

ANÁLISE CINEMÁTICA E CINÉTICA DA MARCHA NORMAL – UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

MAGANHOTO, T.F.¹; TORRO, T.E.C.¹; REBELO, P.M.G.²; FREITAS, T.H.²;
CAMPOS, A.O.²; RIBEIRO, D.C.L.²; OLIVEIRA, C.S.²

1. Faculdade de Ciências da Saúde (FCS-UNIVAP)
2. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D-UNIVAP)

Palavras-chave: marcha humana, caminhada, cinética, cinemática.

Área do Conhecimento: Ciências da Saúde

INTRODUÇÃO

A análise cinemática relaciona-se com o movimento relativo entre corpos rígidos e encontra aplicação na análise da marcha e de outros movimentos do corpo, nos quais, cada segmento do membro é considerado como um corpo rígido (SUTHERLAND; KAUFMAN; MOITOZA, 1998).

As medidas de movimento são realizadas com referência aos centros articulares, dessa forma, esses movimentos (e não os centros de massa) são os pontos de maior significância cinemática (BIAFORE, 1991).

Cinética é a descrição do movimento humano em termos de força e essas forças podem ser internas ou externas. Forças internas incluem o resultado da atividade muscular, força gerada pelo estiramento ou não-contratilidade e elasticidade do tecido mole e fricção interna. As forças externas são classificadas em: força de reação do solo, forças geradas por outras pessoas, cargas externas ou resistência (TREW, 1997).

As quantidades cinéticas que foram estudadas pelos pesquisadores da locomoção humana incluem parâmetros como força de reação do solo, a força transmitida através das articulações, a potência transferida entre os segmentos corporais (MEGLAN; TODD, 1998).

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi de realizar uma revisão de literatura sobre a análise cinemática e cinética da marcha normal,

através de pesquisa em bases de dados científicas e livros que abordam estes temas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente estudo foi realizada uma pesquisa bibliográfica através de visitas às bases de dados da Bireme (bases Lilacs e Medline), Scielo, Probe (Elsevier Science).

A busca nas bases de dados foi realizada sem período pré-determinado e de maneira circunstancial.

Utilizou-se inicialmente como critério de inclusão referências que continham nos títulos e/ou resumos as palavras-chaves cinética, cinemática, caminhada, marcha, locomoção humana e/ou músculos.

REVISÃO DA LITERATURA

Análise Cinemática da Marcha

A cinemática é a subdivisão da mecânica que trata da geometria do movimento, em relação com as forças que causam esse movimento. O movimento de deslocamento representa uma mudança de posição no espaço, e pode ser linear ou angular. O deslocamento é o meio pelo qual o movimento é medido (SUTHERLAND; KAUFMAN; MOITOZA, 1998).

A cinemática linear descreve o movimento em termos de deslocamento, velocidade e aceleração no espaço (MESSENGER, 1997).

A cinemática do movimento de rotação (cinemática angular) é importante para os fisioterapeutas porque muitos movimentos humanos envolvem rotação de segmentos do

corpo em torno do eixo articular. Atualmente a cinemática angular descreve o movimento em torno do arco, o termo usado é análogo ao usado na cinemática linear. Entretanto, a unidade de medida do movimento angular é diferente do movimento linear (SUTHERLAND; KAUFMAN; MOITOZA, 1998).

A análise cinemática relaciona-se mais com o movimento relativo entre corpos rígidos e encontra aplicação na análise da marcha e de outros movimentos do corpo, nos quais cada segmento do membro é considerado como um corpo rígido. Em geral, o movimento tridimensional de um corpo rígido é definido por seis quantificadores independentes, habitualmente, três translacionais e três rotacionais (SUTHERLAND; KAUFMAN; MOITOZA, 1998).

As técnicas elétricas, fotográficas, de filmes e vídeo e outras eletrônicas são usadas para calcular a posição e orientação de cada segmento corporal, de modo a reconstruir os movimentos que ocorrem. As medidas podem ser feitas em duas ou três dimensões, com métodos diretos (com contato no indivíduo) e indiretos (sem contato) (JOHANSON, 1998).

As medidas de movimento são realizadas com referência aos centros articulares, dessa forma, esses movimentos (e não os centros de massa) são os pontos de maior significância cinemática. Um fator relevante que deve ser observado previamente um estudo cinemático é o estágio de maturidade da marcha em que se encontra o indivíduo cuja deambulação será analisada (BIAFORE, 1991).

A capacidade de andar parece depender principalmente do amadurecimento do sistema de controle motor. O padrão de maturidade na dinâmica das variações angulares das articulações é bem estabelecido entre três e quatro anos de idade (BIAFORE, 1991).

O método simples para taxação e avaliação da função humana é pela observação visual. O uso do filme, vídeo ou fotografia, capacitam o movimento para ser observado com muitos detalhes, permitem mensurar e fornecer um registro permanente (TREW, 1997).

O termo eletromiografia é usado para descrever o sinal elétrico produzido como resultado da contração muscular, o método

de coleta desses sinais e os dados produzidos. Durante a atividade muscular, o sinal elétrico é produzido e pode ser registrado (HAMILL; KNUTZEN, 1993).

Análise Cinética da Marcha

Cinética é a descrição do movimento humano em termos de força e essas forças podem ser internas ou externas. Forças internas incluem o resultado da atividade muscular, força gerada pelo estiramento ou não-contratilidade e elasticidade do tecido mole e fricção interna. As forças externas são classificadas em: força de reação do solo, forças geradas por outras pessoas, cargas externas ou resistência (TREW, 1997).

A medida precisa dos movimentos fornece fundamentos sobre os quais se pode estabelecer a base da análise cinética. Como o movimento, a força é descrita por três componentes: magnitude, que indica a intensidade da força; direção, que requer a especificação de um sistema de coordenadas e sentido de deslocamento. As forças e os movimentos a elas associados são estudados pela cinética, que é parte da mecânica, um fato bastante importante para a análise cinética é de que a passagem suave do centro de massa do corpo é essencial para a marcha eficiente (INMAN; RALSTON; TODD, 1998).

A elevação do centro de massa começa no início do apoio simples durante a fase de desaceleração anterior. Quando o centro de massa atinge sua maior altura (aproximadamente 30% do ciclo da marcha), a energia potencial é máxima e a energia cinética é mínima. Essa relação recíproca entre energias potencial e cinética é mantida, mas a ordem se inverte durante o duplo apoio, no qual a energia cinética é máxima e a potencial está no nível mínimo. É necessária a ação muscular e há consumo de O₂ tanto para iniciar quanto para manter a marcha. Para que os movimentos de centro de massa sejam suaves, os movimentos dos membros inferiores e, em menor escala, dos membros superiores, devem ter trajetórias normais ou quase normais (SUTHERLAND; KAUFMAN; MOITOZA, 1998).

As quantidades cinéticas que foram estudadas pelos pesquisadores da locomoção humana incluem parâmetros como força de reação do solo, a força transmitida através das articulações, a

potência transferida entre os segmentos corporais. A cinética proporciona uma visão da causa da cinemática da locomoção observada (MEGLAN; TODD, 1998).

Força de Reação do Solo na Locomoção

As três leis do movimento desenvolvidas por Isaac Newton são uma parte importante da base matemática da avaliação da cinética da locomoção; mas a terceira lei é especialmente importante para a locomoção. Chamada Lei de ação e reação, afirma que as forças são sempre compostas aos pares, iguais e em direções opostas, de modo que se um corpo é empurrado contra o outro, o segundo empurrará de volta o primeiro, com força da mesma magnitude (HAMILL; KNUTZEN, 1993). Portanto, a força de reação do solo nada mais é do que uma aplicação direta da terceira lei de Newton.

Na locomoção, na qual as mudanças na força são controladas pela musculatura corporal, a força exercida pela superfície de marcha contra o pé é chamada força de reação do solo (MEGLAN; TODD, 1998).

A direção e a magnitude da força de reação coincide com a direção e a magnitude do movimento do centro de massa do corpo (CAMPOS *et al*, 2001).

A força de reação do solo ou do piso comum é uma resposta às ações musculares e ao peso do corpo, transmitidos pelos pés. Durante a marcha, os dois pés ficam em contato com o piso simultaneamente em cerca de $\frac{1}{4}$ do tempo, e os efeitos no centro de massa do corpo (ou centro de gravidade do corpo) resultam da soma das forças de reação que atuam em ambos pés. Durante os $\frac{3}{4}$ de tempo restantes, apenas a força de reação nesse pé influencia o movimento do centro de massa do corpo (MEGLAN; TODD, 1998).

Para avaliar a força de reação com relação ao movimento do corpo, costuma-se usar as plataformas de força. As plataformas de força podem utilizar vários princípios físicos diferentes para converter as cargas em sinais elétricos proporcionais à direção e à magnitude das cargas. Assim, a força de reação sob um único pé é dividida em uma força vertical (direcionada para cima), duas forças de cisalhamento horizontais (de progressão, para frente e para trás, e laterais, direita e esquerda), o momento normal e o centro de pressão (o ponto no

qual toda a carga pode ser aplicada ao pé) (CAMPOS *et al*, 2001).

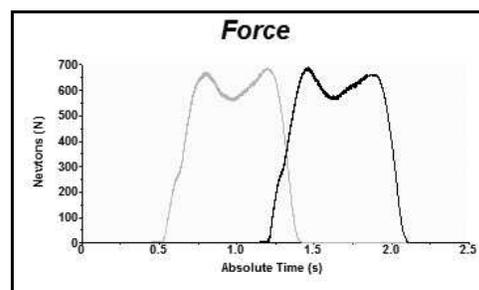


FIGURA 1 – Gráfico demonstrando a força vertical de reação do solo em Newtons (N) por tempo Absoluto (s) de ambos os pés durante uma passada por uma plataforma de força (Software Gaitway)

A Figura 1 mostra duas curvas sucessivas (pés direito e esquerdo) de força de reação do solo obtidas após uma coleta de dados na esteira instrumentada do sistema de análise de marcha Gaitway – Kistler.

CONCLUSÃO

Através dessa revisão foi possível verificar a importância deste tema no entendimento da biomecânica do movimento humano normal, servindo como base para a compreensão de possíveis alterações nos mecanismos do movimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIAFORE, S.; CONTTRELL, G.; FOCHT, T.; KAUFMAN, K.; WYATT, M.; SUTHERLAND, D. Neuronal networks analysis of gait dynamics. *Trans. Orthop. Res. Soc*, 1991, nº16, p 255.

CAMPOS, A. O.; FREITAS, T. H.; HÜTTEN, P.; MOCHIZUKI, L. Análise das alterações biomecânicas da marcha durante a adaptação da caminhada em esteira; TG-UNIVAP 2001.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. Análise do movimento. In: **Biomecânica Básica**; 1ª Ed, Rio de Janeiro; Guanabara Koogan, 1993.

INMAN, V. T.; RALSTON, H. J.; TODD, F.; A locomoção humana. In: ROSE, J; GAMBLE, J. **Marcha Humana**; 2ª ED; São Paulo; Premier, 1998.

JOHANSON, M.E.; Laboratório da marcha; Estrutura e coleta de dados. In: ROSE, J.; GAMBLE, J.; **Marcha Humana**. 2: Ed; São Paulo: Premier, 1998, p 213,218-219.

MEGLAN, D; TODD, F; Cinética da locomoção humana. In: ROSE, J; GAMBLE, J; **Marcha Humana**. 2 Ed; São Paulo: Premier, 1998, p 77-101.

MESSENGER, N.; Biomechanics. In: TREW, M.; EVERETT, T. **Human movement – An Introductory Text**. 3: Ed; New York: Churchill Livingstone, 1997, p26-28.

SUTHERLAND, D.H.; KAUFMAN, K.R.; MOITOZA, J.R. Cinemática da marcha humana normal. In: ROSE, J; GAMBLE, J; **Marcha Humana**. 2: ed; São Paulo: Premier, 1998, p 23-44.

TREW, M.; EVERETT, T. Evaluating and Measuring Human Movement. In: **Human movement – An Introductory Text**. 3: Ed; New York: Churchill Livingstone, 1997b, p 226-240.