

AVALIAÇÃO DA POTÊNCIA MECÂNICA INTERNA EM CRIANÇAS

MEASUREMENT OF INTERNAL MECHANICAL POWER IN CHILDREN

PESQUISAS

* Ruy JORNADA KREBS

RESUMO: O OBJETIVO DESTA PESQUISA FOI DESENVOLVER UM ESTUDO-PILOTO PARA INVESTIGAR A POTÊNCIA MECÂNICA INTERNA EM CRIANÇAS E EM ADOLESCENTES. OS SUJEITOS FORAM DOIS INDIVÍDUOS DO SEXO MASCULINO, COM IDADES 9 E 17 ANOS RESPECTIVAMENTE. A POTÊNCIA MECÂNICA INTERNA FOI MEDIDA ATRAVÉS DO SALTO EM EXTENSAO CONFORME O "MORRIS PRESCHOOL TEST BATTERY". A PERFORMANCE DOS SUJEITOS FOI FOTOGRAFADA USANDO-SE A TÉCNICA 2-D-CRONOCICLOGRAFIA, E A TRAJETÓRIA DO CENTRO DE GRAVIDADE DOS SUJEITOS DURANTE O SALTO, FOI CALCULADA CONFORME ESTUDO REALIZADO POR AVILA ET ALII, 1977. O NÍVEL DE COORDENAÇÃO DA DESTREZA FOI ANALISADA ATRAVÉS DA OBSERVAÇÃO SISTEMÁTICA, USANDO-SE OS PADRÕES DESCRITOS POR GALLAHUE, 1981. APÓS A DISCUSSÃO DOS RESULTADOS CHEGOU-SE ÀS SEGUINTE CONCLUSÕES: (A) OS RESULTADOS PODEM FUNDAMENTAR A HIPÓTESE DE QUE A POTÊNCIA MECÂNICA INTERNA EM CRIANÇAS É SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTE DA POTÊNCIA INTERNA EM ADOLESCENTES; (B) PARA MEDIR A EFICIÊNCIA MECÂNICA EM UMA DETERMINADA TAREFA É PRECISO UTILIZAR-SE MEDIDAS DO TRABALHO MECÂNICO E DA ENERGIA QUÍMICA ATRAVÉS DE UMA ABORDAGEM INTEGRADA DE BIOMECÂNICA, BIOQUÍMICA, FISILOGIA DO EXERCÍCIO E DESENVOLVIMENTO PSICOMOTOR.

ABSTRACT: THE PURPOSE OF THIS RESEARCH WAS TO DEVELOP A PILOT STUDY TO INVESTIGATE THE INTERNAL MECHANICAL POWER IN CHILDREN AND ADOLESCENT. THE SUBJECT WERE TWO MALES, 9 AND 17 YEARS OLD RESPECTIVELY. THE INTERNAL MECHANICAL POWER WERE MEASURED USING THE STANDING LONG JUMP ACCORDING TO THE "MORRIS PRESCHOOL TEST BATTERY". THE SUBJECT PERFORMANCE WERE PHOTOGRAPHED USING THE 2-D-CHRONOCYCLOGRAPHY TECHNIQUE, AND THE DISPLACENT OF THE SUBJECT CENTER OF GRAVITY DURING THE AIRBONE PHASE WAS COMPUTED FOLLOWING THE PROCEDURES USED BY AVILA ET ALII, 1977. THE LEVEL OF COORDENATION OF THE SKILL WAS ANALYZED USING A SYSTEMATIC OBSERVATION TECHNIQUE ACCORDING TO THE STANDARDS DESCRIBED BY GALLAHUE, 1981. FROM THE DISCUSSION OF THE RESULTS, THE FOLLOWING CONCLUSIONS CAN BE WRITTEN: (A) THE RESULTS CAN SUPPORT A HYPOTHESIS THAT THE INTERNAL MECHANICAL WORK IN CHILDREN IS SIGNIFICATLY DIFFERENT FROM THAT PERFORMED BY ADOLESCENT; (B) TO MEASURE MECHANICAL EFFICIENCY OF A GIVEN TASK REQUIRES THE COMPUTATION OF MECHANICAL WORK AND CHEMICAL ENERGY THROUGH THE USE OF AN INTEGRATED APPROACH BIOMECHANICS, BIOCHEMISTRY, EXERCISE PHYSIOLOGY AND PSYCHOMOTOR DEVELOPMENT.

* PROFESSOR ADJUNTO DO DEPARTAMENTO DE MÉTODOS E TÉCNICAS DESPORTIVAS- CEFD/UFSM.

1. INTRODUÇÃO

Uma revisão de bibliografia em Biomecânica, Fisiologia do Exercício e performance humana, mostrou diferentes métodos para avaliar-se a influência de parâmetros mecânicos individuais no consumo de energia metabólica. WILLIAMS (1985) mencionou duas diferentes abordagens, as quais têm sido usadas na medição de energia mecânica e energia metabólica. Na primeira, uma ou mais variáveis são sistematicamente alteradas e os efeitos no consumo de energia são avaliados. Vários estudos sobre medidas da potência muscular interna seguiram este método (THARP et al., 1984; THARP et al., 1985; BECKER e VACCARO, 1983; MARTIN, 1985; KACZKOWSKI et al., 1985; SLAUGHTER et al., 1982). A segunda abordagem envolve a medida de um grande número de variáveis cinéticas e/ou cinemáticas, as quais podem ser separadas com base em suas diferentes características fisiológicas. Parâmetros temporais associados com performance em cicloergômetros, esteiras rolantes, caminhadas e corridas, têm sido manipulados para investigar-se como fatores mecânicos e musculares afetam a eficiência do movimento humano (MARGARIA et al., 1966; MARGARIA et al., 1963; CAVANAGH & KRAN, 1985; CAVANAGH et al., 1963). Uma abordagem alternativa para medir-se a relação entre fatores mecânicos e o consumo de energia metabólica é usar-se um método mais global que possa calcular a magnitude do trabalho mecânico realizado (WILLIAMS, 1985).

O trabalho mecânico externo é fácil de ser medido e usualmente é calculado pela carga de um cicloergômetro, levantamento de pesos, etc... (WHIPP & WASSERMANN, 1959). O trabalho mecânico interno, por outro lado, não é fácil de ser calculado; isso somente pode ser calculado através do somatório de todos os componentes de energia (potencial e cinética) de todos os segmentos corporais (WINTER, 1979). Embora vários estudos, descrevendo as relações entre energias mecânica e metabólica, tenham sido feitos, quase todos eles usaram indivíduos adultos como sujeitos, e muito pouca informação a respeito de estudos similares realizados com crianças tem sido encontrada. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo piloto para investigar a potência mecânica interna em dois indivíduos irmãos, com idades 9 e 17 anos respectivamente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois indivíduos irmãos, idades 9 e 17 anos respectivamente, serviram como sujeitos para este estudo. O teste usado para medir-se a potência mecânica foi o salto em extensão, conforme o "Morris Pre-school Test Battery" (MORRIS et al., 1981), e a performance dos indivíduos foi fotografada usando-se a técnica 2-D-Cronociclografia. Para calcular-se o deslocamento do centro de gravidade dos sujeitos, marcas luminosas foram colocadas na parte lateral direita (segundo o plano sagital) do ombro, cotovelo, punho, quadril, joelho, tornozelo e cabeça. A localização dos eixos perpendiculares nas articulações e o cálculo dos eixos longitudinais dos segmentos corporais seguiram os procedimentos usados por AVILA et al., 1977.

Os dados coletados a partir das fotografias, após serem transportados para o papel milimetrado, aportunizaram a coleta de novas informações. Nessa etapa, procedeu-se da seguinte forma:

- (a) A partir da marca do centro de gravidade da cabeça e dos eixos articulares de cada indivíduo, desenhou-se os eixos longitudinais dos segmentos corporais;
- (b) Usando-se as projeções dos eixos distal e proximal de cada segmento corporal, encontrou-se o centro de gravidade de cada segmento corporal, e seus valores X e Y foram calculados no sistema de coordenadas cartesiano;
- (c) Conhecendo-se o coeficiente (valor Delta) para o peso proporcional de cada segmento corporal, foi calculado o momento de inércia para cada um destes segmentos (em ambas as coordenadas, X e Y);
- (d) Através do somatório de todos os momentos em relação aos segmentos corporais, calculou-se o momento de inércia de todo o corpo. As coordenadas X e Y foram usadas para a localização do centro de gravidade do sujeito;
- (e) Foi calculado o deslocamento do centro de gravidade dos sujeitos durante o teste.

Uma vez que o objetivo deste estudo foi o de calcular a potência mecânica interna durante o salto em extensão, somente a fase aérea ascendente da performance dos sujeitos foi computada para análise.

se. O teste foi executado em um plano paralelo à parede, onde uma escala métrica (150 cm) foi fixada verticalmente. A câmera fotográfica (Praktica MTL 3 Pentacon), com tempo de exposição ajustado para 1/1000 seg., foi colocada em um tripé numa distância de 7 m longe da parede, em direção perpendicular à escala métrica. A câmera foi conectada a um motor eletrônico, o qual acionava o disparador da câmera a uma velocidade de 0,5 seg. Duas ou mais repetições de teste (aquecimento) foram feitas até que o indivíduo sentiu-se confiante o suficiente para realizar efetivamente o teste.

O nível de coordenação da destreza foi analisado usando-se a técnica de observação sistemática. Foi usada, em forma de "checklist", a seqüência do desenvolvimento motor, descrita por GALLAHUE (1981).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas dos deslocamentos vertical e horizontal do centro de gravidade dos sujeitos foram convertidas em uma escala intervalar usando-se como referência a escala métrica fixada na parede, anteriormente ao teste. Uma vez que o tamanho da escala métrica na fotografia fosse de 6.6 cm, e cujo valor real era de 150 cm, todas as medidas tomadas da fotografia foram multiplicadas por 150 e divididas por 6.6 .

Neste estudo, o sujeito adolescente será referido como **sujeito um** e o sujeito criança será referido como **sujeito dois**. O deslocamento vertical do centro de gravidade do sujeito um e do sujeito dois foram 37,5 cm e 15,9 cm, respectivamente. O deslocamento horizontal do centro de gravidade dos sujeitos um e dois foram 100 e 78,86 cm respectivamente.

O trabalho mecânico interno, conforme foi mencionado na Introdução deste estudo, foi obtido pelo somatório de todos os componentes de energia (potencial e cinética) dos segmentos corporais. Calculou-se a curva de energia total, como uma função do peso corporal e deslocamento do centro de gravidade dos sujeitos na fase aérea ascendente (até o centro de gravidade atingir sua altura máxima). As magnitudes do trabalho mecânico interno realizado pelos sujeitos foram 72,87 Kgm e 29,85 Kgm respectivamente.

Como o tempo gasto durante a fase aérea do salto foi possível

de ser medido (através da velocidade do motor eletrônico conectado com a câmera), a potência mecânica foi também possível de ser calculada. Através da razão do trabalho mecânico e tempo consumido, foram encontrados os seguintes valores para a potência mecânica: sujeito um = 145,74 kgm/seg² e sujeito dois = 59,70 Kgm/seg².

Para medir-se as energias potencial e cinética, as velocidades vertical e horizontal foram calculadas. Os resultados da velocidade vertical foram 0.75m/seg e 0.32 m/seg, respectivamente. Multiplicando-se estes resultados pelos respectivos pesos corporais, obtiveram-se os seguintes valores para a energia potencial: sujeito um = 51,01 Kgm/seg e sujeito dois = 12,73 Kgm/seg. Os resultados da velocidade horizontal foram 2.00 m/seg e 1.55 m/seg respectivamente, e os produtos destas velocidades pelos respectivos pesos corporais foram os valores para a energia cinética: sujeito um = 136 Kgm/seg e sujeito dois = 62,87 Kgm/seg. Comparando-se estes valores, foi possível constatar-se que o sujeito um apresentou um valor para a energia cinética 2.67 vezes maior que o valor da energia potencial; e que esta proporção (energia cinética/energia potencial) para o sujeito dois foi de 4.94.

Para converter-se os valores da potência mecânica em consumo de energia (metabólica), usou-se o valor padronizado de eficiência indicado por MARGARIA et al. (1966): 1 kgm/seg² (=0.0133 hp/kg) requer um consumo de energia igual a 38.8 Kcal/kg-hr. A potência mecânica calculada para cada um dos sujeitos foi convertida em unidades de hp/kg e multiplicada pelo valor padronizado (38.8 kcal/kg-hr). Os resultados obtidos foram: 65,50 kcal/kg-hr para o sujeito um e 26,84 kcal/kg-hr para o sujeito dois.

A amplitude do movimento angular dos segmentos foi medida nas seguintes articulações: quadril, ombro e joelho. As medidas foram tomadas nas seguintes posições: (a) a fase inicial do salto, (b) fase final da impulsão, e (c) fase final da trajetória ascendente. A análise da amplitude articular foi feita entre as posições a e b, b e c, e a e c (Tabela 1).

TABELA 1 - Amplitude do Movimento Angular (sujeito um)

ARTICULAÇÕES	POSIÇÕES a e b (alongamento)	POSIÇÕES b e c (encurtamento)	POSIÇÕES a e c (alongamento-en- curtamento)
Ombro	85°	248°	163°
Quadril	23°	49°	26°
Joelho	7°	49°	42°

A observação sistemática dos sujeitos durante o teste permitiu constatar-se que a performance do sujeito um apresentou as características do último estágio da seqüência do desenvolvimento motor desenvolvida por GALLAHUE (1982), denominada **estágio maduro**. A performance do sujeito dois apresentou algumas características do segundo estágio, o **estágio elementar**, e algumas características do último estágio, o **estágio maduro**.

SAPEGA e DRILLINGS (1983) enfatizaram que não há um único **correto** teste de performance muscular para avaliar potência muscular. Sempre que um apropriado método para calcular potência muscular for aplicado, a tarefa motora deve ser selecionada de acordo com os requisitos funcionais e/ou experimentais das condições do teste. Dois problemas foram abordados na seleção de um teste de destreza motora para este estudo: o primeiro referiu-se ao questionamento de se o teste era adequado para ambos, criança e adolescente; o segundo problema foi o de encontrar medidas válidas para computar-se o trabalho mecânico interno.

O salto em distância com impulso em ambos os pés e sem corrida anterior ao impulso tem sido usado tanto com crianças quanto com adolescentes (GLASSON & KRAUSE, 1960; MORRIS et al., 1981; MACINTOSH & GREENHORN, 1979). GUTTERIDGE (1939) estudou o desenvolvimento motor de crianças, com ênfase na aquisição de destrezas, e concluiu que o salto em extensão já é observável em crianças de 3 anos de idade, quando 42% das crianças observadas em sua pesquisa foram classificadas com "saltam bem", e que aos 5 anos de idade, 81% das crianças apresentaram um ótimo nível de coordenação nessa destreza. Em

relação ao segundo problema mencionado anteriormente, foi decidido medir-se o trabalho mecânico realizado durante a fase aérea do salto em extensão, pois nesta fase não ocorrem alterações, nem na trajetória do centro de gravidade do indivíduo, nem no momento de inércia, a menos que uma força externa atue sobre o corpo. Decidiu-se também considerar-se apenas a fase ascendente do salto para controle da força da gravidade como uma força oposta à performance motora.

Medidas do deslocamento do centro de gravidade têm sido usadas em diversos estudos (AVILA et al., 1977; FUKASHIRO et al., 1981; DAINIS, 1980). WINTER (1979) criticou a aceitação de que a trajetória do centro de gravidade contenha informações necessárias para calcular-se o trabalho interno realizado pelo sujeito. Este autor discordou do uso do centro de gravidade somente, uma vez que esta técnica ignora o trabalho realizado pelos segmentos corporais e subestima certas modificações envolvidas na performance de uma destreza. Isso é verdade se a destreza em questão envolver trabalho mecânico externo (pedalar, levantar pesos, etc...), mas em destrezas tais como salto em altura e salto em extensão, quando a resistência é o próprio peso corporal do sujeito o trabalho interno não é subestimado. Neste caso, o trabalho mecânico interno realizado será considerado como trabalho mecânico total, pois o trabalho mecânico externo não existirá.

CAVANAUGH & KRAM (1985) investigaram as relações entre trabalho mecânico externo e consumo de energia, e encontraram dois fatores que podem interferir nesta relação. Um foi relacionado com as diferenças individuais e a geometria articular, e o outro foi relacionado com a força muscular e ergometria. Relacionado com este segundo fator, os autores constataram que quando o trabalho mecânico externo é medido diretamente através da sobrecarga do ergômetro, o verdadeiro trabalho realizado pode ser subestimado por causa das forças **não usadas** ou **perdidas** que não são consideradas por este tipo de medida. Eles (CAVANAGH e KRAM) também relataram que, o índice de efetividade durante a fase propulsiva da pedalada em ciclistas de elite foi somente de 76%, a proporção restante ou não usada da força aplicada foi perdida na deformação dos pedais e de outras partes da bicicleta.

MARGARIA et al., (1966) mediram a potência muscular em homens ,

fazendo com que os sujeitos subissem uma escadaria, correndo em velocidade máxima. Foi relatado que, para uma certa inclinação dos de graus (considerando que o esforço seja máximo), a energia requerida, para a realização da tarefa dependia somente do trabalho mecânico calculado pelo deslocamento vertical do corpo. Este relato contraria a idéia de WINTER (1979), o qual relatou que o trabalho mecânico interno somente pode ser determinado pelo somatório de todos os componentes de energia (potencial e cinética) de todos os segmentos corporais. Este presente estudo mostrou evidências de que, se somente o componente vertical do trabalho realizado for considerado, o trabalho total será subestimado. Se os resultados dos sujeitos desta pesquisa forem examinados, será possível constatar-se que a energia cinética (calculada pelo componente horizontal da velocidade) foi quase 5 vezes maior que a energia potencial (calculada pelo componente horizontal da velocidade) para o sujeito dois, e quase 3 vezes maior para o sujeito um.

WINTER (1979) criticou os procedimentos usados por MARGARIA e colegas, no estudo "Consumo de Energia da Corrida", porque alguns resultados de eficiência muscular foram apresentados como sendo negativos (veja em MARGARIA et al., 1963). Uma vez que os sinais positivo e negativo não indicam a magnitude, mas sim a direção, quando um sistema de eixos cartesianos é usado como referência, não está errado o procedimento de MARGARIA e colegas. Para evitar idêntica crítica, todos os valores neste estudo foram apresentados com sinal positivo. Isto foi possível porque analisou-se apenas a fase ascendente do salto, na qual a direção da velocidade é sempre positiva.

Uma outra razão para ter-se considerado apenas a fase ascendente do salto foi porque o trabalho mecânico interno foi realizado enquanto o deslocamento do corpo dos sujeitos era contrário à ação da gravidade. A fase descendente do salto deveu-se à transformação de energia potencial em cinética.

KOMI (1984) investigou a relação entre biomecânica e performance neuromuscular, e concluiu que, em exercícios com contrações excêntrica-concêntricas, a fase excêntrica não só modifica a performance mecânica da contração concêntrica, mas também o consumo de energia química e neural. Analisando-se a Tabela 2 é possível constatar-se

que as diferenças entre a amplitude articular nas posições **a** e **b** foram significativamente maiores para as articulações dos ombros e do quadril do que para a articulação dos joelhos. Se forem consideradas as conclusões de KOMI (1984), pode-se dizer que as sinergias musculares dos braços, do tronco, das coxas, e das pernas tiveram diferentes gastos de energia química e neural. Se as diferenças de amplitudes articulares forem analisadas nas posições **b** e **c**, as conclusões acima talvez devam ser modificadas, porque as articulações do quadril e dos joelhos tiveram a mesma amplitude de movimento angular (42°). Outras conclusões poderiam ser escritas se fossem analisadas as diferenças de amplitude articular nas posições **a** e **c**. Esta análise demonstrou que cada articulação tem suas características particulares, e que para calcular-se o trabalho total realizado por um indivíduo, é preciso analisar-se cada articulação separadamente e então proceder-se o somatório de todos os trabalhos realizados. Os resultados deste estudo permitem fundamentar a hipótese de que é impossível calcular-se acuradamente o trabalho mecânico total, sem calcular-se o trabalho interno realizado.

GALLAHUE (1982) observou que à medida em que a criança avança em anos desenvolve-se a ênfase no salto em distância e no deslocamento horizontal. Isto não ocorreu com os sujeitos deste estudo, pois a razão entre o deslocamento vertical do sujeito um e do sujeito dois foi igual a 2.36, e a razão para o deslocamento horizontal foi igual a 1.29. Observando-se estas duas proporções pode-se constatar que o aumento da idade coincidiu com um ganho relativamente maior no deslocamento vertical do que no deslocamento horizontal. Uma explicação as colocações de GALLAHUE é que em seu estudo o salto em extensão seguiu os protocolos comumente usados em educação física, em que a única medida tomada é o deslocamento horizontal, e nesse caso é evidente que o aumento no deslocamento horizontal é proporcional ao aumento da idade. Os resultados deste estudo permitem fundamentar-se a hipótese de que a análise do deslocamento vertical positivo (fase ascendente) e do deslocamento horizontal, no salto em extensão, é um procedimento correto para medir-se o trabalho mecânico interno realizado. A fase descendente do salto é predominantemente afetada pela aceleração da gravidade e pela energia potencial contrária à fase ascendente, que é realizada através da potência muscular.

MARGARIA et al. (1966) estabeleceram que a energia liberada nos primeiros 4 a 5 segundos, em um exercício com intensidade máxima, representa a potência anaeróbica máxima. Como esses autores investi-garam a velocidade máxima do indivíduo durante a subida em escadaria, foi concluído que a velocidade durante a subida deve ser medida somente após 0.5 a 1.0 segundos, ou após dois ou três degraus. Compa-rando-se os resultados obtidos por dois sujeitos adultos, no estudo realizado por MARGARIA et al. (1966) com os resultados obtidos pelos dois sujeitos desta presente pesquisa, notou-se que os resultados dos sujeitos adultos do estudo de MARGARIA e colegas foram inferiores aos resultados do sujeito um (adolescente) e similares aos do sujeito dois (criança) deste estudo. Estas observações fundamentam a colocação de que o trabalho mecânico exige um consumo de energia metabólica e que a quantidade exata de energia consumida irá variar dependendo das condições e da natureza do trabalho realizado.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e na discussão dos mesmos, foi possível concluir-se que:

- Este estudo-piloto pôde fundamentar a hipótese de que o trabalho mecânico interno, e conseqüentemente, a potência mecânica interna, são significativamente diferente quando compa-radas as realizações de crianças e adolescentes;
- Embora o teste de MARGARIA e o teste WINGATE serem universalmente aceitos como válidos para medir-se a potência anaeróbica, em crianças e adolescentes, bem como em adultos, estes testes não podem ser considerados como "perfeitos" para me-dir ambos, a energia mecânica e o consumo de energia metabólica. Sempre que estes dois testes forem usados, algumas limitações sobre as inferências decorrentes dos dados cole-tados, devem ser interpretados com cautela;
- Uma vez que para medir-se a eficiência mecânica de uma deter-minada tarefa é necessário computar-se o trabalho mecânico e a energia química, recomenda-se uma abordagem integrada com Biomecânica, Bioquímica, Fisiologia do Exercício, e desenvo

vimento psicomotor, para investigar-se a potência mecânica interna em crianças e adolescentes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AVILA, A. et alii. Biomechanical analysis of the standing long jump. **Revista do Centro de Educação Física-UFSM**. Santa Maria, 1(4): 279-320, 1977.
- 2 BECKER, D. & VACCARO, P. Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in young children. **Journal of Sport Medicine and Physical Fitness**, 23(4): 445-449, 1983.
- 3 CAVANAGH, G. et alii. Mechanical work in running. **Journal of Applied Physiology**, 18(1): 249-256, 1963.
- 4 CAVANAGH, P. & KRAM, R. Mechanical and muscular factors affecting the efficiency of human movement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 17(3): 326-331, 1985.
- 5 CAVANAGH, P. & KRAM, R. The efficiency of human movement- a statement of the problem. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 17(3): 304-308, 1985.
- 6 DAINIS, A. Whole body and segment center of mass determination from kinematic data. **Journal of Biomechanics**, 13(8): 647-651, 1980.
- 7 FUKASHIRO, S. et alii. A biomechanical study of the triple jump. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 13(4): 233-237, 1981.
- 8 GALLAHUE, D. **Developmental Movement Experiences for Children**. New York, NY, John Wiley & Sons, 1982.
- 9 GUTTERIDGE, M. A study of motor achievements of young children. **Archives of Psychology**, (244): 5-176, 1939.
- 10 GLASSOW, R. & KRAUSE, P. Motor performance of girls age 6 to 14 years. **Research Quarterly**, 31(3): 434-440, 1960.
- 11 KACSKOWSKI, W. et alii. The relationship between muscle fiber composition and maximal anaerobic power and capacity. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 22(4): 407-414, 1982.

- 12 KOMI, P. Biomechanics and neuromuscular performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 16(1): 26-68, 1984.
- 13 MARGARIA, R. et alii. Measurement of muscular power (anaerobic) in man. **Journal of Applied Physiology**, 21(5): 1662-1664, 1966.
- 14 _____. Energy cost of running. **Journal of Applied Physiology**, 18: 367-371, 1963.
- 15 _____. Balance and kinetics of anaerobic energy release during strenuous exercise in man. **Journal of Applied Physiology**, 19: 623-628, 1964.
- 16 MARTIN, P. Mechanical and physiological responses to lower extremity loading during running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 17(4): 427-434, 1985.
- 17 MORRIS, A. et alii. Motor performance and anthropometric screening: Measurements for preschool age children. MORRIS, A. (ed) **MOTOR DEVELOPMENT: Theory Into Practice**, 3: 49-65, 1981.
- 18 SAPEGA, A. & DRILLINGS, G. The definition and assessment of muscular power. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, 5(1): 7-9, 1983.
- 19 SLAUGHTER, M. et alii. Relationship of anthropometric dimensions to physical performance in children. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 22(3): 377-385, 1982.
- 20 WHIPP, B. & WASSERMANN, K. Efficiency of muscular work. **Journal of Applied Physiology**, 26(5): 644-648, 1969.
- 21 WILLIAMS, K. The relationship mechanical and physiological energy estimates. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 17(3): 317-325, 1985.
- 22 WINTER, D. A new definition of mechanical work done in human movement. **Journal of Applied Physiology**, 46(1): 79-83, 1979.
- 23 WINTER, D. et alii. Kinematics of normal locomotion- A statistical study based on T.V. data. **Journal of Biomechanics**, 7(6): 479-486, 1974.