporte de peso, com atividade muscular específica e o devido gasto energético. Age como uma alavanca fixa para impulsionar efetivamente o corpo durante a marcha [2].

Esta articulação, segundo Hamill e Knutzen [3], é elaborada mais para estabilidade do que para mobilidade. Portanto, deve ser flexível o suficiente para absorver os impactos do peso corporal e as rotações das extremidades inferiores durante o choque do calcanhar, permitindo que o pé se adapte ao terreno sem perder a estabilidade [4]. Mantém sempre o equilíbrio anti-gravitacional, graças à captação contínua pela superfície plantar dos estímulos provenientes do terreno e de respostas adequadas através de articulações, ligamentos, músculos e tendões [5].

Três das múltiplas articulações do pé e tornozelo são as principais responsáveis pelas funções apresentadas: articulação talocrural, subtalar e mediotársica. A movimentação nas articulações talocrural, subtalar e mediotársica ocorre ao redor de eixos triplanares, que vão de uma posição plantar lateral posterior para uma posição dorsal média anterior. Os movimentos triplanares são denominados pronação (eversão + abdução + dorsiflexão) e supinação (inversão + adução + plantiflexão) [6].

Na posição ortostática bilateral cada tornozelo suporta aproximadamente 50% do peso corporal e esta força divide-se em dois vetores, um para o calcâneo e outro para as

cabeças dos metatarsianos [7]. Segundo as mais recentes análises, no pé descalço em apoio bipodal, o calcâneo recebe 57% e o metatarso 43% do peso. Com um salto de 2 cm, há um equilíbrio de 50% em cada um dos vetores; com 4 cm o calcâneo recebe 43% e o metatarso 57%; com 10 cm de salto 100% do peso fica no antepé [1]. Contudo, se for requisitada atividade muscular para proporcionar o equilíbrio, as forças de reação articulares aumentarão em proporção direta com o grau de força muscular utilizado [8].

Porém, deve-se observar que a distribuição do peso corporal sobre os pés depende do formato dos *arcos plantares* e da localização da linha de gravidade no dado momento [9].

Os indivíduos podem ser classificados, de acordo com a altura do arco plantar, nos seguintes tipos de pés: normal, cavo ou com o arco medial elevado, plano ou pé chato. Durante o apoio estático ou dinâmico, o pé cavo não faz qualquer contato com o meio do pé e geralmente não apresenta inversão ou eversão durante o apoio, não é eficiente na absorção de choque. Já, o pé plano, hipermóvel, faz contato da maior parte de sua superfície plantar, mas enfraquece a face medial e faz pronação excessiva durante a fase de apoio na marcha. No pé normal, o eixo da carga passa pelo centro da superfície articular da tibia e pelo centro da área de apoio da tuberosidade calcaneana [1].

O pé normal tem um eixo subtalar de 42 a 45 graus e a rotação interna do pé é igual à da perna. Já, no pé cavo, ocorre uma rotação interna do pé menor que a da perna, com menos pronação. O pé plano apresenta mais pronação, já que a rotação interna do pé é maior do que a da perna. Vale lembrar que a pronação contínua é a causa primária de

desconforto e disfunção no pé e na perna, causando dor lateral no quadril por uma inclinação anterior da pelve ou distensão dos músculos inversores [3].

Segundo Hall [6] são os movimentos de pronação e supinação excessiva que afetam o tornozelo e o pé. Por isto, os músculos devem manter um equilíbrio para que o movimento funcional seja uniforme.

Os músculos fibulares são responsáveis pela pronação; os tibiais anterior e posterior e os flexores dos artelhos, flexor longo dos dedos e do hálux realizam o movimento de supinação [3]. Soderberg [10] postula que “a força dos dorsiflexores é somente um quarto da força dos flexores plantares”.

Considerando-se que o corpo é mantido em bipedestação pelo equilíbrio estático e este é constituído por uma sucessão de desequilíbrios controlados pela musculatura tônica, pode-se então dividir o corpo em três blocos segmentares: a base estável (membros inferiores), o bloco oscilante (tronco) e o bloco de adaptação (cabeça). A base estável depende principalmente da estabilidade. Sendo o pé o seu órgão determinante, sem bons apoios dos pés no chão não há uma boa estática. Apesar de redundante, pode-se dizer que estes bons apoios dependem primordialmente dos pés, depois dos joelhos e também do quadril, fechando assim a base sólida ou estável [11]. Então, percebe-se que cada segmento se equilibra sobre o inferior em um processo ascendente cujo objetivo é a posição correta do centro de gravidade.

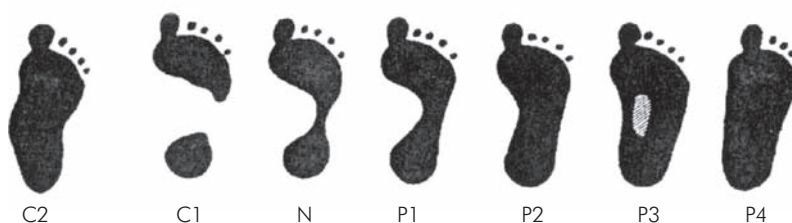
De acordo com Momesso [12], uma postura correta apresenta equilíbrio dinâmico dos vários segmentos corporais no plano sagital, longitudinal e axial, em várias posições com eficiência fisiológica e biomecânica e um mínimo de esforço e tensão. Quando ocorre desequilíbrio, os segmentos corporais necessitam de um trabalho muscular adicional. Este autor também cogita a possibilidade de que alterações posturais também possam ocorrer com a utilização de indumentárias inadequadas como calçados, em especial os de salto alto, por agirem de forma indireta sobre o centro de gravidade do corpo.

Material e métodos

No mês de setembro de 2002, três indivíduos do sexo feminino com idade entre 23 e 40 anos foram incluídos neste estudo. Todas exercem profissões que exigem posturas estáticas e dinâmicas.

Realizou-se avaliação postural clássica em pé, com mínima roupa, nas vistas anterior, lateral e posterior. Foram obtidas as impressões plantares aplicando-se tinta na face plantar de ambos os pés e solicitado que os indivíduos pisassem numa folha de papel em branco, fazendo o mesmo apoio nos dois lados. Cada par de impressão plantar foi interpretado segundo Viladot [13] (Fig. 1).

Fig. 1 – Impressão plantar.



Classificação podográfica dos pés cavos e planos, segundo Viladot: C2 – pé cavo de segundo grau; C1 – pé cavo de primeiro grau; N – pé normal; P1 – pé plano de primeiro grau; P2 – pé plano de segundo grau; P3 – pé plano de terceiro grau; P4 – pé plano de quarto grau.

A avaliação isocinética foi realizada através do dinamômetro marca Cybex Sistem Norm segundo orientações do fabricante [14]. Antes, cada indivíduo realizou 10 minutos de bicicleta estacionária para aquecimento. Esta avaliação incluiu a mensuração do ângulo de movimento máximo para os movimentos de dorsi e plantiflexão, inversão e eversão dos tornozelos direito e esquerdo. Somente testou-se a força muscular concêntrica para verificação do pico de torque por peso corporal na velocidade angular de 30 graus/segundo.

Resultados

Tabela I – Características dos indivíduos.

Indivíduo	Idade	Peso corporal (kg)	Tipo de pé
A	40 anos	60	C ₁ (pés cavos de 1º grau)
B	23 anos	50	N (pés normais)
C	25 anos	69	P ₃ (pés planos de 3º grau)

Na tabela I, descreveu-se a idade, o peso corporal e o tipo do pé apresentado [11].

Optou-se por sintetizar as avaliações devido ao número de dados. Considerou-se valgo fisiológico por serem do sexo feminino, apresentarem em torno de 6º grau de valgo ou 2 cm de afastamento entre os maléolos na posição em pé.

Observa-se que: a cabeça é protusa em A e C e normal em B; a coluna cervical é normal em A e B e retificada em C; os ombros são protusos e a coluna torácica é retificada em ABC; a pelve é levemente retrovertida em A, levemente anterovertida em C e normal em B; os joelhos em A e B são valgos fisiológicos, em C são valgos e hiperestendidos moderadamente e apresenta rotação interna das tíbias. Quanto aos pés, o cavo (A) tem o retropé valgo e o antepé varo, o normal (B) tem o retro e antepé normais e o plano (C) apresenta o retro e o antepé valgo.

Tabela II – Avaliação postural

Indivíduos	A	B	C
Cabeça	Protusa	Normal	Protusa
Coluna cervical	Normal	Normal	Retificada
Coluna torácica	Retificada	Retificada	Retificada
Ombros	Protusos	Protusos	Protusos
Pelve	Leve retroversão	Normal	Leve anteroversão
Joelhos	Valgo fisiológico + hiperextensão leve	Valgo fisiológico normal	Valgo + rotação interna + hiperextensão moderada
Pés	Retropé valgo Cavo Antepé valgo	Normal Normal Normal	Retropé valgo Plano Antepé valgo

Tabela III – Avaliação isocinética – pico de torque N/m.

Movimento Pé/tornozelo	Dorsiflexão		Plantiflexão		Eversão		Inversão	
	D	E	D	E	D	E	D	E
A	23	23	88	100	31	31	52	40
B	18	17	68	78	24	30	30	30
C	28	27	67	67	32	41	33	37

Fig. 2 – Gráficos da avaliação isocinética do indivíduo A – pés cavos.

Fig. 2 A - Movimentos de dorsi e plantiflexão.

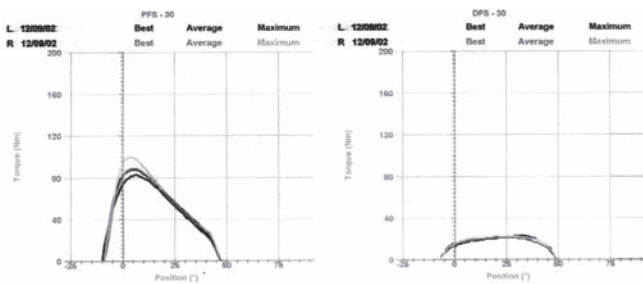


Fig. 2B – Movimentos de inversão e eversão.

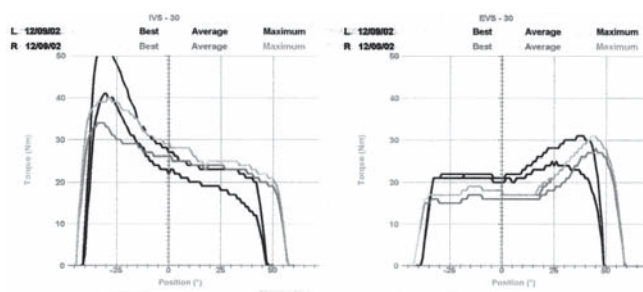


Fig. 3 – Gráficos de avaliação isocinética do indivíduo B – pés normais.

Fig. 3A – Movimentos de planti e dorsiflexão.

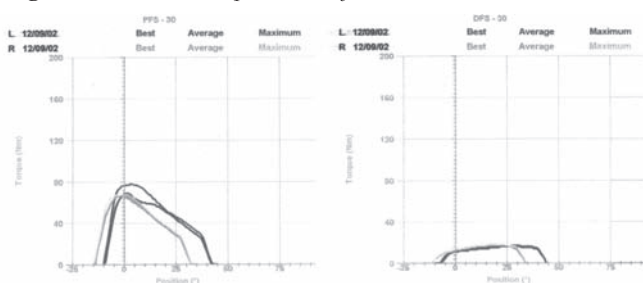


Fig. 3B – Movimentos de inversão e eversão.

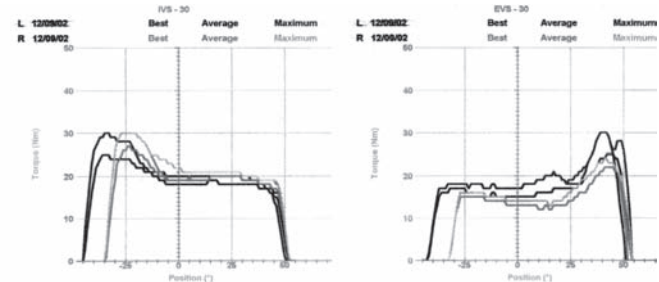


Fig. 4 – Gráfico de avaliação isocinética do indivíduo C – pés planos.

Fig. 4A – Movimentos de planti e dorsiflexão.

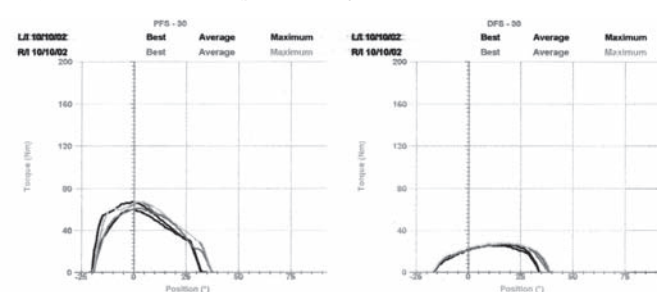
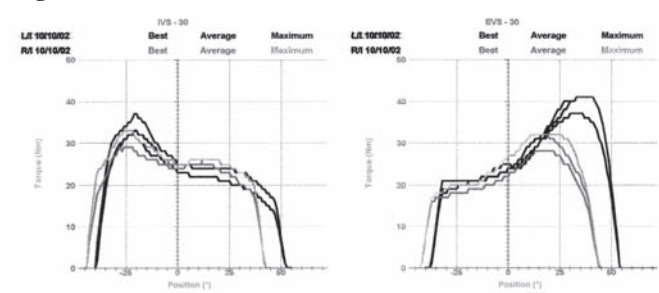


Fig. 4B – Movimentos de inversão e eversão.



No indivíduo A observa-se a dominância dos músculos plantiflexores (+esq.) e inversores responsáveis biomecanicamente pelo pé cavo.

No indivíduo B há uma prevalência dos plantiflexores, os movimentos de eversão e inversão são equivalentes.

No indivíduo C também prevalecem os plantiflexores com prevalência da eversão no pé esquerdo e a direita é equivalente.

Discussão

O ambiente de trabalho representa um conjunto de fatores interdependentes que atuam sobre a qualidade de vida das pessoas e também no próprio resultado do trabalho [15]. Com isto, vê-se a possibilidade do trabalhador ignorar alguma dor pela concentração durante o trabalho ou ao contrário, não conseguir desempenhar suas funções devido à dor ocasionada por alguma lesão ou desconforto [16]. A postura incorreta é um fator gerador de patologias já que impede um ajuste angular confortável das articulações e pode causar dor [17].

A manutenção de uma postura inadequada propicia determinadas adaptações estruturais do tecido muscular estriado esquelético como conseqüente perda da flexibilidade corporal, acarretando em limitação da mobilidade articular, predisposição de lesões musculares, algias da coluna vertebral e desenvolvimento de processos degenerativos por aplicação de forças irregulares levando à incapacidade funcional temporária ou permanente [18].

Por outro lado, uma dor, sobretudo no nível das zonas de apoio dos pés, também leva a uma postura antálgica com adaptações posturais [5].

As deficiências anatômicas em toda a extremidade inferior podem resultar em alinhamento e padrões de movimento anormais do pé e tornozelo. Inversamente, as deficiências anatômicas do pé e tornozelo podem resultar em alinhamento e padrões de movimento anormais através da cadeia cinética no joelho, quadril, pelve e coluna vertebral. O alinhamento e os padrões de movimento anormais podem resultar em estresse e sobrecarga excessivos sobre os tecidos moles e as estruturas ósseas, dando origem a microtraumas cumulativos e dor músculo-esquelética. Estes podem afetar a função e levar à incapacidade [6].

O bloco segmentar, base estável, pés, joelhos e pelve apresentam-se normais no indivíduo B, bem como a avaliação isocinética de força concêntrica foi equivalente.

Interessante observar que os indivíduos com pés cavos e planos apresentaram alterações posturais de pelve, joelho e pés, bem como a avaliação isocinética. Entretanto, no indivíduo C não houve diferença de força concêntrica de inversão e eversão no pé direito talvez pelas múltiplas entorses ocorridas, mas a força de eversão no pé esquerdo prevaleceu, que é uma característica dos pés planos, pronados. Hamill [3] também refere que muitas lesões do

membro inferior estão associadas com pronação excessiva, não simplesmente a quantidade máxima de pronação, mas também a percentagem de apoio e o tempo em que a pronação está presente.

Num outro estudo, o autor comenta que quando ocorrem alterações no pé, elemento funcional e especializado, compromete também sua biomecânica, modificando a função de suporte e propulsão do corpo durante e locomoção [19].

Como então os pés cavos e planos comporta-se com sapatos para pés normais? Sabe-se pela revisão de literatura que a superfície do pé é uma região altamente especializada e reflete na postura a má distribuição de forças na presença de alterações dos arcos plantares. Segundo Couto *apud* Vale [20], os calçados de segurança fabricados no Brasil ainda são inferiores se comparados aos europeus, não quanto à segurança, mas sim quanto à qualidade, já que na Europa as matérias-primas são superiores assim como o acabamento, porém com custo menor.

Lacerda *apud* Dutra [16] constatou que há diferença até nas proporções corporais existentes nas medidas dos pés dos brasileiros em relação aos europeus, já que estes são mais finos e longos e aqueles mais curtos e “gordos”. Isto não seria o problema se os moldes de calçados brasileiros não fossem baseados nas formas européias e se existissem medidas antropométricas normatizadas na população brasileira e estas também referissem a predominância de pés normais, planos ou cavos.

Todo indivíduo deveria na compra de um calçado, conhecer o tipo do seu pé, uma vez que o comprimento, a largura e a altura da área plantar afetam a adaptação do calçado [5].

Conclusão

Os arcos plantares podem modificar a postura pela atuação ascendente, conseqüentemente o tipo de calçado utilizado poderá causar dores nos pés, joelhos, quadril e coluna. Sugere-se, então, um levantamento das medidas dos pés dos brasileiros quando à altura do arco plantar, largura e comprimento dos pés para maior conforto e qualidade de vida dos usuários de calçados, principalmente durante a jornada de trabalho.

Agradecimento

Agradecimento especial ao professor fisioterapeuta Gustavo Rauen Buck da Universidade Tuiuti do Paraná, pela colaboração na avaliação isocinética deste artigo.

Referências

1. Henning EE. O calçado e a saúde dos pés. Revista CIPA, s/d.
2. Norkin CC, Levangie PK. Articulações – estruturas e função. Uma abordagem prática e abrangente.

- Rio de Janeiro: Revinter; 2001.
3. Hamill J, Knutzen K. Bases biomecânicas do movimento humano. São Paulo: Manole; 1999.
 4. Kapandji IA. Fisiologia articular. São Paulo: Manole; 1982.
 5. Gagey PM, Weber B. Posturologia. São Paulo: Manole; 2000.
 6. Hall CM, Brody LT. Exercício terapêutico na busca da função. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001.
 7. Teixeira LF, Olney SJ. Anatomia funcional e biomecânica das articulações do tornozelo, subtalar e mediotársica. Revista de Fisioterapia da Universidade de São Paulo 1997;4(2).
 8. Frankel VH, Nordin M. Biomechanics of the ankle. In: Basic biomechanics of the skeletal system. Philadelphia: Lea & Febiger; 1980.
 9. Norkin CC, Levangie PK. Structure and function – a comprehensive analysis. Philadelphia: F. A. Davis; 1992.
 10. Soderberg GL. Kinesiology: application to pathological motion. Baltimore: Williams & Wilkins; 1986.
 11. Bienfait, M. Os desequilíbrios estáticos. São Paulo: Summus; 1995.
 12. Momesso RB. Proteja sua coluna. São Paulo: Ícone; 1997.
 13. Viladot PA. Dez lições de patologia do pé. São Paulo: Roca; 1986.
 14. Cybex norm – sistema de teste e reabilitação. Manual de uso. Campo Belo: Instrucom, s/d.
 15. Deliberato PCP. Fisioterapia preventiva. São Paulo: Manole; 2002.
 16. Dutra EGF. Em algum lugar do calçado. Revista Proteção 2001.
 17. Moro ARP. Anotações de aula. Disciplina Biomecânica Ocupacional. Curso de Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção – ênfase em Ergonomia. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
 18. Rosa GMMV. et al. Adaptações morfofuncionais do músculo estriado esquelético relacionado à postura e o exercício físico. Fisioterapia Brasil 2002;3(2).
 19. Menegassi Z. et al. Análise quantitativa do efeito do coxim metatarsiano na região do antepé durante a marcha. Revista Brasileira de Ortopedia, 1995;30 (1-2).
 20. Vale A. Bons ventos sopram a favor do mercado de calçados de segurança. Regulação e distúrbios da posição ortostática. São Paulo: Manole; 2000. ■

IX Simpósio Internacional de Ventilação Mecânica

**16 e 17 de agosto
2003**

***Informações no site
www.cefir.com.br***

■
ou pelo telefone (11) 5018-4730

Centro de Estudos do HNSL
