

Estudo das diferenças de energia mecânica entre o andar e o correr em diferentes velocidades na esteira rolante

Mechanical energy differences between walking and running at different velocities on treadmill

■ **Sônia C. Corrêa**

Laboratório de Eletromiografia e Biomecânica da Postura, Faculdade de Educação Física, UNICAMP

Alberto C. Amadio

Laboratório de Biomecânica, Escola de Educação Física e Esportes, USP

Ulrich Glitsch

Instituto de Biomecânica, Escola Superior Alemã de Esportes, Colônia, Alemanha

Wolfgang Baumann

Instituto de Biomecânica, Escola Superior Alemã de Esportes, Colônia, Alemanha

* Apoio financeiro CAPES, DAAD, FAPESP.

RESUMO

CAVANAGH (1990) relatou uma variação de 170 a 1700 w na potência da corrida entre 3,3 e 3,9 m/s, isto calculado por seis diferentes autores. O objetivo deste trabalho foi analisar as curvas de energia mecânica de seis indivíduos para o andar e o correr. Os indivíduos foram filmados enquanto andavam a 1,5 m/s e corriam a 3,0 e 4,0 m/s na esteira rolante. As componentes da energia mecânica foram calculadas se utilizando as equações descritas por ZATSIORSKY et al.(1987). Com relação às diferenças entre o andar e o correr: a) no andar a maior contribuição para a alteração total advém da energia interna, enquanto para a corrida deriva da energia externa; b) a energia interna e externa estão em fase no andar e em oposição no correr. Ao comparar as variações entre as duas velocidades de corrida: a) com o aumento da velocidade, o aumento médio da contribuição da energia interna para a alteração total foi de em torno de 72% e da energia externa de 36%; b) não houve alteração na contribuição da energia potencial para a energia externa; c) o aumento na energia interna era principalmente dependente do aumento na energia cinética.

Palavras-Chave: Energia mecânica, Andar, Correr, Esteira rolante, Videografia.

ABSTRACT

CAVANAGH (1990) described a variation from 170 to 1700 W in power output for the same movement (running at 3.6 m/s) calculated by six different authors. The purpose of this investigation was to analyze the mechanical energy curves for six subjects while walking and running. The subjects were filmed while walking at 1.5 m/s and running at 3.0 and 4.0 m/s on a treadmill. The components of mechanical energy were calculated using the equations described by ZATSIORSKY *et al.* (1987). In relation to the differences between walking and running: a) in walking the greatest contribution to the total change derived from the internal energy, while in running it derives from the external energy; b) the internal and external energy were in phase in walking, and in opposition in running. Comparing the variations in the two velocities of running: a) with the increase in velocity, the average increase in the total contribution of the change in internal energy was about 72% and of the external energy 36%; b) there was no change in the contribution of the potential energy to the change in external energy; d) the increase in the internal energy was dependent on the increase in the kinetic energy.

Key Words: Mechanical energy, Walking, Running, Treadmill, Videography

INTRODUÇÃO

Desde o trabalho pioneiro de FENN (1930), vários pesquisadores têm estudado a forma de determinar a energia mecânica durante o movimento. Energia pode ser definida como a capacidade de realizar trabalho, e a energia mecânica como a energia que o corpo apresenta em função do movimento, por causa de sua posição relativa à superfície da terra ou porque foi empurrado ou puxado para fora de sua forma normal (HAY & REID, 1982). Na mecânica clássica (KITTEL *et al.*) a energia cinética é definida como a energia de movimento das diferentes partes do corpo e a energia potencial como o trabalho necessário para levar um corpo sem aceleração de um ponto inicial, que denominamos de ponto de energia zero, a um ponto específico, sendo pois uma função do lugar.

Um dos maiores problemas para calcular a energia durante o movimento humano, é que este é um sistema não-conservativo e portanto parte da energia é dissipada e parte é utilizada no movimento. Além disso existem diferentes maneiras de se recuperar a energia mecânica durante o movimento, o que pode nos levar a erros no resultado final, gerando valores maiores ou menores que o valor real. Segundo ZATSIORSKY *et al.* (1987) as três possibilidades de recuperação de energia mecânica conhecidas pelo homem são: a) a transformação de energia cinética em energia potencial e ao contrário; b) a transferência de energia cinética de uma parte do corpo para outra e c) a transformação de energia cinética do movimento em energia elástica do músculo e do tendão e ao contrário.

Existem vários procedimentos para cálculo de energia, hoje, se registrarmos padronizadamente os dados de cinemetria e de dinâmica do movimento de um determinado indivíduo e realizarmos, segundo diferentes autores, os cálculos específicos, obteremos resultados completamente diferentes para a estimativa de energia para o movimento selecionado. WILLIAMS & CAVANAGH (1983) encontraram para uma mesma situação de pesquisa valores para a potência que variaram de 273 a 1775 watts, dependendo das suposições específicas feitas em cada

método e dos cálculos computacionais empregados pelos diferentes autores. Para MORTON (1985) as variações encontradas por esses autores são simplesmente derivadas da utilização da mecânica Newtoniana, que depende das variações de massa e aceleração dos indivíduos estudados. O que observamos é que não existe uma única forma de cálculo aceita como a mais adequada e padronizada para a estimativa de energia e trabalho realizado pelo corpo humano.

CAVANAGH (1990) relata uma variação ainda maior nas estimativas de potência em corrida entre 3,3 e 3,9 m/s, com valores variando de 170 a 1700W (**Tabela 1**), apontando como principais fatores que contribuem para o erro: o armazenamento de energia elástica, a transferência de energia entre os segmentos, o custo do trabalho positivo versus o do trabalho negativo, e os métodos numéricos utilizados nos cálculos. Portanto, o que distingue basicamente um procedimento do outro não é só a metodologia de aquisição e registro dos dados mas também o fundamento teórico que suporta a rotina para os cálculos específicos.

Um dos maiores problemas gerados por esta grande variedade de fatores que interferem no cálculo da energia mecânica é que torna muito difícil comparar e compreender resultados apresentados por diferentes autores para o mesmo movimento assim como acompanhar diferenças entre movimentos diferentes (andar e correr) ou alterações decorrentes de diversas velocidades do mesmo movimento (correr) (CORRÊA, 1996).

O objetivo deste trabalho foi descrever as diferenças encontradas nas variações de energia mecânica entre o andar a 1,5 m/s e o correr a 3,0 m/s e 4.0 m/s nos mesmos indivíduos no movimento executado na esteira rolante.

METODOLOGIA

O estudo utilizou como procedimentos de mensuração a cinemetria, a antropometria. Para a cinemetria foram utilizadas duas câmeras de vídeo com capacidade de filmagem de 50 Hz, a partir das quais se obteve um registro do andar a 1,5 m/s e do correr a 3,0 m/s de 6 indivíduos na esteira rolante. O modelo antropométrico utili-

TABELA 1 - Estimativas da potência final durante corrida com velocidade entre 3,3 e 3,9 m/s, de sete grupos diferentes de autores (CAVANAGH, 1990)

AUTORES	MÉTODOS	POTÊNCIA ESTIMADA (W)
FUKUNAGA <i>et al.</i> (1978)	1	343
CAVANAGH <i>et al.</i> (1989)	2	556
NORMAN <i>et al.</i> (1976)	3	172
GREGOR & KIRKENDAL (1978)	3	163
LUHTANEN & KOMI (1978)	3	1650
WILLIAMS & CAVANAGH (1983)	1-4	273-1775
MARTIN & MORGAN (1989)	1,4	10-17 x (PC em kg)

Métodos utilizados:

1. Somente Centro de Massa (C.M.);
2. C.M. mais movimento dos membros com relação ao C.M.;
3. Pseudo trabalho;
4. Análise segmentar (incluindo transferência de energia)

mação foi o modelo de DEMPSTER (1955) como descrito por WINTER (1979), o qual se baseia em 13 segmentos: considerando os segmentos pé, perna, coxa, mão, antebraço e braço para os dois lados, e o tronco como um único segmento acoplado à cabeça. O indivíduo antes de ser filmado recebeu uma marcação especial em pontos anatômicos específicos e estes pontos foram digitados e armazenados se utilizando o programa "Vídeo" desenvolvido no Instituto de Biomecânica de Colônia (CORRÊA, 1996). Do mesmo Instituto foi utilizado um programa denominado "Energia" que calculava os parâmetros da energia mecânica como proposto por ZATSIORSKY *et al.* (1987) seguindo as fórmulas como descrito abaixo:

$$E_{\text{tot}} = \underbrace{mgh + \frac{1}{2} m v_{C.G.}^2}_{E. \text{ Externa}} + \underbrace{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2} m_i v_{i,C.G.}^2 + \frac{1}{2} I_i \omega_i^2 \right)}_{E. \text{ Interna}} \quad (1)$$

Onde:

- m: a massa do corpo todo
- g: aceleração da gravidade
- h: altura do C.M.
- $v_{C.G.}$: velocidade do C.M.
- m_i : massa do segmento i
- $v_{i,C.G.}$: velocidade do segmento i com relação ao C.M.
- I_i : momento de inércia do segmento i com relação ao eixo latero-lateral.
- ω_i : velocidade angular do segmento i com relação à coordenada fixa do laboratório.

Obs. Os parâmetros são válidos para todas as equações.

Os primeiros dois termos do lado direito da equação representam a energia mecânica total do C.M. - energia potencial e cinética do C.M. - e a soma sendo denominada energia externa. O terceiro termo - soma da energia cinética dos segmentos (i a n) com relação ao C.M. com a energia rotacional dos mesmos segmentos - denominado energia interna. A energia elástica do sistema locomotor não foi considerada pois o seu cálculo ainda é um problema a ser resolvido satisfatoriamente pela literatura.

Portanto das diferentes formas de energia mecânica são neste estudo somente consideradas as energias potencial, cinética e rotacional, do corpo como um todo e dos segmentos.

A energia potencial (E_{pot}) para o corpo como um todo deriva do cálculo da energia potencial das partes, isto é, dos diferentes segmentos:

$$E_{\text{pot}} = \sum_{i=1}^n m_i g h_i = m g h_{C.G.} \quad (2)$$

Onde:

 h_i é a altura do C.M. do segmento.

A energia cinética do corpo todo pode ser definida como a soma da energia cinética do C.M. com a energia cinética dos segmentos em relação ao C.M.

$$E_{\text{cin}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \frac{1}{2} m v_{C.G.}^2 + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i v_{i,C.G.}^2 \quad (3)$$

A energia rotacional total do corpo humano se obtém através de:

$$E_{rot} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} I_i \omega_i^2 \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Podemos observar na **FIGURA 1** as curvas de energia total na marcha para os seis indivíduos estudados.

No andar a curva de energia total alcança o máximo na fase de apoio simples (após LTO) e o mínimo um pouco antes do início do contato do pé com o solo (antes de LHS). As curvas apresentam padrões muito semelhantes, com variações consideradas normais devido a diferenças no comprimento e frequências de passada assim como nos parâmetros antropométricos. Especialmente a estatura e a massa dos indivíduos influencia o resultado da energia total, pela interferência direta tanto no cálculo da energia potencial como no da energia cinética, sendo que ao estudarmos as variações entre máximo e mínimo das curvas estes parâmetros passam a não influir diretamente nas comparações.

Na **FIGURA 2** observamos as curvas de energia total para a corrida a 3,0 m/s para os seis

indivíduos testados.

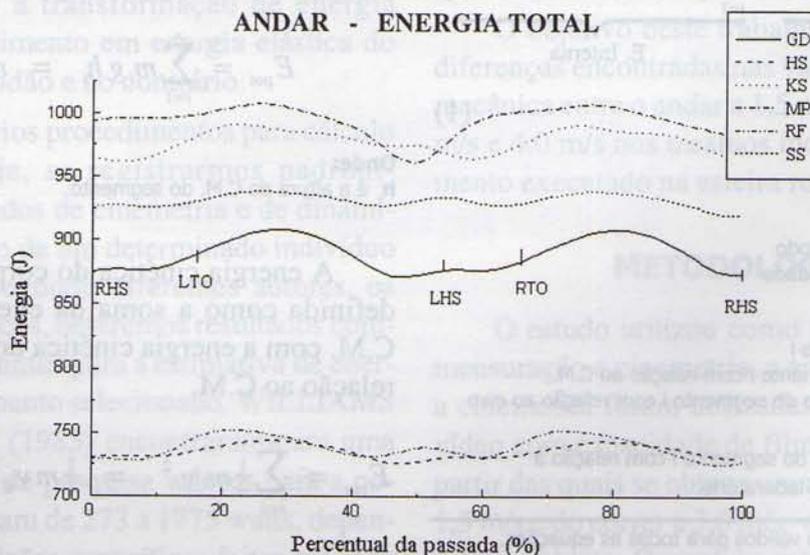
Na corrida a curva para quase todos os indivíduos alcança o seu valor máximo durante a fase de vôo (RTO - LHS) sendo o mínimo alcançado na fase de pé plano no solo (após RHS). Como esperado as variações na corrida são maiores que as ocorridas no andar, sendo em média para todos os corredores 2,5 vezes maior com exceção para MP que foi de 1,2 vezes e para SS que foi de 6,8 vezes.

Para melhor compreendermos o que acarreta as alterações na curva de energia total no andar e no correr iremos a partir de agora descrever o comportamento das curvas que compõe a curva de energia total - energia externa e interna, mas com exemplos para somente um dos indivíduos, no andar para GD e no correr para SS.

Na **FIGURA 3a, b** podemos observar as curvas de energia externa e interna para o andar e correr para os dois indivíduos.

No andar pode-se dizer que a curva de energia interna está em fase com a curva de energia externa (**FIGURA 3a**), conquanto o valor máximo alcançado pela curva na energia externa aconteça pouco após o máximo da curva da energia interna. Como a energia total é o resultado da soma da energia externa com a interna, e estas tem o mesmo comportamento, as curvas alcançam o máximo e o mínimo nas mesmas fa-

FIGURA 1 - Curvas de energia total do andar a 1,5 m/s para os seis indivíduos testados.



ses temporais que a energia total, respectivamente durante o apoio simples (após LTO) e antes do início do contato do pé com o solo (antes de LHS). Se compararmos as variações nas energias interna, externa e total (diferença máximo - mínimo na curva) verificamos que para os indivíduos em geral a contribuição da energia interna é maior que a da energia externa para a variação na energia total, sendo MP a exceção. Estes dados estão de acordo com o também descrito por ZATSIORSKY *et al.* (1987) Em outras palavras, para a nossa amostra, no andar, o indivíduo necessita para os movimentos dos braços e das pernas com relação ao C.M., mais energia do que para o movimento à frente, sendo a energia gerada principalmente pelos segmentos que realiza a maior contribuição para a energia total.

Na corrida as curvas de energia interna e externa se encontram em oposição (FIGURA 3b). Isto significa que após a fase de início do contato do pé no chão enquanto a curva de energia interna aumenta a curva de energia externa cai. A energia externa alcança um máximo durante a fase de voo e o mínimo após a fase de contato, ocorrendo o contrário para a curva de energia interna. Ao contrário do apresentado na marcha a maior contribuição para a variação na energia total em cada passada é a variação na energia externa. Os resultados da comparação nos mostram que as va-

FIGURA 2 - Curvas de energia total no correr a 3,0 m/s para os seis indivíduos testados.

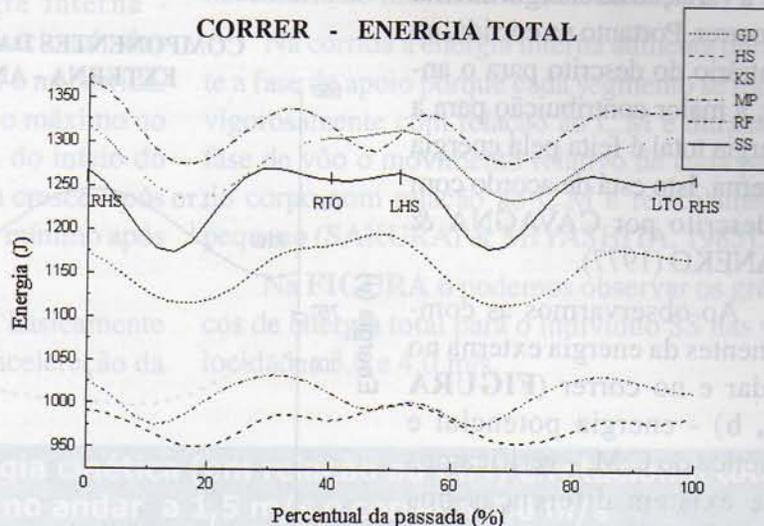
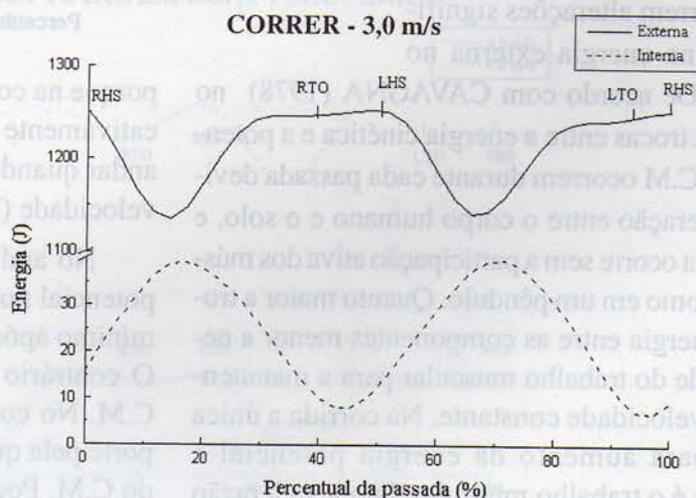
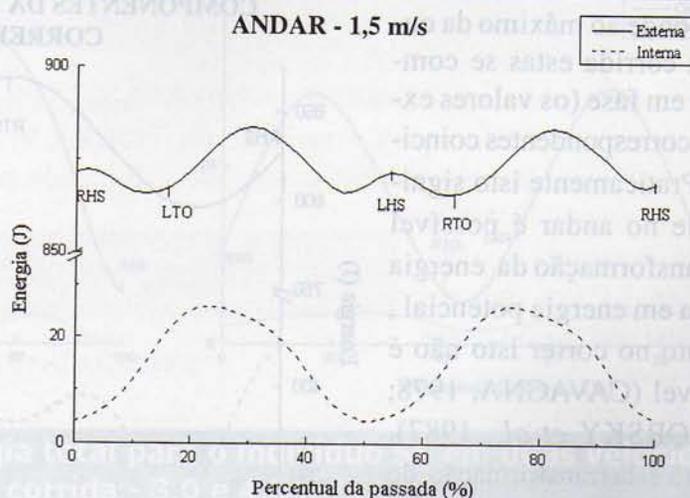


FIGURA 3 - Curvas de energia interna e externa no andar a 1,5 m/s (a) e no correr a 3,0 m/s (b) respectivamente para GD e SS.

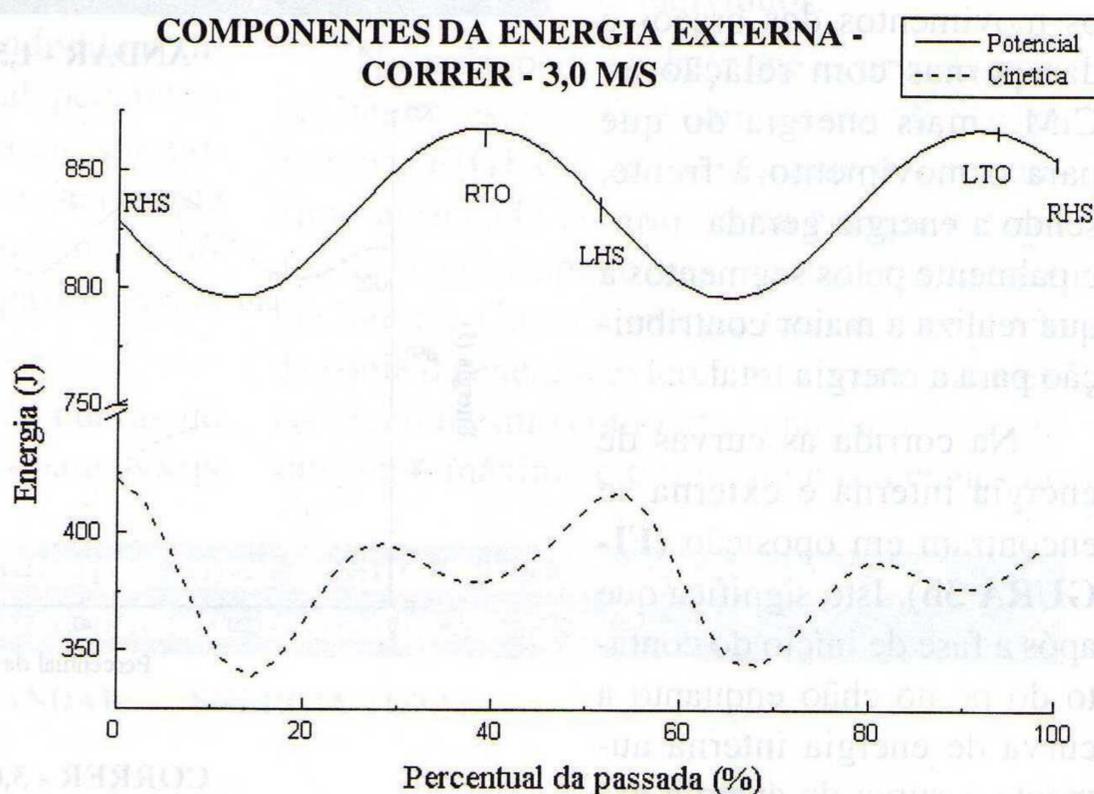
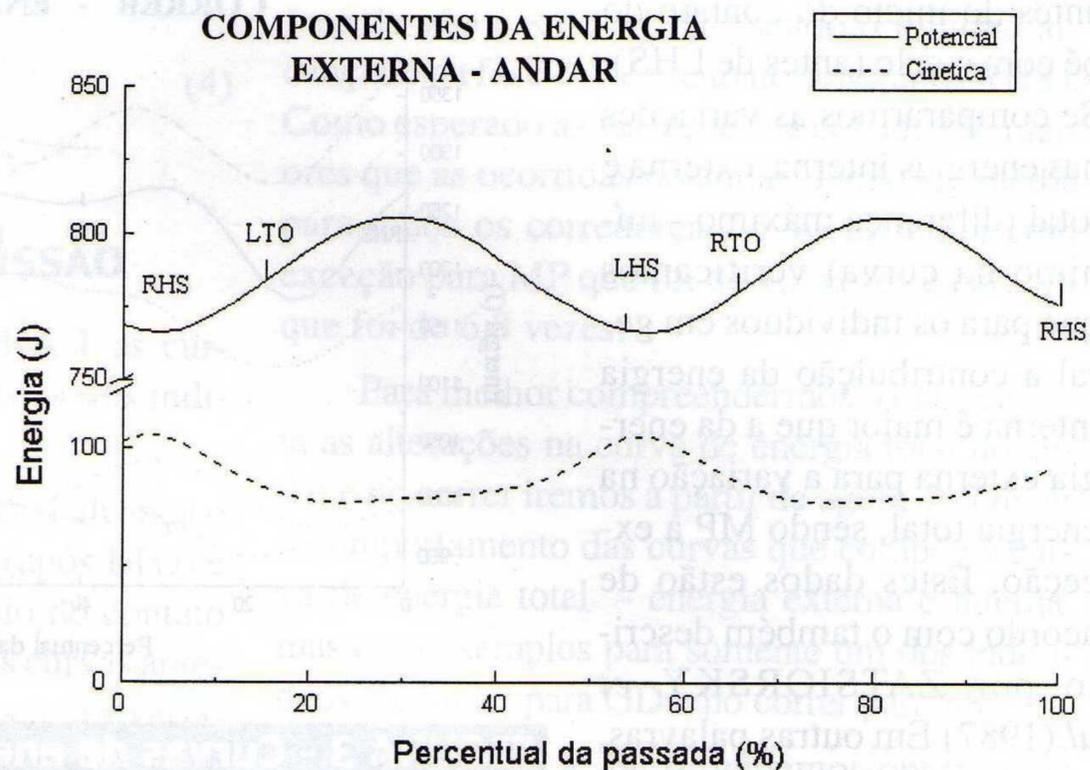


riações na energia externa podem chegar a ser de três vezes maior que a variação na energia interna no correr. Portanto na corrida, ao contrário do descrito para o andar, a maior contribuição para a energia total é feita pela energia externa. Isto está de acordo com o descrito por CAVAGNA & KANEKO (1977).

Ao observarmos as componentes da energia externa no andar e no correr (FIGURA 4a, b) - energia potencial e cinética do C.M. - verificamos que existem diferenças nos princípios básicos do andar e do correr. Enquanto no andar as duas componentes estão defasadas em praticamente 180° (o mínimo de uma curva corresponde ao máximo da outra), na corrida estas se comportam em fase (os valores extremos correspondentes coincidem). Praticamente isto significa que no andar é possível uma transformação da energia cinética em energia potencial, enquanto no correr isto não é realizável (CAVAGNA, 1978; ZATSIORSKY *et al.*, 1987). Devido a esta transformação de uma forma de energia em outra não ocorrem alterações significativas na energia externa no

andar. De acordo com CAVAGNA (1978) no andar as trocas entre a energia cinética e a potencial do C.M. ocorrem durante cada passada devido à interação entre o corpo humano e o solo, e esta troca ocorre sem a participação ativa dos músculos, como em um pêndulo. Quanto maior a troca de energia entre as componentes menor a necessidade do trabalho muscular para a manutenção da velocidade constante. Na corrida a única fonte para aumento da energia potencial e cinética é o trabalho muscular. Isto leva à razão

FIGURA 4 - Curvas de energia potencial e cinética do C.M. no andar a 1,5 m/s (a) e correr a 3,0 m/s (b).



porque na corrida é necessário um valor significativamente maior de energia externa do que no andar quando ambos são executados na mesma velocidade (ZATSIORSKY *et al.*, 1987).

No andar o C.M. alcança a maior energia potencial no início da fase de apoio simples e o mínimo após o início do contato do pé no chão. O contrário ocorre para a energia cinética do C.M. No correr a energia externa decai no suporte pela queda na energia potencial e cinética do C.M. Pode-se observar que a curva da ener-

gia potencial do C.M (FIGURA 4b) se encontra em fase com a energia cinética

As componentes da energia interna - cinética em relação ao C.M e rotacional dos segmentos - estão em fase no andar e na corrida. (FIGURA 5). No andar alcançam o máximo no apoio simples e o mínimo na fase do início do contato no solo, na corrida a curva cresce após o contato do pé no chão e alcança o mínimo após a perda de contato.

No andar estas alterações são basicamente ocasionadas pela aceleração e desaceleração da

perna de balanço, e como já foi relatado é a energia interna a principal responsável pela energia necessária ao movimento de andar.

Na corrida a energia interna aumenta durante a fase de apoio porque cada segmento se move vigorosamente com relação ao C.M e durante a fase de vôo o movimento relativo de cada parte do corpo com relação ao C.M é relativamente pequeno (SAKURAI & MIYASHITA, 1985).

Na FIGURA 6 podemos observar os gráficos de energia total para o indivíduo SS nas velocidades 3,0 e 4,0 m/s.

FIGURA 5 - Curvas de energia cinética (em relação ao C.M) e rotacional total dos segmentos no andar a 1,5 m/s e correr a 3,0 m/s

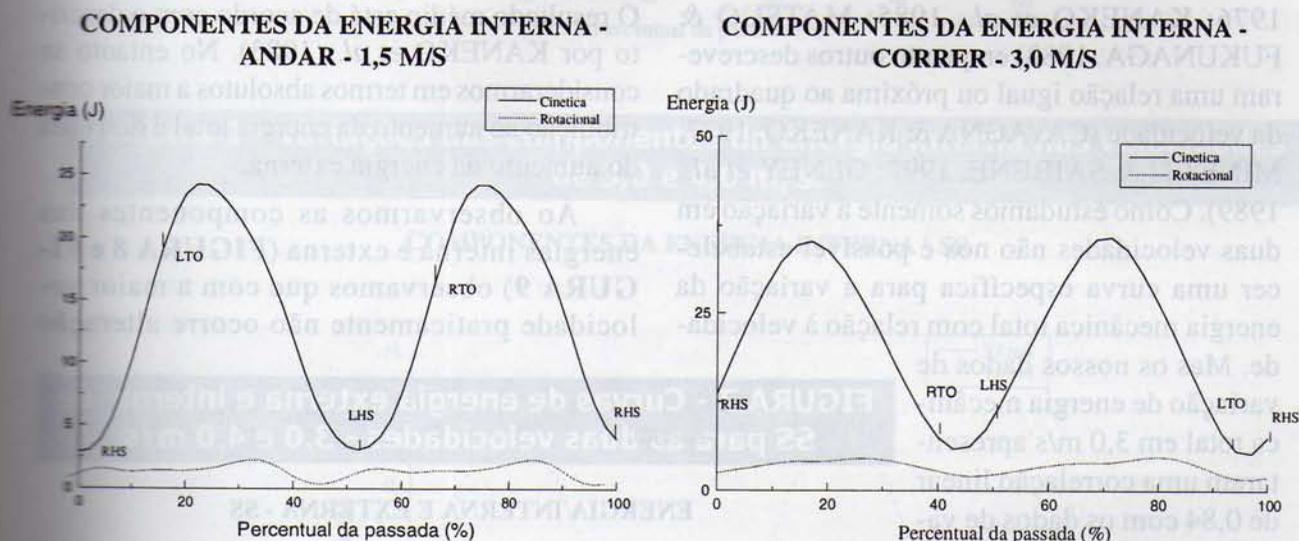
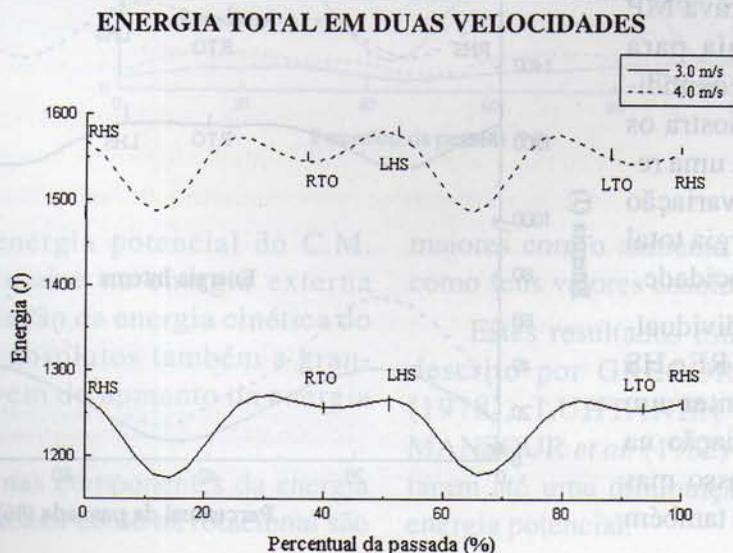


FIGURA 6 - Curvas de energia total para o indivíduo SS em duas velocidades de corrida - 3,0 e 4,0 m/s.



Podemos observar uma variação grande no valor absoluto dos valores calculados com a média passando de 1237,9 J na velocidade de 3,0 m/s para 1544,2 J na velocidade de 4,0 m/s, sendo esta diferença nos números principalmente decorrente da maior energia cinética do C.M. gerada na velocidade de 4,0 m/s. No entanto as variações entre os valores mínimos e máximos nas duas curvas não sofreram uma alteração tão pronunciada. Para SS esta variação é somente 10% maior na curva da velocidade a 4,0 m/s. Para os seis indivíduos estes valores variam de 10 a 32% com MP apresentando excepcionalmente um valor de 66%. Alguns autores encontraram uma relação linear positiva entre velocidade e trabalho/potência gerada para produção do movimento na corrida (CAVAGNA *et al.*, 1976; KANEKO *et al.*, 1985; MATSUO & FUKUNAGA, 1983) enquanto outros descreveram uma relação igual ou próxima ao quadrado da velocidade (CAVAGNA & KANEKO, 1977; MINETTI & SAIBENE, 1992; OLNEY *et al.*, 1989). Como estudamos somente a variação em duas velocidades não nos é possível estabelecer uma curva específica para a variação da energia mecânica total com relação à velocidade. Mas os nossos dados de variação de energia mecânica total em 3,0 m/s apresentaram uma correlação linear de 0,84 com os dados de variação da energia mecânica total a 4,0 m/s, não se levando em conta o indivíduo MP. Quando se considerava MP esta correlação caía para 0,16. Portanto para os indivíduos da nossa amostra os dados apontam para uma relação linear entre a variação na produção de energia total e a variação de velocidade.

Observando individualmente, os indivíduos RF e HS voltaram a apresentar um menor valor de variação na energia total por passo mas no entanto passaram também

a apresentar a maior frequência de passo de todo o grupo (respectivamente 1,56 e 1,47 passos/s). Portanto eles produziam menos energia para realizar o mesmo movimento, mas no entanto realizavam o movimento mais vezes.

O percentual de aumento da variação na energia interna e externa na velocidade de 4,0 m/s, com relação aos valores em 3,0 m/s, é maior na energia interna. Isto é, o percentual de contribuição da variação de energia interna à variação de energia total aumenta com a velocidade em relação à contribuição da variação da energia externa (**FIGURA 7**). O aumento médio na variação de energia interna é de 72% e na energia externa de 36%. Sendo exceção MP onde o valor de variação na energia externa quase triplicou de valor com o aumento de velocidade. O resultado médio está de acordo com o descrito por KANEKO *et al.* (1983). No entanto se considerarmos em termos absolutos a maior contribuição ao aumento da energia total é derivada do aumento da energia externa.

Ao observarmos as componentes das energias interna e externa (**FIGURA 8 e FIGURA 9**) observamos que com a maior velocidade praticamente não ocorre alteração

FIGURA 7 - Curvas de energia externa e interna de SS para as duas velocidades - 3,0 e 4,0 m/s.

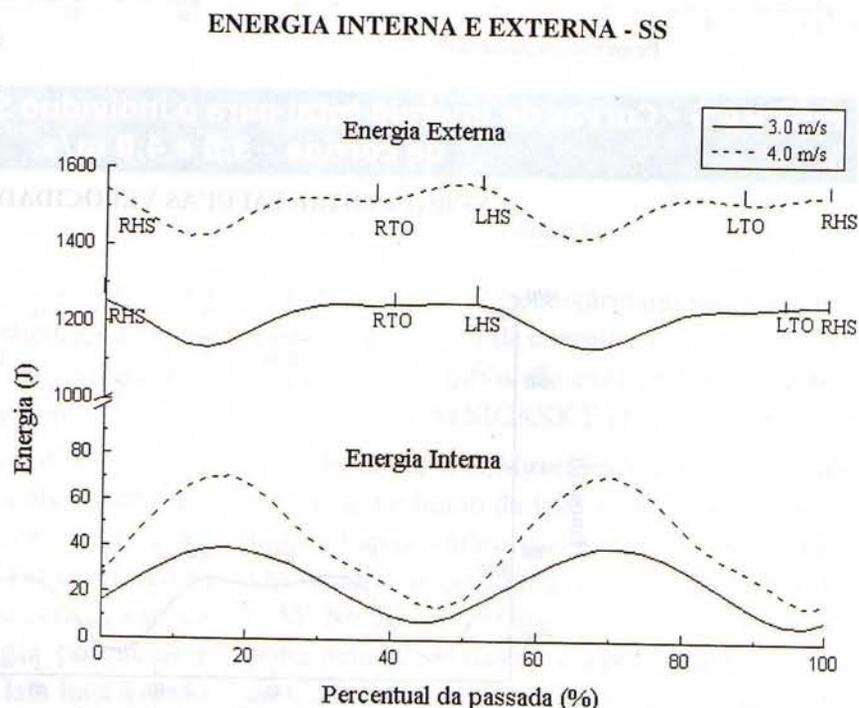


FIGURA 8 - Variações das componentes da energia externa nas velocidades de 3,0 e 4,0 m/s.

COMPONENTES DA ENERGIA EXTERNA - SS

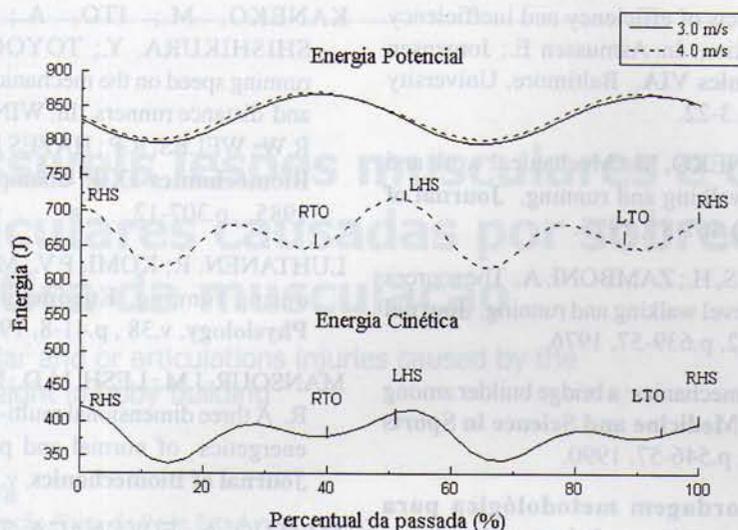
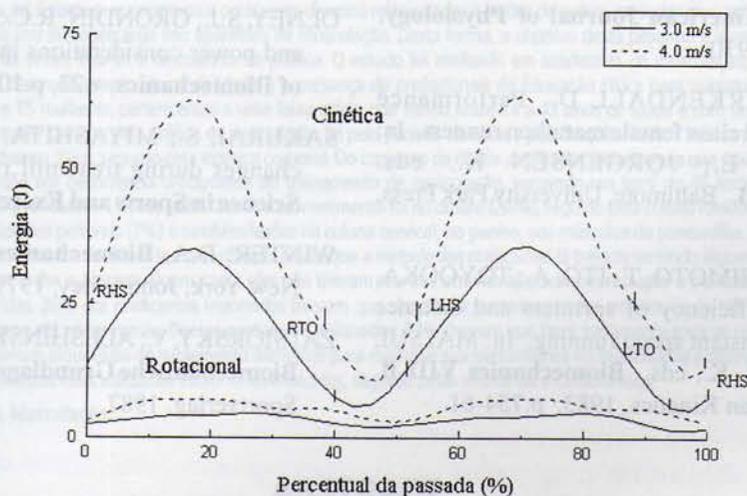


FIGURA 9 - Variações das componentes da energia interna nas velocidades de 3,0 e 4,0 m/s.

COMPONENTES DA ENERGIA INTERNA - SS



na variação de energia potencial do C.M. com a variação maior na energia externa derivando da variação da energia cinética do C.M. Em termos absolutos também a grande contribuição vem do aumento da energia cinética do C.M.

As variações nas componentes da energia interna tanto na cinética como na rotacional são

maiores com o aumento da velocidade, assim como seus valores absolutos.

Estes resultados estão de acordo com os descrito por GREGOR & KIRKENDALL (1978), LUHTANEN & KOMI (1978), MANSOUR *et al.* (1982) onde os autores apontaram até uma diminuição da contribuição da energia potencial.

Referências Bibliográficas

- CAVAGNA, G.A. Aspects of efficiency and inefficiency of terrestrial locomotion. In: Asmussen E.; Jorgensen K., eds. **Biomechanics VIA**. Baltimore, University Park Press, 1978. p.3-22.
- CAVAGNA, G.A.; KANEKO, M. Mechanical work and efficiency in level walking and running. **Journal of Physiology**, v.268, p.467-81, 1977.
- CAVAGNA, G.A.; THYS, H.; ZAMBONI, A. The sources of external work in level walking and running. **Journal of Physiology**, v.262, p.639-57, 1976.
- CAVANAGH, P.R. Biomechanics: a bridge builder among the sport sciences. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.22, p.546-57, 1990.
- CORRÊA, S.C. **Abordagem metodológica para determinação da energia mecânica: aplicação na biomecânica da locomoção humana**. São Paulo, 1996. 215p. Tese (Doutorado), Escola de Educação Física e Esportes da Universidade de São Paulo.
- ELFTMAN, H. Forces and energy changes in the leg during walking. **American Journal of Physiology**, v.125, p.339-56, 1939.
- FENN, W.O. Frictional and kinetic factors in the work of sprint running. **American Journal of Physiology**, v.92, p.583-611, 1930.
- GREGOR, R.J.; KIRKENDALL D. Performance efficiency of world class female marathon runners. In: ASMUSSEN E.; JORGENSEN K., eds. **Biomechanics VIB**. Baltimore, University Park Press, 1978. p.40-5.
- KANEKO, M.; FUCHIMOTO, T.; ITO, A.; TOYOOKA, J. Mechanical efficiency of sprinters and distance runners during constant speed running. In: MATSUI, H.; KOBAYASHI, K., eds. **Biomechanics VIII B**. Champaign, Human Kinetics, 1983. p.754-61.
- KANEKO, M.; ITO, A.; FUCHIMOTO, T.; SHISHIKURA, Y.; TOYOOKA, J. Influence of running speed on the mechanical efficiency of sprinters and distance runners. In: WINTER, D.A.; NORMAN, R.W.; WELLS, R.P.; HAYES K.C.; PATLA, A.E., eds. **Biomechanics IXB**. Champaign, Human Kinetics, 1985. p.307-12.
- LUHTANEN, P.; KOMI, P.V. Mechanical energy states during running. **European Journal of Applied Physiology**, v.38, p.41-8, 1978.
- MANSOUR, J.M.; LESH, M.D.; NOWAK, M.D.; SIMON, R. A three dimensional multi-segmental analysis of the energetics of normal and pathological human gait. **Journal of Biomechanics**, v.15, p.51-9, 1982.
- MATSUO, A.; FUKUNAGA, T. The effect of age and sex on external energy in running. In: MATSUI, H.; KOBAYASHI, K., eds. **Biomechanics VIII B**, Champaign, Human Kinetics, 1983. p.676-80.
- MINETTI, A.E.; SAIBENE F. Effect of speed and frequency changes on mechanical internal work rate in walking: experimental data and model predictions. **Journal of Biomechanics**, v.25, p.787, 1992.
- OLNEY, S.J.; GRONDIN, R.C.; MCBRIDE, I.D. Energy and power considerations in slow walking. **Journal of Biomechanics**, v.22, p.1066, 1989.
- SAKURAI, S.; MIYASHITA, M. Mechanical energy changes during treadmill running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.17, p.148-52, 1985.
- WINTER, D.A. **Biomechanics of human movement**, New York, John Wiley, 1979.
- ZATSIORSKY, V.; ALESHINSKY, S.Y.; JAKUNIN, N.A. **Biomechanische Grundlagen der Ausdauer**, Berlin, Sportverlag, 1987.

Endereço para correspondência

Rua Plutão 114, Jardim do Sol
Campinas - São Paulo
CEP 13085-844