



REVISTA BRASILEIRA DE REUMATOLOGIA

www.reumatologia.com.br



Artigo original

Influência da velocidade da marcha sobre a pressão plantar em sujeitos com osteoartrite unilateral de joelho



Wagner Costa Fernandes, Álvaro Machado, Caio Borella e Felipe P. Carpes*

Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada, Laboratório de Neuromecânica, Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, RS, Brasil

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 11 de fevereiro de 2014

Aceito em 30 de junho de 2014

On-line em 28 de setembro de 2014

Palavras-chave:

Centro de pressão

Caminhada

Assimetrias

Idosos

Cinética

R E S U M O

Objetivos: Alterar a velocidade da marcha é uma estratégia comum para manipular a intensidade de exercício de caminhada, mas pode repercutir em maiores forças de impacto e consequente sobrecarga articular. Neste estudo analisamos os efeitos do aumento da velocidade da marcha sobre a pressão plantar e assimetrias na marcha em idosos com osteoartrite (OA) unilateral de joelho. A hipótese do estudo era de que o membro acometido receberia maior sobrecarga que o acometido durante o andar nas diferentes velocidades.

Métodos: Doze idosos com OA unilateral de joelho caminharam por um corredor de 10 m onde pisavam em um tapete instrumentado para medidas de pressão plantar. Cada participante caminhou cinco vezes em três diferentes velocidades autosselecionadas (preferida, lenta e rápida). Os resultados foram comparados entre as velocidades e entre os membros inferiores.

Resultados: As velocidades avaliadas diferiram entre si ($p < 0,05$). A pressão média e o pico de pressão aumentaram com as mudanças entre as velocidades lenta e rápida ($p < 0,05$); a velocidade do centro de pressão aumentou e o tempo de apoio simples diminuiu com o aumento da velocidade ($p < 0,05$). Assimetrias não foram observadas entre o membro acometido e o contralateral.

Conclusões: O aumento na velocidade da marcha lenta para rápida em sujeitos com OA unilateral afeta a pressão plantar tanto no membro acometido quanto no contralateral, sem a observação de assimetrias.

© 2014 Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Influence of gait speed on plantar pressure in subjects with unilateral knee osteoarthritis

A B S T R A C T

Objective: Changing gait speed is a common strategy to manipulate exercise intensity during physical exercise, but may elicit higher impact forces and consequent joint loading. Here we analyzed the effects of increasing walking velocity on plantar pressure and asymmetries in

Keywords:

Center of pressure

Walking

* Autor para correspondência.

E-mail: carpes@unipampa.edu.br (F.P. Carpes).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbr.2014.06.004>

0482-5004/© 2014 Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Asymmetry
Elderly
Kinetics

elderly with knee osteoarthritis (OA). Our hypothesis was that the contralateral limb could receive higher loading compared to the OA limb in the different walking speeds tested.

Methods: Twelve elderly with unilateral knee OA walked at different self-selected speeds along a 10 m pass way stepping on an instrumented mat for measurement of plantar pressure at preferred, slow and fast gait speeds. Five steps were recorded for each speed. Plantar pressure data were compared between the speeds and legs.

Results: speeds were significantly different between them ($p < 0.05$). Mean and peak plantar pressure increased when speed changed from slow to fast ($p < 0.05$). Velocity of the center of pressure increased and the single stance time decreased when walk speed was increased ($p < 0.05$). Any asymmetries were observed.

Conclusion: Increasing gait speed from slow to fast in subjects with unilateral knee OA significantly affected variables of plantar pressure, but asymmetries between committed and contralateral leg were not detected.

© 2014 Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

Doenças articulares crônico-degenerativas como a osteoartrite (OA) afetam negativamente a mobilidade, o que possui repercussões negativas sobre a qualidade de vida, especialmente em idosos.^{1,2} Estudos radiográficos sugerem a existência de alguma alteração articular em pelo menos 30% de homens e mulheres acima de 65 anos, sendo que apenas um terço desses são sintomáticos.³ A OA acarreta diminuição no número de condrócitos e na capacidade de retenção de água, levando a fissuras na matriz e causando dor.^{4,5} Além disso, pode acarretar deformação da cartilagem e alterações na região periarticular, levando a remodelação anormal da cartilagem, promovendo atrito ósseo subcondral e formação de osteófitos.^{4,6} Em conjunto, essas alterações acarretam significativas mudanças na mecânica articular.

Na marcha de sujeitos com OA de joelho, o desalinhamento em varo da articulação do joelho pode diminuir a capacidade de absorção de impacto e resposta à carga durante o caminhar.⁷ Assim como ocorre em sujeitos saudáveis,¹ o aumento da velocidade do andar pode significar sobrecarga articular adicional em idosos com OA, o que foi demonstrado para idosos sem OA.^{8,9} Em comparação com estudos que avaliaram velocidades pré-definidas ou fixas,^{10,11} a velocidade autosselecionada pode permitir resultados mais próximos da realidade, pois os sujeitos não são influenciados a mudar sua mecânica do andar para se encaixar nos parâmetros estipulados pelo pesquisador.¹¹

Considerando a caminhada como uma modalidade de exercício frequentemente praticado entre idosos com objetivo de melhorar o condicionamento físico, a manipulação da velocidade do andar é uma estratégia amplamente empregada para controlar a intensidade do exercício.^{12,13}

No caso da OA unilateral, é possível que o membro contralateral receba uma sobrecarga maior devido a compensações durante a marcha, o que poderia contribuir para uma aceleração do início da OA bilateral. Frente a um número crescente de idosos engajados em programas de caminhada e corrida, o objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos da mudança na velocidade da marcha sobre parâmetros de pressão plantar e assimetrias em idosos com OA unilateral

de joelho, comparando as respostas do membro acometido e do não acometido.

Métodos

Participantes

Doze idosos com OA unilateral de joelho diagnosticada por um médico (um homem e 11 mulheres) com média de idade de $71,58 \pm 8,93$ anos, massa corporal de $72,58 \pm 11,11$ kg, estatura de $161 \pm 8,57$ cm, índice de massa corporal de $28 \pm 3,86$ kg/m² e índice de WOMAC de $11,9 \pm 4,92$ participaram do estudo. Os participantes foram voluntários que procuraram os pesquisadores após divulgação do projeto de pesquisa na comunidade, e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os procedimentos foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos da instituição local (protocolo n° 0062011). Os critérios para inclusão no estudo envolveram ter idade de 65 anos ou mais, diagnóstico de OA unilateral feito por um médico habilitado, possuir exame de imagem (Raio-X) da articulação do joelho, e ter habilidade de marcha independente. Os experimentadores não realizaram diagnósticos ou avaliações clínicas, seguindo apenas o diagnóstico apresentado pelo médico do paciente.

Delineamento experimental

Sujeitos com OA unilateral diagnosticada por um médico foram avaliados quanto à pressão plantar na marcha em velocidade lenta, preferida e rápida. Medidas de pressão plantar média, pico de pressão, velocidade da progressão do centro de pressão (COP) e tempo de apoio simples durante o andar foram coletadas para a perna acometida e a perna contralateral. Os resultados foram comparados entre os membros acometido e contralateral e entre as três velocidades de andar.

Procedimentos experimentais

Os participantes tiveram seu estado de saúde avaliado pelo questionário de *Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC)*,¹⁴ e então foram submetidos à avaliação da pressão

plantar durante o andar, utilizando um sistema de baropodometria computadorizada (Matscan Versatek, Tekscan Inc., Boston, EUA) com 5 mm de espessura e dimensões de 432 × 368 mm, com uma taxa de amostragem de 400 Hz. Foi avaliada a caminhada em velocidade autosselecionada, sendo solicitado ao participante que andasse em sua velocidade normal de caminhada, uma velocidade mais lenta, e uma velocidade mais rápida.

O protocolo de coleta de pressão plantar consistia em caminhar descalço ao longo de um corredor de 10 m em linha reta. As medidas foram feitas cada vez que o sujeito pisava no tapete, sendo consideradas as médias de cinco pisadas para cada um dos membros inferiores, em cada velocidade. Os dados de pressão média e pico de pressão durante o apoio simples, a velocidade de deslocamento do centro de pressão (COP) e o tempo de apoio simples foram calculados para cada pisada, e então agrupados em média e desvio-padrão para cada sujeito, em cada velocidade, e para cada perna.

Análises estatísticas

Todos os resultados foram submetidos à estatística descritiva e teste de normalidade de Shapiro-Wilk, além do teste de esfericidade de Mauchly e teste de homogeneidade de variâncias de Levene, quando pertinentes. As variáveis de pressão plantar, velocidade do centro de pressão e tempo de apoio simples foram comparadas entre as velocidades da marcha e entre os membros inferiores por meio de análise de variância considerando as três velocidades de marcha e medidas das duas pernas em um modelo misto 3 × 2 com correções de Bonferroni para múltiplas comparações. Efeitos foram analisados por meio de teste t pareado (para o caso da perna) ou análise de variância *one-way* (para o caso da velocidade) com *post-hoc* de Bonferroni. O nível de significância para todos os procedimentos estatísticos foi 0,05 usando um pacote estatístico comercial.

Resultados

As velocidades do andar nas diferentes condições testadas diferiram entre si ($p < 0,05$). A velocidade média na condição de marcha lenta foi de $0,66 \pm 0,06$ m/s; na preferida foi de $0,82 \pm 0,12$ m/s, e na marcha rápida foi de $1,07 \pm 0,14$ m/s. Foi observado um efeito da velocidade sobre a pressão média ($F = 4,087$; $p < 0,05$), sendo que a pressão média na velocidade lenta diferiu da rápida ($p = 0,020$). A pressão média (fig. 1) na velocidade lenta não diferiu da velocidade preferida ($p = 0,796$), assim como a pressão média na velocidade preferida não diferiu da rápida ($p = 0,292$). Não foi observado efeito da perna para a pressão média ($F = 0,26$; $p = 0,875$).

O pico de pressão plantar (fig. 2) apresentou um efeito da velocidade ($F = 7,919$; $p < 0,05$). As análises de *post-hoc* indicaram que o pico de pressão na velocidade lenta foi menor que na velocidade rápida ($p = 0,001$). Já o pico de pressão na velocidade preferida foi similar à lenta ($p = 0,189$), assim como o pico de pressão na velocidade preferida foi similar à rápida ($p = 0,144$). Não foi observado efeito da perna para o pico de pressão ($F = 0,778$; $p = 0,397$).

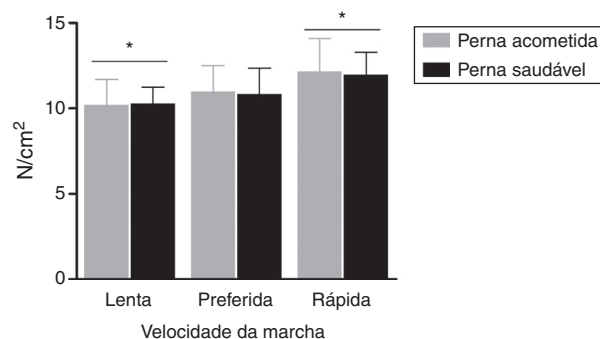


Figura 1 – Pressão plantar média expressa para média (barras) e desvio-padrão (linhas verticais), em N/cm². * Indica diferença estatisticamente significativa dos resultados de pressão entre cada velocidade da marcha ($p < 0,05$).

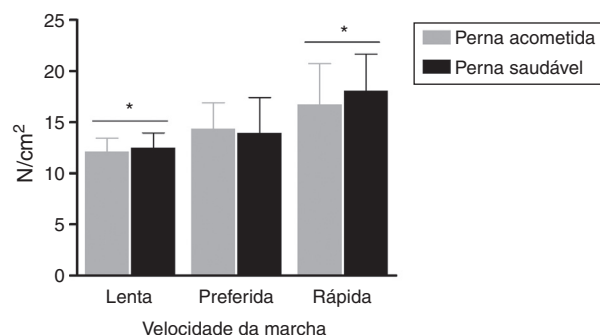


Figura 2 – Pico de pressão plantar expresso para média (barras) e desvio-padrão (linhas verticais), em N/cm². * Indica diferença estatisticamente significativa dos resultados de pico de pressão entre cada velocidade da marcha ($p < 0,01$).

A velocidade do COP (fig. 3) apresentou um efeito da velocidade da marcha ($F = 21,321$; $p < 0,05$). As análises de *post-hoc* indicaram que a velocidade do COP na velocidade lenta da marcha foi menor que na rápida ($p = 0,000$), e preferida ($p = 0,007$). A medida na velocidade preferida foi menor que

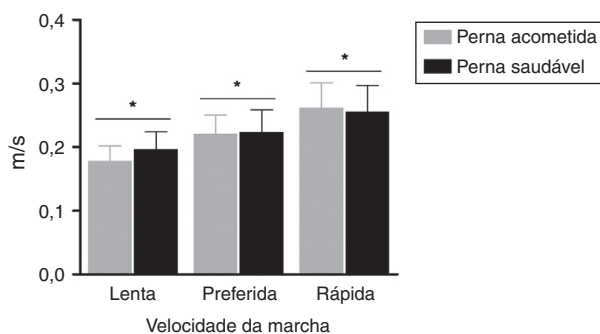


Figura 3 – Velocidade média do COP expressa para média (barras) e desvio-padrão (linhas verticais) em N/cm². * Indica diferença estatisticamente significativa das velocidades do COP entre as velocidades de marcha ($p < 0,05$).

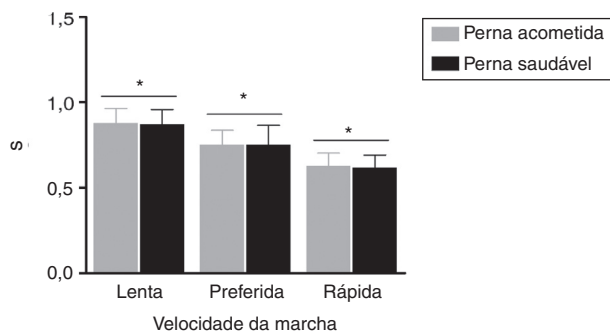


Figura 4 – Tempo de apoio expresso para média do grupo (barras) e desvio-padrão (linhas verticais) em segundos. * Indica diferença estatisticamente significativa do tempo de apoio entre as velocidades da marcha ($p < 0,05$).

na rápida ($p = 0,009$). Não foi observado efeito da perna para a velocidade do COP ($F = 4,655$; $p = 0,054$).

O tempo de apoio simples (fig. 4) apresentou um efeito da velocidade ($F = 28,396$; $p < 0,05$). As análises de *post-hoc* indicaram que o tempo de apoio na velocidade lenta foi maior que na velocidade rápida ($p = 0,000$), e maior na velocidade lenta do que na velocidade preferida ($p = 0,002$). O tempo de apoio foi maior na velocidade preferida que na velocidade rápida ($p = 0,002$). Não foi observado efeito da perna para o tempo de apoio simples ($F = 0,461$; $p = 0,511$).

Discussão

O objetivo desse estudo foi analisar os efeitos da mudança na velocidade da marcha sobre a pressão plantar em idosos com OA unilateral de joelho, considerando-se medidas do membro acometido e o contralateral. A alteração na velocidade do andar já foi demonstrada como determinante de mudanças nas forças de reação do solo,¹⁵ o que pode repercutir em parâmetros da pressão plantar em sujeitos com OA.⁷ Nossos resultados, considerando velocidades autosselecionadas durante o andar, demonstram diferenças significativas nos parâmetros analisados entre as três velocidades de marcha. Porém, não indicam assimetrias entre o membro com OA e o contralateral, independentemente da velocidade de andar. Dessa forma, a OA unilateral não acarretou alterações na pressão plantar que fossem específicas para a perna acometida pela doença. Da mesma forma, os resultados não indicam que a perna contralateral possa apresentar alguma compensação na pressão plantar.

O aumento da pressão média observada a partir do aumento da velocidade pode estar associado ao aumento da força de reação do solo.^{8,13} A maior pressão média sugere aumento da carga imposta no membro inferior. Embora o membro acometido tenha dificuldades em absorver o impacto, ou possa ter um padrão diferente de resposta à carga,¹⁶ não encontramos diferenças entre a perna com OA e a contralateral. Em nosso estudo, os pacientes com OA unilateral mantiveram um padrão de aplicação da pressão plantar similar para ambas as pernas durante a marcha. Tal resultado não concorda com nossa hipótese, de que compensações na

marcha poderiam ocasionar diferenças nas cargas experimentadas pela perna acometida e pela não acometida.^{14,16}

O pico de pressão plantar teve o mesmo comportamento da pressão média. Observamos um aumento no pico de pressão com a mudança da velocidade lenta para a rápida. O aumento do pico de pressão pode estar associado a uma combinação da área de contato reduzida, devido ao aumento da velocidade de marcha, e maior força de contato na interface solo-pé durante a marcha.⁸ Com esses resultados, sugerimos que pacientes com OA unilateral de joelho adotem um padrão de marcha que assimila a força de reação do solo da mesma forma para a perna acometida e a contralateral.^{17,18} As mudanças na velocidade do centro de pressão (COP) estão associadas com a mudança da velocidade da marcha,¹⁹ e sugerem que as alterações no joelho com OA não repercutem em mudanças na velocidade da excursão do rolamento do pé na marcha.²⁰

O tempo de apoio simples diminuiu com o aumento da velocidade de marcha nos pacientes com OA. Essa resposta ao aumento da velocidade da marcha é esperada,²⁰ sendo que assimetrias nesse parâmetro temporal da marcha não foram encontradas. A presença da OA não influenciou no tempo de área de contato a ponto de diferir da perna contralateral. No entanto, é possível que o aumento do tempo de apoio resulte do fato de os indivíduos com OA não terem capacidade de compensar a limitação da excursão do joelho em função de dor, o que pode acontecer por fatores intrínsecos, como estabilidade articular e alterações no atrito articular.⁸

Em nosso estudo não foram encontradas assimetrias nas variáveis da pressão plantar em nenhuma das velocidades consideradas, apesar de que pacientes com OA unilateral têm assimetrias de momento articular reportadas na literatura.⁴ Essa divergência pode ser explicada pela hipótese de que pacientes com OA unilateral de joelho usam maior área de contato para melhor distribuir a pressão plantar, quando considerando uma única velocidade de marcha. Outro estudo também encontrou associações significativas entre a velocidade e variáveis da marcha em indivíduos assintomáticos.¹⁶

Dentre as limitações do nosso estudo, podemos destacar o pequeno número de pacientes considerados nas avaliações e o predomínio do sexo feminino, o que limita a generalização dos nossos resultados. Adicionalmente, não consideramos diferentes graus de deformidade, limitação ou dor, que podem ter efeitos específicos na marcha.

Ao final podemos sugerir que, para os pacientes avaliados, a mudança na velocidade de marcha influenciou variáveis de pressão plantar, mas não acarretou quaisquer assimetrias entre o membro acometido e o contralateral. Dessa forma, esses pacientes não apresentaram adaptações específicas para o membro acometido em resposta ao aumento da velocidade da marcha.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio do Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada da Universidade Federal do Pampa

durante o desenvolvimento deste estudo. Este estudo foi financiado pela FAPERGS (processo n° 1013100).

REFERÊNCIAS

- Nelson AE, Allen KD, Golightly YM, Goode AP, Jordan JM. A systematic review of recommendations and guidelines for the management of osteoarthritis: The Chronic Osteoarthritis Management Initiative of the U.S. Bone and Joint Initiative. *Semin Arthritis Rheum*. 2013. Epub ahead of print; doi: 10.1016/j.semarthrit.2013.11.012.
- Liikavainio T. Biomechanics of Gait and Physical Function in Patients with Knee Osteoarthritis Thigh Muscle Properties and Joint Loading Assessment. Publications of the University of Eastern Finland Dissertations in Health Sciences. 2010.
- Jordan KM, Arden NK, Doherty M, Bannwarth B, Bijlsma JW, Dieppe P, et al. EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a Task Force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCI-SIT). *Ann Rheum Dis*. 2003;62:1145-55.
- Creaby MW, Bennell KL, Hunt MA. Gait differs between unilateral and bilateral knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(5):822-7.
- Willick SE, Hansen PA. Running and osteoarthritis. *Clin Sports Med*. 2010;29:417-28.
- Coimbra IB, Pastor EH, Greve JMDA, Puccinelli MLC, Fuller R, Cavalcanti FdS, et al. Consenso brasileiro para o tratamento da osteoartrite. *Rev Bras de Reumatol*. 2002;42:371-4.
- Yang SW, Hsie CH, Hsieh LF. The plantar pressure characteristics of subjects with knee osteoarthritis. *J Biomech*. 2006;39:S116.
- Burnfield JM, Few CD, Mohamed OS, Perry J. The influence of walking speed and footwear on plantar pressures in older adults. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2004;19:78-84.
- Zeni JA Jr, Higginson JS. Differences in gait parameters between healthy subjects and persons with moderate and severe knee osteoarthritis: a result of altered walking speed? *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2009;24:372-8.
- Zammit GV, Menz HB, Munteanu SE. Reliability of the TekScan MatScan® system for the measurement of plantar forces and pressures during barefoot level walking in healthy adults. *J Foot Ankle Res*. 2010;18:11.
- Baliunas AJ, Hurwitz DE, Ryals AB, Karrar A, Case JP, Block JA, et al. Increased knee joint loads during walking are present in subjects with knee osteoarthritis. *Osteoarth Cartilage*. 2002;10:573-9.
- Monteiro WD, Araújo CGSd. Transição caminhada-corrida: considerações fisiológicas e perspectivas para estudos futuros. *Rev Bras Med Esp*. 2001;7:207-15.
- Phethean J, Nester C. The influence of body weight, body mass index and gender on plantar pressures: results of a cross-sectional study of healthy children's feet. *Gait Posture*. 2012;36:287-90.
- Mills K, Hettinga BA, Pohl MB, Ferber R. Between-limb kinematic asymmetry during gait in unilateral and bilateral mild to moderate knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2013;94:2241-7.
- Pataky TC, Caravaggi P, Savage R, Parker D, Goulermas JY, Sellers WI, et al. New insights into the plantar pressure correlates of walking speed using pedobarographic statistical parametric mapping (pSPM). *J Biomech*. 2008;41:1987-94.
- Marx FC, Oliveira LMD, Bellini CG, Ribeiro MCC. Tradução e validação cultural do questionário algofuncional de Lequesne para osteoartrite de joelhos e quadris para a língua portuguesa. *Revista Brasileira de Reumatologia*. 2006;46:253-7.
- Astephen Wilson JL. Challenges in dealing with walking speed in knee osteoarthritis gait analyses. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2012;27:210-2.
- Tanaka K, Miyashita K, Urabe Y, Ijiri T, Takemoto Y, Ishii Y, et al. Characteristics of trunk lean motion during walking in patients with symptomatic knee osteoarthritis. *Knee*. 2008;15:134-8.
- Zammit GV, Menz HB, Munteanu SE, Landorf KB. Plantar pressure distribution in older people with osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint (hallux limitus/rigidus). *J Orthop Res*. 2008;26:1665-9.
- Goryachev Y, Debbi EM, Haim A, Rozen N, Wolf A. Foot center of pressure manipulation and gait therapy influence lower limb muscle activation in patients with osteoarthritis of the knee. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011;21:704-11.