



VI Congresso SulBrasileiro de Ciências do Esporte

“Pensando a Educação Física Escolar e Não-Escolar: estratégias na constituição de saberes”

13 a 15 de Setembro de 2012 - FURG

UTILIZAÇÃO DE UM PROGRAMA MATEMÁTICO PARA ANÁLISE MECÂNICA E ENERGÉTICA DA LOCOMOÇÃO HUMANA

Rodrigo Gomes da Rosa
Jorge Luiz Lopes Storniolo Junior
Henrique Bianchi Oliveira

Laboratório de Pesquisa do Exercício – Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

A análise da locomoção humana pode ser realizada através de métodos fisiológicos e biomecânicos. Para tanto, utiliza-se a calorimetria indireta e a cinemetria como técnicas para aquisição dessas variáveis. A calorimetria indireta fornece dados ventilatórios e metabólicos, como consumo de oxigênio (VO_2), relacionados ao exercício. A cinemetria consiste na mensuração de dados espaço temporais para a análise do movimento humano e baseia-se na utilização de câmeras para filmagem e, posteriormente, digitalização de pontos anatômicos de referência. Após esse processo, os valores de posição desses pontos são identificados no formato de uma matriz numérica. Contudo, necessita-se que ambos os dados (fisiológicos e biomecânicos) sejam processados para obtenção do resultado final. Diante disso, torna-se necessário a utilização de um programa que seja capaz de processá-los de acordo com as variáveis da pesquisa. Um desses programas é o LabVIEW, que permite ao pesquisador desenvolver rotinas matemáticas para visualizar os resultados numérica e graficamente. O objetivo deste trabalho é descrever o processo de formulação de duas rotinas matemáticas para análise mecânica e energética da locomoção humana, através da utilização do software LabVIEW. Os resultados são demonstrados através de rotinas matemáticas utilizadas no desenvolvimento de estudos ligados à caminhada e corrida.

Palavras-chave: LabVIEW, cinemática, consumo de oxigênio, locomoção

ABSTRACT

The human locomotion analysis can be performed using physiological and biomechanics methods. This way, indirect calorimetry and kinematic techniques are used for acquisition of these variables. The indirect calorimetry and kinematic are techniques used for to acquisition of variables

physiological and biomechanical variables, respectively. The indirect calorimetry provides data as the oxygen uptake (VO_2). The kinematics consists in measurement the spatiotemporal variables for analysis of human movement, and is based on the utilization of cameras for record and then digitizing anatomical reference points. After this process, the value of position this markers are identified in numeric matrix format. However, are needed data from both (physiological and biomechanics) to be processed for obtaining the final result. Therefore, it is necessary to use a program that is able to process it according to the research variables. One such program is LabVIEW, which allows the researcher to develop mathematical routines to display the results numerically and graphically. The aim of this paper is to describe the process of formulation of two mathematical routines for analysis and mechanical energy of human locomotion, using the LabVIEW software. The results are demonstrated through mathematical routines used in the development of studies related to walking and running.

Key words: LabVIEW, kinematic, oxygen uptake, locomotion

RESUMEN

El análisis de la locomoción humana puede ser realizado a través de métodos fisiológicos y biomecánicos. La calorimetría indirecta y la cinemetría son técnicas utilizadas para adquirir variables fisiológicas y biomecánicas, respectivamente. La calorimetría indirecta proporciona datos ventilatorios y metabólicos relacionados al ejercicio como el consumo de oxígeno (VO_2). La cinemetría proporciona datos espacio temporales para análisis del movimiento humano, utilizando cámaras de filmación e posteriormente, en la digitalización de puntos anatómicos de referencia. Después de este proceso, los valores de posición de estos puntos son identificados en una matriz numérica. Sin embargo, se necesita que ambos datos (fisiológicos y biomecánicos) sean procesados para obtener el resultado final. De este modo, es necesario utilizar un programa que sea capaz de procesarlos de acuerdo con las variables de estudio. Uno de esos programas es el LabVIEW, que permite al investigador desarrollar rutinas matemáticas para visualizar los resultados numérica y gráficamente. El objetivo de este trabajo es describir el proceso de formulación de dos rutinas matemáticas para análisis mecánico y energético de la locomoción humana, utilizando el software LabVIEW. Los resultados son demostrados por rutinas matemáticas utilizadas en el desarrollo de estudios ligados a la caminata y a la corrida.

Palabras claves: LabVIEW, cinemática, consumo de oxígeno, locomoción

INTRODUÇÃO

A mecânica e energética da locomoção humana é tema de estudos que buscam a integração entre duas áreas que se complementam no estudo do movimento humano: a biomecânica e a fisiologia do exercício. Os equipamentos da biomecânica permitem avaliar forças internas e externas, ângulos, entre outras variáveis (AMADIO *et al.*, 1999), mensuradas através da cinemetria, com a utilização de câmeras filmadoras em conjunto com um programa de aquisição e reconstrução de imagens (bi ou tridimensional, BARROS *et al.*, 1999). Equipamentos específicos da fisiologia permitem obter diversos parâmetros ventilatórios e metabólicos, principalmente o consumo de oxigênio.

A coleta de dados ocorre segundo padrões descritos na literatura. Um dos modelos utilizados corresponde a colocação de nove pontos reflexivos sobre referências anatômicas (KABADA *et al.*, 1990), a representação de cada segmento é realizada quando a imagem é reconstruída. A partir da matriz numérica, obtida através da reconstrução dos segmentos no espaço, calcula-se matematicamente as variáveis desejadas. Em conjunto com os dados mecânicos, são coletados os dados de consumo de oxigênio, que também são descritos em uma matriz numérica e processados matematicamente para obtenção das variáveis.

O tipo de rotina matemática é dependente do problema de cada estudo realizado. Dentre os programas matemáticos utilizados para a construção de rotinas, o *software LabVIEW* (National Instruments, USA) vem sendo utilizado na metodologia desses estudos. Uma das justificativas para utilização deste programa é seu ambiente gráfico que proporciona ótimos desempenhos e interfaces gráficas funcionais (GONÇALVES *et al.*, 2011). Como exemplo da sua utilização em estudos de locomoção, podemos observar a figura criada por Minetti *et al.* (2011) que representa a trajetória do centro de massa (CM) durante a caminhada e corrida em diferentes velocidades. Esta figura foi desenvolvida a partir do processamento de dados realizado em *LabVIEW*.

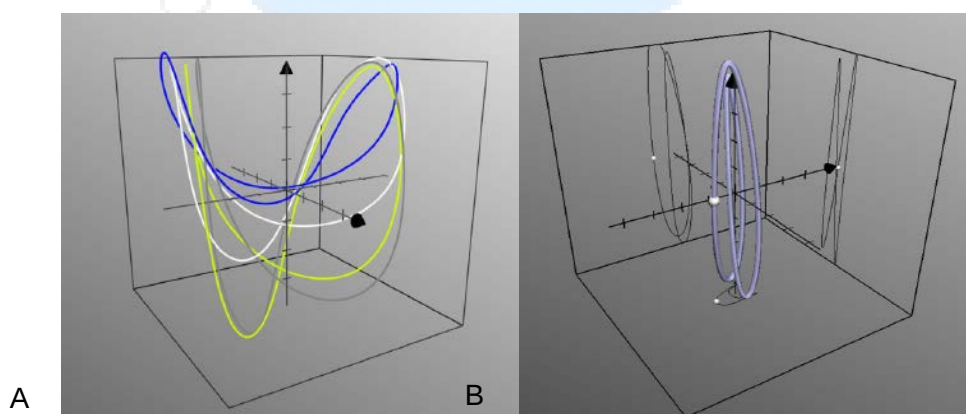


Figura adaptada de Minetti *et al.* (2011). A) Média da trajetória do Centro de Massa (CM) nas velocidades de caminhada (3- azul, 4- branco, 5- verde 6- amarelo km.h^{-1}). Os contornos mais

elevados referem-se às velocidades mais baixas. B) Média da trajetória do CM durante a corrida à 10 km.h^{-1} . Quando o sujeito é visto do lado direito, o CM se move ao longo de um caminho no sentido horário.

Após a coleta de dados, o processamento necessário para a obtenção dos resultados, e a construção de gráficos, podem ser realizados em um ambiente de programação. Na área de análise da mecânica e energética do movimento humano são utilizados principalmente dois programas para isso: o *MATLAB* (GEYER, *et al.*, 2006; CHOI e BASTIAN, 2007; FONG, *et al.*, 2008) e o *LabVIEW* (KERDOK, *et al.*, 2002, OLIVEIRA *et al.*, 2011). O programa *LabVIEW* é amplamente utilizado em diferentes áreas, desde a robótica, engenharia de produtos, engenharia espacial até a locomoção humana e devido a especificidade de cada área o seu uso é ligado ao problema que se procura resolver. A interface do programa *LabVIEW* permite uma manipulação mais “intuitiva” do processamento dos dados, nomeadamente um tipo de programação orientada a objetos, diferentemente dos programas não orientados ao objeto, tais como *MATLAB*, C, Pascal. O processo utilizado pode ser resumido através do comportamento do fluxo de dados, desde os dados de entrada advindos dos equipamentos específicos até o processo que envolve a manipulação das matrizes numéricas descrito em detalhes na metodologia deste estudo (ver fig. 2).

O objetivo deste estudo foi descrever o processo de criação e desenvolvimento de rotinas matemáticas e apresentar resultados obtidos com a utilização do programa *LabVIEW*, para análise da mecânica e energética da locomoção.

METODOLOGIA

A organização dos dados é importante para que a construção da rotina matemática seja facilitada. Os dados de entrada e saída são divididos em pastas, nomeadas como *DATA IN* e *DATA OUT*, respectivamente. Na rotina são expressos os endereços dos dados para que sejam processados. O software *LabVIEW* possui dois painéis, sendo um deles o *BLOCK DIAGRAM* onde é realizada a programação através de diversos itens disponíveis, como equações, operações matemáticas, filtros, razões trigonométricas, entre outros, que auxiliam na obtenção das variáveis e também o *FRONT PANEL* onde são visualizados os resultados numérica e graficamente.

Para o processamento dos dados cinemáticos e metabólicos, foram criadas duas rotinas complementares, com objetivo de obtenção dos resultados. Na figura 2, podemos observar um exemplo do fluxo de dados sendo processados no *LabVIEW*.

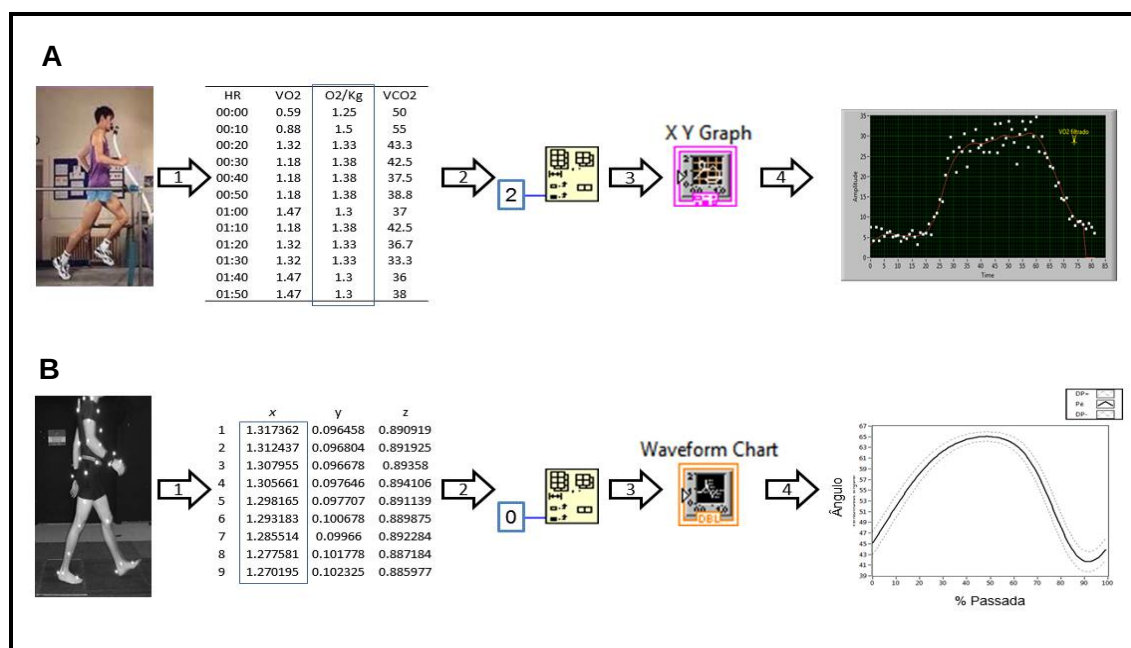


Figura 2. A) Exemplo do fluxo de dados de consumo de oxigênio; 1- após a coleta, os dados numéricos são dispostos em forma de matriz; 2 - uma coluna é selecionada; 3 - os dados selecionados são colocados em uma função de gráfico (*Graph*); 4 - os resultados são apresentados em pontos graficamente. B) Exemplo do fluxo de dados cinemáticos; 1 - após a coleta dos dados cinemáticos, os dados numéricos são dispostos em forma de matriz; 2 - uma coluna é selecionada; 3 - os dados selecionados são colocados em uma função de gráfico (*Waveform Chart*); 4 - os resultados são apresentados em percentual da passada no gráfico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As rotinas desenvolvidas para análise dos dados mecânicos e energéticos seguiram a mesma lógica de programação, que consistiu, de forma geral, nos seguintes passos. Primeiramente, foi informado o local de origem dos dados brutos, fornecidos em arquivos no formato *txt*, com os dados organizados em colunas. As colunas de interesse foram recortadas da matriz para processá-las separadamente, permitindo que o pesquisador realize uma análise qualitativa dos dados a fim de identificar possíveis dados anormais.

O programa permite a utilização de diferentes tipos de filtros, como os passa-baixa, passa-alta, passa-banda, entre outros. Normalmente, a análise é baseada na repetição do mesmo fenômeno, por exemplo, a caminhada dividida por ciclos de passada. Para isso, o programa possui uma ferramenta, identificada como *Loop*, que processa a matriz de dados repetindo a operação programada n vezes, seguindo a lógica de “ $n-1$ ” a cada repetição.

Após a realização do processamento dos dados, os resultados podem ser expressos sob a forma de gráficos e salvos em uma pasta indicada. Pode-se criar uma matriz com todos os resultados agrupados em um mesmo arquivo, facilitando o processo de transferência dos mesmos para o programa estatístico.

As rotinas desenvolvidas forneceram os seguintes resultados: tempo de passada (s), comprimento de passada (m), frequência de passada (Hz), tempo de contato (s), tempo de balanço (s), índice de simetria do tempo de contato (%), coeficiente de variação (CoV) do tempo de passada (%), CoV do comprimento de passada (%), CoV da frequência de passada (%), CoV do tempo de contato e do tempo de balanço (%) – da parte mecânica – e custo de transporte ou economia de movimento ($J \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$), potência metabólica platô do consumo de O_2 ($W \cdot kg^{-1}$), médias do consumo de oxigênio de repouso e de exercício ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) – da parte energética.

Com a construção das rotinas supracitadas, foi possível realizar a análise do fenômeno de interesse (caminhada e corrida) do ponto de vista mais integrativo da locomoção, investigando a fonte energética e a mecânica do movimento, e suas interferências, como já referenciado em outros estudos (SAIBENE e MINETTI, 2003; CAVAGNA, 2010; PEYRÉ-TARTARUGA, 2008).

CONCLUSÃO

Através do *software LabVIEW*, foi possível criar rotinas matemáticas capazes de responder aos objetivos propostos pelos pesquisadores. Porém, é preciso um conhecimento sobre aspectos: i) algoritmos, ii) matemático e iii) de conteúdo (mecânica e energética de locomoção). A produção das rotinas permitiu um controle de todo o processamento das variáveis de interesse, referentes à mecânica e energética da locomoção humana.

REFERÊNCIAS

AMADIO, A. C.; COSTA, P. H. L.; SACCO, I. C. N.; SERRÃO, J. C.; ARAUJO, R.C.; MOCHIZUKI, L. E.; DUARTE, M. Introdução à análise do movimento humano - descrição e aplicação dos métodos biomecânicos de medição. *Revista brasileira de fisioterapia*, São Carlos, v. 3, n. 2, 1999.

BARROS, R. M. L.; BRENIKOFER, R.; LEITE, N. J.; FIGUEROA, P. J. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise tridimensional de movimentos humanos. *Revista brasileira de engenharia biomédica*, Campinas, p. 79-86, 1999.

CAVAGNA, G. Symmetry and asymmetry in bouncing gaits. *Symetry*, Basel, v. 2, p. 1270-1321, 2010.



VI Congresso SulBrasileiro de Ciências do Esporte

“Pensando a Educação Física Escolar e Não-Escolar: estratégias na constituição de saberes”

13 a 15 de Setembro de 2012 - FURG

CHOI, J. T.; BASTIAN, A. J. Adaptation reveals independent control networks for human walking. *Nature neuroscience*, New York, v. 10, n. 8, p. 1055-1062, 2007.

FONG, D. T. P.; LAM, M. H.; LAO, M. L. M. Effect of medial arch-heel support in inserts on reducing ankle eversion: a biomechanics study. *Journal of orthopedic surgery and research*, Hong Kong, v. 3, n. 7, 2008.

GEYER, H.; SEYFARTH, A.; CLICKHAN, R. Compliant leg behavior explains basic dynamics of walking and running. *Proceedings of the royal society*, London, v. 273, p. 2861-2867, 2006.

OLIVEIRA, H. B.; SCHUCH, C. P.; BALBINOT, G.; FARIA, M. Comparação da variabilidade dos parâmetros espaço temporais e índice de simetria em cinco velocidades de caminhada em um idoso saudável e um idoso hemiparético. *Tecnicouro*, Novo Hamburgo, v. 1, p. 76-81, 2011.

KABADA, M.; RAMAKRISHNAN, H.; WOOTTEN, M. Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *Journal of Orthopedic Research*, Lexington, v. 8, p. 383-392, 1990.

KERDOK, A. E.; BIEWENER, A. A.; MCMAHON, T. A.; WEYAND, P. G.; HERR, H. Energetics and mechanics of human running on surfaces of different stiffnesses. *Journal of Applied Physiology*, Maryland, v. 92, p. 469-478, 2002.

PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. *Energética e mecânica da caminhada e corrida humana, com especial referência à locomoção em plano inclinado e efeitos da idade*. 2008. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências do Movimento Humano) – Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SAIBENE, F.; MINETTI, A. E. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. *European Journal Applied Physiology*, London, v. 88, p. 297-316, 2003.

GONÇALVES, J.; BATISTA, J.; ROCHA, J.; BARBOSA, T. M. Análise em tempo-real da variação intra-cíclica da velocidade de atletas: uma abordagem baseada em LabVIEW. 4º CONGRESSO NACIONAL DE BIOMECÂNICA. Coimbra, Portugal, 2011.