

ANÁLISE CINEMÁTICA E ELETROMIOGRÁFICA DA MARCHA COM DIFERENTES CALÇADOS

Ingrid Solange Sepúlveda Muñoz¹, Carlos Alberto Kelencz², Marco Antonio de Oliveira³

^{1,2}Universidade do Vale do Paraíba, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento- ³Lab. Biologia Parasitária. Av. Shishima Hifumi, 2911. Urbanova. CEP 12244-000. S J C, SP – Brasil. E-mail: ingrid@univap.br

Resumo- A análise cinemática e a eletromiografia são ferramentas que vem sendo utilizadas como importantes métodos de avaliação da marcha humana, principalmente sobre análise de diferentes tipos de calçados no que diz respeito às modificações e adaptações do aparelho locomotor humano e dos pés. O presente estudo teve como objetivo analisar eletromiograficamente os músculos tibial anterior e gastrocnêmio lateral e medial e através da captação de imagens digitais da marcha humana em quatro situações distintas, sem calçado, de tênis, calçado plataforma e salto alto. Participaram deste estudo três mulheres sadias com idade média de 22,6 anos, o experimento foi realizado em uma esteira ergométrica com velocidade 3,8m/s. Os resultados demonstraram que os calçados que não permitem uma movimentação normal dos ossos do tarso provocaram modificações na trajetória da passada o que promove uma ação muscular maior. Concluiu-se com este estudo que os calçados quanto mais próximos de uma situação normal e que permitam maior mobilidade dos pés, fazem com que as solicitações musculares sejam menores, o que em uma situação do dia-a-dia pode provocar menor fadiga muscular localizada.

Palavras-chave: Eletromiografia, marcha humana.

Área do Conhecimento: Engenharias III

Introdução

A marcha é o mais comum dos movimentos dos seres humanos. O padrão de variabilidade de uma passada no dia-a-dia é moderadamente baixo (WINTER, 1991), e a análise do movimento humano se define como todo o procedimento que envolva qualquer meio que permita a obtenção de uma medida quantitativa ou qualitativa do mesmo (DIAZ, 2006). O ciclo de marcha é uma seqüência perfeitamente orquestrada de eventos elétricos e mecânicos que culminam na propulsão coordenada do corpo através do espaço. Este ciclo deve ser visto como um esforço coordenado entre o sistema nervoso, o sistema muscular e o sistema esquelético (LIEBER, 1992). Qualquer distúrbio no sistema motor, músculo-esquelético e ou sensorial, pode ocasionar uma debilidade na locomoção. O termo análise da marcha tem se tornado comum, para descrever avaliações de formas de locomoção, que levam em consideração aspectos antropométricos, cinemáticos, cinéticos ou eletromiográficos (ARAUJO, 2006). Alguns fatores externos também podem afetar significativamente a forma de locomoção como a superfície em que se anda ou o tipo de calçado que utilizamos, o Brasil em 2002, se tornou o primeiro país a criar normas para avaliar o conforto do calçado NBR 14834 a 14840 (ABNT, 2002).

A análise da marcha conta hoje com uma evolução nos métodos e técnicas de medição disponibilizadas pelo avanço tecnológico permitindo o acesso a diferentes comportamentos do sistema locomotor de forma mais precisa e

com maior rapidez (DAVID, 2001). Para analisar a marcha, existem inúmeros procedimentos de mensuração que, em maior ou menor grau, estão relacionados ao controle desse movimento, no sinal de eletromiografia (EMG), os momentos de força e de potência analisam proximamente a causa do movimento, ao passo que a cinemática, os momentos de apoio, o comprimento do passo, a cadência e as forças de reação do solo refletem muitos efeitos integrados de saída (WINTER, 1991). A utilização conjunta de câmeras de vídeo, plataformas de força e eletromiógrafos com o intuito de caracterizar a locomoção quantitativamente vem se tornando cada vez mais freqüente, constituindo-se em um sistema para avaliações de alterações na marcha (OKAIA, 1999). A utilização das câmeras de vídeo permite maior flexibilidade na seleção dos movimentos a serem estudados, a freqüência de aquisição de 60 Hz fornece uma resolução temporal suficiente para grande número de análise em biomecânica (PATERNIANI, 1999; ARAUJO, 2006).

O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo cinemático dos pés e eletromiográfico dos músculos tibial anterior, gastrocnêmio lateral e gastrocnêmio medial durante a marcha em esteira ergométrica, em quatro situações diferentes sem o uso de calçado, com tênis, com plataforma e salto alto.

Metodologia

Todos os procedimentos do experimento foram realizados no Laboratório de Biodinâmica da

Faculdade de Fisioterapia da Universidade do Vale do Paraíba, para a elaboração de um trabalho da disciplina de Introdução ao Processamento Digital de Imagem do programa de Mestrado em Engenharia Biomédica da mesma.

Participaram deste experimento, três mulheres com idade de $\pm 22,66$ anos, com antropometria semelhante e sem histórico de lesões músculo-esqueléticas. Para a captação das imagens, utilizamos uma câmera fotográfica digital Pentax Óptico 330 com resolução de 3.34 megapixel, esta foi acoplada a um tripé posicionado a uma altura de cinquenta centímetros do solo e uma distância de um metro do voluntário, posicionou-se ao nível da articulação do tornozelo, ponta do pé e calcanhar, marcadores prateados para melhor visualização dos pontos de referência. Para os registros de EMG, foi utilizado um eletromiógrafo de 16 canais e um software específico para tratamento de dados EMG Analysis 1.0, da marca EMG System do Brasil, utilizou-se eletrodos de superfície da marca FASTRACE4 acoplados a interface ativa. Estes foram posicionados nos músculos: tibial anterior, gastrocnêmio lateral e gastrocnêmio medial seguindo o protocolo de Delagi (2005). Anteriormente à colocação dos eletrodos realizou-se uma tricotomia e limpeza com álcool ao nível dos músculos testados. Para sincronizarmos a aquisição dos registros eletromiográficos, com a filmagem, utilizou-se um dispositivo em forma de flash que faz o disparo de "trigger", este foi fixado na plataforma lateral da esteira. Utilizou-se uma esteira ergométrica Kistler com velocidade de 3,8 m/s.

Após a coleta dos dados os arquivos de imagem foram transformados em seqüência de imagens no software VirtualDub® -1.7.0, e salvos em um arquivo específico para posterior processamento no ImageJ 1.38b (RASBAND), onde utilizou-se os recursos do Manual Tracking (FABRICE). Observou-se especificamente a trajetória do movimento da ponta dos pés das voluntárias onde colou-se marcadores prateados. Analisou-se um ciclo de passada e esta foi sincronizada com o sinal eletromiográfico dos músculos testados.

Resultados

Após a coleta de EMG e cinemática realizou-se o processamento dos dados. Foi feito um traçado nas imagens obtidas da trajetória percorrida pelos pés durante as passadas, este procedimento foi realizado nas passadas direita e esquerda, em diferentes calçados. Observou-se o traçado da trajetória percorrida pelos pés durante a passada da marcha sem a utilização de calçado com a perna direita, como pode ser observado na figura 1, onde mostrou uma trajetória quase linear desde o momento inicial até o apoio total do pé na

plataforma, verificou-se uma maior atividade elétrica de todos os músculos do lado direito em relação aos do lado esquerdo. A maior atividade EMG foi registrada para o músculo tibial anterior direito que tem a função de realizar a flexão dorsal do tornozelo, mas também atua no amortecimento do impacto com o solo.

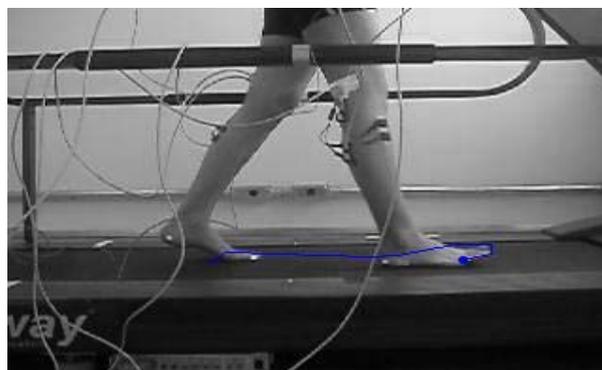


Figura 1: Marcha sem utilização de calçado. Linha azul representa o percurso percorrido pela perna direita durante a passada.

Observou-se o traçado da passada da perna esquerda sem a utilização de calçado, que em comparação com a direita foi mais linear e também obteve uma distância menor quando observado o espaço percorrido pelos pés durante a passada.

A marcha percorrida pela perna direita durante a passada com a utilização de tênis (Figura 2), observou-se que a trajetória do pé foi bem mais sinuosa em relação a anterior sendo que no final da passada ocorreu uma elevação da ponta do pé antes do toque no solo.

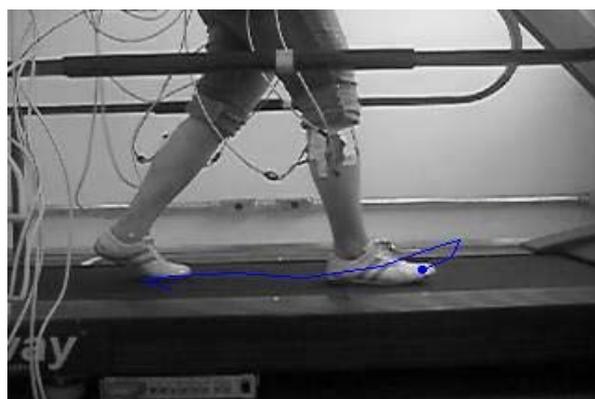


Figura 2: Marcha utilizando tênis. Linha azul representa o percurso percorrido pela perna direita durante a passada.

Com relação a atividade elétrica dos músculos, observa-se a dominância do lado direito de todos os músculos, sendo que o tibial anterior foi também o mais ativo, em comparação com o mesmo lado na situação anterior pode-se notar um aumento significativo na atividade elétrica deste

músculo, isso pode ser justificado pela modificação na trajetória da passada e uma maior flexão dorsal do tornozelo. O lado esquerdo apresentou atividade elétrica semelhante ao que foi observado na situação anterior.

A trajetória de passada foi semelhante da perna esquerda mas também com uma distância um pouco menor que a direita, comparando o traçado dos resultados da atividade elétrica dos músculos da perna direita com outro dado de traçado de uma imagem obtida de marcha utilizando tênis, que representou o percurso percorrido pela perna esquerda durante a passada, a marcha com utilização do calçado plataforma como observado na figura 3, mostra uma trajetória de passada com inclinação positiva mostrando que com esse tipo de calçado as voluntárias elevaram mais os pés do solo.



Figura 3: Marcha utilizando sapato plataforma. Linha azul representa o percurso da perna direita durante a passada.

Esta elevação gera uma atividade elétrica maior do músculo tibial anterior da perna direita em relação aos outros músculos testados. O mesmo ocorreu na passada de marcha utilizando sapato plataforma com a perna esquerda. Na última situação testada de marcha utilizando salto alto, observa-se na figura 4.

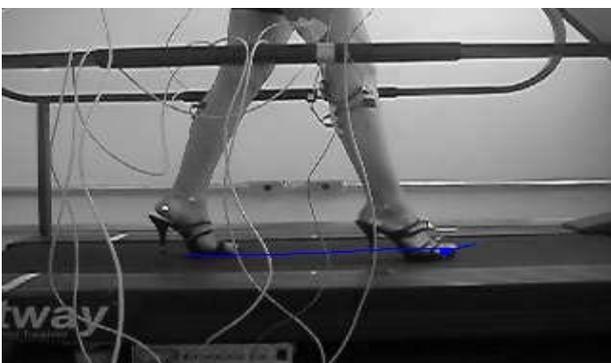


Figura 4: Linha azul representa o percurso percorrido pela perna direita durante a passada com salto alto.

Uma trajetória da passada da perna direita mais linear, semelhante a observada nos dados obtidos para os resultados da atividade elétrica dos músculos durante a passada da perna direita sem calçado (Figura 1), com uma distância entre a passada mais curta que o apoio quase que simultâneo do salto e da parte anterior do pé.

Como nas outras situações o músculo tibial anterior mostrou-se mais ativo que a atividade elétrica dos músculos da perna direita. Situação semelhante observou-se na passada de marcha utilizando sapato plataforma, da perna esquerda.

Comparando-se todas as situações testadas observou-se que o calçado plataforma apresenta uma trajetória de passada bem diferente aos demais calçados, o que acarretou uma atividade elétrica maior do músculo tibial anterior como observado nos gráficos 1 e 2.

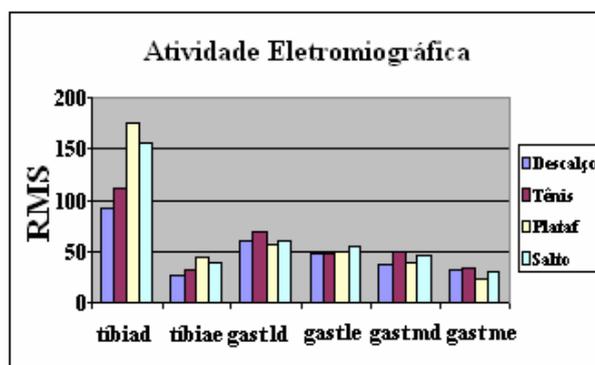


Gráfico 1: Comparação da atividade EMG média de todos os músculos durante a passada com a perna direita com diferentes calçados, valores expressos em Raiz Média Quadrática (RMS).

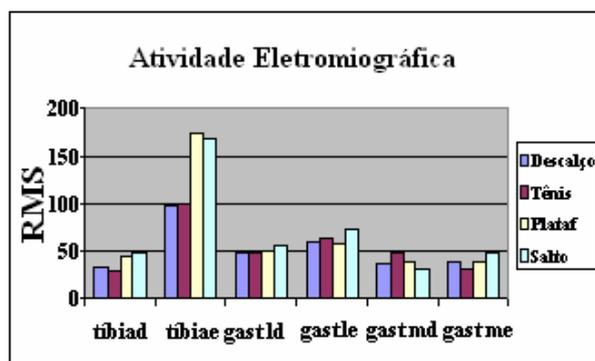


Gráfico 2: Comparação da atividade EMG média de todos os músculos durante a passada com a perna esquerda com diferentes calçados (RMS).

A menor atividade elétrica foi observada sem o uso de calçado.

Discussão

Os resultados apresentados mostraram que com a alteração da trajetória da passada, reflete

diretamente a atividade elétrica dos músculos testados. Isso se deve a modificação na biomecânica dos pés imposta pelo tipo de calçado utilizado como no caso da plataforma (Figura 3) que praticamente não permite nenhum movimento dos ossos do tarso, isso obriga uma adaptação na movimentação dos pés o que gera uma força maior para realizar a movimentação já que o apoio do pé no solo ocorre quase que de maneira simultânea em relação ao tornozelo, planta e ponta dos pés.

Quando se caminha com calçados que permitem a movimentação dos pés, o ciclo de passada torna-se mais suave, onde ocorrem todas as fases do ciclo de passada, já com calçados como o plataforma (Figura 3) e salto alto (Figura 4) os pés permanecem em uma posição fixa obrigando o aparelho locomotor a fazer vários ajustes e adaptações biomecânicas para que a pessoa possa se locomover em posição desfavorável e desconfortável.

Comparando-se todas as situações observamos com ajuda das imagens digitais e da EMG, que o calçado plataforma foi o que apresentou maior diferença na atividade muscular e nas trajetórias dos pés.

Conclusão

Concluiu-se com este estudo que os calçados quanto mais próximos de uma situação normal, ou seja, que permitam maior mobilidade dos pés, fazem com que as solicitações musculares sejam menores, o que em uma situação do dia-a-dia pode provocar menor fadiga muscular localizada.

Com relação ao uso de imagens digitais na análise da marcha com diferentes calçados, pode ser utilizada como uma ferramenta importante, e que quando sincronizada com outras ferramentas biomecânicas pode trazer muitos benefícios para a análise de movimento.

Referências

-ABNT, Normas Técnicas NBR 14834 a 14840, Ed. ABNT, 2002.

-A. C. DAVID, Aspectos Biomecânicos da Locomoção Infantil. IX Congresso Brasileiro de Biomecânica, p. 20-24, (2001).

-C. A. DÍAZ; A TORRES; J. I. RAMÍREZ; L. F. GARCÍA; N. ÁLVAREZ, "Descripción de un Dispositivo Destinado al análisis de la marcha en dos Dimensiones, cinemeD". Medellín (Colombia). Revista EIA, ISSN 1794-1237 n.5, 85-92. Junio, (2006).

-C. C. ARAÚJO; C. PREIS, D. RIBAS, I. ROMANOVITCH; L. FALLER; V. L. ISRAEL; V. RECH "Sistemas de Avaliação da Marcha Humana". Pontifícia Universidade Católica do Paraná, (2006).

-D. A. WINTER, The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological. Ontário, University of Waterloo Press, (1991).

-E. F. DELAGI ET AL. "Anatomic Guide for the eletromyographer the Limbs apringfield : Charles C. Thomas Publisher, pag. 170-1, 180-1, (2005).

-FABRICE CORDIELIERES, Institut Curie Orsay (France).

<http://rsb.info.nih.gov/ij/plugins/track/track.html>

-L. A. OKAIA; J.C.T. MORAES; "Avaliação Funcional de um Sistema para Análise de Movimento". Anais VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica, p. 339-344, (1999).

-P. E. S PATERNIANI, R. BREZIKOFER, E.C LIMA, O LAGO, , R.M.L BARROS "Desenvolvimento de uma metodologia para reconstrução Tridimensional e Análise de superfícies do Corpo Humano". VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica, p. 299 – 303, (1999).

-RASBAND, W.; <http://rsb.info.nih.gov/ij>

-R. L. LIEBER, Skeletal muscle structure and funtion. Blatimore , Williams& Wilkins (1992).

- <http://rsb.info.nih.gov/ij/docs/index.html>