



AVALIAÇÃO PODOBAROMÉTRICA COMPARATIVA ENTRE ATLETAS VELOCISTAS E INDIVÍDUOS NÃO ATLETAS DURANTE MARCHA EM ESTEIRA ROLANTE

Fábio Ribeiro Mendes Mota Pelegrini ¹

Clarice Tanaka ¹

Maiza Ritomy Ide ²

¹ Universidade de São Paulo – Brasil

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Brasil

Resumo: Objetiva-se com este estudo detectar alterações na distribuição de peso plantar de atletas velocistas. Foram selecionados nove homens, cinco velocistas (GV) e quatro saudáveis (GC). Foram analisados os picos de pressão, força vertical máxima e integral de força dos indivíduos caminhando em esteira elétrica a 5 e 7 Km/h. Os parâmetros foram analisados no antepé, mediopé e retropé, no membro dominante (MD) e não-dominante (MND). Observou-se diferença entre os grupos nas três variáveis avaliadas, concluindo-se que atletas velocistas apresentam alterações na distribuição de peso plantar, quando comparados a sujeitos saudáveis. Apesar da maior simetria entre os membros dominante e não dominante, acredita-se que as mesmas possam conduzir a lesões e alterações posturais nos velocistas.

Palavras-chave: pressões plantares; força de reação ao solo; antepé; mediopé; retropé.

COMPARATIVE PODOBAROMETRIC ASSESSMENT IN ATHLETES AND NON-ATHLETES DURING TREADMILL GAIT

Abstract: This study aim to detect changes in the plantar weight bearing of sprinters athletes. Nine men, 5 sprinter athletes (SG) and 4 healthful (CG) were selected. The peak of plantar pressure, maximum vertical ground reaction forces and regional vertical impulses were analyzed. The subjects walked on a treadmill at two speeds: 5 and 7 Km/h. The variables were analyzed in the forefoot, midfoot and rearfoot, in the dominant (DM) and non-dominant member (NDM). It was observed differences between the groups in the 3 variables assessed. It is concluded that sprinter athletes' present changes in the plantar weight bearing when compared to normal subjects. Despite of the higher symmetry between the dominant and non-dominant members, the plantar weight bearing changes can lead to injuries and postural damages in sprinter athletes.

Keywords: plantar pressure; vertical ground reaction force; midfoot; forefoot; rearfoot. Avaliação podobarométrica comparativa entre atletas velocistas e indivíduos não atletas durante marcha em esteira rolante

INTRODUÇÃO

“O atletismo inclui um grande número de modalidades. Praticamente todas dependem muito ou exclusivamente da corrida” (FRACCAROLI, 1981, p.54). “As modalidades de corridas de velocidade (100 m, 200 m e 400 m) exigem grande potência

muscular de membros inferiores. A corrida nestas modalidades é realizada quase que exclusivamente com o apoio no antepé” (PAULA, 1993, p.66).

Observa-se na prática clínica e cotidiana que os indivíduos mantêm este padrão de apoio fora das pistas, inclusive projetando o tronco em antepulsão e reduzindo o apoio de retropé. Acredita-se que os esportistas também apresentem uma maior aplicação de força contra o solo em relação ao mediopé e, principalmente, ao retropé.

Além disto, diversos outros fatores também influenciam a estrutura do pé. Espessamento de tecidos moles e alterações da ação musculoligamentar podem elevar ou rebaixar os arcos longitudinais do pé, constituindo os pés cavo e plano, respectivamente. Também pode haver presença de dedo em martelo. Tais alterações modificam a descarga ou transmissão do peso corporal, diminuem a mobilidade do pé e comprometem suas funções de absorção de impacto (CAVANAGH *et al*, 1997, p. 249).

“Os músculos da extremidade inferior são de suma importância na dissipação de força de reação ao solo no momento do impacto do pé durante a corrida e durante o salto” (PANDY *et al*, 1990; VOIGHT *et al*, 1995). Em modelos experimentais, Ferris *et al* (1995) demonstraram a importância da ação muscular (flexores longos dos dedos e do hálux) no aumento da pressão, força e área de contato em regiões do antepé.

“Alterações posturais podem dificultar tal dissipação, concentrando um estresse em um determinado local que, com o tempo, predispõe o mesmo a lesões” (CLANCY-Jr, 1991, p.644). Segundo Dufek e Bates (1991), as alterações posturais não sobrecarregam somente o pé, mas também outras articulações, o que torna de grande importância a maneira pela qual o pé realiza o contato com o solo. Cook *et al* (1990) colocam que um dos fatores de riscos de lesões em corredores é a corrida excessiva com a ponta dos pés.

A avaliação das pressões plantares tem sido utilizada para uma grande variedade de objetivos. Sua mensuração é útil em lesões plantares (BURNS *et al*, 2005), alterações biomecânicas (LIU *et al*, 2005; GRAVANTE *et al*, 2005) e de marcha (MURPHY *et al*, 2005), além de pressões plantares durante corrida (DE COCK *et al*, 2006).

Em atletas, foram estudadas as pressões plantares de atletas com instabilidade de tornozelo (NAWATA *et al*, 2005), durante a prática de patins (EILS e JEROSCH, 2000), esqui (VIRMAVIRTA e KOMI, 2001) e futebol (EILS *et al*, 2004). Entretanto, não foram encontrados trabalhos avaliando e comparando as pressões plantares de atletas velocistas saudáveis com indivíduos normais.

A avaliação das pressões plantares requer sofisticados equipamentos que permitam a sua visualização e quantificação precisa e imediata. A podobarometria possibilita a obtenção de dados objetivos acerca da funcionalidade do pé (OLIVEIRA *et al*, 1998). Neste método, são utilizados calçados com palmilhas equipadas com transdutores (ALEXANDER *et al*, 1990). Apesar de não ser o mais preciso (SACCO, 1997), este método tem vantagens diversas. O grande número de sensores (960) distribuídos por toda a palmilha faz com que a avaliação ocorra por toda a superfície plantar. O sistema é de fácil utilização e aquisição, apresenta boa acurácia e reprodutibilidade, além de fornecer gráficos coloridos e de fácil compreensão (KATOH *et al*, 1983). As medidas podem ser coletadas com a marcha realizada em esteira (VAN GHELUWE e DANANBERG, 2004; SEGAL *et al*, 2004), possibilitando analisar vários passos e com velocidade controlada. Estudos mostram que a marcha em esteira é semelhante à normal, em diversas velocidades, distância e frequência dos passos (VAN GHELUWE e DANANBERG, 2004).

Acredita-se que os resultados deste estudo auxiliem no diagnóstico de anormalidades que possam conduzir a lesões e alterações posturais, possibilitando a intervenção e cura precoces, diminuindo o tempo de inatividade do atleta.

Objetiva-se com este estudo detectar alterações na distribuição de peso plantar de atletas velocistas.

MÉTODOS

AMOSTRA

Foram selecionados nove indivíduos do sexo masculino, com idades entre 18 e 30 anos. Destes, cinco compuseram o grupo dos velocistas (GV). Eram todos atletas hágedos, praticantes de corrida de velocidade (especialistas nas provas de 100 e 200 m rasos) há no mínimo um ano, com freqüência de treinamento de cinco a seis dias por semana, de três a quatro horas por dia. Os outros quatro compuseram o grupo controle (GC) e eram saudáveis e não sedentários. A descrição dos indivíduos encontra-se na Tabela I.

Tabela I – Caracterização da amostra

| | Sujeito | Idade | Peso | Altura | Dominância |
|----|---------|-------|------|--------|------------|
| GV | 1 | 18 | 67 | 1,75 | Direita |
| | 2 | 18 | 74 | 1,70 | Direita |
| | 3 | 18 | 69 | 1,73 | Direita |
| | 4 | 29 | 61 | 1,80 | Direita |
| | 5 | 18 | 75 | 1,85 | Direita |
| | Média | 20,2 | 69,2 | 1,77 | |
| GC | 1 | 19 | 67 | 1,73 | Esquerda |
| | 2 | 21 | 80 | 1,88 | Direita |
| | 3 | 22 | 83 | 1,85 | Direita |
| | 4 | 23 | 73 | 1,75 | Direita |
| | | Média | 21,3 | 75,8 | 1,80 |

MATERIAIS

Foi utilizado o podobarômetro computadorizado F-SCAN, modelo 4.821, da Tekscan Inc. O equipamento continha dois soquetes periféricos, duas fitas de velcro para fixá-los ao tornozelo, dois cabos coaxiais que ligam os soquetes ao computador e uma cinta de velcro para prender os cabos coaxiais à cintura. Para análise dos sinais foi utilizado microcomputador com software modelo 4.821. A avaliação foi realizada através de sensores pressóricos de alta sensibilidade (em número de 960, distribuídos por toda a superfície da palmilha) adaptados a palmilhas finas e flexíveis. Um par de palmilhas sem uso foi utilizada para cada voluntário. Os calçados com solado baixo e sem sistema de amortecimento, assim como as meias finas, foram padronizados e oferecidos pelo laboratório. A avaliação da marcha foi realizada em esteira ergométrica elétrica.

PROCEDIMENTOS

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da instituição envolvida e os voluntários forneceram consentimento informado.

Depois de coletados os dados iniciais, o voluntário recebeu explicações a respeito do teste e dos equipamentos utilizados e pôde utilizar livremente a esteira nas duas velocidades testadas, a fim de que se habituassem às mesmas. As palmilhas foram recortadas segundo molde do fabricante de acordo com o tamanho do pé do indivíduo e inseridas no interior do calçado a ser utilizado. Os indivíduos utilizaram meias finas e tênis padronizados, com o auxílio de um calçado para evitar dobras nas palmilhas. As palmilhas foram então acopladas aos soquetes periféricos que se fixam às extremidades distais das pernas por meio de fita de velcro fornecidas pelo fabricante, permitindo uma movimentação livre dos membros inferiores.

Segundo especificações do equipamento, previamente a cada exame foi realizada a calibração dos sensores. Para tal, o indivíduo permanecia em posição ortostática, em apoio unipodálico alternadamente. A calibração era realizada automaticamente pelo computador ao se fornecer o peso corpóreo do voluntário.

O teste estático era realizado com o indivíduo em posição ortostática e braços pendentes, olhando para o horizonte durante aproximadamente oito segundos. No teste dinâmico, o indivíduo permanecia na esteira à velocidade de 5 Km/h durante 60 segundos. Era orientado a caminhar normalmente, olhando para frente. Neste período, foram realizadas duas capturas de dados de aproximadamente oito segundos. O mesmo foi repetido para a velocidade de 7 Km/h, aumentando-se a velocidade da esteira paulatinamente. Esperou-se alguns minutos antes de se realizar a gravação dos passos até que ele se mostrasse habituado à marcha.

PARÂMETROS ANALISADOS

Foram analisados o pico de pressão (unidade de força aplicada pelo pé contra o solo dividida pela área de contato do segmento, expresso em Kg/cm^2), força vertical máxima (componente vertical da força plantar de reação ao solo, expressa em Kg) e a integral da força vertical máxima (força aplicada ao solo multiplicada pelo tempo de contato da superfície plantar em relação ao solo, expressa em kg.s).

O pico de pressão foi analisado nos segmentos antepé, mediopé e retropé, cuja divisão foi realizada através da observação da superfície plantar do monitor do computador. A força vertical e a sua integral foram mensuradas em toda a superfície plantar (denominada pé total), além dos segmentos anteriores.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise dos dados foram utilizados o teste de distribuição não-paramétrica de Wilcoxon com transformação z (para a comparação dentro do próprio grupo) e Mann-Whitney (para a comparação entre os dois grupos). Adotou-se um nível de significância de 5 %.

RESULTADOS

Os resultados referentes aos picos de pressão, força vertical máxima e integral de força encontram-se descritos nas Tabela 2, 3 e 4, respectivamente.

Tabela 2 – Picos de pressão (Kg/cm³) nos membros dominante e não dominante entre os grupos de velocistas (GV) e controle (GC), em ambas as velocidades

| | | | Media (DP) | | p (MD x MND)* |
|-------|---------|----|-------------|-------------|---------------|
| | | | MD | MND | |
| 5km/h | Antepé | GV | 2,03 (0,63) | 2,40 (0,63) | 0,014** |
| | | GC | 2,71 (0,36) | 2,59 (0,85) | 0,549 |
| | Mediopé | GV | 1,45 (0,48) | 1,29 (0,42) | 0,125 |
| | | GC | 1,53 (0,64) | 1,89 (0,54) | 0,002** |
| | Retropé | GV | 1,48 (0,22) | 1,65 (0,29) | 0,024** |
| | | GC | 2,55 (0,66) | 2,03 (0,45) | 0,003** |
| 7km/h | Antepé | GV | 1,84 (0,42) | 2,16 (0,60) | 0,067** |
| | | GC | 2,71 (0,49) | 1,41 (0,94) | 0,475 |
| | Mediopé | GV | 1,39 (0,41) | 1,35 (0,56) | 0,999 |
| | | GC | 1,30 (0,64) | 1,63 (0,49) | 0,001** |
| | Retropé | GV | 1,72 (0,29) | 2,06 (0,38) | 0,005** |
| | | GC | 3,04 (0,92) | 2,40 (0,47) | 0,001** |

MD – dominante

MND – membro não dominante

GC e GV – grupos controle e de velocistas

DP – desvio padrão

* Teste de Wilcoxon com transformação z

** Diferença significativa

Tabela 3 – Comparação dos picos de pressão (Kg/cm³) entre os grupos de velocistas (GV) e controle (GC) de acordo com segmento do pé, em ambas as velocidades

| Segmento | Velocidade | p * | |
|----------|------------|---------|---------|
| | | MD | MND |
| Antepé | 5km/h | 0,001** | 0,454 |
| | 7km/h | 0,001** | 0,626 |
| Mediopé | 5km/h | 0,821 | 0,001** |
| | 7km/h | 0,400 | 0,039** |
| Retropé | 5km/h | 0,001** | 0,001** |
| | 7km/h | 0,001** | 0,113 |

MD – dominante

MND – membro não dominante

* Teste de Mann-Whitney

** Diferença significativa

Tabela 4 – Força vertical máxima (Kg) nos membros dominante (MD) e não dominante (MND) entre os grupos de velocistas (GV) e controle (GC), em ambas as velocidades

| | | | Media (DP) | | p (MD x MND)* |
|-------|----------|----|---------------|---------------|---------------|
| | | | MD | MND | |
| 5km/h | Antepé | GV | 42,63 (8,84) | 47,75 (6,26) | 0,001** |
| | | GC | 45,78 (17,77) | 57,61 (23,60) | 0,961 |
| | Mediopé | GV | 16,36 (9,49) | 12,71 (7,35) | 0,001** |
| | | GC | 13,7 (4,98) | 19,09 (6,74) | 0,018** |
| | Retropé | GV | 24,46 (7,24) | 26,75 (4,07) | 0,001** |
| | | GC | 35,69 (7,23) | 32,47 (6,42) | 0,001** |
| | Pé total | GV | 53,80 (6,58) | 54,41 (4,89) | 0,001** |
| | | GC | 54,65 (13,00) | 63,59 (19,48) | 0,500 |
| 7km/h | Antepé | GV | 29,81 (7,90) | 42,10 (6,12) | 0,703 |
| | | GC | 42,18 (16,09) | 52,16 (20,60) | 0,886 |
| | Mediopé | GV | 13,84 (5,55) | 11,00 (6,50) | 0,004** |
| | | GC | 7,80 (5,51) | 12,28 (6,02) | 0,002** |
| | Retropé | GV | 34,02 (7,40) | 36,39 (3,27) | 0,066 |
| | | GC | 48,43 (13,39) | 38,77 (6,49) | 0,001** |
| | Pé total | GV | 58,99 (11,46) | 59,19 (9,37) | 0,798 |
| | | GC | 60,00 (13,40) | 60,45 (14,34) | 0,587 |

MD – dominante

MND – membro não dominante

DP – desvio padrão

GC e GV – grupos controle e de velocistas

* Teste de Wilcoxon com transformação z

** Diferença significativa

Tabela 5 – Comparação da força vertical máxima (Kg) entre os grupos de velocistas (GV) e controle (GC) de acordo com segmento do pé, em ambas as velocidades

| Segmento | Velocidade | p (GV vs. GC)* | |
|----------|------------|----------------|---------|
| | | MD | MND |
| Antepé | 5km/h | 0,728 | 0,330 |
| | 7km/h | 0,492 | 0,141 |
| Mediopé | 5km/h | 0,273 | 0,003** |
| | 7km/h | 0,001** | 0,408 |
| Retropé | 5km/h | 0,001** | 0,001** |
| | 7km/h | 0,001** | 0,325 |
| Pé total | 5km/h | 0,408 | 0,572 |
| | 7km/h | 0,470 | 0,855 |

MD – dominante

MND – membro não dominante

* Teste de Mann-Whitney

** Diferença significativa

Tabela 6 – Integral de força (Kg.s) nos grupos dos velocistas (GV) e controle (GC), em ambas velocidades, para MD e MND.

| | | | Média (DP) | | p (MD x MND)* |
|----------|----------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | | | MD | MND | |
| 5km/h | Antepé | GV | 13,24 (3,16) | 14,69 (1,67) | 0,001** |
| | | GC | 12,88 (6,58) | 17,01 (6,22) | 0,759 |
| | Mediopé | GV | 3,44 (2,59) | 2,99 (2,21) | 0,001** |
| | | GC | 2,23 (1,04) | 3,47 (1,84) | 0,001** |
| | Retropé | GV | 3,13 (1,62) | 3,97 (1,09) | 0,001** |
| | | GC | 4,83 (0,76) | 40,01 (0,98) | 0,001** |
| Pé total | GV | 19,83 (3,30) | 21,6 (2,88) | 0,001** | |
| | GC | 20,04 (6,97) | 24,64 (7,16) | 0,082 | |
| 7km/h | Antepé | GV | 9,23 (2,77) | 10,19 (1,54) | 0,229 |
| | | GC | 7,95 (4,53) | 11,40 (4,33) | 0,010** |
| | Mediopé | GV | 2,34 (1,75) | 2,78 (0,54) | 0,094 |
| | | GC | 1,00 (1,00) | 1,66 (1,01) | 0,004** |
| | Retropé | GV | 4,09 (1,34) | 4,81 (0,61) | 0,015** |
| | | GC | 6,62 (1,70) | 4,85 (0,80) | 0,001** |
| | Pé total | GV | 15,66 (2,29) | 16,87 (2,79) | 0,070 |
| | | GC | 15,40 (4,28) | 17,83 (5,27) | 0,095 |

MD – dominante

MND – membro não dominante

DP – desvio padrão

GC e GV – grupos controle e de velocistas

* Teste de Wilcoxon com transformação z

** Diferença significativa

Tabela 7 – Comparação da integral de força (Kg.s) entre os grupos de velocistas (GV) e controle (GC) de acordo com segmento do pé, em ambas as velocidades

| Segmento | Velocidade | p (GV vs. GC)* | |
|----------|------------|----------------|-------|
| | | MD | MND |
| Antepé | 5km/h | 0,325 | 0,139 |
| | 7km/h | 0,273 | 0,292 |
| Mediopé | 5km/h | 0,296 | 0,428 |
| | 7km/h | 0,002** | 0,108 |
| Retropé | 5km/h | 0,001** | 0,632 |
| | 7km/h | 0,001** | 0,917 |
| Pé total | 5km/h | 0,514 | 0,400 |
| | 7km/h | 0,882 | 0,272 |

MD – dominante

MND – membro não dominante

* Teste de Mann-Whitney

** Diferença significativa

PICOS DE PRESSÃO

Comparando os picos de pressão entre os membros dominante e não dominante (MD e MND), tanto a 5 quanto 7 Km/h, observou-se que no grupo controle (GC) há diferença no mediopé e retropé. No grupo de atletas velocistas (GV), esta diferença ocorre somente no antepé e retropé. Estes dados são observados na Tabela 2.

Comparando os grupos GV e GC entre si, tanto a 5 quanto 7 Km/h, no MD há diferenças no antepé e retropé. No MND, somente no mediopé em ambas velocidades e no retropé a 5 Km/h. Estes dados são observados na Tabela 3.

FORÇA VERTICAL MÁXIMA

Na força vertical máxima, a 5 Km/h, no GV observou-se diferenças em todos os segmentos do pé (antepé, mediopé e retropé), além de pé total. Apenas no mediopé esta diferença é mantida quando a velocidade é aumentada para 7 Km/h. No GC, observa-se diferença no mediopé e retropé a 5 e 7 Km/h.

Na comparação entre os grupos GC e GV, o MD apresenta diferenças entre o retropé a 5 Km/h e em mediopé e retropé a 7 Km/h. No MND, observa-se diferenças entre mediopé e retropé a 5 Km/h. Não observa-se diferença a 7 Km/h em nenhum segmento.

INTEGRAL DE FORÇA

Quanto à integral de força, o GC apresenta diferença significativa entre MD e MND em mediopé e retropé a 5 Km/h e em antepé, mediopé e retropé a 7 Km/h. Os velocistas (GV) apresentam diferenças em todos os segmentos e pé total a 5Km/h. Quando aumenta-se a velocidade, a diferença ocorre apenas no retropé.

Comparando os grupos, o MD apresenta diferenças em retropé a 5 Km/h e em mediopé e retropé a 7 Km/h. No MND, não houve diferenças em nenhum segmento nas duas velocidades.

DISCUSSÃO

Para a análise dos resultados, dividiu-se a superfície plantar em três regiões: antepé, mediopé e retropé, além de pé total para força vertical máxima e integral de força. Esta divisão foi realizada para se visualizar mais precisamente as possíveis diferenças entre o MD e MND e entre os grupos. IMAMURA (1998) utilizou a mesma subdivisão do pé para analisar os picos de pressão, embora também tenha sido utilizadas divisões em diversas partes (SACCO, 1997).

PICO DE PRESSÃO

As pressões plantares variam durante a marcha de acordo com a região do pé e devido a inúmeros fatores relacionados com as adaptações normais durante as fases da marcha (VAN DEURSEN *et al*, 2004). O pico de pressão demonstrou algumas diferenças entre os MD e MND em cada grupo. No GC, tanto a 5 quanto 7 Km/h, houve diferença significativa em mediopé (coincidindo com o encontrado por IMAMURA, 1998) e retropé. Os valores transferidos pelo mediopé são maiores no MND. No retropé, são maiores no MD. Quando se aumenta a velocidade, estas diferenças tendem a ficar mais significativas. No GV observou-se um padrão diferente. Os segmentos que são significativamente diferentes numa velocidade, não o são na outra. Em 5 Km/h, antepé e retropé são significativamente diferentes, com o MND apresentando os maiores valores. A 7 Km/h há uma mudança. Somente o retropé permanece apresentando diferenças, que se tornam mais significativas, mantendo o maior valor no MND.

Em ambos os grupos se observou que, ao se aumentar a velocidade, os valores de antepé e mediopé decaíram (exceção de mediopé do MND do GV), enquanto no retropé os valores observados aumentaram. Estes achados foram parcialmente coincidentes com os de Kernozek *et al* (1996). Estes autores demonstraram aumento no pico de pressão em retropé e na região dos artelhos (neste estudo, tal região está englobada no antepé), não ocorrendo diferenças no restante do antepé e mediopé. Burnfield *et al* (2004) estudaram idosos e encontraram um aumento maior nas pressões plantares de acordo com a velocidade, exceto nas regiões do arco plantar e lateral de metatarso. Uma pressão maior em retropé também foi encontrada por Segal *et al* (2004). Os autores avaliaram as pressões plantares de 20 indivíduos normais deslocando-se em esteira em velocidades progressivas. As pressões foram analisadas em cinco diferentes pontos dos pés. A região mais anterior do pé obteve as pressões mais altas, que aumentaram linearmente com a velocidade. A região central e medial aumentou no início com o aumento da velocidade, mas depois estabilizou nas velocidades mais altas. As pressões laterais apresentaram os menores

valores, que diminuíram com o aumento da velocidade. Uma parte interessante do estudo de Warren *et al* (2004) se refere ao aumento linear encontrado no pico de pressão nas regiões do calcanhar, medial de mediopé e região dos artelhos de acordo com o aumento na velocidade. Os autores estudaram 19 indivíduos e sete velocidades progressivas. Drerup *et al* (2001) estudaram 10 indivíduos com pés íntegros. Avaliaram as pressões plantares em seis diferentes regiões do pé, em duas velocidades de caminhada. Os autores encontraram aumento proporcional à velocidade nas regiões dos artelhos e calcanhar. Na velocidade mais alta, a pressão no mediopé reduziu-se levemente.

O GC apresenta uma tendência de manter/aumentar as diferenças entre os segmentos do pé no MD e MND à medida que se aumenta a velocidade, tendendo a uma maior assimetria. Não se pôde observar a predominância de um membro sobre o outro, pois se altera de acordo com o segmento do pé abordado. No GV ocorre o contrário. Quando se aumenta a velocidade, as diferenças tornam-se menos significativas. Também não ocorre predominância entre os membros. Acredita-se que esta tendência tenha relação com o tipo de controle motor do indivíduo ou do grupo em questão. Uma população não atleta apresenta um controle motor menos elaborado ou eficiente que o de um atleta. Desta forma, quando a velocidade é aumentada, aproximando-se de um padrão de corrida ao qual o atleta está treinado, ele utiliza um melhor controle motor para a realização da tarefa, diminuindo a assimetria entre o MD e MND, diminuindo o seu gasto energético (necessário para a correção desta assimetria) e apresentando um melhor padrão de movimento, assimétrico, necessário para a realização da sua prova.

Quando os grupos são comparados entre si, observa-se que em ambas as velocidades os segmentos plantares que apresentam diferenças significativas mantêm-se os mesmos nas duas velocidades. No MD, a significância é observada em antepé e mediopé. No MND, em mediopé e retropé, em 5 e 7 Km/h. Observa-se ainda que os escores do GC quase sempre são maiores que os do GV nos segmentos e velocidades analisadas, mesmo quando a diferença não é significativa. A exceção ocorre em mediopé do MD, na velocidade de 7 Km/h. Isto pode ser explicado, conforme dito anteriormente, por um melhor controle do movimento nos atletas, que levaria a uma melhor distribuição das forças de contato do pé com o solo. Além disto, os atletas contam ainda com uma melhor estrutura plantar, mais maleável e adaptável a diversas situações de distribuições de forças no solo e na sua recepção. A estrutura estática do pé com sua função dinâmica. Lampe *et al* (2005) concluíram que atividades esportivas em crianças ajudam a guiar e suportar o arco longitudinal do pé, prevenindo uma incorreta distribuição do peso.

FORÇA VERTICAL MÁXIMA (FORÇA DE REAÇÃO AO SOLO)

Comparando-se a força vertical máxima do MD e MND dentro do GC, observou-se diferenças significativas em mediopé e retropé, em ambas velocidades. No mediopé há predominância do MND. No retropé observou-se o contrário. Mesmo nos segmentos nos quais não houve diferenças significativas (antepé e pé total), observou-se predominância do MND. Imamura (1998) não observou diferenças entre os membros.

O GV apresentou diferenças somente em mediopé, em ambas velocidades, com predominância do MD. Assim como no GC, nos demais segmentos observou-se predominância não significativa do MND.

Outra característica, também detectada no pico de pressão, foi o fato de que de uma velocidade pra outra, os valores dos segmentos decaíram em antepé e mediopé e se elevaram em retropé e pé total. O fato do valor do pé total também se elevar relaciona-se ao aumento do valor em retropé.

Na comparação entre os grupos não se observou um padrão uniforme de mudança para as duas velocidades. A 5 Km/h, houve diferença no retropé do MD. No MND, a diferença ocorreu em mediopé e retropé. Ao se aumentar a velocidade,

observa-se aumento na assimetria em um membro e redução no outro. No MD, além do mediopé, o retropé também se tornou significativamente diferente. No MD, ao contrário, os segmentos antes diferentes (mediopé e retropé) tornam-se semelhantes na nova velocidade. Outro fato interessante é que mesmo quando as diferenças não são significativas, o GC apresenta os maiores valores para força vertical máxima. Isso só não ocorre nos segmento do mediopé dominante, no qual o GV apresenta os maiores valores, nas duas velocidades.

Novamente, assemelhando-se ao encontrado na análise do pico de pressão, observa-se que a maioria dos segmentos analisados, à exceção do retropé do GC e mediopé do GV (que apresentaram maior valor no MD), todos os outros segmentos dos dois grupos, incluindo pé total, apresentaram o MND como tendo o maior valor, mesmo quando diferença não era significativa.

Outra tendência também discutida em relação aos picos de pressão foi o fato de que quando se aumenta a velocidade, em ambos grupos, observa-se queda dos valores de antepé e mediopé e aumento em retropé e pé total, com a exceção do pé total dominante do GC. Algo semelhante foi demonstrado por Melo (1999), que constatou a utilização prevalente do calcanhar na fase de apoio simples em praticantes de caminhada, aumentando essa prevalência conforme se aumenta a velocidade. Outros autores também citam o aumento da força vertical ao se aumentar a velocidade (NILSSON *et al*, 1989; MASANI *et al*, 2002; DIOPA *et al*, 2004).

Chama atenção ainda a diferença da assimetria nos dois grupos. O GC apresentou diferenças no mediopé e retropé. O GV apresentou diferença somente no mediopé. Isto remete ao, já citado, melhor controle de movimento, com maior capacidade de corrigir assimetrias que porventura poderiam prejudicar o desempenho. Tal fato também foi demonstrado por Melo (1999) em praticantes de caminhada.

Todos os segmentos, exceto o mediopé do MD, tiveram valores mais altos no GC que no GV (mesmo com diferenças não significantes). Esta tendência sugere que os indivíduos treinados não desperdiçam energia contra o solo, aplicando-a melhor. Além disso, a estrutura do pé e tornozelo se apresenta mais eficientes para aplicar e receber a energia contra o solo.

INTEGRAL DE FORÇA

A última variável analisada diz respeito não somente à força empregada, mas também ao seu tempo de aplicação. Os indivíduos do GC apresentaram diferenças significativas entre o MD e MND em 5 e 7 Km/h. Em 5 Km/h houve diferença somente no mediopé. Ao se aumentar a velocidade, esta diferença fica mais evidente, sendo observada também em antepé e retropé, além de mediopé. A tendência dos valores de MND serem superiores ao MD mantém-se. Ela só não ocorre em retropé, no qual o MND tem valor superior. A tendência de simetria do GV é novamente confirmada. Somente o retropé apresenta diferença significativa entre os membros. Esta diferença se mantém quando se aumenta a velocidade. Observam-se maiores valores em todos os segmentos no MND, mesmo quando não significativas.

A tendência dos valores diminuírem em antepé e mediopé e aumentarem em retropé ao se aumentar a velocidade foram confirmadas. Entretanto, observou-se que o escore de pé total decaiu. O aumento em retropé se deve ao aumento da força no primeiro pico de força, que é localizado no calcanhar e pouco influenciado pelo tempo de apoio do calcanhar no solo. Nos escores de pé total, o que ocorre é diferente. Ao se aumentar a velocidade, o tempo de apoio do pé no solo diminui, pois a passada é mais rápida. Desta forma, a possível influência que a força teria se dilui, fazendo com que o tempo de apoio para o pé total seja mais importante. Ele sendo menor diminuirá o valor da integral. O tempo de contato com o solo diminuiu em Melo (1999) e Andrade (1999), o que ajuda a explicar os escores de integral de força encontrados.

Na análise entre os grupos, para o MND, nas duas velocidades, observou-se uma manutenção nas semelhanças, de modo que nenhum segmento apresentou diferenças significativas. Porém, no MD a 5 Km/h só o retropé foi diferente. Em 7 Km/h, o mediopé também se tornou significativo, além do retropé. Em 5 Km/h, somente antepé e mediopé do MD apresentaram valor maior no GV, confirmando a tendência das outras variáveis de que o GC quase sempre apresenta os maiores valores.

Entretanto, a 7 Km/h observou-se um equilíbrio. No MD, somente o retropé do GC apresenta valor que no GV. Já no MND, só o mediopé do GV apresentou maior valor para integral.

CONCLUSÕES

Há alterações na distribuição de peso plantar em atletas velocistas, quando comparados a indivíduos saudáveis. Em ambas as velocidades estudadas observou-se maior descarga em antepé e força de reação do solo sobre o retropé. Apesar da maior simetria entre os membros dominante e não dominante, acredita-se que as mesmas possam conduzir a lesões e alterações posturais nos velocistas.

Acredita-se que uma amostra maior e com mais controle sobre os velocistas produziria resultados ainda mais relevantes.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, I.J.; CHAO, E.Y.S.; JOHNSON, K.A. The assessment of dynamic foot-to-ground contact forces and plantar pressure distribution: a review of the evolution of current techniques and clinical application. *Foot e Ankle*, v.11, n.3, p.152-167, 1990.
- ANDRADE, M.C.; MELO SIL, ÁVILA AOV, KRAESKI H. Análise biomecânica da marcha e caminhar em diferentes velocidades. *Anais do Congresso Brasileiro de Biomecânica*; Florianópolis, Brazil, 1999.
- BURNFIELD, J.M.; FEW, C.D.; MOHAMED, O.S.; PERRY, J. The influence of walking speed and footwear on plantar pressures in older adults. *Clinical Biomechanics*, v.19, n.1, p.78-84, 2004.
- BURNS, J.; CROSBIE, J.; HUNT, A.; OUVRIER, R. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. *Clinical Biomechanics*, v.6, n.9, 2005.
- CAVANAGH, P.R.; MORAG, E.; BOULTON, A.J.M.; YOUNG, M.J.; DEFFNER, K.T.; PAMMERS, S.E. The relationship of static foot structure to dynamic foot function. *Journal of Biomechanics*, v.30, n.3, p.243-50, 1997.
- CLANCY-JR, W.G. Running. *Sports Medicine*, v.32, p.632-50, 1991.
- COOK, S.D.; BRINKER, M.R.; POCHE, M. Running shoes: their relationship to running injuries. *Sports Medicine*, v.100, n.1, p.1-8, 1990.
- DE COCK, A.; WILLEMS, T.; WITVRUOUW, E.; VANRENTERGHEM, J.; DE CLERCQ, D. A functional foot type classification with cluster analysis based on plantar pressure distribution during jogging. *Gait e Posture*, v.23, n.3, p.339-47, 2006.
- DIOPA, M.; RAHMANI, A.; BELLI, A.; GAUTHERON, V.; GEYSSANT, A.; COTTALORDA, J. Influence of speed variation and age on the asymmetry of ground reaction forces and stride parameters of normal gait in children. *Journal of Pediatric Orthopedics*, v.13, n.5, p.108-14, 2004.
- DRERUP, B.; HAFKEMEYER, U.; MOLLER, M.; WETZ, H.H. Effect of walking speed on pressure distribution of orthopedic shoe technology (abstract). *Orthopade*, v.30, n.3, p.169-75, 2001.
- DUFECK, J.S.; BATES, A.T. Biomechanical factors associated with injury during landing in jump sports. *Sports Medicine*, v.12, n.5, p.327-37, 1991.

- EILS, E.; JEROSCH, J. Plantar pressure distribution in inline skating on straights (abstract). *Sportverletz Sportschaden*, v.14, n.4, p.134-8, 2000.
- EILS, E.; STREYL, M.; LINNENBECKER, S.; THORWESTEN, L.; VOLKER, K.; ROSENBAUM, D. Characteristic plantar pressure distribution patterns during soccer-specific movements. *American Journal of Sports Medicine*, v.32, n.1, p.140-5, 2004.
- FERRIS, L.; SHARKEY, N.A.; SMITH, T.S.; MATTHEWS, D.K. Influence of extrinsic plantar flexors on forefoot loading during hell rise. *Foot e Ankle*, v.16, n.8, p.464-73, 1995.
- FRACCAROLI, J.L. *Biomecânica: análise dos movimentos*. São Paulo: Cultura Médica, 1981.
- GRAVANTE, G.; POMARA, F.; RUSSO, G.; AMATO, G.; CAPPELLO, F.; RIDOLA, C. Plantar pressure distribution analysis in normal weight young women and men with normal and claw feet: a cross-sectional study. *Clinical Anatomy*, v.18, n.4, p.245-50, 2005.
- IMAMURA, M. *Avaliação podobarométrica do pé do homem adulto normal*. Tese (Doutorado). Faculdade de Medicina da USP, São Paulo, 1998.
- KATOH, Y.; CHAO, Y.S.; LAUGHMAN, R.K.; SCHNEIDER, E.; MOREY, B.F. Biomechanical analysis of foot function during gait and clinical applications. *Clinical Orthopedics Related Research*, v.177, p.23-33, 1983.
- KERNOZEK, T.W.; ZIMMER, K.A. Reliability and running speed effects of in-shoe loading measurements during slow treadmill running. *Foot e Ankle International*, v.21, n.9, p.749:52, 2000.
- LAMPE, R.; MITTERNACHT, J.; GERDESMEYER, L.; GRADINGER, R. Plantar pressure measurement in children and youths during sports activities (abstract). *Klinische Padiatrie*, v.217, n.2, p.70-5, 2005.
- LIU, X.C.; THOMETZ, J.G.; TASSONE, C.; BARKER, B.; LYON, R. Dynamic plantar pressure measurement for the normal subject: free-mapping model for the analysis of pediatric foot deformities. *Journal of Pediatric Orthopedics*, v.25, n.1, p.103-6, 2005.
- MASANI, K.; KOUZAKI, M.; FUKUNAGA, T. Variability of ground reaction forces during treadmill walking. *Journal of Applied Physiology*, v.5, n.5, p.1885-90, 2002.
- MELO, S.I.L.; SIMAS, J.P.N.; ANDRADE, M.C.; GONÇALVES, J.; MILANEZ, H.W.; TIBOLA, J. *Análise dinâmica da marcha de praticantes de caminhada adultos em diferentes velocidades*. Anais do Congresso Brasileiro de Biomecânica; Florianópolis; Brazil, 1999.
- MURPHY, D.F.; BEYNNON, B.D.; MICHELSON, J.D.; VACEK, P.M. Efficacy of plantar loading parameters during gait in terms of reliability, variability, effect of gender and relationship between contact area and plantar pressure. *Foot e Ankle International*, v.26, n.2, p.171-9, 2005.
- NAWATA, K.; NISHIHARA, S.; HAYASHI, I.; TESHIMA, R. Plantar pressure distribution during gait in athletes with functional instability of the ankle joint: preliminary report. *Journal of Orthopedic Science*, v.10, n.3, p.298-301, 2005.
- NILSSON, J.; THORSTENSOON, A. Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. *Acta Physiologica Scandinavica*, v.136, n.2, p.217-27, 1989.
- OLIVEIRA, G.S.; GREVE, J.M.D.; IMAMURA, M.; NETO, R.B. Interpretação das variáveis quantitativas da baropodometria computadorizada em indivíduos normais. *Clinics*, v.53, p.16-20, 1998.
- PANDY, M.G.; ZAJAC, F.E.; SIM, E.; LEVINE, W. An optimal control model for maximum – height human jumping. *Journal of Biomechanics*, v.23, n.12, p.1185-98, 1990.
- PAULA, E.F. *Corrida e suas alterações musculoesqueléticas*. Faculdade de Medicina da USP, São Paulo, 1993.
- SACCO, I.C.N. *Estudo dos parâmetros biométricos na marcha e limiares somato-sensoriais em pacientes portadores de neuropatia diabética*. Dissertação (Mestrado). Escola de Educação Física e Esporte da USP, São Paulo, 1997.

- SEGAL, A.; ROHR, E.; ORENDURFF, M.; SHOFRER, J.; O'BRIEN, M.; SANGEORZAN, B. The effect of walking speed on peak plantar pressure. *Foot e Ankle International*, v.25, n.12, p.926-33, 2004.
- VAN DER LEEDEN, M.; DEKKER, J.H.; SIEMONSMA, P.C.; LEK-WESTERHOF, S.S.; STEULTJENS, M.P. Reproducibility of plantar pressure measurements in patients with chronic arthritis: a comparison of one-step, two-step, and three-step protocols and an estimate of the number of measurements required. *Foot e Ankle International*, v.25, n.10, p.739-44, 2004.
- VAN GHELUWE, B.; DANANBERG, H.J. Changes in plantar foot pressure with in-shoe varus or valgus wedging. *Journal of American Podiatric Medicine Association*, v.94, n.1, p.1-11, 2004.
- VIRMAVIRTA, M.; KOMI, P.V. Plantar pressure and EMG activity of simulated and actual ski jumping take-off. *Scandinavian Journal of Medicine e Science in Sports* v.11, n.5, p.310-4, 2001.
- VOIGHT, M.; SIMONSEN, E.B.; POULSEN, D.; KLAUSEN, K. Mechanical and muscular factors influencing the performance in maximal vertical jumping after different prestretch loads. *Journal of Biomechanics*, v.28, n.3, p.293-307, 1995.
- WARREN, G.L.; MAHER, R.M.; HIGBIE, E.J. Temporal patterns of plantar pressures and lower-leg muscle activity during walking: effect of the speed. *Gait e Posture*, v.19, n.1, p.91-100, 2004.

Contatos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Fone: (45) 3234-1828
Endereço: Rua do Comércio, 670 CEP: 85819-520 Cascavel – PR
E-mail: maizaide@hotmail.com

Tramitação

Recebido em: 01/05/07
Aceito em: 28/08/08