

Artigo original

Análise eletromiográfica da atividade muscular durante a marcha em crianças, utilizando diferentes tipos de calçados

Electromyographic analysis of muscular activity during gait in children using different types of shoes

Denise Hollanda Iunes*, Christiane B. Abrão Santos**, Flavia P. Freitas**, Alexandre Rocha Gonçalves***

.....

*Professora da disciplina Reabilitação em Postura da UNIFENAS, **Fisioterapeuta do Centro de Reabilitação em Biofeedback – UNIFENAS, ***Fisioterapeuta formado pela UNIFENAS

Resumo

O objetivo deste estudo é a análise eletromiográfica (EMG) da atividade muscular durante a marcha normal, usando diferentes tipos de calçados e descalço, no intuito de observar alterações biomecânicas na marcha. A análise foi realizada com 22 sujeitos normais do sexo feminino com idade entre 8 e 12 anos, usando eletrodos de superfície para medição de dados eletromiográficos. Os três músculos selecionados para estudo foram tibial anterior, gastrocnêmio (tríceps sural) e músculos lombares (paravertebrais). Foi feita a análise com os sujeitos deambulando de forma natural, primeiro descalços, depois usando salto baixo e finalmente salto alto. Os dados foram gravados durante a transição da fase de oscilação para a fase de apoio da marcha, no momento do toque de calcanhar. Tibial anterior (TA) e o gastrocnêmio (TS) mostraram um aumento da atividade muscular durante a marcha com salto alto, quando comparada com a marcha descalça. Durante a marcha com salto baixo, a atividade muscular de TA e TS foi diferente da marcha descalça. Os músculos lombares não mostraram uma alteração significativa. Nós pudemos concluir que a atividade muscular de TA e TS é diferente, usando diferentes tipos de calçados e descalço, durante a mesma fase da marcha. Os resultados destas alterações biomecânicas possivelmente podem ser relatados em estudos futuros.

Palavras chave: marcha, calçados, crianças.

Abstract

The aim of this study was an electromyographic (EMG) analysis of muscle activity during normal human gait wearing different type of shoes and bare feet, in order to observe biomechanical changes of the gait. The analysis was made with 22 normal female subjects, 8-12 years old, using EMG measurement by surface electrodes. The three muscles selected for study were tibialis anterior, gastrocnemius (triceps surae) lower back muscles (paravertebralis). The data were registered when the subjects were walking on normal and natural speed, at first bare feet; wearing small heel shoes and then wearing high heel shoes. The data were recorded during the swing-stance transition of gait cycle, at heel contact. Tibialis anterior (TA) and gastrocnemius (TS) showed an increase of muscle activity during the high heel gait when comparing with bare foot gait. During small heel gait the muscle activity of TA and TS was different than bare foot gait. The lower back muscle showed no significant alteration. We could conclude that the muscle activity of TA and TS is different wearing different type of shoes and bare feet at the same gait phase. The results of this biomechanical changes possible would be report in future studies.

Key-words: gait, shoes, children.

Introdução

Ao caminhar, o ciclo da marcha começa com o toque do calcanhar e só termina quando o mesmo calcanhar voltar a tocar o solo, completando assim uma passada. Sendo o passo definido pelo toque inicial de um dos calcanhares, até o toque de calcanhar do outro pé [1].

O sistema de análise da marcha concentra-se em duas fases distintas: fase de apoio, quando o pé está em contato com o chão, e a fase de oscilação, quando o pé está fora do chão [1]. Alves *et al.* [2] estudaram dados de plataforma de força durante o caminhar, com crianças normais entre 1 e 7 anos. Segundo eles, o padrão de marcha maduro ocorre aos 3 anos de idade. Afirmam, ainda, que o desenvolvimento do caminhar está completo na idade de 5 anos. A marcha das crianças de 7 anos de idade aproxima-se muito a dos adultos e poucas diferenças são encontradas. Porém, a estrutura óssea do pé não está completa nessa idade, pois este aumenta em comprimento até mais ou menos 12 anos para os meninos e 10 anos para as meninas [3]. Quando uma criança está em fase de desenvolvimento, os calçados não devem ter salto e a sola deve ser reta e firme o suficiente para dar estabilidade [4]. Pois, segundo Nasser *et al.* [5], o aumento da altura do calcanhar provoca modificações no padrão de caminhar e também uma instabilidade. Ou seja, quanto mais alto o salto, menor a participação do antepé no caminhar.

A análise eletromiográfica da atividade muscular durante locomoção tem sido estudada por alguns autores [6]. Os dados eletromiográficos identificam a diferença de potencial elétrico, fornecendo um indicador direto da ação muscular. O sinal elétrico que acompanha a estimulação neurológica das fibras musculares é transmitido através dos músculos e tecidos moles adjacentes [7].

O Biofeedback eletromiográfico corresponde a uma instrumentação eletrônica para fornecer uma informação (feedback) a um indivíduo sobre uma função ou resposta fisiológica. O seu uso permite detectar ou retroalimentar os sinais mioelétricos oriundos de unidades motoras das membranas dos músculos, resposta à sua ativação fisiológica [7].

Atualmente as crianças estão sendo induzidas a utilizar calçados com salto, cada vez mais cedo. Portanto, o objetivo deste trabalho consistiu em analisar a ação dos músculos tibial anterior, gastrocnêmio, paravertebrais lombares, durante a marcha de crianças com diferentes tipos de calçados. Utilizando, na análise, o aparelho de Biofeedback eletromiográfico, foi observada a ação muscular, que foi captada através de eletrodos de superfície.

Material e métodos

Crianças avaliadas

Foram analisadas 22 crianças com a idade variando entre 8 a 12 anos de idade, do sexo feminino, escolhidas de forma

aleatória. Foram excluídas crianças com alterações neuropsicomotoras, alterações de marcha e em uso de órteses. Todos os voluntários receberam informações para a participação no projeto e assinaram um termo de consentimento formal concordando em participar da pesquisa, de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Calçados utilizados

Foram utilizadas uma sandália da marca *Ortopé*, com salto de 2,5 cm, e outra sandália da marca *Compasso* com salto de 5,5 cm.

Aparelho Biofeedback eletromiográfico

O aparelho utilizado neste trabalho foi o *Neuroeducator 3*, aparelho com 4 canais independentes de EMG, com amplitude de faixa de 10-1000 Hz, ideal para registrar acuradamente os potenciais nervosos e musculares para EMG clínica e adequadas para eletrodos de superfície. Os artefatos de movimento foram minimizados ao extremo, já que ocorrem em frequências inferiores a 10-20 Hz [8].

Após o preparo da pele com fricção de gaze embebida em soro fisiológico, foram conectados eletrodos de superfície nos músculos tibial anterior, gastrocnêmio, paravertebrais lombares no nível de L4 e L5. Os eletrodos usados foram do tipo Ag/AgCl (*Medi - trace 200 Kendal*). Os eletrodos captaram a ação de cada um desses músculos durante a marcha de crianças com diferentes tipos de calçados, podendo assim quantificar a ação dos referidos músculos e compará-las em cada fase da marcha. Os dados foram colhidos durante a marcha descalça, usando salto baixo e usando salto alto, e armazenados em disquete, depois foram impressos e analisados em momento específico da marcha.

Avaliação da marcha

As crianças foram orientadas a realizarem a marcha de forma livre e tranqüila, chegando o mais próximo possível de suas marchas habituais, e familiarizadas com o percurso de 3,5 m, de piso duro e antiderrapante.

A orientação foi importante para que não se criasse expectativa nas crianças, podendo assim sair dos padrões habituais de sua marcha.

Os eletrodos de superfície, autocolantes, foram dispostos nos seguintes músculos: tibial anterior, na região anterior do seu ventre muscular e lateral da perna; no músculo gastrocnêmio, também em seu ventre muscular, na região posterior da perna; e nos músculos paravertebrais lombares na altura de L2 e L4 nas regiões lateral e posteriores da coluna lombar baixa.

Foram realizadas três análises, sendo a primeira com a criança fazendo o percurso descalça; a segunda utilizando um calçado com 2,5 cm de salto; e, finalmente, a terceira utilizando um calçado de 5,5 cm de salto. Cada uma dessas

três análises foi realizada três vezes e todas foram registradas. O momento da marcha selecionado foi o contato inicial do calcâneo. Este momento foi escolhido pela dificuldade de separação das outras fases da marcha neste método de análise, pois a variante tempo se dá em segundos na marcha normal e espontânea.

Análise estatística

Utilizou-se o delineamento estatístico canalizado em esquema fatorial 3x3 (três calçados e três músculos), com 22 repetições. Os dados armazenados foram analisados pelo teste de Tukey com comparação entre as médias.

Resultados

O aparelho de eletromiografia Biofeedback para este trabalho selecionado captou os sinais neuromusculares e os transmitiu em forma de números, quantificados em microvolts, permitindo assim observar a atividade dos grupos musculares selecionados: tibial anterior, tríceps sural e paravertebrais lombares.

A forma descalça neste estudo foi considerada controle, sendo realizadas comparações dos calçados com ela. Segundo Dubo e Peat [6], a atividade muscular do tibial anterior (TA) registrada por análise da marcha com EMG mostra 2 picos de atividade, o primeiro durante a fase de apoio no contato calcâneo e outro pico, menor, durante a transição do apoio para oscilação, o momento da aceleração. Segundo o mesmo relato, o tríceps sural (TS) apresenta um único pico de atividade durante a fase de apoio, precisamente na retirada do calcâneo. O período escolhido neste estudo foi a fase do contato do calcâneo, durante a qual foi realizada a análise e comparação dos dados.

Os resultados obtidos mostram que os grupos musculares se comportam de maneira semelhante quando comparados descalço e salto baixo; porém, em relação ao salto alto esta diferença, estatisticamente, é consideravelmente maior que nas outras marchas (tabela I). Ou seja, na marcha com salto alto houve uma ação maior de tibial anterior e tríceps sural, quando comparados com a marcha sem salto e com salto baixo (tabelas II e III).

Na marcha com salto baixo a ação desses músculos estatisticamente não é tão intensa quanto na marcha com salto, mas também não reproduz a marcha descalça.

Tabela I - Relação entre os calçados – Médias seguidas por letras distintas diferem entre si com relação à significância indicada d.m.s. 5%= 0,37681 d.m.s. 1%= 0,46964.

Marcha	Médias	Médias originais	5%	1%
Salto alto	33.482704	a		
Salto baixo	29.808653	ab		
Descalça	28.246380	b		

Tabela II - Relação entre tibial anterior e calçados, mostrando que este músculo, com o sapato de salto alto, tem sua ação aumentada.

Marcha	Médias	Médias originais
Descalça	7.326872	53.183059
Salto baixo	7.368149	53.789617
Salto alto	7.516133	55.992261

Tabela III - Relação entre tríceps sural e calçados, mostrando que este músculo, com o sapato de salto alto, tem sua ação aumentada.

Marcha	Médias	Médias originais
Descalça	4.104538	16.347232
Salto baixo	4.158702	16.794801
Salto alto	4.383023	18.710891

Os paravertebrais não tiveram alterações estatisticamente significativas nas três marchas. Apesar de que sua ação maior foi na marcha com salto (tabela IV).

Tabela IV - Relação entre paravertebrais lombares e calçados.

Marcha	Médias	Médias originais
Descalça	4.653285	21.130619
Salto baixo	4.989138	24.391496
Salto alto	5.589249	30.739708

Discussão

Alguma possível alteração que possa vir a ocorrer no pé pode gerar uma sobrecarga, alterando as superfícies de sustentação do peso, o que, por sua vez, altera a mecânica do joelho, do quadril e possivelmente da coluna vertebral lombar.

Nosso estudo condiz com os achados de Nasser, Mello e Ávila [5], que observaram que o salto mais alto gera uma maior sobrecarga na região anterior do pé, o que por nós foi observado com maior ação do tibial anterior.

Segundo Starkey e Ryan [1], no momento do contato inicial do calcâneo, o tríceps sural está praticamente sem atividade. Em estudo realizado com uso de salto alto em mulheres adultas [9], foi observado que o gastrocnêmio contrai com maior intensidade para produzir força requerida, para elevar o pé na fase de apoio médio até a retirada do calcâneo, e quando o calcâneo está elevado ocorre uma sobrecarga muscular. Os relatos de Amatuzzi e Greve [10] descrevem que este mesmo grupo muscular tem o início de sua atividade no meio da fase de apoio, de forma excêntrica, controlando a queda do corpo para frente. Porém, nesse estudo, os resultados mostraram que o tríceps sural teve um maior recrutamento de unidades motoras na fase do toque do calcâneo, enquanto outros autores descrevem que sua atividade deveria estar diminuída nessa fase, o que pode gerar alterações, a longo prazo, dolorosas e/ou adaptativas.

Foi observado que isto aumenta o gasto metabólico da marcha e resulta na aceleração da fadiga muscular. Esta sobrecarga nos músculos pode prejudicar a estabilidade do pé e causar entorses ou quedas [9].

A atividade muscular durante a marcha foi avaliada através de eletromiografia dinâmica e descrita por Amatuzzi e Greve [10]. Segundo estes autores, o grupo pré-tibial (tibial anterior, extensor do hálux e comum dos dedos) é responsável pela dorsiflexão, possui uma ação excêntrica durante o contato inicial, evitando que a porção anterior bata contra o solo. Possui uma ação concêntrica no momento que inicia a oscilação, evitando que os dedos se choquem no chão.

O grupo dos flexores do pé (sóleo/gastrocnêmio) inicia sua atividade no meio da fase de apoio, através de uma ação excêntrica onde controla a queda do corpo para frente; na fase de apoio, inicia uma contração concêntrica do tríceps sural, que mantém a altura da pelve; na fase de duplo apoio, a atividade muscular ajuda no desvio da força que leva o centro de gravidade para trás e, na força contrária, para frente.

Conclusão

Os grupos musculares não respondem da mesma forma com diferentes alturas de salto. O salto baixo assemelha-se à atividade muscular da marcha descalça, mas não reproduz a mesma marcha fisiológica. Já com o salto mais alto, existe uma sobrecarga muscular de tibial anterior e gastrocnêmio, não sendo este um calçado adequado para crianças. A maior ocorrência da fadiga muscular, causada pela sobrecarga, leva à diminuição da força dos músculos anteriores e posteriores da perna, o que pode reduzir a amplitude de movimentos normal do pé. Isto provavelmente acarretará prejuízos na fase de crescimento. Quando a limitação de movimentos vem acompanhada da diminuição da força, levando à fadiga, isto pode limitar a habilidade de responder a perturbações posturais. Os resultados sugerem que, para manter o conforto e reduzir o risco de lesão, é importante conscientizar as

crianças de evitar o salto alto, escolhendo sapatos com elevação do salto por volta de 2 cm.

Agradecimento

À Unifenas pela permissão da realização deste trabalho no Centro de Reabilitação em Biofeedback.

Referências

1. Starkey C, Ryan J. Marcha. In: Avaliação de lesões ortopédicas e esportivas. São Paulo: Manole; 2001. p.235-49.
2. Alves MGS, Oliveira A, Klavdianos ACD, Gonçalves CA. Forças de reação do solo durante a marcha de criança obesa e normal em diferentes tipos de solo. In: VII Congresso Brasileiro de Biomecânica; 1999; Florianópolis. Anais. Florianópolis: Centro de Educação Física e Desportos da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC; 1999. p.343-46.
3. Hennig EM, Staats A, Rosenbaum D. Plantar pressure distribution patterns of young school children in comparison to adult. *Foot Ankle Int* 1994;15:35-40.
4. Kendall FP, McCreary KE, Provance PG. Músculos, provas e funções. 4a ed. São Paulo: Manole; 1995.
5. Nasser JP, Mello SIL, Ávila AOV. Análise do impulso em calçados femininos em diferentes alturas de salto. Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica, 1999.
6. Dubo HIC, Peat M, Winter DA, Quanbury AO, Hobson DA, Steike T, Reimer G. Electromyographic temporal analysis of gait: normal human locomotion. *Arch Phys Med Rehabil* 1976;57:256-9.
7. Batistella RL, Saad M. Análise de marcha – manual do CAMO - SBMFR. São Paulo: Lemos; 1997.
8. Sullivan SOB, Schmitz TJ. Fisioterapia - avaliação e tratamento. 2a ed. São Paulo: Manole; 1993.
9. Gefen A, Megido-Ravid M, Itzhak Y, Arcan M. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait Posture* 2002;15:56-63.
10. Amatuzzi MM, Greve JMDA. Ortopedia e Traumatologia. São Paulo: Rocca; 1999. ■