

ARTIGO
ORIGINAL

Avaliação podobarométrica nas amputações do médio e antepé

Therezinha Rosane Chamlian*
Caio Nery**
Cibele Réssio***
Danilo Masiero****

RESUMO

Os autores estudaram a marcha de 14 pacientes com amputações unilaterais parciais do pé, Chopart e transmetatarsiana, através do podobarômetro F-Scan®, para determinar a duração do passo, a distribuição do pico de pressão máxima, o impulso vertical, a velocidade e a trajetória do baricentro (COP), nas situações: sem calçado, com palmilha plana e com prótese de Chopart. A análise dos resultados demonstrou que o tempo total do passo do lado amputado, nos dois grupos, é menor do que o dos pés não-amputados, nas três situações. A utilização de palmilhas não produz alterações e o uso de próteses aumenta significativamente o tempo de duração do passo, em ambos os pés. Os picos de pressão máxima nos pés amputados são superiores aos dos pés não-amputados, nos dois grupos de pacientes, nas três situações estudadas. O uso de palmilhas e próteses reduz significativamente os níveis de pressão máxima, em ambos os pés, sendo a intensidade dessa redução proporcional à rigidez imposta pelo equipamento utilizado. A localização dos picos de pressão máxima pode ser modificada na dependência do tipo de órtese ou prótese utilizada, em ambos os pés. O impulso vertical do solo é menor no lado amputado nos dois grupos; no entanto, é constantemente maior na amputação do tipo Chopart que na transmetatarsiana. A velocidade de deslocamento do baricentro no retro pé dos pacientes amputados, nos dois grupos, é menor do que a observada nos pés não-amputados, e não varia com a utilização das órteses e próteses estudadas. Os pés não-amputados dos pacientes dos dois grupos apresentam alterações funcionais importantes manifestadas por desvios das velocidades do baricentro no retro, médio e antepé.

UNITERMOS

Amputação. Pé. Marcha. Pressão. Aparelhos ortopédicos.

-
- Trabalho realizado no Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP – Escola Paulista de Medicina, Serviço do Prof. Dr. José Laredo Filho.*
- * *Chefe do Grupo de Amputações e Próteses, Chefe de Clínica da Disciplina de Fisiatria do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP – Escola Paulista de Medicina.*
- ** *Professor Adjunto, Livre-docente do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP – Escola Paulista de Medicina, Integrante do Setor de Medicina e Cirurgia do Pé.*
- *** *Pós-Graduanda (Doutorado) do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP – Escola Paulista de Medicina, Integrante do Setor de Medicina e Cirurgia do Pé.*
- **** *Professor Adjunto, Livre-docente, Chefe da Disciplina de Fisiatria do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP – Escola Paulista de Medicina.*

Endereço para correspondência:

Therezinha Rosane Chamlian
Rua dos Açores, 310
CEP 04032-060 – São Paulo – SP
Tel.: (0xx11) 5571-0906

Data de recebimento do artigo: 20/8/01 – Data de aprovação: 14/12/01

SUMMARY

Gait was analysed in fourteen unilateral partial foot amputees – Chopart and transmetatarsal levels – using F-Scan® podobarometer to determine stance time, peak plantar pressure, vertical ground impulse, speed and trajectory of the centre of pressure (COP), in 3 different conditions: without shoe, flat insole and Chopart's prosthesis. The results showed reduction in the mean duration of stance time at the affected side, in both groups, in all conditions. The use of insoles does not influence the stance time, but prosthesis increases the mean duration at ipsilateral and contralateral side in these 3 different conditions. Amputees feet maximum peak pressure is greater than no amputees feet. The use of insole and prosthesis decreases this pressure in 3 situations at both feet significantly. The intensity of this reduction is proportional to the stiffness imposed by the equipment. Maximum peak pressure location is variable at both feet and could be modified depending on the type of orthosis and prosthesis, either at no amputee and amputee feet. Vertical ground impulse is lower at amputee side in both groups, however always greater in Chopart group. The deslocation of COP is slower at affected hindfoot in both group and this velocity does not change with insoles or prosthesis. No amputee feet of both group show important functional disturbs manifested by deviations of normal COP velocity at hind, mid and forefoot.

KEYWORDS

Amputation. Foot. Gait. Pressure. Orthopaedics equipments.

INTRODUÇÃO

A partir do conhecimento de que o pé normal se compõe de intrincado sistema de equilíbrio estático e dinâmico caracterizado pela geometria osteoarticular associada ao funcionamento combinado de inúmeros músculos e seus tendões, deve ser objetivo das amputações preservar ao máximo esse equilíbrio, evitando a ocorrência de deformidades secundárias, das quais se destacam o equinismo e o varismo do retropé, que culminam com a desestruturação funcional da marcha. Apesar da aceitação universal dos princípios que acabamos de mencionar, na prática ocorre grande controvérsia acerca da indicação, da técnica, do nível e dos recursos ideais para a reintegração do paciente às atividades habituais^{1,2,3,4,5,6,7,8,9}.

Objetivando melhorar os resultados desses pacientes, várias modificações técnicas já foram propostas, incluindo alongamentos e transferências tendíneas capazes de minimizar os efeitos do desequilíbrio muscular resultante das ablações^{10,11}, bem como ressecções ou fusões ósseas, visando aumentar a estabilidade articular do coto de amputação¹².

A avaliação objetiva das pressões plantares, confirmando as suspeitas clínicas de desvios da normalidade, pode auxiliar na confecção de órteses ou próteses¹³. Pela necessidade de mensurar as pressões na interface pé-calçado, a utilização de sensores e transdutores que ficam em contato direto com a planta dos pés se impõe¹⁴.

O interesse no conhecimento das alterações da marcha ocasionadas pelas amputações dos pés, bem como do impacto funcional ocasionado pelo uso de órteses e próteses, e a comparação com o membro contralateral motivaram a elaboração deste estudo, que pretende analisar pacientes portadores de amputações parciais do pé e comparar os resultados obtidos através da podobarometria, com o sistema F-Scan®, versão 4.02, nas condições sem calçado, com palmilha plana (Figura 1) e com prótese de Chopart (Figura 2).



Figura 1 – Palmilha Plana



Figura 2 – Prótese de Chopart

Material e métodos

Nosso material é composto por dados obtidos das avaliações podobarométricas de 14 pacientes portadores de amputações parciais unilaterais dos pés, sendo 8 pacientes (57,1%) no nível de Chopart (Grupo A) e 6 pacientes (42,9%) no nível transmetatarsiano (Grupo B).

Método de exame

Todos os exames de podobarometria foram realizados no Setor de Medicina e Cirurgia do Pé do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP – Escola Paulista de Medicina, pelo mesmo examinador (CR).

As palmilhas planas e as próteses de Chopart foram confeccionadas com polipropileno de 4 mm de espessura, pelo mesmo técnico em órteses e próteses da mesma oficina ortopédica.

Todos os registros de um mesmo paciente foram obtidos em uma única sessão, visando a acomodação dos sensores, familiarização do paciente à metodologia do exame e exclusão de erros na obtenção dos dados^{15,16}. Realizamos a troca das palmilhas a cada cinco exames, de acordo com as recomendações do fabricante, evitando possíveis incorreções na obtenção dos dados relativos ao desgaste do material.

Análise estatística

As variáveis foram representadas por média e desvio-padrão (DP). Foram utilizados testes paramétricos nas variáveis em que os testes de normalidade indicaram distribuição normal dos dados: tempo, pressão máxima e impulso.

A comparação entre os pés não-amputados e amputados do mesmo paciente foi feita pelo teste t de Student para amostras relacionadas.

A comparação entre as medidas no mesmo pé nas três situações foi feita pelo teste de Análise de Variância com Medidas Repetidas (F).

Quando o teste mostrou resultado significativo, as diferenças entre as situações foram localizadas pelo teste de comparações múltiplas de Newman-Keuls.

As medidas de velocidade mostraram grande variabilidade, não apresentando, portanto, distribuição normal; a essas situações foram aplicados testes não-paramétricos.

A comparação entre os pés não-amputados e amputados do mesmo paciente foi feita pela Prova de Wilcoxon (z) para amostras relacionadas. A comparação entre as medidas no mesmo pé nas três situações foi feita pela Prova de Friedman (χ^2). Quando o teste mostrou resultado significativo, as diferenças entre as situações foram localizadas pelo teste de contrastes.

Adotou-se o nível de significância de 0,05 ($\alpha = 5\%$). Níveis descritivos (p) inferiores a esse valor foram considerados estatisticamente significantes e representados por asterisco (*).

Resultados

Nosso material foi analisado em relação ao número de passos com registros completos durante a podobarometria, para cada paciente, nos dois grupos de amputações. Desta forma, nos 8 pacientes com amputação de Chopart consideramos 50 passos (n = 50) e nos 6 pacientes com amputação transmetatarsiana foram considerados 39 passos (n = 39). Como para cada paciente o estudo era feito para os dois pés, nas três situações descritas, o número total de passos analisados foi 534, sendo 300 para os pacientes do Grupo A (amputações de Chopart) e 234 para os pacientes Grupo B (amputações transmetatarsianas).

Análise temporal

Nos dois grupos de amputação, nas três situações analisadas, o tempo de duração total (em segundos) dos passos dos pés não-amputados foi maior do que dos amputados (p < 0,001).

A comparação entre os tempos dos passos nas três situações mostrou diferença estatisticamente significativa (p < 0,001). Nos dois grupos de amputação, em ambos os pés, o tempo do passo com prótese foi significativamente maior do que com palmilha ou sem calçado (Grupo A – pés amputados – com prótese: 0,790; palmilha: 0,733; sem calçado: 0,707 – pés não-amputados – com prótese: 0,951; palmilha: 0,885; sem calçado: 0,895; – Grupo B – pés amputados – com prótese: 0,733; palmilha: 0,682; sem calçado: 0,680; pés não-amputados – com prótese: 0,857; palmilha: 0,767; sem calçado: 0,760).

Pico de pressão máxima

Tabela 1
Valores médios do pico de pressão máxima (kg/cm²) e resultados da análise estatística, nos pés amputados e nos não-amputados, nas três situações analisadas, nos dois grupos de pacientes

Situação	Chopart (n = 50)			Transmetatarsiana (n = 39)		
	Amputado	Não	Estatística	Amputado	Não	Estatística
Sem calçado	9,162	4,038	p < 0,001 *	6,823	4,518	p = 0,017 *
Palmilha	5,686	3,280	p < 0,001 *	5,633	3,349	p = 0,010 *
Prótese	4,826	3,168	p < 0,001 *	4,349	3,721	p = 0,176
Estatística	p < 0,001 ^a	p < 0,001 ^b		p < 0,001 ^a	p < 0,001 ^a	

a: Sem calçado ≠ Palmilha ≠ Prótese

b: Sem calçado ≠ (Palmilha = Prótese)

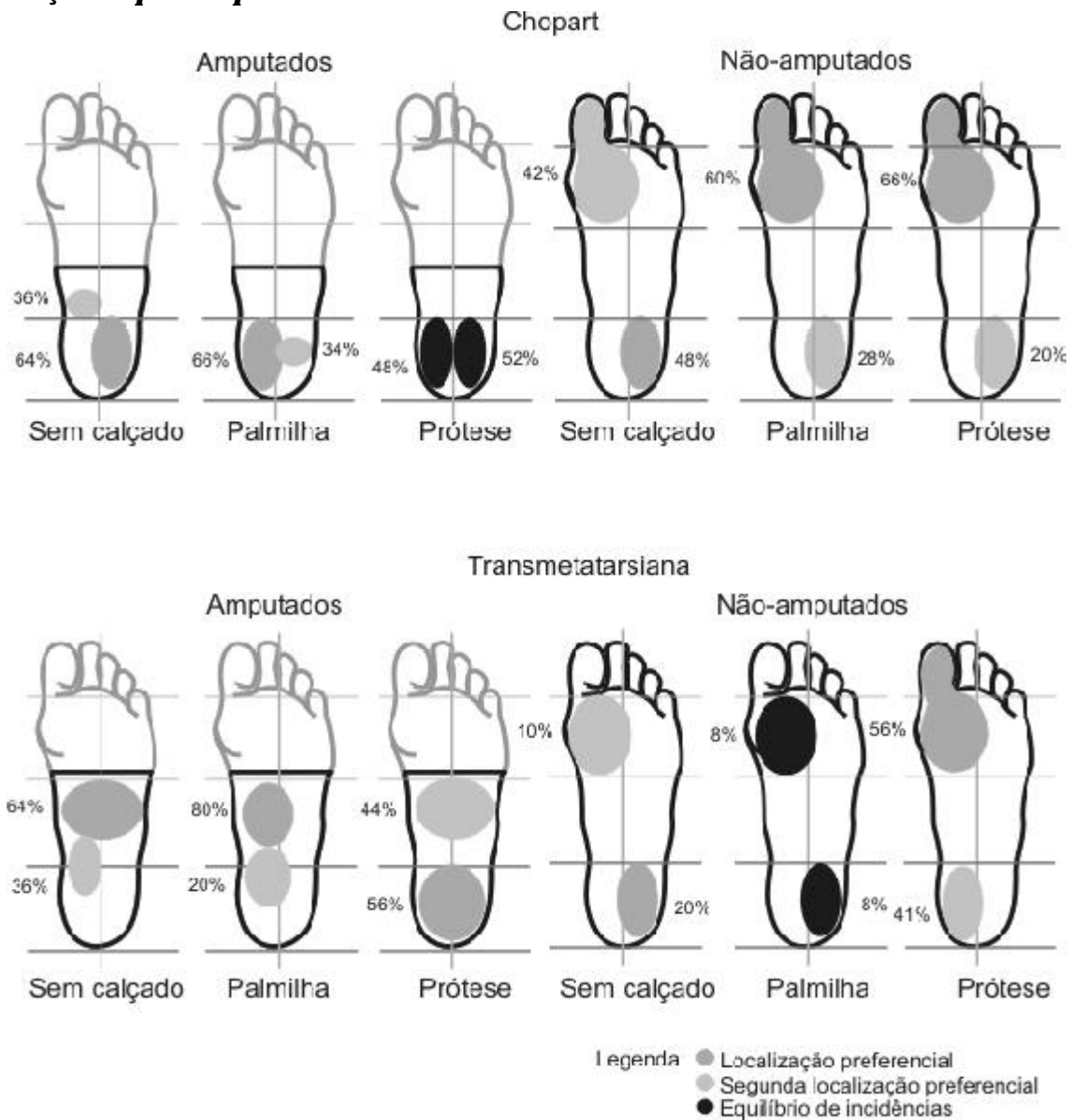
Localização do pico de pressão máxima

Ilustração 1 – Representação gráfica das localizações dos picos de pressão máxima, nos dois grupos de pacientes, nos pés amputados e não-amputados, nas três situações analisadas

Impulso

Tabela 2
Valores médios do impulso (kg/s) e resultados da análise estatística, nos pés amputados e nos não-amputados, nas três situações analisadas, nos dois grupos de pacientes

Situação	Chopart (n = 50)			Transmetatarsiana (n = 39)		
	Amputado	Não	Estatística	Amputado	Não	Estatística
Sem calçado	48,572	57,188	p = 0,003 *	34,895	52,203	p < 0,001 *
Palmilha	52,646	53,660	p = 0,700	35,610	48,356	p = 0,001 *
Prótese	51,346	60,762	p = 0,026 *	28,877	60,497	p < 0,001 *
Estatística	p = 0,015 ^c	p < 0,001 ^b		p < 0,001 ^a	p < 0,001 ^b	

a: (Sem calçado = Palmilha) ≠ Prótese

b: Sem calçado ≠ Palmilha ≠ Prótese

c: Sem calçado ≠ (Palmilha = Prótese)

**Deslocamento do centro de pressão (COP) –
Velocidade relativa ao retopé**

Tabela 3A
Valores médios da velocidade absoluta de deslocamento (cm/s) do centro de pressão e resultados da análise estatística na região do retopé, nos pés amputados e nos não-amputados, nas três situações analisadas, nos dois grupos de pacientes

Situação	Chopart (n = 44)			Transmetatarsiana (n = 33)		
	Amputado	Não	Estatística	Amputado	Não	Estatística
Sem calçado	15,145	37,425	p < 0,001 *	12,666	32,205	p < 0,001 *
Palmilha	11,686	52,687	p < 0,001 *	12,426	43,260	p < 0,001 *
Prótese	20,800	45,357	p < 0,001 *	12,643	40,710	p < 0,001 *
Estatística	p = 0,449	p = 0,010 ^b		p = 0,362	p = 0,013 ^a	

a: Sem calçado ≠ (Palmilha = Prótese)

b: (Sem calçado = Prótese) ¹ Palmilha

Note-se que o n = número de passos completos analisados foi menor, nos dois grupos, pois foram excluídos os dados nos quais não houve deslocamento do COP.

**Deslocamento do centro de pressão (COP) –
Velocidade relativa ao mediopé e antepé e
velocidade total dos pés não-amputados**

Tabela 3B
Valores médios da velocidade absoluta de deslocamento (cm/s) do centro de pressão e resultados da análise estatística na região do mediopé, antepé e velocidade total dos pés não-amputados, nas três situações analisadas, nos dois grupos de pacientes

Situação	Chopart (n = 50)			Transmetatarsiana (n = 39)		
	Mediopé	Antepé	Total	Mediopé	Antepé	Total
Sem calçado	20,553	33,880	23,880	26,388	27,697	26,304
Palmilha	19,811	29,319	23,613	22,344	28,741	26,039
Prótese	17,447	33,403	22,119	21,570	20,528	23,678
Estatística	p = 0,185	p = 0,124	p = 0,025 ^a	p = 0,363	p < 0,001 ^b	p < 0,001 ^a

a: (Sem calçado = Palmilha) ≠ Prótese

b: Sem calçado ≠ Palmilha ≠ Prótese

Localização do centro de pressão (COP)

Tabela 4
Distribuição das freqüências relativas (%), nos dois grupos de amputação, em ambos os pés, nas três situações estudadas (1 = sem calçado, 2 = com palmilha, 3 = com prótese)

		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
	Amputado				14	2	14				74	86	52	12	12	12	22
Chopart	Não				8	6	14	2			56	62	58	34	32	26	2
	Amputado				15	18					44	49	41	41	33	36	23
Transmetatarsiana	Não	2,5			15	18	18				67	77	56	15	5,2	26	

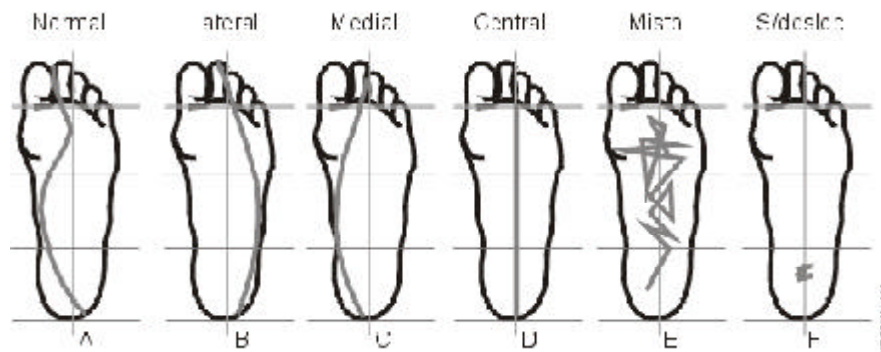


Ilustração 2 – Representação gráfica dos padrões de deslocamento observados

Discussão

A análise dos nossos resultados relativa à duração do passo demonstrou que nos dois grupos de pacientes o tempo total do passo do lado amputado era menor que o do pé normal, nas três situações estudadas.

Na observação clínica da marcha de pacientes protetizados com amputações dos membros inferiores, acima ou abaixo do joelho, constatamos haver pouca transferência de peso corporal para o lado afetado, diminuindo sensivelmente a duração da fase de apoio unilateral^{17,18,19,20,21,22,23}. Essa disfunção seria atribuída à redução dos influxos nervosos proprioceptivos pós-amputação. Embora saibamos que as dimensões reduzidas das áreas de contato do coto de amputação com o solo contribuem para a redução da duração do passo nos pés amputados, como já observado por Hirsch (1996) e por Pinzur (1997), surpreendentemente, observamos que a duração do passo dos pacientes do Grupo A, que têm menores dimensões dos cotos de amputação, foi significativamente maior, tanto do lado amputado como do normal, que a pacientes do Grupo B, nas três situações analisadas. É provável que a área seja apenas um dos importantes fatores envolvidos na readaptação dos cotos de amputação às condições biomecânicas que acabam por

se fazer manifestar na duração do passo. Devem figurar também nesse cenário as diferenças de ressecção de tecidos – especialmente ósseo – nas diferentes amputações. A permanência de peças ósseas e musculatura correspondente pode auxiliar ou, quem sabe, prejudicar, o novo equilíbrio funcional que deve se estabelecer. Nas duas modalidades de amputação estudadas ocorreram reduções substanciais na duração do passo com relação aos lados não-amputados dos mesmos indivíduos nas condições estudadas; no entanto, essa redução foi mais importante nos amputados do tipo Chopart (17% a 20% de redução média na duração dos passos) do que nos portadores de amputações transmetatarsianas (10% a 14% de redução média). Intuitivamente, pode ser esperado aumento do tempo de duração do passo sempre que for adicionado qualquer "equipamento auxiliar para a marcha" ao pé sem calçado. É natural imaginarmos que a dinâmica do passo se dê de forma um pouco mais lenta, mesmo durante o uso de um simples calçado, por indivíduos não amputados. Os benefícios obtidos pela redução das pressões nas plantas dos pés com o uso dos calçados exigem esse pequeno tributo de todos quantos queiram se utilizar deles. Também é intuitivo esperar alterações mais intensas quanto mais rígidas e abrangentes forem as órteses. Quanto mais limitações à movi-

mentação normal forem impostas pela órtese ou prótese, maior será a duração do passo correspondente. Essas considerações teóricas já foram comprovadas por outros autores que constataram significativo aumento do tempo do passo em usuários de próteses^{24,25}.

Em nosso estudo, a palmilha utilizada aproximou-se muito da condição de pé "sem calçado" quanto à duração do passo. Por sua ação de impulsão e por sua flexibilidade, não limita os movimentos do tornozelo e pé. Por isso, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de duração dos passos, tanto nos lados amputados quanto nos não-amputados. A prótese, por outro lado, face à sua relativa rigidez, produziu elevação substancial – estatisticamente significativa – nos tempos de duração dos passos em ambos os pés^{26,27}.

O pico de pressão máxima (Tabela 1) nos pés amputados foi maior que nos pés não-amputados, nos dois grupos de pacientes, nas situações estudadas, exceto na amputação transmetatarsiana durante o uso de prótese quando comparada com os pés não-amputados dos mesmos pacientes também sob uso das mesmas próteses^{24,28,29}.

Comparando-se os picos de pressão máxima dos pés amputados nos dois grupos de pacientes, observamos valores, em média, maiores no Grupo A do que no Grupo B. Considerando-se as dimensões menores dos cotos de amputação dos pacientes de nível Chopart em relação aos portadores de amputações transmetatarsianas, justificam-se esses achados, uma vez que o conceito de pressão depende diretamente da força e inversamente da área em que essa força é aplicada.

Obtivemos pressões significativamente menores, tanto nos pés amputados quanto nos saudáveis, quando se utilizam calçados e, especialmente, quando no interior destes incluem-se palmilhas ou próteses. Nos pés amputados dos pacientes dos Grupos A e B, a pressão máxima na situação sem calçado foi maior do que com palmilha e esta foi maior do que com prótese, ambas de modo significativo, demonstrando que as próteses foram mais eficazes na redução da pressão plantar²⁸. Nos pés não-amputados dos pacientes dos dois grupos, as pressões plantares na situação sem calçado foram significativamente maiores do que nas outras duas situações, revelando que o uso da palmilha e da prótese foi determinante na redução das pressões plantares também nos pés não-amputados, e é fundamental na proteção da extremidade não-amputada e na prevenção da amputação bilateral nos pés de risco de pacientes com neuropatias periféricas²⁹.

Brown (1996), em seu estudo com voluntários não-amputados, observou que as quatro palmilhas testadas reduziram as pressões plantares na região do antepé, calcânhar e segundo ao quinto metatarsianos e aumentaram a pressão no mediopé, e que tais considerações devem ser alvo de nossa atenção no momento de prescrever uma órtese, com o que concordamos.

O estudo da localização do pico de pressão máxima (Ilustração 1) nos pés amputados dos pacientes do Grupo A revelou pressões quase duas vezes maiores no retropé lateral do que no retropé central, na situação sem calçado. Tal distribuição atribui-se ao desequilíbrio muscular da articulação do tornozelo, favorecendo o apoio plantar na face lateral do pé^{4,9} e a perda dos influxos nervosos proprioceptivos ocorrida após a amputação²⁰.

Com o uso da palmilha, houve uma inversão das localizações dos picos de pressão nos pés amputados dos pacientes deste grupo, ocorrendo predominantemente no retropé central. Com a prótese, houve uma distribuição mais equitativa nas localizações dos picos de pressão máxima entre o retropé central e lateral. As alterações observadas com o uso das palmilhas e próteses para esse nível de amputação não encontraram suporte na literatura, mas acreditamos ser de suma importância em nossa prática diária.

O estudo da localização do pico de pressão máxima nos pés amputados dos pacientes do Grupo B demonstrou que, na situação sem calçado e com palmilha, as maiores incidências ocorrem no mediopé medial e que o uso da prótese modifica essa distribuição, fazendo incidir predominantemente no retropé lateral²⁸.

O estudo da localização do pico de pressão máxima nos pés não-amputados dos pacientes dos dois grupos revelou distribuição relativamente uniforme entre hálux, I e II metatarsianos e antepé, e predomínio no retropé, na situação sem calçado. Com o uso da palmilha e da prótese, houve aumento da incidência da localização do pico de pressão máxima no hálux e redução no retropé.

Nos pacientes deste estudo são válidas as observações feitas por Mueller (1997) sobre os cuidados preventivos para os pés de pacientes de risco como os diabéticos, e confirmam-se os achados de Brown et al. (1996), referentes ao benefício do uso de órteses na diminuição da pressão plantar numa determinada região, apesar da sua elevação em outras regiões plantares.

O impulso vertical corresponde à força de reação do solo exercida na planta dos pés em determinado espaço de tempo³⁰ e, de modo geral, indica a carga imposta ao pé em determinada

circunstância, podendo ser calculado a partir da integral da curva Força x Tempo que representa, em última análise, a área compreendida sob a curva desenhada no gráfico já referido.

Se parece razoável admitir que as amputações, pelas próprias alterações geométricas, estruturais e funcionais impostas, determinam o aumento das forças no pé amputado, e sendo admissível a substancial redução do tempo de duração dos passos em ambos os grupos de amputados, é possível imaginar que o impulso sobre os cotos de amputação possam até estar reduzidos. Para isso, basta que o aumento das forças seja neutralizado pela redução do tempo em que podem exercer sua ação na planta dos pés. Fica claro, ao se observar as magnitudes das forças e do tempo, que se trata de recurso importante na regulação fina da biomecânica da marcha do paciente amputado, sem o qual seria praticamente impossível garantir a existência de cotos indolores, funcionais e livres de escaras e úlceras recidivantes e incuráveis. O impulso (Tabela 2) nos pés amputados foi, em média, menor do que nos pés não-amputados, nas três situações analisadas, nos dois grupos de pacientes, e isso se deveu às causas apontadas acima. O impulso nos pacientes do Grupo A foi, em média, maior que no Grupo B, tanto para os pés amputados como para os contralaterais, e esse resultado atribui-se, provavelmente, à maior assimetria da marcha, com pior transferência de peso corporal nos pacientes com amputações de Chopart para o lado lesado.

No Grupo A, o impulso do pé amputado sem calçado foi menor do que com palmilha e prótese, demonstrando menor descarga de peso nessa situação, provavelmente como um mecanismo de proteção sensorio-motor. O impulso do membro contralateral foi significativamente diminuído com o uso da palmilha e significativamente aumentado com o uso da prótese. Tais modificações somente podem ser explicadas por alterações da biomecânica da marcha, já descritas anteriormente.

Nos pacientes do Grupo B, o impulso do pé amputado foi significativamente menor com prótese, provavelmente pela contenção das forças que agem no tornozelo, na fase de elevação do calcâneo e desprendimento do pé, imposta pela rigidez da prótese. Nossas observações contrariam as conclusões de Balmaseda et al. (1988), que descreveu um acréscimo importante do impulso com uso de órtese rígida para tornozelo, em seu estudo com voluntários não-amputados.

Em relação à velocidade de deslocamento do baricentro (COP) no retropé (Tabela 3A), foram excluídos da análise estatística aqueles passos com padrão "sem deslocamento". Desta forma, para

essa variável, o número de passos analisados foi menor (44 para o Grupo A e 33 para o Grupo B).

A velocidade de deslocamento do COP no retropé foi, em média, maior nos pés não amputados, nos dois grupos de pacientes, nas três situações estudadas.

Nos dois grupos, não se modificou de modo significativo nos pés amputados, em nenhuma das condições testadas. Esse fato esclarece importante ponto do novo equilíbrio dinâmico imposto pelas amputações. As velocidades de deslocamento do baricentro nos cotos de amputação, tanto nas amputações de Chopart quanto nas amputações transmetatarsianas, situam-se em patamares inferiores aos que seriam esperados para a velocidade média total dos pés não-amputados nas três condições estudadas, o que pode estar indicando que, além da redução do tempo de duração do passo, a redução da velocidade de deslocamento do baricentro participaria da redução do impulso total no pé amputado. Além disso, a redução da velocidade de deslocamento do baricentro permite que as pressões relativamente altas que se observam nos cotos de amputação não "estacionem" em determinados pontos plantares, que passariam a ser identificados como verdadeiros focos de complicações. Ao se utilizar de velocidades francamente mais baixas do que as observadas nos pés não-amputados, os pés amputados estariam exercendo importante controle na distribuição das cargas, já que, acompanhando altas velocidades, sempre existem locais onde o baricentro se retarda e permanece por deltas temporais mais amplos. Porém, nos pés não-amputados dos pacientes do Grupo A, a velocidade do baricentro se elevou significativamente com o uso da palmilha, e nos pés não-amputados dos pacientes do Grupo B, mostrou-se significativamente menor na situação sem calçado.

Em relação à velocidade de deslocamento do baricentro (COP) do mediopé (Tabela 3B) nos pés não-amputados, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa nos pacientes dos dois grupos, nas três situações analisadas. Entretanto, os valores encontrados neste estudo são menores que a velocidade de deslocamento do retro e antepé, e contrariam os achados de Katoh (1983) et al., que a descreveram como sendo muito maior no mediopé.

Em relação à velocidade de deslocamento do baricentro (COP) do antepé (Tabela 3B) nos pés não-amputados, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa nas três situações analisadas nos pacientes do Grupo A. No Grupo B, foi significativamente diminuída pelo uso da prótese, devido ao aumento da duração do passo

nessa condição. Novamente contrariando Katoh et al., a velocidade de deslocamento do antepé foi muito menor, e não de magnitude semelhante ao retropé. Em relação à velocidade total de deslocamento do baricentro (COP) nos pés não-amputados, houve redução estatisticamente significativa com o uso da prótese nos pacientes dos dois grupos.

Esses achados sugerem a existência de fatores compensatórios nos pés não-amputados de pacientes portadores de amputações de Chopart e transmetatarsianas, de tal intensidade que promovem alterações detectáveis no sensível equilíbrio de velocidades do baricentro nas regiões do retro, médio e antepé.

Em relação ao tipo de trajetória de deslocamento do baricentro (COP) (Tabela 4), observamos que, nos pacientes do Grupo A, os pés amputados tiveram uma distribuição predominante do padrão central, nas três situações analisadas. Nos pés amputados dos pacientes do Grupo B houve uma distribuição equitativa entre os padrões central e misto. Chamou-nos atenção o fato de apenas com prótese, nos dois grupos de pacientes, não ter havido deslocamento do COP em mais de 20% dos passos dos pés amputados, e atribuímos esses resultados ao posicionamento e a relativa imobilidade do pé amputado no interior da prótese. Sua utilização nessas condições confere características de tal rigidez ao conjunto que o baricentro se comporta como se houvesse apenas um "pilão" no lugar do coto de amputação, no qual não se observam deslocamentos do baricentro.

Nos pés não-amputados dos pacientes dos dois grupos, o deslocamento do COP ocorreu, nas três situações analisadas, predominantemente na trajetória central, e em apenas 2,5% dos passos dos pacientes do Grupo B com padrão normal, diferindo dos resultados de Katoh et al. (1983).

Essa "centralização" do COP demonstra o intenso esforço exercido pelas estruturas estáticas e dinâmicas dos pés, no sentido de manter equilibrado o passo, apesar das restrições impostas pelas amputações e pelos recursos utilizados para melhorar a função de locomoção desses pacientes.

Conclusões

1. O tempo total do passo do lado amputado, nos dois grupos de pacientes, é menor do que o dos pés não-amputados nas condições sem calçado, com palmilhas e com prótese. A utilização de palmilhas não produz alterações do tempo de duração dos passos, e as próteses aumen-

tam significativamente esse tempo, tanto para os pés amputados quanto para os pés não-amputados.

2. Os picos de pressão máxima nos pés amputados são superiores aos dos pés não-amputados, nos dois grupos de pacientes, nas diversas situações estudadas. O uso de palmilhas e próteses reduz significativamente os níveis de pressão máxima, em ambos os pés, sendo a intensidade dessa redução proporcional à rigidez imposta pelo equipamento utilizado.
3. A localização dos picos de pressão é variável nos pés não-amputados e amputados e pode ser modificada, na dependência do tipo de órtese ou prótese utilizada.
4. O impulso vertical do solo é menor no lado amputado de ambos os grupos estudados com relação ao lado normal; no entanto, é constantemente maior na amputação do tipo Chopart do que na transmetatarsiana.
5. A velocidade de deslocamento do baricentro no retropé dos pacientes amputados, nos dois grupos de amputações, é menor do que a observada nos pés não-amputados, e não varia com a utilização das órteses e próteses estudadas.
6. Os pés não-amputados de pacientes portadores de amputações de Chopart ou transmetatarsianas apresentam alterações funcionais importantes, manifestadas por desvios das velocidades normais do baricentro no retro, médio e antepé.

Referências bibliográficas

1. Christie J, Clowes CB, Lamb DW. Amputations through the middle part of the foot. *J Bone Joint Surg Br* 1980; 62B(4):473-4.
2. Lange TA, Nasca RJ. Traumatic partial foot amputation. *Clin Orthop* 1984; 185:137-41.
3. Larsson C, Andersson GB. Partial amputation of the foot for diabetic or arteriosclerotic gangrene. *J Bone Joint Surg Br* 1978; 60B:126-30.
4. Lindqvist C, Riska EB. Chopart, Pirogoff and Syme amputations: a survey of twenty-one cases. *Acta Orthop Scand* 1966; 37:110-6.
5. Parziale JR, Hahn KH. Functional considerations in partial foot amputations. *Orthop Rev* 1988; 17(3):262-6.
6. Roach JJ, Deutsch A, MacFarlane DS. Resurrection of the amputations of Lisfranc and Chopart for diabetic gangrene. *Arch Surg* 1987; 122:931-4.
7. Rubin G, Danisi M. Functional partial foot prosthesis. *Bull Prosthet Res* 1971; 10:149-55.
8. Sanders LJ, Dunlap G. Transmetatarsal amputation. A successful approach to limb salvage. *J Am Podiatr Med Assoc* 1992; 82(3):129-35.
9. Snyder AJ, Robbins JM. Lower extremity amputations: basis and outcome, a review of the literature. *J Foot Ankle Surg* 1993; 32: 60-8.

10. Letts M, Pyper A. The modified Chopart's amputation. *Clin Orthop Rel Res* 1990; 256:44-9.
11. Rubin G, Dixon M, Fischer E. Lower extremity amputation problems: etiology, manifestations and prevention. *Orthop Pros* 1985; 39:47-52.
12. Zaricznyj B. Correction of equines deformity following midtarsal amputation by tibiotalar arthrodesis: a case report. *Clin Orthop* 1981; 160: 222-6.
13. Hughes J. The clinical use of pedobarography. *Acta Orthop Belg* 1993; 59:10-6.
14. Donaghe VM, Veves A. Foot pressure measurement. *Orthop Phys Ther Clin North Am* 1997; 6(1):2-16.
15. Holmes GB Jr, Timmerman L, Willits NH. Practical considerations for the use of the pedobarograph. *Foot Ankle* 1991; 12(2):105-8.
16. Xia B, Garbalosa JC, Cavanagh PR. Error analysis of two systems to measure in-shoe pressure. *Proc Am Soc Biomech* 1994; 219-20.
17. Breakey J. Gait of unilateral below-knee amputees. *Orthot Prosthet* 1976; 30:17-24.
18. Engsberg JR, Tedford KG, Springer MJN, Harder JA. Weight distribution of below-knee amputee and able-bodied children during standing. *Prosthet Orthot Int* 1992; 16:200-2.
19. Engsberg JR, Lee AG, Tedfor KG, Harder JA. Normative ground reaction force data for able-bodied and below-knee amputee children during walking. *J Pediatr Orthop* 1993; 13:169-73.
20. Isakov E, Mizrahi J, Ring H, Susak Z, Hakim N. Standing sway and weight-bearing distribution in people with below-knee amputations. *Arch Phys Med Rehabil* 1992; 73:174-8.
21. Lord M, Smith DM. Foot loading in amputee stance. *Prosthet Orthot Int* 1984; 8:159-64.
22. Robinson JL, Smidt GL, Arora JS. Accelerographic, temporal and distance gait factors in bellow-knee amputees. *Phys Ther* 1977; 57:898-904.
23. Zuniga EN, Leavitt LA, Calvert JC, Canzoneri J, Peterson CR. Gait patterns in above-knee amputees. *Arch Phys Med Rehabil* 1972; 53(8):373-82.
24. Hirsch G, Mcbride ME, Murray DD, Sanderson DJ, Dukes I, Menard MR. Chopart prosthesis and semirigid foot orthosis in traumatic forefoot amputation. *Am J Phys Med Rehabil* 1996; 75:283-91.
25. Pinzur MS, Wolf B, Havey RM. Walking pattern of midfoot and disarticulation amputees. *Foot Ankle Int* 1997; 18(10):635-8.
26. Balmaseda MT Jr, Koozekanani SH, Fatehi MT, Gordon C, Dreyfuss PH, Tanbonliong EC. Ground reaction forces, center of pressure, and duration of stance with and without an ankle-foot orthosis. *Arch Phys Med Rehabil* 1988; 69(12):1009-12.
27. Brown M, Rudicel S, Esquenazi A. Measurement of dynamic pressures at the shoe-foot interface during normal walking with various foot orthoses using F-Scan® System. *Foot Ankle Int* 1996; 17(3):152-6.
28. Garbalosa JC, Cavanagh PR, Wu G, Ulbrecht JS, Becker MB, Alexander IJ, et al. Foot function in diabetic patients after partial amputation. *Foot Ankle Int* 1996; 17(1):43-8.
29. Mueller MJ, Strube MJ, Allen BT. Therapeutic footwear can reduce plantar pressures in patients with diabetes and tranmetatarsal amputation. *Diabetes Care* 1997; 20(4):637-41.
30. Katoh Y, Chao EY, Laughman RK, Schneider E, Morrey BF. Biomechanical analysis of foot function during gait and clinical applications. *Clin Orthop* 1983; 177: 23-33.