

## Artigo original

# Estudo de elementos temporais da marcha em indivíduos com hálux valgo

## *Study of gait temporal elements of individuals with hallux valgus*

Irocy Knacfuss\*, Stella Rosenbaum\*, Luiz Alberto Batista\*\*

\*Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
\*\*Laboratório de Biomecânica, Faculdade de Educação Física e Desportos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Mestrado em Motricidade Humana da Universidade Castelo Branco – Rio de Janeiro

### Resumo

O objetivo desse estudo foi comparar a duração do apoio relativo versus diferentes regiões do pé em indivíduos com e sem hálux valgo. Foram investigados 60 indivíduos de ambos os sexos (15 masculinos e 45 femininos) com idades entre 21 e 76 anos, divididos em dois grupos de 30, sendo um composto por sujeitos que apresentavam hálux valgo e o outro sem deformidade (grupo controle). Para a captura dos dados foram fixados transdutores de contato nas regiões plantares do calcâneo e da 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª cabeças metatarsais sendo os dados registrados por um cronógrafo analógico especificamente habilitado para o feito. Os resultados obtidos demonstram que: os pés com hálux valgo apresentaram valores significativamente menores no tempo de contato da 1ª cabeça metatarsal em relação à 2ª e 3ª, quando comparados com os pés do grupo controle; o tempo de contato da região do antepé sob a 3ª, 4ª e 5ª cabeças não foi diferente nos dois grupos, muito embora pés com hálux valgo demorassem mais tempo desde o choque do calcâneo até o fim do apoio.

**Palavras-chave:** biomecânica, marcha, hálux valgo, cinemática.

### Abstract

A temporal study of the gait was carried out observing sixty patients of both sexes, 21 to 76 years old. Thirty individuals had hallux valgus and thirty individuals constituted a control group. Contact transducers were fixed on the plantar region at calcanean level and on the plantar region at the level of the metatarsian heads of the fifth, permitting quantification of time duration of foot-ground contact from the moment of the calcaneous shock until the loss of ground contact of the five metatarsian heads. At the evaluation of these temporal components of the gait the feet who had hallux valgus revealed to have significant inferior values on the first metatarsian head in relation to those of the second and third metatarsian heads, which did not occur in the control group. The time of contact of the forefoot over the 2<sup>nd</sup>-5<sup>th</sup> metatarsian heads were not different in either groups although feet with hallux valgus had a greater time span from calcanean shock to the end support.

**Key-words:** *biomechanics, gait, hallux valgus, kinematic.*

### Introdução

As evidências clínicas indicam que a síndrome da insuficiência do apoio do primeiro raio do pé está freqüentemente associada ao valgismo do hálux.

O pé tem um papel fundamental no processo de deslocamento humano e seu comportamento se alterará tanto em função de diferentes tipos de deslocamento, como desordens em sua própria estrutura [1]. Em termos biomecânicos, a harmonia estrutural da região do hálux é um fator importante na dinâmica da marcha tendo em vista que este setor do pé está sujeito a forças de grande magnitude [2-6] e só as suporta, de forma eficiente se estiver estruturalmente preparado para fazê-lo. O resultado

provocado por essas cargas em estruturas desarmonizadas também já foi mapeado e há evidências de que o hálux valgo pode ser um fator predisponente para a ocorrência de fraturas de stress no pé [7].

Apesar da importância dessa síndrome e da elevada incidência deste desvio anatômico, poucos estudos acerca das características temporais da marcha de indivíduos com essa condição clínica foram realizados até o momento. Isto tem dificultado o delineamento de critérios objetivos que auxiliem nas indicações terapêuticas ortopédicas, como também no acompanhamento dos avanços obtidos no tratamento fisioterápico da marcha desses pacientes.

Qualquer estudo sobre a cinemática da marcha, seja em condições normais ou patológicas, deve considerar a medida

Recebido 26 de novembro de 2004; aceito 15 de dezembro de 2004.

**Endereço para correspondência:** Luiz Alberto Batista, UERJ/IEFD, Laboratório de Biomecânica, Rua São Francisco Xavier, 524 Prédio João Lyra Filho, Bloco F, sala 8122, 20550-013 Rio de Janeiro RJ.

e a avaliação de parâmetros básicos da mesma. Dentre estes, a duração dos ciclos da marcha, fase de apoio mais a fase oscilante, a frequência dos passos ou passadas, somatório de dois passos sucessivos, bem como a sua simetria espacial ou temporal têm sido considerados importantes indicadores da normalidade [8,9]. Já há algum tempo, estas investigações têm sido associadas a outros de natureza dinâmica e, por isso, utilizam tecnologias adequadas a esse fim, como os sistemas de captura de imagem sofisticados e as plataformas de força [10]. Apesar de indicar um crescimento no potencial investigativo da área em foco, isso, em certa magnitude, gera o inconveniente de elevar o custo dos equipamentos utilizados, o que, indiretamente, faz aumentar a distância entre a rotina clínica e o exame efetivo de parâmetros biomecânicos, tais como a frequência dos eventos cíclicos e a porcentagem de tempo relativo dos eventos em relação ao tempo total de ocorrência do fenômeno ou mesmo entre eventos.

Quanto à frequência da marcha, estudos mostraram que a maioria das pessoas anda dentro de um intervalo entre 80 e 140 passos por minutos, buscando sempre a faixa de maior eficiência para se locomover [11-15]. Sabe-se também que a assimetria temporal no andar, quando considerados os lados esquerdo e direito, está associada a alguns tipos de patologias [16].

No caso do comportamento temporal do apoio dos pés, nas regiões consideradas na presente investigação, os estudos têm demonstrado após o choque do calcâneo a área de apoio se desloca da região lateral para a medial do pé. No entanto estes dados foram obtidos através do exame de impressões plantares, tendo sido considerado como variável a extensão das áreas de contato da planta do pé com a superfície horizontal do vidro transparente da plataforma de espelhos [17,18]. O inconveniente de se fazer estudos temporais através do registro da área de impressões plantares é que a referência de tempo não é precisa, o que pode comprometer os valores obtidos.

Hutton e Dhanendran [19] realizaram estudos em pés normais e com hálux valgo utilizando um sistema de registro com plataforma de força, em que demonstraram que os pés com deformidade despendem maior porcentagem do tempo de contato com o solo sobre seus calcanhares, médio pé e as três cabeças mais laterais. Da mesma forma Grundy *et al.* [20] e Hutton e Dhanendran [21] identificaram um maior tempo de apoio sobre regiões posteriores do pé neste grupo, diferentemente de indivíduos sem hálux valgo os quais transferiam, rapidamente, o apoio para o antepé.

Quanto a participação dos dedos, os trabalhos de Katoh *et al.* [22] e Stott *et al.* [23] identificaram uma redução na função de suporte e transferência do peso no fim do apoio em pés com hálux valgo, caracterizando uma insuficiência na propulsão.

No presente estudo, examinamos o comportamento temporal relativo entre regiões do pé, presente no decurso

da marcha, comparando a deambulação de indivíduos com e sem deformidade tipo hálux valgo, de forma a verificar se os parâmetros se apresentam em magnitudes diferentes, utilizando uma técnica especificamente voltada à captura de dados temporais, que propicia a determinação sensível e precisa dos instantes de início e fim dos eventos em exame.

## Material e métodos

Foram investigados 60 indivíduos, 45 femininos e 15 masculinos, com idade compreendidas entre 21 e 76 anos, sendo que 30 apresentavam hálux valgo e integraram o grupo patológico enquanto os restantes 30, não apresentavam queixas dolorosas nem hálux valgo e constituíram o chamado grupo controle.

Os registros gráficos dos ciclos da marcha foram obtidos com os indivíduos sem sapatos, tendo sido estudados os pés separadamente. Para a obtenção dos registros foi utilizado um sistema eletrônico constituído por um bloco registrador, um cronógrafo analógico, transdutores de contato e uma chave seletora que tem como função selecionar o canal relativo a uma das cinco cabeças metatarsais.

Seis transdutores de contato foram fixados no pé. Um deles foi colocado na região calcaneana e os outros cinco foram fixados no antepé nas regiões correspondentes às cinco cabeças metatarsais. As regiões foram identificadas através de palpação sempre pelo mesmo examinador.

No registro do sinal foram identificados os seguintes componentes:

- 1) Instante em que o contato da região calcânea fecha o circuito com a pista, que constitui a posição de início da fase de apoio (contato do calcâneo);
- 2) Instante de contato da região metatarsiana subjacente à cabeça do metatarsiano que está sendo considerada, significando que o pé iniciou o apoio da região do antepé, embora o contato do calcâneo ainda esteja ativo;
- 3) Instante do início da fase de propulsão caracterizado pelo momento em que o contato do calcâneo é desfeito;
- 4) Instante em que o contato do antepé é desativado, significando que o pé não se encontra mais apoiado por esta região.

Não foi fixada nenhuma frequência de marcha, sendo considerada a habitual do indivíduo como a mais significativa para se avaliar o comportamento das características temporais da marcha.

Os testados foram orientados a caminhar varias vezes sobre uma pista utilizando o equipamento, para que pudessem acostumar-se à situação de teste reduzindo a magnitude do efeito retroativo.

No tratamento estatístico dos dados, foi utilizado o teste Z para diferenças de médias, conforme recomenda por Carvajal [24], com  $\alpha = 0,05$ .

Termos dos componentes temporais da marcha adotados:

- Tempo de apoio: tempo dispendido pelo pé durante toda a fase de apoio com o solo durante a locomoção, não sendo considerado o tempo de contato do hálux;
- Tempo de ponta: tempo dispendido pelo pé, quando se encontra apoiado apenas pela região correspondente o antepé. Inicia-se quanto o calcâneo abandona o contato com o solo durante a marcha e termina, quanto o antepé deixa o contato com o mesmo. O tempo de apoio do hálux não está incluído.
- Tempo do 1º metatarsiano/falange distal do hálux: lapso de tempo em que tanto a cabeça do 1º metatarsal como o hálux estão em contato com o solo.
- Fase oscilante: durante a marcha, tempo em que o pé como um todo, não tem contato com o solo.
- Duração do ciclo da marcha: o tempo decorrido entre dois contatos sucessivos pelo mesmo pé com o solo. Somatório do tempo de apoio mais o tempo da fase oscilante.
- Frequência da marcha: o número de passos – dois contatos sucessivos contralaterais – executados pelos indivíduos, por minuto

## Resultados

Foram tratados 5.904 dados numéricos denotativos dos tempos em milissegundos oriundos dos registros gráficos dos ciclos da marchas realizadas pelos indivíduos que compuseram os sujeitos deste estudo.

Na Tabela I, vêem-se os dados referentes à duração, com precisão de milissegundos, dos ciclos da marcha, fase de apoio mais fase oscilante, considerando-se os dois membros inferiores.

**Tabela I** – Tempo de duração dos ciclos da marcha, em segundos, (fase de apoio + fase oscilante).

Grupo	Direito	Esquerdo
Controle	$\underline{N} = 87$ $\bar{X} = 1,155$ DP = 0,170	$\underline{N} = 82$ $\bar{X} = 1,173$ DP = 0,190
Patológico	$\underline{N} = 100$ $\bar{X} = 1,182$ DP = 0,121	$\underline{N} = 130$ $\bar{X} = 1,192$ DP = 0,132

Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004

**Tabela III** – Tempo de apoio significância estatística. Grupo controle.

	Direito					Esquerdo				
	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°
1°			0,77	2,66	4,47	1°		2,32	3,16	0,36
2°	0,99					2°	0,92			
3°		0,23				3°		1,14		
4°			2,03			4°			0,91	
5°				2,26		5°				3,82

Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004

Na análise de significância entre as diferenças de média, tanto de forma intergrupar como intragrupal, não foram observadas diferenças significativas entre os valores encontrados.

Na Tabela II, os valores indicam a duração, no grupo controle, do tempo de apoio do pé desde que este estabelece contato com o solo pela região calcaneana, até o instante em que as cinco cabeças metatarsais perdem o contato com o mesmo, iniciando-se logo após a fase oscilante. O tempo de envolvimento do hálux não está aqui considerado. Tanto do lado direito, como no esquerdo, observa-se que todas as regiões estudadas dispenderam mais de meio segundo no apoio.

**Tabela II** – Duração do tempo de apoio, em milissegundos, do 1º ao 5º Raios do pé. Grupo controle.

Raios	Direito	Esquerdo
1°	$N = 96$ $\bar{X} = 644,4$ DP = 95,2	$N = 93$ $\bar{X} = 643,6$ DP = 85,6
	$N = 95$	$N = 91$
2°	$\bar{X} = 631,6$ DP = 81,6	$\bar{X} = 630,8$ DP = 120,0
	$N = 92$	$N = 90$
3°	$\bar{X} = 634,4$ DP = 81,6	$\bar{X} = 615,2$ DP = 80,0
	$N = 94$	$N = 92$
4°	$\bar{X} = 612,0$ DP = 68,0	$\bar{X} = 604,0$ DP = 85,6
	$N = 96$	$N = 91$
5°	$\bar{X} = 588,0$ DP = 78,4	$\bar{X} = 560,4$ DP = 68,0

Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004.

A partir da 1ª cabeça metatarsal que tem os mais altos valores (= 644,4 mseg, DP = 95,2 mseg na direita; = 643,6 mseg, DP = 85,6 mseg na esquerda) os valores vão decrescendo até a 5ª cabeça que dispense os mais baixos tempos no apoio (= 588,0 mseg, DP = 78,4 mseg na direita; = 560,4 mseg, DP = 68,0 mseg na esquerda).

Vê-se que as testagens de diferença de média entre as cinco regiões na direita revelaram que os tempos de apoio entre a 1ª, 4ª e 5ª, a 3ª e 4ª e 4ª e 5ª cabeças foram significativamente diferentes. No lado esquerdo, as diferenças também são significativas entre os tempos da 1ª, 3ª, 3ª e 4ª e entre a 4ª e 5ª cabeças.

Os dados da Tabela IV referem-se a valores da mesma variável anterior, em pés com hálux valgo.

**Tabela IV** – Duração do tempo de apoio, em milissegundos, do 1º ao 5º Raios do pé. Grupo patológico.

Raios	Direito		Esquerdo	
1º	N = 127	$\bar{X} = 634,0$ DP = 129,6	N = 159	$\bar{X} = 659,2$ DP = 99,6
2º	N = 128	$\bar{X} = 664,8$ DP = 102,8	N = 141	$\bar{X} = 655,2$ DP = 113,6
3º	N = 119	$\bar{X} = 669,2$ DP = 116,4	N = 134	$\bar{X} = 651,2$ DP = 93,6
4º	N = 119	$\bar{X} = 653,6$ DP = 98,0	N = 137	$\bar{X} = 642,0$ DP = 103,6
5º	N = 115	$\bar{X} = 635,2$ DP = 98,8	N = 127	$\bar{X} = 614,8$ DP = 92,4

Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004

Da mesma forma que no grupo controle, os valores tanto no pé direito, como no esquerdo ultrapassaram meio segundo, sendo importante observar que os valores correspondentes aos metatarsais centrais 2º e 3º e laterais 4º e 5º têm uma duração absoluta maior que os correspondentes nos pés dos indivíduos do grupo controle.

A Tabela V indica que os valores desta variável tiveram um comportamento diferente do observado no grupo controle.

No lado direito existem diferenças significativas entre a 1ª, 2ª e 3ª cabeça cujo tempo de contato é mais elevado, enquanto no lado esquerdo só há diferença significativa, entre a 1ª e 5ª e entre esta e a 4ª cabeça, respectivamente.

Os dados explicitados na Tabela VI referem-se às comparações dos dados de forma intergrupar.

Os dados demonstram que não existem diferenças significativas entre os tempos das primeiras cabeças na direita e entre os tempos da 1ª e 2ª na esquerda; os demais valores são muito diferentes com o grupo patológico demorando mais tempo no apoio, o que se confirma pelos valores absolutos mais elevados neste grupo.

Segundo Perry [25] é durante o tempo de ponta que ocorre maior sobrecarga sobre a região, resultado da ação combinada do peso corporal mais contração muscular mais tensão da fascia plantar.

As Tabelas IX e X indicam os escores Z obtidos para as diferentes comparações realizadas com os valores desta variável.

**Tabela V** – Tempo de apoio. Significância Estatística. Grupo patológico.

	Direito					Esquerdo				
	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º
1º		2,10	2,25	1,34	0,08	1º	0,32	0,70	1,25	3,92
2º			0,02			2º		0,31		
3º				1,12		3º			0,77	
4º					1,43	4º				2,36
5º						5º				

Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004.

**Tabela VI** – Tempo de apoio – significância estatística – Grupo controle / Grupo experimental.

		Direito							Esquerdo				
		1º	2º	3º	4º	5º		1º	2º	3º	4º	5º	
Patológico	1º							1º	1,31				
	2º	0,7						2º		1,69			
	3º		2,7					3º			3,10		
	4º			2,55				4º				3,0	
	5º				3,71			5º					5,0

Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004.

**Tabela VII** – Duração do tempo de ponta, em milissegundos, da 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª cabeças metatarsais. Grupo controle.

Raios	Direito	Esquerdo
1°	N = 101 $\bar{X}$ = 175,2 DP = 54,8	N = 99 $\bar{X}$ = 164,8 DP = 49,2
2°	N = 99 $\bar{X}$ = 182,8 DP = 43,6	N = 96 $\bar{X}$ = 177,2 DP = 37,2
3°	N = 100 $\bar{X}$ = 181,2 DP = 46,8	N = 95 $\bar{X}$ = 170,8 DP = 47,6
4°	N = 98 $\bar{X}$ = 164,4 DP = 41,6	N = 96 $\bar{X}$ = 159,6 DP = 46,4
5°	N = 99 $\bar{X}$ = 142,0 DP = 44,8	N = 95 $\bar{X}$ = 132,8 DP = 38,0

Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004.

Nenhum valor dos dois grupos ultrapassou 200 milissegundos, sendo que os valores do grupo controle são mais elevados em termos absolutos que os tempos correspondentes no grupo patológico.

De relevante é que no grupo controle não se evidenciaram diferenças significativas nas médias dos tempos obtidos para a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª cabeças, tanto no lado direito, como no esquerdo. A única exceção ocorreu entre a duração média da 1ª e 2ª cabeça no lado esquerdo (= 164,8 mseg, S = 49,2 e = 177,2 mseg e S = 37,2 respectivamente).

**Tabela VIII** – Duração do tempo de ponta em milissegundos da 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª cabeças metatarsais. Grupo patológico.

Raios	Direito	Esquerdo
1°	N = 152 $\bar{X}$ = 143,6 DP = 58,8	N = 182 $\bar{X}$ = 140,0 DP = 56,0
2°	N = 151 $\bar{X}$ = 175,2 DP = 55,2	N = 165 $\bar{X}$ = 162,0 DP = 58,0
3°	N = 148 $\bar{X}$ = 184,0 DP = 64,4	N = 149 $\bar{X}$ = 159,2 DP = 54,4
4°	N = 139 $\bar{X}$ = 156,4 DP = 52,8	N = 149 $\bar{X}$ = 156,0 DP = 59,6
5°	N = 129 $\bar{X}$ = 142,4 DP = 49,2	N = 139 $\bar{X}$ = 139,6 DP = 46,0

Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004.

A 5ª cabeça metatarsal, independentemente do pé considerado, direito ou esquerdo, apresenta os mais baixos valores de contato, sendo as médias significativamente diferentes de todas as demais cabeças.

No grupo patológico, ocorre uma significativa diferença entre a 1ª cabeça (= 143,6 mseg DP = 58,8 mseg na direita e = 140,0 mseg DP = 56,0 mseg na esquerda) em relação à 2ª cabeça (= 175,2 mseg DP = 55,2 mseg na direita e = 162,0 mseg DP = 58,0 mseg na esquerda).

**Tabela IX** – Tempo de ponta – significância estatística – Grupo controle.

	Direito					Esquerdo				
	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°
1°										
2°	1,10					2,02				
3°	0,85	0,25				0,90	1,02			
4°	1,50	2,94	2,64			0,73	2,91	1,67		
5°	4,69	6,52	6,08	3,65		5,06	8,16	6,05	4,37	

Z tab = 1,96 Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004.

**Tabela X** – Tempo de ponta – significância estatística – Grupo patológico.

	Direito					Esquerdo				
	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°
1°										
2°		4,80					3,62			
3°			5,64					3,20		
4°			1,25	1,89				0,48	2,52	
5°				2,99	0,17				0,37	3,80
				4,00	5,04				0,50	3,31
					2,17					2,65

Z tab = 1,96 Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004.

Já a duração do tempo de ponta da 1ª cabeça é significativamente menor do que o da 2ª e 3ª cabeças na direita e até da 4ª cabeça, quando se considera o lado esquerdo.

Na Tabela XI, encontram-se os escores Z calculados para as diferenças intergrupais à duração média dos tempos de ponta; as únicas diferenças estatisticamente significativas ocorrem entre os tempos das 1ª cabeças no lado direito e os da 1ª e 2ª cabeças no esquerdo.

## Discussão

Neste trabalho considerou-se que a quantificação da duração do tempo de apoio de certas regiões do pé poderia revelar durante a marcha uma insuficiência de apoio do 1º raio em pés com hálux valgo.

Os dados (Tabela I) mostram que, nos sujeitos estudados, a duração média dos ciclos das passadas tanto no lado direito como no esquerdo, ultrapassou um segundo, independentemente do indivíduo ter ou não hálux valgo. Quando estes valores foram convertidos para uma frequência de marcha, os mesmos indicaram um valor médio de 104 passos/minuto, o que está um pouco abaixo dos valores encontrados por Drillis [11] em transeuntes, porém próximos dos obtidos por Rozendall, e apontados por Inman como sendo as mais típicas frequências encontradas na marcha entre indivíduos.

Isto demonstra que a frequência da marcha calculada neste trabalho encontra-se numa faixa considerada normal para a maioria das pessoas e que, sob o ponto de vista metodológico, o equipamento empregado para os registros dos

ciclos das marchas, parece não ter interferido na dinâmica das mesmas. Isto é importante neste tipo de exame funcional, porque estudos mostram que os parâmetros básicos da marcha são dependentes da velocidade do andar e fatores que possam interferir na dinâmica da mesma podem conduzir a resultados não fidedignos.

Outro aspecto relevante foi a inexistência de diferenças significativas entre as médias das durações dos ciclos da marcha, quando comparados o lado direito e o esquerdo e o mesmo lado no grupo controle e no patológico.

Isto indica que não houve assimetria temporal no andar destes indivíduos, demonstrando que a Síndrome da Insuficiência do apoio do 1º raio do pé, parece não afetar a frequência e a duração das fases da marcha, embora isto possa ocorrer com outros tipos de alterações no aparelho locomotor, como demonstram estudos citados na revisão.

Ao examinar-se os dados relativos à duração do tempo de apoio do 1º ao 5º raios do pé do grupo controle (Tabela VIII) observou-se que a duração do tempo de apoio dos pés direito e esquerdo, naquele grupo, atingiu mais de meio segundo em todas as regiões consideradas neste estudo. A duração do envolvimento da região plantar dos pés cresceu a partir da 5ª cabeça, tomando-se progressivamente maior até atingir seu valor máximo na região subjacente a 1ª e 2ª cabeças nos pés direitos, os tempo de apoio em relação a 1ª, 2ª e 3ª cabeças não tinham diferenças significativas, evidenciando que esta região teve um comportamento funcional uniforme. A partir da 4ª e 5ª cabeças, este tempo diminuiu de forma significativa, o que mostra que estas regiões deixam de contactar o solo mais cedo que as demais.

**Tabela XI** – Tempo de apoio-significância estatística. Grupo controle/Grupo patológico.

		Controle									
		Direito					Esquerdo				
		1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º
Patológico	1º	4,32					3,82				
	2º		1,19					2,58			
	3º			0,39					1,75		
	4º				1,34					0,55	
	5º					0,12					1,30

Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004.

**Tabela XII** – Relação percentual entre tempo de ponta/tempo de apoio. Grupo controle e Grupo patológico.

Raios	Grupo controle		Grupo patológico	
	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo
1º	27,1%	25,6%	22,6%	21,2%
2º	28,9%	28,1%	26,3%	24,7%
3º	28,5%	27,8%	27,5%	24,5%
4º	26,8%	26,4%	23,9%	24,3%
5º	24,1%	23,6%	22,4%	22,7%

Fonte: SOT/UFRJ, LABIOM/UERJ, UCB, 2004

No pé esquerdo, o comportamento dos dados foi semelhante ao do pé direito exceto, quanto à existência de uma diferença significativa entre 1ª e 3ª cabeça, embora isto não tenha ocorrido entre a 2ª e a 3ª.

Os indivíduos do grupo controle terminaram o apoio pelas regiões do antepé sob 1ª, 2ª e 3ª cabeças metatarsais, enquanto a 4ª e 5ª perderam o contato, bem mais cedo com o solo, fazendo com que a zona de apoio se deslocasse da região lateral para a medial do pé. Dados semelhantes foram obtidos em estudos que utilizaram a plataforma de espelhos de Ducroquet [16].

No grupo patológico, verificou-se um comportamento diferente do apresentado pelo grupo controle. Em termos de valores absolutos, enquanto a duração do apoio, nos pés sem hálux valgo decrescia a partir da 1ª cabeça para a 5ª em ambos os pés, neste grupo houve um aumento desses tempos na região correspondente à 2ª, 3ª e 4ª cabeças caracterizando um desvio lateral desses tempos. Embora no pé direito a diferença entre o tempo de apoio da 1ª, 2ª e 3ª cabeça fosse significativa, no pé esquerdo estes valores com 95% de certeza não são diferentes até a 4ª cabeça metatarsiana, indicando um maior apoio na parte lateral da região plantar do antepé durante a marcha, estes achados são similares aos obtidos por Hutton e Dhanendran [4], os quais utilizaram plataforma de força em seus estudos.

Na comparação intergrupar, o dado relevante foi que, à exceção do tempo relativo à 1ª cabeça no pé direito do grupo patológico, todos os tempos de apoio da 2ª até a 5ª cabeça são superiores no grupo com hálux valgo em relação ao grupo controle. No lado esquerdo, todos os tempos de apoio correspondentes ao grupo patológico são superiores aos do grupo controle.

A partir deste comportamento pode-se inferir que, enquanto pés sem hálux valgo demoram menos tempo e terminam o apoio pelas regiões subjacentes às 1ª, 2ª e 3ª cabeças, nos pés patológicos aqui considerados o apoio foi muito mais demorado e envolveu regiões mais laterais do antepé.

Embora estes dados já indicassem diferenças na dinâmica do apoio entre pés com e sem a deformidade hálux valgo, é interessante discutir o comportamento do antepé, quando inicia-se a fase de propulsão do corpo, no momento em que a região calcaneana perde contato com o solo.

Nesta fase, o peso corporal concentra-se progressivamente na região do antepé, sobrecarregando as cinco cabeças metatarsais. A quantificação dos tempos de apoio das cabeças nesta fase do ciclo da marcha torna-se relevante, porque permite uma melhor compreensão do comportamento do antepé sob uma variação dinâmica da carga, diferentemente do que acontece nos estudos realizados de forma estática.

Numa análise comparativa, dentro do grupo controle, verificou-se não haver diferenças estatisticamente

significativas entre os tempos de ponta da 1ª, 2ª, 3ª e 4ª cabeças. A 5ª cabeça ficou o menor tempo em apoio, sendo esta diferença muito significativa em relação às demais cabeças.

No lado esquerdo, as diferenças são significativas entre a 1ª e a 2ª cabeça que permaneceu um tempo maior no apoio. As demais apresentaram tempos de ponta semelhantes, sendo que a 5ª cabeça manteve um comportamento similar à correspondente no pé direito.

O lapso de tempo entre o início do contato da região calcaneana e o início do contato das cinco cabeças metatarsianas, indica a seqüência da entrada em contato como o solo das mesmas. Este tempo não foi considerado neste trabalho, porque o objetivo do mesmo foi estudar particularmente o comportamento da região do antepé, embora a região calcaneana tenha sido considerada como um referencial para o tempo de apoio total do pé.

Os dados mostram que nos pés sem hálux valgo ocorreu um equilíbrio na duração dos tempos de ponta das cabeças, exceto em relação à 5ª que teve um tempo menor de contato como o solo. Isto é coerente com a necessidade de não haver concentrações anormais de *stress* (força/área de contato), na região plantar, seja por um aumento no módulo destas forças, seja por um tempo maior na atuação das mesmas. Quando podem surgir manifestações clínicas anormais, conforme alguns estudos têm identificado em certas deformidades em que os pés encontram-se envolvidos [20].

No grupo com hálux valgo, o que ocorreu foi que a 1ª cabeça tanto no pé direito como no esquerdo, teve um tempo de ponta significativamente menor do que a 2ª e 3ª no pé direito e até da 4ª cabeça no esquerdo, caracterizando uma insuficiência de apoio nesta região.

Na comparação intergrupar, observa-se que houve uma diferença significativa entre os tempos de ponta da 1ª cabeça na direita que se estende até a 2ª na esquerda. Os demais tempos não foram diferentes nos seus valores.

Quando se considerou a relação entre o tempo de apoio e o respectivo tempo de ponta das diferentes cabeças, surgiram novos dados que ratificaram a ocorrência da insuficiência do apoio nesta região. O tempo de apoio do 1ª metatarsal não foi significativamente diferente entre pés patológicos e não patológicos, o que não ocorreu com as demais cabeças.

No grupo patológico, em relação aos 1º metatarsais, a igualdade no tempo de apoio do pé como o grupo controle, foi conseguida, apesar do menor tempo de ponta, por uma maior permanência em contato com o solo de regiões mais posteriores ao antepé; o mesmo mecanismo ocorreu com as demais cabeças que têm tempos de ponta iguais ao grupo controle, mas tempos de apoio muito superiores a estes.

Este comportamento dos valores mostrou que os portadores de hálux valgo apoiaram-se um tempo maior sobre regiões posteriores do pé, enquanto que os do grupo

controle, transferiram rapidamente o apoio para o antepé e quando isto ocorreu, distribuíram melhor a área de contato com o solo entre as cinco cabeças metatarsais.

Esta alteração na dinâmica do apoio coincide com os achados de Grundy *et al.* [20] e Hutton e Dhanendran [19].

O chamado índice do antepé, sugerido por Grundy *et al.* [20] fica alterado nos pés patológicos, como uma participação do antepé sobre o retropé muito reduzida. Nestes casos, o pé fica amortecendo choques e não funciona eficientemente na propulsão ou fase motora da marcha.

A proporção da participação de cada tempo de ponta sobre o tempo de apoio total dos pés também foi determinada. Tomando-se como 100% o tempo de permanência do pé em contato com o solo, verificou-se que ocorreu uma flagrante diferença entre pés sem hálux valgo, com maior porcentagem de tempo de ponta, em contraposição com os patológicos, onde ficou evidenciada, mais uma vez, que a primeira cabeça metatarsiana tem o mais baixo índice de participação no apoio total, 22,6% e 21,2% contra 27,1% e 25,6% nos pés do grupo controle.

## Conclusões

Da análise de 5.904 dados numéricos sobre componentes temporais da marcha dos indivíduos com hálux valgo considerados neste estudo pode-se concluir que:

- Nos pés com hálux valgo, a 1ª cabeça metatarsal apresentou um tempo de ponta significativamente menor que os tempos da 2ª e 3ª cabeças, demonstrando que na fase de apoio durante a marcha, contacta o solo menos tempo que as cabeças centrais 2ª e 3ª. Este comportamento não ocorreu nos pés do Grupo controle.
- Pés do Grupo controle e patológico tiveram tempos de apoio semelhantes em relação à 1ª cabeça metatarsiana embora o mesmo não tenha acontecido com as demais cabeças onde os pés com hálux valgo demoraram um tempo maior no contato com o solo.
- Estas alterações na dinâmica do apoio durante a marcha caracterizam nos pés com hálux valgo considerados neste trabalho, um quadro de insuficiência da coluna medial do pé que ao estar associado com outros sinais e sintomas configuram a chamada Síndrome da Insuficiência do 1º Raio.

## Referências

1. Jahss MH (ed). Disorders of the foot. Philadelphia: WB Saunders; 1982.
2. Collis WJ, Jayson MI. Measurement of pedal pressures. *Ann Rheum Dis* 1972; 31:215-17.
3. Grieve DW, Rashid T. Pressure under normal feet in standing and walking as measured by foil pedobarography. *Ann Rheum Dis* 1984;43:816-8.
4. Hutton WC, Dhanendran M. A study of the distribution of load under the normal foot during walking. *Int Orthop* 1979;3:153-7.
5. Soames RW. Foot pressure patterns during gait. *J Biomed Eng* 1985;7(2):120-6.
6. Stott JR, Hutton WC, Stokes IA. Forces under the foot. *J Bone Joint Surg* 1973; 55B(2):335-44.
7. Kiyoshi Y, Wasushi K. Relationship between stress fractures of the proximal phalanx of the great toe and hallux valgus. *Am J Sports Med* 2004;32(4):1032-5.
8. Imms JF, McDonald IC. Abnormalities of the gait occurring during recovery from fractures of the lower limb and their improvement during rehabilitation. *Scand J Rehab Med* 1978;10:193-9.
9. Tibarewala DN, Ganguli S. Use of a gait abnormality index for locomotion efficiency evaluation. *J Biomed Eng* 1979;1:263-4.
10. Lee G, Pollo FE. Technology overview: The gait analysis laboratory. *J Clin Eng* 2001;25
11. Drills R. Objective recording and biomechanics of pathological gait. *Ann NY Acad Sci* 1958;17:86-119.
12. Pat Murray M, Drought AB, Ross C. Walking patterns of normal men. *J Bone Joint Surg* 1964;46A(20):335-59.
13. Cavagna GA, Margaria R. Mechanics of walking. *J Appl Physiol* 1966; 21(1):271-8.
14. Inman VT, Ralston HJ, Todd F. Human walking. Baltimore: Williams & Wilkins; 1981.
15. Winter DA, Quanbury A, Reimer GG. Analysis of instantaneous energy of normal gait. *J Biomechanics* 1976;9:253-61.
16. Ducroquet R, Ducroquet J, Ducroquet P. Walking and limping. A study of normal and pathological walking. Philadelphia: JB Lippincott; 1968.
17. Lelièvre J. Patologia del pie. Barcelona: Toray Masson; 1976.
18. Viladot A. Diez lecciones sobre patologia del pie. Barcelona: Toray; 1981.
19. Hutton WC, Dhanendran M. The mechanics of normal and hallux valgus feet – a quantitative study. *Clin Orthop* 1981;157:553-65.
20. Grundy M, Tosh PA, Mcleish RD, Smidt L. An investigation of the centres of pressures under the foot while walking. *J Bone Joint Surg* 1975;57-B:99-103.
21. Hutton WC, Dhanendran M. The short first metatarsal. *J Bone Joint Surg* 1983;5:297-301.
22. Katoh Y, Chao EYS, Laughman RK, Schneider E, Morrey BF. Biomechanical analysis of foot function during gait and clinical applications. *Clin Orthop* 1983;177:23-33.
23. Stott JRR, Hutton WC, Stokes IA. Forces under the foot. *J Bone Joint Surg* 1973;55B(2):335-44.
24. Carvajal SR. Elementos de Estatística – com aplicações às Ciências Médicas e Biológicas. Rio de Janeiro: UFRJ/CCMN; 1979.
25. Perry J. Anatomy and biomechanics of the hindfoot. *Clin Orthop* 1983;177:9-15.
26. Lord M, Reynolds D, Hughes JR. Foot pressure measurement: a review of clinical findings. *J Biomed Eng* 1986;8:283-94. ■