

# A MARCHA HUMANA: INTERFERÊNCIAS DE CARGAS E DE DIFERENTES SITUAÇÕES

Luana Mann<sup>1</sup>  
Clarissa Stefani Teixeira<sup>2</sup>  
Carlos Bolli Mota<sup>3</sup>

MANN, L.; TEIXEIRA, C. S.; MOTA, C. B. A marcha humana: interferências de cargas e de diferentes situações. *Arq. Ciênc. Saúde Unipar*, Umuarama, v. 12, n. 3, p. 257-264, set./dez. 2008.

**RESUMO:** A marcha é uma atividade da vida diária do homem, que, apesar de rotineiro, está longe de ser simples, constituindo um dos mais complexos e integrados movimentos realizados pelo ser humano. Este artigo, por meio de uma revisão de literatura, visou identificar os estudos relacionados com a componente vertical da força de reação do solo, durante a marcha humana, em diferentes públicos e ambientes/situações, a fim de amenizar ou até mesmo tentar evitar problemáticas relacionadas a lesões. Foram realizadas pesquisas em bases de dados e congressos da área de biomecânica sobre a marcha, força de reação do solo, velocidade, superfícies e cargas. Foram selecionados textos que identificassem estudos relacionados principalmente à força de reação vertical máxima em superfícies distintas, com diferentes calçados, assim como utilização de diversos meios para realização da marcha e em diferentes velocidades. A magnitude das forças aplicadas sobre o membro inferior durante a marcha é influenciada pela velocidade de execução, pelo incremento de cargas e também pelo tipo de calçado utilizado pelo indivíduo. O tipo de superfície e o ambiente são alternativas para diminuição do impacto. As atividades realizadas em ambiente aquático, devido à diminuição das cargas em relação ao ambiente terrestre, são propícias para a realização de exercícios. Estes resultados levam à conclusão de que a quantificação da força de reação do solo, imposta ao membro inferior durante a marcha é importante para criação de programas de exercícios físicos e terapias de reabilitação da marcha.

**PALAVRAS-CHAVE:** Força de reação do solo; Marcha; Velocidade; Superfícies; Cargas.

## HUMAN GAIT: INTERFERENCE OF LOADS AND DIFFERENT CONDITIONS

**ABSTRACT:** Gait is a human being's daily life activity; however, despite of being customary, it is not simple. It is one of the most complex and integrated movements. This article, by means of literature review, aimed to identify studies related to the vertical component of the ground reaction force during human gait for different publics and environments/situations in order to soften or even try to avoid injury-related problems. Researches on gait from databases and congresses on the gait biomechanics, ground reaction force, velocity, surfaces and loads were conducted. Texts on related studies mainly identifying the maximum vertical reaction force in different surfaces, with different shoes, as well as the use of varied gait ways with different velocities were selected. The magnitude of the forces applied over the lower limbs during gait is influenced by velocity of execution, rise of loads, and also the type of shoes. Type of surface and environment are alternatives for impact reduction. Activities performed in aquatic environment – due to the decrease of the load in relation to the terrestrial environment – are favorable for the exercise performance. Results show that quantification of the vertical reaction force imposed to the lower limbs during the gait is important for the creation of physical exercises and therapies for gait rehabilitation.

**KEY WORDS:** Ground reaction force; Gait; Surfaces; Velocity; Loads.

## Introdução

A marcha é uma atividade simples da vida diária e uma das principais habilidades do ser humano. Vários estudos estão sendo desenvolvidos na busca por uma melhor compreensão das características dos padrões da marcha (SANTOS et al., 2007; MELO et al., 2007; PATIÑO et al., 2007). Neste sentido, algumas situações como cargas (BIRRELL; HOOPER e HASLAM, 2007), utilização de calçado (SACCO et al., 2007) e diferentes velocidades (SANTOS et al., 2007) podem ser identificadas e, mesmo sendo consideradas como parte da rotina da vida diária, podem alterar as características consideradas normais para o padrão biomecânico da marcha.

Os tipos de superfície e de ambiente também podem ser citados como fatores de interferência na marcha. Segundo estudos (BARELA, 2005; MELO et al., 2007; SOUZA et al., 2007), as estratégias desenvolvidas em cada situação devem ser exploradas para serem utilizadas como parâmetro em processos de reabilitação da marcha, atenuação de lesões e sobrecargas,

ou simplesmente para propiciar uma prática física segura. Sendo assim, a marcha em ambiente aquático também se torna um importante tema de estudo, devido às propriedades da água, que é um ambiente seguro para o desenvolvimento do exercício físico, diminuindo a sobrecarga articular em relação aos mesmos exercícios realizados em terra.

Além das alterações encontradas com o transporte de cargas, a transposição de obstáculos, e o desenvolvimento da marcha em ambiente aquático, o tipo de calçado vem sendo frequentemente estudado, devido à sua indicação ser um fator interveniente na marcha, devido à rigidez do pé calçado, que explicaria a alta incidência de lesões nos membros inferiores (AMADIO; DUARTE, 1996).

Como as alterações podem ser vislumbradas em diferentes populações e por diferentes motivos, estudos que identifiquem as relações entre a marcha de crianças, adultos e idosos e cargas, utilização de calçado e diferentes velocidades e superfícies, devem ser desenvolvidos. Estas necessidades são relacionadas na

<sup>1</sup> Graduada em Educação Física - Universidade Federal de Santa Maria

<sup>2</sup> Doutoranda em Engenharia da Produção - Universidade Federal de Santa Catarina. Bolsista CNPq

<sup>3</sup> Professor Doutor em Ciência do Movimento Humano - Universidade Federal de Santa Maria

tentativa de amenizar ou até mesmo tentar evitar problemáticas no sistema locomotor, em consequência de padrões diferenciados da marcha, principalmente relacionados à força de reação do solo (FRS), que muitas vezes está envolvida com lesões e sobrecarga muscular, óssea e articular. Logo, este artigo, por meio de uma revisão de literatura, visa identificar os estudos relacionados com a componente vertical da força de reação do solo, durante a marcha humana, em diferentes públicos e ambientes/situações, a fim de amenizar ou até mesmo tentar evitar problemáticas relacionadas a lesões.

## Desenvolvimento

### Procedimentos para a realização do estudo

Foram realizadas buscas de estudos relacionados à componente vertical da força de reação do solo durante a marcha em bases de dados eletrônicas, como, *Scencedirect*, *Schoolargoogle*, *LILACS* (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), congressos da área de biomecânica e listas de referências dos artigos identificados. A seleção dos descritores utilizados, no processo de revisão foi efetuada mediante consulta ao DECS (descritores de assunto em ciências da saúde da BIREME). Nas buscas, os seguintes descritores, em língua portuguesa e inglesa, foram considerados: “força de reação do solo”, “marcha”; “velocidade”; “cargas”; “superfícies”. Recorreu-se aos operadores lógicos “AND”, e “OR” para combinação dos descritores e termos utilizados para rastreamento das publicações.

Através deste procedimento de busca, foram identificadas, inicialmente, 62 publicações potencialmente elegíveis para inclusão nesta revisão.

Em seguida, identificaram-se os artigos que atenderam aos seguintes critérios de inclusão: verificar a força de reação do solo durante a marcha, desconsiderando outras modalidades desportivas; deveria incluir indivíduos sem patologias; o número de indivíduos avaliados não foi considerado, assim como o periódico no qual o estudo foi publicado. Foram considerados apenas estudos em língua inglesa e portuguesa publicados no período de 2000 a 2007, no formato de artigo original de periódicos, ou artigo publicado em congressos de Biomecânica (congressos foram utilizados apenas para suprir a falta de estudos sobre determinado assunto relacionado ao tema). No trabalho foi realizada uma análise da FRS com ênfase na força vertical máxima ( $F_{zm\acute{a}x}$ ) aplicada ao corpo humano durante a marcha, não sendo realizada distinção se esta ocorreu no primeiro ou segundo pico de força vertical.

A partir dessas buscas foram selecionados textos que identificassem estudos relacionados principalmente à força de reação vertical máxima em indivíduos normais, em superfícies distintas, assim como a utilização de diversos meios para realização da marcha. Dessa forma, foram destacados 62 artigos, sendo selecionados

destes apenas os 29 que atendessem os critérios de inclusão.

### A marcha em diferentes velocidades

A busca incessante pela qualidade de vida tem feito aumentar cada vez mais nos últimos anos a prática de exercícios físicos, sendo a caminhada (marcha) uma das mais praticadas. Isso porque tal modalidade é considerada um excelente exercício físico, tanto para indivíduos saudáveis, como para populações especiais como idosos e indivíduos com doenças cardiovasculares e metabólicas (SANTOS et al., 2007).

Comparando a marcha de crianças (entre 10 e 12 anos), adultos (entre 18 e 41 anos), e idosos (entre 64 e 74 anos) na velocidade de 4 km/h, Estrázulas et al. (2005), encontraram valores maiores de  $F_{zm\acute{a}x}$  para o grupo de crianças (1,11 vezes o peso corporal (PC)), seguido pelo grupo de adultos jovens (1,06 PC) e, por último, os menores valores para o grupo de idosos (1,00 PC). Esses resultados devem-se pela perda de força e consistência de movimentos, levando a uma menor impulsão de um passo para o outro em indivíduos idosos e à falta de maturação das crianças na execução da marcha.

As informações acima são corroboradas por outros estudos. Diop et al. (2004) e Diop et al. (2005) analisaram a influência da idade e da velocidade sobre a FRS em crianças de 4 a 10 anos, nas velocidades de 2,7 km/h, 3,6 km/h e 4,5 km/h. Os resultados mostram que a  $F_{zm\acute{a}x}$  foi maior nas crianças de 4 anos, em relação às demais faixas etárias, em todas as três velocidades, mostrando aumento progressivo com aumento da velocidade, o que elucida que, aos 4 anos, ocorrem modificações no padrão da marcha e que a maturação ainda não está completa.

A diminuição da velocidade da marcha, com o envelhecimento, ocorre em consequência de uma adaptação às possíveis alterações estruturais e funcionais decorrentes do envelhecimento, podendo garantir estabilidade e adaptação às mudanças neuromusculares e músculo-esqueléticas e, conseqüentemente, diminuir os valores de força (RILEY; CROCE e KERRIGAN, 2001).

Bruniera (1994) afirma que com a variação da velocidade vão ocorrer mudanças no padrão da locomoção, tanto do ponto de vista físico (aplicação de forças, tempo de contato com o solo e variação angular dos membros inferiores), como anatômico (solicitações musculares e articulares). Estas modificações variam entre indivíduos e são controladas por parâmetros da dinâmica no caso das forças, da eletromiografia na atividade muscular e eletrogoniometria na variação angular, que também são indicadores da sobrecarga articular.

Santos et al. (2007), ao avaliarem a alteração da velocidade da marcha de 4 para 6 km/h, identificaram um acréscimo de 21,3% nos valores de força, em relação à velocidade de 4 km/h. Os resultados demonstram

um aumento do impacto entre o aparelho locomotor e o solo, à medida que ocorrem incrementos na velocidade de caminhada. E, de forma prática, este tipo de mudança implica uma maior sobrecarga ao esqueleto e às articulações, o que, em condições inadequadas, pode estar relacionado a futuras lesões, em virtude do caráter cíclico do fenômeno da marcha.

Melo et al. (2007), ao avaliarem as diferenças no padrão da marcha em esteira, de idosos de ambos os gêneros, ativos e sedentários, encontraram velocidades diferenciadas para do gênero masculino e idosas do gênero feminino. O grupo masculino apresentou velocidade de 3,99 km/h e o feminino de 3,79 km/h, apresentando também, os homens, maiores valores de Fzmáx. Segundo os autores, esses resultados demonstram que os homens apresentaram maiores valores nas variáveis que dependem da força e da amplitude, possivelmente associado às características de locomoção, dependentes, principalmente, dos aspectos antropométricos. Em relação à comparação da velocidade entre praticantes e não praticantes de atividade física. Independentemente do gênero, o mesmo estudo demonstrou que indivíduos idosos ativos têm velocidade de marcha superior a indivíduos idosos sedentários, com valores respectivamente de, 4,02 km/h e 3,49 km/h e também apresentam maiores valores de Fzmáx, demonstrando que a prática de exercícios tem seus efeitos mais evidentes sobre as variáveis dinâmicas associadas à manutenção da força muscular e amplitude. Logo, o nível de exercício físico e o sexo dos indivíduos avaliados são fatores influenciadores nas características da marcha em idosos.

Influenciados pela importância de se conhecer a biomecânica para se identificar as possíveis implicações músculo-esqueléticas, como dores nos joelhos, advindas do ato de subir degraus, Roesler, Roesler e Martins (2002) analisaram o primeiro e o segundo passo na subida de três alturas de degraus, com 20, 40 e 60 cm de altura. A velocidade média de subida foi de 3,95 km/h. Os resultados mostraram que o primeiro passo apresentou as principais alterações em relação à marcha no solo. Os valores de FRS foram de 1,22 PC, 1,68 PC e 1,81 PC, respectivamente, para as alturas 20, 40 e 60 cm durante o primeiro passo. O segundo passo, que retrata a subida propriamente dita, teve uma diminuição dos valores de pico de força, numa relação inversa ao aumento da altura dos degraus, apresentando valores inferiores ao peso corporal para o degrau de 60 cm. Os valores relatados foram de 1,08 PC (20 cm), 1,00 PC (40 cm) e 0,91 PC (60 cm) para o segundo passo.

As situações de alicive e declive, comuns nas ruas e casas, desperta interesses de alguns estudiosos, principalmente relacionando a magnitude das forças impostas nestas condições. McIntosh et al. (2006) avaliaram a marcha de 11 indivíduos jovens saudáveis, em 4 níveis de inclinação em alicive e declive (0, 5, 8 e 10 graus), durante a marcha em esteira em velocidade auto-selecionada. Os resultados mostram que a magnitude do pico de Fzmáx aumentou, tanto para a marcha em

alície, quando em declive, para a inclinação de 8 e 10 graus. Segundo os autores, estes resultados, juntamente com a análise cinemática, demonstram que o andar em alicive e/ou declive requer um esforço maior que o andar no plano, exigindo maior aplicação de força para as regiões do quadril, joelho e tornozelo. Estas observações são particularmente importantes quando se trata da marcha de idosos e indivíduos amputados, pelas particularidades inerentes a cada um desses públicos.

A mobilidade é outro aspecto importante de se avaliar durante a execução da marcha e, segundo Viana e Greve (2006), precisa ser levada em consideração para o bom funcionamento da dinâmica de todo membro inferior. Ao investigarem a relação entre a FRS e a mobilidade articular, em homens e mulheres saudáveis, os mesmos encontraram menores valores de mobilidade para os homens e um aumento da Fzmáx, quando comparados as mulheres, demonstrando que uma redução da mobilidade interfere na força vertical gerada na marcha. Possivelmente, esta condição, ao longo do tempo, pode ser a justificativa para alguns quadros de pés dolorosos (VIANNA; GREVE, 2006).

### **A marcha e a utilização de calçados**

No caso dos calçados, o material usado na confecção de solados, justamente com o objetivo de diminuir as forças de impacto, inibem esse mecanismo sensorial, o que resulta em maiores forças verticais sendo transmitidas ao longo das extremidades inferiores (AMADIO; DUARTE, 1996). Neste sentido, pode-se relacionar o tipo de calçado utilizado pelos indivíduos, que muitas vezes não apresentam o conforto necessário para o desenvolvimento das atividades diárias. Bianco et al. (2005) afirmam ainda que, para que haja tendência de diminuição de impacto, o tênis deve completar de 500 km a 1000 km de uso.

Amadio e Duarte (1996) apresentam dados interessantes a respeito da utilização de calçados. Segundo esses autores, têm sido relatados em diversos estudos que a incidência de lesões nos membros inferiores tem se mantido muito baixa nas populações que não tem o hábito de utilizar nenhum tipo de calçado e, ainda, comparado a locais onde coexistam populações calçadas, verifica-se, nessas, uma maior incidência de lesão. A hipótese dos autores é que haveria adaptações associadas a atividades realizadas sem o uso de calçados, que propiciariam absorção do impacto e proteção contra as lesões associadas à corrida, sendo que a rigidez do pé calçado explicaria a alta incidência de lesões nos membros inferiores.

Analisando a marcha de jogadores de futsal, Serrão, De Sá e Amadio (2000) avaliaram oito indivíduos durante a marcha e a corrida, utilizando os calçados selecionados no estudo. Os resultados encontrados Fzmáx se situaram entre 1,40 e 1,42 PC para a marcha e 1,92 e 2,31 PC para a corrida. Baseando-se nos resultados, os autores concluem que o desgaste imposto

aos calçados de futsal provocou algumas mudanças significativas no desempenho dos movimentos estudados, corroborando as indicações de Bianco et al. (2005).

Entretanto, os resultados intra-individuais sugerem uma interpretação cautelosa dessa possível influência. Tal análise aponta a existência de situações nas quais alguns dos indivíduos estudados mantiveram e até mesmo otimizaram sua performance durante o processo de desgaste dos calçados de futsal. A observação de uma interferência, que poderia ser classificada como sendo apenas relativa, evidencia que o calçado não é a única estrutura envolvida nos mecanismos de geração do movimento e controle da sobrecarga mecânica (SERRÃO; DE SÁ e AMADIO, 2000).

A marcha feminina, com seus calçados característicos, é alvo de recentes pesquisas. Sacco et al. (2007) analisaram a FRS durante a marcha em velocidade auto-selecionada, comparando as características entre a marcha descalça e com o uso de sandálias de salto plataforma e tênis esportivo. Os resultados demonstraram um aumento do primeiro e do segundo picos verticais de força com o uso de sandália, em relação à marcha descalça e a marcha com tênis. O aumento dos picos de força com o uso de sandália sugere aumento de sobrecarga nas articulações dos membros inferiores, resultado principalmente da rigidez do solado e da instabilidade provocada pela elevação do centro de gravidade, e justifica a diminuição de velocidade verificada. Segundo os autores, pode-se concluir que a utilização da sandália tipo plataforma pode estar relacionada a uma situação de maior estresse e instabilidade articular, comparada à situação com tênis e descalço.

No estudo de Freitas et al. (2007) foram avaliados três diferentes: 1 (rasteira), 2 (salto plataforma) e 3 (sandália de salto agulha). No calçado 1 foi observado um aumento na atividade da musculatura intrínseca do pé, o que pode auxiliar em situações clínicas como pé plano adquirido ou desabamento dos arcos fisiológicos do pé. Os calçados 1 e 2, que mantêm o pé alinhado horizontalmente, apresentaram efeito de menor pico de força no apoio do calcâneo. O calçado 3 exigiu maiores ajustes do sistema músculo-esquelético, como o aumento na mobilidade coxo-femural, tensão na cintura escapular e instabilidade aparente na marcha.

A ocorrência de maiores picos de força vertical, com o uso de calçados com salto alto, demonstra o quanto todo o sistema locomotor pode ser submetido a forças e impactos maiores no dia-a-dia. Para suportar maiores forças, haverá a necessidade de adaptações do movimento, como maiores ângulos articulares e maior atividade muscular para a manutenção destas posturas dinâmicas, resultando em um maior estresse em todo o sistema locomotor, já que este não será capaz de ter o mesmo poder de adaptação, comparado à situação descalça. Isso acontece porque a variedade de adaptações que a condição descalça pode realizar é muito maior do que com a utilização de calçado com salto alto, principalmente em função do pé e o tornozelo não terem pos-

sibilidade de novos movimentos, por estarem em um implemento de maior rigidez e altura. O solado grosso e rígido tende a diminuir o mecanismo de propriocepção e a estabilidade corporal (SACCO et al., 2007)F.

Assim como afirmações de Amadio e Duarte (1996), com o pé descalço há uma maior flexibilidade do aparelho locomotor para reduzir cargas e absorver impactos e, como consequência causar menor sobrecarga ao sistema ósteo-mioarticular e se adaptar em diversas superfícies, assim como demonstrado no estudo de Sacco et al. (2007).

As repercussões sobre o sistema músculo-esquelético, decorrentes do uso de calçados inapropriados, são alterações posturais, que propiciam determinadas adaptações estruturais do tecido muscular estriado esquelético, predisposição de lesões musculares, algias da coluna vertebral, devido à diminuição da curva normal da lordose lombar e uma retroversão pélvica e desenvolvimento de processos degenerativos (FREITAS et al., 2007). Os arcos plantares podem modificar a postura, pela atuação ascendente. Consequentemente, o tipo de calçado utilizado poderá causar dores nos pés, joelhos, quadril e coluna (TOKARS et al., 2003).

### Marcha no Ambiente Aquático

O ambiente aquático tem se tornado um meio muito utilizado para a realização de exercícios físicos de forma segura e com grande variedade de movimentos corporais e terapias de reabilitação. Em função disso, há uma crescente preocupação com o estudo da FRS em ambiente aquático.

Souza et al. (2007) investigaram a Fzmáx em crianças de sete a 10 anos, com a água em torno do processo xifóide do esterno. Os valores encontrados foram de  $0,39 \pm 0,07$  PC. Segundo os autores, a forma das curvas de força vertical difere do ambiente terrestre, apresentando-se mais irregulares, sem os picos bem definidos.

Da mesma forma, Roesler et al. (2005) estudaram a FRS durante a marcha subaquática de adultos jovens de ambos os sexos. Estes foram divididos em três grupos, conforme o nível de imersão no esterno: grupo 1 - manúbrio, grupo 2 - ponto médio entre xifóide e manúbrio e grupo 3 - processo xifóide, a uma profundidade de 1,3m e em quatro situações diferentes: alterando velocidade (lenta/rápida) e posição dos membros superiores (dentro/fora da água). No grupo 1, com a maior imersão e, consequentemente, maior dificuldade para realizar a marcha na velocidade requisitada, podem-se caracterizar as curvas de FRS como irregulares. Na situação lenta, a componente vertical não apresenta oscilações tão expressivas e não ficam caracterizados os picos de força e a deflexão na curva. No grupo 2, houve uma maior definição dos picos de força, e na velocidade rápida, uma maior fase de deflexão. O grupo 3 foi o grupo que possuía maior parte do corpo emersa e teve maior facilidade para a realização

da tarefa. Nas situações lentas, a componente vertical segue apresentando as características irregulares, sem os picos de força e a deflexão na curva. Os valores foram aumentando gradativamente, tendo o grupo 3 os maiores valores de  $F_{z\text{máx}}$ .

As características apresentadas anteriormente, em relação às curvas e picos se repetiram em estudo realizado por Barela, Stolf e Duarte (2006), com indivíduos jovens de ambos os sexos e, no estudo de Barela e Duarte (2006), com adultos jovens e idosos. Dessa forma, enfatiza-se a importância do conhecimento das alterações dos valores de força, com a velocidade e posição dos membros superiores, para a prescrição dos exercícios aquáticos, pois estes valores são superiores aos relatados anteriormente para este nível de imersão e podem ser superiores ao que um indivíduo pode suportar (BARELA; DUARTE, 2006). Importante também salientar as alternativas identificadas com estes estudos para aqueles indivíduos que não conseguem suportar seus próprios pesos, podendo então fazer a dosagem do nível de imersão.

Barela (2005) investigou a marcha de adultos e idosos no ambiente aquático e terrestre. Através dos resultados pôde-se verificar que, durante a marcha, a força de impacto de adultos é maior em ambos os ambientes, em comparação com valores encontrados para idosos. Os idosos apresentaram a mesma velocidade que os adultos para a marcha no ambiente aquático, em decorrência da postura adotada para os segmentos perna e coxa, os quais se apresentam mais inclinados nos idosos do que nos adultos e, conseqüentemente, uma área frontal menor se movimenta contra a força de arrasto.

Os idosos sofrem maior interferência do ambiente aquático na fase de contato inicial. Ao que tudo indica, os idosos se deixam influenciar pelas condições ambientais quando a força de arrasto age como facilitador do movimento e, à medida que essa força começa a dificultar o movimento, proporcionando maior resistência, os idosos tentam reproduzir o padrão de movimento realizado na terra (BARELA, 2005).

### **Marcha com utilização de cargas**

Considerando-se as sobrecargas a que o sistema músculo-esquelético é exposto, estas podem vir a causar prejuízos à estrutura e ao funcionamento do aparelho locomotor. Assim, é útil detectar a magnitude das forças às quais o corpo humano é submetido. É possível, a partir destes dados, identificar as capacidades e adaptações do organismo à sobrecarga, bem como propiciar meios para amenizar seus efeitos (SANTOS et al., 2007).

Sistemas de suporte de peso (utilizado para manipular o peso corporal, por meio da suspensão do corpo) têm sido cada vez mais utilizados para a reeducação da marcha, devido ao fato de que a suspensão poder diminuir as restrições biomecânicas, facilitando o

suporte progressivo de peso e melhorando as respostas dinâmicas de equilíbrio (BARBEAU, 2003).

Patiño et al. (2007) realizaram estudo em que verificaram a influência de um sistema de suporte de peso de 0, 10, 20 e 30% do peso corporal e sem uso do colete de suporte de peso, sobre as características cinéticas da marcha em velocidade auto-selecionada de indivíduos adultos jovens, sem comprometimentos músculo-esqueléticos. Os resultados da FRS mostraram que, enquanto a componente horizontal ântero-posterior apresentou as fases distintas de desaceleração e aceleração nas diferentes condições de estudo, a componente vertical apresentou os dois picos bem definidos somente nas condições sem colete e com suporte de peso de 0% do peso corporal. Logo, segundo os autores, o padrão da marcha de adultos jovens é parcialmente afetado com uso de suporte de peso.

Essas alterações envolvem aspectos comportamentais da marcha e aspectos relacionados às exigências funcionais e biomecânicas. Assim sendo, o padrão que emerge em situações na qual o peso corporal dos executantes é aliviado parcialmente, é diferente daquele observado em condições normais de locomoção. Portanto, o uso de sistemas de suporte do peso corporal devem ser melhor examinados para o processo de intervenção e reabilitação de pacientes com alterações na marcha, pois com o uso de suportes padrões diferenciados daqueles que seriam utilizados na marcha em solo e sem o suporte do peso são executados (PATIÑO et al., 2007).

Diferentemente da tentativa de minimizar o impacto com o auxílio do sistema de suporte de peso, há o caso de cargas extras ao corpo, como, por exemplo, a utilização de mochilas, que têm sido alvo de preocupação de estudos nos últimos anos. Hsiang e Chang (2002) investigaram as características da FRS em três velocidades, 1,07 m/s, 1,43 m/s e 1,78 m/s, em cinco condições distintas da marcha, sendo: (C1) sem carga; (C2) com carga de 13,61 kg, sendo carregada à frente do corpo, pelas mãos; (C3) carregando a carga em uma mochila frontal; (C4) carregando a carga em uma mochila nas costas; (C5) carregando 13,61 kg em duas mochilas, sendo uma frontal (6,81 kg) e outra posterior (6,81 kg). 15 indivíduos adultos jovens normais, do sexo masculino, participaram do estudo. Os resultados demonstram que a  $F_{z\text{máx}}$  aumenta com acréscimo de carga e de velocidade da marcha. A maior magnitude de força vertical foi encontrada na C2 e a menor na C1, durante todas as velocidades estudadas, o que demonstra a implicação de se carregar pesos, e, conseqüentemente, a necessidade de adaptação que o corpo necessita fazer para a realização de deslocamentos.

Hong e Li (2005) investigaram os efeitos de se transportar cargas durante a marcha em crianças subindo e descendo um degrau de 16 cm. Foram avaliadas 13 crianças, do sexo masculino, com idade média de  $12,21 \pm 0,98$  anos, em duas situações: com transporte da carga em uma mochila de duas alças e com uma mochila com

apenas uma alça. As cargas estudadas foram 0%, 10%, 15%, e 20% de peso corporal de cada indivíduo. Não foram encontradas diferenças entre as duas mochilas com 0% do peso corporal. A carga que causou um aumento significativo na Fzmáx para a mochila de duas alças foi com 15% do peso corporal, tanto para a fase de subida, quanto para a descida do degrau. Já para a mochila de uma alça, foi de 10% do peso corporal na fase de subida no degrau, sendo encontrada também uma assimetria de membros com os picos de força maiores no membro esquerdo, em comparação ao membro direito.

A preocupação relacionada ao tema trabalho e acometimento do sistema locomotor é um tema atual e que interfere nas atividades desenvolvidas pelos trabalhadores. A marcha de carteiros transportando a carga, em quatro modelos diferentes de mochilas, foi alvo de estudo de Peneireiro, Amadio e Serrão, (2005). As mochilas estudadas foram com alça diagonal, com bolsa lateral; alça lateral, com bolsa lateral; alça lateral e horizontal, com duas bolsas laterais e alça cruzada e horizontal, com duas bolsas laterais. A força vertical apresentou diferenças significativas entre todos os modelos de mochilas estudadas. A menor magnitude de força encontrada foi nas mochilas com duas bolsas laterais. Segundo os autores, o melhor modelo de mochila para a entrega de cartas é exequível. Os dados apontam para menor sobrecarga gerada pela mochila de alça dupla e duas bolsas, evidenciando melhor distribuição de massa. Estes resultados são importantes no que dizem respeito às relações de horas trabalhadas e integridade física do trabalhador. Quanto mais segura for a tarefa a ser desenvolvida, menor será a possibilidade de afastamentos da profissão.

As atividades diárias de militares apresentam alto índice de lesões e fraturas por estresse, devido à exaustiva rotina diária que envolve a marcha e o correr por longas distâncias e em diferentes terrenos e ambientes. Birrell, Hooper e Haslam (2007) avaliaram a marcha de 15 militares, com peso mínimo de 70 kg, em velocidade de 1,5 m/s, carregando seus utensílios cotidianos, com acréscimo de pesos, totalizando 8 condições: usando a bota militar; o rifle; o rifle + 8 kg; o rifle + 16 kg; a mochila + 16 kg; o rifle + 24 kg; o rifle + 32 kg; e o rifle + 40 kg. O resultado encontrado foi um aumento linear da FRS vertical e ântero-posterior, com aumento da carga, podendo interferir na estabilidade e restringir a perfeita realização das atividades propostas, interferindo no desempenho dos militares.

Finotti, Schlee e Ávila (2005) investigaram a marcha de 11 jogadores de voleibol profissional, com  $21,54 \pm 3,93$  anos e  $89,76 \pm 6,94$  kg, nas velocidades de 5 e 10 km/h, sem e com sobrecarga de 5, 10 e 15 kg. Os indivíduos foram divididos em oito grupos, sendo que os grupos 1, 2, 3 e 4 realizavam a marcha na velocidade de 5 km/h, com 0, 5, 10 e 15 kg de sobrecarga respectivamente, para cada grupo, e os grupos 5, 6, 7 e 8 efetuaram a marcha com as sobrecargas características de 0, 5, 10 e 15 kg, respectivamente, a uma velocidade

de 10 km/h. Os resultados não mostraram diferenças significativas quando foram comparados os grupos 1, 2, 3 e 4, com suas devidas sobrecargas, ocorrendo inclusive uma diminuição nos valores de Fzmáx quando comparados os grupos 2 e 3. Na velocidade de 10 km/h, a única condição estatisticamente diferente foi sem sobrecarga e com sobrecarga de 15 kg, nos grupos 5 e 8. Estes resultados podem ser atribuídos às sobrecargas diárias de treinamento, que envolvem dois ou mais treinos diários.

A adaptação do aparelho locomotor, a especificidade do treinamento que não engloba somente saltos específicos da modalidade de futsal, bem como a marcha e a corrida realizada em diferentes superfícies, como em ginásios ou praias, pode explicar a diferença dos dados encontrados no estudo de Finotti; Schlee e Ávila (2005), quando comparados aos dados obtidos nos demais estudos levantados, assim como o comportamento das variáveis na comparação entre as diferentes situações de coleta.

Tilbury-Davis e Hooper (1999) sugerem que a diminuição ou atenuação dos efeitos da sobrecarga em situações estressantes ao aparelho locomotor (como no contato do calcanhar durante a fase de suporte na marcha) podem ocorrer devido a um mecanismo de auto-proteção do mesmo sistema, e que os resultados das variáveis podem ser afetados pelo grau de treinamento dos indivíduos na realização da tarefa.

### Considerações finais

Através desta revisão foi possível relacionar o efeito de várias variáveis sobre a magnitude das forças aplicadas ao sistema locomotor durante sua execução. As adaptações geradas em cada situação devem ser observadas com cuidado e sua aplicação em programas de exercícios físicos e/ou de reabilitação estudadas.

Variações da velocidade de execução e de sobrecargas (cargas) durante a marcha resultam em incrementos de força vertical. Estas variam, dependendo do modo de transporte das cargas e da superfície de contato do membro inferior. O meio aquático surge como importante ferramenta para diminuição do impacto em relação ao meio terrestre, o que favorece aqueles com acometimento ósteo-mio-articular. Por último, merece destaque o tipo de calçado utilizado pelo indivíduo, já que este, dependendo do tipo e material, pode acarretar aumento de força aplicada ao membro inferior e desconfortos. Além disso, um calçado novo e confortável não garante redução do impacto e proteção e estas consequências se agravam quando calçados de salto são utilizados.

### Referências

AMADIO, A. C.; DUARTE, M. **Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento humano**. São Paulo: Laboratório de Biomecânica:

Marcha: cargas e diferentes situações.

Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, 1996. 162 p.

BARBEAU, H. Locomotor training in neurorehabilitation: emerging rehabilitation concepts. **Neurorehabil. Neural Repair**, v.17, n. 1, p. 3-11, 2003.

BARELA, A. M. F.; STOLF, S. F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. **J. Electromyogr Kinesiol**, v. 16, p. 250-256. 2006.

BARELA, A. M. F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. **J. Electromyogr Kinesiol**. p. 1-9, 2006.

BARELA, A. M. F. **Análise biomecânica do andar de adultos e idosos nos ambientes aquático e terrestre**. 2005. 131 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BIANCO, R. et al. **Influência do desgaste do calçado esportivo nas respostas dinâmicas da corrida**. 2005. Disponível em: <<http://www.usp.br/eef>>. Acesso em: 13 dez. 2005.

BIRRELL, S. A.; HOOPER, R. H.; HASLAM, R. A. The effect of military load carriage on ground reaction forces. **Gait and posture**, p. 1-4, 2007.

BRUNIERA, C. A. V. **Estudo biomecânico da locomoção humana**: análise de variáveis descritivas para o andar e correr. 1994. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

DIOP, M. et al. Influence of speed variation and age on the intrasubject variability of ground reaction forces and spatiotemporal parameters of children's normal gait. **Ann. Readapt. Med. Phys.** v. 47, n. 2, p. 72-80, 2004.

DIOP, M. et al. Influence of speed variation and age on ground reaction forces and stride parameters of children's normal gait. **Int. J. Sports Med.** v. 26, p. 682 - 687, 2005.

ESTRÁZULAS, J. A. et al. Características biomecânicas da marcha em crianças, adultos e idosos. **Revista Digital**, Buenos Aires, 2005. Disponível em: <[www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com)>. Acesso em: 5 set. 2007.

FINOTTI, R. L.; SCHLEE, G.; ÁVILA, A. O. V. Efeito do incremento de sobrecarga sobre variáveis cinéticas da marcha em atletas de voleibol. **Rev. Brás. Biomec.** n. 10, p. 59-63, 2005.

FREITAS, L. N. et al. Análise da força de reação do solo na marcha feminina com o uso de três modelos de calçados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12., 2007, Rio Claro. **Anais ...** Rio Claro, 2007.

HONG, Y.; LI, J. X. Influence of load and carrying methods on gait phase and ground reactions in children's stair walking. **Gait and Posture**, v. 22, p. 63-68, 2005.

HSIANG, S. M.; CHANG, C. The effect of gait speed and load carrying on the reliability of ground reaction forces. **Saf. Sci.** v. 40, p. 639-657, 2002.

MCINTOSH, A. S. et al. Gait dynamics on an inclined walkway. **J. Biomech.** v. 39, p. 2491-2502, 2006.

MELO, S. I. L. et al. Análise dinâmicas e espaço-temporais da marcha de idosos considerando a prática de atividade física e o sexo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12., 2007. Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: 2007. p. 1-6.

PATIÑO, M. S. et al. Características cinemáticas, cinéticas e eletromiográficas do andar de adultos jovens com e sem suporte parcial de peso corporal. **Rev. Brás. Fisio.** v. 11, n. 1, p. 19-25, 2007.

PENEIREIRO, G. M.; AMADIO, A. C.; SERRÃO, J. C. Influência da mochila na característica do padrão dinâmico da locomoção de carteiros pedestres. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 11., **Anais ...** João Pessoa: UFP, 2005. p. 1-4.

RILEY, P. O.; CROCE, U. D.; KERRIGAN, D. C. Effect of age on lower extremity joint moment contributions to gait speed. **Gait and Posture**, v. 14, p. 264-270, 2001.

ROESLER, H.; ROESLER, L. M.; MARTINS, C. A. Q. Estudo biomecânico da subida de degraus de grandes alturas. **Rev. Bras. Biomec.** n. 4. p. 37-43, 2002.

ROESLER, H. et al. Análise das forças de reação do solo na marcha de adultos a 1,3m de imersão. **Fisio. Mov.** v. 18, n. 4, p. 21-31, 2005.

SACCO, I. C. N. et al. Força reação do solo durante a marcha com uso do tênis e sandália plataforma. **Fisio. Mov.** v. 20, n. 3, p. 55-62, 2007.

SANTOS, J. O. L. et al. Análise das variáveis cinéticas da marcha em duas diferentes velocidades. **Técnicouro**, p. 46-49, maio/jun. 2007.

SERÃO, J. C.; SÁ, M. R.; AMADIO, A. C. Influência

dos calçados de futsal no desempenho. **Rev. Brás. Biomec.** n. 1, p. 39-47, 2000.

SOUZA, P. V. et al. Análise dinamométrica da marcha de crianças em ambiente aquático. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12., 2007. Rio Claro. **Anais eletrônicos ...** Rio Claro, 2007. p. 1-6.

TILBURY-DAVIS, D. C.; HOOPER, R. H. The kinetic and kinematic effects of increasing load carriage upon the lower limb. **Hum. Mov. Sci.** v. 18, n. 5, p. 693-700, 1999.

TOKARS, E. et al. A influência do arco plantar na postura e no conforto dos calçados ocupacionais. **Rev. Fisio Brasil**, v. 15, n. 4, p. 157-162, 2003.

VIANNA, D. L.; GREVE, J. M. D. Relação entre a mobilidade do tornozelo e pé e a magnitude da força vertical de reação do solo. **Rev. Bras Fisio**, v. 10, n. 3, p. 339-345, 2006.

---

Recebido em: 18/12/2007

Aceito em: 20/10/2008

Received on: 18/12/2007

Accepted on: 20/10/2008